ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

БАХ А. Н., БУХАРИН Н. И., ВИЛЬЯМС В. Р., ГЕНДЛЕР Е. С., ГУБКИН И. М., ДОЛГОВ А. Н., ИОФФЕ А. Ф., КЕРЖЕНЦЕВ П. М., КРЖИЖАНОВСКИЙ Г. М., КРИЦМАН Л. Н., КУЙБЫШЕВ В. В., ЛАПИРОВ-СКОБЛО М. Я., ЛЕНГНИК Ф. В., ЛИНДЕ В. В., МАРТЕНС Л. К., МЕЩЕРЯКОВ Н. Л., ФЕДОРОВСКИЙ Н. М., ШАТЕЛЕН М. А., ШМИДТ О. Ю., ШПРИНК Б. Э.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Л. К. МАРТЕНС

ТОМ ДВАДЦАТЬ ТРЕТИЙ

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ — ТРУБА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»
МОСКВА ✧ ОГИЗ РСФСР ✧ 1934

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

XXIII том сдан в производство 28 мая 1933 г.;
подписан к печати 20 января 1934 г.

Набор текста и верстка, печать, брошировочно-переплетные работы выполнялись в 16-й типографии треста «Полиграфкнига» под общим наблюдением директора 16-й типографии Смирнова П. Г. и помощников директора Моргунова Н. В. и Кудряшова П. В. Набор и верстка произведены под руководством Колобашкина И. Г. и Самойлова И. К. Верстали Горшков М. С. и Егоров П. А. Печатью руководил Майоров С. Г. Брошировочно-переплетные работы выполнялись под общим наблюдением Баранова В. В., Курчева Н. Н., Овсянникова М. П., Костюшина П. И. и Комарова И. М. Тиснением руководил Александров А. А. Клише для тиснения на переплете гравировано Законовым Г. А. Клише выполнялись цинкографией 3-й типографии ОГИЗ «Красный пролетарий». Бумага бумажной фабрики Вишхимза. Дерматин Кунцевской фабрики им. В. П. Ногина. Картон Миропольской фабрики и Балахнинского комбината.

В XXIII томе ТЭ помещено 1093 иллюстрации в тексте, пять вкладок к статьям: «Техника высокой частоты»—2, «Типографское оборудование»—1, «Трактор»—2.

Адрес редакции Технической Энциклопедии: Москва, Остоженка, 1.
Адрес издательства: Москва, Волхонка, 14.

16-я типография треста «Полиграфкнига», Москва, Трехпрудный пер., 9.
Уполномоченный Главлита Б 28918. Гиз 6. Э-00 г. Заказ 699.
Бумага 72×108/16. 32 печ. листа × 99 500 знаков. Тираж 31 500 экз.

Пролетарии всех стран, соединяйтесь!

Заканчивая редакционную обработку первого издания «Технической Энциклопедии» и сдав в производство весь материал, редакция Т. Э. посвящает свой многолетний труд вождю мирового пролетариата и неустанному организатору индустриализации и коллективизации СССР **тов. И. В. СТАЛИНУ**, чей лозунг об овладении техникой воодушевлял работников Т. Э. в их стремлении вооружить технические кадры промышленности СССР новейшими данными мировой техники.

Редакция Т. Э. заверяет партию и тов. Сталина, что приложит все усилия к использованию приобретенного в процессе создания Т. Э. опыта для дальнейшего углубления работы по созданию новых технических энциклопедий и в первую очередь «Рабоче-колхозной технической энциклопедии» в целях технического вооружения всей массы рабочих и колхозников СССР.

Редакция Технической Энциклопедии

ОТКРЫТОЕ ПИСЬМО К СОВЕТСКОМУ ИНЖЕНЕРСТВУ

Редакция Технической Энциклопедии, закончив редакционную работу по первому изданию (в 25 основных томах Т. Э. и 10 томах Справочника химич., физич. и технологич. величин), обращается к Вам с просьбой прислать Ваши соображения и предложения о желательных добавлениях к этому изданию. Ориентировочно редакцией Т. Э. предполагается в течение 1934 г. дать два дополнительных тома, в которых намечается осветить ряд новых технических тем, включить пропущенные темы и дать дополняющие материалы к уже напечатанным основным статьям в целях их обновления.

Все Ваши замечания и предложения будут приняты редакцией с благодарностью и по мере возможности при представлении их Вами в кратчайший срок будут учтены при составлении редакционного плана на дополнительные тома. Все предложения просьба направлять по адресу: Москва, Остоженка, 1, Редакция Технической Энциклопедии.

Редакция Технической Энциклопедии

РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

Главный Редактор—проф. **Л. К. Мартенс.**

Зам. Глав. Редактора—инж. **Б. Э. Шпринк.** | Зав. ГСЭИ—**Б. П. Рогачев.**
Пом. Глав. Редактора—**А. А. Дашкевич.** | Ученый Секретарь—**Н. П. Ракицкий.**

НАУЧНЫЕ РЕДАКТОРЫ

Арманд Н. Е.; Ельцина Н. М.; инж. **Знаменский А. А.; Мельников И. И.;** инж. **Мущенко И. Н.; Никаноров В. М.;** инж. **Павлушков Л. С.; Ракицкий Н. П.; Татаринов Б. Н.;** инж. **Фрязиновский И. А.;** инж. **Шпринк Б. Э.**

Зав. библиографией: инж. **Таубман С. И.;** Технические Редакторы: **Ксандрова Е. Т.; Морозов И. И.; Никаноров В. М.; Сергеева Т. Н.**

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ СЕКТОР

Зам. Зав. ГСЭИ по производственной части, Руководитель Произв. Сектора: **Татиев Д. П.;** Зам. Руководителя Произв. Сектора: **Маркус В. А.;** Технический Редактор по иллюстрациям: **Тавастшерна В. Я.;** Зав. Технической Редакцией при типографии: **Кулешов Н. З.;** Технический Редактор при типографии: инж. **Сакмаров Н. Г.;** Зав. Корректорской: **Бокшицкая Л. И.;** Старший корректор: **Полякова В. М.**

СОКРАЩЕНИЯ И СИМВОЛИЧЕСКИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. Метрические меры.

км	километры (1 000 *м*).
м	метры.
дм	дециметры (0,1 *м*).
см	сантиметры (0,01 *м*).
мм	миллиметры (0,001 *м*).
μ	микроны (0,001 *мм*).
mμ	миллимикроны (0,001 *μ*).
μμ	микромикроны (0,000001 *μ*).
км²	квадратные километры.
га	гектары (квадратные гектометры).
а	ары (квадр. декаметры).
м²	квадратные метры.
м³	кубические метры.
дм³	» дециметры.
см³	» сантиметры.
мм³	» миллиметры.
т	метрич. тонны (1 000 *кг*).
ц	центнеры (100 *кг*).
кг	килограммы (1 000 *г*).
г	граммы.
дг	дециграммы (0,1 *г*).
сг	сантиграммы (0,01 *г*).
мг	миллиграммы (0,001 *г*).
μг	микрограммы (0,001 *мг*).
к	караты (200 *мг*).
кл	килолитры (1 000 *л*).
гл	гектолитры (100 *л*).
дкл	декалитры (10 *л*).
л	литры.
дл	децилитры (0,1 *л*).
сл	сантилитры (0,01 *л*).
мл	миллилитры (0,001 *л*).
тм	тоннометры.
кгм	килограммометры.
т/м²	тонны на кв. метр.
кг/см²	килограммы на кв. сантим.
м/ск	метры в секунду.
п. м	погонные метры.
рег. т	регистровые тонны.

II. Математич. обозначения.

°	градус.
′	минута, фут.
″	секунда, дюйм.
‴	терция, линия.
$>$ $<$	больше ($<$ меньше).
$\not>$ $\not<$	не больше ($\not<$ не меньше).
$\approx$	приблизительно равно.
$\geqslant$	больше или равно.
$\leqslant$	меньше или равно.
$\gg$	значительно больше.
$\ll$	значительно меньше.
$\measuredangle$	угол, измеряемый дугой.
$\parallel$	параллельно.
$\perp$	перпендикулярно.
$\div$	от—до.
sin	синус.
tg	тангенс.
sc	секанс.
cos	косинус.
ctg	котангенс.
csc	косеканс.
arc sin	арксинус.
arc tg	арктангенс.
sh	гиперболический синус.
ch	» косинус.
th	» тангенс.
$\varnothing$	диаметр.
e	основание натуральных логарифмов.
lg	логарифм десятичный.
ln	» натуральный.
lim	предел.
Const	постоянная величина.
$\sum$	сумма.
$\int$	интеграл.
$\sim$	приблизительно.
∞	бесконечность.
d	полный диференциал.
∂	частный »

III. Международные символы.

а) Единицы.

A	ампер.
Ah	ампер-час.
W	ватт.
Wh	ватт-час.
kW	киловатт.
kWh	киловатт-час.
V	вольт.
mV	милливольт.
VA	вольт-ампер.
kVA	киловольт-ампер.
mA	миллиампер.
Ω	ом.
MΩ	мегом.
μΩ	микроом.
C	кулон.
VC	вольт-кулон.
H	генри.
J	джоуль.
F	фарада.
μF	микрофарада.
Å	ангстрем.
Cal	калория большая.
cal	калория малая.
HP	лошадиная сила.
lm	люмен.
lx	люкс.
m	мюрг.
Hz	герц.

б) Величины.

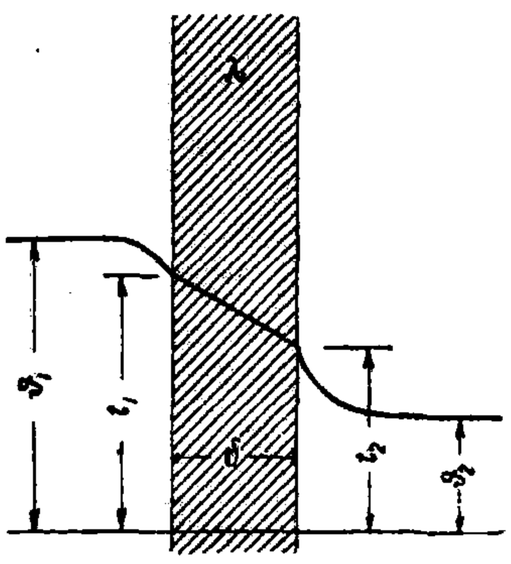
$t°$	температура обыкновенная.
$T°$	» абсолютная.
$t°_{кип.}$	» кипения.
$t°_{пл.}$	» плавления.
$t°_{заст.}$	» застывания.
$t°_{отв.}$	» отвердевания.
$t°_{крит.}$	» критическая.
atm	атмосфера техническая.
Atm	» барометрич.
I	сила тока.
Q	электрич. заряд, количество электричества.
E	электродвижущая сила.
V, *U*	напряжение, потенциал.
A	работа.
W	энергия.
N	мощность.
T	период колебания.
f, *ν*	частота.
ω	угловая скорость, угловая частота.
Ω	боковая частота.
λ	длина волны.
φ	сдвиг фазы.
L	самоиндукция.
C	емкость.
R	сопротивление активное (ваттное).
ε	диэлектрич. постоянная.
μ	магнитн. проницаемость.
ϱ	удельное сопротивление.
σ	удельная проводимость.
δ	декремент затухания.
φ	магнитный поток.
H_{Br}	твердость по Бринелю.
A_{c_1}, A_{c_2}, A_{c_3} / A_{r_1}, A_{r_2}, A_{r_3}	критич. точки железн. сплавов.
g	ускорение силы тяжести.
l	длина.
m	масса.
$D^{t_1}_{t_2}$	уд. вес при $t_1°$ по отношению к воде при $t_2°$.
[α];$[\alpha]_D$	угол вращения плоскости поляризации.
C_{H^+};$[H^+]$	концентрация водородных ионов.
pH; P_H	водородный показатель.
$^1/_1N$	нормальный раствор.
$n^{t°}_D$	коэф. преломления.

IV. Основные сокращения.

фт.—футы.
дм.—дюймы.
кц.—килоцикл.
св.—свеча.
об/м.—обороты в минуту.
п-вс.—пудоверсты.
п-фт.—пудофуты.
фт/ск.—футы в секунду.
чв-д.—человекодни.
чв-ч.—человекочасы.
долл., $—доллары.
мар.—марки.
фн. ст., £—фунты стерлингов.
фр.—франки.
шилл.—шиллинги.
млн.—миллионы.
млрд.—миллиарды.
ч.—часы.
м., мин.—минуты.
ск.—секунды.
°Bé—градусы Боме.
°Э.—градусы Энглера.
Градусы температурных шкал:
°K—Кельвина.
°C, °Ц.—Цельсия (100°-ной).
°P.—Реомюра.
°Ф.—Фаренгейта.
t°—темп-ра по 100°-ной шкале (C).
t° P.—температура по Реомюру.
t° Ф.—температура по Фаренгейту.
абс. ед.—абсолютная единица.
ат. в.—атомный вес.
Aufl.—Auflage.
B.—Band, Bände.
v.—volume, volumes.
вкл.—включительно.
д. б.—должно быть.
ж. д., ж.-д.—железная дорога, железнодорожный.
з.-европ.—западноевропейский.
з-д—завод.
изд.—издание.
ин-т—институт.
Jg.—Jahrgang.
кпд—коэфициент полезного действия.
к-рый—который.
к-та—кислота.
Lfg—Lieferung.
м—мета (хим.).
м. б.—может быть.
м. г.—минувшего года.
меш (mesh)—число отверстий в ситах на лин. дюйм.
мн-к—многоугольник.
мол. в.—молекулярный вес.
нек-рый—некоторый.
о—орто (хим.).
об-во—общество.
о-в—остров.
п—пара (хим.).
p.—pagina, paginae (лат.—страница, страницы).
пром-сть—промышленность.
проф.—профессор.
SK—зегеровские конуса.
С., Ю., В., З.—север, юг, восток, запад.
с.-з., ю.-в.—северо-западный, юго-восточный.
стр.—страницы.
t.—tome, tomes.
T.—Teil, Teile.
тв.—твердость.
т-во—товарищество.
темп-ра—температура.
т. н.—так называемый.
тр-к—треугольник.
уд.—удельный.
уд. в.—удельный вес.
ур-ие—уравнение.
У. П.—Урочное положение.
u. ff.—und folgende.
ф-ия—функция.
ф-ла—формула.
H.—Heft, Hefte.
хим. сост.—химический состав.
ц. т.—центр тяжести.
Ztrbl.—Zentralblatt.
Ztschr.—Zeitschrift.
эдс—электродвижущая сила.
эфф.—эффективный.
Ам. П.—американский патент.
Ан. П.—английский патент.
Г. П.—германский »
Р. П.—русский »
Сов. П.—советский »
Ф. П.—французский »
B.—Berlin.
Brschw.—Braunschweig.
L.—London.
Lpz.—Leipzig.
Mch.—München.
N. Y.—New York.
P.—Paris.
Stg.—Stuttgart.

Т

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ, свойство среды или системы тел передавать тепло, не участвуя при этом в видимом движении. В процессе такой передачи тепла распределение $t°$ может сохраняться постоянным или меняться с течением времени. В первом случае имеется установившееся, или стационарное, состояние, во втором—переменный тепловой режим. Основой теории распространения тепла путем Т., разработанной Фурье, служит предложенное Био уравнение, определяющее зависимость между потоком тепла Q, разностью темп-р t_1-t_2 и геометрич. размерами тела для простейшего случая плоской однородной стенки (фиг. 1) толщиной δ:



Фиг. 1.

$$Q = \lambda F \frac{t_1-t_2}{\delta}\tau, \qquad (1)$$

где τ—время, а F—поверхность стенки, к к-рой отнесен поток Q. Коэф. Т. материала λ определяется свойством вещества стенки. Ниже даны переводные коэф-ты для перевода одних единиц Т. в другие:

λ в технических единицах	. . . . .	$\left[\frac{\text{Cal}}{м\ ч\ °C}\right]$
» в физических »	 360	$\left[\frac{\text{cal}}{см\ ск\ °C}\right]$
» в электрических »	 0,86	$\left[\frac{\text{W}}{м\ °C}\right]$
» в британских »	0,124 $\left[\frac{\text{BTU дм.}}{\text{фт. ч °F}}\right]$	$=0{,}49\left[\frac{\text{BTU}}{\text{фт. ч °F}}\right]$

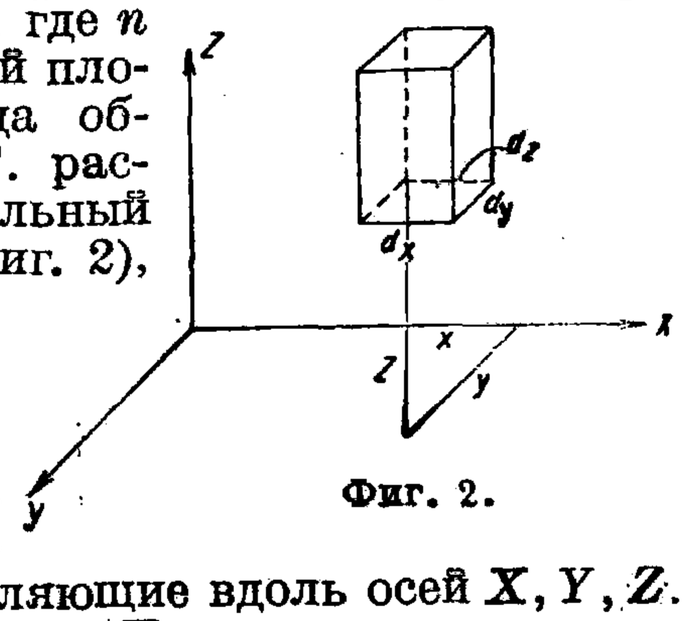
Коэф. Т., вообще говоря, зависит от $t°$, но в случае малых разностей $t°$ в большинстве задач мы можем принять его постоянным и отнести к некоторой средней $t°$. Ур-ие (1) легко распространить на любое однородное изотропное тело с произвольным распределением $t°$. Пусть dF—произвольный элемент какой-либо изотермич. поверхности тела и n—нормаль к этому элементу; если dt бесконечно малое падение $t°$ на элементе нормали dn, то ур-ие (1) напишется в виде:

$$dQ = -\lambda \frac{dt}{dn} dF\, d\tau \qquad (2)$$

для элемента времени $d\tau$; $\frac{-dt}{dn}$ называется г р а д и е н т о м $t°$ и обозначается grad t. Если элемент dF не совпадает с изотермич. поверхностью, а составляет с ней нек-рый угол, то

$$dQ_n = -\lambda \frac{d\vartheta}{dn} dF\, d\tau, \qquad (3)$$

т. е. в общем случае нормальная составляющая теплового потока dQ_n через площадку dF определяется ф-лой (3), где n есть нормаль к этой площадке. Для вывода общего уравнения Т. рассмотрим произвольный параллелепипед (фиг. 2), вырезанный внутри тела, с ребрами $dx\ dy\ dz$. Поток тепла, проходящий через параллелепипед, мы можем разложить на 3 составляющие вдоль осей X, Y, Z. Поток тепла вдоль оси X определится соотношением:



Фиг. 2.

$$-\lambda\left(\frac{\partial t}{\partial x}\right)_x dy\, dz\, d\tau = -\lambda\left(\frac{\partial t}{\partial x}\right)_{x+dx} dy\, dz\, d\tau + c\gamma\, dx\, dy\, dz \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau$$

или

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial t}{\partial x}\right) dx\, dy\, dz\, d\tau = c\gamma\, dx\, dy\, dz \frac{\partial t}{\partial \tau} d\tau;$$

такие же ур-ия мы можем составить и для двух других составляющих теплового потока вдоль осей Y и Z. Складывая их и сокращая на $dx\ dy\ dz\ d\tau$, мы получаем общее ур-ие Т. для изотропного тела без источников тепла:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{1}{c\gamma}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial t}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda \frac{\partial t}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda \frac{\partial t}{\partial z}\right)\right]. \qquad (4)$$

При постоянном λ ур-ие (4) переходит в

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{c\gamma}\left[\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right] = a\Delta^2 t. \qquad (5)$$

Если в элементе объема выделяется количество тепла $dq = f(xyz\tau)\, dx\, dy\, dz\, d\tau$, то к правой части ур-ия (5) или (4) нужно прибавить член $\frac{1}{c\gamma} f(xyzt)$. В случае стационарного состояния мы имеем

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = 0$$

и

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = \Delta^2 t = 0. \qquad (6)$$

Величина $\frac{\lambda}{c\gamma}$ обозначается обыкновенно через a и называется т е м п е р а т у р о п р о в о д н о с т ь ю м а т е р и а л а. Размерность величины a есть $[м^2/ч]$.

Некоторые простые случаи Т. Для плоской стенки, как мы видели, имеет место ур-ие (1). Для цилиндрич. слоя (фиг. 3) бесконечной длины с наружным и внутренним диаметрами $d_н$ и $d_в$ находим решение для стационарного состояния:

$$Q = -2\pi\varrho l\lambda\frac{\partial t}{\partial\varrho};\quad Q\cdot\frac{d\varrho}{\varrho} = -2\pi l\lambda\, dt;$$

интегрируя от t_1 до t_2 и от $d_в$ до $d_н$, находим

$$Q = \frac{\pi l\,(t_1-t_2)}{\frac{1}{2\lambda}\ln\frac{d_н}{d_в}}. \qquad (7)$$

Для сферич. слоя тем же способом находим

$$Q = -4\lambda\pi\varrho^2\frac{dt}{d\varrho};\ 4\pi\lambda\, dt = -Q\frac{d\varrho}{\varrho^2};$$

интегрируя от $\frac{1}{2}d_в$ до $\frac{1}{2}d_н$ и от t_1 до t_2, находим

$$Q = \frac{\pi\,(t_1-t_2)}{\frac{1}{2\lambda}\left(\frac{1}{d_в}-\frac{1}{d_н}\right)}. \qquad (8)$$

Оба решения относятся к единице времени. Для иллюстрации нестационарного потока тепла рассмотрим нагревание стержня при следующих пограничных условиях:

$$x = 0,\quad t = t_0,$$
$$x = \infty,\ t = 0,$$
$$\tau = 0,\quad t = 0.$$

Пренебрегая потерями тепла от стержня в стороны, получаем

$$\frac{\partial^2 t}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = 0\ \text{ и }\ \frac{\partial t}{\partial\tau} = a\frac{\partial^2 t}{\partial x^2}.$$

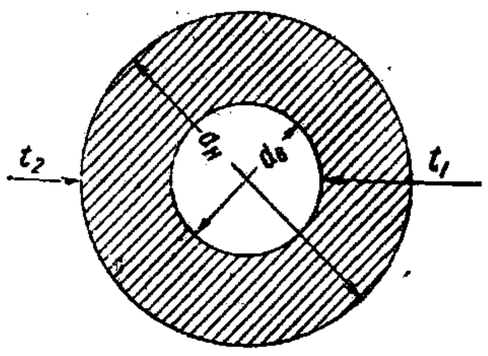
Решение этого ур-ия напишется в виде:

$$\frac{t_0-t}{t} = \Phi\left[\frac{x}{2\sqrt{a\tau}}\right],$$

где

$$\Phi(\xi) = \int_0^{\xi} e^{-\xi^2}d\xi.$$

Т. металлов и сплавов. Один из самых старых способов определения Т., к-рым пользовался Ингенгус, состоял в сравнении распределения $t°$ в различных стержнях, нагреваемых с одной стороны и отдающих тепло по всей длине в окружающую среду, причем для простоты $t°$ отмечалась по плавлению воска, к-рым стержни были покрыты, причем, как показали Депре и Био, Т. различных металлов относятся, как квадраты отрезков, на к-рых воск расплавился. Определением теплопроводности по охлаждению стержня занималось очень много исследователей (Лангберг, Депре); особенно тщательные исследования принадлежат Видеману и Францу, к-рые помещали испытуемый стержень, нагреваемый с одной стороны парами воды, внутри металлич. цилиндра, охлажденного снаружи водой. Темп-ра стержня измерялась подвижным термоэлементом, спай к-рого мог быть прижат к произвольной точке стержня. Любопытный способ относительного определения Т. дал Фойгт. Из различных металлов изготовлялись два образца в виде трехугольных пластинок и спаивались так, что линия спая представляла собой диагональ квадрата. При нагревании одной из сторон квадрата линии теплового потока, а следовательно и изотермы преломлялись по закону $\frac{\operatorname{tg}\varphi_1}{\operatorname{tg}\varphi_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$, и



Фиг. 3.

следовательно по углам φ_1 и φ_2 можно определить отношение Т. металлов. Изотерма делалась видимой путем покрывания пластинок сплавом терпентина с воском, к-рый давал достаточно резкую изотерму плавления. В других способах измерялось количество тепла, подводимое к стержню, и падение $t°$ вдоль него (Дональдсон, Якоб), причем в нек-рых случаях вместо стержня испытывались пластинки (Хонда и Симиду). Один из самых изящных методов определения Т. металлов был предложен Кольраушем, причем измерялось не λ, а отношение Т. к электропроводности $\varkappa$, т. е. $\frac{\lambda}{\varkappa}$. Экспериментально этот метод был разработан Егером и Диссельхорстом. Через испытуемый металлич. стержень диам. 1—2 *см* проходит нагревающий его ток, причем концы стержня поддерживаются при постоянной t_1. Измеряя в центре стержня и на его концах разности потенциалов V и $t°$, мы имеем при условии отсутствия боковых потерь тепла в окружающую среду

$$\frac{\lambda}{\varkappa} = \frac{V^2}{8\,(t_2-t_1)}.$$

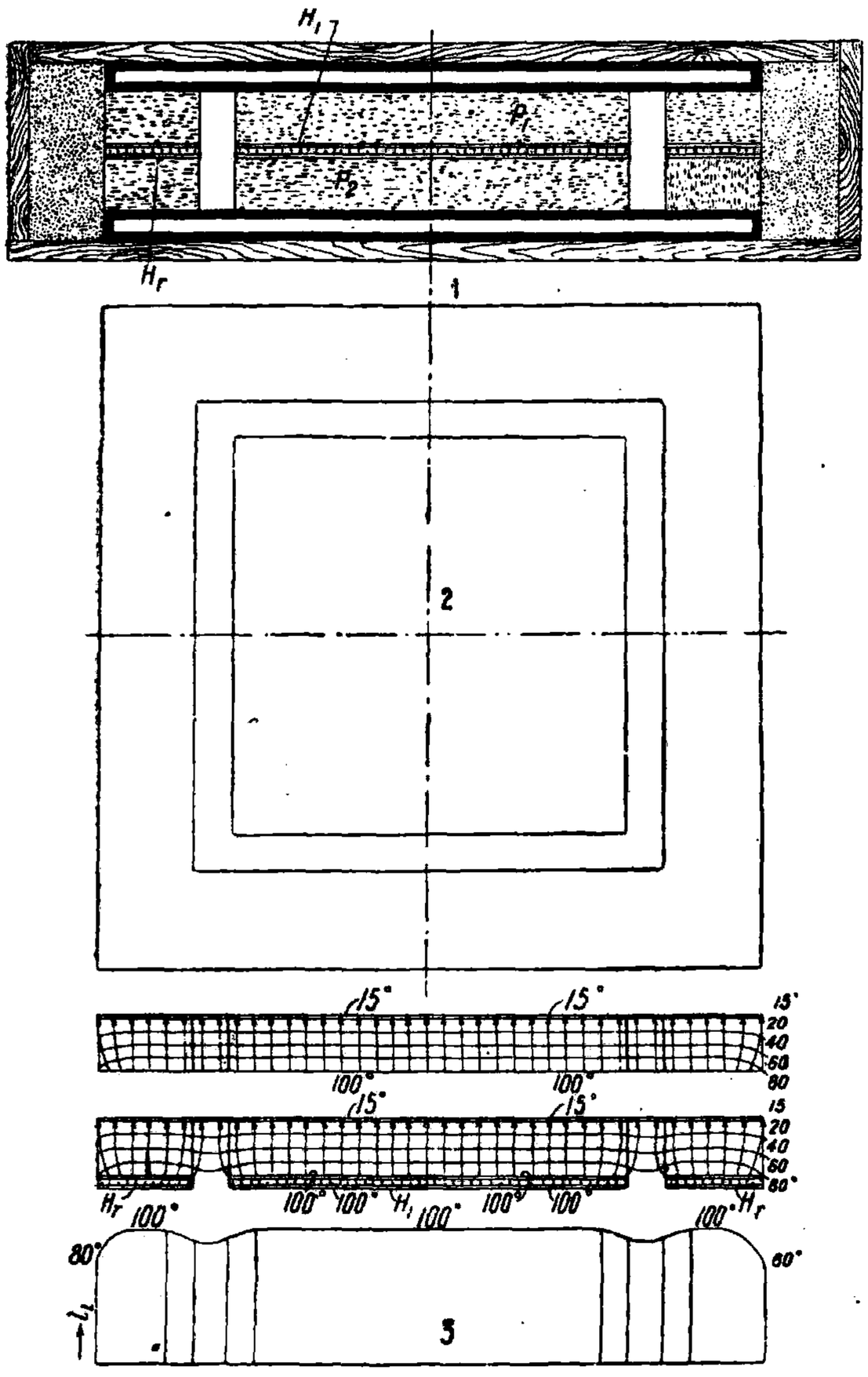
Результаты измерения весьма надежны для толстых стержней и при хорошей изоляции. Недостатком метода являются весьма большие силы тока, необходимые для нагревания стержня (до 300 А в опытах Егера и Диссельхорста). Для уменьшения силы тока Симиду предложил пользоваться значительно более тонкими стержнями, устраняя боковые потери тепла при помощи нагрева защищающей стержень трубки, создающего в ней то же распределение $t°$, как и в стержне. Определением $\frac{\lambda}{\varkappa}$ занимались Лангмюир, Анжелл Мейсснер и др. Т. металла лежат в пределах между 1 (сплав Sb+Cd) и 360 (Ag), при весьма низких $t°$ наблюдались величины 1 400 для Cu и даже до 10 000 для Cu монокристалла. Небольшие примеси значительно понижают Т. чистых металлов; $t°$ (выше 0°) мало влияет на Т. С понижением $t°$ Т. растет и тем быстрее, чем ниже $t°$. Видеманом и Францем была установлена закономерность, связывающая λ и $\varkappa$, а именно, что для определенной $t°$ отношение $\frac{\lambda}{\varkappa}$ есть величина постоянная для всех металлов. Закон этот является приблизительным ($\pm 10\%$) и относится также и к сплавам и сталям с большим содержанием С. Лоренц установил другую закономерность, а именно, что $\frac{\lambda}{\varkappa T}$ д. б. величиной постоянной, не зависящей от $t°$. Он обозначал

$$10^8\frac{\lambda}{\varkappa T} = L_0 = \text{Const}.$$

Для чистых металлов величина L_0 колеблется незначительно и лежит между 2,2 и 2,5; для сплавов эти числа тоже б. или м. соответствуют действительности. Исключением являются металлы и сплавы с очень малой электропроводностью, для к-рых (Cd и Sb) L_0 достигает 243. Кенигсбергер высказал предположение, что эти отношения можно объяснить тем, что Т. металла составляется из действительно металлической Т. и Т. неметаллической, причем чем больше первая, тем ближе металл следует закону Видемана-Франца-Лоренца. У металлов с малым $\varkappa$ превалирует 2-й вид Т., что и вызывает большие отклонения. Технич. интерес представляет изучение периодически меняющихся $t°$-ных полей и вызванных ими

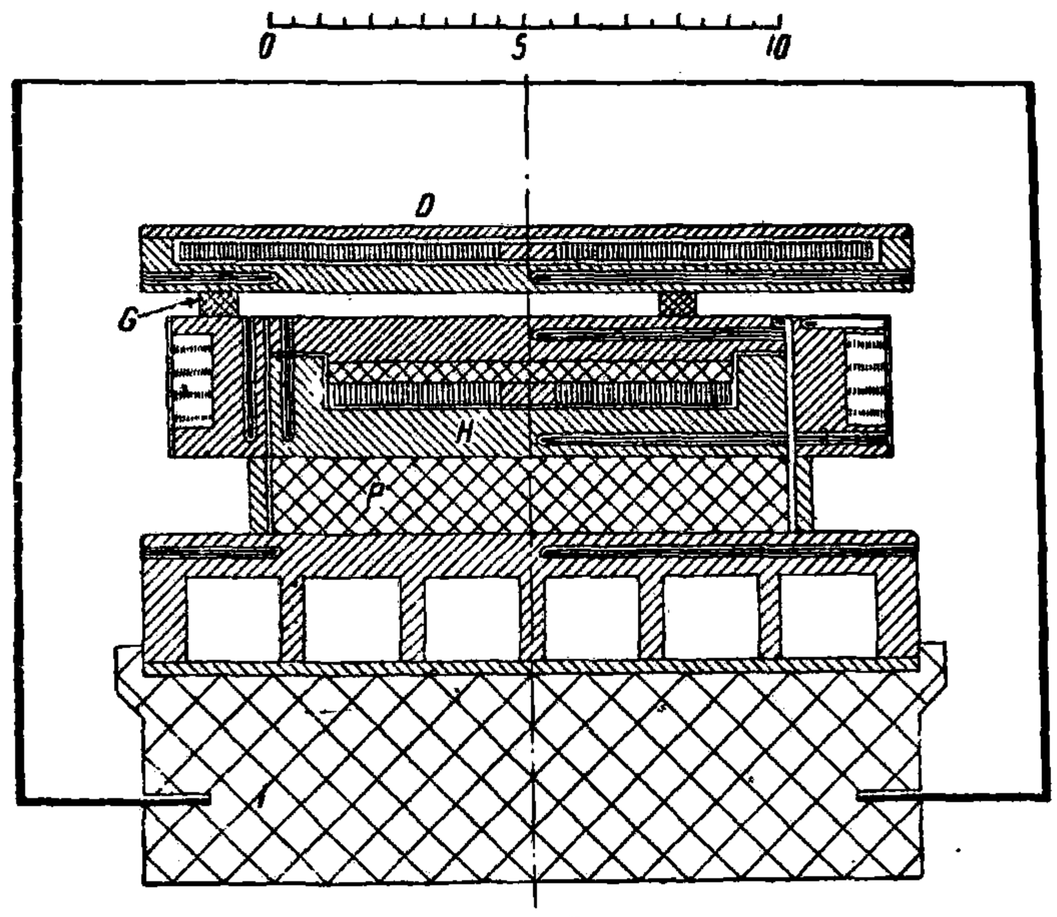
напряжений в различных машинах, двигателях и машинах-орудиях, т. к. иногда эти напряжения могут повести к серьезным авариям. С другой стороны, важен отвод тепла по металлич. частям различных электрич. установок.

Т. дурных проводников тепла. Почти все основные методы определения Т. дурных проводников тепла, применяемые в настоящее время, сводятся к измерению количества тепла, прошедшего через испытуемое тело, по электрической энергии, израсходованной на нагрев, разности $t°$ и линейным размерам тел. Материалы исследуются в форме плиток цилиндрич. слоя, сферич. слоя, цилиндров, нагреваемых с торца, и т. д. Приборами с двумя испытуемыми плитками P_1 и P_2, между к-рыми помещался электрич. нагреватель H_1, пользовались Поэнсген (фиг. 4: *1*—вертикальный разрез, *2*—вид сверху, *3*—изотермы по различным сечениям) и Гребер в Мюнхенской лаборатории технич. физики, в к-рой и были разработаны основные способы измерения Т. строительных и изоляционных материалов. Недостаток плоского прибора состоит в необходимости устранения боковых потерь тепла при помощи т. н. охранного кольца $H_г$, к-рое усложняет регулировку прибора и все же не всегда обеспечивает достаточную точность. Чтобы не встречаться с необходимостью изготовления двух одинаковых образцов, Якоб сконструировал прибор (фиг. 5) с одной плиткой P, а потери тепла от нагревателя H вверх компенсировал другим нагревателем D, к-рый поддерживался при $t°$, одинаковой с первым. Т. о., считая и охранное кольцо G, приходится регулировать три самостоятельных нагревателя, что очень осложняет испытание. Подобный прибор установлен и в Физико-технической лаборатории ВТИ.



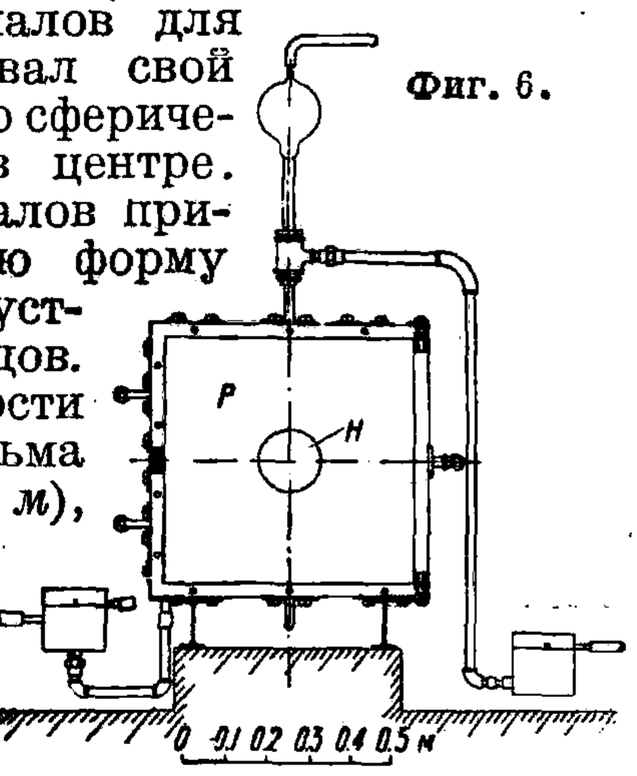
Фиг. 4.

Нуссельт пошел по совершенно другому пути. Он заключает электрический нагреватель H

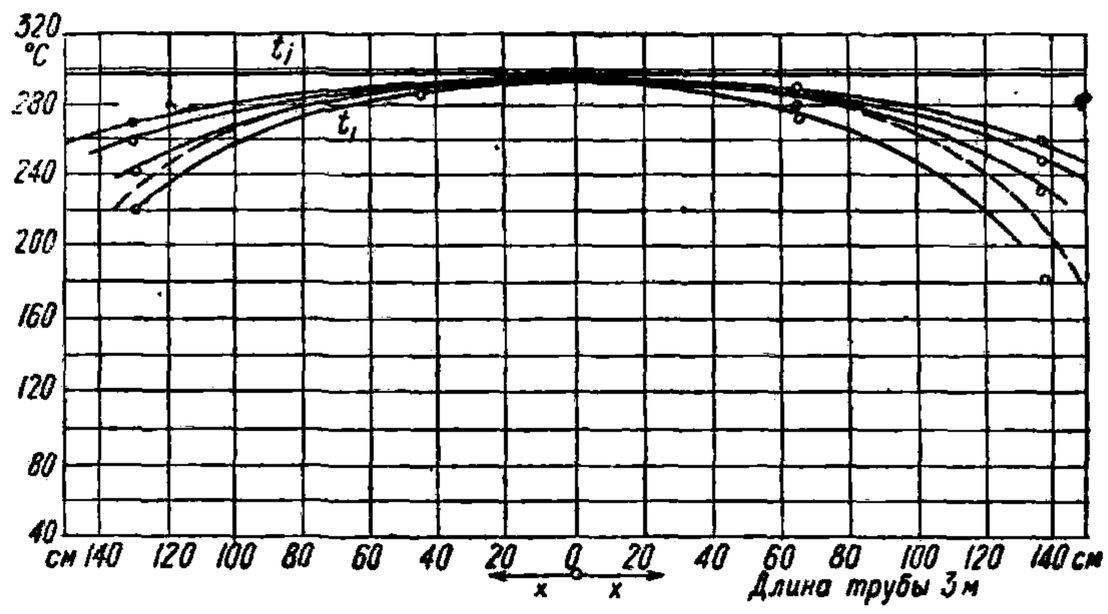


Фиг. 5.

внутри испытуемого полого тела P так, что весь поток тепла проходит через испытуемый материал и отпадает необходимость компенсировать боковые потери (фиг. 6). При испытании сыпучих материалов для простоты он устраивал свой прибор в виде шара со сферическим нагревателем в центре. Для твердых материалов прибор имел кубическую форму в виду сложности устройства сферич. образцов. Для увеличения точности прибору давались весьма большие размеры (0,6 *м*), благодаря чему одно испытание длилось 3—14 дней. Из своих опытов Нуссельт попутно определял влияние $t°$ на теплопроводность. Для испытания изоляции трубопроводов Ван Ринсум устроил прибор в виде длинной трубы, покрытой слоем испытуемого материала, причем потеря тепла концами трубы учитывалась расчетным путем на основании



Фиг. 6.

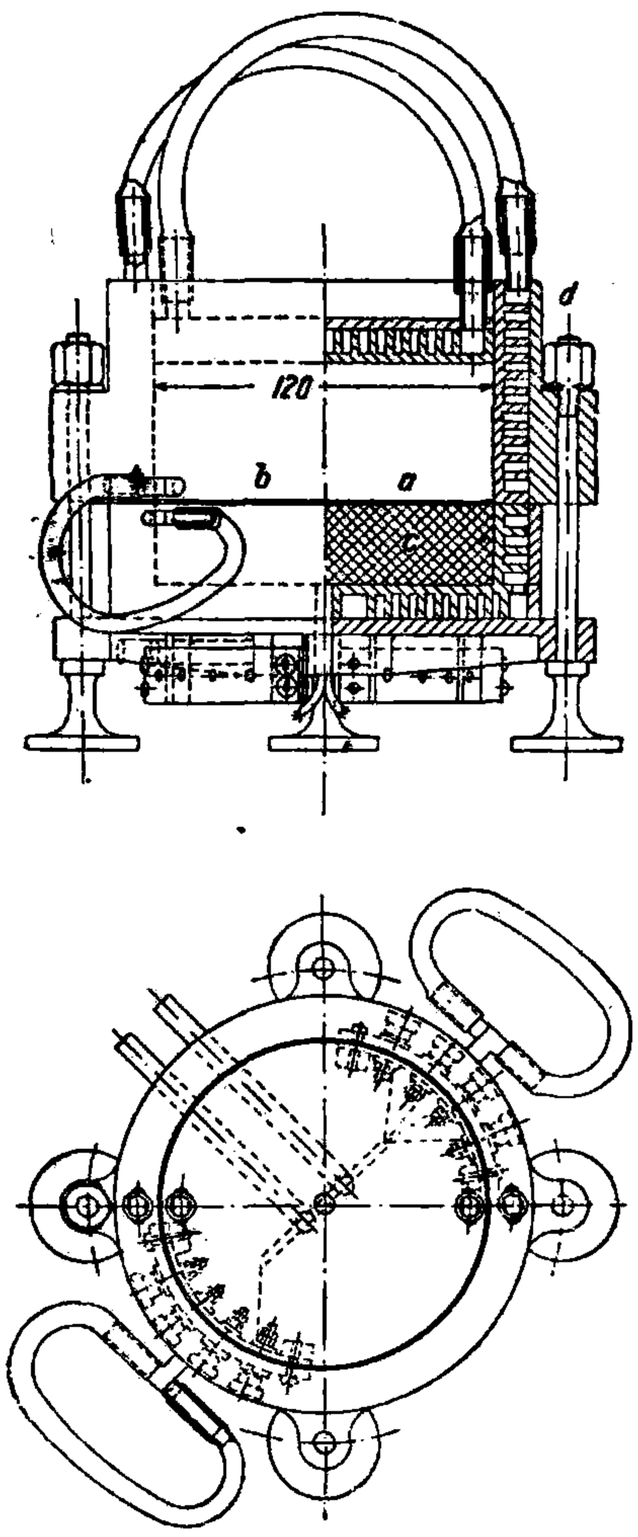


Фиг. 7.

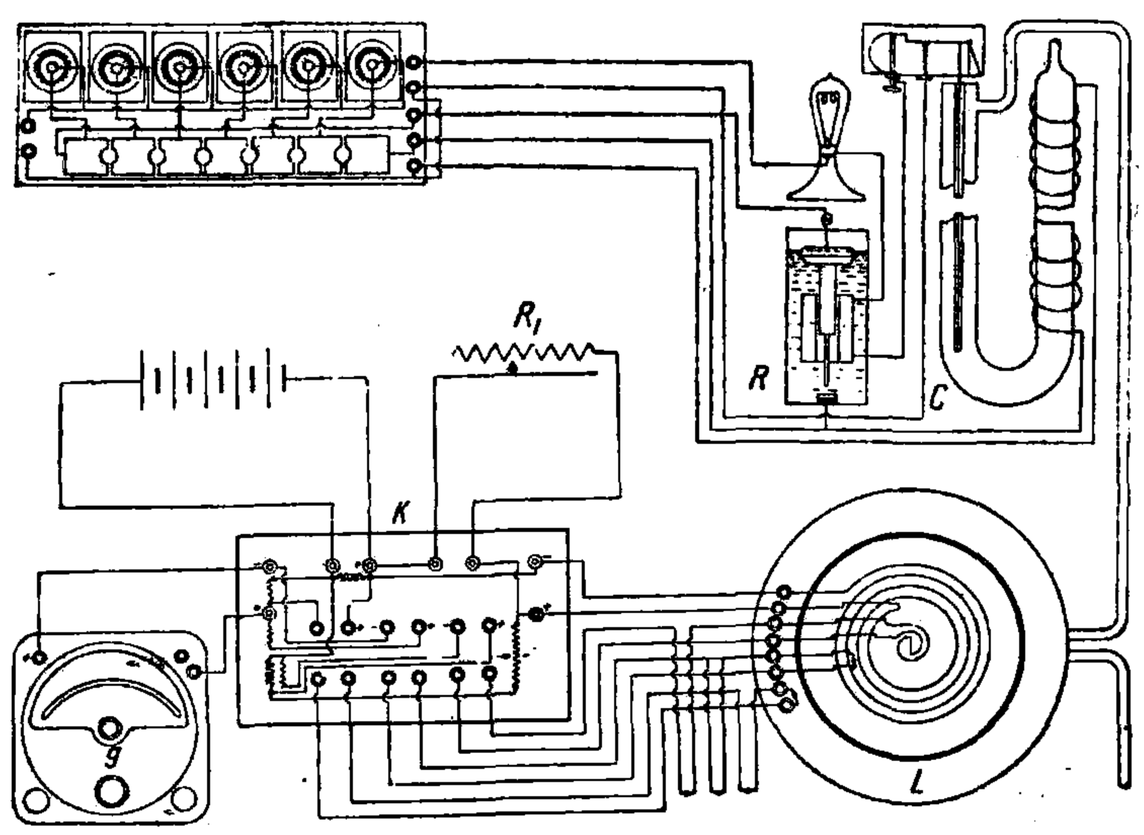
измерений $t°$ вдоль трубы; фиг. 7 показывает влияние различной степени охлаждения концов на $t°$ в средней части трубы. Способ, предложенный Тимротом, состоит в измерении Т. цилиндра a, нагреваемого по плоскости основания плоским нагревателем b, смонтирован-

ным на основании другого цилиндра c, причем оба цилиндра помещены в холодильник d (фиг. 8). Поток тепла—расходящийся. Измерение сводится к измерению тока и разности $t°$ между центром нагревателя и холодильником.

На фиг. 9 дана схема электрических соединений: L—прибор, K—коммутатор, позволяющий при помощи одного гальванометра g производить измерение $t°$, силы тока и напряжения на зажимах нагревателя, R, C—реле, служащее для поддержания постоянства $t°$ воды, R_1—реостат. В этом способе, похожем на способ плоских пластин, устранена необходимость компенсировать боковые потери, и вместе с тем размеры прибора невелики, что позволяет относительно скоро производить испытания. Прибор установлен в ВТИ и других институтах. Кондратьев и Стаценко разработали ряд методов определения Т. при нестационарном (регулярном) режиме, позволяющем производить определения λ весьма быстро. Степень точности измерений ниже, чем для стационарного режима. Зная Т. материала, можно поставить обратную задачу, а именно—измерения расхода тепла свести к измерению разности $t°$. Эту задачу весьма остроумно решил Шмит. На поверхность, отдающую тепло в окружающую среду, накладывается тонкая

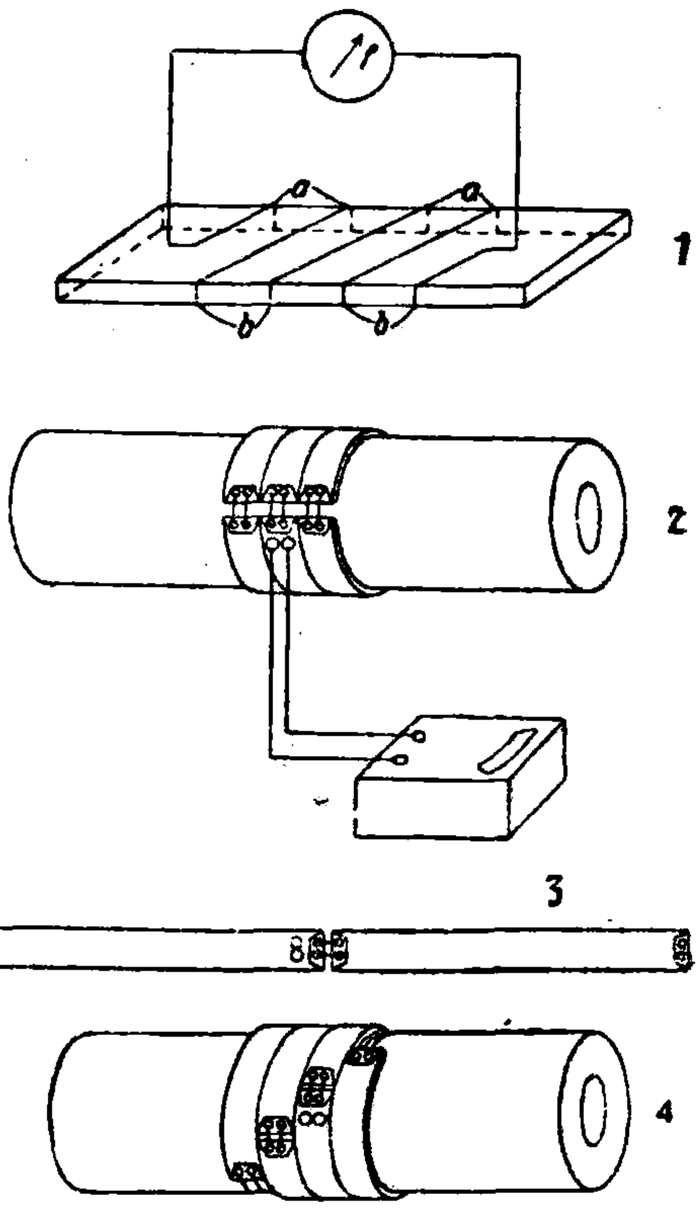


Фиг. 8.



Фиг. 9.

резиновая лента (фиг. 10) с установленными на ней 100 дифференциальными термоэлементами a и b, определяющими разность $t°$ ее поверхностей (на фиг. 10: *1*—расположение термопар в резиновой ленте, *2* и *4*—различные способы накладки на трубу, *3*—измерительная лента и две охранные ленты по краям). По эдс этих термоэлементов измеряется пропорциональный ей поток тепла через резиновую ленту. Прибор м. б. проградуирован прямо в калориях. Т. изоляционных, почти всегда пористых материалов является ф-ией Т. воздуха, заключенного в их порах. Влияние $t°$ т. о. будет тем больше, чем больше пористость и чем больше объем пор. Впервые на возрастание λ с $t°$ указал Эйкен, но окончательно это было установлено классич. опытами Нуссельта. В этом же направлении проводили работу Ван Ринсум, Гребер, Геренс и др. Температурный коэф. самого материала мало сказывается, т. к. λ твердого каркаса вообще мало влияет на общую Т. изоляционного материала. Т. материала вообще тем меньше, чем больше его пористость, т. е. чем меньше его объемный вес (вес единицы объема). Особенно сильно сказывается влияние объемного веса на Т. порошков (опыты Тейлора, Смолуховского и др.), λ которых гл. образом определяется термич. сопротивлениями точек соприкосновения. Огромное уменьшение Т. с уменьшением давления газа было установлено опытами Смолуховского. Влажность материала сказывается также очень сильно на его λ, особенно в случае порошков, т. к. влага прежде всего заполняет самые мелкие поры и конденсируется на местах соприкосновения частиц, сильно понижая их термич. сопротивление.



Фиг. 10.

Т. жидкостей и газов. Для измерения Т. жидкостей Христиансен, Миллер, Чаток, Якоб и др. пользовались методом жидкой пленки, пропуская через нее поток тепла сверху вниз. Винкельман исследовал Т. жидкостей и газов при нестационарном состоянии, определяя λ в шаровом слое между наружным металлич. шаром и внутренним, служащим термометром. При переходе из твердого состояния в жидкое Т. вещества резко уменьшается, особенно большой скачок получается для металлов. Изменение вязкости η играет незначительную роль. Давление сказывается на вязкости жидкости гораздо больше, чем на ее Т. Бриджмен на основании своих опытов, опытов Вакс-мута и теоретич. рассуждений находит для неэлектропроводной жидкости ф-лу

$$\lambda = \frac{2Rv}{\delta^2},$$

где R—газовая постоянная, v—скорость звука, $\delta = \left(\frac{m}{\varrho}\right)^{\frac{1}{3}}$—среднее расстояние между центрами молекул. Значения коэфициента λ для жидкостей по Бриджмену приведены в сл. таблице:

Жидкость	Измерено	Вычислено
Этиловый алкоголь . . .	0,0043	0,0052
Эфир	0,0033	0,0029
Вода	0,0144	0,0151

Т. газа не зависит от давления до тех пор, пока при уменьшении его средние пути пробега молекул газа не станут одного порядка с линейными размерами сосуда. При не слишком малых давлениях для газов имеем

$$\lambda = kC_v\eta;$$

взяв для η ф-лу Сезерланда

$$\eta = \frac{C_1\sqrt{T}}{1+\frac{C_2}{T}},$$

находим

$$\lambda = kC_v\frac{C_1\sqrt{T}}{1+\frac{C_2}{T}}.$$

Вопросы Т. газов теоретически разработаны на основе кинетич. теории. Для смесей газов Васильевой было дано соотношение:

$$\lambda = \frac{p_1\lambda_1}{p_1+Ap_2}+\frac{p_2\lambda_2}{p_2+Bp_1}.$$

Для $O_2 + H_2$ коэф. $A = 1{,}379$ и $B = 3{,}064$.

Лит.: Хвольсон О., Курс физики, т. 3, Берлин, 1923; Тимирязев А., Кинетическая теория материи, М.—П., 1923; Грёбер Г., Введение в теорию теплопередачи, пер. с нем., М.—Л., 1933; Каммерер И., Термоизоляция в пром-сти, пер. с нем., М.—Л., 1932; Тимрот Д., Определение теплопроводности и теплоемкости строительных и изоляционных материалов, пер. с нем., М.—Л., 1932; Чаплин Г. и Максимов Т., Теплопроводность строительных и изоляционных материалов, «ИТИ», М., 1925, вып. 11—13; Тимрот Д., Приборы для определения строительных и изоляционных материалов, Доклады СССР на международной энергетич. конференции в Берлине, «ИТИ», 1930; Gröber H., Die Grundgesetze d. Wärmeleitung u. des Wärmeüberganges, B., 1921; Handbuch d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 9, T. 1, Leipzig, 1929; Mises R. u. Frank P., Die Differential u. Integralgleichungen d. Mechanik u. Physik, 7 Aufl., B. 2, Brschw., 1927; Nusselt W., Die Wärmeleitfähigkeit von Wärmeisolierstoffen, «Mitt. u. Forschungsarbeiten», Berlin, 1909, H. 63/64.

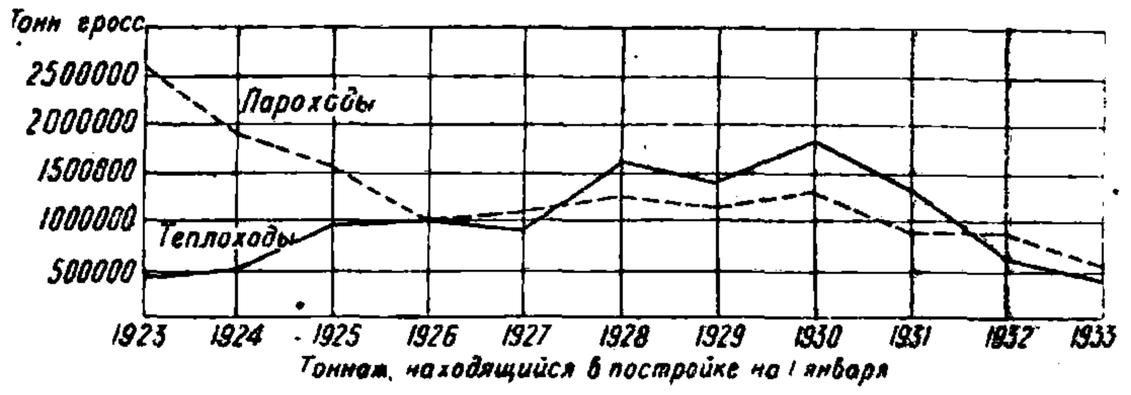
Д. Тимрот.

ТЕПЛОУЛОВИТЕЛЬ, см. *Теплообменник.*

ТЕПЛОФИКАЦИЯ, см. Дополнительный том.

ТЕПЛОХОДЫ, суда водоизмещением выше 100 *т*, имеющие в качестве главных машин двигатели внутреннего горения (более мелкие суда называются моторными лодками, или катерами). Двигатели на Т. применяются тяжелого топлива—дизели, полудизели и нефтянки. Т. разделяются на военные и коммерческие.

Из военных кораблей к Т. относятся все *подводные лодки* (см.), в надводном флоте Т. не получили еще значительного распространения. По сравнению с паровыми кораблями военные Т. имеют следующие тактич. преимущества: 1) увеличение района плавания, 2) быстрый пуск и следовательно исключение времени на разводку паров и прогревание машин, занимающее на паровых кораблях от 2 до 12 ч., 3) возможность быстрого развития скорости, 4) бездымность, 5) меньший размер дымовых труб и следовательно меньшая видимость и большее удобство в размещении вооружения, 6) отсутствие паропроводов, проходящих через погреба боезапасов и повышающих $t°$. Недостатками являются: 1) малая мощность одной машины, 2) большой вес, 3) большой габарит, особенно по высоте. Указанные тактич. преимущества Т. заставили военно-морские круги разных стран работать над проблемой применения Т. в военном флоте с момента первого появления дизеля на судах (1904 г.). Уже в 1905 г. опубликован проект Филиппова броненосца-Т., а в 1908 г. построены первые военные Т.—канонерские лодки для р. Амур—водоизмещением 1 000 *т*, 4 дизеля з-дов Л. Нобеля и Коломенского общей мощностью 1 000 HP, передача на винт—электромеханическая по системе Дель-Пропосто. Вместе с канонерками для Каспийского моря, построенными в 1911 году (900 *т*, 2 реверсивных двигателя по 500 HP з-да Л. Нобеля), они оставались до мировой войны единственными представителями военных Т., т. к. мощности и веса существовавших двигателей не соответствовали тактич. требованиям. Германия к концу войны построила 2 двигателя для крейсерского хода линкоров мощностью 12 000 HP каждый (6-цилиндровые, 2-тактные двойного действия, D=850 *мм*, H=1 050 *мм*, n=160 об/м.), прошедших успешно стандовые испытания и разрушенных по Версальскому договору. Во время войны многие воюющие страны ввели в строй ряд Т. вспомогательного значения: мониторы, сторожевые корабли, тральщики, заградители. Все эти типы кораблей не предъявляли к машинным установкам повышенных требований в отношении веса, габарита и мощности и удовлетворялись или обычными коммерческими типами или же двигателями для подлодок. После войны Германия, жестоко ограниченная Версальским договором в отношении строительства военно-морских сил и имевшая наибольший опыт использования легких двигателей на подводных лодках, стала на путь реализации тактич. преимуществ Т., чтобы при малом водоизмещении своих кораблей достигнуть максимальной боевой мощи, приближающейся к таковой много бо́льших кораблей других стран. На крейсерах типа «Карлсруэ» были установлены 4-тактные дизели MAN в 1 000 HP при 1 000 об/м. с весом в 5 *кг*/HP в качестве крейсерских, позволявшие развить скорость до 14,5 узла. На крейсере «Лейпциг» крейсерская установка состоит из четырех 7-цилиндровых бескомпрессорных 2-тактных двойного действия двигателей MAN, работающих через муфту «Вулкан» и зубчатую передачу на средний вал и сообщающих крейсеру скорость в 18 узлов. Опыт постройки этих установок позволил перейти к созданию чистых Т.: учебно-артиллерийского корабля «Bremse» и линейного корабля «Deutschland», к-рые до сего времени остаются непревзойденными Т. по мощности и весу машин. В остальных флотах, как видно из табл. 1, Т. являются только корабли умеренного водоизмещения и скорости. Кроме того в английском флоте имеется несколько крейсеров с дизельными установками для крейсерского хода.



Фиг. 1.

В коммерческом флоте применение Т. началось с 1904 г. и до мировой войны ведущим государством в этом отношении являлась Россия в лице з-дов Коломенского и Л. Нобеля, создавших мощный флот Т. на Волге. Началом океанского теплоходства считается 1912 г.,

Табл. 1.—Характеристики военных теплоходов в строю и в постройке (вспомогательные суда-базы, тральщики и пр. не включены).

Класс	Тип	Страна	Год постройки	Водоизмещение, *т*	Длина, *м*	Ширина, *м*	Осадка, *м*	Вооружение: число орудий, их калибр в *см* и длина в калибрах	Скорость, узлы	Мощность, HP	Данные об установке
Линейный корабль	«Deutschland»	Германия	1932	10 160	185,5	20,5	6,6	6—28/52 8—15/50 4—8,8 зен. 6 торп. аппар.	27	56 000	8 двухтактных двойного действия 9-цил. двигателей MAN *1
Броненосец бер. обор.	«Väinämöinen»	Финляндия	1930	4 000	92	16	4,5	4—25,4 8—12 зен.	16	4 000	Дизель-электрическая передача *2
Сторожевые корабли	«Bougainville»	Франция	1930	2 140	102	13,5	3,8	3—14/55 4—3,7 зен. 6 пулем.	15,5	3 200	Двигатели Бурмейстер-Шнейдер, двухвальная установка *3
Сторожевые корабли	«Bremse»	Германия	1931	1 250	103,5	9,5	2,55	Постоянного вооружения не имеет; арт. учебн. корабль	27	62 000	8 двухтактных двиг. двойного действия системы MAN 8-цилиндровые, $D = 300$ *мм*, $H = 440$ *мм*, $n = 600$ об/м.
Монитор	«Marshal Soult»	Англия	1915	6 502	108,3	27,7	31,1	2—38,1/42 8—10,2 2—7,6 зен. 4 пулем.	6,6	1 898	—
Мониторы	«Fao di Bruno»	Италия	1916	2 800	67	20	1,8	2—38,1/50 4—7,5 зен. 2—3,7 зен.	4	465	—
	«Monte Grappa»	»	1916	605	40	10	1,6	1—38,1/50	7	690	—
	«Monte Cengio»	»	1915	500	37	8,6	1,6	1—38,1/50	6	350	—
Канонерская лодка	«Barb»	Персия	1932	950	—	—	—	2—10,2 2—7,6 зен. 2 пулем. 80 мин	15	2 500	—
Канонерская лодка	«Cap. Dimitrescu»	Румыния	1916	355	62,1	7	2,6	2—10 2 пулем.	15	900	—

*1 $D = 420$ *мм*, $H = 580$ *мм*, $n = 450$ об/м. Сгруппированы по 4. Каждая группа соединена с гребным валом гидромуфтой «Вулкан» и зубчатой передачей. 4 вспомогательных двигателя такого же размера по 5 цилиндров с $n = 325$ об/м. для подачи продувочного воздуха. Строится 3 единицы. *2 4 дизеля завода «Германия» с наддувом Бюхи, 2 электромотора. Строится 2 единицы. *3 На испытаниях отдельные корабли развивали скорость до 18 узлов. В строю и постройке 7 единиц.

когда начал службу датский Т. «Зеландия». Особенное развитие Т. получили в послевоенный период. В настоящее время Т. применяют во всех отраслях коммерческого флота: пассажирские трансокеанские, грузовые, буксиры, паромы, ледоколы, спасательные, рыболовные, плавучие краны и пр. Табл. 2 и фиг. 1 показывают развитие строительства Т.

Табл. 2.—Мировой тоннаж теплоходов (по данным Английского Регистра).

Год	Тоннаж	% от всего тоннажа
1919/20	752 606	—
1929/30	6 628 102	10
1930/31	8 096 337	12
1931/32	9 431 433	13,8
1932/33	10 038 377	14

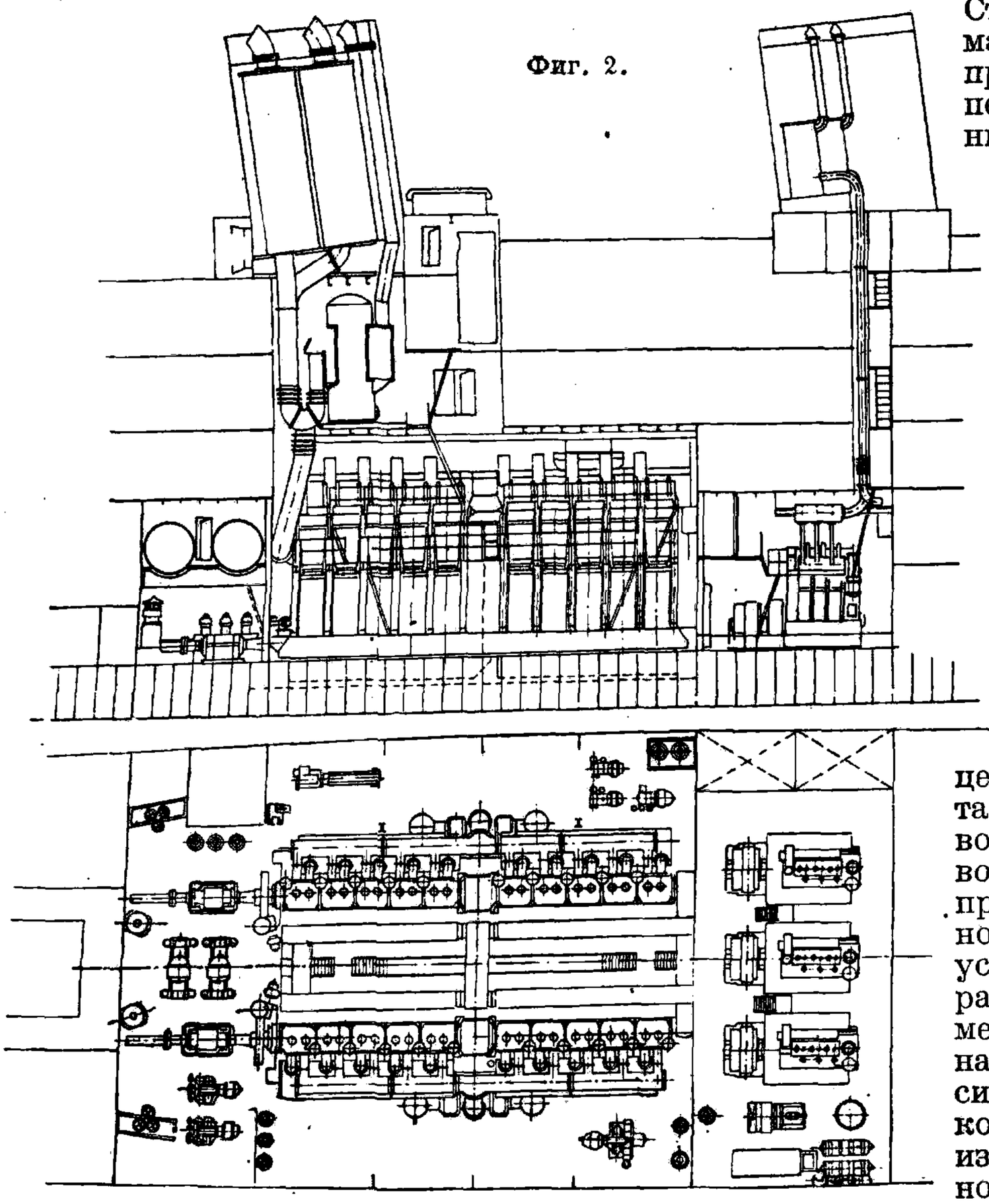
Преимуществами Т. по сравнению с пароходами являются: 1) меньший расход топлива как в море, так и в порту, 2) меньшее количество машинной команды, 3) отсутствие сажи и золы, выбрасываемых из дымовых труб (важно для пассажирских судов), 4) значительное уменьшение места, занимаемого дымоходами в средней части корабля, 5) уменьшение нагревания машинной установкой окружающих помещений, 6) неизменяемость расхода топлива в течение всего срока службы (расход топлива в службе даже уменьшается по сравнению со сдаточными испытаниями), 7) уменьшение места, занимаемого установкой. Недостатками являются: 1) бо́льшая начальная стоимость, 2) бо́льшая требовательность к качеству и постоянству топлива и смазки с вытекающей отсюда повышенной ценой его, 3) повышенная шумность, особенно выхлопа. Рентабельность Т. подтверждается тем обстоятельством, что во время послевоенного кризиса судоходства в в 1922/23 г. ни один из Т. не стоял на приколе, также и в настоящий кризис судовладельцы в первую очередь выводят из строя пароходы. Машинные установки Т. (военных и коммерческих) можно разделить на две группы: 1) с непосредственной передачей на гребные валы и 2) с промежуточной (механическая, гидравлическая, электрическая), т. к. в зависимости от этого изменяется весь характер установки. Так как для наивысшего кпд гребных винтов число об/м. n определяется по ф-ле

$$n = \frac{1}{\sqrt{N}}(5\,300 - 350\,v + 22v^2),$$

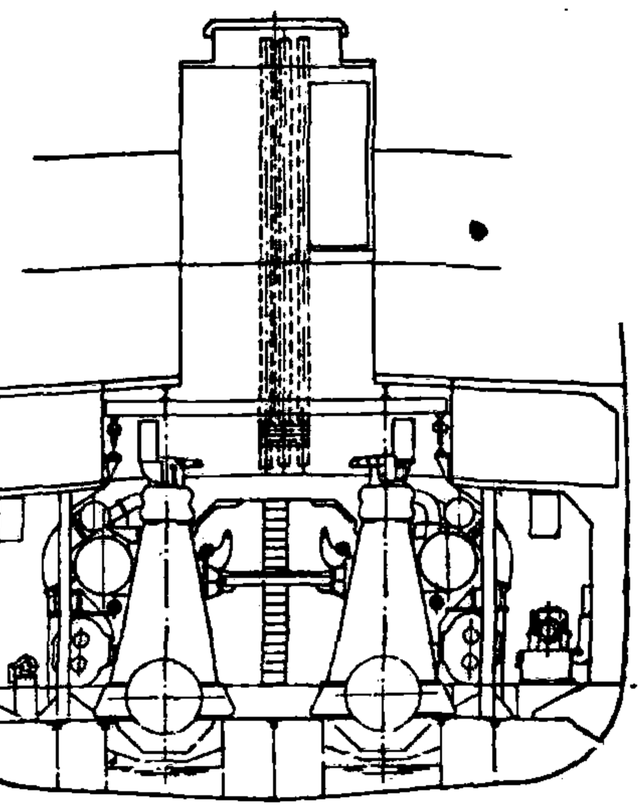
где N—мощность на валу в HP, v—скорость в узлах, то при непосредственной работе двига-

теля на гребной вал приходится устанавливать машину тихоходную и следовательно тяжелую и громоздкую. Скорость таких двигателей на крупных Т. колеблется в пределах 80—150 об/м. и это дает вес двигателя от 70 до 150 *кг*/HP. В таких установках в зависимости от потребной мощности число винтов бывает один, два и четыре. На фиг. 2 дано расположение механизмов норвежского

Фиг. 2.



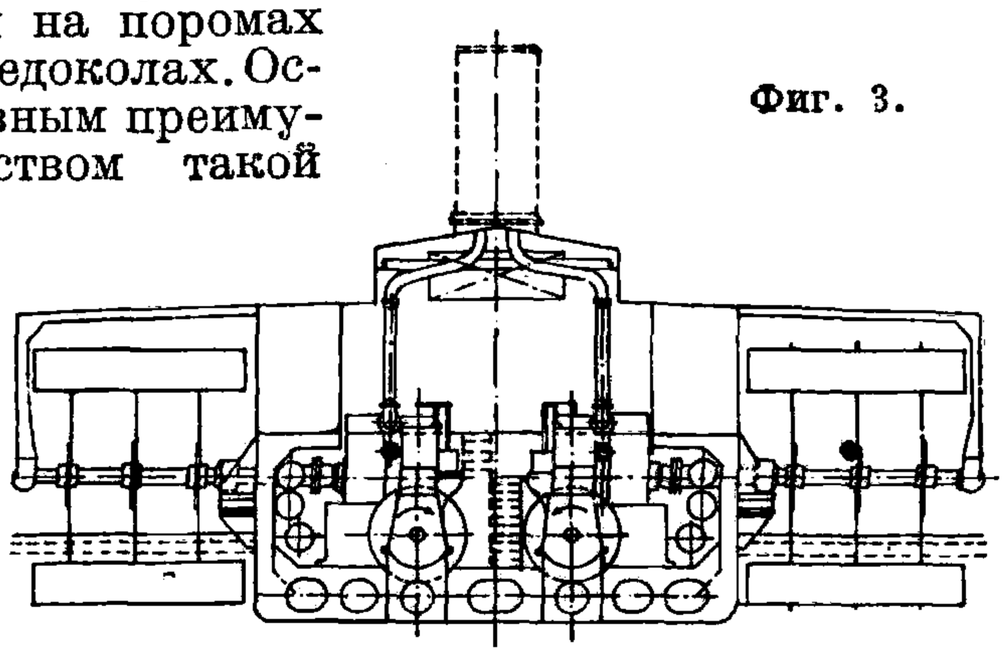
пассажирского Т. «Venus» (5 000 гросс *m*, 19 узлов, $N_e = 10\,000$ HP), построенного в 1932 году. Стремление к уменьшению высоты машинного отделения и веса машин привело к установкам с зубчатой передачей. Этими установками занимались германские заводы, имея

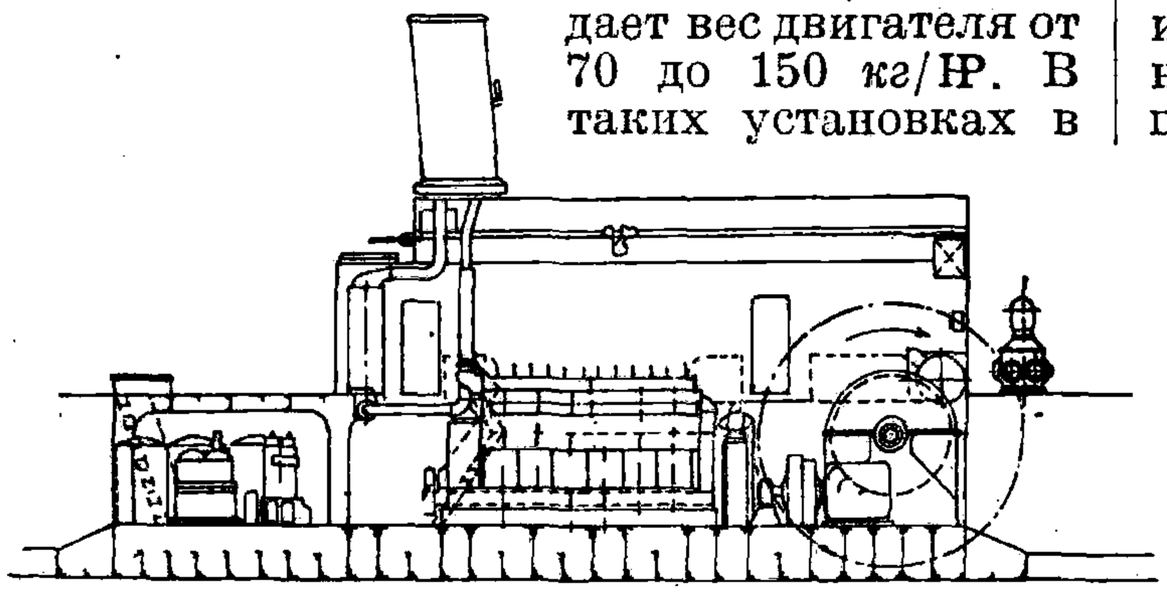


целью, во-первых, использовать оставшиеся в большом числе после войны двигатели подводных лодок, во-вторых, получить проверенные практикой результаты для установок на военных судах. Этот тип установок не получил большого распространения на морских коммерческих Т. На речных Т., где по навигационным условиям для буксиров выгоднее применять гребные колеса, механическая передача неизбежна. На фиг. 3 показана установка Т. «Ударник».

Дизель-электрич. установки имеют применение на судах специальных типов, в особенности на поромах и ледоколах. Основным преимуществом такой передачи является возможность непосредственного управления маневрами с капитанского мостика и большая гибкость маневрирования.

Фиг. 3.





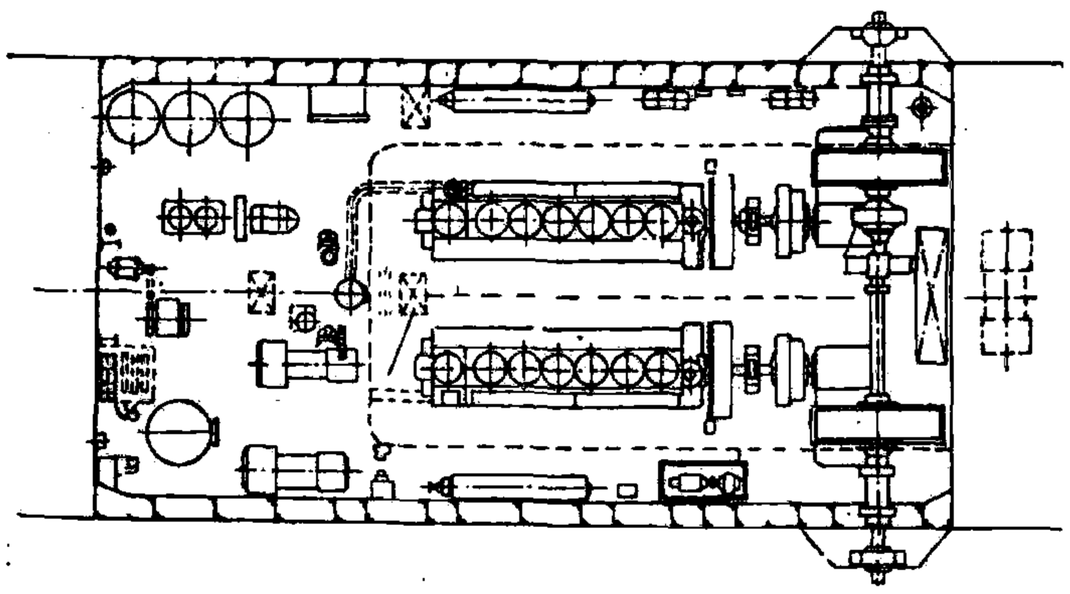
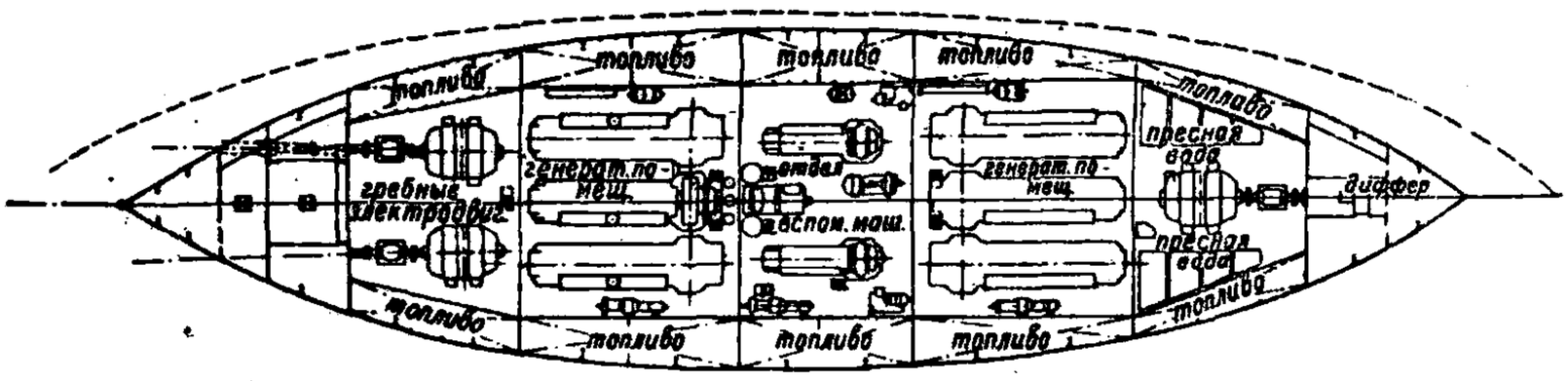


Табл. 3. — Типы двигателей, установленных на Т. в 1928—31 гг.

Типы	1928	1929	1930	1931
Число судов	189	181	240	176
4-тактные простого действия	100	107	120	95
4-тактные двойного действия	4	8	8	1
2-тактные простого действия	73	53	102	70
2-тактные двойного действия	12	13	10	10

Недостаток—значительное увеличение веса. Применяется обычно постоянный ток с управлением электромоторами по схеме Леонарда. Пример такой установки показан на фиг. 4



Фиг. 4.

для шведского ледокола «Ymern». Табл. 3 дает динамику применения различных типов двигателей на крупных морских теплоходах; на речных и каботажных судах устанавливаются исключительно двигатели простого действия.

В табл. 4 и 5 даны характеристики судовых двигателей, строящихся в СССР и наиболее распространенных заграничных. Вспомогательные механизмы для обслуживания главных двигателей и судовых нужд на Т. применяются или электрические или паровые. В первом случае вспомогательные динамо приводятся в движение дизелями, во втором случае пар получается от котлов, использующих выхлопные газы двигателей. Наиболее распространенным типом таких котлов является в настоящее время котел сист. Кларксона, т. н. «наперсточный» котел.

Табл. 4.—Характеристики судовых двигателей, строящихся на заводах СССР.*

Системы двигателе	4-тактные простого действия бескомпрессорные типа MAN				2-тактные простого действия типа MAN			2-тактные простого действия типа Зульцер					2-тактные завода «Русский дизель»	
Тип	6ГР50	6ГР60	6ГР70	6ГР84	90DK4	90DK6	K6Z$^{54}/_{90}$	S60	ST68	4S34	1S38	4S47	2126-VI	2400-VI
Мощность, Hp	400	450/600	600/850	1 100/1 450	1 200	1 800	1 400	1 400	1 800	410	520	800	750	2 400
Число цилиндров	6	6	6	6	4	6	6	4	4	4	4	4	6	6
Диам. цилиндра, *мм*	345	425	480	580	600	600	540	600	680	340	380	470	410	650
Ход поршня, *мм*	500	600	700	840	900	900	900	1 060	1 200	540	660	820	500	860
Число об/м.	240	140/185	130/190	140/187	180	135	110	110	100	200	170	135	180	125

* Тип ГР строится Коломенским з-дом, 2-тактные типа MAN — Сормовским, 2-тактные типа Зульцер — з-дами «Русский дизель», Харьковским, Николаевским.

Табл. 5. — Характеристики наиболее распространенных крупных судовых двигателей заграничных заводов.

Число тактов	Тип	Мощн., Hp	Число цилиндров	Диаметр, *мм*	Ход поршня, *мм*	Число об/м.
4	Бурмейстер и Вайн *1	1 400	6	550	1 000	140
		1 700	8	450	850	160
		2 000	6	590	1 100	150
		3 300	8	740	1 500	105
		5 500	12	630	1 200	145
		5 500	8	680	1 600	110
4	Веркспор *2	2 100	6	630	1 100	130
		700	6	670	900	130
2	MAN *3	1 400	6	510	900	110
		4 400	4	600	1 000	120
		2 600	5	600	900	115
		4 800	7	600	1 100	108
		7 200	7	700	1 200	113
2	Зульцер *4	2 250	6	600	1 060	100
		4 250	8	680	1 000	120
		5 000	6	700	1 200	95
		7 500	12	580	845	258
2	Доксфорд *5	2 600	4	560	2 160	95
		2 800	4	600	2 310	75
		5 200	4	700	2 100	120
2	AEG-Гессельман	4 250	6	600	1 100	125
		6 700	7	700	1 200	115
2	Бурмейстер и Вайн	5 200	9	450	1 200	110
2	Крупп	2 600	6	680	1 300	140
		2 250	6	600	1 150	120
2	Фиат	2 250	6	600	1 100	120
		4 400	8	750	1 250	100
		1 750	4	680	1 100	110
		4 500	8	750	1 000	125
2	Атлас-Дизель I Поляр	3 000	6	670	1 200	—

Строятся заводами: *1 Бурмейстер и Вайн, Харланд и Вольф, Кинкэд, Шнейдер, Гетаверкен, Эриксберг, Акерс. *2 Веркспор, Норд Истерн К°, Хадзорн-Лесли, Бургерхаутс К°. *3 Витворт, Кокумс, Виккерс, Вулкан, Иокогама. *4 Зульцер, Веркспор, Армстронг, Уолсенд, Ателье де Луар, Де-Шельде. *5 Доксфорд, Сан Барклай-Курль. Ход поршня показан суммарный для обоих поршней.

Лит.: «Motor Ship», London; «Motor Ship», New York; «Shipbuilder», London; «Marine Engineer a. Motor Shipbuilder», London; «Schiffbau», Berlin; «Werft Reederei Hafen», Berlin.

А. Сушинин.

ТЕРЕН, терновник, тернослив, Prunus spinosa L., кустарник высотою в 2 и более *м*, из сем. Amygdaleae, произрастающий почти во всей Европе (за исключением сев. части), на Кавказе и в Персии. Плод—костянка с сочным околоплодником размером ок. 15 *мм* длины, шаровидная или эллиптическая, черновато-темнокрасного цвета с синим налетом; мякоть зеленая, твердая, кислая, вяжущего вкуса. После морозов плоды становятся съедобными. Косточка морщинистая, при посеве всходит только через год. Т. сильно разрастается корневыми отпрысками. Древесина твердая, объемный вес 0,7, с коричневато-красного цвета ядром, беловатой заболонью с ясными годичными слоями, пригодна для мелких токарных изделий. К почве Т. нетребователен, засухоустойчив, выносит значительное засоление почвы, произрастает на сухих и каменистых почвах, но лучше развивается на плодородных почвах. На С. продвигается до Москвы, но разводится и в Ленинграде, в садах. Прекрасное растение для посадок при укреплении горных склонов и на опушках. Растет Т. медленно и плохо переносит пересадку; он употребляется в качестве подвоя для мирабели, персика и ренклодов. Встречается много форм Т., отличающихся: по времени цветения; по развитию опушения на различных органах; по строению цветов—двуполые, раздельнополые и махровые; по окраске цветов—белые и розовые; по окраске плодов—белые и зеленые. Этот неприхотливый кустарник представляет собою весьма полезное растение: листья служат суррогатом чая; из съедобных, после морозов, плодов

добывают уксус и гонят водку (терновку). Сок из ягод и отвар коры Т. в щелоке употребляют как красную краску (для полотна).

Лит.: Пеньковский В., Деревья и кустарники как разводимые, так и дикопроизрастающие в Европейской России, на Кавказе и в Сибири, ч. 5, Херсон, 1901.

Н. Кобранов.

ТЕРКА, клеверотерка, машина для обработки созревших сухих семенных головок клевера, предварительно отделенных от стеблей. Перетертую массу пропускают затем на веялку-сортировку, после чего получают полуочищенные семена клевера. Окончательную очистку и сортировку их производят на клеверной сортировке. Получение таким способом семян, сравнительно с получением их при помощи сложной специальной клеверной молотилки, сопряжено с значительно большей тратой времени и рабочей силы и вообще м. б. рекомендовано в колхозах и совхозах лишь при небольших посевах клевера на семена, для к-рых приобретение клеверной *молотилки* (см.) экономически невыгодно. При получении семян с помощью Т. приходится для отделения головок от стеблей предварительно пропускать скошенный клевер через хлебную молотилку. При этой операции получается небольшой процент семян и значительное количество отбитых головок, к-рые затем пропускают через Т. и отдельно через веялку-сортировку. В Германии (в последнее время) для уменьшения и ускорения работ по получению семян при помощи Т. устанавливают Т. на верхней части хлебной молотилки, в к-рую при помощи особого элеватора передаются головки, отбитые при пропуске клевера через молотилку. Т. о. хлебная молотилка м. б. еще использована и для получения клеверных семян.

Т. состоит из горизонтально вращающегося в сетчатом кожухе бичевого барабана, в станине к-рого, в верхней части у его конца, имеется приемное отверстие для подачи клеверных головок, а на противоположном конце кожуха (внизу)—выпускное отверстие для грубых остатков от перетираемого материала. Кожух обычно состоит из стальной проволочной ткани, через отверстия к-рой протираются семена и измельченные части головок клевера, поступающие затем на веялку-сортировку. Остатки стеблей и часть неразрушенных головок выбрасываются барабаном из выпускного отверстия кожуха и, если в них еще оказываются невытертые семена, возвращаются вторично в Т. В более сложных Т. (германских) под кожухом терочного барабана бывает помещена в общей станине веялка, и при таком устройстве от машины получается б. или м. чистое зерно без затраты рабочей силы на предварительную его очистку. Имеются также к сложным молотилкам приспособления, в к-рых пневматич. транспортером (эксгаустером) отбитые на молотилке головки передаются в приемник установленной с ней рядом Т.

Производительность Т. зависит как от размера барабана и мощности двигателя, так и от степени сухости клеверных головок и количества в них семян. В среднем часовая производительность машины от 150 до 400 *кг* отбитых от стеблей головок при мощности двигателя в 2—8 HP. Т. применяют также для получения и других травяных семян, для вылущивания эспарцета и вообще для полировки семян. Для обмолота трав их колосья д. б. отделены от стеблей или все растение изрезано на части, не превышающие 10 *см*. Соответственно форме и размеру семян устанавливается на машине кожух с более или менее крупными отверстиями, а била барабана заменяются щетками.

К. Шиповский.

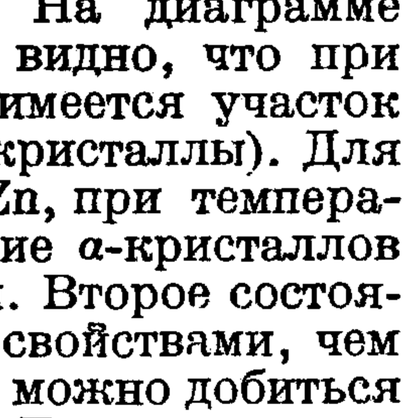
Лит.: см. *Молотилки.*

ТЕРМЕНВОКС, см. *Электромузыкальные инструменты.*

ТЕРМИОННЫЕ ТОКИ, поток (материальных) частиц, термионов (преимущественно положительных), испускаемых накаленным телом. Первоначально (Ричардсон и др.) под Т. т. подразумевались как ионный, так и электронный потоки, испускаемые накаленным телом (см. *Термоэлектроны*), например с катода электронной лампы.

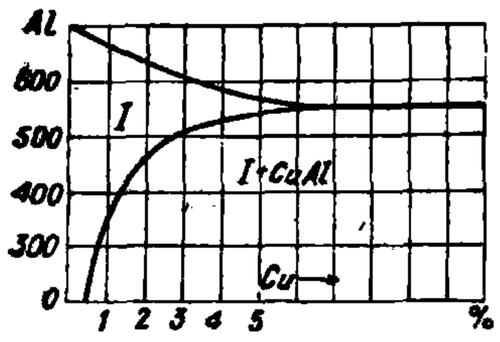
ТЕРМИТ, см. *Алюминотермия.*

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА металлов, процесс сообщения определенных свойств (твердости, вязкости, электропроводности, удельного объема и т. д.) металлическим сплавам в твердом состоянии нагревом и охлаждением их с определенными скоростями в определенных интервалах $t°$. Как скорости нагрева и охлаждения, так и в особенности интервалы $t°$ определяются на основании диаграмм состояния сплавов (см. *Металлография* и *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 158). По форме этих диаграмм можно заранее заключить о возможности изменения качеств данного сплава термообработкой. В качестве примера можно привести диаграмму Fe-C (железо-углерод) (см. *Металлография*, фиг. 5), где участок NIESOG соответствует кристаллам γ-Fe, участок ниже линии PSK соответствует смеси двух типов кристаллов — α-Fe и цементита (Fe_3C). При наличии такого превращения сплава соответственной Т. о. данной системы можно получить переход кристаллов одного типа в два других. На диаграмме Al-Zn (*Спр. ТЭ*, т. II, стр. 162) видно, что при содержании Zn в Al до 18% имеется участок твердого раствора Zn в Al (α-кристаллы). Для концентраций, бо́льших 18% Zn, при температуре 256° происходит распадение α-кристаллов на α-кристаллы и γ-кристаллы. Второе состояние ($\alpha + \gamma$) обладает иными свойствами, чем первое (α); следовательно Т. о. можно добиться выделения избыточной фазы. Для изменения свойств закаленного сплава с целью получения требуемых свойств необходима дальнейшая Т. о.—отпуск, изменяющий неустойчивое состояние, полученное вследствие закалки. В соответствии с приведенными примерами можно свести процесс Т. о. к двум схемам изменения свойств сплава: 1) изменение свойств сплава вследствие разделения одного типа кристалла (например γ-Fe) на два (α-Fe и Fe_3C) — закалка с отпуском ($A \rightarrow B + C$), по Гюртлеру Spaltveredlung; 2) изменение свойств сплава вследствие выделения избыточной фазы — т. н. старение ($A \rightarrow A + B$), по Гюртлеру Segregatveredlung. Рассмотрим область диаграммы состояний, изображенную на фиг. 1. Пусть кристалл A образует твердый раствор с B, при низкой $t°$ малой, а при высокой—большей концентрации, что показывает ход кривой pm; для соответствующего состояния кристалла B предположим для простоты неизменную от $t°$ концентрацию q, что выразится прямой nq. Рассмотрим сплав концентрации a. Выше темп-ры t' имеется ненасыщенный твердый раствор A, при

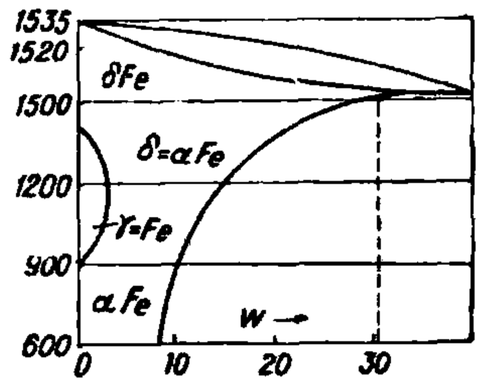


Фиг. 1.

t' он насыщен, а при температуре ниже t' он пересыщен и из него выделяются кристаллы B. Если сплав a нагрет выше t' и быстро охлажден, то при скорости выделения кристалла B, меньшей скорости охлаждения, можно переохладить сплав a и получить его в виде кристалла A при атмосферной $t°$; очевидно свойства такого сплава будут иными, чем если бы он остыл медленно и состоял из двух кристаллов A и B. Следовательно такой тип Т. о. может быть в сплавах, обладающих разной растворимостью (в твердом состоянии) в зависимости от $t°$, что обозначается наклонными линиями на диаграммах. Сплав b (на диаграмме) при высокой $t°$ состоит из кристаллов A и B, так же как и при низкой, причем кристаллы A будут изменять свой состав при понижении $t°$ по кривой pm, а потому и свойства всего сплава будут меняться в зависимости от состояния большего или меньшего переохлаждения. Это изменение будет резче для концентраций сплавов, лежащих между m и p, и все слабее по мере приближения к линии nq; при концентрациях же qB влияние Т. о. сводится к нулю; то же можно сказать и о сплавах Ap. Если кристалл B будет хрупкий, то хрупкость будет свойственна всем сплавам mn, если же кристалл B обладает ценными механич. свойствами, то Т. о. для этих сплавов может иметь большое практическое значение. Первые сплавы этого типа были открыты Вильмом (Wilm) в 1909 г., например сплав *дуралюмин* (см.). Сущность происходящих при Т. о. процессов до сего времени точно не установлена, вопрос дискутируется. Однако выяснено, что Al образует твердый раствор с примесями Cu, Zn, Mg, Si и др., к-рые при понижении $t°$ выделяются. Для проведения Т. о. дуралюмина поступают сл. обр.: получают сплав, близко соответствующий насыщению при высокой $t°$ (например 4%, фиг. 2); подвергают его ковке, чтобы получить равномерное перемешивание составных кристаллич. составляющих; нагревают с достаточной выдержкой при $t°$ 520° (для данного примера), чтобы получить полное растворение примеси; быстро остуживают пересыщенные кристаллы, чтобы образовать неустойчивое состояние сплава; затем подвергают «старению» или, лучше,



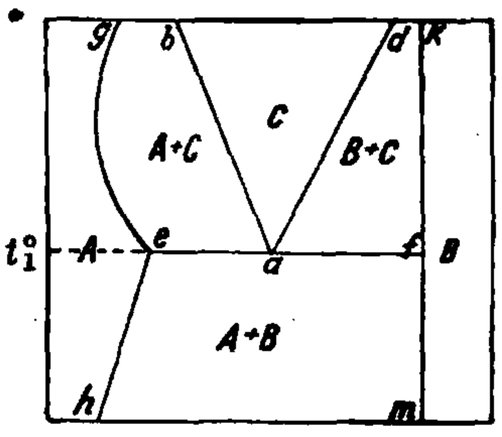
Фиг. 2.



Фиг. 3.

вылеживанию (по Гюртлеру Zeitreifung) при обыкновенной температуре или производят «искусственное старение» при повышенной $t°$. В обоих случаях в результате получается сплав с повышенной значительно твердостью без потери надлежащей вязкости. Оказалось по наблюдению Сайкса (Sykce, 1926 г.), что аналогичное явление имеет место в сплаве Fe-W. Железо растворяет при 1 525° до 33% W, а при 600° всего 10%, выделяя при охлаждении твердое и хрупкое соединение Fe_3W_2. Благодаря искусственному старению после нагревания до 700—800° закаленный сплав (при 1 500°) приобретает очень высокую твердость. Следует отметить, что γ-Fe в этих сплавах занимает очень ограниченную область (фиг. 3).

Рассмотрим другой случай—разделение одного типа кристалла на два. В этом случае имеется область одного кристалла C, устойчивого в области abd (фиг. 4) и распадающегося ниже линии eaf. Для простоты пусть geh и kfm будут вертикальными, т. е. твердые растворы A и B не изменяют своей концентрации от $t°$; в этом случае кристаллы A и B не изменяют своих свойств от Т. о., как это было указано выше. Если $t°$ сплава концентрации a находится выше $t_1°$, то сплав состоит из кристаллов C; при температуре ниже $t_1°$ он распадается на смесь двух кристаллов $A+B$. Такой сплав обладает совершенно разными физич. свойствами при $t°$ выше и ниже $t_1°$. Если нагреть этот сплав выше $t_1°$ и быстро охладить, то можно получить кристаллы C в неустойчивом состоянии при обыкновенной температуре (закалка). Если в таком состоянии сплав обладает лучшими качествами, чем смесь $A+B$, то это будет Т. о., связанная с расщеплением кристаллов. Постепенным нагревом (отпуск) можно это неустойчивое состояние переводить в более устойчивое. Сплав $A+B$—очень мелкой раздробленности (дисперсности), что создает целую гамму дальнейших изменений свойств (см. *Металлография*, табл. 1). Концентрации между b и d требуют более высокой температуры закалки, как это видно из фиг. 4. Концентрации gb и dk после закалки дают смесь $A+C$ или $B+C$. Все свойства закаленного сплава обусловливаются свойствами кристалла C; если это будет элементарный тип кристалла, как у стали, то Т. о. дает хорошие результаты, если же образуются промежуточные химич. соединения между компонентами сплава, то в результате закалки получается хрупкий кристалл и Т. о. не достигает цели (напр. у бронз). Наличие горизонталей в диаграмме указывает на возможность Т. о. с распадением кристаллов на два типа. На диаграмме Fe-C имеется горизонтальная линия, поэтому для этих сплавов Т. о. имеет существенное практическое значение.



Фиг. 4.

С каждым годом появляются все новые открытия в области Т. о. разных сплавов (Pb, Ag, Cu, Mg и др.). Нет сомнения, что Т. о., к-рую раньше рассматривали как некоторую операцию, присущую лишь железным сплавам, в настоящее время должна занять очень важную роль в технологич. процессе всех технич. сплавов. Поэтому при изучении сплавов исследователь должен: 1) изучить диаграммы состояния этих сплавов, определяя области, резко изменяющие свойства их при разных скоростях охлаждения; 2) получив эти сведения, необходимо исследовать и сравнить эти свойства с исходным материалом и, проверив их, установить технич. применение Т. о. для данных сплавов. Так были между прочим исследованы сплавы Cu-Be, давшие после Т. о. прекрасные результаты. Т. о. их была установлена на основании диаграммы равновесия.

Как видно из предыдущего, Т. о. состоит из операций нагрева и охлаждения. Нагрев производится в печах, характеристикой которых

является $t°$, до к-рой в них м. б. нагрет металл. Т. о. для железных сплавов происходит при $t° \leqslant 900°$, и только в исключительных случаях (быстрорежущие стали) применяется более высокая $t°$ (до 1 350°); для Т. о. более трудным является получение равномерной низкой $t°$ нагрева (300—500°). Поэтому для равномерности нагрева выше 700° удобнее пламенные или муфельные печи на газе, жидком или твердом топливе, для $t° \sim 400$—500° лучше электрические (сопротивления—нихром) и для $t° \sim 100$—300°—электрические с перемешиванием воздуха вентилятором (печи Homo). Удобны для равномерности нагрева ванны—расплавленные соли и металлы (главным образом свинец). Для Т. о. особенно важна $t°$ нагрева. Контроль производится или при помощи пирометров, вводимых в зону нагрева, или пирометров соприкосновения (для цветных металлов). Первые установки (с самопишущими аппаратами) удобны при непрерывном массовом производстве, вторые—для индивидуальной работы или же контроля. Для железных сплавов можно применять для определения момента производства Т. о. исчезновение способности к намагничиванию (печи Барфильда, Англия) или задержку нагрева в момент фазового превращения (печи Hump, США); при этих установках нет надобности знать $t°_{крит.}$ сталей. При современной Т. о. массовых и индивидуальных крупных изделий применяют в большинстве случаев обычные пирометрич. установки, централизуемые в одном месте, что дает возможность следить за всеми работами Т. о. в цеху. Т. о. конструкционных сталей в массовом масштабе стала возможной только с применением автоматически действующих печей—конвейера, изготовляемого из огнеупорной стали, мало окисляющейся при $t° \sim 900°$ (нихром). Для инструментальных сталей серийная Т. о. обычно производится в печах типа Hump, а отпуск—в печах типа Homo. При устройстве термических цехов инструментальной стали следует иметь два параллельных неперекрещивающихся потока: один для углеродистых и слабо легированных сталей, а другой для быстрорежущей, ибо Т. о. требует разных $t°$-ных режимов. При массовом производстве изделий из конструкционной стали большое значение для Т. о. имеет устройство специальных индивидуальных охлаждающих устройств, напр. для снарядов, для коленчатых осей и т. п. Т. о. крупных изделий производится всегда индивидуально (нагрев и охлаждение). Для очень крупных изделий приходится считаться с массой металла как при нагреве, так и при охлаждении. В углеродистых сталях в изделиях сечением выше 50 *мм* нельзя получить насквозь фиксацию твердого раствора, и часто в таких случаях после охлаждения даже в воде получается «видманштедтова структура», придающая низкие механич. свойства изделию. В этих случаях следует применять стали, легированные никелем или хромом, с процентным содержанием в зависимости от толщины сечения.

Положение термич. цехов в потоке изготовления стальных изделий такое: заготовительный цех → Т. о. (отжиг 1-го рода)—понижение механич. качеств для облегчения механич. обработки → механич. обдирка → Т. о. (закалка с отпуском—по нем. Vergütung—улучшение)—сообщение металлу высоких механич. качеств → отделка в механич. цехе → сборка. Первая Т. о., облегчая снятие стружки (обычно пластинчатый перлит), в то же время не должна затруднять последующую Т. о., поэтому не следует стремиться получить зернистый перлит или крупнокристаллическую структуру при отжиге, потому что такие структуры трудно образуют мелкозернистый твердый раствор, что в дальнейшем вызывает многократную Т. о.—нормализацию, закалку и отпуск. Надо при этом указать, что имеются наблюдения (Hankins и Becker) (например над рессорами), что вследствие закалки с предварительной нормализацией получается изделие, обладающее из-за обезуглерожения слоя на поверхности сопротивлением на усталость на 50% ниже, чем просто закаленные. Этот факт указывает на необходимость крайне внимательного изучения процесса Т. о., особенно ответственных деталей. Часто за первой операцией Т. о. (нагревом) следят очень внимательно, а второй (охлаждению) отдают очень мало внимания. Однако последняя операция бывает очень затруднительна из-за трудности регулирования скорости (достигающей сотен градусов в ск.) охлаждения. Напр. получение тонкой листовой стали даже с 0,10% С главным образом затрудняется неумением создать определенную скорость охлаждения нагретого листа. Для глубокой вытяжки требуется от листового материала высокое удлинение; в виду же того, что очень тонкий лист (1—2 *мм*) в обычных условиях быстро охлаждается, перлит выделяется в мелкораздробленном состоянии (сорбит), и сталь получается с высоким пределом упругости и малым общим удлинением, что непригодно для глубокой вытяжки. Изучение условий охлаждения повело к непрерывному отжигу (по точно выработанной кривой охлаждения) каждого листа в печах до 90 *м* длиною. Охлаждение производится для мелких изделий из углеродистой стали в воде, а для легированных—в масле. Существенное значение имеет $t°$ охлаждающей жидкости, поэтому очень важно иметь центральную охлаждающую систему для воды или масла, например охлаждение гранат калибром 75 *мм* в специальном приборе с автоматич. подачей воды в минувшую войну дало возможность почти уничтожить брак от трещин в закалке, тогда как в обычных условиях получалось 5—7% брака и 10—15% сомнительных результатов Т. о. Установлено, что охлаждение стальных изделий из конструкционных сталей не следует вести до атмосферной $t°$, а только до 100—150°, после чего рекомендуется подвергать их немедленно отпуску. Сталь с содержанием ок. 0,9% С в небольших сечениях можно закаливать на аустенит охлаждением в среде с $t° \sim 230$—250° (см. *Металлография*). Такая закалка дает возможность вслед за этим править изделия, т. к. через 15—30 мин. аустенит превращается в мартенсит (стареет). Этот способ, предложенный Льюисом (Lewis), не удалось еще распространить на все сорта стали.

Т. о. цветных металлов является гл. обр. отжигом первого и второго рода и не составляет такой трудности, как Т. о. стали. Т. о. часто связывается с химическими процессами, напр. поверхность металла изделий при Т. о. окисляется, создавая в стали поверхностный обезуглероженный слой, в латуни—испаряется цинк; с этими процессами борются, создавая условия, препятствующие этим явлениям. Но для некоторых целей производятся намеренно химические реакции—науглероживание

поверхности стали (цементация), растворение N (нитрирование), разложение Fe_3C на Fe и C в чугунах (см. *Ковкий чугун*), алитирование—насыщение с поверхности стали и чугуна алюминием и др. Процесс *цементации* (см.) связан с нагревом в твердом и газообразном веществе (карбюризатор), способном отдавать С железу. Обычно цементированию подвергается мягкая сталь (C≤0,18%) в тех случаях, если цементированный слой должен покрыть всю поверхность, напр. в шестернях, валиках. В других случаях цементируют одну сторону, например поверхность бойка молотка, лицевую сторону брони. Процесс цементации твердым карбюризатором продолжается от 8 до 24 час., давая слой максимум 1,5—2,5 *мм* глубины. Когда требуется большая глубина (10—40 *мм*), удобно цементировать светильным газом; в этом случае цементация продолжается от 3 до 20 суток. Наконец в последнее время широко распространилась цементация в жидкости—в цианистых солях—ц и а н и р о в а н и е, причем получается слой 0,5—1 *мм* глубины в течение 2—4 час. Такой процесс применим для цементации резьбы, калибров и т. п. изделий. Кроме насыщения С в последнем случае происходит насыщение N, что может составлять особый процесс химической Т. о., носящий название «азотирование» или «нитрирование». Поверхность изделий из стали, содержащей 0,75—1% Al, поглощает N из NH_3 при нагреве до 500° и выдержке до 90 час. Сталь кроме Al может содержать Cr (⩽1,5%), Mo (0,2—0,5%), V(0,1—0,2%) при C ~ 0,3% и подвергаться азотированию после полной Т. о. и окончательной механич. отделки. Поверхностная твердость такой стали достигает 1 000—1 100 по Бринелю (испытывается алмазом), а толщина слоя 0,1—0,2 *мм*. Ускорение процесса нитрирования было предложено Kinzel и Egan. Для этой цели изделия покрываются слоем MgO толщиною до 5 *мм*; нитрирование в течение 4 часов дает очень тонкий слой азотированной стали, энергично сопротивляющийся коррозии. Децементация при получении ковкого чугуна заключается в нагревании до 900—950° и продолжительной выдержке (от 50 до 75 часов).

Каждая операция Т. о. при установке метода работы д. б. проверяема лучше по микроструктуре, но физическое состояние сплава можно проверять и по другим свойствам—электропроводности, магнетизму, объемным изменениям и т. п. Наиболее удобным приемом является проверка по твердости. Надо только иметь в виду, что отдельное испытание твердости дает мало для суждения о процессе изменений,—необходимо иметь данные о твердости после к а ж д о й операции, тогда только можно составить картину изменений в стали и ориентироваться о данном ее состоянии. Например твердость после отпуска закаленной стали с перегревом и нормально нагретой будет одна и та же, однако механические свойства будут разные. На основании лабораторной проработки над данным сортом стали обычно для каждой операции задается определенная твердость в довольно узких пределах. Отклонение от этих норм следует контролировать структурой стали и во-время корректировать технологич. процесс Т. о. Наиболее распространенным и практически удобным в цеху способом определения твердости является метод Бринеля, для мелких изделий—метод Роквелла и для инструмента—в особенности метод Шора. В лабораториях пользуются методом качания по Герберту и склерометром Мартенса; последние два способа—исключительно для испытания тонких слоев после нитрирования или цементации. Имеются и другие способы (напр. Виккерса—очень удобный для определения твердости инструмента), но как мало пригодные для цеховой работы или недостаточно точные (напр. способ Польди) они большого распространения не получили. Номенклатура и сущность различных видов термической обработки приведены в таблице.

Наименования видов Т. о. и их сущность.

	Русское	Англ.(амер.)	Французское	Немецкое		Сущность процесса Т. о.
I	Закалка	quenching *1 (погружение) hardening (закалка на твердость)	immersion trempe	Abschrecken Härten		Закалка, фиксация неустойчивого состояния, максимальная дисперсность β-фазы
II	Отжиг	annealing	recu t	Ausglühen	Spaltveredlung *2	Отжиг первого рода*3, диффузия и рекристаллизация
	Нормализация	normalizing	normalisation	Anormalisieren		Отжиг второго рода*3, фазовая перекристаллизация
	Сфероидизация	spheroidizing				Наибольшая дисперсность (устойчивое равновесие), распадение кристалла *A* на *B* + *C*
III	Отпуск	tempering	revenu	Anlassen	Segregatveredlung	Понижение дисперсности β-фазы (коагулирование)
	Старение	drawing, aging	vieillissement	Altern		Выделение β-фазы из раствора
IV	Томление (отжиг чугуна на ковкость)	a) malleablizing b) graphitizing	fonte malléable	a) Tempern (с песком) (Temperguss) b) Glühfrischen (с рудой)		a) разложение цементита ($Fe_3C = 3Fe + C$) b) частичная децементация
V	Цементация	carburizing (cementation) case hardening	cimentation	Zementieren, Zementationsprozess		Химич. термообработка ($3Fe + C = Fe_3C$)
VI	Цианирование	cyaniding		Cyanieren		$3Fe + MeCy + CO_2 \rightarrow Fe_3C + FeN + MCO_3$
VII	Азотирование, нитрирование	nitriding	nitruration	Nitrieren, Nitrierhärtung		$Fe + NH_3 = FeN + H_3$

*1 По ASST. *2 По Гюртлеру. *3 По Бочвару.

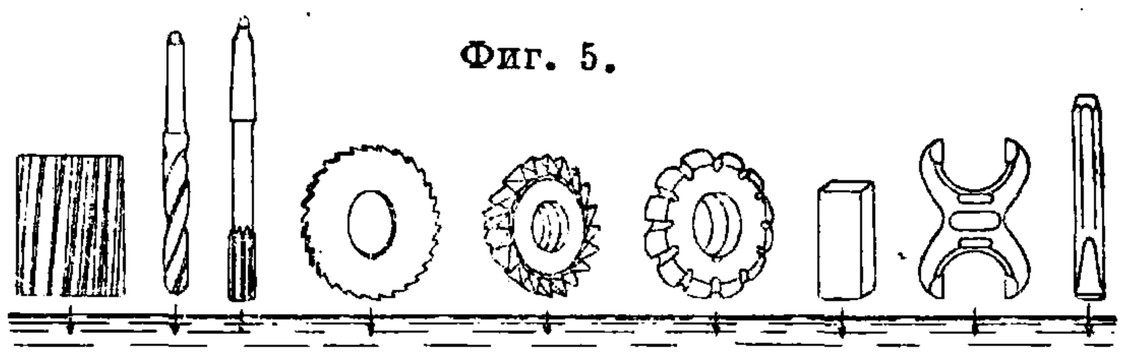
Лит.: Б о ч в а р А., Основы термической обработки сплавов, М.—Л., 1932; Н е с с е л ь ш т р а у с Г., Основы тепловой обработки стали, Л., 1926; Б а б о ш и н А., Термическая обработка обыкновенных и специальных сортов стали, М., 1926; G u i l l e t L., Recherches sur différents points de la fabrication des obus, P., 1917; G u i l l e t L., Trempe, recuit, revenu, t. 1—Théorie, t. 2—Pratique, t. 3—Résultats, P., 1927—1931;

Guertler W. u. Leitgebel W., Vom Erz zum metallischen Werkstoff, Lpz., 1929; Sherry R., Steel Treating Practice, N. Y., 1929; Oertel u. Grützner, Die Schnelldrehstähle, Düsseldorf, 1931; Knowlton H., Heat Treatment Uses a. Properties of Steel, Cleveland, Ohio, 1929; Yap, Chu-Phay, The Surface Energy of Iron Carbide, «Transactions of the Amer. Soc. for Steel Treating», Cleveland, Ohio, 1932, v. 20, *4*; Egan J., Short-Time Nitriding, ibid., 1932, v. 19, *6*; Kinzel A., Nondeforming, *α*-, *δ*-Carburizing Steel, ibid., 1932, v. 19, *5*; Keeney R., The Economics of Heat Treating, ibid., 1930, v. 17, *5*; Merten W., Softening of Nitrided Steel by Chemical Decomposition of the Nitrides, ibid., 1930, v. 17, *5*; Schwarz, Johenson u. Junge, Graphitisation of Prequenched White Cast Iron, ibid., 1930, v. 17, *3*; Metalltechnischer Kalender, hrsg. v. W. Guertler, B., 1931; Handbook of ASST, Cleveland, Ohio, 1929. Журналы: «Archiv für Eisenhüttenwesen», ab 1928, Düsseldorf; «Ztschr. f. Metallkunde», B.; «Revue de Métallurgie», P.; «Trans. of the Amer. Soc. for Steel Treating», Cleveland, Ohio. **Н. Грачев.**

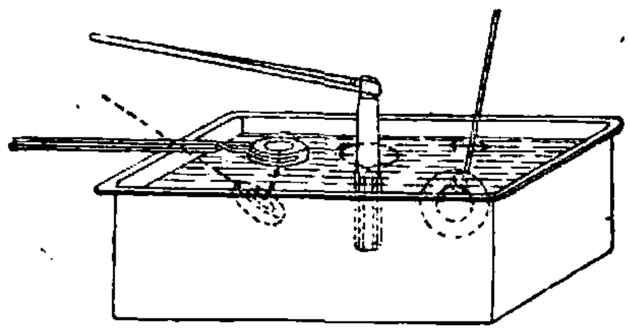
Т. о. инструмента. Т. о. является основной операцией в деле изготовления инструментов и служит для придания им основных и самых существенных свойств, а именно: твердости, высокого сопротивления износу, вязкости и прочности. Такие операции, как хромирование, наружный механич. или внутренний интрамолекулярный наклеп, производимый переменой магнитного поля, могут только отчасти заменить, чаще лишь дополнить, термич. обработку инструментов.

Основными операциями Т. о. инструментов являются отжиг, закалка, отпуск и старение. Применение той или другой операции или суммы операций, а также и характер этих операций зависят как от рода инструмента (его конструкции и условий работы), так и от применяемых для него сталей. По требованиям, предъявляемым к материалу, инструмент можно разбить на следующие классы: 1) мерительный, 2) режущий, работающий при больших скоростях резания, 3) режущий, работающий при малых скоростях резания, 4) режущий резьбовой, 5) ударный и деревообделочный и 6) хирургический.

1. Мерительный инструмент должен иметь в результате Т. о. высокое сопротивление износу и высокую твердость в соединении с обусловливаемой отсутствием внутренних напряжений устойчивостью формы в течение времени службы. Вязкость, необходимая режущим инструментам, не играет здесь существенного значения. Зато первые два требования—твердость и отсутствие внутренних напряжений—весьма затрудняют Т. о. Для изготовления мерительного инструмента применяют углеродистую или специальную сталь. Гладкие калибры и кольца изготовляются из углеродистой инструментальной стали с содержанием С 1—1,25% или из хромистой с 1—2% Cr или хромовольфрамомарганцевой стали. Последняя весьма удобна, так как требует сильно пониженной $t°$ нагрева при закалке, чем уменьшается возможность деформаций при Т. о. Основное преимущество с точки зрения Т. о. применения специальных сортов стали для мерительного инструмента заключается: 1) в закономерности деформаций, получающихся после закалки, что позволяет заранее предугадать и дать припуск в нужных сечениях, 2) в возможности вести закалку, сильно различающуюся в зависимости от размеров мерительного инструмента, в масле. Для уменьшения деформаций после закалки принимают ряд предупредительных мер путем уменьшения до возможного предела $t°$ закалки, ведения правильного процесса замочки и т. п. Нагрев калибров и колец для закалки можно вести в пламенных печах, свинцовых и солевых ваннах. Лучше всего вести нагрев калибров в солевых ваннах, т. к. нагрев в них равномернее, чем в свинцовых ваннах, и нет опасности образования мягких участков и местного обезуглероживания от влияния пламени, как в пламенных печах. Охлаждение калибров из углеродистой стали производят в подсоленной теплой воде (25—35°) в вертикальном положении, осторожно двигая их вверх и вниз (фиг. 5 и 6). Во избежание трещин при закалке крупные калибры ⌀ свыше 50 *мм* не рекомендуется делать из углеродистой стали. Их лучше делать из мягкой стали или из специальной стали, закаливающейся в масле. Калибры из мягкой стали цементируют и потом закаливают нормальным способом. Гладкие кольца предпочтительнее нагревать на поду пламенной печи или еще лучше в железной коробке с углем из пережженных обрезков кожи. В этом случае пережженная кожа предохраняет кольца от обезуглероживания поверхности. Приемка закаленных калибров и колец производится прибором Роквелла. Требуемая твердость 60—62 по шкале С. При закалке колец часто получается расширение или сжатие дыры. Чтобы не полагаться на случай, часто вместо углеродистой стали применяют специальную, к-рая при закалке ведет себя более закономерно.



Фиг. 5.



Фиг. 6.

Отпуска мерительного инструмента не делают, заменяя его искусственным старением. Благодаря этому твердость изделия не понижается, а вместе с тем уничтожаются внутренние напряжения, могущие впоследствии вызвать деформацию и изменение размеров готового изделия. Старение производят путем продолжительного нагрева в течение 12—48 ч. и более при $t°$ 160÷100°.

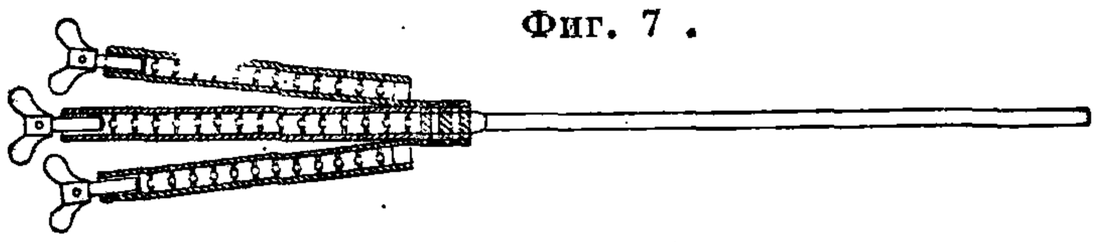
Гораздо большего внимания требует Т. о. резьбового мерительного инструмента, в особенности если на заводе, изготовляющем этот инструмент, нет резьбошлифовальных станков и доводка производится вручную. Благодаря ручной доводке припуск под калку оставляется ничтожный или вовсе не оставляется. Кроме того здесь уже приходится считаться с изменением не только диам., но и шага резьбы, а также и профиля нарезки. Поэтому закалку резьбового мерительного инструмента производят только в масле и применяют преимущественно специальные стали. Кроме того обязательно производится предварительное «улучшение» структуры перед закалкой. Улучшение заключается в закалке изделия в масле с последующим отпуском при высокой $t°$ (ниже критической). Улучшение производится до окончательной доводки под калку. Нагрев для закалки лучше всего производить в пламенной печи, в ящике с кожаным углем. Темп-ра нагрева в зависимости от сорта стали д. б. всегда немного выше критической (на 40—60°).

Крупные кованые скобы калибров изготовляются из железа и после холодной обработки цементируются и закаливаются.

При выборе стали и способа термообработки плоских лекал, вырезов и шаблонов приходится принимать во внимание, производится ли после Т. о. клепка; в этом случае приходится брать более вязкую сталь с содержанием С 0,4—0,7% или же брать мягкую сталь, а твердости достигать путем цементации. Для тонких лекал из доэвтектоидной стали цементация производится одновременно с нагревом для закалки путем ведения нагрева в угле из жженой кожи с несколько повышенной вначале $t°$ и с удлинением всего процесса нагрева. Закалку лекал производят в масле. Более толстые лекала лучше изготовлять из мягкой стали с отдельной цементацией и последующей закалкой.

В микрометрах и штанген-циркулях закаливаются только нек-рые детали, так например у штанген-циркуля закаливаются только

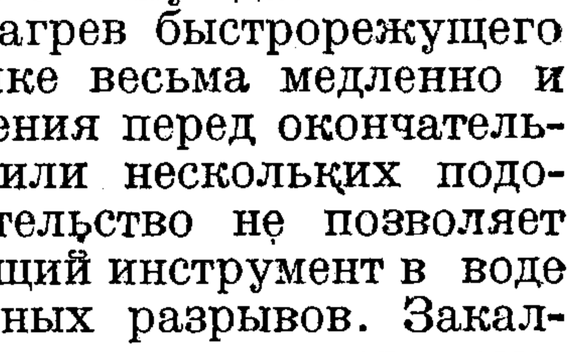
Фиг. 7.



лапки. Они изготовляются из инструментальной углеродистой стали с содержанием С 1÷1,25%. Штанген-циркуль поступает в термич. мастерскую уже в собранном виде. Нагрев для закалки производится в свинцовой ванне, т. к. только в ней можно получить столь быстрый нагрев, что успеет нагреться только сама лапка, а дальше нагрев не пойдет. Темп-ра нагрева 760—780°. Закалка производится в масле. Пятки микрометров изготовляются из инструментальной стали с 1÷1,25% С. Нагреть и закалить нужно лишь самую рабочую плоскость пятки на глубину 1—2 *мм*, и поэтому нагрев ведется также в свинцовой ванне. При массовом производстве употребляется приспособление (фиг. 7), в к-ром пятки зажимаются, нагреваются и закаливаются по 10—30 штук одновременно.

2. Режущий инструмент для больших скоростей резания (быстрорежущий) должен обладать большой износоупорностью, некоторой вязкостью и хорошими режущими свойствами при больших скоростях резания, когда рабочая часть инструмента сильно разогревается. Это последнее требование обусловливает применение быстрорежущей стали, содержащей 18÷20% W, 4÷5% Cr, 0,65÷0,75% С и 0,3÷0,8% V. Для достаточной износоупорности твердость д. б. после Т. о. 60—62 по Роквеллу. Т. о. производится путем закалки и отпуска. Закалка производится при 1 200—1 320°; чем ниже $t°$ закалки, тем меньшую стойкость имеет резец. Однако чем выше $t°$ закалки, тем возможнее оплавление зубьев инструмента. Поэтому разный инструмент закаливают от разной закалочной темп-ры. Простые *резцы, для к-рых вовсе неважно оплавление*, калят при 1 300—1 320°; сверла, которые не имеют особо острых кромок,—при 1 250—1 280°; прочий режущий инструмент—при 1 200—1 250°. Нагрев для закалки производится в пламенных печах, солевых, электрических ваннах и в газовых муфелях. Последние начинают получать преобладающее значение, т. к. не имеют недостатков пламенных и солевых печей, а именно: пламенные печи дают окалину и неравномерный нагрев инструмента, а солевые ванны обезуглероживают поверхность инструмента, что делает ее мягкой. Поэтому в новых установках ставятся печи с газовыми муфелями, а в случае необходимости применения солевых ванн стараются противодействовать обезуглероживанию, пользуясь цианистыми ваннами, в которые инструмент погружается непосредственно перед закалкой. При этом углерод и азот проникают в металл и слегка науглероживают его, возвращая т. о. потерянный при нагреве в соли углерод. Отпуск быстрорежущего инструмента производится при 550—600° обычно в свинцовых ваннах. Такой отпуск придает быстрорежущему инструменту красностойкость, нисколько не понижая, а, наоборот, даже повышая его твердость. Теплопроводность быстрорежущей стали в 7 раз меньше теплопроводности углеродистой стали. Это обстоятельство вынуждает во избежание трещин вести нагрев быстрорежущего инструмента при закалке весьма медленно и постепенно, путем введения перед окончательным нагревом одного или нескольких подогревов. То же обстоятельство не позволяет закаливать быстрорежущий инструмент в воде во избежание немедленных разрывов. Закалка всегда производится в масле или воздухом, и твердость получается вполне достаточной. Еще более опасно быстрое охлаждение при отпуске. Здесь и охлаждение в масле (от $t°$ 550—600°) уже слишком резко для отпущенного быстрорежущего инструмента. Лучше охлаждать на воздухе в месте, защищенном от воздушных течений.

3. Режущий инструмент для малых скоростей резания (сверла, развертки, фасонные резцы, дисковые фрезы) предназначается для работы при сравнительно невысоких $t°$ резания, а потому для него достаточна заэвтектоидная инструментальная углеродистая сталь или низколегированная специальная. Достаточная износоупорность достигается правильной Т. о. Твердость д. б. 60—62 по Роквеллу, шкала С.



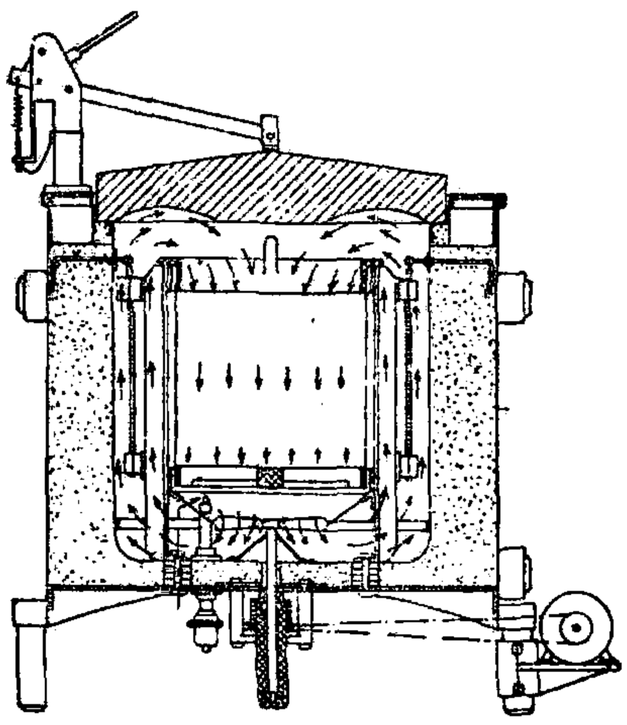


Фиг. 8.

Сверла небыстрорежущие изготовляются в настоящее время только ⌀ до 6 *мм*. Для таких сверл идет или углеродистая сталь с содержанием 1÷1,2% С или низколегированная специальная с содержанием 1÷1,5% W или 1÷1,5% Cr. Темп-ра закалки такой стали 760—780°, а *для легированной* 800°. Нагрев мелких сверл ⌀ до 2,5 *мм* лучше всего производить пачками в наклоняющейся, лабораторного типа, муфельной электрич. печи и закаливать в глицерине. Сверла ⌀ 2,5÷6 *мм* удобнее нагревать в свинцовой ванне и закаливать в масле. При нагреве в солевой печи и закалке в масле пристающие кусочки соли мешают закалке. При закалке же в воде сильно увеличивается поводка и лом сверл при последующей после-

закалки и отпуска правке их. Отпуск производится при 240—260°. Правка производится на центрах токарного станка. Поверка индикатором. Одним из привившихся способов борьбы с поводкой сверл при закалке является способ прокатки закаливаемых сверл утюгом *а* во время самого процесса охлаждения сверла (фиг. 8). При прочих способах закалки приходится строго соблюдать вертикальное положение сверла при закалке (фиг. 5).

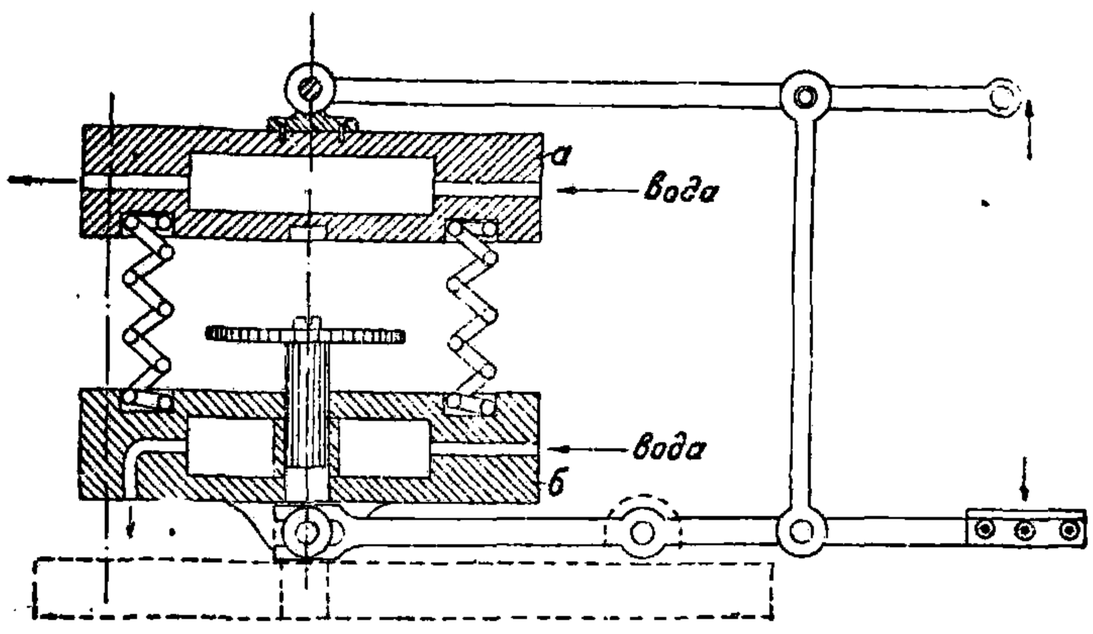
Р а з в е р т к и изготовляются из углеродистой инструментальной стали с содержанием 1÷1,2% С. Из специальной стали делать развертки не рекомендуется, так как она мягче углеродистой стали при низких *t°* и закаливается насквозь, что затрудняет правку. При закалке разверток стремятся закалить одни зубья, а тело развертки оставить незакаленным. Это достигается путем нагрева в свинцовых ваннах и закалки разверток в масле или ограниченной выдержкой в воде при закалке с переносом через воду в масло.



Фиг. 9.

Дисковые р е з ц ы лучше всего изготовлять из специальной стали с закалкой через воду в масло. Тв. д. б. 62—64 по Роквеллу. Поэтому отпуск производится при пониженной *t°* 160—165° с выдержкой в течение 20—30 мин. Печи для такого отпуска лучше всего типа Homo с возвратно-поступательным движением теплого воздуха от вентилятора (фиг. 9).

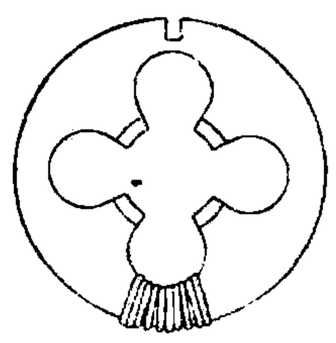
Дисковые ф р е з ы изготовляются из заэвтектоидной инструментальной углеродистой стали или из быстрорежущей. При закалке даже в строго вертикальном положении (фиг. 5) все же получается поводка этих фрез, поэтому их закаливают между двумя охлаждаемыми водой плитами *а* и *б* в специальном рычажном



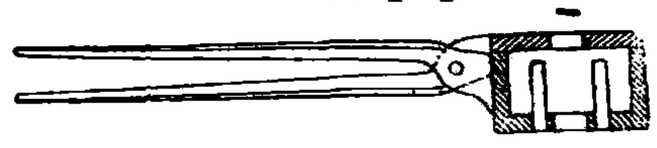
Фиг. 10.

прессе (фиг.10). Лучше всего тонкие фрезы делать из быстрорежущей стали и закаливать с помощью пресса Глиссона.

4) Р е з ь б о в о й р е ж у щ и й и н с т р у м е н т. Эта группа инструментов кроме износоупорности и режущих свойств требует еще и тщательного соблюдения точности основных размеров и шага резьбы при закалке, что уже приближает этот класс к мерительным инструментам. К этому классу относятся такие инструменты, как метчики, резьбовые плашки плоские и круглые, гребенки и плашки Ленди́са. Во избежание сквозной прокалки м е т ч и к и изготовляются только из заэвтектоидной инструментальной углеродистой стали, в редких случаях из быстрорежущей; последнее нецелесообразно в виду малой скорости работы резьбового инструмента. Для получения наименьшей глубины прокалки нагрев метчиков производится в свинцовых ваннах при темп-ре, близкой к критической (около 760°). Закалка комбинированная с переносом через воду в масло. Для лучшего предохранения от деформаций и во избежание мягких мест на верхних витках резьбы закалку метчика лучше производить с хвоста. Отпуск производится при 180—230°. Р е з ь б о в ы е п л а ш к и круглые (лерки) и плоские изготовляются из заэвтектоидной инструментальной углеродистой стали, закаливающейся в масле. Лерки закаливаются комбинированным способом через воду в масле, плоские плашки закаливают прямо в м а с л е. При закалке этого инструмента приходится применять ряд предосторожностей во избежание образования трещин, путем обмазки глиной или предохранения асбестом опасных мест (фиг. 11) или применения специальных приспособлений (фиг. 12); *t°* отпуска 200—240°. Еще опаснее закалка п л а ш е к Л е н д и с а, особенно в смысле деформации ша-



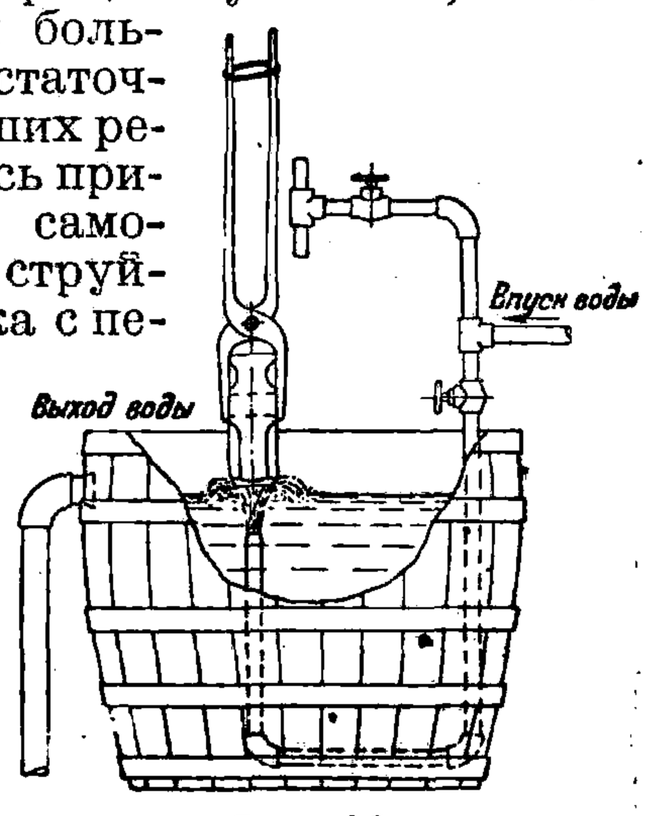
Фиг. 11.



Фиг. 12.

га резьбы. Поэтому чаще всего их изготовляют из быстрорежущей стали с закалкой в масле.

5. У д а р н ы й и д е р е в о о б д е л о ч н ы й и н с т р у м е н т (зубила, дыропробиватели, холодные и горячие штампы, матрицы и пуансоны, штемпеля, обжимки, всевозможный монтажный инструмент, различные ключи, газовые клещи, плоскогубцы, острогубцы и т. п.) должен обладать наибольшей вязкостью в виду условий его работы. Поэтому инструмент этот изготовляется не из заэвтектоидной, а из доэвтектоидной инструментальной стали. Специальная сталь применяется здесь крайне редко (для штампов, матриц и пуансонов). В тех же целях придания большей вязкости при достаточной твердости и хороших режущих свойствах здесь применяется закалка с самоотпуском на воздухе, струйная закалка и закалка с переносом через воду в масло. Отпуск производится при повышенной температуре в 250—330°. Способ закалки с самоотпуском на воздухе применяется при мелком штучном производстве и состоит в следующем. Изделие, нагретое до закалочной *t°*, замачивается на несколько секунд в охлаждающую жидкость, затем вынимается на воздух и зачищается с поверхности. Сейчас же начинают появляться на зачищенной поверхности цвета побежалости. Когда изделие дойдет до требуемого цвета побежалости, его опять опускают в закалочную жидкость до окончательного охлаждения.



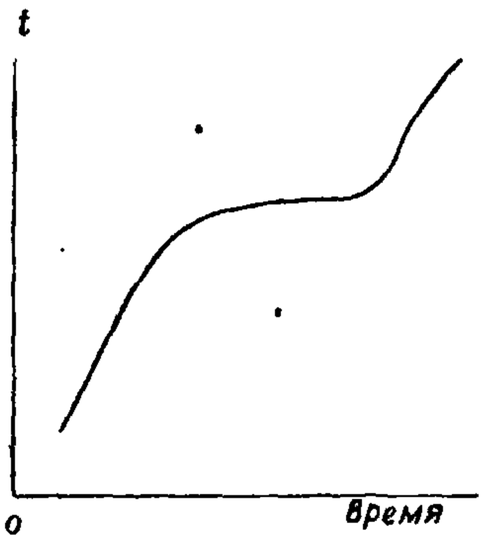
Фиг. 13.

Так калят штампы для горячей штамповки с тем лишь изменением, что в закалочный бак вводят утопленную струю воды для успешной циркуляции ее и после выдержки на воздухе переносят штамп для окончательного охлаждения в масло или воду, нагретую до 50°. Из ряда струйных приспособлений можно упомянуть струйное приспособление для закалки ударных поверхностей молотков и прочего аналогичного инструмента (фиг. 13), струйное приспособление для закалки разводных ключей и т. п. Диапазон твердости для этого класса инструментов весьма широк—38÷58 по Роквеллу, шкала С. Деревообделочный инструмент имеет 55÷58; зубила, топоры, молотки, обжимы, штампы 53÷58 по Роквеллу. Горячие штампы, обрезы и пуансоны для снятия заусенцев после ковки и часть монтажного инструмента 38÷42 по Роквеллу и т. д.

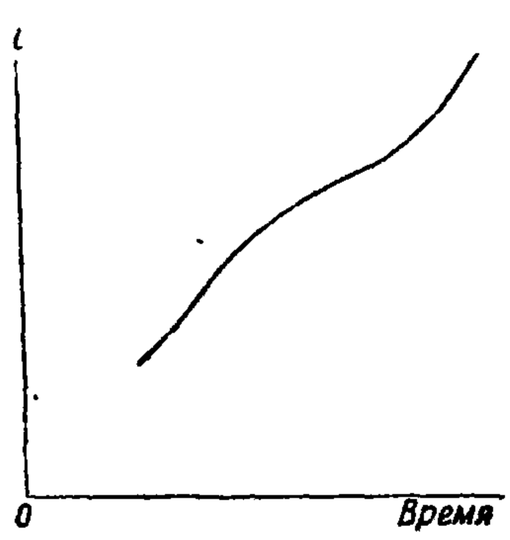
Лит.: Пенкевич Б., Теория и практика цементации, «Вестн. Об-ва технологов», СПБ, 1913; Тихонов Т., К вопросу о цементации углеродистого железа, «Записки Екатеринбургского отд. Русского технологич. об-ва», Екатеринбург, 1913; Фещенко-Чоповский И., К вопросу о цементации железа, «ЖРМО», 1914—15; Штейнберг С., Влияние старения на свойства закаленной стали, «Вестн. металлопромышленности», М., 1931, *1*; Давиденков В. и Хабахпагиев А., Влияние термич. обработки на твердость и микроструктуру быстрорежущих сталей, там же, 1931, *2—3*; Штейнберг С., О влиянии форм цемента на закалку стали и на свойства закаленной стали, там же, 1931, *4*: Дени К., Исследование главных свойств инструментальных сталей, пер. с франц., М., 1926; Левитский С. и др., Производство режущего инструмента, ч. 1, М.—Л., 1931; Клинников И., Тепловая обработка железа и стали, М.—Л., 1930; Одинг И., Инструментальная сталь и ее закалка, М.—Л., 1930; его же, Закалка и цементация инструментов, 2 изд., Л., 1927; Поляков Р., Инструментальная сталь и ее закалка, М., 1910; Нетыкса М., Основные правила закалки разных видов стали, преимущественно инструментальной, М., 1913; Каждан Г., *Тепловая обработка* инструментов, М.—Л., 1931; Кузнецов С., Новые методы электрич. нагрева, сварки и плавки металлов, М., 1931; Гузевич Д., Быстрорежущая сталь и ее применение, Л., 1927; Нессельштраус Г., Быстрорежущая сталь, Л., 1924; Гудцов Н. и Казеев С., К вопросу о природе быстрорежущей стали, Л., 1930; Рапатц Ф., Меськин В. и Строгов А., Высокосортная сталь, Л., 1930; Боргнэм Т. и Гадфильд Р., Специальные стали, пер. с англ., Л., 1926; Беляев Н., Сталь—кристаллизация, термическая обработка и механич. свойства, Л., 1925; Крылов И., О специальных сортах стали, М., 1922; его же, Выбор стали по ее составу и свойствам, СПБ, 1901; Одинг И., Прочность металлов (Металловедение), М.—Л., 1932; Howe H., Лабораторная практика по металлургии, пер. с англ., М., 1908; Горенштейн Н., Руководство по цементации железа, Одесса, 1928; Штейнберг С., Лекции по металловедению, М.—Л., 1931; Бондаренко И., Цементация железа и хромоникелевой стали, Харьков, 1925; Тэйлор Ф., Искусство резать металлы, пер. с англ., 2 изд., Берлин, 1922; Portevin a. Carvin, Investigation of Influence of the Rate of Coofing on Hardening of Carbon Steels, «The Journ. of the Iron a. Steel Institute», L., 1919, *1*; Benedicks C. u. Cristiansen V., Investigations on the Herbert Pendulum Hardness Tester, ibid., 1924, *2*; Honda K. u. Tokahasi K., On the Indentation Hardness of Metals, ibid., 1924, *1*; Chatelier H., Études sur la trempe de l'acier, «Revue de métallurgie», P., 1904; Benedicks C., Recherches expérimentales sur le pouvoir réfrigérant des liquides sur les vitesses de trempe et sur les costituants troostite et austenite, ibid., 1909, *2*, 7; Rapatz F. u. Pollack H., Ueber das Härten von Stahl, «St. u. E.», 1924, H. 51; Brearley H.—Schäfer R., Die Einsatznärtung von Eisen u. Stahl, B., 1926; Mars G., Die Spezialstähle, 2 Aufl., Stg., 1922; Guillet L., Les aciers spéciaux, P., 1904—1905; Escard J., Les métaux spéciaux, P., 1909; Grenet L., Trempe, recuit, cimentation et conditions d'emploi des aciers, P., 1911; Brearley H.—Schäfer R., Die Werkzeugstähle u. ihre Wärmebehandlung, 3 Aufl., B., 1922; Bullens T., Steel a. Its Heat Treatment, N. Y., 1916; Sauver A., The Metallography and Heat Treatment of Iron and Steel, N. Y., 1926; Oberhoffer P., Das technische Eisen, 2 Aufl., B., 1925; «Вестник металлопромышленности», М.; «Станки и инструмент», М.; «ЖРМО»; «Revue de métallurgie», P.; «Stahl und Eisen», Düsseldorf; «The Journal of the Iron and Steel Institute», L. **Д. Чистяков.**

ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, один из важнейших методов количественного изучения зависимости температур плавления равновесных систем от их состава. Он представляет один из наиболее разработанных в теоретическом отношении методов «Физико-химического анализа» и находит широкое применение в экспериментальной практике при исследованиях простых и сложных естественных и искусственных веществ, например металлич. сплавов, естественных и искусственных силикатов и др.

1. Система из одного компонента. Если кристаллы какого-либо вещества постепенно нагревать и довести до полного расплавления, а затем это явление изобразить на диаграмме «температура—время», то получится не плавная кривая, рисующая переход кристаллов из твердого состояния в жидкое—расплавленное, а с соответствующей остановкой



Фиг. 1.

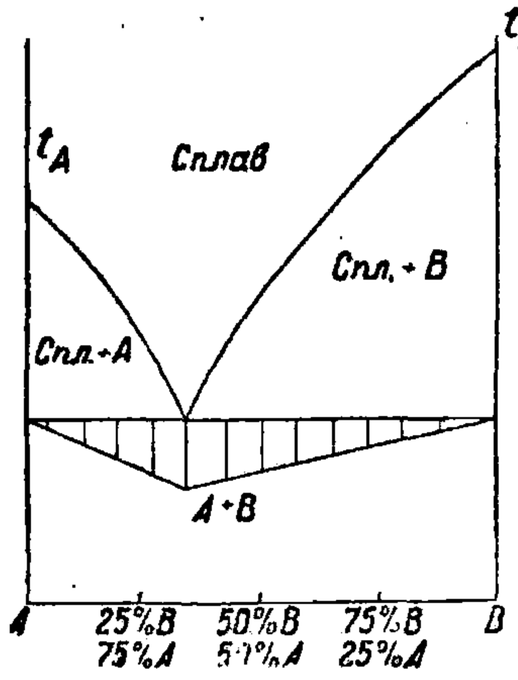


Фиг. 2.

в повышении $t°$ (фиг. 1). Обратно, при охлаждении отвердевание расплавленного кристаллического вещества не всегда идет по той же кривой из-за явлений переохлаждения, когда ниже $t°_{пл.}$ оно остается еще жидким, что и наблюдается среди нек-рых силикатов и других веществ. В результате такое расплавленное кристаллическое вещество резко изменяет свои свойства (в величине вязкости или внутреннего трения) и, оставаясь при понижении $t°$ хотя и жидким, но малоподвижным, наконец застывает не в кристаллическом, а в т. н. стекловидном состоянии. И вещество, прошедшее через это состояние, при новом нагревании уже не даст кривой с остановками, соответствующими переходу из твердого состояния в жидкое, а будет изменяться по плавной кривой, т. к. станет постепенно размягчаться, уменьшая внутреннее трение, пока не превратится в жидкую массу, т. е. в состояние со значительно уменьшенным внутренним трением (фиг. 2). При охлаждении такого расплавленного вещества оно или вернется в свое вновь полученное стеклообразное состояние или же получит кристаллизацию. При охлаждении остальных расплавленных кристаллич. веществ (металлы, их сплавы, нек-рые силикаты и другие вещества) происходит возвращение их в кристаллич. состояние. При этом самая способность к кристаллизации будет обусловлена образованием определенного числа кристаллич. ядер в единице объема в течение единицы времени, а также и скоростью кристаллизации. Оба эти фактора растут по мере увеличения охлаждения и, достигнув максимума, падают до нуля. Вещества при одном и том же химич. составе могут иметь в твердом состоянии различные модификации, различающиеся физич. свойствами и реакционной способностью, т. е. будут полиморфными (см. *Полиморфизм*). Когда одна модификация после нагревания пре-

вращается в другую, существующую и при охлаждении, то такое явление называется монотропией. Когда же обе модификации существуют при одной $t°$, но при повышении $t°$ может существовать только одна, а при понижении—только другая, то подобным веществам дают название энантиотропных.

2. Системы из двух компонентов. Для изучения системы двух веществ наносят на плоскостную координатную систему «состав—свойство» по оси абсцисс химич. состав исследуемых веществ, а по оси ординат $t°_{пл.}$ их и $t°$ других превращений и получают в результате кривые, характеризующие зависимость этих $t°$ от состава системы, т. е. кривую плавкости двух веществ. Расплавленная и подвергнутая затем охлаждению система из двух веществ даст при охлаждении ряд соответствующих остановок в момент кристаллизации и других превращений. Темп-ры плавления, кристаллизации и превращений измеряют или непосредственно при помощи термоэлектрических пирометров (см. *Пирометрия*), соединенных с градуированными милливольтметрами, или же автоматически записывают на светочувствительной бумаге лучом света, отраженным зеркальцем очень чувствительного гальванометра типа д'Арсонваля. Гальванометр тогда соединяется с термопарой, один конец к-рой в фарфоровом или стеклянном футляре погружается в сплав, а другой конец помещается в среду с постоянной $t°$.

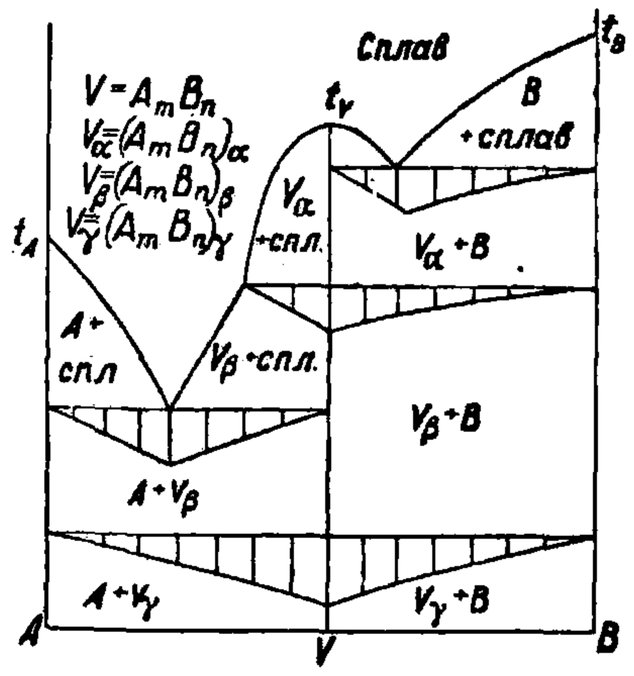


Фиг. 3.

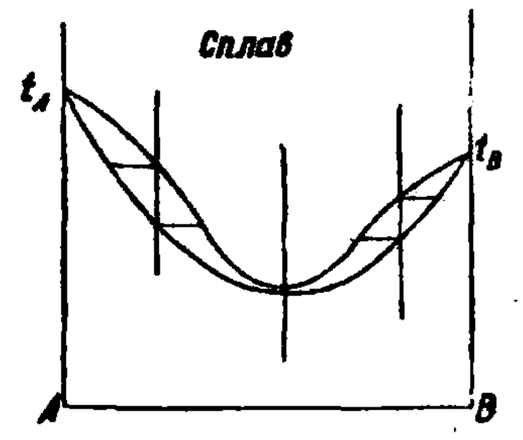


Фиг. 4.

Из термоэлектрич. пирометров наиболее известен пирометр Ле-Шателье, а из автоматически записывающих—саморегистрирующий пирометр академика Курнакова. Из систем двух веществ различают три главнейших типа. а) Эвтектическая смесь двух веществ. Фиг. 3 изображает такую диаграмму «состав—свойство», когда одно вещество по мере прибавления к нему другого вещества образует смеси с все понижающейся $t°_{пл.}$, к-рая достигает наибольшего понижения в одной точке, соответствующей наиболее легкоплавкой смеси из определенной пропорции двух данных веществ и называемой эвтектической смесью или просто эвтектикой. При дальнейшем увеличении в смеси второго вещества $t°_{пл.}$ начинает повышаться. Прямая, проведенная через эвтектич. точку параллельно оси абсцисс, обозначает полное превращение жидкого сплава в механич. смесь кристаллов двух исходных твердых веществ. Если отложить на перпендикулярах к этой эвтектич. прямой отрезки, пропорциональные продолжительности остановок в момент затвердевания, отмечаемых пирометром, а затем концы этих отрезков соединить, то получится фигура, близкая к тр-ку, носящая название треугольника Таммана, играющего существенную роль при точном определении состава эвтектики. б) Определенное химическое соединение двух веществ. На фиг. 4 и 5 представлены термич. диаграммы состояния двух веществ, образующих химическое соединение определенного состава, подчиняющееся закону

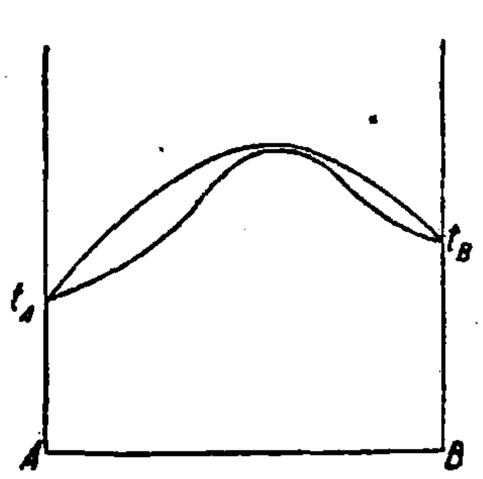


Фиг. 5.

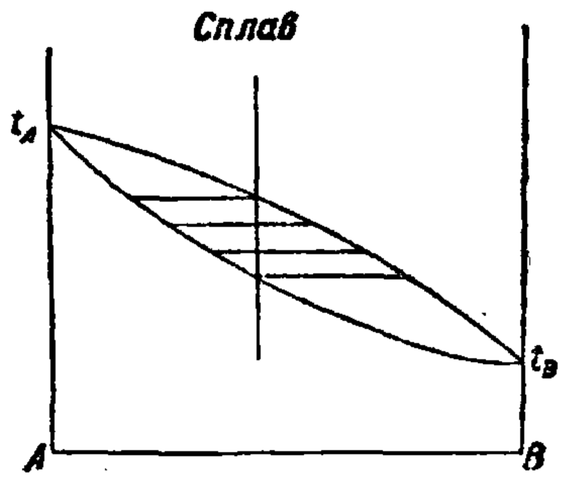


Фиг. 6.

кратных пропорций Дальтона. Это определенное химич. соединение отвечает максимуму на кривой плавкости. На тех же фигурах кривые плавкости имеют еще по две эвтектич. остановки, отвечающие смесям одного вещества с полученными химич. соединениями и другим веществом. Фиг. 5 отмечает кроме того полиморфные превращения в твердом состоянии. Для точного определения состава эвтектик и указанных превращений в твердом состоянии ниже эвтектических прямых и прямых превращений в твердом состоянии строятся тр-ки Таммана, что и показано на фиг. 5. в) Твердый раствор или смешанные кристаллы двух веществ. Твердые кристаллич. вещества, подобно жидкостям (см. *Спр. ТЭ*, т. VII, стр. 185—236), способны давать при застывании расплавленных веществ однородные смеси в различных пропорциях, т. н. твердые растворы (см. *Растворы твердые*) или смешанные кристаллы. На фиг. 6, 7, 8 изображены характерные термич. диаграммы состояния двух веществ, дающих непрерывный ряд смешанных кристаллов или твердых растворов обоих веществ, имеющих $t°$-ный минимум (фиг. 6), $t°$-ный максимум (фиг. 7) $t°_{пл.}$, лежащие между темп-рами плавления обоих веществ (фиг. 8). Все три изображенных случая твердых растворов имеют верхнюю кривую,



Фиг. 7.

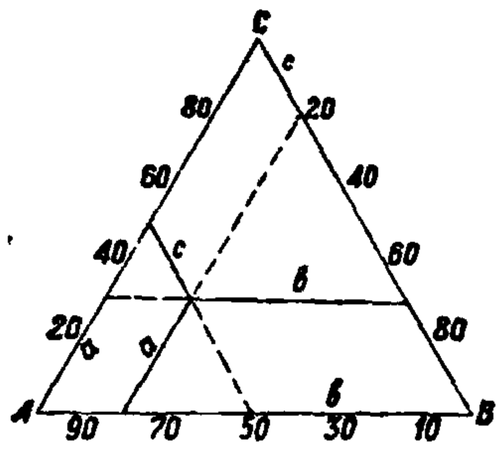


Фиг. 8.

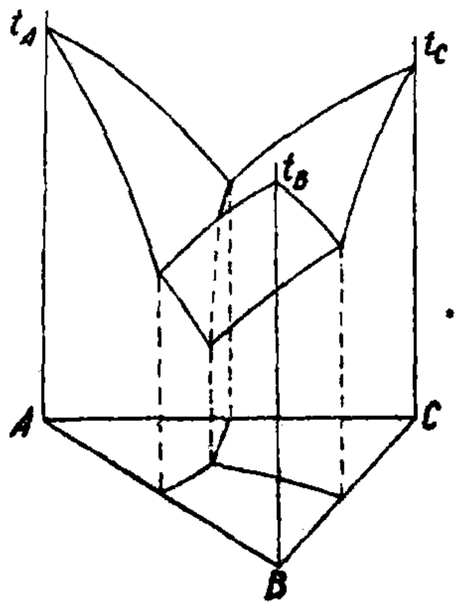
представляющую начало выделения из сплава твердых кристаллов, и нижнюю кривую, являющуюся границей перехода всего сплава в твердое кристаллич. состояние. Помимо указанных наиболее характерных трех случаев Т. а. устанавливает более сложные случаи образования твердых растворов двумя веществами (см. *Растворы твердые*).

3. Система трех веществ. Термич. диаграмма состояния трех веществ изображается не на плоскости, а в виде пространственной фигуры, в основании к-рой помещают равно-

сторонний тр-к. В вершинах такого тр-ка располагают исследуемые вещества, и в результате каждая из сторон этого тр-ка (фиг. 9) представит одну из систем двух веществ. Точки внутри тр-ка являются соединениями из трех веществ, причем состав веществ определяется длиной прямых a, b, c, проведенных из данной точки параллельно трем сторонам тр-ка. Сумма этих прямых равна длине стороны тр-ка, принимаемой за 100. Из точек тр-ка, представляющих данный состав веществ, восстанавливают перпендикуляры, на к-рых откладывают $t°_{пл.}$ их. Вершины этих перпендикуляров соединяют сплошной поверхностью, к-рая и представит поверхность плавкости, аналогичную участку земной поверхности с его горами и



Фиг. 9.



Фиг. 10.

долинами; при этом вершины этих гор соответствуют $t°_{пл.}$ определенных химических соединений, а наинизшие точки при пересечении поверхностей и линий—температуры эвтектических смесей (фиг. 10).

4. Система четырех и более веществ. Изображение термич. диаграммы состояний четырех веществ еще не получило общепризнанного решения в виду большой трудности и сложности в выполнении. Сказанное еще в большей степени д. б. отнесено к системе веществ более четырех.

Лит.: Курнаков Н., Введение в физико-химич. анализ, 2 изд., Л., 1928; его же, Растворы и сплавы, в книге Менделеева Д., Основы химии, т. 1, 9 изд., М.—Л., 1927; Тамман Г., Металлография, пер. с нем., М.—Л., 1931; «Известия Ин-та физико-химич. анализа», Л., «Ж»; Eitel W., Physikalische Chemie d. Silikate, Lpz., 1929; Doelter C. u. Leitmeier H., Handbuch d. Mineralchemie, 5 Aufl., B. 1—4, Dresden—Lpz., 1912—30; Tammann G., Agregatzustände, 2 Aufl., Lpz., 1923.

В. Тарарин.

ТЕРМОГРАФ, прибор,, автоматически записывающий изменения температуры воздуха. Имеет широкое применение на метеорологич. станциях и в технике, где изменения температуры могут оказывать влияние на производственные процессы.

ТЕРМОДИНАМИКА. Термодинамика и механика Ньютона. Механика Ньютона получила свое полное выражение в труде Лагранжа [1]. Здесь она вся была сведена к одному принципу возможных работ, и все остальное было лишь простым аналитич. развитием этого принципа. Принцип возможных работ гласит: «если мы, отвлекаясь от текущего времени, рассмотрим в данный момент какую-либо механич. систему, находящуюся в движении (или равновесии), то алгебраич. сумма бесконечно малых возможных работ всех действующих на систему сил—со включением сил инерции для случая движения—равна нулю». Бесконечно малой возможной работой какой-нибудь силы P называется произведение $P \cdot \delta p$, где δp—возможное перемещение точки приложения силы по линии действия P, или проекция возможного перемещения δs на направление силы, т. е. $P \cdot \delta p = P \cdot \delta s \cdot \cos(s, P)$. Но возможное для данного момента перемещение не есть действительное перемещение за бесконечно малый промежуток времени, текущий за данным моментом: математич. маятник, длина к-рого допустим явно изменяется во времени, имеет возможным перемещением элемент дуги окружности определенного для данного момента радиуса, действительное же перемещение вследствие изменения радиуса совсем не будет элементом этой окружности. Итак, когда условия системы явно зависят от времени, действительные перемещения могут не лежать в числе возможных для данного момента; для этого случая $\delta p \neq dp$. Что касается сил инерции, то по второму принципу Ньютона сила в направлении движения какой-либо точки, потребная для изменения скорости v, будет $\frac{d}{dt}(mv)$, и, не выходя из рамок механики Ньютона, мы можем считать массу переменной (Мещерский, Эйнштейн, де-Бройль). Следовательно сила инерции в направлении движения точки равна $-\frac{d}{dt}(mv)$. Проекциями ее на оси X, Y, Z будут $\left[-\frac{d}{dt}(mv)\right]\cos(v, x)$ и т. д., но $\left[\frac{d}{dt}(mv)\right]\cos(v, x) = v\frac{dm}{dt}\cos(v, x) + m\left(\frac{dv}{dt}\right)\cos(v, x) = \frac{dm}{dt}v_x + m\frac{dv_x}{dt} = \frac{d}{dt}(mv_x)$ и т. д.

Поэтому, считая, что работа результирующей равна сумме работ слагающих, и разложив силы по осям X, Y, Z, получим выражение принципа возможных перемещений:

$$\sum -\left[\frac{d}{dt}(mv_x)\cdot\delta x + \frac{d}{dt}(mv_y)\cdot\delta y + \frac{d}{dt}(mv_z)\cdot\delta z\right] + \sum\left[X\delta x + Y\delta y + Z\delta z\right] = 0,$$

и напр. если мы имеем одну свободную точку, т. е. если $\delta x, \delta y, \delta z$ произвольны, то получим ур-ия ее движения, приравняв каждый из множителей при $\delta x, \delta y, \delta z$ нулю:

$$-\frac{d}{dt}(mv_x) + X = 0 \text{ и т. д.}$$

Теперь обычно пользуются принципом Гамильтона, т. е. тем же принципом возможных перемещений, только в другой форме [2], поэтому мы не будем на нем останавливаться. Мы должны поставить здесь вопрос: в каком отношении механика Ньютона стоит к принципу сохранения энергии, являющемуся основным для Т. и для всей теперешней физики. Мы должны ответить: механика этого принципа не имеет, она имеет лишь принцип живых сил. Если условия системы явно от времени не зависят, то действительные перемещения лежат в числе возможных, можно положить $\delta p = dp$ и тогда имеем

$$\sum\frac{d}{dt}(mv_x)\,dx + \ldots - \sum(X\,dx + Y\,dy + Z\,dz) = 0.$$

Если силы имеют потенциал, то $X\,dx + Y\,dy + Z\,dz = dF$; далее $\frac{d}{dt}(mv_x)\,dx = v_x\frac{d}{dt}(mv_x)\,dt = v_x d(mv_x)$ и следовательно $v_x d(mv_x) + v_y d(mv_y) + v_z d(mv_z) = (v_x^2 + v_y^2 + v_z^2)\,dm + m(v_x dv_x + v_y dv_y + v_z dv_z) = v^2 dm + mv\,dv = d(mv^2) - mv\,dv$.

Если положим массу зависящей от скорости, то $m = f(v)$ и $mv\,dv$ можно положить равным $d\Phi(v)$, где $\Phi(v) = \int f(v)\,dv$, тогда получим

$$\sum\left[d(mv^2) - d\Phi(v) - dF\right] = 0;$$

интегрируя, имеем $\sum\left[mv^2 - \Phi(v) - F\right] = \text{Const}$. Когда масса от скорости не зависит, то $d\Phi = mv\,dv = \frac{1}{2}d(mv^2)$, тогда $\sum\left(\frac{mv^2}{2} - F\right) = \text{Const}$—обыкновенное уравнение живых сил. Назовем $\sum\frac{mv^2}{2}$ кинетич. энергией, $\Sigma(-F)$—потенциаль-

ной энергией, тогда имеем: если условия системы явно от времени не зависят и силы имеют потенциал, то сумма кинетической и потенциальной энергий системы остается постоянной за все время движения. Элементарным примером может служить движение гармонич. маятника. Здесь (фиг. 1) точка A двигается из A_0 под действием силы из точки O, сила представлена на диаграмме прямой Oa_1a. В положении A_1 точка A имеет кинетич. энергию, изображаемую площадью $A_0aa_1A_1$, и потенциальную,—A_1a_1O. Сумма их равна постоянной величине A_0aO за все время движения точки. Если масса зависит от скорости, например

Фиг. 1.



$$m = \frac{m_0 c}{\sqrt{c^2 - v^2}},$$

где m_0—масса покоя, v—скорость точки и c—скорость света [это выражение у де-Бройля (de Broglie) м. б. получено независимо от теории относительности [3]], тогда

$$d\Phi(v) = f(v)\,v\,dv = \frac{m_0 c v\,dv}{\sqrt{c^2 - v^2}},$$

$$\Phi(v) = -\,m_0 c\sqrt{c^2 - v^2},$$

$$mv^2 - \Phi(v) = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Следовательно

$$\sum\left(\frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - F\right) = \text{Const.}$$

Интерпретация остается та же. Но возьмем движение точки A (гармонич. маятника) с трением постоянной величины, тогда известно, что максимальная кинетич. энергия точки A будет постепенно убывать и точка остановится в т. н. области равновесия. Это хорошо иллюстрируется чертежом, аналогичным фиг. 1. Но механика не ставит и не может, выходя из своих ур-ий, поставить вопрос, куда же девается энергия. Она может ответить на это: на работу преодоления силы пассивного сопротивления. Такой ответ с теперешней точки зрения неудовлетворителен. Мы должны найти в чем-то эту исчезнувшую энергию и находим ее в тепле, но уже совершенно выходя из рамок механики Ньютона. Поэтому заранее видно, что все попытки свести опять тепло на движение, описываемое Ньютоновой механикой, не могут иметь успеха, т. к. опять мы встретимся с теоремой живых сил, являющейся лишь частным случаем принципа сохранения энергии, и должны будем опять вводить силы междумолекулярного трения и т. д. Но, принимая по принципу сохранения энергии, что видимое исчезновение энергии есть просто переход ее в тепло, мы должны поставить вопрос: оценивая механич. энергию *кгм*, а тепло—Cal, какое соотношение имеем мы между калорией и килограммометром и от каких условий перехода механич. энергии в тепло или, обратно, тепла в механич. энергию зависит эта оценка.

Принцип эквивалентности. Поставив этот вопрос на основании принципа сохранения энергии, мы можем конечно получить ответ на него лишь из опыта, и ответ формулируется так: при всяких условиях перехода механич. энергии в тепло и обратно 1 Cal оценивается в 427 *кгм* (калория здесь 15°, большая). Это есть принцип эквивалентности, впервые сформулированный Робертом Майером [4]. Как известно, принципы Т. были намечены в общих контурах Ломоносовым, но его попытка не обратила на себя внимания ученых, как это часто бывало и с другими великими начинаниями, и лишь в 19 веке принялись за подробную разработку задач Т. Не нужно думать, что принцип эквивалентности есть лишь следствие принципа сохранения энергии. Попытки доказать непосредственно из принципа энергии одинаковость оценки калорий при всяких условиях основаны на скрытом предположении возможности обратить всякий процесс перехода работы в тепло и тепла в работу. Обратимость эта в действительности может и не существовать. Поэтому принцип эквивалентности нужно рассматривать как самостоятельный опытный принцип. Известно, что Роберт Майер определял эквивалент из соотношения между теплоемкостями для так наз. совершенных газов. Теплоемкость c_p при постоянном давлении всегда больше теплоемкости c_v при постоянном объеме. Следовательно можно по принципу сохранения энергии написать для 1 *кг* газа: разность между c_p и c_v эквивалентна работе газа, в первом случае выражающейся в преодолении внешнего давления P *кгм*$^{-2}$ и равной L_1 и молекулярного сцепления при расширении газа равной L_2, т. е. $E(c_p - c_v) = L_1 + L_2$, где E—оценка Cal в *кгм*. Допустим, что газ заключен в цилиндр с поршнем F *м*^{2}, тогда $L_1 = p \cdot F\,(h_1 - h_0) = p \cdot (v_1 - v_0)$, где v_0 и v_1—начальный и конечный объемы газа; работой L_2 можно пренебречь на основании опытов Гей-Люссака, и тогда $E\,(c_p - c_v) = p(v_1 - v_0)$, но для совершенных газов $pv_1 = RT_1$, $pv_0 = RT_0$ и, т. к. $T_1 - T_0 = 1°$, получим $L_1 = R$, т. о. $E(c_p - c_v) = R$ для всех совершенных газов, т. е. следующих уравнению Мариотта-Гей-Люссака; можно непосредственно проверить на аргоне, гелии и т. д., что число E близко к данному выше. С другой стороны, всякое отступление от соотношения Майера указывает на то, что газ не м. б. признан за совершенный, т. е. находится не так далеко от области своего ожижения, как нужно для того, чтобы удовлетворить соотношению $pv = RT$; напр. для углекислого газа соотношение

$$E\,(c_p - c_v) = 427\ (c_p - c_v) = R$$

не удовлетворяется в достаточной мере хорошо, $E\,(c_p - c_v)$ в этом случае равно 21,35, между тем $R = 19{,}25$, для гелия же $E\,(c_p - c_v) = 20{,}9$ и $R = 21{,}2$ (согласие хорошее), для азота—30,3 и $R = 30{,}2$ и т. д. Для углекислого газа нельзя уже пренебрегать работой молекулярного разъединения, или т. н. дисгрегации, и уравнение $pv = RT$ не представляет достаточно хорошо зависимость между p, v, T. Для подобных тел считаются с тем, что в видимом уд. объеме заключен еще объем совокупности находящихся в нем молекул; этот последний не изменяется и если обозначить его через b, то изменению подлежит $v - b$ (Д. Бернулли); затем кроме внешнего давления считаются еще с силами сцепления, действующими на молекулы, находящиеся на поверхности объема, со стороны молекул, находящихся внутри. Эти силы можно принять зависящими от объема и от $t°$, поэтому вместо p будет в ур-ии $p + f(T, v)$ и ур-ие примет вид:

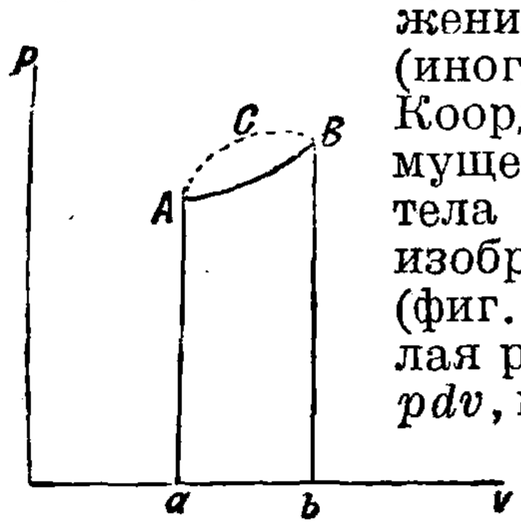
$$[p + f(T, v)](v - b) = RT.$$

К этому роду принадлежат ур-ия Ван-дер-Ваальса, Клаузиуса и др. Далее будет показан термодинамич. прием составления ур-ия по опытным данным.

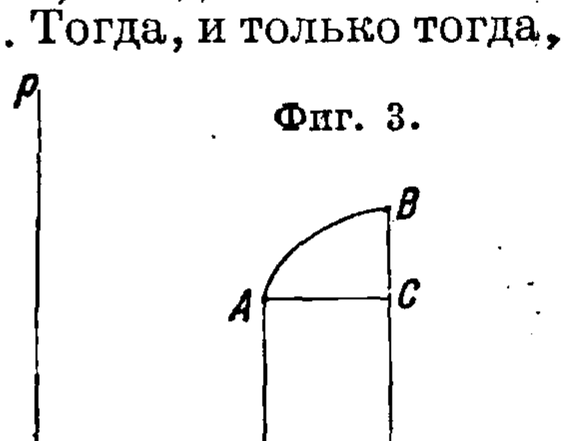
Первое основное уравнение Т. Всякое тело, подвергающееся действию тепла, изменяет свое состояние. Изменение состояния тела характеризуется изменением параметров p, v, T. Между ними, как мы видели, можно представить зависимость в виде ур-ия, называемого характеристич. ур-ием. Не всегда конечно мы можем измерить эти параметры для всего видимого объема тела, т. к. в различных местах видимого объема эти параметры м. б. различны, напр. воздух или пар, вытекающий из резервуара с высоким давлением, не имеет для каждого момента одинакового давления во всей своей массе, в нем существуют сгущения и разрежения, но при испытании поршневого двигателя мы считаем, что давление, показываемое индикатором, относится ко всей массе под поршнем. В первом случае скорость внешнего движения сравнима или даже превышает скорость распространения упругих колебаний (скорость звука), во втором мала сравнительно с ней. Ряд изменений состояния тела мы называем процессом и потому разделяем процессы на быстрые и медленные. Вторые м. б. изображаемы графически в координатах v, p или T, v или T, p; по двум данным на изображении процесса параметрам мы находим третий, зная характеристич. ур-ие тела. Обычно в изображениях предлагается 1 *кг* тела (иногда 1 *г*) и удельный объем. Координаты v, p имеют то преимущество, что внешняя работа тела за время процесса AB изображается площадью $ABba$ (фиг. 2), т. к. бесконечно малая работа дается выражением pdv, в чем нетрудно убедиться, если представить себе тело, заключенное в некоторый объем (везде на поверхности и внутри давление для данного момента p), и дать объему измениться на $dv = \Sigma\, dF \cdot dh$, где dF—элемент поверхности объема, а dh—расстояние по нормали между начальной и измененной поверхностью объема. Теперь мы можем применить принцип энергии и принцип эквивалентности для участка AB этого медленного процесса. Пусть здесь участвует тепло в количестве Q Cal, тогда мы напишем: EQ = работе изменения состояния тела на пути AB+внешняя работа, которая изображается площадью $aABb$ (эта площадь разумеется дает *кгм*, так как давление дается в *кг/м²*, а объем—в *м³*). Работа изменения состояния тела называется изменением внутренней энергии; относительно ее можно сказать, что она выражается в работе молекулярного разъединения (дисгрегации) и в изменении $t°$ тела. Последнее может происходить и без видимого изменения объема; при v=Const мы тратим для повышения $t°$ тела известное количество тепла, что равноценно работе. Положим теперь, что между состояниями A и B произошел другой процесс ACB, количество тепла Q, здесь участвующее, будет уже другое по ур-ию эквивалентности, т. к. внешняя работа—другой величины, но под вопросом стоит изменение внутренней энергии. Когда господствовало механич. воззрение на тепловые явления, тогда говорили, что внутренняя энергия в своем изменении состоит из двух частей: работы дисгрегации и изменения живой силы молекул; последнее принималось пропорциональным изменению $t°$. Силы между молекулами считались имеющими потенциал и тогда разумеется выводилось положение, что внутренняя энергия в своем изменении не зависит от промежуточных стадий процесса, а только от начального и конечного состояний системы, т. ч. изменение ее по AB или по ACB одинаково. Но мы уже видели, что механика даже не имеет принципа энергии, не имеет и понятия $t°$. Совершенно произвольно и не соответствует фактам принимать $t°$ пропорциональной живой силе молекул. Далее всегда с точки зрения механики м. б. поставлен вопрос о существовании силы междумолекулярного трения, работа к-рой будет несомненно зависеть от путей, пройденных молекулами, т. е. от вида процесса. Т. принимает положение о зависимости изменения внутренней энергии только от начального и конечного состояний тела и независимости от промежуточных стадий, но как положение, подтверждаемое опытом. Для совершенных газов, как мы видели, можно принимать работу дисгрегации равной нулю; для них внутренняя энергия, нагреваем ли мы газ при постоянном давлении на 1° или при постоянном объеме на 1°, одинаково изменяется. Следовательно ее нужно считать зависящей только от $t°$ и тем самым независящей от того, каким процессом $t°$ изменилась. Для других тел внутренняя энергия является ф-ией и $t°$ и объема (или давления), но как ф-ия определенная она в своем изменении зависит только от начальных и конечных значений параметров T и v (или T и p). Поэтому для бесконечно малого медленного процесса мы имеем $E\delta Q = dU + p\,dv$; здесь $U = f(T, v)$—внутренняя энергия, а δQ—бесконечно малое количество тепла в процессе, знак δ поставлен в отличие от знака d, указывающего на диференциал от ф-ии (или независимого переменного), количество же δQ не есть диференциал ф-ии, т. к. оно зависит от частностей процесса. Если положить $\frac{1}{E} = A$ = термич. эквиваленту работы и считать, что внутреннюю энергию мы выражаем в Cal, то ур-ие примет вид $\delta Q = dU + Ap\,dv$ — первое ур-ие Т. для однородного тела, совершающего медленный процесс. Для процессов быстрых по принципу энергии мы можем написать

$$\delta Q = dU + A\delta L + AdW;$$

здесь опять $A\delta L$—бесконечно малая (в Cal) работа преодоления внешних сил и AdW—приращение внешней кинетич. энергии. Оба ур-ия несовместимы, т. е. нельзя совместно пользоваться и тем и другим: первое является лишь частным случаем второго, когда количеством dW можно пренебрегать. Тогда, и только тогда, работу можно выразить через $p\,dv$, т. к. давление во всей массе тела можно считать одинаковым для каждого момента. Одновременное же пользование ими (как это иногда бывает) может привести только к скрытому или явному противоречию с принципом энергии, т. е. к получению энергии из ничего. Для медленных процессов можно дать другое выражение для δQ. Можно всякий бес-



Фиг. 2.



Фиг. 3.

конечно малый процесс AB заменить процессами AC (фиг. 3), где $p=\text{Const}$, и CB, где $v=\text{Const}$, и если на AC участвовало тепло δQ_1, на CB—δQ_2, а на AB—δQ, то можно положить $\delta Q=\delta Q_1+\delta Q_2$, т. к. внутренняя энергия изменяется одинаково на процессе ACB и AB; во внешней работе разница будет лишь на площадь ACB, являющуюся уже малой второго порядка, но $\delta Q_1=c_p dT_{AC}$, $\delta Q_2=c_v dT_{CB}$, где c_p и c_v—теплоемкости и $dT_{AC}=\frac{\partial T}{\partial v}dv$ $(p=\text{Const})$,

$$dT_{CB}=\frac{\partial T}{\partial p}dp(v=\text{Const}).$$

Следовательно

$$\delta Q=c_p\frac{\partial T}{\partial v}dv+c_v\frac{dT}{dp}dp=dU+Ap\cdot dv,$$

отсюда

$$dU=\left(c_p\frac{\partial T}{\partial v}-Ap\right)dv+c_v\frac{\partial T}{\partial p}dp.$$

Для совершенных газов

$$\frac{\partial T}{\partial v}=\frac{p}{R};\ \frac{\partial T}{\partial p}=\frac{v}{R};\ c_p\frac{p}{R}-A_p=\frac{p}{R}c_v,$$

т. е.

$$dU=\frac{c_v}{R}(p\,dv+v\,dp)=c_v\,dT,$$

что можно было и прямо видеть. Выражение dU указывает, что c_v для совершенных газов является функцией одной только $t°$, так же по равенству Майера и c_p. Если этого у какого-нибудь газа нет и c_v или c_p зависит и от $t°$ и от давления (или объема), то ур-ие $pv=RT$ для него уже не годится, и работой дисгрегации пренебрегать нельзя. Для какого-нибудь тела вообще можно положить $U=f(p,v)$ и тогда

$$dU=\frac{\partial U}{\partial p}dp+\frac{\partial U}{\partial v}dv=\left(c_v\frac{\partial T}{\partial v}-Ap\right)dv+c_v\frac{\partial T}{\partial p}dp,$$

т. е.

$$\left(\frac{\partial U}{\partial v}\right)_p=c_p\frac{\partial T}{\partial v}-Ap,\ \left(\frac{\partial U}{\partial p}\right)_v=c_v\frac{\partial T}{\partial p},$$

и вследствие того что

$$\frac{\partial}{\partial p}\left(\frac{\partial U}{\partial v}\right)=\frac{\partial}{\partial v}\left(\frac{\partial U}{\partial p}\right),$$

имеем

$$\frac{\partial}{\partial p}\left(c_p\frac{\partial T}{\partial v}\right)-\frac{\partial}{\partial v}\left(c_v\frac{\partial T}{\partial p}\right)=A,$$

обобщенное соотношение Майера для всякого однородного тела, определяемого в своем состоянии параметрами p, v, T. Из соотношения для внутренней энергии газа $dU=c_v\,dT$ получим $U=U_0+\int c_v\,dT$; положим c_v (как функцию T) равной

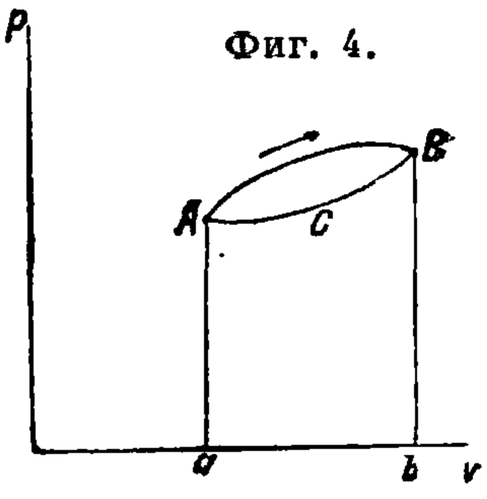
$$c_{v_0}+\alpha T+\beta T^2+\dots,$$

тогда

$$U=U_0+c_{v_0}T+\frac{\alpha}{2}T^2+\frac{\beta}{3}T^3+\dots$$

По механич. толкованию следовало бы, что внутренняя энергия газов сводится к живой силе молекул. Если это принять, то из выражения для U видим, что никакой пропорциональности между $t°$ и живой силой молекул не существует и следовательно, как и было указано, механика бессильна дать определение для $t°$. Опыт и указывает на зависимость для совершенных газов теплоемкостей от $t°$. В приложениях обычно полагают $c_v=c_{v_0}+\alpha T$, также $c_p=c_{p_0}+\alpha T$, коэф-ты при степенях T и в c_v и в c_p д. б. одинаковы по соотношению Майера.

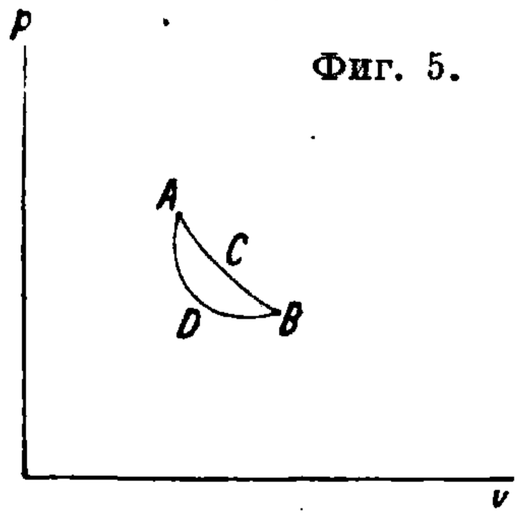
Разделение процессов. Второй принцип термодинамики. Процессы мы разделяем на быстрые и медленные. Но их можно разделить на обратимые и необратимые. Если, совершив какой-нибудь процесс с телом, мы можем обратно привести тело в начальное состояние теми же стадиями, но только в обратном порядке, мы называем процесс обратимым; если этого сделать нельзя,—необратимым. Все быстрые процессы явно необратимы: процесс истечения из резервуара с высоким давлением нельзя обратить, но процесс медленного нагревания, напр. при постоянном давлении, обращается в процессе медленного охлаждения при том же давлении. Поэтому первым условием обратимости является медленность процесса, вторым условием—неизменяемость физич. характеристик тела во время процесса, т. е. зависимости между p, v, T и зависимости c_p и c_v от (p, T) или (v, T) или T. Если почему-либо на прямом процессе вдруг изменилась зависимость между p, v, T, то на обратном процессе под теми же давлениями и объемами мы можем и не получить тех же $t°$, если не происходит обратного внезапного изменения зависимости между p, v, T. Точно так же изменение характера теплоемкостей может дать на обратном пути другие по абсолютной величине изменения внутренней энергии, хотя внешняя работа по абсолютной величине будет та же самая. В обратимом процессе мы всегда имеем: $\delta Q=dU+Ap\cdot dv$ или в конечном виде $Q=U_2-U_1+AL$, где L—внешняя работа за конечный процесс. На обратном процессе меняются знаки и у внешней работы, и у изменения внутренней энергии, и у тепла, абсолютные же величины остаются теми же самыми. Для необратимого процесса имеем: $\delta Q=dU+A\delta L+AdW$ или в конечном виде $Q=U_2-U_1+AL+A(W_2-W_1)$. Мы можем из ряда процессов (обратимых и необратимых) составить замкнутую цепь, или цикл, и для него написать $\Sigma Q=U_2-U_1+AL+A(W_2-W_1)$. Но так как по условию тело возвращается в начальное состояние, то $U_2=U_1$ и $W_2=W_1$, следовательно для всякого цикла имеем $\Sigma Q=AL$, т. е. для цикла алгебраич. сумма участвующих в нем теплот есть эквивалент внешней работы. Всякая правильно действующая калорич. машина в идеале должна своим рабочим телом (паром, газом и т. д.) совершать цикл, потому что 1) всякая машина должна работать правильно периодически, 2) выбрасывание отработавшего тела и замена новым представляет излишнюю потерю. Паровая машина с конденсацией в этом отношении ближе к идеалу, нежели двигатель внутреннего сгорания. Но и в последнем можно усмотреть приближенный цикл, если обратить внимание на то, что главным по весу телом, входящим в состав смеси воздуха и горючего, является азот, а он химически не изменяется. Поэтому мы можем считать, что калорич. машина совершает своим рабочим телом цикл. И здесь главный вопрос: может ли термич. кпд быть равным 1? Всякая машина, действующая одной механич. энергией, уменьшением трения, т. е. потерь на тепло, может приближаться в своем коэфициенте использования к 1. Можем ли мы и для тепловой машины уменьшением вредных потерь тепла иметь то же самое? Можем ли мы в цикле тепловой машины избежать в идеале тепловые потери во внешнюю среду и только давать тепло рабочему телу исключительно на работу? Представим себе обратимый процесс AB (фиг. 4), здесь со-



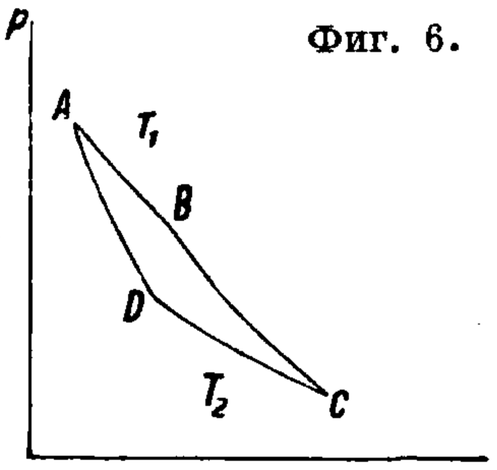
Фиг. 4.

вершается положительная внешняя работа ($dv>0$) величиной $aABb$, участвует некоторое количество тепла Q, изменяется внутренняя энергия. Пусть теперь мы имеем процесс BCA, на который тратим работу ($dv<0$) величиной $aACBb$, отнимаем от тела тепло Q_1 и возвращаем внутреннюю энергию в начальное состояние. Тогда имеем $\Sigma Q=AL=A\cdot$площадь $ABCA=Q-Q_1$. Тепло Q_1 бесполезно отдано во внешнюю среду. Можем ли мы его в идеале положить равным 0? Если бы на процессе BCA не участвовало тепло, то это было бы возможно.

Процесс, происходящий без участия тепла, называется адиабатическим, и его уравнение есть $0=dU+Ap\,dv$, из которого видно, что при затраченной на этот процесс работе ($dv<0$) внутренняя энергия возрастает, положительная же работа совершается за счет убыли внутренней энергии. Вопрос следовательно будет такой: можем ли мы из какого-либо состояния тела B привести его в другое какое-либо состояние A путем адиабатным? Адиабатный процесс есть процесс механический, без участия внешнего тепла. Если бы вопрос решился положительно, то между механич. энергией и тепловой не было бы по существу никакой разницы, и из механики мы прямо получили бы учение о тепле. Этого однако нет, и потому вопрос нужно решить в отрицательном смысле (аксиома Кара-Теодори). Но после этого мы теперь должны поставить другой вопрос: в чем эта разница заключается? На это мы должны ответить: разница в том, что тепловая энергия связана с понятием о $t°$, к-рого в механике Ньютона нет и к-рое, как мы видим, объяснению механическому не подлежит. О значении $t°$ говорит постулат Клаузиуса: если мы имеем изолированную систему двух тел, теплого и холодного, то невозможен переход тепла с холодного на теплое без затраты энергии. Постулат Клаузиуса утверждает, что не существует такого инструмента, при помощи к-рого калории, освобождающиеся при замерзании воды, производили бы кипение воды при 100°. Всякое приспособление этого рода требует для своего действия затраты внешней работы, следовательно калории при 0°, хотя бы их было неограниченное число, бесценны для работы калорич. машины, если окружающая среда и рабочее тело имеют $t°$ выше 0°. А между тем калории эти все-таки оцениваются каждая в 427 *кгм* работы. Т. о. механич. оценка калории ничего еще не говорит о возможности работать этой калорией в калорич. машине для получения положительной внешней работы. Нужно каким-либо образом повысить $t°$ этой калории. Это происходит напр. при химич. взаимодействии двух тел, где внутренняя энергия компонентов обращается в калории высокой $t°$, чем мы и пользуемся, создавая условия для этого соединения, напр. в машине Дизеля—работой. Но устроить тепловой рычаг, к-рый не требовал бы никакой энергетич. затраты на себя, нельзя по постулату Клаузиуса. Тем не менее ни постулат Клаузиуса ни аксиома Кара-Теодори не решают вопроса о возможности или невозможности получения кпд в калорич. машине равным 1. Мы можем представить себе другой процесс—постоянной $t°$. Здесь тело может брать тепло от источника той же $t°$; это не противоречит постулату Клаузиуса. При обратном изменении оно может отдавать тепло тому же источнику—опять не будет противоречия. Этот процесс является вполне обратимым, т. е. не только по отношению к телу, но и по отношению к тепловому источнику, питающему этот процесс. Теперь допустим, что для какого-нибудь тела адиабатный процесс ADB имеет для двух своих точек A и B (фиг. 5) одну и ту же $t°$. Проведем



Фиг. 5.



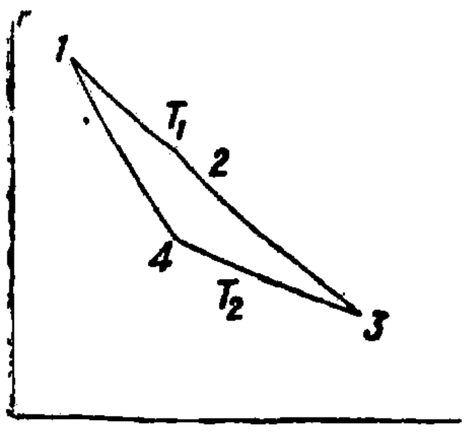
Фиг. 6.

через эти точки изотерму ACB, и тогда несомненно получаем цикл $ACBDA$ с коэф-том, равным 1. Может ли это быть? Для решения этого вопроса предположим обратное, т. е. что существует в природе тело, у к-рого адиабата не имеет двух точек с одинаковой $t°$, и далее, что для такого тела изотермы не пересекаются. Для такого тела, если оно существует, мыслим замкнутый цикл из двух изотерм и двух адиабат. Этот цикл будет вполне обратим и по отношению к рабочему телу и по отношению к участвующим здесь источникам—теплому с $t°$ T_1 и холодному с $t°$ T_2. В случае процесса $ABCDA$ (фиг. 6) мы получаем положительную внешнюю работу, причем от источника T_1 взято было тепло Q_1 Cal, источнику T_2 отдано Q_2 Cal и $Q_1-Q_2=A\cdot$площадь $ABCDA$. В случае процесса $ADCBA$ у источника T_2 взято Q_2 Cal, источнику T_1 отдано Q_1 Cal, что произошло за счет тепла Q_2 и добавочной внешней работы $ADCBA$. Следовательно в этом цикле мы по произволу можем или получать положительную работу или отдавать калории теплому телу за счет калорий холодного и добавочной внешней работы. Это и есть цикл Карно. Теперь только мы можем сказать, что если цикл Карно мыслим хотя бы для одного тела природы, то не может существовать ни одной калорич. машины с использованием тепла бóльшим, чем в схеме Карно, при одинаковых для той и другой машины тепловых источниках. Действительно мы всегда можем представить себе машину Карно одинаковой мощности с данной машиной и обратить машину Карно. Тогда если данная машина выгоднее машины Карно, то она берет меньше, чем машина Карно, тепла у теплого источника и отдает меньше холодному. Спарив данную машину с о б р а т н о й машиной Карно, мы в результате брали бы нек-рое количество тепла у холодного источника (+машина—Карно) и отдавали теплому (—машина+Карно), а работы извне на это не потратили бы, т. к. спаренные машины представляли бы собой простой инструмент, не дающий во-вне работу, но и не требующий ее. Это противоречит постулату Клаузиуса.

Иногда возражают, что в действительных тепловых двигателях происходит химич. процесс сгорания и доказательство с источниками никакой силы не имеет. Возражение это имело бы некоторое основание, если бы термодинамич. принципами нельзя было охватить химич. взаимодействия, как механикой Ньютона нельзя охватить тепловые явления. Но здесь дело происходит как-раз наоборот: Т. дала мощный толчок к развитию физич. химии. Во-вторых, можно представить себе процесс Дизеля например спаренным с обратной машиной Карно

той же мощности и между теми же $t°$, но меньшего кпд, и получить опять нагревание теплого источника машины Карно холодильником, общим у Карно и у Дизеля, без затраты дополнительной энергии. Поэтому нет надобности останавливаться на этих когда-то часто практиковавшихся возражениях против принципа Карно и постулата Клаузиуса.

Теперь далее таким же путем мы докажем, что если машины Карно мыслимы для нескольких тел, то кпд процесса Карно при одних и тех же источниках тепла не зависит от природы рабочего тела. Далее если процесс Карно мыслим для одного тела природы, то ни у одного тела природы не м. б. двукратного пересечения адиабаты с изотермой, не м. б. пересечения адиабат, не м. б. касания адиабаты и изотермы, не м. б. замкнутого процесса с положительной работой и одним источником тепла (принцип Томсона). Но процесс Карно не только мыслим, но и м. б. осуществлен. Поэтому все заключения будут универсального характера, пока не опровергнут постулат Клаузиуса. Так. обр. второй принцип Т. формулируется двумя положениями: 1) не существует процесса калорич. машины при данных $t°$ двух источников (нагревателя и холодильника), более выгодного, чем процесс Карно, и 2) кпд процесса Карно не зависит от природы рабочего тела. Особенно важным является второе положение. Это значит, что в выражении кпд цикла Карно не может стоять ни объем ни давление, т. к. тогда неизбежным являлся бы вопрос: объем какого тела? Коэф. процесса Карно может зависеть только от того параметра, к-рый является общим у тела и источников тепла, т. е. от $t°$ источников. Поэтому для вывода выражения коэфициента возьмем уравнение в общем виде для газообразных тел $[p + f(v, T)]\,(v - b) = RT$. Оно м. б. сведено к виду $p\,(v - b) = RT - f(v, T)\,(v - b)$. Т. к. участвуют теплоты Q_1 и Q_2, то кпд будет



Фиг. 7.

$$\eta = \frac{AL}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}.$$

Тепло Q_1 по изотерме T_1 (фиг. 7) связано соотношением $Q_1 = U_2 - U_1 + AL$, так же $Q_2 = U_3 - U_4 + AL_2$, работа $L_1 = \int_1^2 p\,dv$, $L_2 = \int_4^3 p\,dv$, но

$$p = \frac{RT}{v-b} - f(v, T)$$ и поэтому

$$L_1 = RT_1 \ln \frac{(v-b)_2}{(v-b)_1} - \int_1^2 f(v, T_1)\,dv,$$

$$L_2 = RT_2 \ln \frac{(v-b)_3}{(v-b)_4} - \int_4^3 f(v, T_2)\,dv,$$

следовательно

$$1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2\left[A \ln \frac{(v-b)_3}{(v-b)_4} - \frac{A}{RT_2}\int f(v, T_2)\,dv + \frac{U_3 - U_4}{RT_2}\right]}{T_1\left[A \ln \frac{(v-b)_2}{(v-b)_1} - \frac{A}{RT_1}\int f(v, T_1)\,dv + \frac{U_2 - U_1}{RT_2}\right]}.$$

Т. к. v не может входить в кпд и т. к. v входит в выражение внутренней энергии несовершенного газа, то для всех тел, представляемых данным выше ур-ием, д. б. соотношение в четырех точках пересечения адиабат с изотермами

$$\frac{U_3 - U_4}{T_2} + AR \ln \frac{(v-b)_3}{(v-b)_4} - \frac{A}{T_2}\int f(v, T_2)\,dv =$$
$$= AR \ln \frac{(v-b)_2}{(v-b)_1} - \frac{A}{T_1}\int f(v, T_1)\,dv + \frac{U_2 - U_1}{T_1}$$

и кпд цикла Карно $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$. Можно было прямо получить его, взяв ур-ие для совершенных газов. Совершенные газы отличаются только отсутствием сил сцепления, но та или иная сила сцепления не может повлиять на выражение кпд по основному свойству процесса Карно. Т. о. для цикла Карно имеем

$$1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \text{ или } \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1} \text{ или } \frac{Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2} = 0.$$

Здесь Q_2 взято по абсолютной величине, так же и Q_1. Т. к. при обратном цикле Карно $Q_1 < 0$ и $Q_2 > 0$, то общее алгебраич. соотношение для прямого и обратного циклов будет $\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0$, из к-рого ясно, что если одно тепло положительно (дается рабочему телу), то другое отрицательно (отнимается во внешнюю среду).

Теорема Клаузиуса. Энтропия. Тепловые диаграммы. Для какого-нибудь замкнутого процесса вообще можно считать, что он происходит под влиянием нескольких источников различных темп-р $T_1, T_2, \ldots, T_n$ с теплотами $Q_1, Q_2, \ldots, Q_n$, участвующими в этом процессе. Соотношение между теплотами и $t°$ можно вывести т. о. (К. Нейман). Представим себе между каждыми двумя источниками цикл Карно такой, что тепло одного источника, участвующее в процессе, равно и противоположно теплу, участвующему в цикле или циклах Карно, напр. первый источник (какой угодно) участвует в процессе теплом Q_1, а в цикле Карно q_1, тогда наложим соотношение $Q_1 + q_{11} = 0$, далее теперь для Карно $\frac{q_{11}}{T_1} + \frac{q_{21}}{T_2} = 0$, чем определяется q_{21}, затем для второго источника, участвующего и в первом и во втором циклах Карно,

$$Q_2 + q_{21} + q_{22} = 0$$

и для второго цикла $\frac{q_{22}}{T_2} + \frac{q_{32}}{T_3} = 0$, чем определяется q_{32}, и т. д. Очевидно, что на последний n-й источник мы уже условия на его теплоты наложить не можем и он участвует теплом $Q_n + q_{n(n-1)}$ и в процессе и в последнем цикле Карно. В сложном этом процессе $\Sigma(Q + q)$ обратится очевидно в $Q_n + q_{n(n-1)}$. Разделив каждое из равенств

$$Q_1 + q_{11} = 0,\ Q_2 + q_{21} + q_{22} = 0,$$
$$Q_3 + q_{32} + q_{33} = 0, \ldots$$

соответственно на T_1, T_2, T_3 и т. д., сложив все равенства, прибавив к обеим частям сложного равенства по $\frac{Q_n + q_{n(n-1)}}{T_n}$ и приняв во внимание соотношения Карно, получим

$$\sum_1^n \frac{Q_n}{T_n} = \frac{Q_n + q_{n(n-1)}}{T_n},$$

кроме того имеем

$$\Sigma(Q + q) = AL = Q_n + q_{n(n-1)}.$$

Правая часть равенства не м. б. положительной, т. к. это значило бы, что весь сложный замкнутый процесс произошел лишь за счет одного (n-го) источника и была получена положительная работа AL, чего, как мы видели, быть не может, следовательно мы имеем $\sum \frac{Q}{T} \leqslant 0$

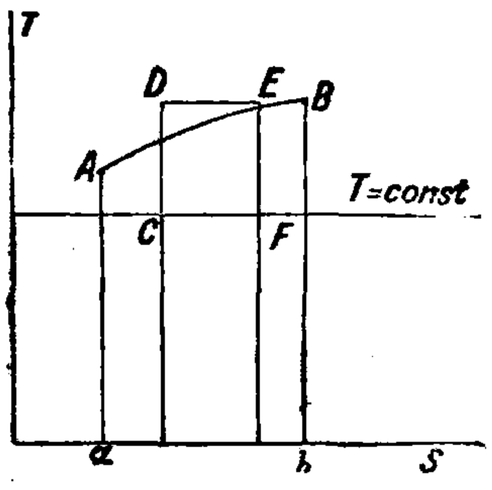
для всякого замкнутого процесса, причем здесь T—темп-ры источников. Если процесс состоит только из обратимых частей, то в виду его медленности можно считать, что на бесконечно малом отрезке $t°$ тела является определенной для всей массы рабочего тела и что этот бесконечно малый отрезок процесса совершен под влиянием источника, имеющего ту же (с точностью до малых второго порядка) $t°$, что и тело. Тогда за T в неравенстве можно считать $t°$ тела и в виду бесконечного множества источников вместо Q взять δQ и вместо суммы интеграл, распространенный на весь замкнутый процесс, т. е. получим $\int \frac{\delta Q}{T} \leqslant 0$. Но процесс обратим, и если его обратить, то все δQ переменят знаки, и следовательно было бы $\int \frac{\delta Q}{T} \geqslant 0$, но знак «больше» не может иметь места ни для одного процесса, и потому для обратимого замкнутого процесса всегда имеем $\int \frac{\delta Q}{T} = 0$ (теорема Клаузиуса). Это есть тепловая характеристика замкнутого обратимого процесса, аналогичная тепловой характеристике процесса Карно. Если мы теперь замкнутый обратимый процесс $ABCDA$ разобьем на две части ABC и CDA, то имеем

$$\int_{ABC} \frac{\delta Q}{T} + \int_{CDA} \frac{\delta Q}{T} = 0,$$

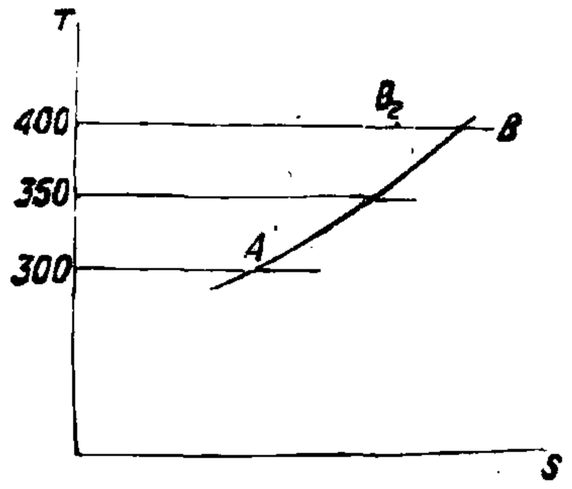
отсюда

$$\int_{ABC} \frac{\delta Q}{T} = -\int_{CDA} \frac{\delta Q}{T} = \int_{ADC} \frac{\delta Q}{T},$$

т. е. при переходе тела из состояния A в состояние C каким-либо обратимым процессом $\int \frac{\delta Q}{T}$ имеет одну и ту же величину. Это значит, что $\frac{\delta Q}{T} = dS$, где S—функция параметров, определяющих состояние тела. Эта ф-ия называется энтропией. Она является вспомогательной ф-ией, имеет, как видно из соотношения, измерение теплоемкости (т. е. калории на $кг$ и 1°) и дает возможность определять тепло во всяком обратимом процессе. Действительно, представим себе координаты S и T (фиг. 8) и изобразим



Фиг. 8.



Фиг. 9.

в этих координатах какой-либо процесс AB; тогда тепло, участвующее в процессе, выразится площадью $ABba$ по соотношению $Q = \int T\, dS$; изотермы в этой системе координат изображаются прямыми, параллельными оси S ($T = \text{Const}$), адиабаты—прямыми, параллельными оси T, т. к. здесь $dQ = 0$ и следовательно $dS = 0$, $S = \text{Const}$, цикл Карно — прямоугольником $CDEF$. На процессе AB тело, как видно по диаграмме, получает тепло ($dS > 0$, $\delta Q > 0$), на процессе BA ($dS < 0$, $\delta Q < 0$) тело отдает тепло во внешнюю среду. Поэтому, изобразив какой-нибудь процесс, известный нам из координат v, p, в координатах S, T, мы увидим не только количество тепла, в нем участвовавшего, но и знак тепла, что очень важно при исследовании процессов. Предположим, что мы имеем в системе v, p ряд процессов с каким-нибудь совершенным газом, например воздухом; перенесем эти процессы в систему S и T (фиг. 9). Сначала изобразим линию постоянного атмосферного давления. В системе S и T возьмем на изотерме внешней среды (напр. $T_0 = 300°$) точку A и будем считать, что эта точка представляет состояние воздуха при $T_0 = 300°$ и $p_0 = 1\ atm$. Дальше для линии постоянного давления имеем характеристику $dQ = c_p\, dt$, допустим, что $c_p = c_{p_0} + \alpha T$, тогда $dQ = c_{p_0}\, dt + \alpha T\, dt$,

$$\frac{dQ}{T} = dS = c_{p_0} \frac{dT}{T} + \alpha\, dT$$

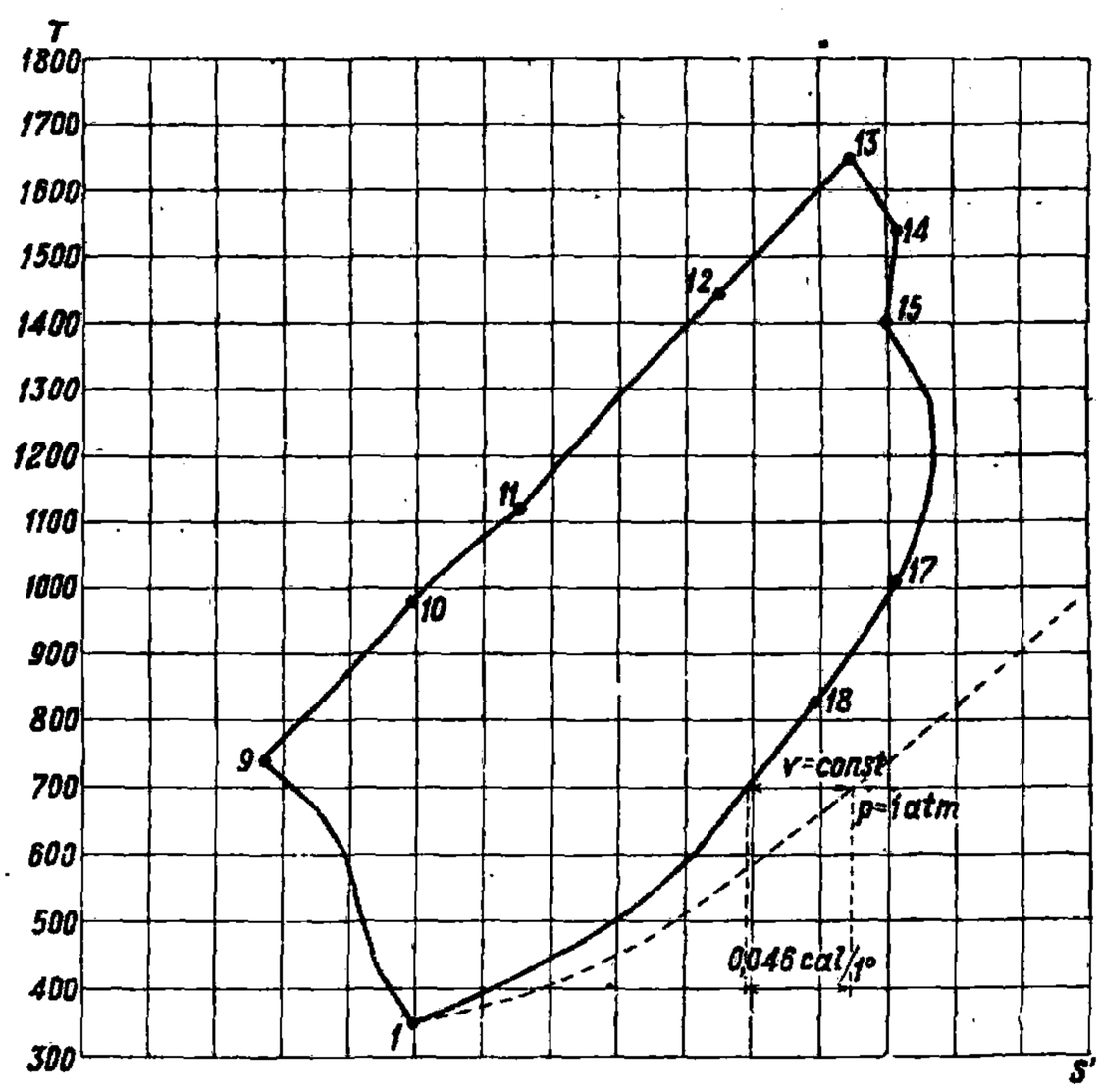
и отсюда $S - S_0 = c_{p_0} \ln \frac{T}{T_0} + \alpha (T - T_0)$. Задавшись масштабом для энтропии (напр. 0,01 Cal/1° = = 2 $мм$), вычисляем для различных T (бо́льших T_0) разность энтропий $S - S_0$ и откладываем их от точки a вправо, в сторону возрастающих энтропий, т. к. в этом процессе $dQ > 0$ при $T > T_0$. В пересечении ординат, проведенных в этих полученных точках, с соответственными изотермами получаем точки кривой постоянного атмосферного давления. Пусть требуется теперь изобразить состояние воздуха при давлении 2 atm и 400° абс. Проводим изотерму 400° (по масштабу темп-р) до пересечения с кривой $p = \text{Const} = 1\ atm$ в точке B. Эта точка изображает состояние воздуха для $p = 1\ atm$ и $T = 400°$; из этого состояния перевести воздух в состояние 2 atm и 400° можно путем сжатия по изотерме, при этом по ур-ию $Q = U_2 - U_1 + AL$ имеем ($U_2 = U_1$ при $T = \text{Const}$ для совершенных газов)

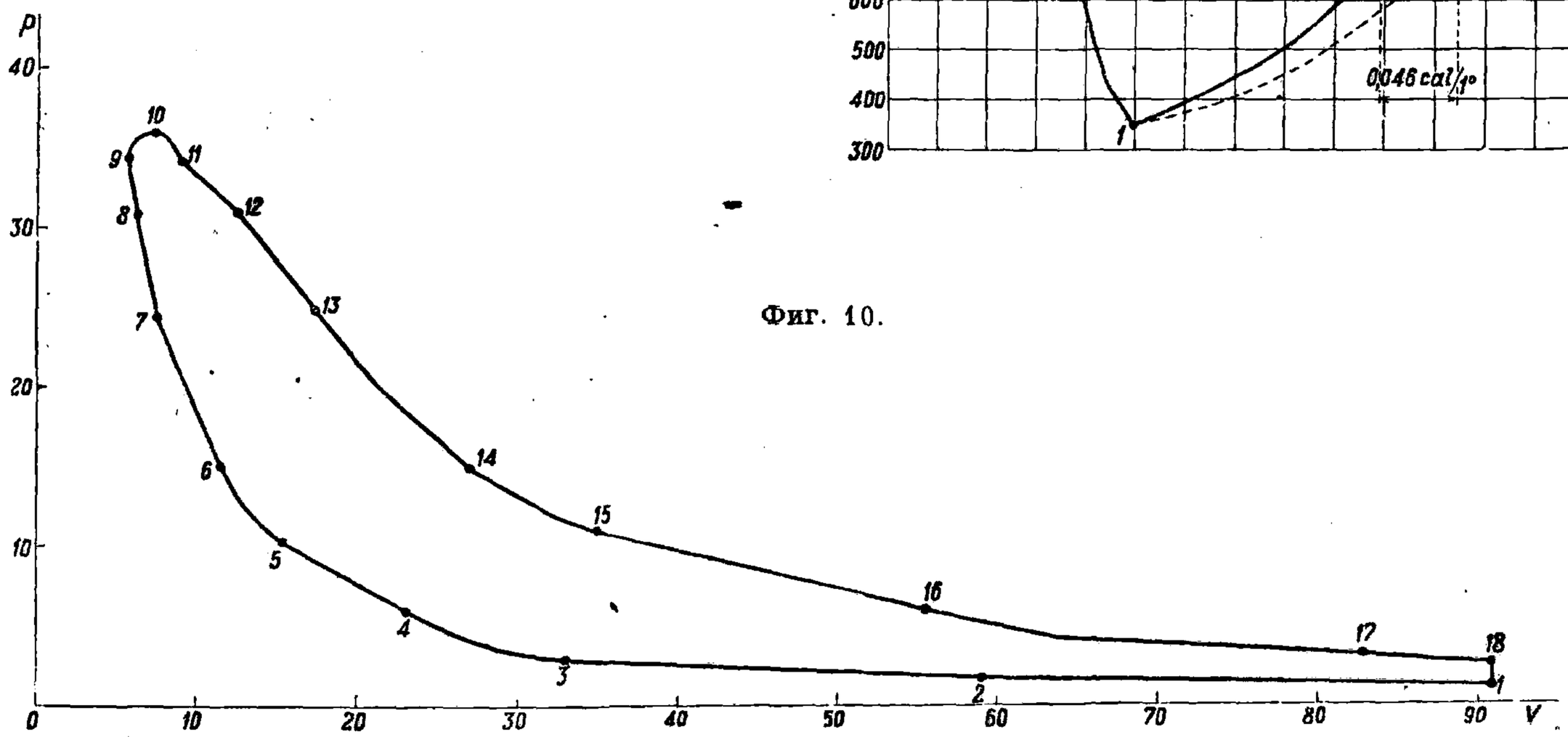
$$Q = AL = \int p\, dv = ART \int \frac{dv}{v} = -ART \ln \frac{v_1}{v_2}$$

и по ур-ию $pv = RT$ для этого случая $\frac{v_1}{v_2} = 2$, т. е. $Q = -ART \ln 2$; теперь при $T = \text{Const}$ $Q = T(S_2 - S_1) = -ART \ln 2$, откуда $S_2 - S_1 = -AR \ln 2$, и, высчитав, откладываем влево от точки B найденную разность энтропий. Таким путем переносим из системы v, p в систему S, T любые точки. Нужно только знать в системе v, p температуры. Но, если известна в этой системе хотя бы одна температура, остальные определятся.

Предположим, как это бывает на индикаторных диаграммах, нам неизвестно количество газа, участвовавшего в процессе, но известен только его объем и давление, и мы принимаем, что масса его G не меняется за время процесса. Тогда $Gvp = GRT$, $Gv_1p_1 = GRT_1$, откуда $\frac{T_1}{T} = \frac{p_1 v_1}{pv}$, и если T известно, то по отношению давлений и объемов, читаемых на индикаторной диаграмме, определим T в любой точке. Нужно только знать мертвый объем в его отношении к объему, описываемому поршнем, что часто известно по степени сжатия, и далее на индикаторной диаграмме прибавить на линии счета объемов пропорциональный отрезок. Приложенные здесь диаграмма и таблица объясняют подробности (фиг. 10). Нужно заметить, что здесь принималась неизменяемость характера c_p, c_v и R за все время изображаемого процесса и величины эти брались для воздуха. Между тем диаграмма снята была с двигателя Дизеля. Поэтому тепловое изображение лишь приблизительное, но оно дает возможность в общих

N	p	v	$p_n v_n$	$\frac{p_n v_n}{p_1 v_1}$	T	$\ln \frac{p_n}{p_1}$
1	1	91	91	1	350	0
2	1,75	59,5	104	1,1	385	0,56
3	3	33	111	1,25	431	1,1
4	6	23	130	1,50	525	1,19
5	10,5	15	157,5	1,73	605	2,35
6	15	11,5	172,5	1,9	665	2,71
7	24,5	7,5	184	2	700	3,2
8	31	6	188	2	700	3,43
9	34,5	5,5	190	2,1	735	3,54
10	36	7	253	2,8	980	3,68
11	34,5	8,5	293	3,2	1 120	3,54
12	31	12,5	377,5	4,15	1 442	3,43
13	24,5	17,5	428	4,7	1 645	3,20
14	15	27	405	4,4	1 540	2,71
15	10,5	35	367,5	4	1 400	2,35
16	6	55,5	333	3,66	1 280	1,79
17	3	83	261	2,9	1 015	1,1
18	2,5	91	228	2,5	975	0,92





Фиг. 10.

чертах судить о тепловом характере процесса, как уже было указано. Общее выражение энтропии для совершенных газов можно получить из ур-ия

$$\frac{\delta Q}{T} = \frac{dU}{T} + \frac{Apdv}{T} = \frac{c_v dT}{T} + \frac{ARdv}{v} = \\ = \frac{c_{v_0} + \alpha T}{T} dT + \frac{ARdv}{v},$$

и, интегрируя, имеем:

$$S - S_0 = c_{v_0} \ln \frac{T}{T_0} + \alpha (T - T_0) + AR \ln \frac{v}{v_0},$$

или

$$S - S_0 = c_{v_0} \ln \left[\frac{T}{T_0} \cdot e^{\frac{\alpha (T - T_0)}{c_{v_0}}} \cdot \left(\frac{v}{v_0} \right)^{\frac{AR}{c_{v_0}}} \right].$$

Для одноатомных газов (гелия, аргона) можно принимать $c_v = \text{Const} = c_{v_0}, \alpha = 0$ и следовательно

$$S - S_0 = c_v \ln \left[\frac{T}{T_0} \cdot \left(\frac{v}{v_0} \right)^{Ak} \right].$$

Положив для них $\frac{c_p}{c_v} = k$ и взяв по ур-ию Майера $c_p - c_v = AR$, получим

$$\frac{AR}{c_v} = k - 1.$$

Таким образом

$$S - S_0 = c_v \ln \left[\frac{T}{T_0} \cdot \left(\frac{v}{v_0} \right)^{k-1} \right].$$

Характеристические функции. Мы имеем теперь два ур-ия Т. для обратимых процессов: 1) $\delta Q = dU + Ap\,dv$, 2) $\delta Q = T\,dS$. Можно ввести кроме энтропии ряд других вспомогательных ф-ий для термодинамич. исследования как процессов, так и самой природы тела. Ф-ия $U + Apv$ является так же определенной состоянием тела, как и сама ф-ия U (как говорят, с точностью до произвольного постоянного, заключенного в U). Разность этих ф-ий для двух состояний тела, т. е. $U_2 - U_1 + Ap_2v_2 - Ap_1v_1$, вполне определенна (постоянное исчезает) и также не зависит от процесса, к-рым тело переходило из одного состояния в другое. Ф-ия эта называется энтальпией (Камерлинг-Оннес), или теплосодержанием, и обозначается i (Молье). Последний термин взят из учения о насыщенном паре и там имеет реальное значение. Разность энтальпий в процессе постоянного давления дает тепло, участвующее в этом процессе, что видно из ур-ия $Q_2 = U_2 - U_1 + A\int p\,dv$; при $p = \text{Const}$ $Q_2 = U_2 - U_1 + Ap(v_2 - v_1) = i_2 - i_{1(p=\text{Const})}$. Первое ур-ие Т. теперь м. б. написано так:

$$\delta Q = dU + Ap \cdot dv = d(U + Apv) - Av \cdot dp = \\ = di - Av \cdot dp.$$

При $p = \text{Const}$ имеем $dQ = c_p dT = di$, но вообще $di = \frac{\partial i}{\partial T} dT + \frac{\partial i}{\partial p} dp$ и при $p = \text{Const}$ получим $c_p = \left(\frac{\partial i}{\partial T} \right)_p$. Точно так же при $v = \text{Const}$ из ур-ия $\delta Q = dU + Ap\,dv$ имеем $c_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_v$. Первое соотношение показывает, как можно определить i, если известны c_p для различных $t°$ и давлений,

путем графич. интегрирования. Из уравнения $\delta Q = di - Av \cdot dp$ и $\delta Q = T \cdot dS$ получим

$$dS = \frac{di}{T} - \frac{Av \cdot dp}{T} = \frac{1}{T} \cdot \frac{\partial i}{\partial T} \cdot dT + \frac{1}{T}\left(\frac{\partial i}{\partial p} - Av\right) dp$$

и т. к. dS есть диференциал ф-ии при независимых здесь переменных T и p, то

$$\frac{\partial}{\partial p}\left(\frac{1}{T} \cdot \frac{\partial i}{\partial T}\right) = \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{1}{T} \cdot \frac{\partial i}{\partial p} - \frac{Av}{T}\right),$$

т. е.

$$\frac{1}{T} \cdot \frac{\partial^2 i}{\partial p \cdot \partial T} = \frac{1}{T} \cdot \frac{\partial^2 i}{\partial p \cdot \partial T} - \frac{1}{T^2} \cdot \frac{\partial i}{\partial p} + \frac{Av}{T^2} - \frac{A}{T} \cdot \frac{\partial v}{\partial T},$$

или

$$\left(\frac{\partial i}{\partial p}\right) = Av - AT\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right) = -AT^2 \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{v}{T}\right).$$

Это соотношение позволяет определять по энтальпиям объемы. Т. о., определив опытным путем теплоемкость при постоянном давлении для различных $t°$ и давлений, мы можем по ним определять и объемы, т. е. Т. дает средство по одним только величинам c_p уже представить зависимость между p, v, T, т. е. характеристич. ур-ие (графически или ф-лой). С другой стороны, вычисляем разность энтропий для различных давлений и $t°$, имея значения c_p, по соотношению $dS_{p=\text{Const}} = c_p \frac{dT}{T}$. Опять можем составить график $\frac{c_p}{T}$ и определять $S - S_0$ для какого-нибудь давления. Отсюда видим тесную связь между величинами p, v, T, i, S, U. Можно взять какие-нибудь две из этих шести величин за независимые переменные и подыскать такие ф-ии, к-рые своими производными и комбинациями их давали бы остальные четыре величины. Эти ф-ии называются характеристическими (Массье) и служат весьма удобным средством находить по опытным данным основные термодинамич. величины. Напишем ур-ие $\delta Q = dU + Ap \cdot dv = T\,dS$. Из него получаем

$$Ap \cdot dv = T \cdot dS - dU = d(TS) - dU - S\,dT = d(TS - U) - S\,dT,$$

или

$$d(TS - U) = S\,dT + Ap \cdot dv.$$

В левой части равенства имеется диференциал ф-ии, определяемой (в своей разности) состоянием тела, в правой—полные диференциалы параметров T и v, к-рые и служат независимыми переменными. Функция $TS - U$ называется свободной энергией и является характеристич. ф-ией при независимых переменных v и T. Обозначая ее через F, имеем

$$dF = \frac{\partial F}{\partial v}\,dv + \frac{\partial F}{\partial T}\,dT = S\,dT + Ap \cdot dv.$$

Отсюда

$$\frac{\partial F}{\partial v} = Ap,\ \frac{\partial F}{\partial T} = S,\ T\frac{\partial F}{\partial T} - F + \frac{\partial F}{\partial v}\,v = i,$$

$$T\frac{\partial F}{\partial T} - F = U,$$

или

$$U = T^2 \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{F}{T}\right),\ i = T^2 \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{F}{T}\right) + \frac{\partial F}{\partial v}\,v.$$

Т. о. через две независимые переменные T и v, ф-ию F и ее производные выражаются остальные 4 термодинамич. величины. Так как

$$c_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v = T\frac{\partial^2 F}{\partial T^2},$$

то в свою очередь

$$\left(\frac{\partial c_v}{\partial v}\right)_T = T\frac{\partial^3 F}{\partial T^2 \partial v} = T\frac{\partial^2}{\partial T^2}\left(\frac{\partial F}{\partial v}\right) = AT\left(\frac{\partial^2 p}{\partial T^2}\right)_v,$$

точно так же

$$\left(\frac{\partial U}{\partial v}\right)_T = T \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial T \partial v} - \frac{\partial F}{\partial v} = AT\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v - Ap.$$

Ф-ия F была введена Гельмгольцем и названа им свободной энергией (в его обозначении свободная энергия $U - TS = -F$, здесь взято обозначение Массье как более удобное). Возьмем теперь независимыми переменными T и p, имеем

$$\delta Q = di - Av \cdot dp = T \cdot dS,$$

отсюда

$$d(TS - i) = S\,dT - Av \cdot dp;$$

обозначим ф-ию $TS - i$ через Φ (ее называют иногда термодинамическим потенциалом; введена она была Дюгемом). Тогда имеем

$$S\,dT - Av \cdot dp = d\Phi = \frac{\partial \Phi}{\partial T}\,dT + \frac{\partial \Phi}{\partial p}\,dp$$

и отсюда

$$\frac{\partial \Phi}{\partial T} = S;\ \frac{\partial \Phi}{\partial p} = -Av;$$

$$i = TS - \Phi = T \cdot \frac{\partial \Phi}{\partial T} - \Phi = T^2 \cdot \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\Phi}{T}\right);$$

$$U = T^2 \cdot \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\Phi}{T}\right) + \frac{\partial \Phi}{\partial p} \cdot p;\ c_p = T \cdot \frac{\partial^2 \Phi}{\partial T^2};$$

и так же, как для c_v, находим

$$\frac{\partial c_p}{\partial p} = -AT\left(\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}\right)_p,$$

далее опять можно получить

$$\left(\frac{\partial i}{\partial p}\right)_T = -AT\frac{\partial v}{\partial T} + Av = -AT^2 \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{v}{T}\right).$$

Но в ур-ии $\delta Q = di - Av \cdot dp$ можно взять за независимые переменные i и p. Тогда

$$\frac{\delta Q}{T} = dS = \frac{di}{T} - \frac{Av \cdot dp}{T} = \frac{\partial S}{\partial i}\,di + \frac{\partial S}{\partial p}\,dp$$

и отсюда

$$\left(\frac{\partial S}{\partial i}\right)_p = \frac{1}{T},\ \left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_i = -\frac{Av}{T} = -Av \cdot \frac{\partial S}{\partial i},$$

т. е.

$$T = \frac{1}{\frac{\partial S}{\partial i}},\ Av = -\frac{\frac{\partial S}{\partial p}}{\frac{\partial S}{\partial i}},\ U = i - Apv = i + p\frac{\frac{\partial S}{\partial p}}{\frac{\partial S}{\partial i}}.$$

Отсюда видим, что в этом случае энтропия является характеристич. ф-ией. С другой стороны, можно написать

$$di - T\,dS = Av \cdot dp,\ dp = \frac{di}{Av} - \frac{T}{Av}\,dS.$$

Берем i и S за независимые переменные и тогда

$$dp = \frac{\partial p}{\partial i}\,di + \frac{\partial p}{\partial S}\,dS.$$

Сравнивая, получаем:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial i}\right)_S = \frac{1}{Av},\ \frac{\partial p}{\partial S} = -\frac{T}{Av},$$

т. е.

$$Av = \frac{1}{\left(\frac{\partial p}{\partial i}\right)_S},\ T = -\frac{\left(\frac{\partial p}{\partial S}\right)_i}{\left(\frac{\partial p}{\partial i}\right)_S},\ U = i + p \cdot \frac{1}{\left(\frac{\partial p}{\partial i}\right)_S}.$$

Следовательно p является характеристич. ф-ией при независимых переменных i и S. Точно так же получаем, что U будет характеристич. ф-ией при переменных v и S; v—при переменных U и S. При переменных S и p характеристической ф-ией будет i:

$$di = T\,dS + Av \cdot dp = \frac{\partial i}{\partial S} \cdot dS + \frac{\partial i}{\partial p} \cdot dp,$$

отсюда

$$\left(\frac{\partial i}{\partial S}\right)_p = T;\ \left(\frac{\partial i}{\partial p}\right)_S = Av \text{ и т. д.}$$

Теперь можно и первое ур-ие Т. написать в формах, иногда более удобных для приложе-

ния, напр., взяв за независимые переменные v и T и введя ф-ию F, имеем

$$\delta Q = dU + Ap\,dv = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v dT + \left[\left(\frac{\partial U}{\partial v}\right)_T + Ap\right] dv,$$

но

$$\left(\frac{\partial U}{\partial v}\right)_T = T \cdot \frac{\partial^2 F}{\partial T\,\partial v} - \frac{\partial F}{\partial v} = AT\frac{\partial p}{\partial T} - Ap \text{ и } \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v = c_v,$$

следовательно

$$\delta Q = c_v\,dT + AT\frac{\partial p}{\partial T}\,dv.$$

Точно так же при независимых переменных T и p получим, выходя из ур-ия $\delta Q = di - Av \cdot dp$ и пользуясь ф-ией Φ,

$$\delta Q = c_p\,dT - AT\frac{\partial v}{\partial T}\,dp.$$

По первому ур-ию имеем

$$\delta Q = c_p\frac{\partial T}{\partial v}\,dv + c_v\frac{\partial T}{\partial p}\,dp =$$

$$= c_v\left(\frac{\partial T}{\partial p}\,dp + \frac{\partial T}{\partial v}\,dv\right) + AT\frac{\partial p}{\partial T}\,dv,$$

т. е.

$$(c_p - c_v)\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_p = AT\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v.$$

Но, рассматривая v как ф-ию T и p при $p = \text{Const}$, получим

$$dv = \frac{\partial v}{\partial T}\,dT,$$

а, считая T за ф-ию v и p при $p = \text{Const}$, получим

$$dT = \frac{\partial T}{\partial v}\,dv$$

и отсюда

$$\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_p = \left(\frac{1}{\frac{\partial v}{\partial T}}\right)_p,$$

следовательно

$$c_p - c_v = AT\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p.$$

Это—соотношение Клапейрона для теплоемкостей всех тел. Оно пишется также

$$(c_p - c_v)\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right) \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial v}\right) = AT.$$

Можно исключить $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v$, именно

$$dp = \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T dv + \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v dT;$$

при $p = \text{Const}$ имеем

$$dp = 0 \text{ и } \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v = -\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T \cdot \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p;$$

отсюда

$$c_p - c_v = -AT\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p^2 \cdot \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T.$$

Но, так же как и раньше, найдем

$$\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T = \frac{1}{\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T} \text{ и } c_p - c_v = -\frac{AT\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p^2}{\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T}.$$

При $p = \text{Const}$ $\frac{\partial v}{\partial T} = \alpha v$, где α—коэф. кубич. расширения от $t°$; так же при $T = \text{Const}$ $\frac{\partial v}{\partial p} = -\beta v$, где β—коэф. сжатия от давления; тогда

$$c_p - c_v = \frac{AT\alpha^2 v}{\beta}.$$

Из определений для α и β видно, что α—отвлеченное число на 1°:

$$\alpha = \frac{1}{v} \cdot \frac{\partial v}{\partial T},$$

а β измеряется $м^2/кг$:

$$\beta = -\frac{1}{v} \cdot \frac{\partial v}{\partial p},$$

где p в $кг/м^2$. Таким образом общее измерение c_p и c_v будет

$$\frac{1\text{ Cal} \cdot 1°}{кг \cdot м} \cdot \frac{1^2}{1°^2} \cdot \frac{м^3}{кг} \cdot \frac{1}{м^2/кг} = \frac{\text{Cal}}{кг \cdot 1°},$$

как и должно быть. Таким путем узнают c_v там, где непосредственное определение очень трудно, напр. для воды или для твердых тел. Возьмем воду при 70° (= 343° абс.). Объем 1 $кг$ по Бриджмену равен 0,00102 $м^3$; можно взять $\alpha = 6 \cdot 10^{-4}/1°$, β по Бриджмену $= 4 \cdot 10^{-9}$ $м^2/кг$. Тогда

$$c_p - c_v = \frac{343 \cdot 1{,}02 \cdot 10^{-3} \cdot 36 \cdot 10^{-3}}{427 \cdot 4 \cdot 10^{-9}} = 0{,}07\text{ Cal}/кг\ 1°.$$

По Дитеричи (Dieterici) в этом случае $c_p \cong 1{,}005$ и следовательно $c_v \cong 0{,}935$. Подобным вычислением убеждаемся, что c_v для воды между 0 и 100° непрерывно убывает.

Теорема Нернста для однородного тела. Мы видели, что теплоемкости c_v и c_p выражаются через характеристич. ф-ии F и Φ:

$$c_v = T\left(\frac{\partial^2 F}{\partial T^2}\right)_v \text{ и } c_p = T\left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial T^2}\right)_p,$$

но

$$\frac{\partial^2 F}{\partial T^2} = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_v \text{ и } \frac{\partial^2 \Phi}{\partial T^2} = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_p.$$

Предположим, что T убывает и стремится к 0, тогда обе теплоемкости будут стремиться к нулю, если только производные от энтропии по T не стремятся к бесконечности. Они стремились бы к бесконечности, если бы энтропия в своем выражении содержала логарифмич. функцию T, тогда в производных появилось бы количество вида $\frac{a}{T}$. Итак, если энтропия в своем выражении не содержит логарифмич. ф-ии T, то теплоемкости c_v и c_p обращаются в нуль при $T = 0$. Обратно, если бы опытным путем обнаружено было, что напр. c_v стремится к нулю при убывающих T, то это служило бы указанием, что $\frac{\partial S}{\partial T}$ не стремится к бесконечности и энтропия не содержит в границах, близких к $T = 0$, логарифмич. ф-ии T. Тогда можно было бы написать $S = \text{Const} + aT + bT^2 + cT^3 + \ldots$, где a, b, c, ...—ф-ии объема, т. к. энтропия не м. б. ф-ией только $t°$, иначе адиабата $S = \text{Const}$ совпала бы с изотермой. При $T = 0$ и разумеется конечных значениях a, b, c, ... получаем $S_0 = \left(\frac{\partial F}{\partial T}\right)_0 = \text{Const} = l$. Ф-ия F разностью своих значений дает работу изотермич. процесса [из ур-ия $d(TS - U) = dF = S\,dT + Ap \cdot dv$]. Но всегда можно иметь еще целый ряд ф-ий, к-рые удовлетворяют этому условию. Действительно возьмем $F_1 = F - Tk$, где k—произвольное постоянное. Тогда имеем $(F_{12} - F_{11}) = (F_2 - F_1)$ при $T = \text{Const}$, а так же

$$c_v = T \cdot \frac{\partial^2 F_1}{\partial T^2},\quad U = T^2 \cdot \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{F_1}{T}\right) \text{ и т. д.}$$

Но

$$\frac{\partial F_1}{\partial T} = \frac{\partial F}{\partial T} - k \text{ при } T = 0,\ \left(\frac{\partial F_1}{\partial T}\right)_0 = l - k$$

и, взяв $k = l$, имеем $\left(\frac{\partial F_1}{\partial T}\right)_0 = 0$, т. е. всегда можно найти такую ф-ию F_1, разностью своих значений дающую изотермическую работу, что $\left(\frac{\partial F_1}{\partial T}\right)_0 = 0$. Но мы могли бы и прямо положить $l = 0$. Тогда имели бы еще и следующее положение (М. Планк): для всякого тела, у к-рого c_v стремится вместе с T к нулю, можно положить $S_{T=0} = 0$. Но, с другой стороны, мы имеем

$$c_v = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_v = aT + 2bT^2 + 3cT^3 + \ldots,$$

и, если a, b, c,... являются ф-иями объема, то можем положить $l = 0$, если же по наблюдениям над теплоемкостью a, b, c,... являются постоянными величинами, то

$$S = \varphi(v) + aT + bT^2 + cT^3 + \ldots$$

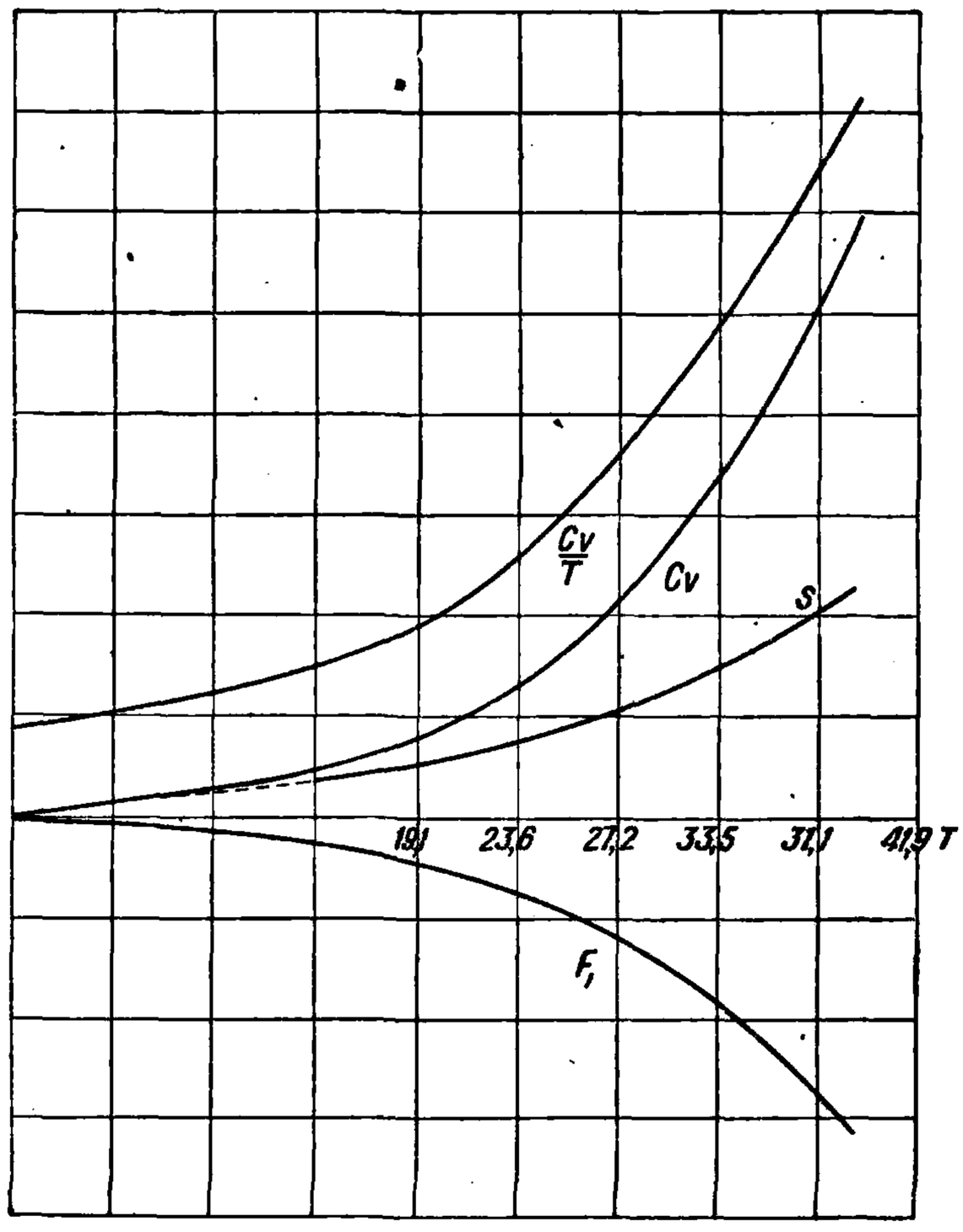
и при $T = 0$ $S = \varphi(v_0) =$ постоянной величине, к-рую мы произвольно положить равной 0 не можем. Тогда остается лишь первое положение о существовании ф-ии F_1 такой, что $\left(\frac{\partial F_1}{\partial T}\right)_0 = 0$. Это и является в сущности теоремой Нернста для однородного тела, т. е. если теплоемкость c_v стремится вместе с T к нулю, то всегда существует ф-ия F_1, дающая разностью своих значений изотермич. работу, так что $\left(\frac{\partial F_1}{\partial T}\right)_{T=0} = 0$. А в формулировке М. Планка: для всех тел, у к-рых c_v стремится вместе с T к нулю, энтропию при $T = 0$ можно положить равной 0. Но, как мы видели, это можно принимать с известными ограничениями. При этом разумеется говорится о жидких или твердых телах, т. к. газы при малых T перестают существовать. Здесь не лишним является поставить также вопрос: указывает ли Т. на возможность одновременного стремления к 0 теплоемкости и $t°$? Мы видели, что при независимых переменных v и S внутренняя энергия является характеристич. ф-ией по ур-ию $dU = T\,dS - Ap\,dv$ и следовательно $\left(\frac{\partial U}{\partial S}\right)_v = T$. Представим себе систему координат: S—абсциссы, U—ординаты и нанесем в этой системе кривую $v = \mathrm{Const}$. Тогда касательная к этой кривой при $T = 0$ будет параллельна оси абсцисс и вместе с тем будет геометрич. местом точек, где $U = \mathrm{Const}$. Т. о. можем сказать, что кривая $v = \mathrm{Const}$ и прямая $U = \mathrm{Const}$ имеют две общие бесконечно близкие точки там, где $T = 0$. Перейдем теперь к системе координат T, U и возьмем на оси ординат точку, через к-рую проведем кривую $v = \mathrm{Const}$. В этой точке $T = 0$ и следовательно здесь будут две общие бесконечно близкие точки между кривой $v = \mathrm{Const}$ и прямой $U = \mathrm{Const}$, т. е. $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v = 0$ или, другими словами, $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_v = c_v$ здесь равно нулю. Таким образом Т. дает указание, что мы вправе ожидать стремление к нулю теплоемкости c_v одновременно с $t°$. То же самое можно сказать и о c_p, если вместо U взять ф-ию i. Опыты над теплоемкостями c_v при очень низких $t°$ немногочисленны в виду их большой трудности, но все они подтверждают, что теплоемкость стремится одновременно с T к нулю. Графически ф-ия F_1 определяется по опытным данным относительно c_v или: 1) из ур-ия $c_v = T \cdot \frac{\partial^2 F_1}{\partial T^2}$ или 2) из ур-ий

$$U = T^2 \cdot \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{F_1}{T}\right) \text{ и } c_v = \frac{\partial U}{\partial T}.$$

Вычерчивается сначала кривая c_v в координатах $T_1\,c_v$, затем (во втором случае) определяется ее интегральная

$$U = f(T) + \varphi(v),$$

где $\varphi(v)$—произвольная ф-ия объема, к-рая отбрасывается, т. к. здесь ищется зависимость U от $t°$; далее строится кривая $\frac{f(T)}{T^2}$ и ее интегральная. Помножением ординат этой последней на T получаем F_1 в ее зависимости от $t°$. В первом случае вычерчивается кривая $\frac{c_v}{T}$, ее интегральная S и затем интегральная этой последней. Значения c_v идут только до определенной $t°$ и далее до абсолютного нуля продолжаются от руки. Здесь дана примерная табличка (фиг. 11) нахождения F_1 по опытам относи-



Фиг. 11.

тельно c_v для алюминия. Кривая F_1 получается явно касающейся оси T при $T = 0$, т. е. $\left(\frac{\partial F_1}{\partial T}\right)_0 = 0$, что и требовалось.

Относительно теплоемкости c_v существует теория Дебая (Debye), основанная на теории квант и лучистого тепла. Она приводит к тому, что при малых T $c_v = cT^3$, где c—постоянная для каждого тела. Это выражение c_v несовместимо, как было указано, с формулировкой М. Планка теоремы Нернста. Но на примере алюминия можно видеть, что ф-ла Дебая является лишь первым приближением к опытам и можно подобрать более точную ф-лу для c_v вида $aT + bT^2 + cT^3 + \ldots$, где a, b, c,... м. б. и ф-иями объема. Из приложенной здесь таблички видно, что кривая $\frac{c_v}{T}$ для алюминия не стремится к нулю, как следовало бы по Дебаю. Поэтому формулировку М. Планка нельзя заранее отвергать. Примем, что и для других тел $c_v = aT + bT^2 + cT^3$. Возьмем ур-ие адиабаты из общего ур-ия

$$\delta Q = c_v\,dT + AT\frac{\partial p}{\partial T}\,dv = c_v\,dT + T\frac{\partial^2 F}{\partial T\,\partial v}\,dv = 0.$$

Отсюда

$$\frac{dv}{dT} = -\frac{c_v}{T\frac{\partial^2 F}{\partial T\,\partial v}} = -\frac{aT + bT^2 + cT^3}{T\frac{\partial^2 F}{\partial T\,\partial v}} = -\frac{a + bT + cT^3}{\frac{\partial S}{\partial v}},$$

но так как

$$c_v = T\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_v = aT + bT^2 + cT^3,$$

то

$$S = aT + \frac{b}{2}T^2 + \frac{c}{3}T^3 \text{ и } \frac{\partial S}{\partial v} = a'T + \frac{b'}{2}T^2 + \frac{c'}{3}T^3,$$

где a', b', c'—производные по v. Следовательно

$$\frac{dv}{dT} = -\frac{a + bT + cT^3}{a'T + \frac{b'}{2}T^2 + \frac{c'}{3}T^3}$$

и при $T = 0$ выражение обращается по абсолютной величине в ∞, т. е. адиабатич. расширением ($dt < 0$) не достигнем абсолютного нуля, т. к. для этого нужно бесконечно большое изменение объема, а т. к. c_v и c_p стремятся к нулю, то и охлаждением мы не можем его достигнуть. Отсюда выводят положение о невозможности достижения абсолютного нуля. Но если мы возьмем ф-лу Дебая, то

$$c_v = cT^3, \quad S = \varphi(v) + \frac{c}{3}T^3, \quad \frac{\partial S}{\partial v} = \varphi'(v)$$

и получаем

$$\left(\frac{dv}{-dT}\right)_0 = \frac{a}{\varphi'(v_0)}.$$

Следовательно формула Дебая несовместима и с положением о недостижимости абсолютного нуля. Вопрос впрочем этот и вообще остается открытым, т. к. опытным путем он не проверялся. Все значение теоремы Нернста—не в области однородного тела, а в области химич. реакций, где она формулируется иначе, о чем речь будет дальше. Мы видим из всего сказанного, что теорема Нернста вытекает из обоих принципов Т. и следовательно не м. б. поставлена наряду с ними как нек-рый третий принцип.

Об измерении температуры. Термодинамически $t°$ должна определяться из соотношения Карно $\frac{Q_1}{Q_0} = \frac{T_1}{T_0}$. Поэтому если представим себе цикл Карно между двумя $t°$, из к-рых одна соответствует таянию льда при нормальном давлении (760 *мм* рт. ст.), а другая—кипению воды при том же давлении, то, определивши количественно теплоты Q_0 и Q_1, участвующие в этом цикле, имеем $\frac{Q_1}{Q_0} = \frac{T_1}{T_0}$. Представим, что разность между этими $t°$ выражается числом 100° (это число с термодинамич. точки зрения м. б. взято произвольно), получим $T_0 = \frac{100}{\frac{Q_1}{Q_0} - 1}$.

Это будет термодинамич. $t°$ тающего льда при 760 *мм* давления. Т. о. определяется начало счета термодинамич. шкалы, т. е. расстояние в градусах от абсолютного нуля до $t°$ тающего льда. Однако здесь возникают трудности с опытной стороны как в точном измерении количества калорий Q_1 и Q_0, так и в точном воспроизведении адиабатных процессов. Также и внешнее давление должно строго оставаться постоянным, иначе $t°$ таяния и кипения изменятся. Поэтому обращаются к газовым термометрам, причем наблюдают или изменение объема вследствие изменения $t°$ при постоянном давлении или изменение давления при постоянном объеме. Назовем через α коэф. расширения газа от $t°$, тогда имеем в первом случае

$$\frac{v - v_0}{v_0} = \alpha t_p,$$

где v—конечный объем при темп-ре t_p, v_0—объем при 0°. Для второго случая соответственно

$$\frac{p - p_0}{p_0} = \beta t_v,$$

где β—коэф. изменения давления. Если бы газы точно следовали ур-ию $pv = RT$, тогда мы имели бы

$$\left(\frac{v - v_0}{v_0}\right)_p = \frac{T - T_0}{T_0}$$

и так же

$$\left(\frac{p - p_0}{p_0}\right)_v = \frac{T - T_0}{T_0},$$

т. е.

$$t_p = t_v \quad \text{и} \quad \alpha = \beta = \frac{1}{T_0} = \gamma,$$

и тогда газовый термометр вполне соответствовал бы термодинамич. шкале. В действительности однако этого нет, газы следуют уравнению $pv = RT$ точно только при большом разрежении или при высоких $t°$. Поэтому для небольших давлений можно выразить α и β ф-лами

$$\alpha = \gamma + \delta p, \quad \beta = \gamma + \delta_1 p$$

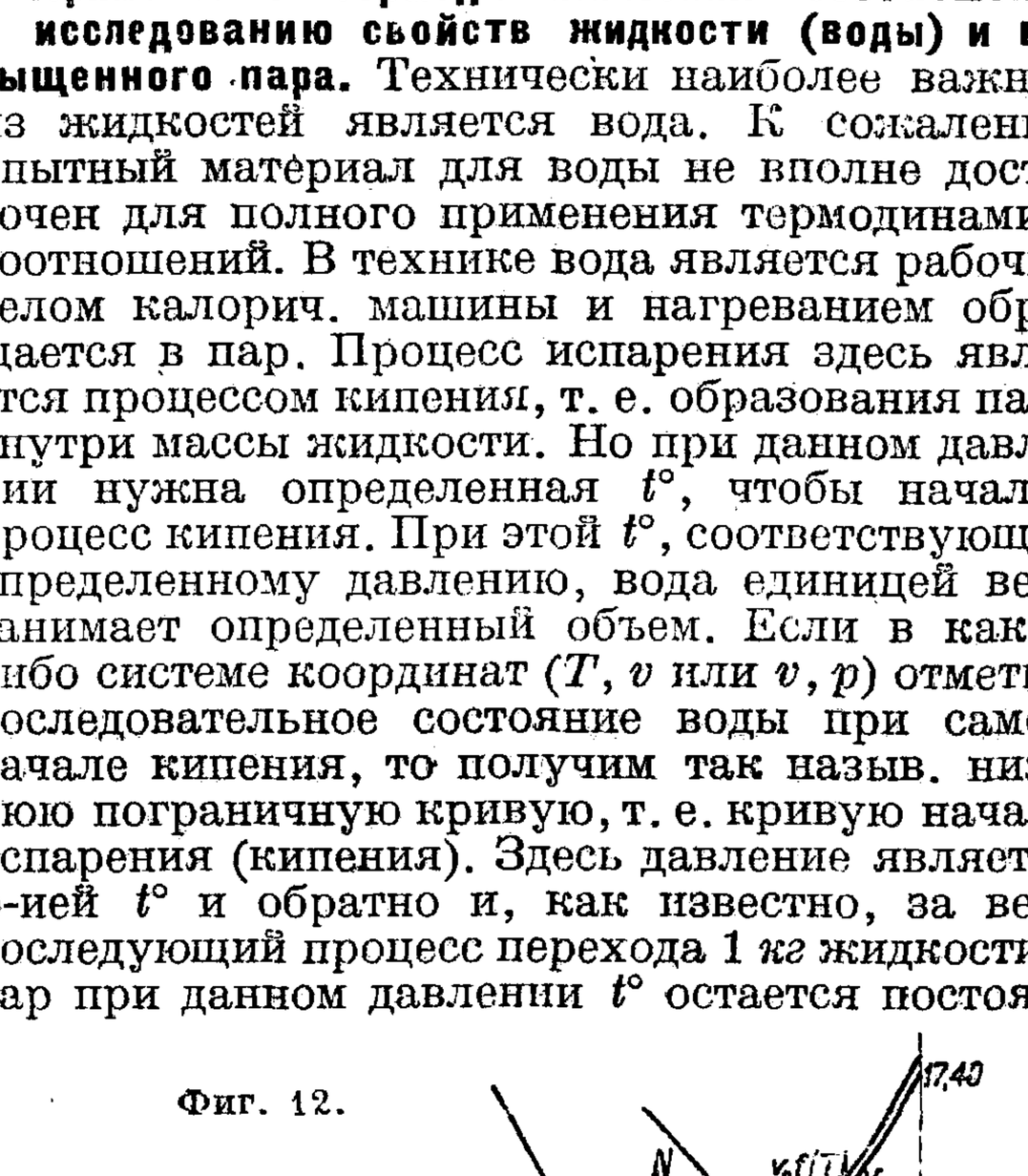
и из опытных величин для α и β находят γ, δ и δ_1. Henning для водорода находит между давлениями 510 *мм* и 1 100 *мм*

$$\alpha \cdot 10^7 = 36\,604 - 12\,p_0 \quad \text{и} \quad \beta \cdot 10^7 = 36\,604 + 17\,p_0,$$

где p_0 в *м* рт. ст. Отсюда $\gamma = 0{,}0036604$ и следовательно $T_0 = 273{,}2°$. Таким образом по Хеннингу абсолютный нуль лежит на 273,2° ниже 0° С. Но Битти и Бриджмен (Beatty a. Bridgeman, 1930 г.) дают для T_0 273,10°, что соответствует коэфициенту расширения водорода при 760 *мм*, найденному еще Реньо. Бертело дает 273,09°. Для технических целей удобно число 273°.

Применение термодинамических соотношений к исследованию свойств жидкости (воды) и насыщенного пара. Технически наиболее важной из жидкостей является вода. К сожалению опытный материал для воды не вполне достаточен для полного применения термодинамич. соотношений. В технике вода является рабочим телом калорич. машины и нагреванием обращается в пар. Процесс испарения здесь является процессом кипения, т. е. образования пара внутри массы жидкости. Но при данном давлении нужна определенная $t°$, чтобы начался процесс кипения. При этой $t°$, соответствующей определенному давлению, вода единицей веса занимает определенный объем. Если в какой либо системе координат (T, v или v, p) отметим последовательное состояние воды при самом начале кипения, то получим так назыв. нижнюю пограничную кривую, т. е. кривую начала испарения (кипения). Здесь давление является ф-ией $t°$ и обратно и, как известно, за весь последующий процесс перехода 1 *кг* жидкости в пар при данном давлении $t°$ остается постоянной. На фиг. 12 даны объемы в функции $t°$ для нижней пограничной кривой. Но вода, как и всякая жидкость, сжимаема, хотя и очень мало. При давлениях, соответствующих нижней пограничной кривой, сжатие от давления невелико, и поэтому можно принять при этих

Фиг. 12.



давлениях линейную зависимость объема от давления, т. е. написать

$$v = v_0 [1 - \beta (p - p_0)] f(T),$$

где β—коэф. сжатия, даваемый опытом обычно на 1 *atm*. Этот коэф. зависит собственно от давления и от $t°$. Так, по опытам Амага между темп-рами 0 и 100° С и давлениями 0 и 400 *atm* β на 1 *atm* давления изменяется от $5{,}11 \cdot 10^{-5}$ до $4{,}25 \cdot 10^{-5}$. Richards и Stull дают для 20° С при давлениях 0—300 *atm* величину $4{,}4 \cdot 10^{-5}$. Но при 200° С и давлениях 100—200 *atm* β поднимается до $8{,}17 \cdot 10^{-5}$ (Амага). При отсутствии систематизированного опытного материала о сжимаемости воды вблизи пограничного состояния, т. е. между темп-рами 0 и 374° С и давлениями 0 и 225 *atm*, приходится ограничиться только приближенной величиной. В последнее время появилась работа Trautz u. Steyer [21], в к-рой приведены результаты опытов с водой при $t°$ 0—370° и при давлениях до 300 *atm*. Нетрудно указанные здесь результаты соответственно изменить. Т. к. при слабых $t°$ давления вблизи пограничного состояния невелики и поднимаются лишь после $t°$ 200° С, то можно принять $\beta = 8 \cdot 10^{-5}$ на 1 *atm*. Даже при 225 *atm* это дает уменьшение объема в отношении 0,982 : 1, т. е. незначительное. Что же касается $f(T)$, то эта ф-ия выражает зависимость объема от $t°$ при постоянном давлении. Имея пограничную кривую и зная давления, соответственные $t°$, мы могли бы построить ряд изобар в системе T, v, т. е. дать графически зависимость этой ф-ии и от $t°$ и от давлений. Напр. $t°$ 300° соответствует на пограничной кривой давление 87,6 *atm*. Идя от соответственного объема на пограничной кривой в сторону убывающих $t°$ и изменяя ординаты v в отношении

$$[1 - \beta (87{,}6 - p_0)] : [1 - \beta (p - p_0)],$$

получим изобару 87,6 *atm*. При этом v_0 можно положить равным 0,001 (при 4° С), а $p_0 = 0{,}0088$ *atm* можно пренебречь. Наибольшее изменение ординаты будет в отношении $\frac{0{,}993}{1}$. Поэтому изменим ординаты пограничной кривой в отношении $\frac{1}{1 - \beta (p - p_0)}$ и тогда считаем, что кривая представляет собой $v_0 f(T)$. Измененная кривая весьма мало разнится от пограничной. В параллель с этим имеем по Амага значение среднего коэф-та расширения между 0 и 50° для 1 *atm*, равное 0,000238. На пограничной кривой имеем между 0 и 50° значение, равное 0,00024, числа тождественные. Далее коэф. расширения, данный еще Гирном (до 200°), также подходит к объемам, даваемым теперь, на пограничной кривой. Более поздние опыты Ватсона для 400 *atm* дают в пределах до 200° также сходственные значения. Для $t°$ высших получается расхождение, но 400 *atm* значительно выше давлений, встречающихся на пограничной кривой. Теперь обратимся к ф-ии Φ для воды. Имеем:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial p} = -Av = -Av_0 [1 - \beta (p - p_0)] f(T).$$

Интегрируя, имеем

$$\Phi = -Av_0 (p - p_0) \cdot \frac{2 - \beta (p - p_0)}{2} \cdot f(T) + \varphi (T),$$

где $\varphi (T)$—ф-ия от T, подлежащая определению. Для этого воспользуемся соотношением

$$c_p = T \frac{\partial^2 \Phi}{\partial T^2} =$$

$$= -AT v_0 (p - p_0) \cdot \frac{2 - \beta (p - p_0)}{2} \cdot f''(T) + T\varphi''(T).$$

Имея график $v_0 f(T)$, определим $v_0 f''(T)$ и далее первое слагаемое в выражении C_p для давлений, соответствующих пограничной кривой. Если бы для этих давлений C_p было нам известно в функции $t°$, то мы могли бы составить график $T\varphi''(T)$ и графич. интегрированием перейти к $\varphi (T)$. Не останавливаясь пока на этом, обозначим $T\varphi''(T)$ через c_{p_0} и перейдем к выражению энтальпии и энтропии для воды. Имеем

$$i = T \frac{\partial \Phi}{\partial T} - \Phi = -Av_0 (p - p_0) \cdot$$

$$\cdot \frac{2 - \beta (p - p_0)}{2} \cdot [Tf'(T) - f(T)] + T\varphi'(T) - \varphi (T),$$

но

$$T\varphi'(T) - \varphi (T) = \int c_{p_0} dT$$

и поэтому

$$i = -A (p - p_0) \cdot \frac{2 - \beta (p - p_0)}{2} \cdot$$

$$\cdot [Tv_0 f'(T) - v_0 f(T)] + \int c_{p_0} dT.$$

Далее для энтропии

$$S = \frac{\partial \Phi}{\partial T} = -A (p - p_0) \cdot \frac{2 - \beta (p - p_0)}{2} \cdot f'(T) v_0 +$$

$$+ \varphi'(T) = -A (p - p_0) \cdot \frac{2 - \beta (p - p_0)}{2} \cdot f'(T) v_0 +$$

$$+ \int \frac{c_{p_0}}{T} dT$$

и внутренняя энергия

$$U = i - Apv = i - Ap [1 - \beta (p - p_0)] v_0 f(T).$$

Можно считать, что v_0 и p_0 относятся к 0° С и т. к. количество, зависящее от давления, играет роль только при больших давлениях, то пренебрегаем $p_0 = 0{,}0062$ *atm* сравнительно с p. Величина $v_0 f'(T)$ определяется по графику $v_0 f(T)$. Перейдем теперь к процессу испарения. В какой-либо момент имеем в 1 *кг* смеси жидкости и пара x *кг* пара и $(1 - x)$ *кг* жидкости и, называя удельный объем пара через v, имеем удельный объем смеси $v_2 = v_1 x + (1 - x) v$, где v—объем на нижней пограничной кривой. Здесь v есть ф-ия $t°$, точно так же и v_1, равное v_2 при $x = 1$, т. е. когда вся жидкость обратилась в пар. Разность $v_1 - v = u$ будет также ф-ией только $t°$ (или давления) и можно написать $v_2 = v + xu$. Состояние одного *кг* смеси дается т. о. величинами x и T (или x и p). Предположим процесс испарения происходящим при $p = \text{Const}$, тогда имеем $\delta Q = di - Av\,dp = di$ и $Q = i_x - i_0$, где i_x—энтальпия смеси, когда в смеси имеем x *кг* пара, а i_0—энтальпия жидкости на пограничной кривой при данном p. Но количество тепла для испарения x *кг* жидкости есть rx, где r—скоростное тепло испарения 1 *кг* при данном давлении, и следовательно $Q = rx = i_x - i_0$, отсюда $i_x = i_0 + rx$. Но, с другой стороны, $\delta Q = T\,dS$ и при изотермич. процессе

$$Q = T (S_x - S_0) = rx,$$

т. е. $S_x = \frac{rx}{T} + S_0$; таково выражение энтропии смеси. Для внутренней энергии смеси получим

$$U_x = i_x - Ap (v + xu) = i_0 - Apv + x (r - Apu).$$

Количество $r - Apu$ называется внутренним скрытым теплом ϱ, а $i_0 - Apv$ есть внутренняя энергия U_0 жидкости на пограничной кривой при давлении p. Поэтому $U_x = U_0 + \varrho x$. Если представим себе процесс в смеси при постоянном объеме, то

$$\delta Q = c_{vx} dT = dU_x = d (U_0 + \varrho x),$$

но

$$v_2 = v + xu = \text{Const} = a$$

и следовательно

$$c_{vx}dT = d\left(U_0 + \varrho\frac{a-v}{u}\right).$$

Отсюда теплоемкость

$$c_{vx} = \frac{d}{dT}\left(U_0 + \varrho\frac{a-v}{u}\right),$$

она зависит от объема a и от $t°$ (или давления). Представим себе опять изотермич. процесс в смеси. Для всякого тела имеем

$$\delta Q = c_v dT + AT\frac{\partial p}{\partial T}dv$$

и при $T = \text{Const}$

$$AT\frac{\partial p}{\partial T}dv = TdS,$$

т. е.

$$\frac{A\partial p}{\partial T}dv = TdS,$$

но здесь $dS = \frac{r}{T}dx$ и при $T = \text{Const}$ $dv = u\,dx$, далее $\frac{\partial p}{\partial T} = \frac{dp}{dT}$ и следовательно $\frac{Adp}{dT}u = \frac{r}{T}$. Это соотношение Клапейрона связывает величины $\frac{dp}{dT}$, u, r и позволяет определять заранее какую-нибудь из трех величин, если две известны из опытов. Предположим, что мы процесс испарения доводим до конца, т. е. до $x = 1$, тогда для различных давлений получим ряд различных состояний жидкости, обращенной полностью в пар и имеющей теперь объем $v_2 = v + u$ при давлении p (и соответственной этому темп-ре T). Изобразив в каких-либо координатах, напр. v, p, это состояние, получим верхнюю пограничную кривую, или кривую сухого насыщенного пара. Дальнейшее нагревание при постоянном давлении поведет уже к повышению $t°$, и пар теперь будет перегретым, т. е. мы имеем полностью газообразное состояние тела. Но вблизи сухого насыщения газ не будет следовать закону Мариотта-Гей-Люссака и о нахождении его характеристич. ур-ия будет сказано дальше. Для сухого насыщения имеем соотношение:

$$S_{x=1} = \frac{r}{T} + S_0.$$

Назовем ф-ию Φ для газообразного состояния тела через Φ_1 и для жидкого через Φ_0. Для всякой точки верхней пограничной кривой, как для начала полного газообразного состояния, имеем

$$S_1 = \frac{\partial\Phi_1}{\partial T}$$

и для нижней пограничной кривой

$$S_0 = \frac{\partial\Phi_0}{\partial T},$$

поэтому $\frac{r}{T} = \frac{\partial\Phi_1}{\partial T} - \frac{\partial\Phi_0}{\partial T}$. Берем производную по T, помня, что на пограничных кривых p является ф-ией T, получим

$$-\frac{r}{T^2} + \frac{1}{T}\frac{dr}{dT} = \frac{\partial^2\Phi_1}{\partial T^2} + \frac{\partial^2\Phi_1}{\partial p\partial T}\frac{dp}{dT} - \frac{\partial^2\Phi_0}{\partial T^2} - \frac{\partial^2\Phi_0}{\partial p\partial T}\frac{dp}{dT}$$

и по общему свойству ф-ии Φ имеем

$$-\frac{r}{T^2} + \frac{1}{T}\frac{dr}{dT} = \frac{c_{p_1}}{T} - \frac{c_p}{T} - A\frac{dp}{dT}\left[\left(\frac{\partial v_2}{\partial T}\right)_p - \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p\right],$$

где c_{p_1}—теплоемкость газа (для $p = \text{Const}$) на пограничном состоянии, а c_p—то же для жидкости. Отсюда получим, принимая во внимание ур-ие Клапейрона:

$$\frac{\partial r}{\partial T} = c_{p_1} - c_p + r\left\{\frac{1}{T} - \frac{1}{v_2 - v}\left[\left(\frac{\partial v_2}{\partial T}\right)_p - \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p\right]\right\}.$$

Здесь $\left(\frac{\partial v_2}{\partial T}\right)_p$ указывает на расширение газа при $p = \text{Const}$ от пограничного состояния при изменении T и $\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p$, то же для жидкости. Этой ф-лой пользуются иногда, применяя для перегретого пара ур-ие $pv = RT$ и пренебрегая объемом жидкости v. В этом случае получим

$$\frac{dr}{dT} = c_{p_1} - c_p.$$

Для воды это упрощенное соотношение не годится, так как пар водяной вблизи насыщения не следует ур-ию $pv = RT$. Само соотношение дает возможность сопоставить значения, даваемые для c_p в жидкости и в перегретом паре, и оценить относительные величины с термодинамич. стороны. Для этого нужно знать величины, относящиеся к перегретому пару, к чему мы и перейдем. Но прежде рассмотрим процесс с паром, когда он остается сухим насыщенным. Этот процесс м. б. характеризуем соотношением для энтропии:

$$S_2 = \frac{r}{T} + S_0.$$

С тепловой стороны имеем:

$$\delta Q = TdS_2 = Td\left(\frac{r}{T} + S_0\right) = dr - \frac{rdT}{T} + TdS_0$$

и, называя теплоемкость этого процесса через h, получим

$$h\,dT = dr - \frac{rdT}{T} + TdS_0.$$

Отсюда

$$h = \frac{dr}{dT} - \frac{r}{T} + T\frac{dS_0}{dT}.$$

Здесь S_0—энтропия на нижней пограничной кривой, и, пренебрегая при небольших давлениях зависимостью ее от давления, получим

$$dS_0 = \frac{c_{p_0}dT}{T}.$$

Т. о.

$$h = \frac{dr}{dT} - \frac{r}{T} + c_{p_0}.$$

Для водяного пара эта величина отрицательная, т. е. процесс сухого насыщения (верхняя пограничная кривая) для паров воды требует отнятия тепла при повышении $t°$.

Перегретые пары. Мы не вполне еще выяснили термодинамич. величины для жидкости (воды) и для насыщенного пара. Но выяснение их, как мы видели, связано с параллельными сведениями о перегретом паре. В перегретом паре, т. е. в газе, существует зависимость между p, v, T—характеристическое ур-ие. Для действительных газов ур-ие $pv = RT$ является лишь предельным, к которому газ подходит по мере повышения $t°$ при данном давлении или по мере понижения давления при данной $t°$. Вследствие этого заменяют ур-ие $pv = RT$ более сложным, напр. типа Ван-дер-Ваальса:

$$[p + f(T, v)](v - b) = RT$$

или

$$p(v - b) = RT - f_1(T, v).$$

Все ур-ия этого типа имеют однако существенное неудобство для своего приложения: и в технике и в физике состояние газа легче всего дать параметрами p и T и затем уже определять v из характеристич. ур-ия. Между тем в ур-иях названного типа v имеется в какой-нибудь степени и определение становится весьма затрудненным. Притом же все такие ур-ия возникли и на почве механич. теорий, к-рые не могут обнять собою термодинамич. положения, а Т. дает возможность по опытным данным не

только составить ур-ие, но и проконтролировать параллельные опытные определения основных физич. характеристик данного газа. Мы всегда можем положить, что характеристич. ур-ие имеет вид

$$pv = RT - f(p,T),$$

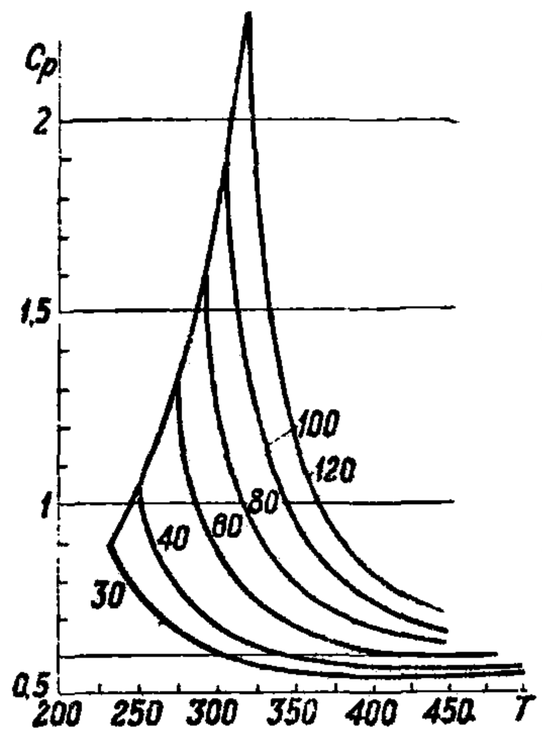
где, по сказанному, $f(p,T)$ убывает с убыванием давления и возрастанием $t°$. Непосредственных опытов для параллельного определения p, v и T имеется, напр. для паров воды, очень немного. Проще определять вместо v другую физич. характеристику, напр. c_p, или же измерять разность энтальпий при постоянном давлении, т. к. она будет равна количеству тепла

$$Q = (i_1 - i_0)_{p = \text{Const}},$$

пошедшему на нагревание газа. Но имеем основное соотношение

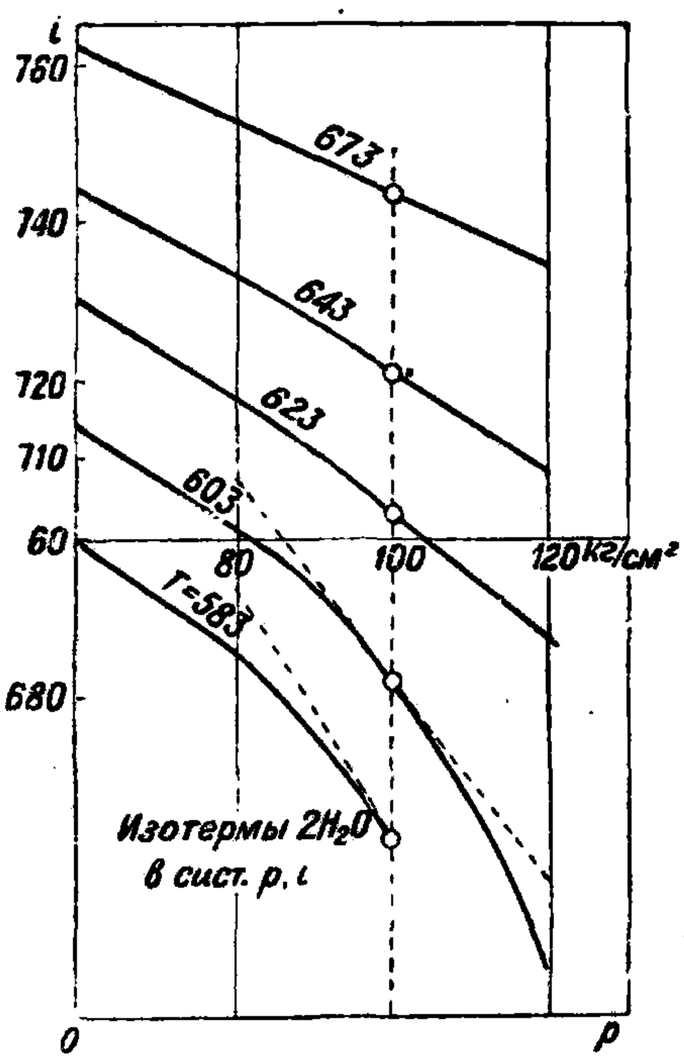
$$\left(\frac{\partial i}{\partial p}\right)_T = -AT^2 \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{v}{T}\right)_p.$$

Поэтому, определив ряд значений энтальпий для ряда $t°$ при $p = \text{Const}$ и проделав это для ряда давлений, мы тем самым можем составить график: $\left(\frac{\partial i}{\partial p}\right)_T \cdot \frac{1}{AT^2}$. Его интегральная кривая дает значения $\frac{v}{T} - \frac{v_0}{T_0}$, чем последовательно определяется значение объемов для разных $t°$ и давлений. После этого характеристич. ур-ие будет представлено в виде графика дополнительных ф-ий $f(p, T)$ для разных $t°$ и давлений или таблицами p, v и T или подходящей к таблицам интерполяционной ф-лой. Если определялись не i, а c_p, то необходимо сначала путем графич. интегрирования определить для соответственных давлений i в ф-ии T. Затем в координатах p и i построить изотермы для взятых нами при вычислении i темп-р, определить касательными для данного давления $\left(\frac{\partial i}{\partial p}\right)_T$, затем построить кривую $\frac{1}{AT^2}\left(\frac{\partial i}{\partial p}\right)_T$ в ф-ии T и найти ее интегральную. Возьмем для вычисления табличку c_p (фиг. 13), обнародованную Кноблаухом в 1929 г. и дающую результат его опытов с c_p для перегретого водяного пара до давления 120 atm. По этой табличке графическим интегрированием мы определим для давлений в 60, 80, 100 и 120 atm разность между энтальпией для какой-нибудь $t°$ (напр. 623° T) и энтальпией для $t°$ насыщения. Предположим, что энтальпия насыщения, т. е. ее разность с энтальпией воды при 0°, нам известна из опытов над водой и насыщенным паром. Тогда определяются энтальпии для перегретого пара при $t°$ 623° и указанных давлениях. Теперь строим в координатах i и p изотерму 623° между давлением 60 и 120 atm. Подобным же образом построены на фиг. 13а изотермы для 583—673°. Табличка наглядно показывает, что пар по мере повышения $t°$ все больше подходит по своим свойствам к совершенным газам: для совершенного газа энтальпия зависит только от $t°$ ($i = U + Apv$) и изотермы были бы прямыми, параллельными оси p. Мы и видим, что изотермы стремятся к прямолинейности и угол между ними и осью

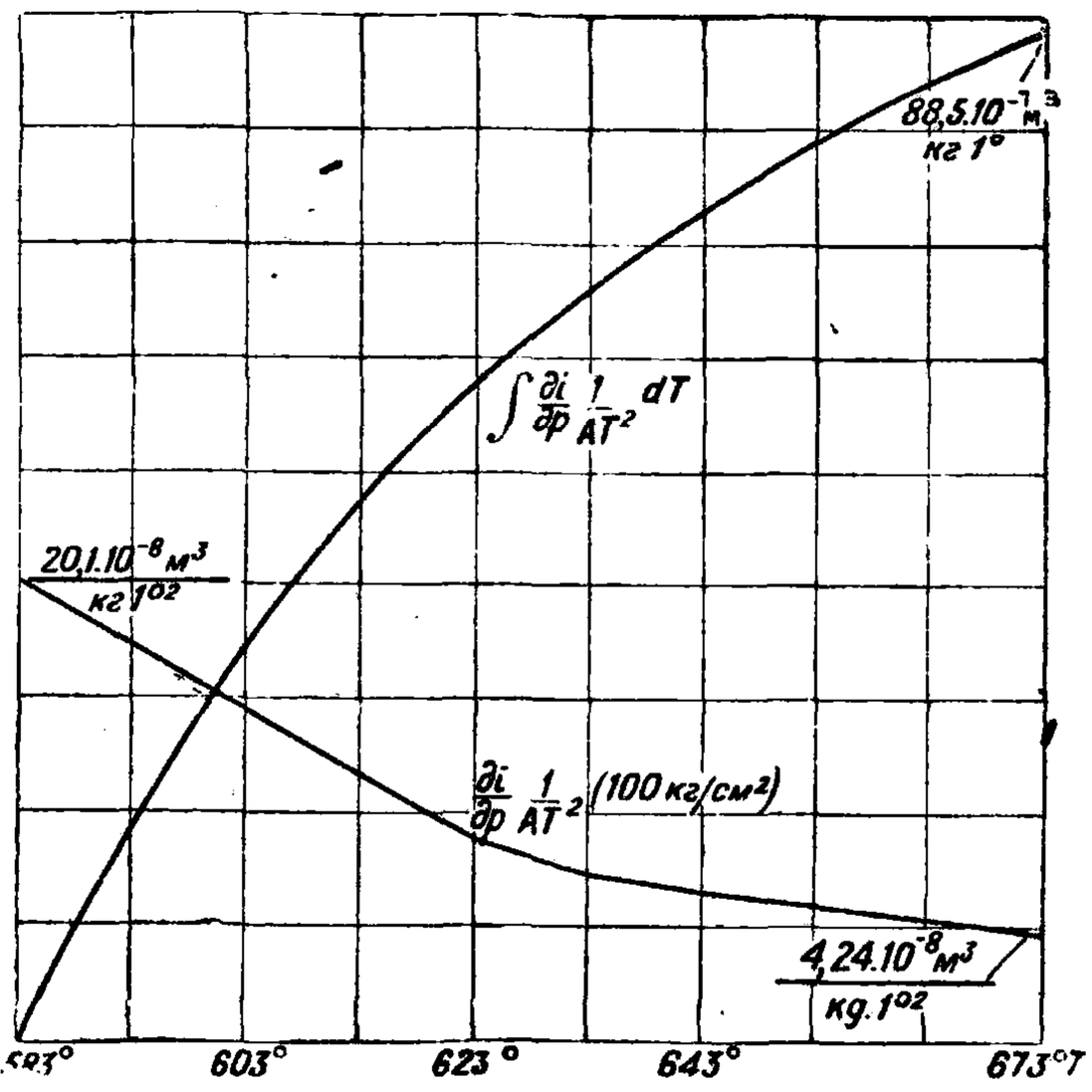


Фиг. 13.

p постепенно уменьшается. Проводим теперь для какого-нибудь давления, напр. 100 atm, касательные к изотермам и узнаем таким путем $\left(\frac{\partial i}{\partial p}\right)_T$ для различных изотерм. Разделив эти величины соответственно на AT^2, узнаем последовательно величины $\frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{v}{T}\right)$ и строим кривую этих величин (фиг. 14) для 100 atm в функции $t°$. Интегральная кривая этой кривой и дает нам $\frac{v}{T} - \frac{v_0}{T_0}$, где v_0 и T_0 относятся к насыщению. Отсюда определим v для разных $t°$, зная v_0 и T_0. Фиг. 14 дает напр. для $t°$=350° v=0,0229; на Международной конференции по водяному пару 1930 г. (МК 30) принято $v = 0{,}0231$ с допуском в $\pm 0{,}0005$, для $t°$ 400° $v = 0{,}0269$ и по МК 30 $v = 0{,}0270$. Отсюда видим, что опыты Кноблауха легли в основание определений объемов на МК 30. Характеристич. ур-ие перегретого водяного пара можно написать в форме $pv = RT - \varphi$. Для R можно взять значение $R = 47$ (Календер) (47,1 Молье и Кноблаух) и следовательно $pv = 47\,T - \varphi$. Величины удельных объемов выразятся $v = \frac{47T}{p} - \frac{\varphi}{p}$ и на основании сказанного могут вычисляться по теплоемкости c_p, а следовательно можно вычислить величины $\frac{\varphi}{p}$ для различных давлений и $t°$. Представим теперь эти величины для различных $t°$ в ф-ии давлений, т. е. создадим по величинам v диаграмму значений $\frac{\varphi}{p}$ в ф-ии давлений для разных $t°$. Другими словами, нанесем изотермы в системе координат, где на оси абсцисс откла-

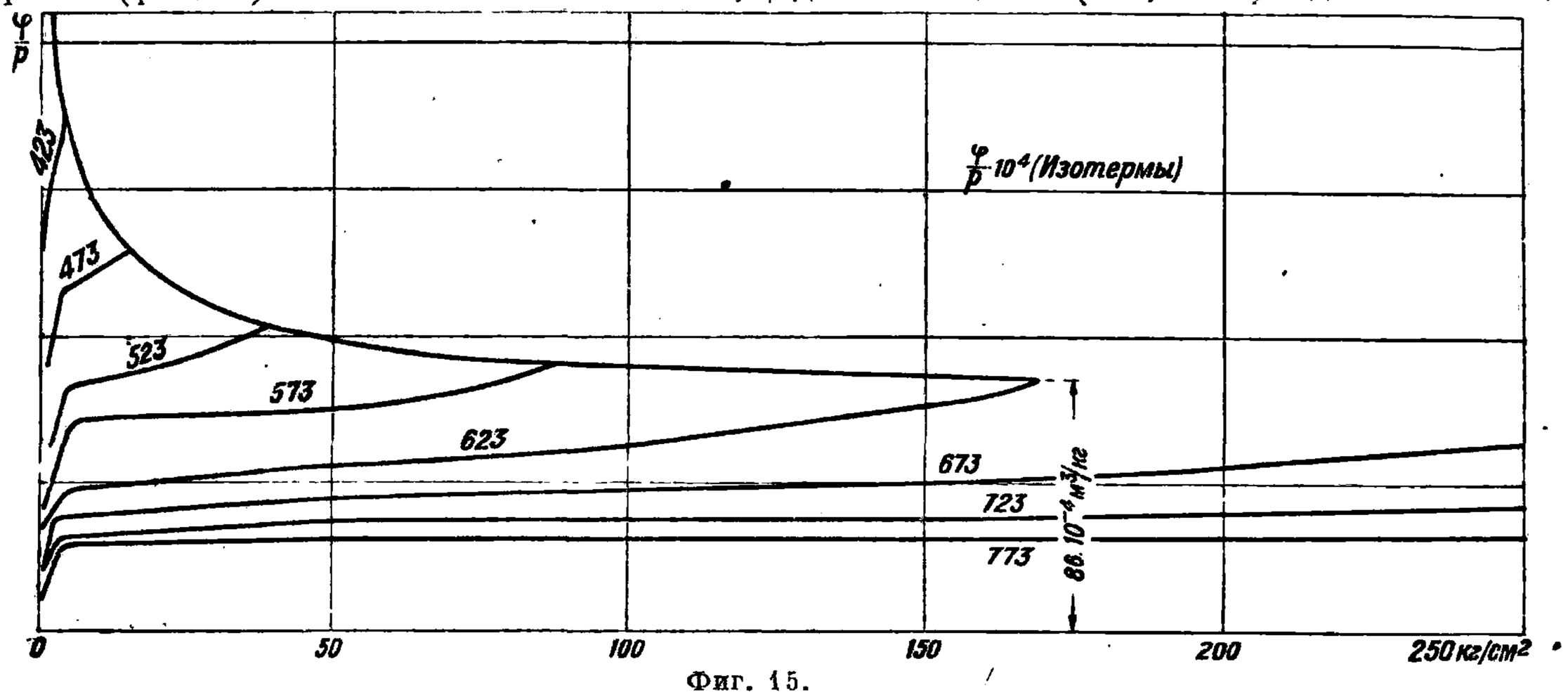


Фиг. 13а.

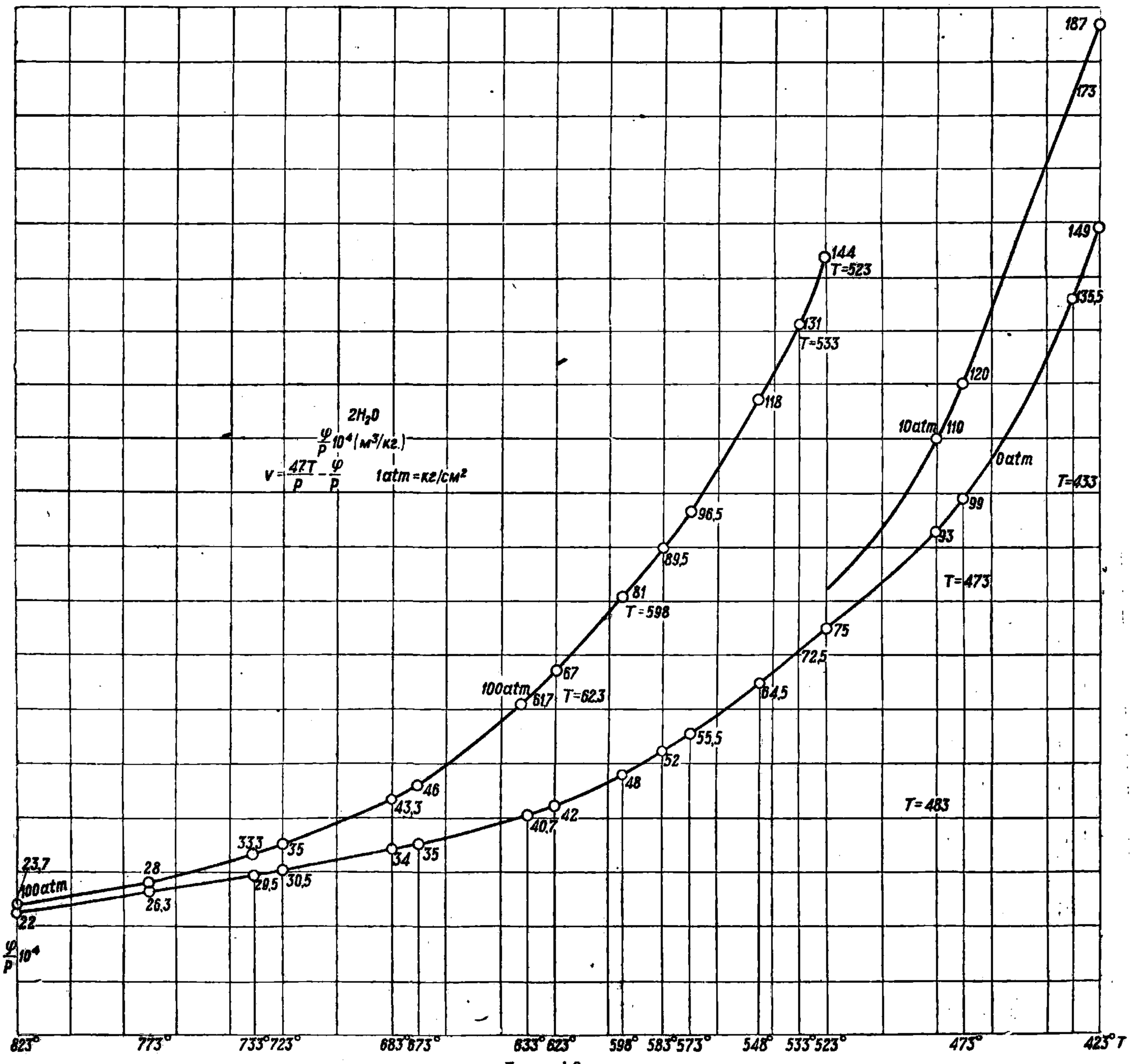


Фиг. 14.

дывается p, а на оси ординат $\frac{\varphi}{p}$. Приложенная диаграмма (фиг. 15) составлена по величинам v, принятым МК 30. Все изотермы имеют вид удлиненных кривых, и если принять во внимание допуски, определенные МК 30, то эти кривые можно заменить прямыми в границах допускаемых отклонений. Строго определяется прямая для изотермы 623° (°K) по допускам для насыщения (168,7 *atm*) и для 100 *atm*. Для остальных изотерм заменяющие их прямые могут иметь небольшую амплитуду отклоне-



Фиг. 15.



Фиг. 16.

ния в ту или другую сторону. Замена изотерм прямыми представляет существенные удобства

для вычислений, как мы сейчас увидим, и даже, если мы несколько и теряем в точности результатов, соответствующее упрощение вычислений имеет значение. Прямые, как и следовало ожидать, постепенно уменьшают свой наклон к оси p, и уже для 823° прямая почти параллельна оси p. Для определения прямых нужно дать только две точки для каждой. Поэтому здесь на прилагаемом графике (фиг. 16) даются ординаты прямых для $p=0$ и для $p=100$ *atm*. Последняя дана только до $t°$ 523°, для более низких $t°$ ординаты при $p=100$ становятся очень велики, и поэтому даются ординаты для $p=10$. По ним строятся кривые в системе, где на абсциссах откладываются $t°$, а на ординатах—соответственные значения ординат прямых для $p=0$ и для $p=100$ (или $p=10$) (фиг. 16). По этим кривым легко найти значение поправочного члена $\frac{\varphi}{p}$ для любой $t°$ и любого давления. Действительно для данного значения T проводим ординату и ею пересекаем кривые для $p=0$ и для $p=100$; отрезок ординаты между кривыми берем в отношении $\frac{n}{100}$ (или $\frac{n}{10}$), где n—данное число атмосфер, и прибавляем эту величину к ординате нижней кривой,—это и будет значение $\frac{\varphi}{p}$, после чего определяется объем пара. Здесь дается таблица объемов, определенных для различных изотерм по кривым (и правилу линейности), и объемов, принятых МК 30. Верхняя цифра дает первый объем, нижняя—второй с соответственным допуском.

Как видно из таблицы, значения, полученные по правилу линейности, лежат вообще в области допускаемых МК 30 значений за исключением величины объема при 400° и 200 *atm*, к-рая дает погрешность в 1,68%. Однако нет надобности изменять основные кривые, т. к. ошибка невелика, да и значения для 200 и более *atm* могут измениться. Дальнейшие опыты Кноблауха (до 200 *atm*) дают для энтальпий величины, близкие к принятым на МК 30. Так, для 150 *atm* и 400° по Кноблауху 716,2, по МК 30 715±2,5; для 450 по Кноблауху 759, по МК 30 759±2,5; для 200 *atm* и 400° по Кноблауху 678, по МК 30 676±2,5; для 200 *atm* и 450° по Кноблауху 735,5, по МК 30 737±3. Отсюда следует, что нормы МК 30 подтверждаются опытами Кноблауха. Для объема при 200 *atm* и 400° величина Кноблауха выходит несколько ниже нормы, а для 200 *atm* и 450°—в норме, если принять объемы на линии сухого насыщения по экстраполяции норм МК 30. В общем данное в тексте правило линейности м. б. принято как удобное приближение к результатам опытов Кноблауха. Далее по этим кривым можем определить разность ф-ий Φ по изотерме между какими-нибудь давлениями. Имеем

$$\left(\frac{\partial \Phi}{\partial p}\right)_T = -Av,$$

поэтому

$$(\Phi_n - \Phi_1)_T = -A\int v\,dp = -ART\ln\frac{p_n}{p_1} + A\int\frac{\varphi}{p}\,dp$$

и вследствие линейной зависимости $\frac{\varphi}{p}$ от p

$$\int\frac{\varphi}{p}\,dp = (p_n - p_1)\frac{\varphi_m}{p},$$

где $\frac{\varphi_m}{p}$ — среднее значение $\frac{\varphi}{p}$ между давлениями p_n и p_1 для данной изотермы, читаемое по кривым для $p=0$ и для $p=100$. Т. о.

$$(\Phi_n - \Phi_1)_T = -ART\ln\frac{p_n}{p_1} + A(p_n - p_1)\frac{\varphi_m}{p},$$

а разность энтропий для тех же данных выразится

$$S_n - S_1 = -AR\ln\frac{p_n}{p_1} + A(p_n - p_1)\frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\varphi_m}{p}\right).$$

Величину $\frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\varphi_m}{p}\right)$ найдем, или построив $\frac{\varphi_m}{p}$ для трех значений $T-10°$, T и $T+10°$ и проведя касательную в средней точке полученной таким путем кривой или просто отойдя на 10° от T в сторону возрастающих темп-р и взяв для тех же давлений отношение

$$\left[\left(\frac{\varphi_m}{p}\right)_{T+10} - \left(\frac{\varphi_m}{p}\right)_T\right] : 10.$$

Энтропии конечно нужно вычислять непосредственно по теплоемкостям c_p. Теплоемкости, как мы видели, даются изобарами в системе T, c_p, и мы можем последовательно вычислять, идя по изобаре, разности энтропий между двумя близкими $t°$ на основании соотношения

$$dS = \frac{dQ}{T} = c_p\frac{dT}{T},$$

откуда

$$(S_2 - S_1)_p = \int c_p\frac{dT}{T} \cong c_{pm}\ln\frac{T_2}{T_1},$$

где c_{pm}—средняя из теплоемкостей для темп-р T_2 и T_1, если разность между T_2 и T_1 не превышает 10°. Таким путем мы вычисляем энтропии для различных давлений и $t°$. Этот путь дает более точные результаты. Но, с другой стороны, вычисляя энтропии на основании приближенно линейной зависимости $\frac{\varphi}{p}$ от p, мы можем сравнивать их с более точными значениями и т. о. поверять основное соотношение

Таблица объемов.

Давление, *кг/см²*	Температура в градусах Цельсия									
	150°	200°	250°	300°	350°	400°	450°	500°	550°	
1	—	—	2,4506	2,6875	2,9239	3,1596		3,3946	3,6305	3,866
	—	—	2,452 ±3·10⁻³	2,689 ±4·10⁻³	2,925 ±4·10⁻³	3,161 ±5·10⁻³		3,306 ±5·10⁻³	3,632 ±5·10⁻³	3,868 ±5·10⁻³
25	—	—	0,0891	0,1011	0,1123	0,1227		0,1322	0,14265	0,15246
	—	—	0,0890±3·10⁻⁴	0,1010±3·10⁻⁴	0,1120±3·10⁻⁴	0,1221 ±3·10⁻⁴		0,1325 ±3·10⁻⁴	0,1421 ±4·10⁻⁴	0,1521 ±5·10⁻⁴
50	—	—	—	0,0463	0,0531	0,0592		0,0646	0,06994	0,07509
	—	—	—	0,0465±4·10⁻⁴	0,0531±4·10⁻⁴	0,0590 ±3·10⁻⁴		0,0644 ±3·10⁻⁴	0,0697 ±4·10⁻⁴	0,0747 ±5·10⁻⁴
100	—	—	—	—	0,0226	0,0270		0,0304	0,0335	0,03633
	—	—	—	—	0,0231±5·10⁻⁴	0,0270 ±5·10⁻⁴		0,0304 ±4·10⁻⁴	0,0333 ±5·10⁻⁴	0,0361 ±5·10⁻⁴
150	—	—	—	—	0,0116	0,01595		0,0189	0,0213	0,0233
	—	—	—	—	0,0119±5·10⁻⁴	0,0160 ±5·10⁻⁴		0,0189 ±4·10⁻⁴	0,0212 ±4·10⁻⁴	0,0233 ±5·10⁻⁴
200	—	—	—	—	—	0,01011		0,01302	0,01519	0,0168
	—	—	—	—	—	0,01028±5·10⁻⁵		0,01305 ±3·10⁻⁴	0,01515±35·10⁻⁵	0,01685±4·10⁻⁴
250	—	—	—	—	—	0,00640		0,009415	0,01148	0,01290
	—	—	—	—	—	0,00636±5·10⁻⁵		0,00940 ±15·10⁻⁴	0,01140±25·10⁻⁵	0,01290±4·10⁻⁴

линейности. Для разности энтальпий имеем опять по изотерме

$$(i_n - i_1)_T = T(S_n - S_1) + A\int v\,dp = -ART\ln\frac{p_n}{p_1} + AT\frac{\partial}{\partial T}\int\frac{\varphi}{p}dp + ART\ln\frac{p_n}{p_1} - A\int\frac{\varphi}{p}dp = A\left[T\frac{\partial}{\partial T}\int\frac{\varphi}{p}dp - \int\frac{\varphi}{p}dp\right] = A(p_n - p_1)\left[T\frac{\partial}{dT}\left(\frac{\varphi_m}{p}\right) - \frac{\varphi_m}{p}\right].$$

Отсюда можем определять энтальпии или, наоборот, вычислив энтальпии по теплоемкостям, как было выше указано, исправлять кривые для определения объемов, переходя по изотермам от изобары в 1 atm, для которой имеются уже давно установившиеся данные, к изобарам высоких давлений. Ф-лу можно написать так же, если принять во внимание, что

$$\frac{\varphi_m}{p} = \left[\left(\frac{\varphi}{p}\right)_{100} - \left(\frac{\varphi}{p}\right)_0\right]\frac{n_1+n_0}{100\cdot 2} + \left(\frac{\varphi}{p}\right)_0$$

для давлений n и n_0 atm,

$$i_{n_1} - i_{n_0} = \left\{\frac{n_1+n_0}{200}\left[\frac{T}{10}(\Delta' - \Delta) - \Delta\right] + \frac{T}{10}\Delta'' - \left(\frac{\varphi}{p}\right)_0\right\}(n_1 - n_0)A\cdot 10^4.$$

Здесь $\Delta' = \left(\frac{\varphi}{p}\right)_{100} - \left(\frac{\varphi}{p}\right)_0$ для $T + 10°$, Δ—то же для $T°$ и $\Delta'' = \left(\frac{\varphi}{p}\right)_{0(T+10)} - \left(\frac{\varphi}{T}\right)_{0(T)}$.

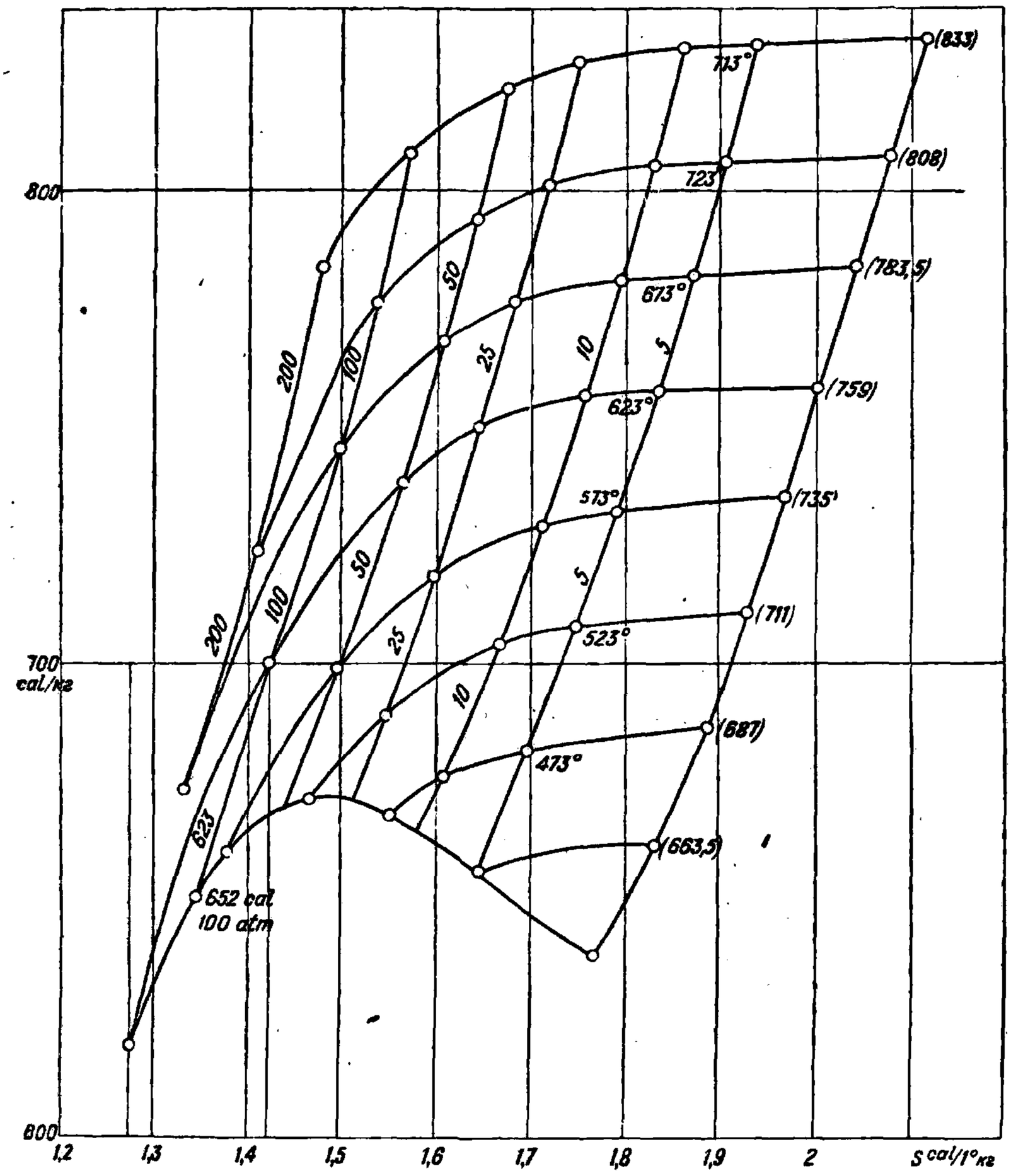
Возьмем напр. изотерму 623° (одну из наиболее отклоняющихся в величинах $\frac{\varphi}{p}$ от закона линейности) и будем переходить от 1 atm к 50, 100 и 168,7 (насыщения) atm. По чертежу для ординаты $T+10$ можно принять (на пробу)

$$\left(\frac{\varphi}{p}\right)_0 = 40{,}7\cdot 10^{-4};\ \left(\frac{\varphi}{p}\right)_{100} = 61{,}7\cdot 10^{-4}.$$

Т. о. $\Delta' = 21\cdot 10^{-4}$, Δ дается в $25\cdot 10^{-4}$ и $\Delta'' = (42 - 40{,}7)\cdot 10^{-4} = 1{,}3\cdot 10^{-4}$. Тогда получим, взяв для 1 atm энтальпию в 759 Cal (759±2 МК 30), для 50 atm 736,9 (734±2,5), для 100 atm 698,4 (701,5±3) и для насыщения 619,3 (615±8), числа, вполне удовлетворительные, хотя два первых немного выходят из допусков МК 30. Для других изотерм имеем также вполне хорошее согласие. Т. о. и здесь мы видим, что правило линейности величин $\frac{\varphi}{p}$ в своих следствиях не дает больших отклонений от опыта. Соответственно для энтропии получим

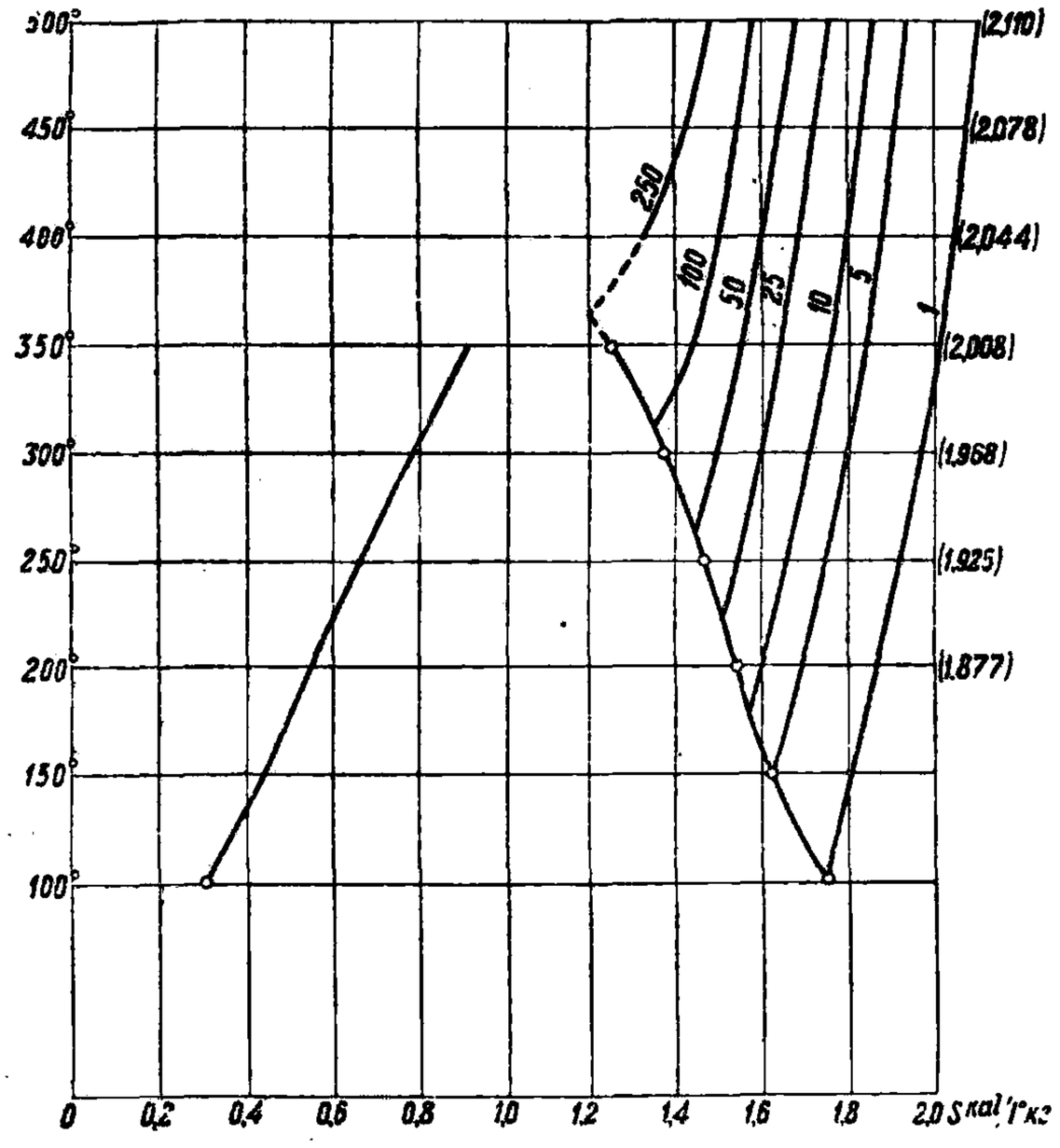
$$S_1 - S_0 = -AR\ln\frac{n_1}{n_0} + A\left(\frac{n_1-n_0}{10}\right)\left[(\Delta' - \Delta)\cdot\frac{n_1+n_0}{200} + \Delta''\right]\cdot 10^{-4}$$

и, взяв значение S_0 для 625° и 1 atm, напр. по Молье (Mollier), получаем энтропии для различных давлений (т. е. превышение энтропии над энтропией воды при 0°). Таким путем составлены небольшие прилагаемые таблички в системе координат i и S (фиг. 17), а также и в системе T, S (фиг. 18), могущие служить для приближенного ознакомления с величинами энтальпий и энтропий. Нужно еще раз заметить, что составление величин энтальпий и энтропий по кривым объемов служит гл. обр. для поверки этих кривых. Точное же вычисление i и S, напр. для составления новых таблиц, должно разумеется быть произведено по данным о теплоемкости перегретого пара или по опытным данным о разности энтальпий, как об этом было сказано. Составление ур-ия для перегретого водяного пара пока преждевременно; еще нет достаточных опытных данных даже для скрытого тепла парообразования при высоких давлениях (Якоб до 310°) и хотя имеются отдельные данные об энтальпиях перегретого пара (Гавличек до 225 atm), но определение скрытого тепла парообразования необходимо для сравнения и контроля различных опытных величин. Далее нужно заметить, что при определении объемов по кривым мы пользуемся уравнением $pv = 47\,T - \varphi$, причем $T = t + 273$. Если бы мы согласно Битти и Бриджмену положили $T = t + 273{,}13$, то нужно было бы вместо 47 положить 46,99,—результаты получились бы те же самые. Данные здесь кривые объемов и представляют в сущности графически характеристическое (приблизительное) уравнение вместе с табличками i, S и T, S. Кривая насыщения по нормам МК 30 удовлетворяется этими графиками как со стороны объемов, так и со стороны энтальпий.



Фиг. 17.

Дополнительные соотношения для жидкости и насыщенного пара. Теперь мы можем опять вернуться к жидкости и коснуться неоконченных ранее вопросов. Опытное определение теплоемкости воды было сделано Диетеричи еще в 1904 г. Общая схема опыта была следующая:



Фиг. 18.

в кварцевую трубку определенного объема вводился водяной пар, к-рый там конденсировался, и излишняя вода удалялась при помощи воздушного насоса испарением, затем трубка запаивалась. В ней при общем известном объеме v находилась смесь жидкости и пара, общая масса коей была известна. Далее производилось нагревание трубки до определенной $t°$, и затем трубка быстро падала в ледяной калориметр Бунзена, в к-ром и определялось количество тепла, выделившееся при охлаждении. Принимая, что общий объем, занятый смесью, не изменился за время опыта, мы имеем очевидно процесс охлаждения смеси при постоянном внешнем объеме, и следовательно количество выделившегося в калориметр тепла определится (на единицу веса смеси) по соотношению

$$\delta Q = dU_x = d(U_0 + \varrho x), \text{ т. е. } Q = U_0 + \int_0^t \varrho \frac{a-v}{u},$$

где U_0—превышение внутренней энергии на пограничной кривой при $t°$ нагрева над энергией при 0°, a—удельный объем смеси. Для известного веса M это будет

$$Q_м = MU_0 + \int_0^t \varrho \frac{V - Mv}{u},$$

где V—внутренний объем трубки. Далее по соотношению Клапейрона имеем

$$r = AT\frac{dp}{dT}u, \text{ т. е. } \varrho = A\left(\frac{Tdp}{dT} - p\right)u,$$

и следовательно

$$Q_м = MU_0 + A\int_0^t \left(\frac{Tdp}{dT} - p\right)(V - Mv).$$

Второе слагаемое правой части равенства подсчитывается по опытным определениям $\frac{dp}{dT}$, p, v для темп-р t и 0°, общее количество $Q_м$ определяется по калориметру как разность теплот, отданных калориметру всей трубкой и ее стенками, и т. о. определяется превышение внутренней энергии жидкости на пограничной кривой при температуре t над энергией жидкости на той же кривой при 0°. Следовательно в опытах Диетеричи определялось собственно изменение внутренней энергии жидкости на пограничной кривой по мере повышения $t°$ (и давления). Но, зная объемы и давления на пограничной кривой, мы можем определить и энтальпии по соотношению $i = U + Apv$. Таким образом мы получаем, принимая условно энтальпию при 0° С равною 0, энтальпии на пограничной кривой. Определенные таким путем по опытам Диетеричи величины мало разнятся от величин, даваемых опытами Осборна [5], и до 250° согласны с величинами, принятыми МК 30. При 300° (опыты Диетеричи шли только до 303°)

$$i_D \cong 316{,}5;\ i_{\text{МК30}} = 322 \pm 2;$$

эта разница объясняется вероятно тем, что входящие в определение U_0 величины v, а также $\frac{dp}{dT}$ для темп-р, бо́льших 270°, определены Диетеричи экстраполяцией за отсутствием тогда опытных данных. Мы можем теперь принять во внимание общее выражение энтальпии для жидкости

$$i = -Av_0(p - p_0)\left[\frac{2-\beta(p-p_0)}{2}\right]\left[Tf'(T) - f(T)\right] + \int c_{p_0}\,dT.$$

Отсюда, пренебрегая p_0, получим

$$i + Ap\left(1 - \frac{\beta}{2}p\right)\left[Tv_0 f'(T) - v_0 f(T)\right] = \int c_{p_0}\,dT.$$

Помощью касательных к кривой $v_0 f(T)$ определяем $v_0 f'(T)$ и далее все второе слагаемое левой части равенства. Напр. возьмем $T = 523°$ (250°С), p в этом случае на пограничной кривой $= 40{,}6\ atm$, $v_0 f'(T)$ согласно кривой $v_0 f(T)$ можно принять $= 27 \cdot 10^{-7}$, так что $Tv_0 f_0(T) = 0{,}00141\ м^3$, далее $v_0 f(T) = 0{,}001253\ м^3$ и следовательно второе слагаемое $= \frac{1}{427} \cdot 40{,}6 \cdot 10^4 \cdot 0{,}998 \cdot 16 \cdot 10^{-5}$, т. е. $< 0{,}2$ cal, им можно пренебречь и написать $i = \int c_{p_0}\,dT$. Это равенство и дало повод говорить, что Диетеричи определял теплоемкость c_p для воды. Если мы возьмем 300°, то слагаемое дает ок. 2,2 cal, так что при $i = 332 \pm 2$ (МК 30) оно опять не будет заметным, но при 350° вследствие быстрого подъема давления и значения $v_0 f'(T)$ слагаемое дает ~ 19 cal и при общей величине $i = 404 \pm 5$ МК 30 даст $\int c_{p_0} dT = 423$. Т. о. при давлениях, близких к давлениям на пограничной кривой, соответственно до $t°$ 250° мы можем пользоваться соотношениями

$$i = \int c_{p_0}\,dT \text{ и } S = \int \frac{c_{p_0}dT}{T}$$

и c_{p_0} брать по известной ф-ле Диетеричи. При более высоких давлениях и соответственно $t°$ мы по данным на пограничной кривой строим кривую $\int c_{p_0} dT$ и касательными определяем c_{p_0}, а затем и c_p. Но разумеется полученные величины годны лишь в области давлений и темп-р, недалеко отстоящих от пограничных значений (ср. [21]). Вычисление же энтропии

на самой пограничной кривой для получения ее изображения в системе T, φ можем вести непосредственно, исходя из равенства

$$dS = \frac{di}{T} - \frac{Avdp}{T}$$

или

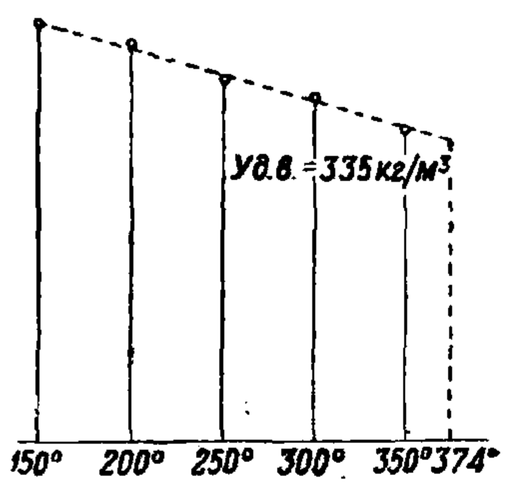
$$S - S_0 = \int_0^t \frac{i}{T} + \int \frac{i}{T^2}\, dT - A \int \frac{v}{T}\, dp.$$

Строим кривую $\frac{i}{T^2}$ в системе $\frac{i}{T^2}$, T согласно значениям i на пограничной кривой, далее кривую $\frac{v}{T}$ в системе $\frac{v}{T}$, p, определяем их интегральные и получаем значение энтропий на пограничной кривой. Но, с другой стороны, если нам даются значения энтальпий на пограничной кривой жидкости и на кривой сухого насыщенного пара, то разность энтальпий для одной и той же $t°$ есть скрытое тепло испарения, и если мы последнее разделим на T, то получим разность энтропий на кривой сухого насыщения и на пограничной кривой жидкости, как это следует из ур-ий, данных для насыщенного пара. Это соотношение дает возможность контроля над принятыми величинами. Вычисленные по данной ф-ле энтропии на кривой жидкости для 423°, 523° и 623° имеют значения 0,444, 0,673, 0,915; энтальпии для сухого насыщенного пара, определенные по правилу линейности (для перегретого пара) соответственно равны 656, 672, 619 (в круглых числах). Взяв энтальпии на нижней пограничной кривой по МК 30, имеем 151, 259, 404 (± 5); по разделении разности на соответственные T и прибавлении частного к величинам энтропии на нижней пограничной кривой получим энтропии сухого насыщения величинами 1,638, 1,461, 1,252 до 1,260, а по правилу линейности 1,637, 1,459, 1,252—согласие, вполне удовлетворительное. Вторым контрольным соотношением является, как уже было указано ранее, соотношение между теплоемкостями c_p для жидкости и перегретого пара вблизи насыщения, скрытым теплом испарения и коэф-том температурного расширения жидкости и пара. В применении к водяному пару это соотношение дает возможность определить коэф. температурного расширения $\frac{\partial v_2}{\partial T}$ пара. Пусть напр. применяется это соотношение при $T = 523$. Мы могли бы определить коэф-т расширения в точке сухого насыщения таким образом:

$$v_2 = \frac{RT}{p} - \frac{\varphi}{p} \text{ и } \left(\frac{\partial v_2}{\partial T}\right)_p = \frac{R}{p} - \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\varphi}{p}\right)_p,$$

т. е. строим кривую со значениями $\frac{\varphi}{p}$ для 523. 533 и скажем 548 при давлении $p = \text{Const} = 40{,}6\ atm$. Касательная к конечной точке (523°) этой кривой и дала бы искомый коэф., но касательную в конечной точке трудно провести точно, и соотношение между теплоемкостями может служить именно для нахождения коэф-та расширения и поверки таким путем характеристич. ур-ия графического или алгебраического.

Критическая температура. В диаграмме T, S (фиг. 18) для паров воды мы видим, что нижняя пограничная кривая и кривая сухого насыщения сближаются постепенно с повышением $t°$ и следовательно сливаются где-нибудь. Точка слияния на диаграмме не показана, т. к. табл. МК 30 идут лишь до 350°. Слияние это произойдет при $t°$ приблизительно 374°, какова и носит название критической $t°$. Основание для такого названия общеизвестно и наглядно поясняется диаграммой T, S: если мы, имея перегретый пар в 1 atm давления и 300°, будем его изотермически сжимать, т. е. на диаграмме пойдем в сторону убывающих энтропий (отнятие тепла), то приведем пар при давлении 87,7 atm к сухому насыщению, после чего дальнейшее изотермич. сжатие поведет к конденсации пара и обращению его в жидкость. Но если мы тот же процесс проделаем при $t°$ 450°, то совсем не встретим кривой сухого насыщения, и пар будет оставаться газом. Отсюда известный закон Андрьюса: изотермич. сжатием с $t°$ выше критической ни при каком давлении нельзя обратить газ в жидкое состояние. Само слияние двух пограничных кривых (жидкости и сухого насыщения) представляют обычно так, что обе кривые касаются в слиянии критической изотермы, и для критической точки (точки слияния) высказываются следующие положения: 1) тепло испарения $= 0$; 2) коэф. температурного расширения, т. е. $\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p = \infty$; 3) $c_p = \infty$; 4) $\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T = 0$. Первое положение неясно с термодинамич. стороны: если обе кривые касаются критич. изотермы, т. е. имеют общий малый элемент, то тепло испарения м. б. очень мало, но не будет в точности равно нулю, что непосредственно видно из диаграммы T, S. Второе, третье и четвертое положения суть чисто математич. условности, т. к. говорить напр. о коэф-те $t°$-ного расширения, когда изотерма и изобара совпадают, с точки зрения действительности не приходится. Но и вообще если в слиянии обе кривые имеют общий элемент с изотермой, то переход из жидкого состояния в газообразное при $t°_{крит.}$ будет отличаться от обычного процесса испарения только своей относительной быстротой и для нас неуловимо малым количеством тепла испарения, по существу же это будет тот же самый процесс с термодинамич. стороны. Точно так же и положение Андрьюса о невозможности путем сжатия обратить газ в жидкость при $t°$ выше критической можно было бы сформулировать так: $t°_{крит.}$ есть темп-рный предел возможности ожижения газа доступными для нас давлениями. С термодинамич. же, да и с механич. точки зрения ничто не препятствует предположить существование другой фазы, подходящей по своим свойствам к жидкости, при очень высоких давлениях и при относительно высоких температурах. Также неясен и вопрос об объеме в критической точке. Объем этот собственно определяется экстраполяцией по правилу Кайете и Матиа: если отложить на абсциссах темп-ры, а на ординатах—плотности жидкости и сухого насыщенного пара, то среднее арифметическое из этих ординат лежит приближенно на прямой, к-рая разумеется проходит через точку слияния кривых, представляющих плотности. Это правило имеет место и для воды. На фиг. 19 представлена прямая, ординатами подходящая к средним арифметическим из плотностей жидкости и пара. Если ее продолжить, то получим в пересечении с критич. изотермой (374°) плот-



Фиг. 19.

ность в критич. точке, т. е. и уд. объем. Вероятный уд. в. таким путем определяется в 335 *кг/м*³, т. е. вероятный уд. объем в 0,003 *м*³/*кг*. Но опыты Гейна (Hein) с углекислым газом показали [6], что т. н. критические явления м. б. наблюдаемы в довольно широких пределах плотностей, и т. о. уд. критич. объем является величиной неопределенной. Это дает основание Нернсту утверждать, что нижняя пограничная кривая жидкости и кривая сухого насыщения соединяются при $t°_{крит.}$ небольшим отрезком критич. изотермы, где имеется состояние неустойчивого равновесия между жидкостью и ее паром, благодаря чему и уд. объем вообще неопределенный. Но тогда, как уже было указано, переход жидкости в пар и в критич. состоянии с термодинамич. стороны по существу остается тем же, что и до этого.

Переход из твердого состояния в парообразное и жидкое. Общеизвестный факт испарения твердого тела дает основание применить уравнения Г. и к переходу из твердого состояния в парообразное и жидкое. В частности ур-ие Клапейрона $r = AuT\frac{dp}{dT}$ м. б. также применено к испарению твердого тела, причем здесь r будет тепло испарения твердого тела, соответствующее данной $t°$ (и давлению пара), и обозначается часто через s (Sublimation), величина u есть разность уд. объемов пара и твердого тела $v - v_1$. При этом можно пренебречь v_1, т. е. уд. объемом твердого тела, сравнительно с объемом пара, и тогда

$$s = AvT\frac{dp}{dT}.$$

С другой стороны, переход твердого тела в жидкое связан с теплом плавления; обозначим его через l, тогда опять можно применить соотношение Клапейрона к этому процессу

$$l = AT\frac{dP}{dT}(v_2 - v_1),$$

где v_2—объем жидкости. Для воды $v_1 > v_2$ при 0° и 760 *мм* рт. ст.

$$v_2 = 0{,}001; \quad v_1 = 0{,}001091\ (м^3/кг).$$

Следовательно $\frac{dT}{dP} = -\frac{AT}{l}\cdot 91\cdot 10^{-6} = -\frac{273\cdot 91\cdot 10^{-6}}{79{,}3\cdot 127} = -73\cdot 10^{-8}$. Возьмем приближенно $\frac{dT}{dP} = \frac{\Delta T}{\Delta P}$ и $\Delta P = 8{,}1\ Atm$, тогда $\Delta T = 73\cdot 10^{-8}\cdot 8{,}1\cdot 10^4\cdot 1{,}0332 = 0{,}0616$. Другими словами, при повышении давления на 8,1 *Atm* температура таяния льда понижается на 0,0616°. В. Томсон нашел понижение опытным путем в 0,059°. Наоборот, для тех тел, у к-рых при плавлении объем увеличивается ($v_2 > v_1$), $t°_{пл.}$ повышается с повышением давления [6]. При $t°_{пл.}$ м. б. существование смеси из пара, жидкости и твердого тела. Если обозначить через r скрытое тепло испарения жидкости, то в этом случае $s = r + l$ и т. к.

$$r = AT\frac{dP}{dT}(v - v_2),$$

то

$$l = AT\left[\left(\frac{dp}{dT}\right)(v - v_1) - \left(\frac{dP}{dT}\right)(v - v_2)\right] \cong$$

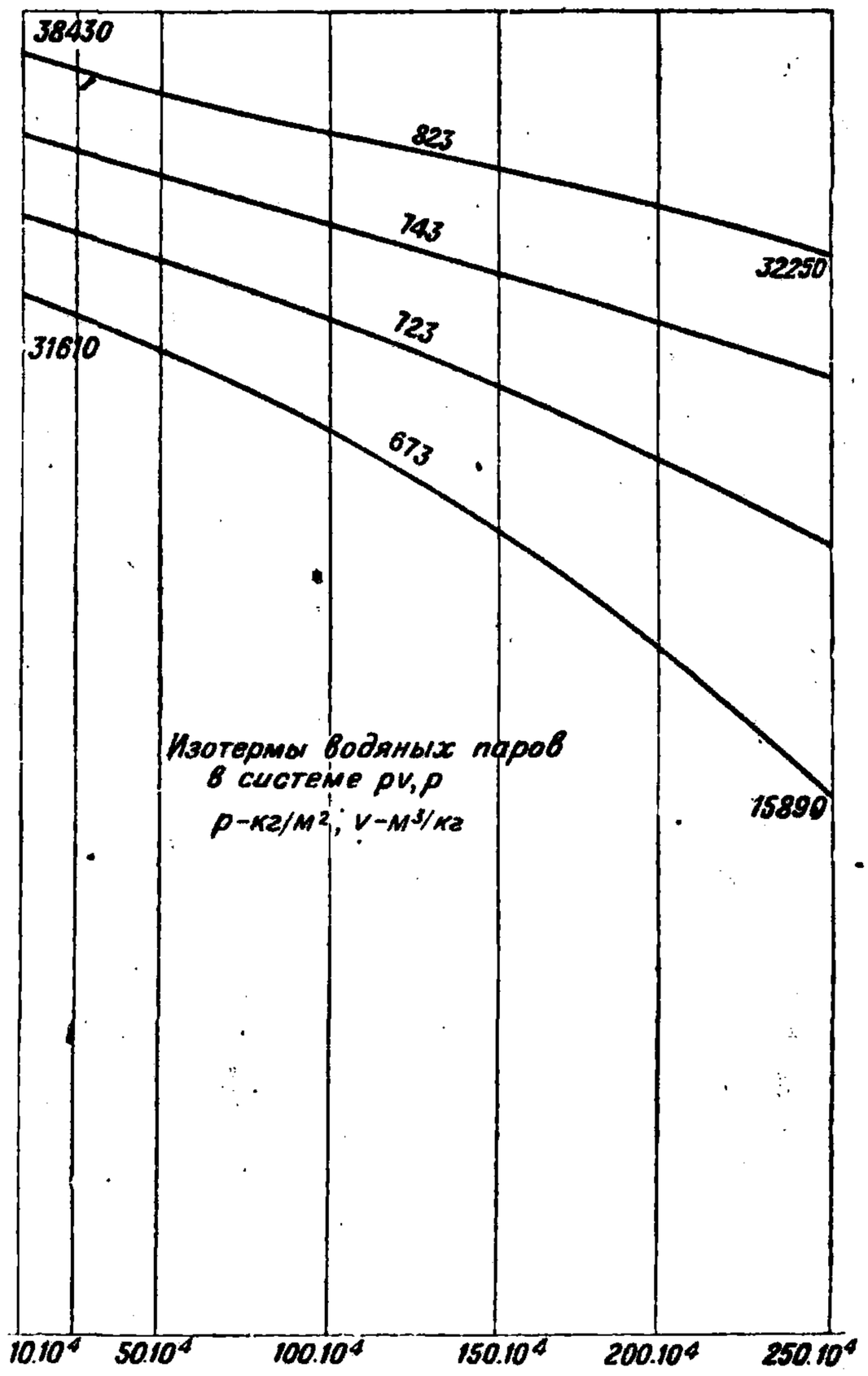
$$\cong AT_v\left(\frac{dp}{dT} - \frac{dP}{dT}\right).$$

Т. к. тепло плавления l всегда существует, то всегда имеется разность $\frac{dp}{dT} - \frac{dP}{dT}$, т. е. если мы построим в координатах T и p кривые σ и σ_1 зависимости p от T в процессе парообразования для жидкости и твердого тела, то при $t°_{пл.}$ они пересекаются, имея разные касательные в точке B пересечения (фиг. 20). В сторону возрастающих T от обеих кривых будет область газообразного состояния; в сторону убывающих T в одном случае будет область жидкости, в другом—область твердого тела. Обе области в свою очередь разделяются кривой σ_2, указывающей на зависимость $t°_{пл.}$ от давления.



Фиг. 20.

Газы. В настоящее время все газы нужно рассматривать как перегретые пары, находящиеся б. или м. далеко от состояния насыщения. Мы видели уже, что закон Мариотта-Гей-Люссака является лишь пределом, к к-рому по своим свойствам пары стремятся по мере повышения $t°$. Поэтому если для какого-нибудь газа провести опыты над изменениями произве-



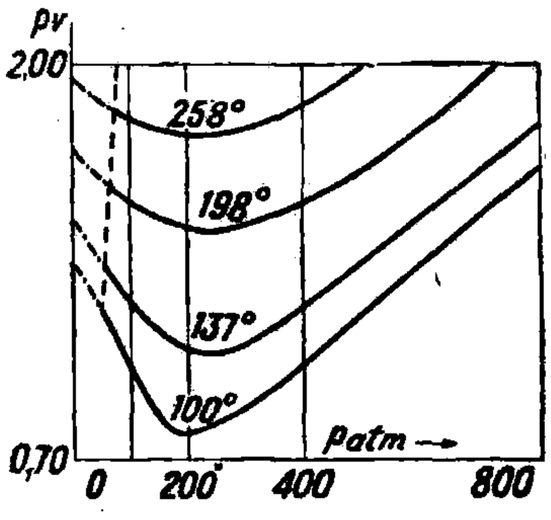
Фиг. 21.

дения pv в зависимости от p при данном T или в зависимости от T при данном p, то мы не получим в первом случае прямых, параллельных от p, а во втором—прямых, наклонных к оси T (возрастание ординат пропорционально T). Если мы по нормам МК 30 построим в системе p, pv изотермы для перегретых водяных паров, то получим кривые (фиг. 21) с ординатами, убывающими по мере возрастания p; кривые стремятся к спрямлению и параллельности оси p по мере возрастания $t°$. Течение их показывает, что характеристич. ур-ие д. б. всегда $pv = RT - \varphi$, где φ—положительная величина, т. к. произведение pv убывает с возрастанием p. Если бы мы изобразили какую-

нибудь изобару в системе T, pv с давлением например в 50 atm и начали бы с $T = 623°$, то ординаты (pv) имели бы значения 26550(623°); 29500(673°); 32200(723°); 34850(773°); 37350(823°); разности между двумя последовательными ординатами с расстоянием между ними в 50° были бы 2950; 2700; 2650; 2500, т. е. убывающими с возрастанием T. Отсюда мы заключаем, что $\frac{\Delta v}{\Delta T}$ при $p = \text{Const}$ убывает, т. е. $\frac{\partial^2 v}{\partial T^2} < 0$ и следовательно, по равенству

$$\left(\frac{\partial c_p}{\partial p}\right)_T = -AT \left(\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}\right)_p, \frac{\partial c_p}{\partial p} > 0,$$

как на самом деле и имеется в опытах Кноблауха, т. е. теплоемкость возрастает с давлением при данной T. Для углекислого газа изотермы в системе p, pv имеют другой вид (опыты Амага) (фиг. 22): произведение pv падает до 200 atm (приблизительно), а затем возрастает, но изотермы постепенно спрямляются по мере повышения $t°$. Последовательные разности $\left(\frac{\Delta v}{\Delta T}\right)_{p=\text{Const}}$ убывают и в той и другой части кривой (для давлений 100 и выше атмосфер) и следовательно здесь c_p возрастает с давлением, но Люссана нашел, что и для меньших давлений c_p также возрастает с давлением [7] . Подобная же зависимость найдена была и для аммиака NH_3. Прилагаемая диаграмма (фиг. 28) (взята у Jellinek) показывает, что пары аммиака в отношении теплоемкости c_p очень сходны с парами воды. Для воздуха имеются исследования двоякого рода: с одной стороны, определялось произведение pv, с другой,—теплоемкости c_p, при различных $t°$ и давлениях. Первые исследования [8] представлены диаграммой в системе p, pv (фиг. 23) и диаграммой T, pv (фиг. 24); вторые [9] представлены таблицами c_p в системе T, c_p (изобары) (фиг. 25) и в системе p, c_p (изотермы) (фиг. 26). Изобары между 0 и 50° отчасти дополнены по Витковскому, данные Ребук (Roebuck) взяты по статье О. Бриджмена [10]; затем имеется еще исследование (Холборн и Якоб) по теплоемкости c_p воздуха для 60° между давлениями 1÷300 atm. Значения здесь близки к значениям по Ребуку. Таблица изобар c_p по Ребуку указывает, что и воздух имеет между темп-рами 50° и 280° свойства теплоемкости c_p, похожие на свойства c_p у паров воды, только разумеется зависимость от давления меньшая, нежели у паров, и при 280° теплоемкости для различных давлений очень сближаются, так что можно с бо́льшим основанием считать их при темп-ре высшей (напр. 400—500°) не зависящими от давления (в пределах 1÷200 atm), а только от $t°$, как это имеет место для газа, следующего соотношению $pv = RT$. То же самое мы видим и по изотермам c_p, т. к. изотермы по мере увеличения T стремятся к прямым, параллельным оси p, т. е. к независимости от давления. Сопоставим теперь данные относительно c_p с данными относительно pv. Изотермы pv сравнительно мало отклоняются от горизонтальных прямых, но не имеют той правильности в характере своего отклонения от горизонталей, какая замечалась на изотермах углекислого

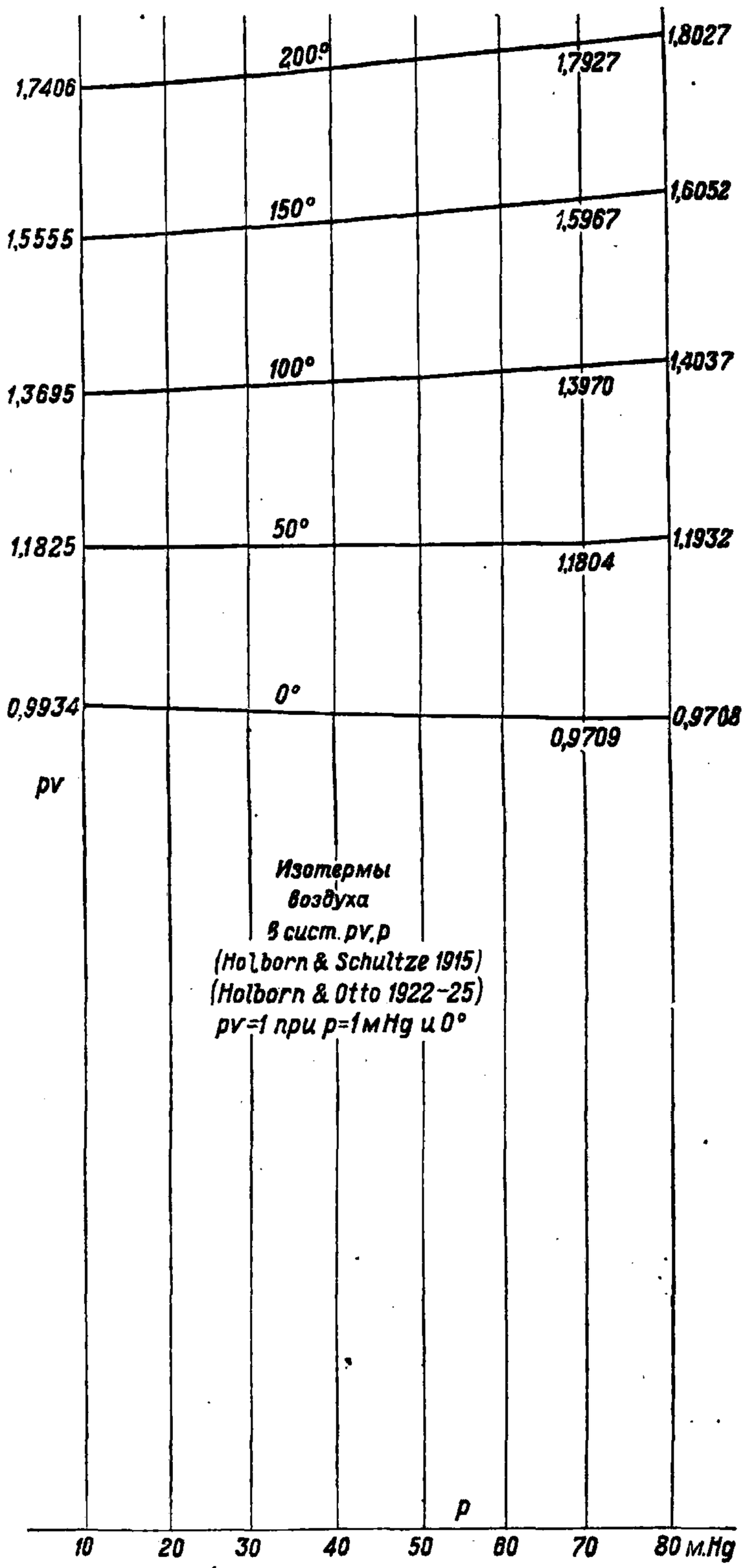


Фиг. 22.

газа: напр. изотерма 200° более отклоняется от горизонтали, нежели изотерма 50°. Посмотрим, насколько отношение объемов в том и другом случае отступает от закона Мариотта; возьмем объемы (v_1) при 10 $м$ рт. ст. и (v_2) при 70 $м$, их отношение для изотермы 200°

$$\frac{p_1 v_1}{p_2 v_2} \cdot \frac{p_2}{p_1} = \frac{1{,}7406 \cdot 7}{1{,}7927} = 6{,}7966$$

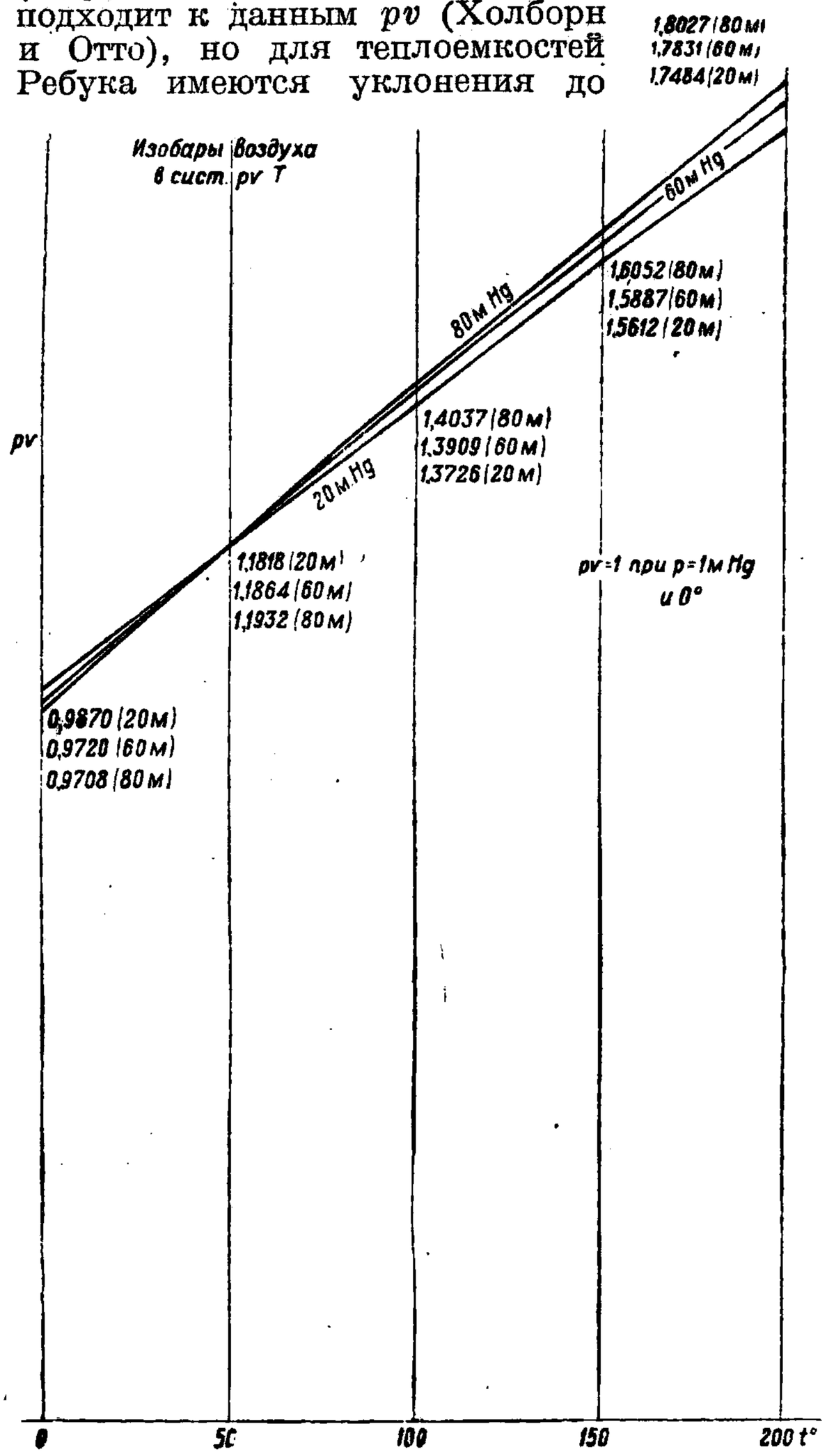
и для изотермы $50° = \frac{1{,}1825 \cdot 7}{1{,}1811} = 7{,}0194$; по Мариотту и в том и другом случае должно быть 7. Т. о. отступлено от закона Мариотта в



Фиг. 23.

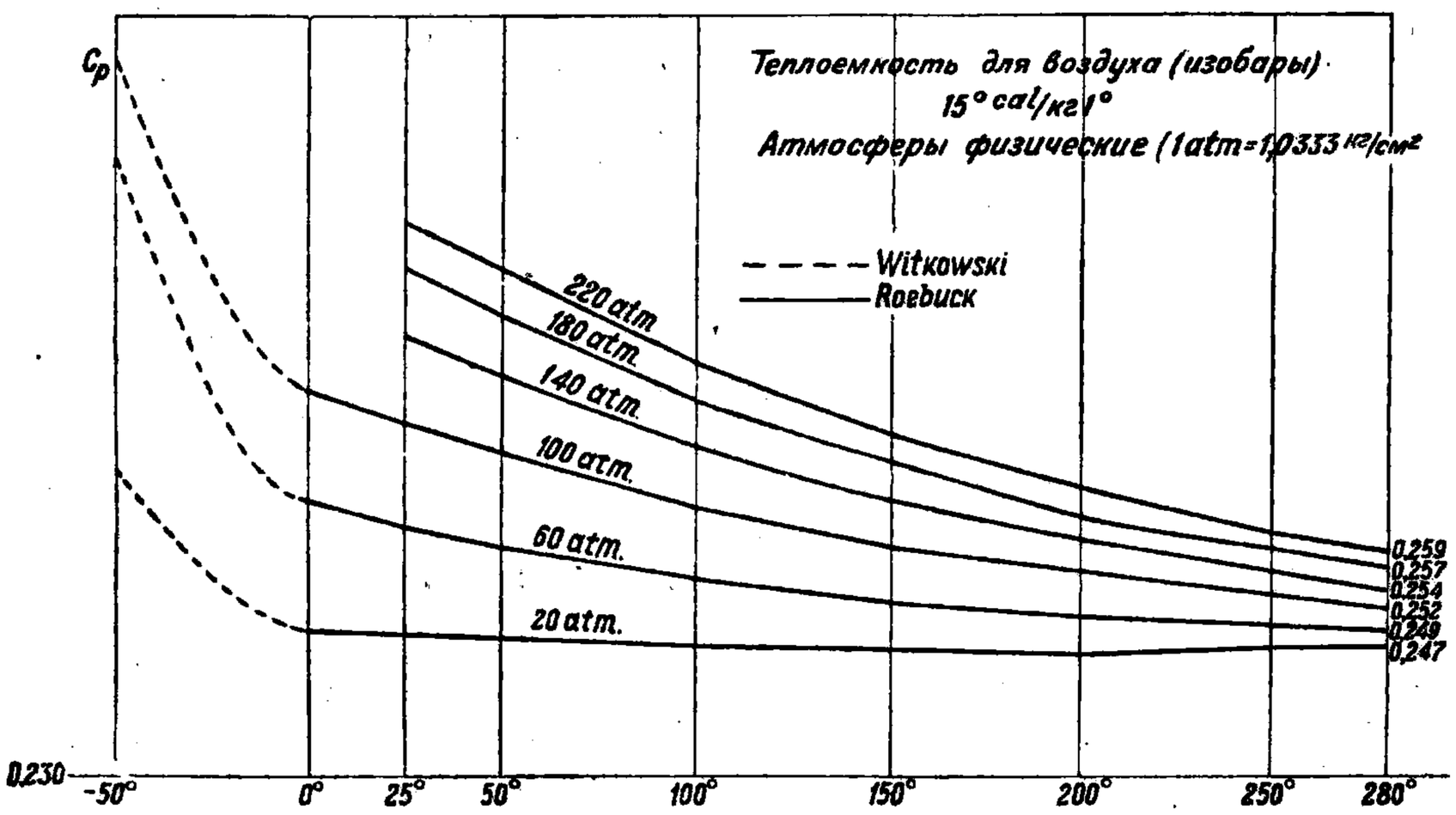
первом случае (200°) больше, чем во втором, а между тем, если судить по теплоемкостям, должно бы быть наоборот. Поэтому мы можем сказать, что значения pv, данные опытами Холборна, не вполне соответствуют данным c_p по Ребуку, и следовательно нужны новые более обширные опыты для полного термодинамич. выяснения свойств воздуха при невысоких темп-рах и относительно высоких давлени-

ях. Характеристич. ур-ие, данное для воздуха (и других газов) Битти и Бриджменом, хорошо подходит к данным pv (Холборн и Отто), но для теплоемкостей Ребука имеются уклонения до



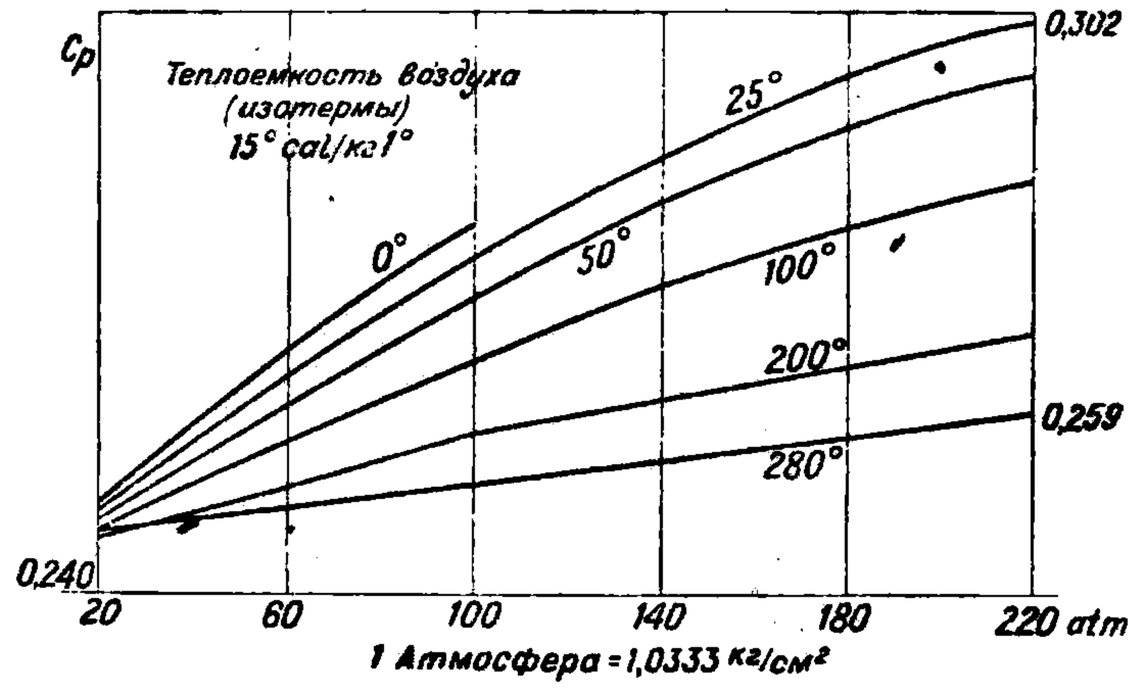
Фиг. 24.

8%, что также подтверждает неполное соответствие между опытами относительно pv,



Фиг. 25.

с одной стороны, и c_p,—с другой. При полном соответствии между обоего рода опытами мы могли бы по таблицам для c_p и pv построить в координатах S, T линии $p = \text{Const}$ и $v = \text{Const}$ и т. о. рассмотреть разницу в изображениях в системе S, T, когда мы принимаем воздух как совершенный газ и когда мы берем во внимание зависимость теплоемкости от давления. По изобарам для c_p высчитываем для какой-нибудь изобары последовательно $\int \frac{c_p dT}{T}$, причем здесь в виду небольшой зависимости c_p от p можно было бы интервалы для постепенного



Фиг. 26.

интегрирования взять в 50°, так что интеграл обратился бы в $\sum c_{p_m} \ln \frac{T+50}{T}$, где c_{p_m}—средняя теплоемкость интервала. Т. о. разность энтропий для последовательных T определилась бы, и мы взяли бы произвольную точку на изотерме 273°, провели бы из нее линию $p = \text{Const}$, напр. для 20 atm. Для отыскания начальной точки другой линии, напр. в 60 atm, мы можем воспользоваться ур-ием

$$\delta Q = c_p\, dT - AT \frac{\partial v}{\partial T} dp,$$

для какой-нибудь изотермы (здесь напр. 0° C) имеем

$$\delta Q = T\, dS = -AT \frac{\partial v}{\partial T} dp,$$

отсюда

$$S_{60} - S_{20} = -A \int \frac{\partial v}{\partial T} dp = -A \int \frac{\partial (pv)}{\partial T} \cdot \frac{dp}{p}.$$

Строим изобары pv для различных давлений между 20 и 60 atm в системе T, pv и для изотермы $T = 273°$ проводим касательные к этим изобарам, получаем $\frac{\partial (pv)}{\partial T}$ для различных давлений. Затем откладываем на абсциссах p (от 20 до 60), а на ординатах $\frac{\partial (pv)}{\partial T} \cdot \frac{1}{p}$, и интегральная кривая от полученной кривой даст значение $S_{60} - S_{20}$ по изотерме 0°. От полученной начальной точки для 60 atm строим кривую $p = \text{Const} = 60\ atm$, как и для 20 atm. Но ее можно построить также, если мы будем высчитывать $S_{60} - S_{20}$ для различных $t°$. При полном согласии между данными для pv и c_p оба способа должны привести к одному и тому же результату. В разбираемом случае этого у нас нет, и поэтому здесь можно только указать способ построения линии $p = \text{Const}$ в системе S, T;

аналогично можно построить и $v = \text{Const}$. Заметим, что в пределах невысоких давлений (между $1 \div 60$ *atm*) зависимость c_p от давлений для воздуха невелика, если основывается на опытах Ребука. Поэтому можно принимать теплоемкость c_p постоянной величиной в пределах $t°$ до 280°, а далее считать ее зависящей лишь от $t°$. Что касается характеристич. ур-ия для воздуха, то, как уже сказано, для составлений в области невысоких $t°$ и сравнительно высоких давлений пока нет достаточно согласованных данных. Всякое ур-ие, как мы видели, напр. для водяного пара, является лишь подходящей интерполяционной ф-лой, и единственным общим и закономерным во всех таких ф-лах является то, что в пределе всякий газ по своим свойствам приближается к характеристике $pv = RT$ со всеми термодинамич. следствиями этой характеристики [6]. Что касается вида характеристич. ур-ия в общем случае для газов, то Камерлинг-Оннес предложил следующую интерполяционную ф-лу

$$pv = RT + \frac{B}{v} + \frac{C}{v^2} + \frac{D}{v^3} + \cdots,$$

где B, C, D суть ф-ии $t°$ вида $B = b_0 + b_1 T + \frac{b_2}{T} + \frac{b_3}{T^2} + \cdots$

Такие ур-ия отличаются большой сложностью и практич. неудобствами при вычислениях, но зато могут более полно представлять опытный материал. К этому виду относится и ур-ие Битти-Бриджмена

$$pv = RT(1-\varepsilon)\left(1 + \frac{B}{v}\right) - \frac{A}{v},$$

где

$$\varepsilon = \frac{C}{vT^3};\ B = B_0\left(1 - \frac{b}{v}\right);\ A = A_0\left(1 - \frac{a}{v}\right),$$

так что в раскрытом виде получим

$$pv = RT - \frac{1}{v}\left(\frac{cR}{T^2} - RTB_0 + A_0\right) -$$
$$- \frac{1}{v^2}\left(RTB_0 b + \frac{RB_0 c}{T^2} - aA_0\right) + \frac{bcRb_0}{T^2}\cdot\frac{1}{v^3}$$

и непосредственно усматриваем его родство с ф-лой Камерлинг-Оннеса. В этом уравнении p считается в физических атмосферах (1 *Atm* = = 1,0333 *кг/см²*, т. е. 760 *мм* рт. ст.), v—в *л*/моль, т. е. на количество граммов, равное мол. в. газа—т. н. граммолекула. Нетрудно убедиться (по уд. весам газов), что в этом случае при $p = 1$ *Atm* и 0° объем однородного газа = 22,412 *л* (в среднем), поэтому постоянное R в ур-ии Мариотта-Гей-Люссака определится в $\frac{22{,}412}{273}$, т. е. в 0,0821 (округленное число Нернста) *л* : *Atm*/1° моль. При этом 1 *л Atm* = = 103,33 *кгдм* = 10,333 *кгм* = 0,02419 Cal = = 24,19 cal и следовательно постоянное R = = 1,985 cal/1° моль. Воздух есть смесь газов; мол. в. смеси определяется, как известно, ф-лой $m = \frac{\Sigma G_n}{\sum \frac{G_n}{m_n}}$, для воздуха он принимается = 28,96; объем одного моля также = 22,412 *л* и постоянное R—то же самое; Битти и Бриджмен принимают $R = 0{,}08206$, затем $T = 273{,}13 + t$ и для воздуха следующие постоянные: A = = 1,3012, $B = 0{,}04611$, $a = 0{,}01931$, b = = −0,01101 и $c = 4{,}34 \cdot 10^4$. Ур-ие Битти-Бриджмена неудобно тем, что кроме значительной сложности оно дает дополнительную (к ур-ию $pv = RT$) величину в ф-ии v и T, и при данных p и T определение v становится весьма затруднительным. Поэтому напр. для сравнения опытных определений теплоемкости c_p с теми значениями, к-рые термодинамически вытекают из характеристич. ур-ия, приходится прибегать к обходу: сначала определять c_v, вытекающее из ур-ия, на основании соотношения

$$\left(\frac{\partial c_v}{\partial v}\right)_T = AT\left(\frac{\partial^2 p}{\partial T^2}\right)_v$$

и далее пользоваться равенством

$$c_p - c_v = AT\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v.$$

Удобнее поэтому обратиться к тем интерполяционным ф-лам, где дополнительная величина дается в ф-ии p, T. Холборн и Отто дают для своих опытов с определением произведения pv (см. график, фиг. 23) относительно воздуха ф-лу $pv = A + Bp + Cp^2$, где B и C суть ф-ии T, а A—величина, пропорциональная (или почти пропорциональная) T. Как уже было указано (фиг. 23), в опытах произведение pv считается равным 1 при 0° и 1 *м* рт. ст. Это равноценно 7 991 *кгм* (если принять вес 1 *м³* воздуха при 0° и 760 *мм* рт. ст. в 1,293 *кг*). На этом основании можно по данным pv подсчитать удельные объемы v. С другой стороны, можно ур-ие Битти-Бриджмена заменить другим приближенным, если подставить вместо v в правой части его $\frac{RT}{p}$. Тогда имеем

$$pv = RT - p\left(\frac{C}{T^3} - B_0 + \frac{A_0}{RT}\right) -$$
$$- p^2\left(\frac{B_0 b}{RT} + \frac{B_1 c}{RT} - a\frac{A_0}{R^2T}\right) + p^3\frac{b_0 bc}{RT^4}.$$

Здесь правая часть является ф-ией p и T, и потому вычисление объемов по данным p, T более удобно. Но все же ур-ие отличается большой сложностью и притом, как уже было сказано, если из него термодинамически определится c_p [на основании соотношения $\left(\frac{\partial c_p}{\partial p}\right)_T = -AT\left(\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}\right)_p$], то в области темп-р 0—50° С полученные c_p при высоких давлениях довольно сильно разнятся с опытными величинами Ребука. Битти указывает на возможность здесь ошибок в опытах. Но можно ограничиться как первым приближением более простым ур-ием, к-рое до известной степени представляло бы как опыты Ребука, так и данные Холборна. Изотермы c_p по Ребуку представлены на фиг. 26. Как первое к ним приближение можно взять наклонные прямые и выяснить наклон этих прямых в ф-ии темп-ры, другими словами, положить просто $\frac{\partial c_p}{\partial p} = f(T)$. Это будет конечно лишь приближение. Можно остановиться на следующем выражении: $\frac{\partial c_p}{\partial p} = \frac{a}{T^{2{,}27}}$, где a—постоянное, к-рое мы потом определим. Отсюда

$$c_p = \frac{ap}{T^{2{,}27}} + \varphi(T).$$

Здесь $\varphi(T)$ определим, приняв во внимание данные Госуд. физич. ин-та Германии относительно c_p для одной физич. атмосферы [11]: $c_p = 0{,}2353 + 19 \cdot 10^{-6}\ T$. Следовательно

$$c_p = \frac{a \cdot 1{,}0333 \cdot 10^4}{T^{2{,}27}} + \varphi(T) = 0{,}2353 + 19 \cdot 10^{-6}\ T;$$

отсюда $\varphi(T) = 0{,}2353 + 19 \cdot 10^{-6}\ T - \frac{a \cdot 1{,}0333 \cdot 10^4}{T^{2{,}27}}$ и

$$c_p = \frac{a}{T^{2{,}27}} \cdot (p - 1{,}0333 \cdot 10^4) + 0{,}2353 + 19 \cdot 10^{-6}\ T.$$

Здесь p в *кг/м²*, и если введем физич. атмосферы, то $c_p = a_1\frac{(n-1)}{T^{2{,}27}} + 0{,}2353 + 19 \cdot 10^{-6}\ T$. Подбираем a_1 так, чтобы не было слишком больших

уклонений от опытов Ребука. Можно остановиться на $a_1 = 120$, тогда получим табличку, где имеются значения c_p по ф-ле (Φ), по Ребуку (R) и по ур-ию Битти-Бриджмена (Br).

Изотерма 273°				Изотерма 298°			
Atm	Φ	R	Br	*Atm*	Φ	R	Br
20	0,249	0,249	0,250	20	0,247	0,243	0,249
60	0,269	0,266	0,271	60	0,259	0,263	0,266
100	0,285	0,280	0,298	140	0,281	0,287	0,299
				220	0,305	0,302	0,327

Изотерма 373°				Изотерма 473°			Изотерма 553°		
Atm	Φ	R	Br	Φ	R	Br	Φ	R	Br
20	0,246	0,247	0,246	0,246	0,246	0,247	0,247	0,247	0,247
100	0,260	0,266	0,263	0,254	0,257	0,255	0,253	0,252	0,252
220	0,281	0,281	0,283	0,267	0,268	0,265	0,261	0,259	0,260

Табличка указывает, что значения по ф-ле при более высоких темп-рах точны в общем почти так же, как значения по ур-ию Бриджмена, при более низких—более точны, и потому ф-лу в общем можно признать первым приближением к опытам Ребука. А на этом основании можно составить и характеристич. ур-ие. Имеем

$$\left(\frac{\partial c_p}{\partial p}\right)_T = -AT\left(\frac{\partial^2 v}{\partial T^2}\right)_p = \frac{a}{T^{2,27}}$$

и следовательно

$$\frac{\partial^2 v}{\partial T^2} = -\frac{a}{AT^{3,27}},$$

откуда

$$v = mT + m_1 - \frac{1}{1,27}\cdot\frac{1}{2,27}\cdot\frac{a}{AT^{1,27}},$$

где m и m_1 могут быть ф-иями p. Мы возьмем $m = \frac{R}{p}$ и $m_1 = \text{Const}$, далее имеем

$$a = \frac{a_1}{10^4\cdot 1,0333} = \frac{120}{10^4\cdot 1,0333}$$

и тогда

$$v = \frac{RT}{p} + m_1 - \frac{1,7201}{T^{1,27}}.$$

Выбираем здесь $m_1 = 1,2\cdot 10^{-3}$ и проверяем ф-лу по значениям v, даваемым опытами Холборна. Тогда получим при $R = 29,28$ следующие сопоставления:

Изотерма 0°			Изотерма 100°		Изотерма 200°	
Давл. в *м* Hg	Ф-ла	Холборн	Ф-ла	Холборн	Ф-ла	Холборн
10	0,05860	0,05840	0,08058	0,08049	0,1024	0,1023
80	0,00716	0,00713	0,01031	0,01034	0,01324	0,01324

Т. о. можно принять ф-лу как первое приближение к опытам Холборна. Выведем теперь выражение энтропии, энтальпии и внутренней энергии для воздуха по данному здесь ур-ию. Обращаемся к ф-ии Φ

$$\frac{\partial \Phi}{\partial p} = -Av = -A\left(\frac{RT}{p} + m_1 - \frac{m_2}{T^{1,27}}\right),$$

отсюда

$$\Phi = -ART\ln p - A\left(m_1 - \frac{m_2}{T^{1,27}}\right)p + f(T).$$

Произвольную ф-ию $f(T)$ определим, обратившись к выражению

$$c_p = T\frac{\partial^2 \Phi}{\partial T^2} = \frac{A\cdot 1,27\cdot 2,27}{T^{2,27}}m_2 p + Tf''(T) = 0,2353 + 19\cdot 10^{-6}T + \frac{a}{T^{2,27}}(p - 1,0333\cdot 10^4)$$

и принимая во внимание, что $m_2 = \frac{a}{A\cdot 1,27\cdot 2,27}$, находим

$$Tf''(T) = 0,2353 + 19\cdot 10^{-6}T - \frac{1,0333a\cdot 10^4}{T^{2,27}}.$$

Отсюда, интегрируя один раз, находим

$$f'(T) = 0,2353\ln T + 19\cdot 10^{-6}T + \frac{1,0333\cdot 10^4 a}{2,27T^{2,27}} + \text{Const}$$

и следовательно получаем энтропию:

$$S = \frac{\partial \Phi}{\partial T} = -AR\ln p - \frac{A\cdot 1,27m_2}{T^{2,27}}p + f'(T) = 0,2353\ln T + 19\cdot 10^{-6}T - AR\ln p - \frac{a}{2,27T^{2,27}}(p - 1,0333\cdot 10^4) + \text{Const},$$

и при $a = 0$ выражение обращается в обычное выражение энтропии для совершенного газа $\left(\frac{\partial c_p}{\partial p} = 0\right)$. Далее получаем энтальпию, приняв во внимание, что $\left(\frac{\partial i}{\partial T}\right)_p = c_p = 0,2353 + 19\cdot 10^{-6}T + \frac{a}{T^{2,27}}(p - 1,0333\cdot 10^4)$.

Отсюда, интегрируя, имеем

$$i = 0,2353T + \frac{19}{2}\cdot 10^{-6}T^2 - \frac{a}{1,27T^{1,27}}(p - 1,0333\cdot 10^4) + f(p).$$

Произвольную ф-ию $f(p)$ определяем, пользуясь соотношением

$$\left(\frac{\partial i}{\partial p}\right)_T = T\frac{\partial^2 \Phi}{\partial p\,\partial T} - \frac{\partial \Phi}{\partial p} = -TA\frac{\partial v}{\partial T} + Av,$$

здесь следовательно

$$\left(\frac{\partial i}{\partial p}\right)_T = -\frac{ART}{p} - \frac{1,27Am_2}{T^{1,27}} + \frac{ART}{p} - \frac{Am_2}{T^{1,27}} + Am_1 = Am_1 - \frac{A\cdot 2,27m_2}{T^{1,27}}$$

и, с другой стороны,

$$\left(\frac{\partial i}{\partial p}\right)_T = -\frac{a}{1,27T^{1,27}} + f'(p).$$

Сопоставляя равенства и принимая во внимание, что

$$m_2 = \frac{a}{A}\cdot\frac{1}{1,27\cdot 2,27},$$

получим

$$f'(p) = Am_1, \text{ т. е. } f(p) = Am_1 p + \text{Const}.$$

Т. о. $i = 0,2353\,T + \frac{19}{2}10^{-6}T^2 + Am_1 p - \frac{a}{1,27T^{1,27}}\cdot(p - 1,0333\cdot 10^4) + \text{Const}$. Затем получим и внутреннюю энергию по соотношению

$$U = i - Apv,\ U = 0,2353\,T + \frac{19}{2}\cdot 10^{-6}T^2 - ART - \frac{a}{T^{1,27}}\left(p - \frac{1,0333\cdot 10^4}{1,27}\right) + \text{Const}.$$

Из выражения энтропии видим, что в диаграмме T, S кривая постоянного давления одной атмосферы пойдет приблизительно так же, как и при $a = 0$, т. к. выражение энтропии можно написать

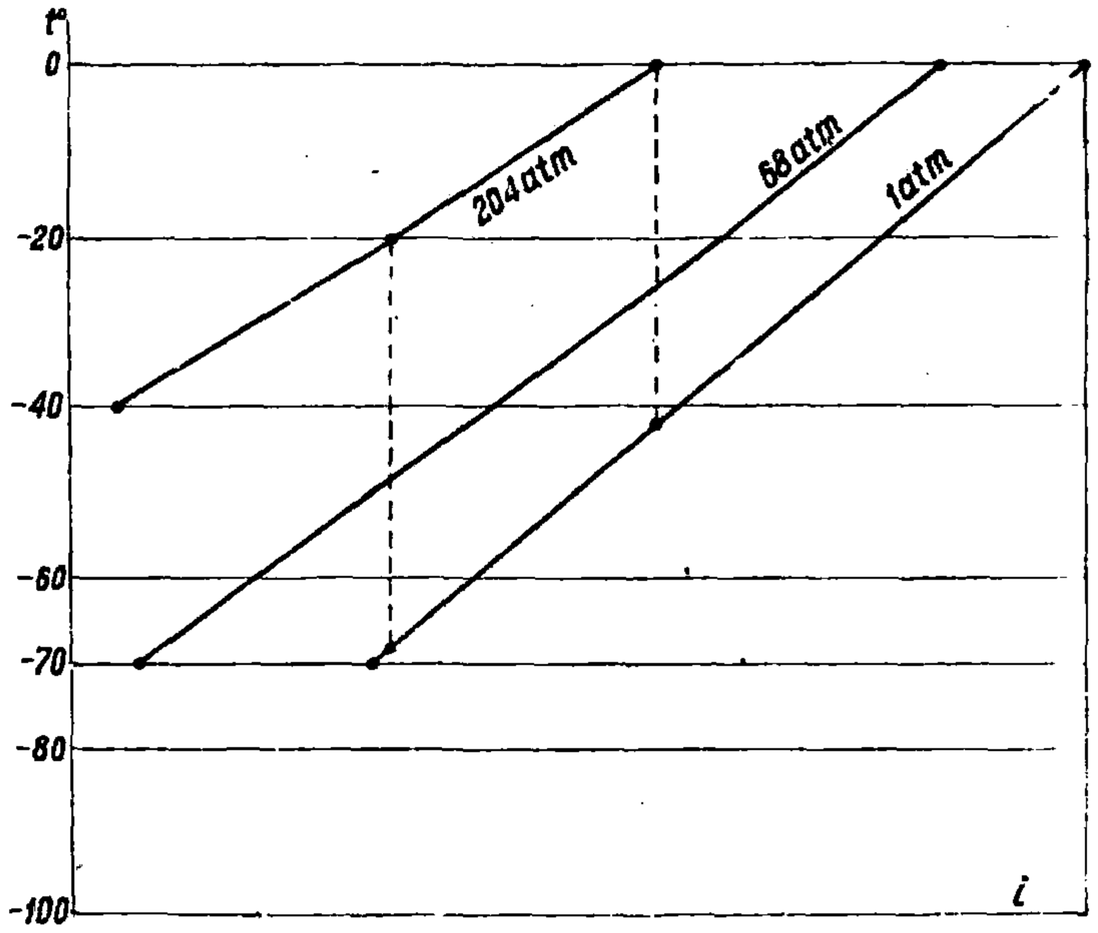
$$S = 0,2353\ln T + 19\cdot 10^{-6}T - AR\ln n - \frac{120}{2,27T^{2,27}}(n - 1) + \text{Const},$$

где n—число физич. атмосфер; при числе атмосфер > 1 изобары более отлоги, т. к. раз-

ность энтропий увеличивается на величину $\left[-\frac{120(n-1)}{2,27}\left(\frac{1}{T^{2,27}}-\frac{1}{T_1^{2,27}}\right)\right]$, положительную при $T > T_1$. Выражение энтальпии дает объяснение так наз. эффекта Джоуля-Томсона. Представим себе два пространства, занятых газом, из коих в одном давление положим 68 *Atm*, а в другом 1 *Atm*. Напр. достаточно длинный цилиндр разделен перегородкой, в к-рой имеется узкое отверстие с клапаном, на два таких пространства, и с внешних сторон в обоих пространствах вместо крышек имеются поршни. Перегоняем, открыв клапан, газ из одного пространства (68 *Atm*) в другое (1 *Atm*), медленно двигая поршень так, что давление в пространстве сжатия остается постоянным. Газ, расширяясь после выхода из отверстия, гонит второй поршень, и можно урегулировать клапаном движение и этого поршня так, чтобы оно было достаточно медленным и давление было бы постоянным. Процесс этот необратим, и если внешних влияний тепла нет, то он будет адиабатным необратимым. Мы можем однако применить к нему ур-ие эквивалентности и, назвав внутреннюю энергию, уд. объем газа и давление в первом пространстве через U_1, v_1, p_1, а во втором—через U_2, v_2, p_2, при достаточной медленности движения поршней можем написать:

$$U_1 + Ap_1v_1 = U_2 + Ap_2v_2,$$

т. е. $i_1 = i_2$. Процесс будет т. о. изоэнтальпическим. Возьмем теперь систему координат i (абсцисса) и T (ординаты) и, пользуясь выражением энтальпии для воздуха, данным выше, нанесем изобары на эту систему (фиг. 27) с



Фиг. 27.

давлением в 1, 68 и 204 *Atm*. Начальную $t°$ изобар возьмем в 0° С и ведем их для $t° < 0°$ С. Тогда по чертежу видим следующее: если воздух имел $t° = 0°$ С и $p = 68$ *Atm* и описанным процессом давление его снизилось до 1 *Atm*, то $t°$ его понизится до −15°; если он имел начальное давление в 204 *Atm* и опять снижение до 1 *Atm*, то $t°$ его понизится до −42,5°. При начальных $t°$ −20° С и $p = 204$ *Atm*, конечном $p = 1$ *Atm* $t°$ снизилась бы до −69°. Непосредственные наблюдения Брадлея-Галя (Bradley-Hale) дают числа −17°, −46°, −72°; согласие ур-ия с наблюдением в этой области можно признать удовлетворительным для первого приближения. Из выражения энтальпии для воздуха мы видим, что если бы воздух был совершенным газом (т. е. $m_1 = 0$ и $m_2 = 0$), то никакого снижения $t°$ не было бы, т. к. тогда все изобары в системе i, T слились бы в одну кривую. Это понижение при внезапном падении давления и составляет эффект Джоуля-Томсона; но если бы мы в характеристич. ур-ии имели $m_2 = 0$, но $m_1 > 0$, то, наоборот, по энтальпии увидели бы повышение $t°$ с падением давления. То же самое было бы, если бы в характеристич. ур-ии (подобном выше данному) какого-нибудь газа соответственно имелось неравенство:

$$Am_1p + \frac{a \cdot 1,0333 \cdot 10^4}{nT^n} > \frac{a}{nT^n}p.$$

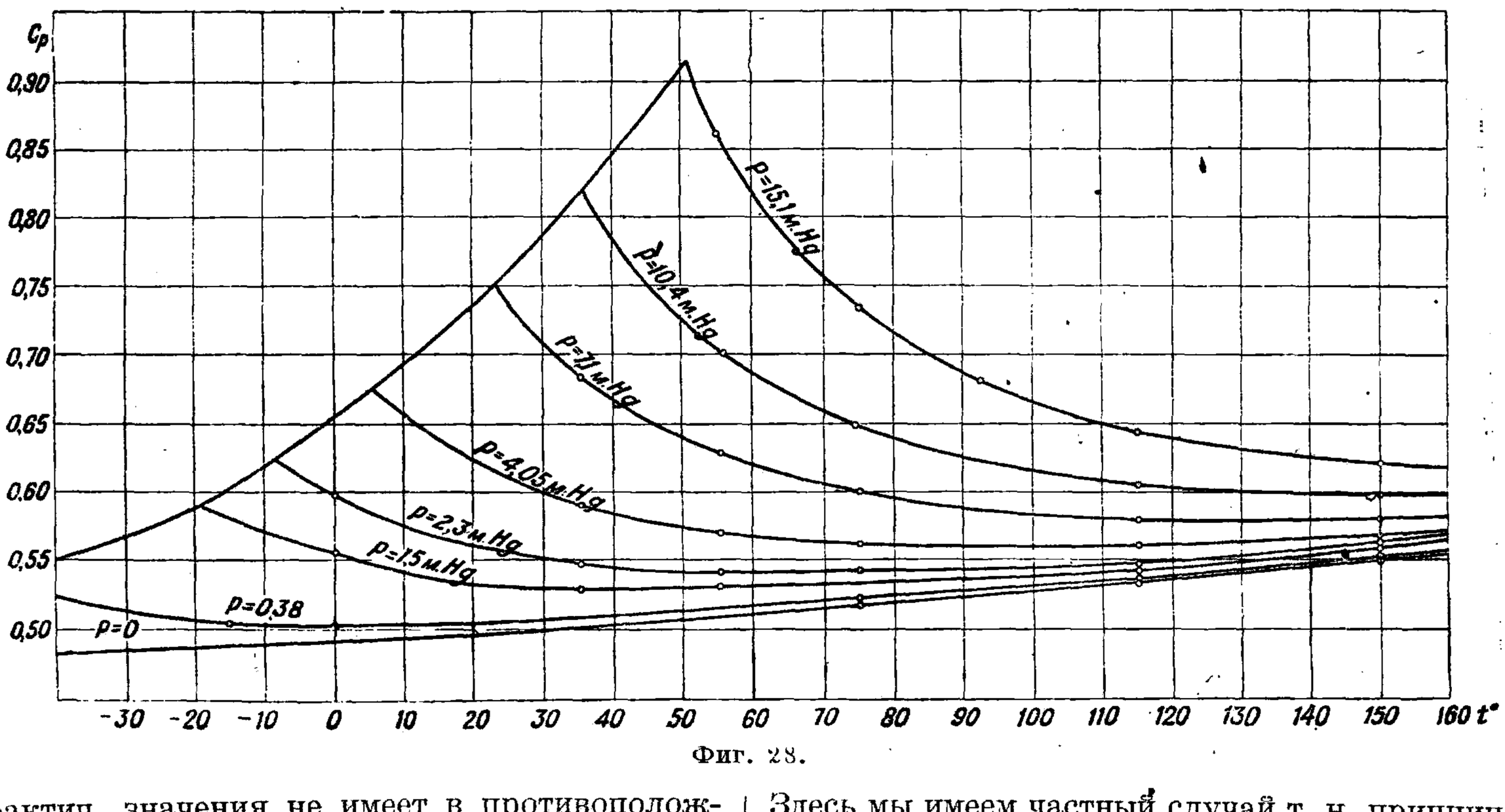
В этом случае однако неравенство, имеющее место для одних $t°$ и давлений, могло бы изменить свой знак на обратный при других $t°$ и давлениях. Это явление имеет место у водорода и напр. при падении давления с 76 *Atm* до 1 *Atm* и соответственно начальных $t°$: −47°, −70°, −84,5° произошло бы нагревание на 1,2°, 0,5°, 0,07° и затем при начальных $t°$: −99°, −128° произошло бы охлаждение на 0,5°, 1,8° Как видим, в области этих $t°$ эффект Джоуля-Томсона для водорода ничтожен, но меняет свой знак при переходе с −84,5° на −99° (для давления в 76 *Atm*). На эффекте Джоуля-Томсона основана, как известно, идея машины Линде, а также Хемпсона для охлаждения воздуха. Она наглядно поясняется диаграммой i, T (фиг. 27).

Предположим, что воздух сжимается изотермически при 0° до 204 *Atm* и затем по трубе, заключенной в другую, отправляется в камеру с давлением в 1 *Atm*, проходя через регулируемый кран. Темп-ра его упадет при расширении скажем до −35° (по диаграмме до −42,5°); отсюда он всасывается опять в компрессор через внешнюю трубу и попутно охлаждает идущий из компрессора воздух, к-рый перед входом в камеру будет иметь уже $t°$ скажем −20°; в камере он будет иметь $t°$ −60° и т. д., пока постепенно не достигнется $t°$, насыщенная при 1 *Atm* (−191°), после чего воздух будет ожижаться. Для ожижения водорода подобным же образом необходимо сначала его охладить до $t°$ более низкой, чем та, при к-рой (соответственно давлению) меняется знак эффекта Джоуля-Томсона. У гелия имеется то же самое, что и у водорода, только $t°$, при к-рой меняется знак эффекта, значительно ниже (ниже −173°), и его приходится охлаждать кипящим при пониженном давлении водородом (Камерлинг-Оннес первый получил жидкий гелий). Здесь нужно опять вернуться к замечанию о знаке эффекта Джоуля-Томсона. Мы видим, что если характеристич. уравнение имеет вид $p(v - m_1) = RT$, то эффект Джоуля-Томсона будет состоять в нагревании, а не охлаждении. Между тем иногда дают подобные характеристич. ур-ия для той области $t°$ и давлений, где подобного нагревания не имеется. Это будет термодинамически неправильно; также неправильно будет считать (по Бернулли), что мы здесь величиной m_1 вводим лишь поправку видимого объема на действительно меняющийся объем, вычитая объем, занятый массой молекул. На самом деле, вводя эту поправку, мы термодинамически приписываем телу свойства, к-рых оно может и не иметь. Далее из выражения внутренней энергии для воздуха видим, что если бы $a = 0$, то внутренняя энергия была бы ф-ией только $t°$, но газ однако мог и не быть совершенным, т. к. мы можем иметь уравнение вида $p(v - m_1) = RT$. Следовательно мы можем ска-

зать, что совершенный газ всегда имеет внутреннюю энергию зависящей только от $t°$, но обратного заключения не имеем права делать. Затем относительно воздуха можно также указать, что и для него существует область инверсии эффекта Джоуля-Томсона, т. е. когда

$$Apm_1 + \frac{a \cdot 1{,}0333 \cdot 10^4}{1{,}27T^{1{,}27}} > \frac{a}{1{,}27T^{1{,}27}}p.$$

То же самое видно и по диаграмме i, T: кривые $p = \text{Const}$, будучи продолжены для $t° > 0°$, пересекаются, и мы получим обратный эффект. Напр. по неравенству для 200 Atm давления это будет при $t°$ ок. 300°; непосредственные наблюдения дают ок. 250°, что опять указывает на пригодность данного здесь ур-ия как первого приближения. Инверсия эта однако практич. значения не имеет в противоположность водороду и гелию. Самый эффект Джоуля-Томсона, как мы видим, происходит при процессе необратимом адиабатном. При внезапном падении давления, соответственно быстром внешнем движении и значительной внешней кинетич. энергии мы не можем уже определить состояние тела параметрами p, v, T, следовательно не можем говорить об энтропии или о какой-либо характеристич. ф-ии; не поможет нам здесь и прием разделения объема на малые элементы, т. к. тогда пришлось бы еще выяснить тепловые взаимодействия элементов, нам неизвестные. Только после наступившего успокоения во внешнем движении мы опять можем пользоваться понятиями энтропии и характеристич. ф-ий и тогда можем говорить о том или ином изменении энтропии. Для определения его мы можем вести тело из конечного состояния в начальное любым обратимым процессом, если только это возможно. Отсюда следует, что в необратимом процессе мы можем говорить об изменении энтропии лишь в том случае, если из конечной стадии процесса, где можно уже определить состояние тела параметрами, мы можем провести тело в начальное каким-либо обратимым процессом. Но если и нет внезапного падения давления, а газ напр. протекает медленно из одного пространства в другое через сопротивляющуюся среду, то опять мы имеем необратимый процесс, т. к. работа трения необратима. И в том и другом случае между начальным и конечным состоянием газа при постоянных давлениях в начальном и конечном пространствах существует соотношение на основании первого принципа $i_0 = i_1$ при отсутствии внешнего влияния тепла. Переведем теперь газ из конечного состояния в начальное обратимым процессом, напр. обратимым изоэнтальпически. Тогда по ур-ию $dQ = -Avdp$ найдем разность энтропий между конечным и начальным состоянием $= \int_2^1 -\frac{Avdp}{T}$, здесь $dp > 0$ (процесс сжатия), и следовательно разность $S_1 - S_2$ будет < 0, т. е. $S_2 - S_1 > 0$. Т. о. при этом адиабатном необратимом процессе энтропия увеличивается.



Фиг. 28.

Здесь мы имеем частный случай т. н. принципа увеличения энтропий: во всякой изолированной системе, совершающей необратимый процесс, энтропия увеличивается. Мы видим однако, что необходимы определенные предпосылки, чтобы обнаружить увеличение энтропии. Если эти предпосылки не соблюдаются, то нельзя говорить об увеличении энтропии, т. к. и само определение энтропии становится затруднительным или невозможным. Мы рассмотрим теперь перегретые пары аммиака NH_3, пользуясь данными о теплоемкости c_p, изображенными на фиг. 28 [12]. На фиг. 29 даны c_p в изотермах для $t°$: 0°, 50°, 100° и 150° по табличке Битти (из тех же опытов Осборна и др.). Изотермы имеют вид удлиненных кривых, но замена их прямыми, т. е. зависимость $\frac{\partial c_p}{\partial p} = f(T)$, не дает хороших результатов, т. к. изотерма 50° довольно сильно разнится от прямой. Битти дает для c_p приближенную ф-лу типа $c_p = c_{p_0} + f(T)_p$, но по ней получаем для $t°$ ниже 100° значения c_p, не подходящие к опытным. Весьма точную ф-лу дает Р. Планк типа

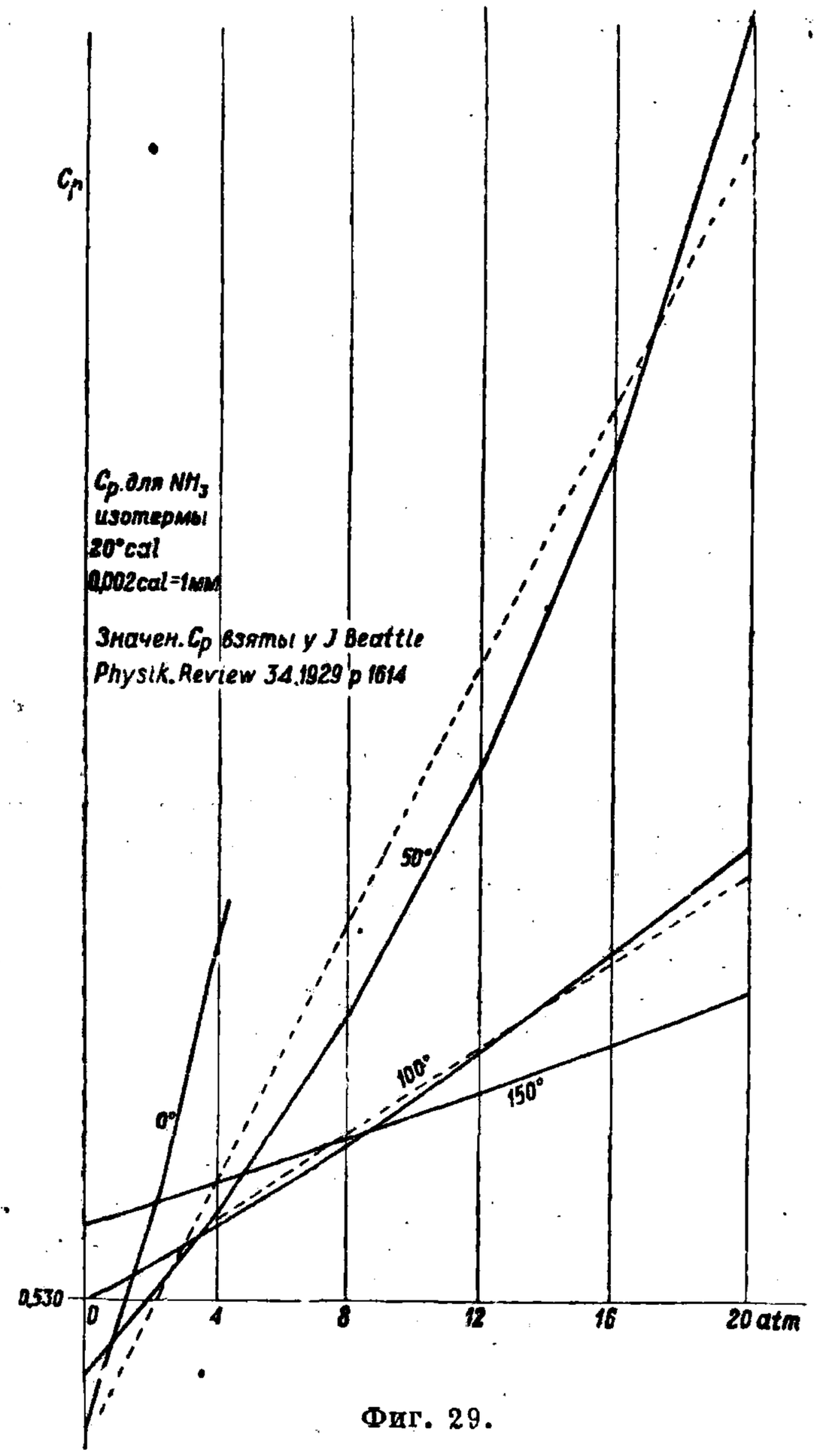
$$c_p = c_{p_0} + \frac{c_{1p}}{RT^{n+2} - c_{3p}}.$$

Ф-лы этого типа (как и прежняя ф-ла Кноблауха для водяных паров) дают сложной формы характеристич. ур-ие и неудобны тем, что могут обращать значение c_p в бесконечность [13]. Найдем сначала путем графич. интегрирования превышение энтальпий для данных в опы-

тах изобар c_p над соответственными энтальпиями на линии сухого насыщения по равенству

$$i - i_{нас.} = \int c_p \, dT.$$

Получаем таблицы приращений, представлен-



Фиг. 29.

ные на фиг. 30 кривыми $i_n - i_s$. Далее находим соответственно приращение энтропий по равенству $S - S_{нас.} = \int \frac{c_p dT}{T}$, причем интеграл вычисляем, пользуясь последовательно равенствами $S_T - S_{T-10} = c_{p_m} \ln \frac{T}{T-10}$, где c_{p_m} — средняя теплоемкость между T и $T-10$. Получаем таблицу приращений энтропий по соответственным изобарам. Далее может быть составлена небольшая диаграмма изобар в системе i и S для аммиака, но она может служить лишь для поверки какого-нибудь характеристич. ур-ия вследствие того, что теплоемкости определены опытом лишь для немногих давлений. Приближенное ур-ие можно получить, если основываться на том, что линейная зависимость c_p от давлений не дает, как сказано, подходящих к опытам значений c_p для $t°$ ниже 100°. Поэтому можно положить зависимость от p в нек-рой небольшой степени, напр. $c_p = \frac{p^{1,25}}{f(T)} + f_1(T)$. Основываясь, с одной стороны, на изменении среднего наклона изотерм c_p (фиг. 29) в зависимости от $t°$, а, с другой стороны, на изменении c_p в зависимости от давления, можем положить $\frac{1}{f(T)} = \frac{10^{13}}{T^6}$, если давление выражено в физических атмосферах. Теперь далее $f_1(T)$ есть зависимость c_p от темп-ры при очень слабых давлениях (собственно при $p = 0$). Ее можно положить (по диаграмме изобар c_p) равной $0{,}49 + 0{,}00039\,t$. Таким обр. $c_p = \frac{10^{13}}{T^6} n^{1,25} + 0{,}49 + 0{,}00039\,t$, где n — число физич. атмосфер, и получим сравнительные таблички.

Изотерма 0°		
2 *Atm*	4 *Atm*	Примечание
0,518	0,626	По ф-ле
0,553	0,639	Опыт
0,523	0,555	Битти и Бриджмен

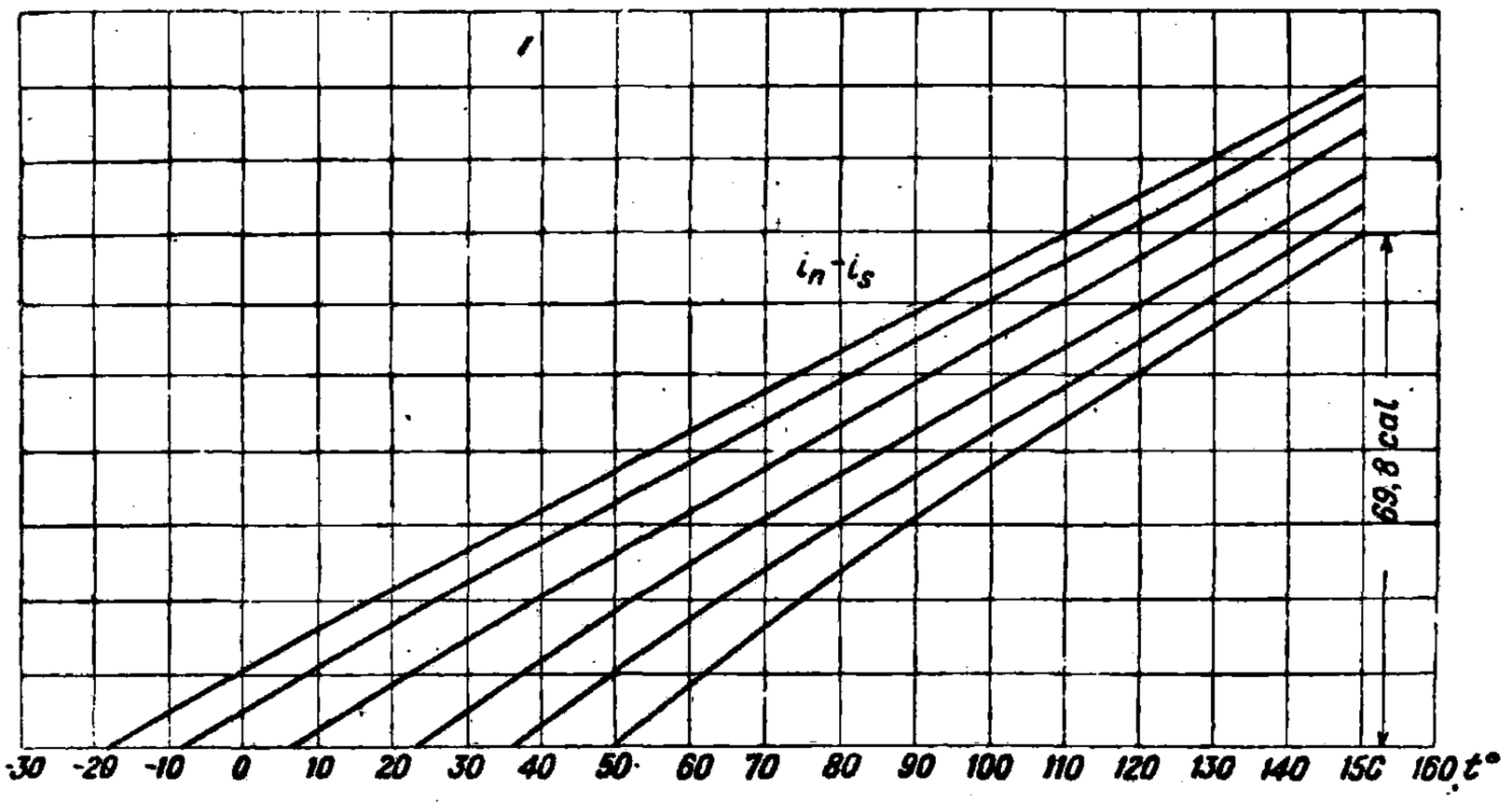
Изотерма 50°			
2 *Atm*	10 *Atm*	20 *Atm*	Примечание
0,531	0,667	0,882	По ф-ле
0,531	0,651	0,917	Опыт
0,526	0,592	0,675	Битти и Бриджмен

Изотерма 100°			
0,538	0,595	0,686	По ф-ле
0,541	0,591	0,667	Опыт
0,511	0,589	0,627	Битти и Бриджмен

Изотерма 150°			
0,554	0,581	0,624	По ф-ле
0,560	0,586	0,622	Опыт
0,559	0,589	0,613	Битти и Бриджмен

По табличкам видно, что формула в общем значительно ближе подходит к опытам, нежели упрощенная формула Битти и Бриджмена, но разумеется хуже, чем более сложная формула Р. Планка. Если от физич. атм. перейти, как обычно, к $кг/м^2$, то получим

$$c_p = \frac{9{,}6 \cdot 10^7 \cdot p^{1.25}}{T^6} + f_1(T)$$



Фиг. 30.

и отсюда указанными выше приемами получаем характеристич. ур-ие

$$v = \frac{49{,}6\,T}{p} - 0{,}004 - \frac{10^9 \cdot 1{,}708}{T^5} p^{0,25};$$

поверить его пригодность можно на линии сухого насыщения; прилагаемая таблица указывает удовлетворительную согласованность.

$t°$	p, кг/см²	v, м³/кг	v по ф-ле
−50	0,417	2,617	2,6204
−30	1,219	0,963	0,9637
0	4,379	0,290	0,2893
10	6,271	0,206	0,2049
40	15,85	0,083	0,0826
50	20,727	0,064 (0,0623 Dieterici)	0,06293

Данные взяты по Bureau of Standards [Осборн, Крагое (Cragoe), 1923]; они приводятся во всех справочниках. Для $t°$ выше 0° они в общем согласуются с данными опытов Диетеричи, для $t°$ 50° имеется нек-рое расхождение, и ф-ла дает значение объема, лежащее между обоими опытными данными. Теперь указанными выше приемами получим выражение энтальпии:

$$i = 0{,}384\,T + 0{,}00039\,\frac{T^2}{2} - \frac{1{,}92\cdot 10^7\cdot p^{1{,}25}}{T^{15}} - A\,0{,}004\,p + \text{Const.}$$

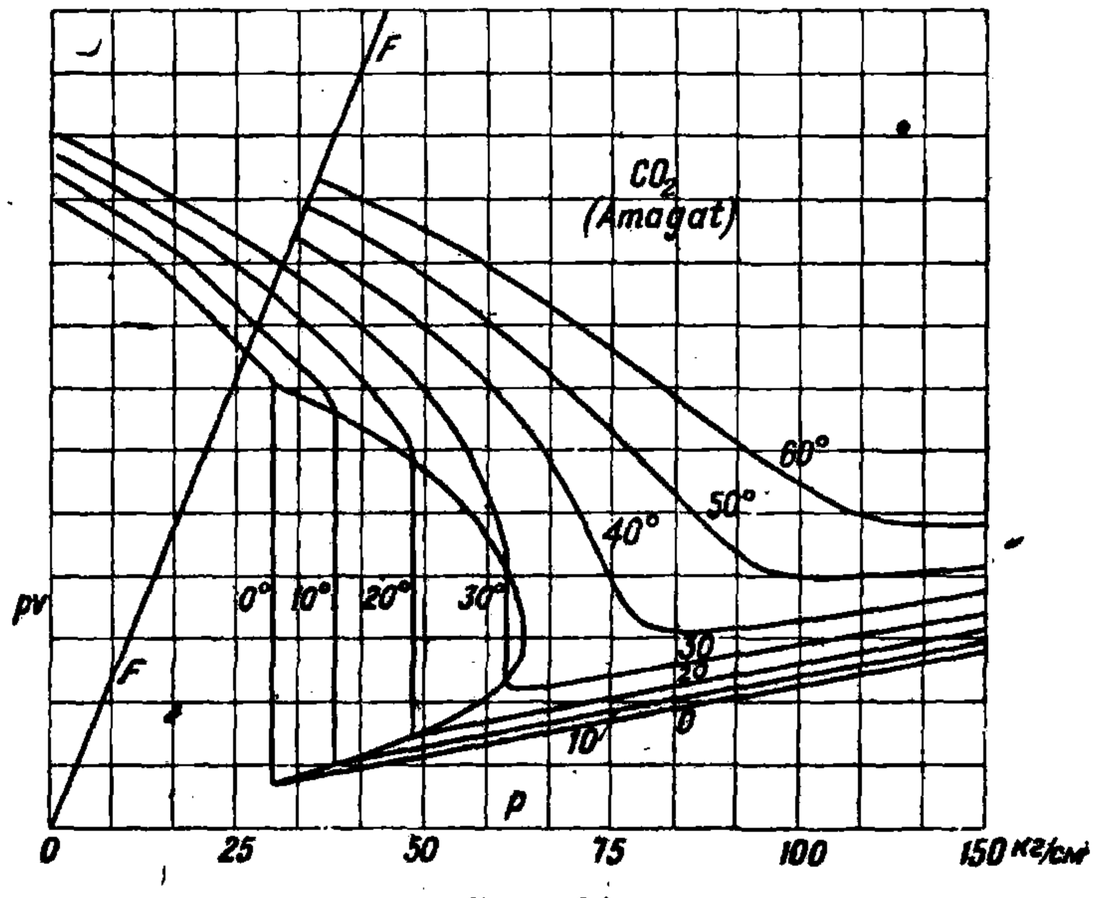
Постоянное определяем по энтальпиям на линии сухого насыщения. Возьмем для этого энтальпии при −50°, 0°, +50°; в первом случае Const = 190, во втором = 190,4, в третьем = 190,4; это согласие в значении Const также указывает на пригодность ф-лы. Берем Const = = 190,3. Для перегретого пара получаем тоже удовлетворительное согласие с данными опыта, напр. при $p = 15{,}1$ *м* рт. ст. (20,577 кг/см²) разность энтальпий для 150° и на линии сухого насыщения по теплоемкостям = 69,8 cal и по ф-ле 70,86 cal, что можно считать удовлетворительным; для изобары в 7,1 *м* рт. ст. (9,653 кг/см²) по теплоемкостям имеем (между сухим насыщ. и 150°) 77,7 и по ф-ле 78,0; для изобары 62,3 *м* рт. ст. (3,127) по теплоемкостям −88,2, по ф-ле −87,6. Отсюда видно, что ф-ла может быть употребляема в пределах темп-р −50° ÷ +150° и давлений от 0,417 до 20,7 кг/см². Точно так же отсюда видно, что и объемы для перегретого пара, вычисленные по характеристич. ур-ию, будут удовлетворительно сходиться с объемами, определенными по теплоемкостям. Способ определения по теплоемкостям был уже указан в отделе о перегретых водяных парах. Для энтропий имеем также по выпеуказанному способу (через ф-ию Φ)

$$S = 0{,}384\ln T + \text{Const} + 0{,}00039\,T - A\cdot 49{,}6\ln p - A\,\frac{6{,}832\cdot 10^9}{T^6}\,p^{1{,}25},$$

или

$$S = 0{,}384\ln T + \text{Const} + 0{,}00039\,T - A\cdot 49{,}6\ln p - \frac{1{,}6\cdot 10^7}{T^6}\,p^{1{,}25}.$$

Постоянное опять определяем по линии сухого насыщения. Как для энтальпии, так и для энтропии условно принимается, что обе величины равны 0 для жидкости на нижней пограничной кривой при 0°. Возьмем опять $t°$: −50°, 0° и +50°. Получаем значение Const в первом случае +0,108, во втором случае +0,110 и в третьем +0,107. Это опять указывает на пригодность формулы. Берем Const = 0,108. Теперь можно составить как диаграмму i, S, так и диаграмму T, S и решать относящиеся к аммиаку задачи. Однако на этом мы останавливаться не будем. Относительно углекислоты и ее паров существуют обширные опыты Амага, приводимые во всех справочниках, над произведениями pv в зависимости от T и p, как уже об этом было сказано раньше. Эти опыты, к сожалению, велись только для $t°$ выше 0°. На фиг. 31 они представлены изотермами в ко-



Фиг. 31.

ординатах p, pv для изотерм от 0 до 60° и давлений от 1 до 150 Atm. Здесь видны нижняя пограничная кривая и линия сухого насыщения, сливающиеся при $t° = 31{,}35°$ и давлении 75,3 кг/см² (см. замечания о критических темп-рах). Нижние изотермы от 0 до 31° представляют следовательно кривые жидкости. Прямой FF отделяются наблюденные величины (вправо) от экстраполяций (влево). На основе этих наблюдений и экстраполяций созданы таблицы Молье, также приводимые во всех справочниках. Здесь уместно сказать, что если бы мы имели подобные систематич. наблюдения напр. до $t° = -50°$ и давления 1 Atm и, с другой стороны, имели бы для c_p наблюдения для Atm также в широких пределах, то тогда составление термодинамич. таблиц, т. е. практически важных диаграмм T, S и i, S, могло бы вестись сл. обр.: по изотермам для pv высчитываем объемы для различных $t°$ и давлений, зная объем при 1 Atm и 0° (1 *л* CO_2 при 0° и 760 *мм* рт. ст. весит 1,9769 *г*), далее по теплоемкостям c_p для 1 Atm определяем постепенно изменение энтропии при $p = 1{,}0333$ кг/см² для различных $t°$ по равенствам

$$S - S_0 = \int_T^{T+10} \frac{c_p\,dT}{T} \cong c_{p_m}\ln\frac{T+10}{T}.$$

Затем отсюда переходим к линии сухого насыщения по равенству

$$(S_n - S_1)_{T=\text{Const}} = -A\int_1^n \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p dp,$$

при этом определяем $\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p$ для различных давлений (при данном $T = \text{Const}$) как $\frac{\Delta v}{\Delta T}$, взяв из таблиц объемов

$$\Delta v = (v_{T+10} - v_T)_p \quad \text{и} \quad \Delta T = 10°.$$

Интегрирование ведем графически. Т. о. получаем изменение энтропии на линии сухого насыщения, т. е. изображение этой линии в S, T диаграмме. Далее по данным для T и p на линии насыщения определяем $\frac{dT}{dp}$ и по ур-ию Клапейрона скрытое тепло и т. о. получаем

нижнюю пограничную кривую в системе S, T. В этой диаграмме определяем энтальпии на линии сухого насыщения, приняв условно энтальпию жидкости при $0° = 0$ и планиметрируя по нижней пограничной кривой по ур-ию

$$i = \int T\,dS + \int Av\,dp$$

(для $\int Av\,dp$ изображаем пограничную кривую в системе p, v и там планиметрируем). Затем строим линии $p = \text{Const}$ для перегретого пара, пользуясь тем же ур-ием для энтропии, и по ним, планиметрируя, получаем энтальпии. Далее от нижней пограничной кривой, имея зависимость v от T для жидкости (по тем же изотермам в системе p, pv), находим тем же приемом изобары жидкости в диаграмме S, T, а потом и в диаграмме S, i [14, 15]. Для теплоемкости c_p имеются данные Холборна-Хенига, приводимые во всех сапрвочниках, далее отрывочные наблюдения при различных $t°$ и давлениях [Луссана, Дженкина (Jenkin) и др.].

Приложение принципов Т. к теории лучистого тепла. В истории развития Т. было время, когда считали, что Т. бессильна объяснить явления лучистого тепла и выводы ее приводят к «парадоксам». Парадоксом считалась и схема, данная А. Бартоли [13] и приводящая к тому, что должно существовать лучистое давление на материальные тела, если принять постулат Клаузиуса. Величину этого давления не трудно определить по схеме Бартоли. Представим себе излучающее тело в виде сферы малого радиуса r, находящейся внутри сферы очень большого радиуса R с внутренней поверхностью, абсолютно отражающей падающие на нее лучи. Между сферами предполагается пустота, и падение лучей на большую сферу можно считать нормальным в виду малости радиуса внутренней сферы. Пусть энергия испускаемых малой сферой лучей будет I, они отражаются большой сферой и падают опять на малую, где отчасти вновь отражаются, отчасти поглощаются. Предположим, что их энергия в пространстве между сферами есть S, и часть ее AS поглощается малой сферой. Предположим, что существует $t°$-ное равновесие, и вся система не подлежит внешнему воздействию. Тогда $S = I + (1 - A)\,S$, т. е. $I = AS$, так как, если бы этого не было, малая сфера нагревалась бы или охлаждалась, а между тем никакой внешней работы не имеется. Если бы малая сфера была абсолютно «черной», то $A = 1$ (абсолютное поглощение), и тогда $I_1 = S$, где I — энергия испускаемых черной сферой лучей. Отсюда имеем известный закон Кирхгофа: $\frac{I}{A} = I_1$ — отношение испускательной способности к поглощательной для какого-нибудь тела не зависит от его природы и равно испускательной способности черного тела, всегда $I < I_1$, т. к. $A < 1$. Нетрудно видеть, что это соотношение применяется к лучам любой длины волны, т. к. все рассуждение велось независимо от длины волны (как говорят «от окраски»).

Далее можно вывести положение: во всяком замкнутом пространстве, не пропускающем наружу лучистой энергии и находящемся в $t°$-ном равновесии, энергия излучения не зависит от природы находящегося в нем тела (или тел) и равна энергии излучения абсолютно черного тела. Предположим опять две сферы: внутреннюю, малую, «черную» и наружную, большую, отражающую и проведем мысленно сферу радиуса $R - dR$, где R — радиус большой сферы. Пусть количество энергии, падающей на сферу R, будет Q cal на единицу поверхности и в единицу времени. Пусть скорость распространения лучей будет v. Тогда какой-нибудь луч, проходя через воображаемую сферу $R - dR$, достигнет затем сферы R через время $\frac{dR}{v}$, падая на нее нормально. За это время упадет на сферу тепло в количестве $\frac{Q\,dR}{v}$, однако за то же время отразится от сферы также $\frac{Q\,dR}{v}$. Следовательно в пространстве между сферами $R - dR$ и R в объеме с основанием, равным единице поверхности, и высотой dR будет заключаться количество энергии $\frac{Q \cdot 2 \cdot dR}{v}$. Количество энергии (падающей и отраженной) в единице объема будет $\frac{2Q}{v}$ — это называется энергетич. плотностью стоячей (падающей и отраженной) волны в слое, граничащем с поверхностью, при нормальном падении. Количество же $\frac{Q}{v}$ будет плотностью падающей волны. Сожмем теперь сферу R до радиуса $R - dR$, тогда количество энергии $\frac{2Q}{v}$ от каждой единицы объема сжатия должно будет поглотиться малой сферой и быть отведено в наружную среду, если мы предполагаем неизменяемость $t°$-ного равновесия. При этом сжатии была затрачена работа на единицу поверхности сферы R, равная $p\,dR$, где p — лучистое давление, нормальное к поверхности, на единицу поверхности. На единицу же объема работа будет равна p. Предположим, что энергия единицы объема зависит только от $t°$, тогда по первому принципу Т. для изотермич. в данном случае процесса имеем

$$p = E\,\frac{2Q}{v} = 2u_n,$$

где u_n — плотность (в *кгм*/1 об.) энергии нормально падающей волны в пограничном с поверхностью сферы R слое. Если поверхность не вполне отражающая, а частью поглощающая, частью отражающая, тогда мы рассуждаем так: когда падающий луч проходит длину dR за время $\frac{dR}{v}$, поверхность получает за это время энергию $\frac{Q\,dR}{v}$, но за то же время она отражает $\frac{eQ\,dR}{v}$, где e — отражательная способность поверхности. Следовательно в объеме $1 \times dR$ будет заключаться количество энергии $(1 + e)\,\frac{Q\,dR}{v}$, и тогда нормальное давление получится $p = E\,(1 + e)\,\frac{Q}{v} = (1 + e)\,u_n$ при нормальном падении и отражении.

Эта ф-ла, полученная А. Бартоли чисто термодинамич. путем, проверялась опытно П. Н. Лебедевым, к-рому принадлежит честь впервые опытно доказать существование лучистого давления, затем после него америк. учеными Никольсом и Халлем (Hull). Обнаружилось, что соотношение оправдывается для лучей различных длин волн. Входящие в ф-лу величины пределялись: 1) давление на покрытую с одной стороны серебром стеклянную пластинку (на стеклянную и серебряную стороны отдельно) при помощи крутильных весов с исключением влияния воздуха (весы находились в пространстве с давлением в 6 *мм* рт. ст.), 2) величина e, т. е. отражательная способность, — при помощи

фотометра, 3) величина $u_n = \frac{QE}{v}$, т. е. собственно величина Q,—при помощи калориметра, причем заставляли исследуемые лучи падать на вычерненную серебряную стенку калориметра, и определялось его нагревание. Разница между наблюденным и вычисленным по ф-ле давлением у америк. ученых не превышала 1,1%. Если принять во внимание необычайную трудность наблюдений и чрезвычайно малые величины давлений, то можно сказать, что ф-ла абсолютно точно подтверждается опытом. Но ф-ла была выведена в предположении зависимости плотности энергии излучения только от $t°$. Поэтому мы можем принять как опытный факт, что плотность энергии черного излучения в пустоте является ф-ией только $t°$. А т. к. давление (нормальное) на абсолютно отражающую поверхность по ф-ле является ф-ией плотности энергии, то оно является также ф-ией $t°$. В ф-ле Бартоли давление выражено как ф-ия плотности слоя, граничащего с поверхностью. Можно выразить давление как ф-ию так называемой средней плотности энергии в пространстве с равномерным черным излучением в пустоте. Средней плотностью энергии в этом случае называется количество энергии, приходящееся на единицу объема.

Представим себе опять сферу очень малого радиуса, абсолютно черную, внутри другой большого радиуса R с абсолютно отражающей поверхностью. Тогда, как и раньше, можно сказать, что какой-нибудь луч, выходя с поверхности малой сферы, пробудет в пространстве между сферами время $\frac{R}{v}$, если радиусом малой сферы пренебречь. За это время с малой на большую сферу упадет энергии в количестве $\frac{R}{v} Q\, 4\pi R^2$ и отразится столько же. Следовательно количество энергии в рассматриваемом пространстве будет равно

$$\frac{2R}{v} Q \cdot 4\pi R^2 = \frac{8\pi R^3 Q}{v}$$

и средняя плотность будет

$$u = \frac{8\pi R^3 Q}{v \cdot \frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{6Q}{v}.$$

Но давление $p = \frac{2EQ}{v}$ и следовательно $p = \frac{u}{3} E$. Теперь мы можем применить ур-ия Т. к явлениям лучистой энергии. Принцип эквивалентности дает

$$dQ = dU + Ap\, dV = d(uV) + Ap\, dV = d(uV) + \frac{1}{3} u\, dV.$$

При изотермич. процессе имеем $dQ = \frac{4}{3} u\, dV$, т. к. величина u есть ф-ия только $t°$. Для адиабатного процесса имеем

$$d(uV) + \frac{1}{3} u\, dV = 0,$$

по разделении на uV получим

$$\frac{d(uV)}{uV} + \frac{1}{3}\frac{dV}{V} = 0$$

и по интегрировании $uV^{\frac{4}{3}} = \text{Const}$ или $pV^{\frac{4}{3}} = \text{Const}$. Т. о., если мы возьмем обычную систему координат V, p, мы видим, что изотерма в явлениях черного излучения изобразится прямой, параллельной оси абсцисс, как у насыщенного пара, адиабата же будет мало отличаться от адиабаты совершенного газа с постоянной теплоемкостью C_v. Представим себе теперь бесконечно малый процесс Карно для равномерного черного излучения в пустоте. Он изобразится в координатах V, p так же, как такой же процесс с насыщенным паром, т. е. параллелограммом с двумя сторонами, параллельными оси абсцисс. Площадь цикла выразится величиной $dp \cdot dV$, где dV—бесконечно малый объем изотермич. расширения, а dp—разность давлений для двух изотерм T и $T - dT$. Соотношение Карно дает

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}.$$

В этом случае $Q_1 - Q_2 = AL = A\, dp\, dV = \frac{1}{3} du\, dV$,

$$Q_1 = \frac{4}{3} u\, dV,\ T_1 - T_2 = dT,\ T_1 = T,$$

следовательно

$$\frac{\frac{1}{3} du\, dV}{\frac{4}{3} u\, dV} = \frac{dT}{T} \text{ или } \frac{du}{u} = \frac{4\, dT}{T},$$

откуда по интеграции $u = aT^4$, т. е. средняя энергетич. плотность равномерного черного излучения в пустоте пропорциональна четвертой степени $t°$. Это соотношение называется законом Стефана и было открыто им чисто опытным путем. Затем Больцман вывел его из ур-ия электромагнитной теории света, почему часто называют его законом Стефан-Больцмана [16]. Так. обр. опытным путем доказана справедливость применения принципа Карно к явлениям лучистой энергии. Заметим, что соотношение $\frac{A\, dp\, dV}{dQ} = \frac{dT}{T}$ дает, как известно, соотношение Клапейрона для насыщенного пара. Поэтому можно сказать, что закон Стефана есть теорема Клапейрона для черного излучения.

Но в цикле Карно имеются адиабатные процессы. Адиабатный процесс происходит без участия внешнего тепла. Если мы представим себе какой-нибудь процесс с черным излучением, происходящим напр. в цилиндре, то мы можем вообразить, что дно этого цилиндра абсолютно черное, а стенки абсолютно отражающие. Для адиабатного процесса мы должны будем на время заменить черное дно также абсолютно отражающим. Тогда однако является вопрос, остается ли при этом энергия, в цилиндре заключенная, с теми же свойствами равномерного черного излучения, как и прежде. Согласие теоретич. вывода с опытом дает утвердительный ответ, т. е. мы можем производить адиабатич. процессы с черным излучением, не опасаясь изменения характера излучения.

До сих пор мы рассматривали равномерное черное излучение. Но это излучение состоит из ряда излучений с различными длинами волн. Поэтому среднюю плотность излучения мы должны себе представить как суммарную из плотностей излучений различной длины волн. Назвав поэтому длину волны через λ, мы имеем по определению суммарных величин для какой-нибудь $t°$

$$u = \int_0^\infty u_\lambda\, d\lambda,$$

где $u_\lambda\, d\lambda$—средняя плотность для излучения между λ и $\lambda + d\lambda$. Если мы на абсциссах будем откладывать λ, а на ординатах значения u_λ для какой-нибудь $t°$, то площадь, ограниченная кривой u_λ, двумя ординатами для λ и λ_1 и осью абсцисс, даст энергетич.

плотность черного излучения в пустоте с длиною волны от λ до λ_1. Величина же u выразится всею площадью, заключенной между кривой, осью абсцисс и ординатами для $\lambda = 0$ и для $\lambda = \infty$. Но для $\lambda = 0$ ордината очевидно $= 0$, а так как площадь должна давать конечную величину, то для $\lambda = \infty$ ордината должна также быть равна нулю. Кривая u_λ должна асимптотически стремиться к оси абсцисс и будет иметь своими ординатами один или несколько максимумов. Т. о. u_λ будет ф-ией и длины волны и $t°$. Но плотность излучения между длинами волн λ и $\lambda + d\lambda$ равна $u_\lambda d\lambda$, давление на поверхность по сказанному выше $\frac{u_\lambda d\lambda}{3}$ и для излучения между длинами λ_1 и $\lambda_1 + d\lambda_1$ те же величины будут соответственно $u_{\lambda_1} d\lambda_1$ и $\frac{u_{\lambda_1} d\lambda_1}{3}$. Применив к тому и другому излучению схему Карно, мы придем опять к соотношению Стефана и следовательно получим: $u_\lambda d\lambda : u_{\lambda_1} d\lambda_1 = T^4 : T_1^4$. В цикле Карно имеются адиабатные процессы. В схеме с двумя сферами (малой черной и большой отражающей) мы можем представить себе адиабатный процесс происходящим с расширяющейся внешней сферой и на время процесса окружаем малую сферу тоже малой сферой с отражающими поверхностями. При этом расширении сферы нужно принять во внимание соотношение между длинами волн, падающих и отраженных, т. н. принцип Допплера. Представим себе элемент расширяющей сферы, к-рый можно принять за плоский. В начале движения элемента нек-рая волна достигает его, к концу времени dt достигнет элемента та волна, которая вначале находится на расстоянии от начального положения плоскости, равном $(v - v_1)dt$, где v—скорость распространения волн, а v_1—скорость движения элемента. Следовательно все волны, находящиеся на отрезке $AB = (v - v_1)dt$, попадут на элемент во время его движения. Пусть число их будет n, а длина волны λ, тогда $n\lambda = (v - v_1)\,dt$. Но отраженная в начале движения волна к концу движения элемента будет находиться от него в расстоянии $(v + v_1)dt$ и следовательно отраженные n волн займут пространство $(v + v_1)dt$ и, называя длину отраженной волны через λ', имеем $n\lambda' = (v + v_1)\,dt$; т. о. для однократного отражения получаем $\frac{\lambda'}{\lambda} = \frac{v + v_1}{v - v_1}$ и при малой v_1 сравнительно с v получим $\frac{\lambda'}{\lambda} = 1 + \frac{2v_1}{v}$. При m-кратном падении и отражении имеем

$$\left(\frac{\lambda}{\lambda}\right)^m = \left(1 + \frac{2v_1}{v}\right)^m = 1 + \frac{2mv_1}{v}.$$

Это и есть принцип Допплера. Для сферы R имеем полный путь луча за время падения и отражения, равный $2R$, и за время dt получим $m = \frac{v\,dt}{2R}$, далее $v_1 = \frac{dR}{dt}$ и т. о. $\frac{\lambda^{(m)}}{\lambda} = 1 + \frac{dR}{R}$. Положим $\lambda^{(m)} = \lambda + d\lambda$, тогда получим $\frac{d\lambda}{\lambda} = \frac{dR}{R}$. То же самое имеем и для другой какой-нибудь волны λ при расширении сферы на dR. Отсюда получаем по интегрировании $\frac{\lambda}{R} = \text{Const}$ для адиабатного процесса. Но адиабатный процесс для какой-нибудь плотности u характеризуется соотношением $uV^{\frac{4}{3}} = \text{Const}$, по закону Стефана $u = aT^4$, следовательно $TV^{\frac{1}{3}} = \text{Const}$. Для сферы $V = \frac{4}{3}\pi R^3$, отсюда $TR = \text{Const}$ и по найденному выше равенству $T\lambda = \text{Const}$. Таково соотношение для адиабатного процесса между T и λ. Теперь имеем по сказанному выше $u_\lambda d\lambda : u_{\lambda_1} d\lambda_1 = T^4 : T_1^4$, далее $\frac{d\lambda}{\lambda} = \frac{dR}{R} = \frac{d\lambda_1}{\lambda_1}$. Следовательно $u_\lambda \lambda : u_{\lambda_1} \lambda_1 = T^4 : T_1^4$ и при $\lambda T = \lambda_1 T_1$ получим $u_\lambda : u_{\lambda_1} = T^5 : T_1^5$. Т. о. при адиабатном процессе, т. е. когда $T\lambda = \text{Const}$, величина u_λ для различных длин волн, деленная на соответствующее T^5, дает постоянную величину. Отсюда заключаем, что вообще $\frac{u_\lambda}{T^5} = F(T\lambda)$ или, помножив обе части равенства на $T^5\lambda^5$, получим $u_\lambda \lambda^5 = f(T\lambda)$, это соотношение называется соотношением Вина. Сама же, пока неизвестная, ф-ия $f(T\lambda)$ должна удовлетворять закону Стефана, т. е. при каком-нибудь T

$$u = aT^4 = \int_0^\infty u_\lambda d\lambda = \int_0^\infty \lambda^{-5} f(T\lambda)\, d\lambda.$$

Было указано, что если вычертить для какой-нибудь $t°$ кривую u_λ в зависимости от λ, то кривая имеет по крайней мере один максимум. Теперь имеем

$$u_\lambda = \lambda^{-5} f(T\lambda), \quad \frac{du_\lambda}{d\lambda} = -5\lambda^{-6} f(T\lambda) + \lambda^{-5} T f'(T\lambda)$$

и для максимума

$$\frac{5}{\lambda T} = \frac{f'(T\lambda)}{f(T\lambda)}.$$

Отсюда $f_m(T\lambda) = a(\lambda T)^5$, где f_m—значение ф-ии для $u_\lambda = max$, следовательно $u_{\lambda\,max} = a_1 T^5$, т. е. если мы построим изотермы в системе λ, u_λ, то максимальные значения ординат этих изотерм пропорциональны T^5 или, что то же, лежат на одной адиабате. Это соотношение также называется законом Вина. Теперь остается отыскать вид ф-ии $f(T\lambda)$. Эта ф-ия не есть простой алгебраич. многочлен, т. к. обращается в 0 и при $\lambda = 0$ и при $\lambda = \infty$. Она м. б. какой-нибудь показательной ф-ией $T\lambda$. Заранее видно, что удовлетворить соотношение Стефана можно разными ф-иями, и разумеется каждая из таких ф-ий д. б. проверена по опытным данным над зависимостью u_λ от $T\lambda$—так наз. распределением спектральной энергии. В отыскании какой-нибудь из этих неизвестных ф-ий мы можем пойти следующим путем. Возьмем неопределенный интеграл $\int \lambda^{-5} f(T\lambda)\, d\lambda$ и, интегрируя по частям, напишем:

$$\int \lambda^{-5} f(T\lambda)\, d\lambda = \lambda^{-5} f_1(T\lambda) + 5\int \lambda^{-6} f_1(T\lambda)\, d\lambda,$$

где

$$f_1(T\lambda) = \int f(T\lambda)\, d\lambda.$$

Чтобы освободиться постепенно от множителя под интегралом, попробуем наложить на $f_1(T\lambda)$ условие $f_1(T\lambda) = \lambda^2 f(T\lambda)$. Тогда получаем дифференциальное ур-ие (рассматривая T как постоянное)

$$\frac{d}{d\lambda}[\lambda^2 f(\lambda)] = f(\lambda) = 2\lambda f(\lambda) + \lambda^2 f'(\lambda),$$

т. е. $\frac{f'(\lambda)}{f(\lambda)} = \frac{1 - 2\lambda}{\lambda^2}$ и, интегрируя, имеем

$$\ln f(\lambda) = -\frac{1}{\lambda} - 2\ln\lambda,$$

т. е.

$$f(\lambda) = \frac{e^{-\frac{1}{\lambda}}}{\lambda^2}.$$

Следовательно в наших целях мы можем взять $f(T\lambda)=\frac{e^{-\frac{a}{T\lambda}}}{T^2\lambda^2}$ и непосредственно убеждаемся, что

$$\int \frac{e^{-\frac{a}{T\lambda}}}{T^2\lambda^2}\,d\lambda = \frac{T}{a}\lambda^2 f(T\lambda),$$

продиференцировав обратно выражение $\frac{T}{a}\lambda^2$. $\cdot f(T\lambda)=\frac{1}{aT}e^{-\frac{a}{T\lambda}}$ по λ. Т. о., взяв $f(T\lambda)=\frac{e^{-\frac{a}{T\lambda}}}{T^2\lambda^2}$, получаем постепенное уменьшение показателя при λ. Но мы можем взять и просто $f(T\lambda)=e^{-\frac{a}{T\lambda}}$ и написать $\lambda^{-5}e^{-\frac{a}{T\lambda}}=\frac{\lambda^{-3}e^{-\frac{a}{T\lambda}}}{T^2\lambda^2}T^2$. Тогда имеем

$$\int \lambda^{-5}e^{-\frac{a}{T\lambda}}\,d\lambda=\int\frac{\lambda^{-3}e^{-\frac{a}{T\lambda}}}{T^2\lambda^2}T^2d\lambda=$$

$$=\lambda^{-1}\frac{T^3}{a}\frac{e^{-\frac{a}{T\lambda}}}{T^2\lambda^2}+3\frac{T^3}{a}\int\lambda^{-2}\frac{e^{-\frac{a}{T\lambda}}}{T^2\lambda^2}\,d\lambda$$

и, взяв определенный интеграл в пределах $\infty, 0$, получим

$$\int_0^\infty \lambda^{-5}e^{-\frac{a}{T\lambda}}\,d\lambda=\int_0^\infty\frac{T}{a}\frac{e^{-\frac{a}{T\lambda}}}{\lambda^3}+\frac{3T^3}{a}\int_0^\infty\lambda^{-2}\frac{e^{-\frac{a}{T\lambda}}}{T^2\lambda^2}\,d\lambda.$$

Но $\int_0^\infty\frac{e^{-\frac{a}{T\lambda}}}{\lambda^3}=\frac{1}{\infty}-\frac{0}{0}$, для определения $\frac{0}{0}$ полагаем $\lambda=\frac{c}{q}$, тогда $\frac{e^{-\frac{a}{T\lambda}}}{\lambda^3}=\frac{q^3}{c^3e^{\frac{aq}{cT}}}$, но при $\lambda=0$, $q=\infty$, и известными приемами убеждаемся, что неопределенность есть 0. Следовательно

$$\int_0^\infty\lambda^{-5}e^{-\frac{a}{T\lambda}}\,d\lambda=\frac{3T^3}{a}\int_0^\infty\lambda^{-2}\frac{e^{-\frac{a}{T\lambda}}}{T^2\lambda^2}\,d\lambda.$$

Производя дальнейшее интегрирование по частям, мы последовательно будем иметь количества, стоящие вне интеграла, равными нулю, и останется лишь количество

$$\frac{6T^5}{a^3}\int_0^\infty\frac{e^{-\frac{a}{T\lambda}}}{T^2\lambda^2}\,d\lambda=\frac{6T^4}{a^4}$$

или просто aT^4. Т. о. убеждаемся непосредственно, что $e^{-\frac{a}{T\lambda}}$ есть одна из ф-ий, удовлетворяющая соотношению Стефана. Но если $e^{-\frac{a}{T\lambda}}$ удовлетворяет этому уравнению, то и сумма $b\left(e^{-\frac{a}{T\lambda}}+e^{-\frac{2a}{T\lambda}}+\ldots\right)=\frac{b}{e^{\frac{a}{T\lambda}}-1}$ тоже ему очевидно удовлетворяет, и следовательно можно положить $f(T\lambda)=\frac{b}{e^{\frac{a}{T\lambda}}-1}$, так. обр. $u_\lambda=\frac{1}{\lambda^5}\cdot\frac{b}{e^{\frac{a}{T\lambda}}-1}$.

Это и есть известная ф-ла М. Планка для распределения спектральной энергии, выведенная им при помощи рассмотрения системы резонаторов и введения понятия о квантах.

Здесь однако, как видно, дело идет просто о нахождении ф-ии, удовлетворяющей соотношению Стефана, с одной стороны, и опытам по распределению спектральной энергии,—с другой. Проверка в последнем соотношении необходима, т. к. можно, как сказано, подобрать ряд ф-ий, удовлетворяющих соотношению Стефана. Напр., идя по указанному выше пути, мы можем наложить на искомую ф-ию условие

$$f_1(\lambda)=\lambda^3 f(\lambda)$$

и получаем ур-ие

$$f(\lambda)=3\lambda^3 f(\lambda)+\lambda^3 f'(\lambda),$$

отсюда

$$f(\lambda)=\frac{e^{-\frac{1}{\lambda^2}}}{\lambda^3},$$

или

$$f(T\lambda)=\frac{e^{-\frac{a_1}{T^2\lambda^2}}}{T^2\lambda^2}.$$

Далее, как и в первом случае, берем

$$f(T\lambda)=e^{-\frac{a_1}{T^2\lambda^2}},$$

а затем сумму таких ф-ий, т. е.

$$f(T\lambda)=\frac{b_1}{e^{\frac{a_1}{T^2\lambda^2}}-1},$$

что дает

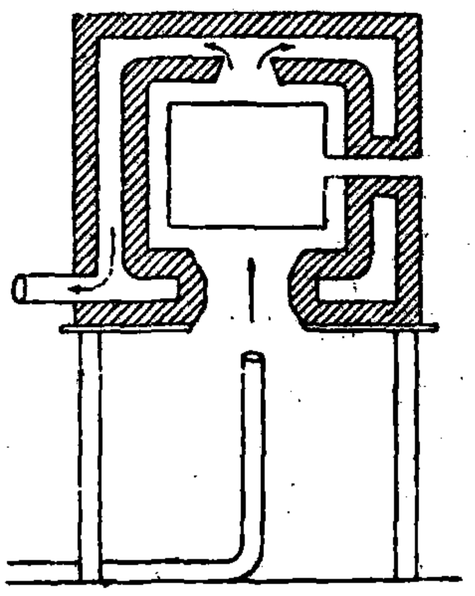
$$u_\lambda=\frac{1}{\lambda^5}\frac{b_1}{e^{\frac{a_1}{T^2\lambda^2}}-1}.$$

Затем можно комбинировать оба выражения в сумму, т. е. положить

$$u_\lambda=\frac{1}{\lambda^5}\left(\frac{b}{e^{\frac{a}{T\lambda}}-1}+\frac{b_1}{e^{\frac{a_1}{T^2\lambda^2}}-1}\right);$$

Далее можно взять $f(T\lambda)=be^{-\frac{a}{T\lambda}}+b_1e^{-\frac{a_1}{T\lambda}}+\ldots$ и т. п. Так же можно отыскать и иного вида ф-ии. Не нужно разумеется усложнять дело, и с этой точки зрения ф-ла М. Планка как наиболее простая заслуживает предпочтения.

Обратимся теперь к опытам. Прежде всего в опыте нужно воспроизвести «черное» излучение. Мы видели, что всякое замкнутое пространство, не пропускающее наружу лучистой энергии и находящееся в температурном равновесии, имеет «черное» излучение. Поэтому представим себе сферич. или другой какой-либо формы пространство, окруженное непроницаемой оболочкой и поддерживаемое каким-либо источником тепла при постоянной T. Если теперь мы устроим узкий канал в этой замкнутой системе, идущий изнутри в наружную среду, то при условии ненарушения темп-рного равновесия получим «черное» излучение данной $t°$. На фиг. 32 показано одно из простейших «черных» тел: железный ящик в шамотной печи с узким каналом наружу. Вместо металлич. ящика для высоких $t°$ берут пустой угольный цилиндр, также окруженный непроницаемой



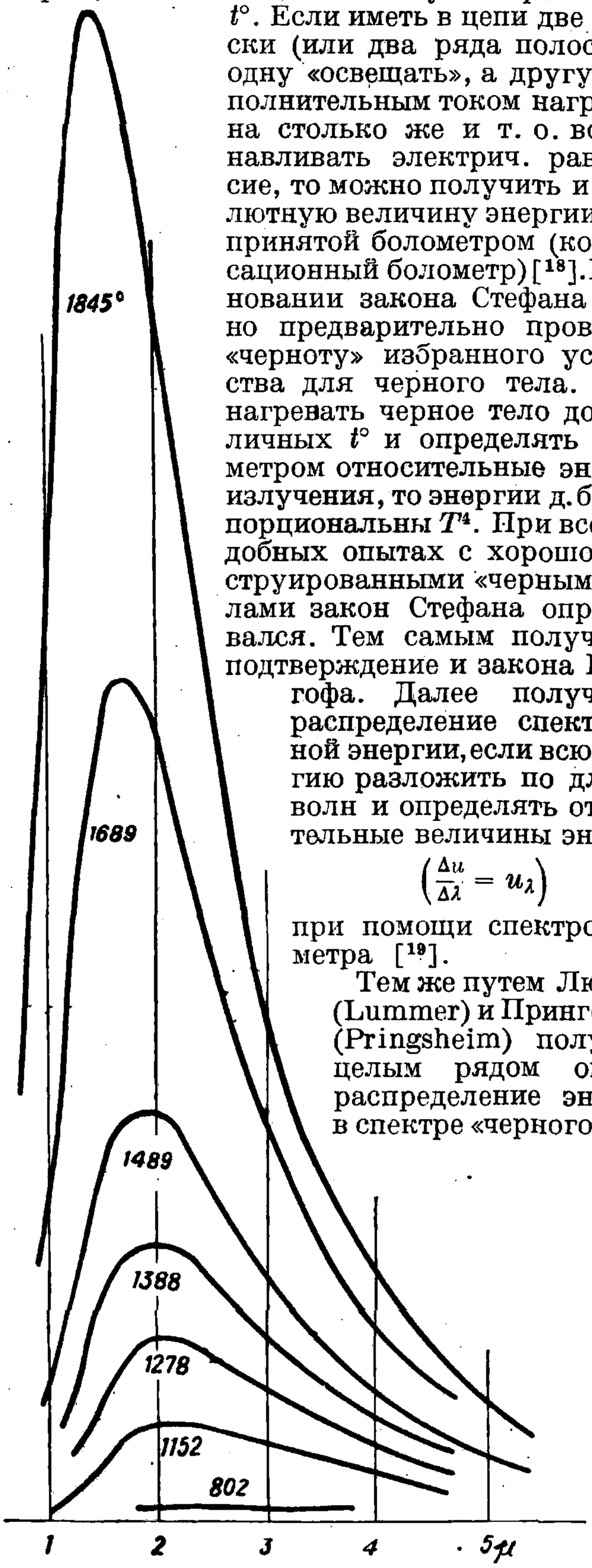
Фиг. 32.

оболочкой и отапливаемый электрич. током [17]. Энергия излучения измеряется болометром. Инструмент этот, как известно, основан на принципе изменения сопротивления в электрич. токе при изменении $t°$. Поэтому, если очень тонкую металлич. зачерненную полоску или ряд таких полосок, находящихся в электрич. цепи, подвергнуть действию лучистого тепла и тем изменить $t°$, сейчас же изменяется сопротивление, а по нему можно судить и об относительной величине энергии, воспринятой болометром, если «освещать» его лучами различной $t°$. Если иметь в цепи две полоски (или два ряда полосок) и одну «освещать», а другую дополнительным током нагревать на столько же и т. о. восстанавливать электрич. равновесие, то можно получить и абсолютную величину энергии, воспринятой болометром (компенсационный болометр) [18]. На основании закона Стефана можно предварительно проверить «черноту» избранного устройства для черного тела. Если нагревать черное тело до различных $t°$ и определять болометром относительные энергии излучения, то энергии д. б. пропорциональны T^4. При всех подобных опытах с хорошо конструированными «черными» телами закон Стефана оправдывался. Тем самым получается подтверждение и закона Кирхгофа. Далее получается распределение спектральной энергии, если всю энергию разложить по длинам волн и определять относительные величины энергий

$$\left(\frac{\Delta u}{\Delta \lambda} = u_\lambda\right)$$

при помощи спектроболометра [19].

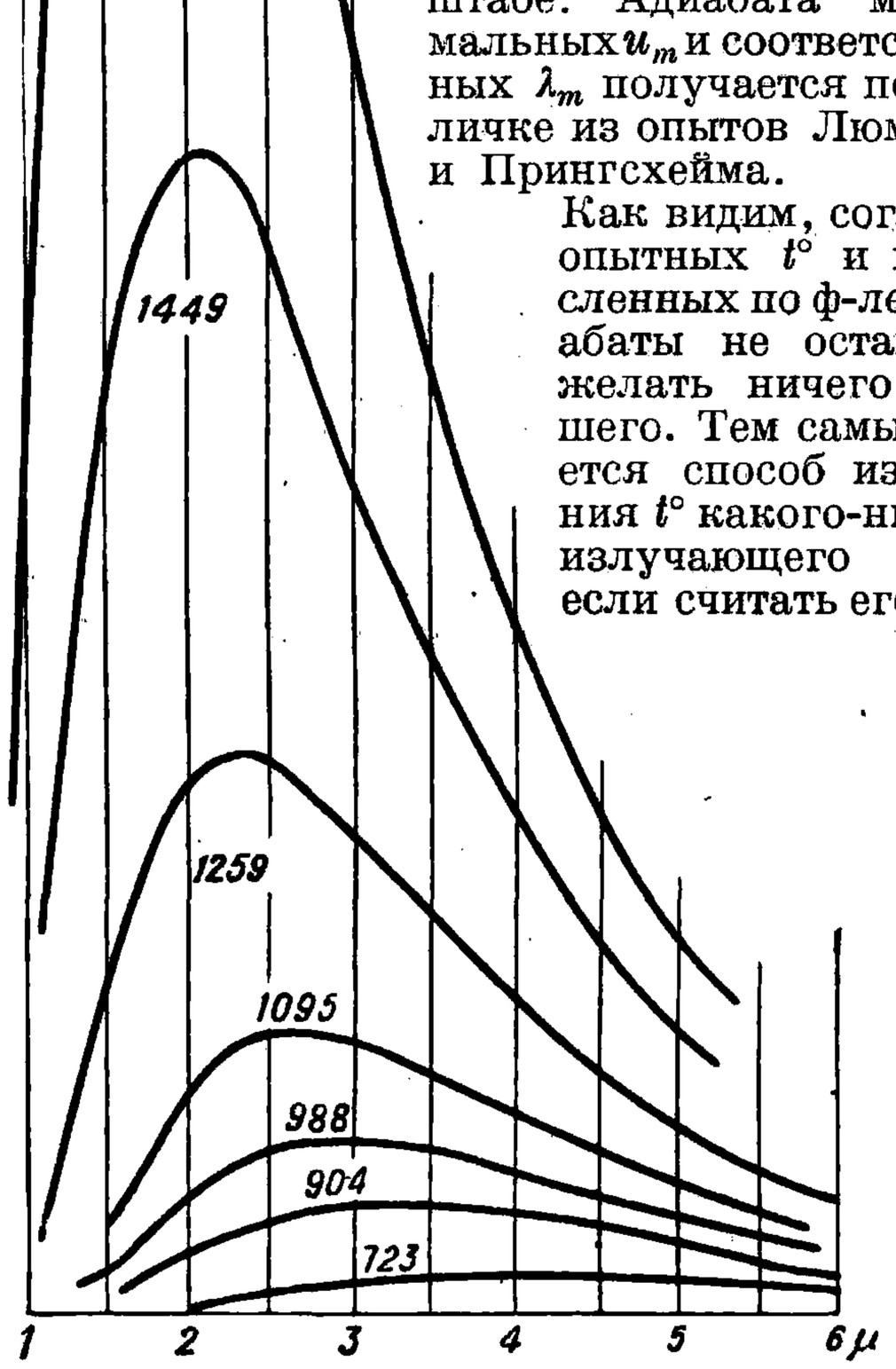
Тем же путем Люммер (Lummer) и Прингсхейм (Pringsheim) получили целым рядом опытов распределение энергии в спектре «черного» тела



Фиг. 33.

и для сравнения также в спектре полированной платины. Здесь даны изображения полученных изотерм в системе λ, u_λ, где для u_λ даются лишь сравнительные величины (фиг. 33, 34). Для «черного» спектра получается полное подтверждение законов Вина, т. е. $\lambda_m T = \text{Const}$, где λ_m — длина волны для максимального значения u_λ при данных T и $u_m \cdot T^{-5} = \text{Const}$, где u_m — максимальное значение (сравнительное) u_λ. Можно было бы вычертить все изотермы, зная только одну опытную в достаточно обширной области. Мы можем провести из точек опытной изотермы ряд адиабат по ур-иям $\lambda T = \lambda_1 T_1$ и $\frac{u_\lambda}{T^5} = \frac{u_{\lambda_1}}{T_1^5}$ и на них отметить точки с одинаковой $t°$. Т. о. можно получить сеть адиабат и изотерм, если опытная изотерма вычерчена в соответственно хорошем масштабе. Адиабата максимальных u_m и соответственных λ_m получается по табличке из опытов Люммера и Прингсхейма.

Как видим, согласие опытных $t°$ и вычисленных по ф-ле адиабаты не оставляет желать ничего лучшего. Тем самым дается способ измерения $t°$ какого-нибудь излучающего тела, если считать его черным. Определяется спектроболометром кривая значений u_λ для испытуемого тела и по ней u_m. Для сравнения масштабов определяем

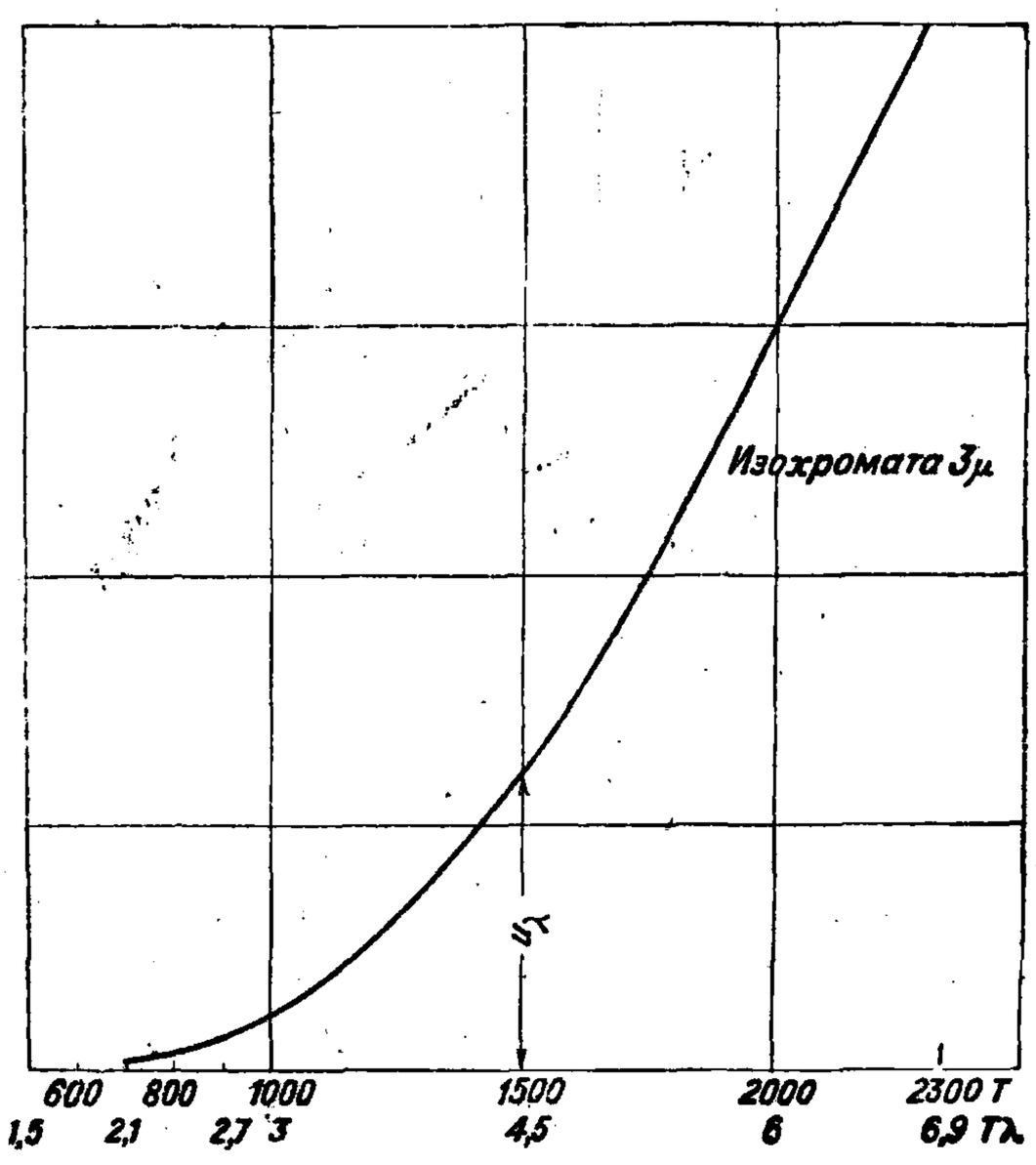


Фиг. 34.

Значение величин A, B и T.

T	λ_m	u_m	$A=\lambda_m T$	$B=u_m T^{-5}$	$T=\sqrt[3]{u_m/B_m}$
1 646	1,73	270,6	2 928	$2\,246\cdot10^{-17}$	1 653,5
1 460,4	2,04	145,0	2 979	$2\,184\cdot10^{-17}$	1 460,0
1 259,0	2,35	68,8	2 959	$2\,176\cdot10^{-17}$	1 257,5
1 094,5	2,71	34,0	2 936	$2\,164\cdot10^{-17}$	1 092,3
988,5	2,96	21,5	2 956	$2\,166\cdot10^{-17}$	996,5
908,5	3,28	13,66	2 980	$2\,208\cdot10^{-17}$	910,1
723	4,08	4,28	2 950	$2\,166\cdot10^{-17}$	721,5
621,2	4,53	2,026	2 814	$2\,190\cdot10^{-17}$	621,3
			$A_m=2\,940$	$B_m=2\,188\cdot10^{-17}$	

параллельно показания инструмента для конструированного «черного» тела при известной T_1 и по ним u_{m_1}. Далее по равенству $\frac{u_m}{T^5} = \frac{u_{m_1}}{T_1^5}$ определяется T. Но так как тела в природе вообще не могут быть названы абсолютно черными, то необходимо для сравнения иметь спектр заведомо нечерного тела, например сильно отражающего металла, каким является полированная платина (фиг. 34). Здесь уже будут несколько иные законности. Максимальные значения λ_m удовлетворяют соотношению $\lambda_m T = \text{Const}$, но значения u_m удовлетворяют скорее соотношению $\frac{u_m}{T^6} = \text{Const}$. Пользуясь этим, теми же приемами определяют $t°$ тела, если бы оно обладало свойствами платины. Таким путем получают пределы, между к-рыми лежит $t°$ тела, напр. для свечи (т. н. нормальной) получены числа 1 960 и 1 750. Но кроме изотерм, к-рые, как было уже сказано, м. б. получены из одной только опытной изотермы, мы можем получить в системе T, u_λ изохроматы, т. е. кривые u_λ в ф-ии T для черного излучения одной и той же длины волны. Взяв напр. опытную изотерму в 1 650°, мы получим изохромату для $\lambda = 3\mu$ из соотношений $\lambda \cdot 1\,650 = 3\mu \cdot T$ и $\frac{u_{3\mu}}{T^5} = \frac{u_\lambda}{1\,650^5}$. По первому равенству, взяв определенную T, получим λ, т. е. точку на изотерме 1 650°, где адиабата из точки 3μ, T пересекает эту изотерму. По этой длине λ узнаем на опытной изотерме в 1 650° соответственное u_λ и по второму равенству узнаем $u_{3\mu}$ искомой точки. Задаваясь различными T и узнавая различные u_λ, строим изохромату. На фиг. 35 показана изохромата 3μ. Подобные



Фиг. 35.

изохроматы могут также служить для определения $t°$ тела. Если исследовать спектроболометром небольшую область излучения данного тела между $\lambda = 2{,}5\,\mu$ и $\lambda = 3{,}5\,\mu$ (или более узкую), то можно определить $u_{3\mu}$, далее для сравнения масштабов то же сделать для «черного» тела известной T и затем по изохромате определить T для тела.

По существу как изотермы, так и изохроматы представляют собой ф-лу распределения спектральной энергии только в виде графика, и всякая аналитич. ф-ла должна с известной точностью передавать его. В частности ф-ла Планка, как известно, довольно хорошо подходит к опытам Люммера и Прингсхейма [18]. Собственно каждая изохромата дает в известном масштабе графически вид ф-ий $f(T\lambda)$ в соотношении $u_\lambda = \lambda^{-5} f(T\lambda)$. Действительно возьмем изохромату $3\,\mu$ и вместо абсцисс T подставим абсциссы $T\lambda$, т. е. $900° \cdot 0{,}003 = 2{,}7$; $1\,000° \cdot 0{,}003 = 3$ и т. д. Тогда различные ординаты будут равны $f(T\lambda)$, т. е. в известном масштабе представляют $f(T\lambda)$ в зависимости от $T\lambda$. Т. о. любая изохромата м. б. в этой системе получена простым изменением ординат для $3\,\mu$ в отношении

$$\frac{(3\mu)^5}{(n\mu)^5} = \left(\frac{3}{n}\right)^5,$$

и каждая кривая дает одну и ту же ф-ию, только в разных масштабах; и как из одной опытной изотермы мы получим другие изотермы и изохроматы, так и из одной изохроматы получаем разные изохроматы и изотермы применением термодинамич. соотношений. Поэтому формулу М. Планка нужно проверить только для одной изохроматы. Мы возьмем согласно Люммеру и Прингсхейму в ф-ле М. Планка $a = 14{,}6$ *мм* · °K и затем определим b, вставив u_λ для 1 400° и для 1 460°, взятые по изохромате, в ф-лу. Среднее из полученных значений дает $\lg\left(\frac{b}{0{,}003^5}\right) = 3{,}1824$. Затем вычисляем u_λ для 900°, 1 260°, 1 650°, 2 000°, 2 500° и сравниваем с данными изохроматы:

T	Изохр.	М. Планка
900	6,78	6,85
1 260	32,6	32,7
1 650	83,6	84,13
2 000	149,9	116,1
2 500	255,6	253,5

До 1 650° согласие не оставляет желать ничего лучшего, дальше идут расхождения, но небольшие. Легко видеть, что если бы мы взяли ф-лу в виде

$$u_\lambda = be^{-\frac{a}{T\lambda}} + be^{-\frac{a_1}{T\lambda}} + b_2 e^{-\frac{a_2}{T\lambda}} + \ldots,$$

то, подбирая последовательно коэф-ты b и a, мы могли бы удовлетворить изохромате на любом протяжении, аналогично тому, как это делает Каммерлинг-Оннес для ур-ия газов. Но такие ф-лы, отличаясь сложностью, не могут иметь практич. значения, поэтому, как было уже сказано, нужно отдать предпочтение ф-ле М. Планка по ее сравнительной простоте, пока не имеется непосредственных опытов при высоких $t°$ (выше 2 500°) или при 1 650° для более длинных волн. Мы видели, что ф-ла получается без каких-либо гипотез и совершенно не зависит от понятия о квантах. Поэтому с термодинамич. стороны все вопросы о квантитативном испускании и непрерывном поглощении лучистой энергии являются излишними.

Но с формулой М. Планка связана теория де-Бройля, объединяющая корпускульную и волновую теории света. Она выходит из следующих элементарных соображений. Какое-либо колебание всегда состоит из простых гармонич. колебаний, и последнее характеризуется соотношением

$$S = A \sin 2\pi (nt + \psi),$$

где S — отклонение от среднего положения колеблющейся частицы, n—число колебаний в ск., t—время, ψ—некоторое начальное постоянное. Выражение $\varphi = 2\pi(nt + \psi)$ называется фазой волны. Если скорость распространения волны есть v, то для какого-нибудь расстояния x от начальной точки фаза очевидно будет

$$\varphi_x = 2\pi\left[n\left(t - \frac{x}{v}\right) + \psi\right].$$

Предположим, что имеем еще другую волну с числом колебаний $n + dn$ и скоростью распространения

$$v + \frac{\partial v}{\partial n} dn,$$

и найдем точку x, где фазы обеих волн будут одинаковы. Тогда мы имеем соотношение $\varphi_x = \varphi_x + \frac{\partial \varphi_x}{\partial n} dn$, т. е. $\frac{\partial \varphi_x}{\partial n} = 0$ или

$$2\pi t - 2\pi x \cdot \frac{d\left(\frac{n}{v}\right)}{dn} + 2\pi \frac{d\psi}{dn} = 0.$$

Отсюда

$$x = \frac{1}{\frac{d\left(\frac{n}{v}\right)}{dn}}\left(t + \frac{d\psi}{dn}\right).$$

Соотношение показывает, что точка x будет двигаться со скоростью

$$w = \frac{1}{\frac{d\left(\frac{n}{v}\right)}{dn}}$$

и будет служить центром двух волн с колебаниями n и $n + dn$. Мы можем представить себе аналогично, что из точки x выходит целый ряд волн с колебаниями от n до $n + \Delta n$ при Δn достаточно малом, и точка x двигается со скоростью w, к-рую можно принять:

$$w = \frac{1}{\frac{d\left(\frac{n}{v}\right)}{dn}}.$$

Эта точка будет энергетич. центром этих волн, т. к. колебания различных волн с малыми разностями фаз в ней будут складываться. Это и будет по де-Бройлю корпускулой.

Теперь представим, что имеем излучение с длинами волн от λ до $\lambda + \Delta\lambda$. Мы можем положить, что в этом излучении имеется целый ряд подвижных энергетических центров. Пусть число их равно N_0, причем N_0—большое число. Различные центры будут иметь различные энергии, к-рые можно принять различающимися хотя и на малые, но конечные величины. Пусть N_1 центров имеют энергию, равную нулю, $N_2 - N_1$—энергию (каждый) $E\Delta\lambda$, $N_3 - N_2$—$2E\Delta\lambda$, $N_4 - N_3$—$3E\Delta\lambda$ и т. д. Энергия всего движения будет

$$E\Delta\lambda(N_2 - N_1) + 2E\Delta\lambda(N_3 - N_2) + 3E\Delta\lambda(N_4 - N_3) + \ldots$$

Но, с другой стороны, по ф-ле М. Планка энергию излучения в этом случае можно принять

$$u_\lambda \Delta\lambda = \lambda^{-5}\Delta\lambda \frac{b}{e^{\frac{a}{T\lambda}} - 1} =$$

$$= \lambda^{-5} \cdot b\left(e^{-\frac{a}{T\lambda}} - e^{-\frac{2a}{T\lambda}} + \ldots\right)\Delta\lambda =$$

$$= \lambda^{-5} \cdot b \cdot \Delta\lambda\left[\left(e^{-\frac{a}{T\lambda}} - e^{-\frac{2a}{T\lambda}}\right) + 2\left(e^{-\frac{2a}{T\lambda}} - e^{-\frac{3a}{T\lambda}}\right) + 3\left(e^{-\frac{3a}{T\lambda}} - e^{-\frac{4a}{T\lambda}}\right) + \ldots\right]$$

и мы можем при сравнении обоих выражений энергии излучения положить

$$N_2 - N_1 = N_0\left(e^{-\frac{a}{T\lambda}} - e^{-\frac{2a}{T\lambda}}\right),$$

$$N_3 - N_2 = N_0\left(e^{-\frac{2a}{T\lambda}} - e^{-\frac{3a}{T\lambda}}\right),$$

. . . . . .

. . . . . .

$$N_0 - N_m = N_0\left(e^{-\frac{a(m-1)}{T\lambda}} - e^{-\frac{am}{T\lambda}}\right),$$

где m—число групп (тоже большое) с одинаковыми энергиями. Теперь, помножив первое равенство на $E\Delta\lambda$, второе на $2E\Delta\lambda$ и т. д., сложив и сравнив при m = большому числу с ф-лой М. Планка, получим $EN_0 = b\lambda^{-5}$. Примем теперь $E = \frac{ck}{\lambda}$, где k—нек-рая величина, тогда $N_0 = \frac{b\lambda^{-4}}{ak}$ и N_0 м. б. большим числом при достаточно малом k, а E будет малой величиной. Далее по равенству $n\lambda = v$ получим $E = \frac{akn}{v}$. Здесь v—величина, зависящая от n, но мы можем подобрать k всегда таким, чтобы $\frac{ak}{v} = h = \text{Const}$ и тогда $E = hn$. Величина E, пропорциональными к-рой являются разности между энергиями различных энергетич. центров, и будет носить название основной световой кванты для числа n колебаний. Т. о. все излучения с колебаниями от n до $n + \Delta n$ (или с длинами волн от λ до $\lambda + \Delta\lambda$) представятся исходящими от целого ряда подвижных энергетич. центров с энергиями, пропорциональными основной световой кванте, и символически можно говорить о движении световых волновых квант.

Но если мы применим к этому случаю обычное ур-ие механики для изменения энергии какой-нибудь движущейся точки с массою m (в общем случае переменной), то имеем, назвав скорость точки через w,

$$w\,dt \cdot d\frac{(mw)}{dt} = f\,dE = fh\,dn,$$

где f—фактор пропорциональности. Отсюда

$$d(mw) = f\frac{hdn}{w} = fh\,dn\frac{d\left(\frac{h}{v}\right)}{dn},$$

т. к. скорость энергетич. центра $w = \frac{1}{\frac{d\left(\frac{n}{v}\right)}{dn}}$, следовательно

$$mw = f\frac{hn}{v} + \text{Const},$$

т. е.

$$m = \frac{fhn}{vw} + \frac{a}{w}.$$

Но при $w = 0$ масса m не м. б. $= \infty$, поэтому $a = 0$ и на том же основании $vw = \text{Const}$, т. е. $m = \frac{hn}{c^2}$, где c—нек-рая постоянная величина. Далее

$$\frac{d\left(\frac{n}{v}\right)}{dn} = \frac{1}{w} = \frac{1}{v} - \frac{n}{v^2}\frac{dv}{dn} = \frac{w}{c^2} + \frac{n}{c^2}\frac{dw}{dn},$$

т. е.

$$\frac{dn}{n} = \frac{wdn}{c^2\left(1 - \frac{w^2}{c^2}\right)},$$

и по интеграции

$$n = \frac{\text{Const}}{\sqrt{1-\frac{w^2}{c^2}}} = \frac{F}{\sqrt{1-\frac{w^2}{c^2}}},$$

далее

$$m = \frac{hn}{c^2} = \frac{hF}{c^2\sqrt{1-\frac{w^2}{c^2}}}.$$

Обозначим массу покоя через m_0, тогда $m_0 = \frac{hF}{c^2}$, $F = \frac{m_0c^2}{h}$ и следовательно $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{w^2}{c^2}}}$.

Таково выражение массы в механике де-Бройля, таково же оно и в теории относительности. Скорость w только тогда может равняться c, когда $m_0 = 0$, ибо m не может равняться ∞. Но $wv = c^2$, следовательно скорость корпускулы только тогда равняется скорости распространения волн, когда ее масса покоя равна 0. При нек-рой малой массе покоя скорость движения корпускулы будет меньше скорости распространения волн. Отсюда мы заключаем, что постоянная c в соотношении $wv = c^2$ есть скорость света, и корпускулы движутся со скоростью, меньшей, а волны идут со скоростью, большей c. Дальнейшие подробности и применение к теории атомного строения нужно искать в специальной литературе.

Приложение принципов Т. к химическим процессам. Предварительно предположим химич. процесс происходящим внутри газовых масс, следовательно в нек-рой газовой смеси. Для простоты берется ур-ие Мариотта-Гей-Люссака. Пусть γ—уд. в. газа, тогда ур-ие будет (т. к. $\gamma v = 1$) $\frac{p}{\gamma} = RT$, для другого газа при тех же p и T $\frac{p}{\gamma_1} = R_1T$; отсюда $\gamma R = \gamma_1R_1 = \ldots$, следовательно вообще $R = \frac{\gamma_0R_0}{\gamma}$, если γ_0 и R_0 отнести к водороду. Но, назвав мол. вес газа через m, а водорода через m_0, имеем $\frac{m}{m_0} = \frac{\gamma}{\gamma_0}$ и следовательно $R_m = R_0m_0 = R_1m_1 = \ldots$ Количество R_0m_0 можно принять равным 847. Т. о. если мы возьмем количество *кг* равным m, то получим

$$pvm = mRT = pV = 847,$$

где V—объем т. н. моля (*кг*/мол.). Число 847 в *кгм*/1°, а в калориях это будет ~1,985, т. ч. $ApV = 1{,}985\ T$. Если два газа взяты в количествах G_1 и G_2 *кг* при одинаковых T и p, то

$$pv_1G_1 = G_1R_1T,\ pv_2G_2 = G_2R_2T$$

и

$$\frac{v_1G_1}{v_2G_2} = \frac{G_1R_1}{G_2R_2} = \frac{V_1}{V_2}.$$

Если молекулярные веса будут m_1 и m_2, а число молекул n_1 и n_2, то $G_1 = n_1m_1$, $G_2 = n_2m_2$ и следовательно

$$\frac{n_1m_1R_1}{n_2m_2R_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2},$$

и при $V_1 = V_2$ получаем, что в равных объемах при одинаковых p и T число молекул однородного газа одно и то же для всех газов (закон Авогадро)—само по себе очевидное следствие принятого соотношения между молекулярными и уд. весами.

Для смеси однородных газов пользуемся законом парциальных давлений Дальтона, т. ч. если газы занимают один и тот же объем при нек-рой T, то

$$p_1v_1G_1 = G_1R_1T,\ p_2v_2G_2 = G_2R_2T,$$

при этом $v_1G_1 = v_2G_2 = \ldots = V$, и следовательно по сложению равенств $(p_1 + p_2 + \ldots)V = T\Sigma GR$ и по закону Дальтона $p_1 + p_2 + \ldots = P$, т. е.

$$PV = T\Sigma GR = Pv\Sigma G,$$

отсюда

$$\frac{T\Sigma GR}{\Sigma G} = Pv,$$

т. е. R смеси $= \frac{\Sigma GR}{\Sigma G}$. Представим по Цейнеру два газа в пространствах, разделенных перегородкой, с темп-рами T_1 и T_2, давлениями p_1 и p_2, объемами V_1 и V_2 и весами G_1 и G_2, затем перегородка уничтожается, и процессом диффузии (необратимым) оба газа занимают объем $V_1 + V_2$. Процесс шел без участия внешнего тепла и без внешней работы, следовательно для изменения общей внутренней энергии имеем

$$dU = 0 \text{ или } (G_1 + G_2)U = G_1U_{10} +$$

$$+G_1\left(c_1T_1 + \frac{a_1^2}{2}T_1^2\right) + G_2U_{20} + G_2\left(c_2T_2 + \frac{a_1^2}{2}T_2\right) =$$

$$= (G_1 + G_2)U_{30} + (G_1 + G_2)\left(c_3T_3 + \frac{a_3^2}{2}T_2^3\right),$$

и отсюда по сравнении постоянных количеств

$$U_{30} = \frac{\Sigma GU_0}{\Sigma G},$$

т. е. постоянное внутренней энергии вычисляется тем же способом, как и R, далее вычисляется по сравнении переменных членов общая $t°$ смешения, но для этого нужно знать c_3 и a_3.

Предположим, что $T_1 = T_2$, тогда для совершенных газов и $T_3 = T_1$, а отсюда $c_3 = \frac{\Sigma GC}{\Sigma G}$ и $a_3 = \frac{\Sigma Ga}{\Sigma G}$, т. е. вообще $c_v = \frac{\Sigma Gc_v}{\Sigma G}$, точно так же $c_p = \frac{\Sigma Gc_p}{\Sigma G}$. Процесс смешения газов, т. е. диффузии, есть процесс необратимый, и потому относительно энтропии смеси можно только тогда что-либо сказать, когда или каким-либо обратимым процессом мы вновь разделим газы или введем предположение б. или м. вероятное. Первый путь—М. Планка—предполагает, что мы можем иметь перегородки: одну—проницаемую для одного газа и непроницаемую для другого и другую—с теми же свойствами относительно другого газа. Тогда легко видеть, что можно устроить разделение газа путем обратимого процесса и в результате получить, что энтропия двух газов, имеющих одну и ту же $t°$ при смешении, равняется сумме энтропий отдельных газов. По поводу этого способа рассуждения можно только сказать, что если бы такие перегородки и существовали для всех газов, то процесс разделения наверно сопровождался бы явлением трения и поэтому был бы необратим, т. е. мы пришли бы к начальному затруднению. Второй путь, Пуанкаре, есть путь гипотезы, полагающий, что при смешении каждый газ диффундирует независимо от другого, и потому увеличение его энтропии происходит независимо от другого. Тогда до смешения мы имеем сумму энтропий, равную $G_1S_1 + G_2S_2$, при диффузии первый увеличивает энтропию на $G_1(S_{12} - S_1)$, где S_{12}—энтропия первого газа, занявшего объем смешения при T, для второго имеем увеличение, равное $G_1(S_{22} - S_2)$, и энтропия смеси равна

$$G_1S_1 + G_1(S_{12} - S_1) + G_2S_2 + G_2(S_{22} - S_2) =$$
$$= G_1S_{12} + G_2S_{22},$$

т. е. энтропия газов, смешивающихся при T, равна сумме энтропий отдельных газов, вы-

численных в предположении, что каждый газ диффундирует независимо от другого. Гипотеза о независимости диффузии аналогична закону Дальтона относительно парциальных давлений.

Рассмотрим теперь явления химич. реакций в газообразной среде. Химическая реакция м. б. обратима, и наряду с процессом соединения может итти и процесс распада. Это обозначается по Вант-Гоффу стрелками—знак химического равновесия, например

$$2H_2+O_2 \rightleftarrows 2H_2O, \quad 2Cl_2+2H_2O \rightleftarrows 4ClH+O_2$$

и в общем

$$n_1' \cdot M_1' + n_2' M_2' + \ldots \rightleftarrows n_1'' M_1'' + n_2'' M_2'' + \ldots$$

Вследствие обратимости мы можем применить основные термодинамич. соотношения к химич. реакциям. Возьмем ф-ию F, имеем $dF = d(TS-U) = S\,dT + AP\,dV$. Реакция может итти изотермически, т. к. в случае образования или поглощения тепла можем внешней средой воздействовать соответствующим образом. В этом случае $dF = AP\,dV$. Рассмотрим сначала простейшую реакцию—сгорание водорода в кислороде. Пусть β_1—мол. вес водорода, β_2—кислорода, β_3—паров воды, n_1, n_2, n_3—числа молекул, x—доля *кг*, относящаяся к гремучему газу, и $(1-x)$—то же для паров воды. Тогда имеем:

$$xn_1\beta_1 \text{ кг } H_2 = \gamma_1,$$
$$xn_2\beta_2 \text{ кг } O_2 = \gamma_2,$$
$$(1-x)\,n_3\beta_3 \text{ кг } H_2O = \gamma_3$$

и по формуле соединения $n_1\beta_1 + n_2\beta_2 = n_3\beta_3$. Кроме того имеем $n_1\beta_1 x\, p_1v_1 = RTn_1\beta_1x$ или $n_1\beta_1xp_1v_1 = R_mTn_1x$ и далее

$$n_2\beta_2xp_2v_2 = R_mTn_2x,$$
$$n_3\beta_3(1-x)\,p_3v_3 = R_mTn_3(1-x)$$

и так как

$$n_1\beta_1xv_1 = V = n_2\beta_2xv_2 = n_3\beta_3(1-x)\,v_3,$$

то по сложении и по закону Дальтона получим

$$PV = R_mT[n_1x + n_2x + n_3(1-x)],$$

откуда видим, что можем иметь $T = \text{Const}$ и $V = \text{Const}$ или $T = \text{Const}$ и $P = \text{Const}$, так как вместо трех параметров имеем 4, т. е. P, V, T, x. Тогда

$$F = TS - U = F(S_1\gamma_1 + S_2\gamma_2 + S_3\gamma_3) - \{[U_{0_1} + f_1(T)]\gamma_1 + [U_{0_2} + f_2(T)]\gamma_2 + [U_{0_3} + f_3(T)]\gamma_3\},$$

где соответственно буквой S названа энтропия, U_0—постоянное внутренней энергии и $f(T)$—зависимость ее от T. При $T = \text{Const}$,

$$dF = T\Sigma\left(\gamma\frac{\partial S}{\partial v}dv + S\,d\gamma\right) - \Sigma U\,d\gamma.$$

Каждое из

$$S = \ln\left(T^{c_{v_0}}v^{AR}e^{f(T)}\right) + \text{Const} = \ln\left(T^{c_{v_0}}\left(\frac{V}{\gamma}\right)^{AR}e^{f(T)}\right) + \text{Const}$$

и следовательно

$$\frac{\partial S}{\partial v}dv = AR\frac{dv}{v} = \frac{AR\,dV}{V} - \frac{AR\,d\gamma}{\gamma}.$$

Т. о.

$$\Sigma\left(\gamma\frac{\partial S}{\partial v}dv + S\,d\gamma\right) = \Sigma(S-AR)\,d\gamma + \frac{dV}{V}\Sigma AR\gamma$$

и

$$dF = T\Sigma(S-AR)\,d\gamma - \Sigma U\,d\gamma + T\frac{dV}{V}\Sigma AR\gamma,$$

при этом

$$d\gamma_1 = n_1\beta_1\,dx, \quad d\gamma_2 = n_2\beta_2\,dx \text{ и } d\gamma_3 = -n_3\beta_3\,dx.$$

Тогда

$$\Sigma(S-AR)\,d\gamma = (S_1n_1\beta_1 + S_2n_2\beta_2 - S_3n_3\beta_3)\,dx - AR_m(n_1+n_2-n_3)\,dx,$$

так как

$$AR_1\beta_1 = AR_2\beta_2 = AR_3\beta_3 = AR_m,$$

далее по правилу смешения $T\Sigma AR\gamma = VP$ и следовательно

$$dF = T[S_1n_1\beta_1 + S_2n_2\beta_2 - S_3n_3\beta_3 - AR_m(n_1+n_2-n_3)]\,dx + AP\,dV - \Sigma U\,d\gamma = \Sigma Ap\gamma\,dV = AP\,dV.$$

Отсюда

$$T[S_1n_1\beta_1 + S_2n_2\beta_2 - S_3n_3\beta_3 - AR_m(n_1+n_2+n_3)] = \frac{1}{dx}\Sigma U d\gamma =$$
$$= [U_{0_1} + f_1(T)]\,n_1\beta_1 + [U_{0_2} + f_2(T)]\,n_2\beta_2 + [U_{0_3} + f_2(T)]\,n_3\beta_3.$$

Правая часть равенства даст разность внутренних энергий гремучего газа и паров воды, если бы произошел полный переход гремучего газа в пары воды. Примем $V = \text{Const}$, тогда это будет по первому принципу полным теплом реакции. Обозначим его через $Qn_3\beta_3$, тогда:

$$S_1n_1\beta_1 + S_2n_2\beta_2 - S_3n_3\beta_3 - AR_m(n_1+n_2-n_3) = \frac{Qn_3\beta_3}{T}.$$

В каждом из S имеем количество $v^{AR} = \left(\frac{V}{\gamma}\right)^{AR}$.

Назовем концентрацией вес какого-нибудь компонента на единицу объема и обозначим ее C, тогда

$$\frac{V}{\gamma} = \frac{1}{C} = C^{-1}; \quad \left(\frac{V}{\gamma}\right)^{AR} = C^{-AR},$$

а в $S_1n_1\beta_1$ под знаком ln будет $C_1^{-ARn_1\beta_1} = C_1^{-AR_{mn_1}}$ и следовательно в общем выражении под знаком ln будет

$$\left(\frac{C_1^{-n_1}C_2^{-n_2}}{C_3^{-n_3}}\right)^{AR_m}.$$

Остальные члены в равенстве между Q и энтропиями будут ф-иями $t°$ или постоянными, и следовательно мы получим, что

$$\frac{C_1^{-n}C_2^{-n_2}}{C_3^{-n_3}}$$

или

$$\frac{C_1^{n_1}C_2^{n_2}}{C_3^{n_3}}$$

в изотермич. реакции, являясь ф-ией $t°$, будет величиной постоянной.

Нетрудно видеть, что мы будем иметь то же самое при скольких угодно компонентах реакций. Это есть закон концентраций Гульдберга и Вааге, т. ч. если n_1 молекул одного газа A_1 с n_2 молекул другого A_2, с n_3—третьего A_3 и т. д. дают соединение в n_1' молекул A_1', n_2' мол. A_2' и т. д., то при изотермической реакции [6]

$$\frac{C_1^{n_1}C_2^{n_2}\ldots}{C_1'^{n_1'}C_2'^{n_2'}\ldots} = K = \text{Const}.$$

Зависимость K от $t°$ м. б. разумеется выведена из основного соотношения, но удобно выразить эту зависимость в диференциальной форме. Возьмем производную по T от обеих частей равенства, приняв во внимание, что вообще

$$c_v = c_{v_0} + \psi(T), \quad dU = c_{v_0}dt + \psi(T)\,dt,$$

$$dS = \frac{c_{v_0}dt}{T} + \frac{\psi(T)}{T}dt + \frac{ARdv}{v},$$

получим по правилу смешения

$$\frac{d\ln K}{dT} = \frac{c_{v_{04}} - c_{v_{03}}}{T} n_3\beta_3 + \frac{[\psi_1(T) - \psi_3(T)]}{T} n_3\beta_3 + \frac{Qn_3\beta_3}{T^2} - \frac{n_3\beta_3}{T}\frac{dQ}{dT},$$

где знак 4 относится к гремучему газу, а 3—к водяным парам. Но $dQ = d(U_4 - U_3)$,

$$\frac{1}{T}\frac{dQ}{T} = \left(\frac{c_{v_{04}} - c_{v_{03}}}{T} + \frac{\psi_4(T) - \psi_3(T)}{T}\right) n_3\beta_3.$$

Отсюда

$$\frac{d\ln K}{dt} = \frac{Qn_3\beta_3}{T^2} = \frac{Q_1}{T^2},$$

где Q_1—все тепло при полном соединении и $V = \text{Const}$. Это соотношение принадлежит Вант-Гоффу и в этой форме удобно применимо для скольких угодно компонентов реакций.

В применении к реакции гремучий газ ⇄ водяные пары оба соотношения дают возможность вычислять степень диссоциации. Здесь $K = \frac{C_1^2 C_2}{C_3^2}$, и можно выразить концентрации через величину x. Действительно в этом случае имеем

$$V = \frac{RT}{P}(2 + x)$$

и следовательно

$$C_1 = \frac{2P\beta_1 x}{R_m T(2+x)}, \quad C_2 = \frac{P\beta_2 x}{R_m T(2+x)},$$

$$C_3 = \frac{2P\beta_3(1-x)}{R_m T(2+x)},$$

$$K = \frac{Px^3}{R_m T(2+x)(1-x)^2} \cdot \frac{\beta_1^2\beta_2}{\beta_3^2} = \frac{K_1\beta_1^2\beta_2}{\beta_3^2}.$$

Взяв ln и откидывая $\ln\frac{\beta_1^2\beta_2}{\beta_3^2}$ как постоянное, имеем

$$\frac{d}{dt}\ln K_1 = \frac{d}{dt}\ln\frac{Px^3}{R_m T(2+x)(1-x^2)} = \frac{Q_1}{AR_m T^2}.$$

По Нернсту (здесь на 2 моля H_2O)

$$Q = 113\,820 + 2{,}65\,T - 4{,}41\cdot10^{-4}T^2 + 1{,}252\cdot10^{-6}T^3 - 9{,}12\cdot10^{-10}T^4 + 4{,}36\cdot10^{-17}T^6.$$

После подстановки и соответственной интеграции, перехода на десятичные логарифмы и подстановки постоянного интеграции $J = -1{,}08$ (Нернст) получаем

$$\lg K_1 = -\frac{21\,900}{T} + 1{,}335\lg T - 0{,}965\cdot10^{-4}T + 0{,}137\cdot10^{-4}T^2 - 0{,}665\cdot10^{-10}\cdot T^3 + 0{,}191\cdot10^{-17}T^5 + J$$

и отсюда узнаем x, т. е. степень диссоциации в зависимости от T и P. Соответственно приводим из Нернста:

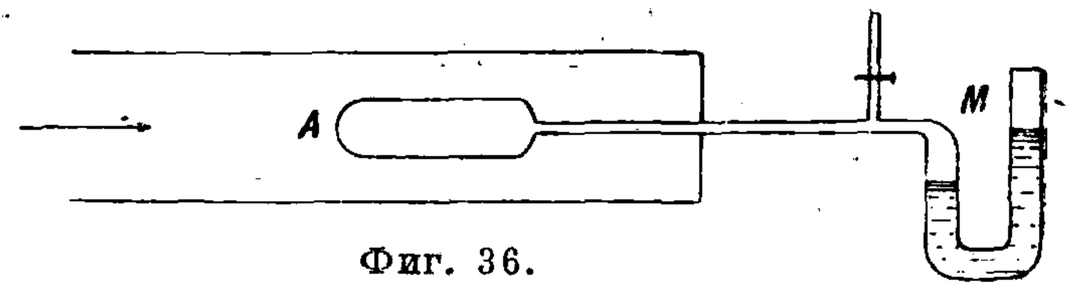
T	$100x$	
	1 *Atm*	100 *Atm*
2 500	4,21	0,927
3 500	30,9	7,79

Также для углекислого газа по формуле $2CO_2 \rightleftarrows 2CO + O_2$:

T	$100x$	
	1 *Atm*	100 *Atm*
2 500	17,6	4,09
3 500	83,2	39,8

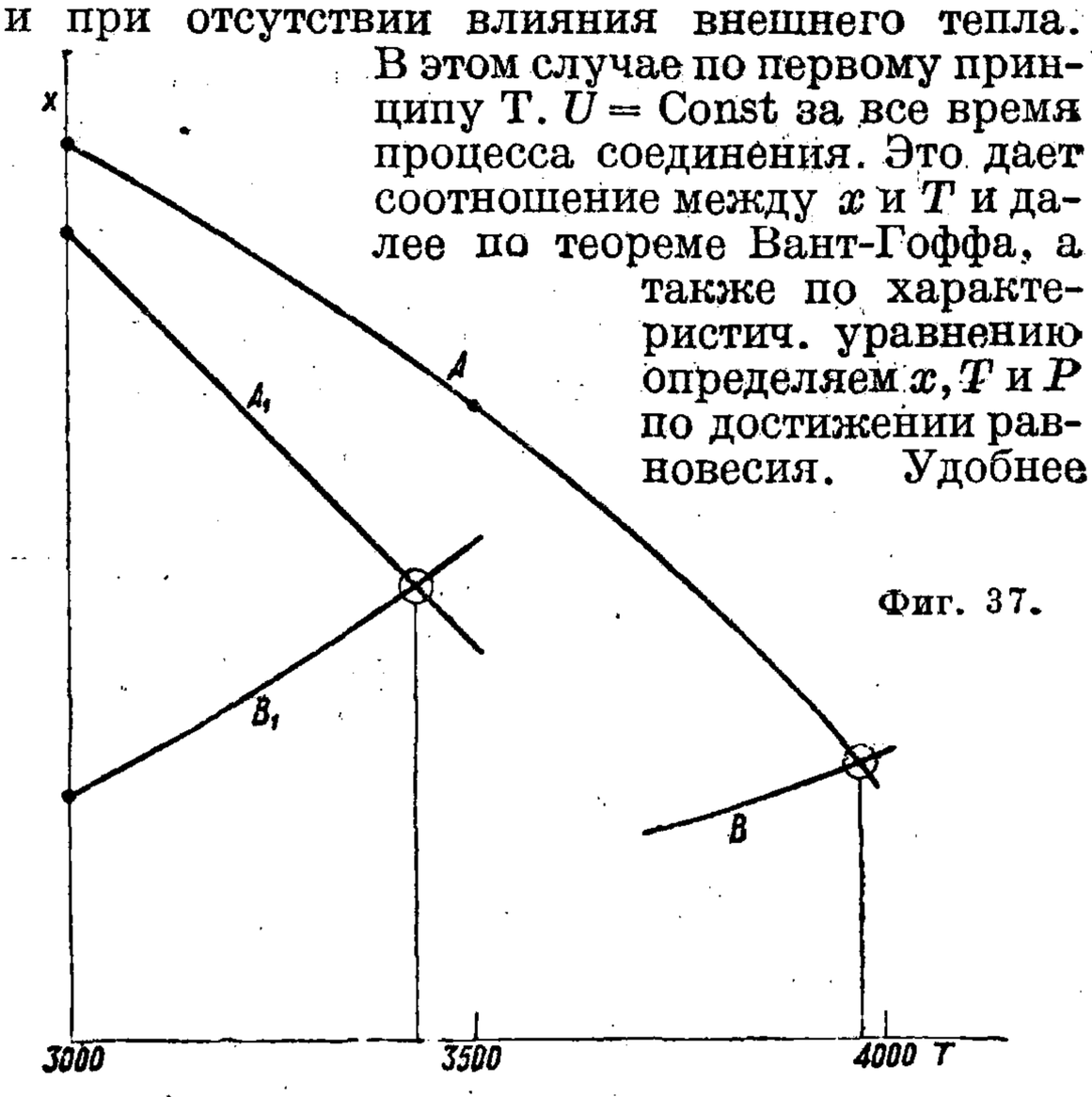
Таблички показывают, что распад углекислоты значительно больше при тех же условиях, чем распад паров воды. Повышение давления уменьшает распад, также уменьшает и избыток кислорода по соотношению Гульдберга и Вааге. Но по тому же соотношению всегда совместно с парами воды имеется и гремучий газ, только при $t°$ невысоких он имеется в ничтожных количествах, например при 1 000° и 1 *Atm* ~~100x~~ = 0,000026. Нужно заметить, что приведенные соотношения относятся, как уже сказано, к т. н. химич. равновесию, т. е. мы можем их наблюдать при процессах медленных. Поэтому напр. для наблюдения зависимости диссоциации водяных паров от T и P нужны особые методы; дающие уверенность, что мы имеем дело с установившимся равновесием при данных T и P.

Одним из таких методов в известной области T служит метод полупроницаемых стенок. Платина, иридий и палладий обладают при высоких T свойством пропускать водород и не пропускать других газов. Схему использования



Фиг. 36.

этого свойства дает фиг. 36. Здесь в электрич. печи при известной $t°$ текут медленно пары воды и встречают сосуд A (напр. из иридия), из к-рого предварительно удален воздух и на конце к-рого имеется манометр M. Водород, находящийся в смеси паров воды и гремучего газа, проникает в сосуд и по манометру узнают его парциальное давление и далее определяют процентное отношение. Разумеется в этом способе определяется диссоциация лишь при $p = 1\,Atm$. О других способах см. у Нернста [6]. Можно рассмотреть процесс сгорания водорода в кислороде при постоянном внешнем объеме и при отсутствии влияния внешнего тепла. В этом случае по первому принципу Т. $U = \text{Const}$ за все время процесса соединения. Это дает соотношение между x и T и далее по теореме Вант-Гоффа, а также по характеристич. уравнению определяем x, T и P по достижении равновесия. Удобнее



Фиг. 37.

решать вопрос при помощи двух графиков. Один (A) представляет зависимость между x и T из условия $U = \text{Const}$, другой (B)—ту же зависимость из соотношения Вант-Гоффа совместно с характеристич. ур-ием (фиг. 37) и показывает схему решения. Рассмотрим теперь процесс $P = \text{Const}$, $T = \text{Const}$. Возьмем ф-ию Φ, тогда $d\Phi = S\,dT - AV\,dP = 0$ и следовательно $d\Phi = 0 = T\,dS - d_i$. Но это равенство может

быть написано в следующем виде:

$$T\,dS - di = T\,dS - dU - Ad(PV) =$$
$$= T\,dS - dU - AP\,dV = 0,$$

т. к. $P = \text{Const}$. Т. о. мы приходим опять к тому же равенству, что и прежде, т. е.

$$dF = AP\,dV \quad \text{при} \quad T = \text{Const}.$$

В результате мы опять получим соотношение

$$T\Sigma(S - AR)\,d\gamma - \Sigma U\,d\gamma = 0,$$

из к-рого можно вывести соотношение Гульдберга-Вааге, если применить понятие концентрации к меняющемуся объему. Но разность внутренних энергий здесь уже не будет полным теплом реакции. По первому принципу полным теплом будет разность энтальпий ($dQ = di - AV\,dP$). Мы имеем однако прежнее соотношение (взяв для примера опять реакцию $2H_2O \rightleftarrows 2H_2 + O_2$).

$$T(S_1n_1\beta_1 + S_2n_2\beta_2 - S_3n_3\beta_3) = (U_4 - U_3)n_3\beta_3 +$$
$$+ AR_mT(n_1 + n_2 - n_3).$$

Здесь в предположении $P = \text{Const}$

$$AR_mT(n_1 + n_2) = APV_4$$

тогда, когда $x = 1$, и $AR_mTn_3 = APV_3$, когда $x = 0$. Отсюда видно, что правая часть написанного равенства есть разность энтальпий между смесью с очень малым содержанием H_2O и парами воды с очень малым содержанием гремучего газа, а это и будет равняться теплу Q_1' при полном (в идеале) соединении для $P = \text{Const}$. Тогда равенство можно написать

$$T(S_4 - S_3) = Q_1';\ S_4 - S_3 = \frac{Q_1'}{T}$$

и, взяв производную по T и приняв во внимание, что

$$\frac{d}{dt}\frac{Q_1'}{T} = \frac{d}{dt}\frac{Q_1}{T}$$

$\left(\text{т. к. } \frac{Q'}{T} \text{ и } \frac{Q}{T} \text{ разнятся на постоянное}\right)$, имеем опять соотношение Вант-Гоффа, только во второй части будет не все тепло реакции, а разность внутренних энергий смеси с $x = 0$ и $x = 1$ (в пределе). Т. о., если мы имеем задачу о равновесии при $P = \text{Const}$ и $T = \text{Const}$ гремучего газа и паров воды с условием отсутствия влияния внешнего тепла, то по первому принципу имеем $i = \text{Const}$ и далее опять соотношение Вант-Гоффа вместе с характеристич. ур-ием.

Способ решения указан на той же фиг. 37 кривыми A_1 и B_1. Первая дает зависимость между x и T при $i = \text{Const}$, т. е.

$$U_4 + AR_mT \cdot 3 = xU_4' + (1 - x)U_3' + AR_mT_1(2 + x).$$

Но

$$U_4 = U_{0_4} + f_4(T), \quad U_3 = U_{0_3} + f_3(T),$$

поэтому

$$U_{0_4} + f_4(T) + AR_mT \cdot 3 = x[U_{0_4} + f_4(T_1) - U_{0_3} -$$
$$- f_3(T_1) + AR_mT_1] + U_{0_3} + f_3(T_1) + AR_mT_1 \cdot 2$$

или

$$U_{0_4} - U_{0_3} + f_4(T) + 3AR_mT = x[U_{0_4} - U_{0_3} +$$
$$+ f_4(T_1) - f_3(T_1) + AR_mT_1] + f_3(T_1) + 2AR_mT_1.$$

Разность постоянных внутренних энергий есть постоянная в выражении тепла реакции (при $V = \text{Const}$) в зависимости от T; $f_3(T)$ и $f_4(T)$ определяются по теплоемкостям; T—начальная температура, T_1—произвольная. Отсюда определится зависимость между x и T для $i = \text{Const}$. Она представлена схематически кривой A_1, а кривую B_1 находим указанными выше соотношениями (Вант-Гоффа и характеристич. ур-ия), дающими зависимость x от P и T (здесь $P = 1\ Atm$). Пересечение дает T равновесия. Она ниже, чем для $V = \text{Const}$, и соответственно диссоциация больше.

От газов непосредственно можно перейти к теории слабых растворов при помощи введения понятия об осмотич. давлении. Из элементарного факта диффузии растворимого в растворителе можно по Вант-Гоффу вывести следующее заключение [6]. Предположим, что над раствором имеется поршень, пропускающий растворитель и не пропускающий растворимое, и нальем над этим поршнем растворитель (напр. воду). Если мы будем давить на поршень, опуская его вниз, то часть воды перейдет вверх и раствор сгустится, если, наоборот, мы будем поднимать поршень, то вода перейдет вниз и раствор будет слабее, т. к. растворимое частью перейдет в вошедший растворитель. Мы можем следовательно принять, что на поршень производится давление растворимым, стремящимся занять соответствующее пространство во всем растворителе. Это давление называется осмотическим давлением и аналогично давлению, оказываемому газом на поршень цилиндра, в котором газ работает. Давление это фактически измерялось (о способах см. у Нернста [6]) и например для 4%-ного раствора сахара в воде при 13,7° оно равняется 2,74 Atm. Дальнейшими опытами обнаружено, что осмотическое давление пропорционально при данном T концентрации C, а при данном C пропорционально T. Так как $C = \frac{\gamma}{v}$, то первое соотношение есть $pv = \text{Const}$, т. е. закон Мариотта, а второе—закон Гей-Люссака, и все вместе, если отнести к *кг*-мол., дает $PV = R_mT$, т. е. осмотическое давление равно тому, которое получилось бы, если бы после удаления растворителя *кг*-мол. данного вещества в газообразной форме (или фазе) при данной $t°$ занимала объем V. Но так же, как для газов, закон Мариотта-Гей-Люссака тем точнее, чем при данной $t°$ меньше P, и для осмотич. давления данные соотношения точны для слабых растворов. Растворимое может находиться не только в жидкой, но и парообразной форме, а к насыщенному пару закон Мариотта-Гей-Люссака *применим лишь при слабых давлениях*. Поэтому и возникла теория слабых растворов. Но что касается растворения газов в жидкостях, то известно опытное соотношение Генри, гласящее, что газы растворяются пропорционально их давлению. Отсюда непосредственно следует, что осмотич. давление в этом случае равно давлению газа. Далее имеем также, что осмотич. давление следует закону парциальных давлений Дальтона. Мы можем на основании сказанного применить соотношения для газовых реакций к теории растворов.

Для примера рассмотрим нек-рые элементарные случаи. Всякий насыщенный пар можно считать находящимся в равновесии с своей жидкостью. Для p небольших можно положить для 1 (*кг*-мол.) пара $pV = R_mT$ и концентрацию $= C = \frac{1}{V} = \frac{p}{R_mT}$.

Соотношение Вант-Гоффа дает

$$\frac{d}{dt}\ln\frac{C}{1} = \frac{d}{dT}\ln\frac{p}{R_mT} = \frac{\varrho}{AR_mT^2}$$

и отсюда

$$\frac{d}{dT}\ln p = \frac{\varrho + ApV}{AR_mT^2} = \frac{r}{AR_mT^2},$$

где r—все тепло парообразования 1 моля.

Этой ф-лой пользуются иногда для определения тепла парообразования при небольших давлениях. Когда жидкость представляет слабый раствор, то давление насыщенного пара может измениться и стать p_1. Предположим, что r (все скрытое тепло) мало изменилось, тогда можно написать

$$\frac{d}{dt}\ln p = \frac{r}{AR_mT^2} \quad \text{и} \quad \frac{d}{dt}\ln p_1 = \frac{r}{AR_mT_1^2},$$

отсюда

$$\ln\frac{p}{p_1} = \frac{r}{AR_m}\left(\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T}\right).$$

Это соотношение дает изменение $t°_{кип.}$ раствора в зависимости от изменения давления насыщенного пара. Подобным же образом определяется и изменение давления при замерзании [6]. Соотношение между p и T для насыщенного пара м. б. написано

$$\frac{d}{dt}\ln\frac{p}{T} = \frac{\varrho}{AR_mT^2}$$

и также для небольшой разницы $t°$ можно написать

$$\ln\frac{p}{T} - \ln\frac{p_1}{T_1} = \frac{\varrho}{AR_m}\left(\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T}\right)$$

или

$$\ln C - \ln C_1 = \frac{\varrho}{AR_m}\left(\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T}\right).$$

Соотношение м. б. непосредственно применено к растворам и дает возможность определить тепло растворения по различным концентрациям насыщенного раствора в зависимости от T.

Так как твердые тела также испаряются, то распад твердого тела подлежит тем же соотношениям. Пусть при испарении твердое тело распадается на ряд тел с числом молекул n_1, n_2, ... и парциальные давления будут p_1, p_2, ... Соотношение Вант-Гоффа напишется:

$$\frac{d}{dt}\ln\frac{p_1^{n_1}\,p_2^{n_2}\ldots}{(R_mT)^{n_1+n_2+\cdots}} = \frac{Q_1}{AR_mT^2},$$

где Q_1—тепло испарения. Если общее давление—P, то имеем

$$p_1 = \frac{Pn_1}{n_1+n_2}$$

и т. д., следовательно

$$\sum n\left[\ln\frac{P}{T} - \ln\frac{P_1}{T_1}\right] = \frac{Q_1}{AR_m}\left(\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T}\right).$$

Растворение газов также характеризуется соотношением Вант-Гоффа

$$\frac{Q}{AR_mT^2} = \frac{d\ln K}{dT};$$

по Бунзену можно взять $K = \frac{aT}{273}$, где a—коэф. поглощения. Диссоциация в растворе исследуется при помощи того же соотношения. Само соотношение Вант-Гоффа, как мы видели, вышло из применения ф-ии F к химич. процессам. Но по известному свойству ф-ии F имеем

$$\frac{U}{T^2} = \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{F}{T}\right)$$

или же

$$\frac{U-U_1}{T^2} = \frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{F-F_1}{T^2}\right).$$

Назовем разность $F_1 - F$ через $\mathfrak{A}$, тогда $U - U_1 = Q$,

$$\frac{Q}{T^2} = -\frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\mathfrak{A}}{T}\right)$$

и, сравнивая с ф-лой Вант-Гоффа

$$\frac{d}{lT}\ln K = \frac{Q}{AR_mT^2},$$

получим

$$AR_m\ln K = -\frac{\mathfrak{A}}{T} + a,$$

т. е. $AR_mT\ln K = -\mathfrak{A} + Ta$. Величиной $\mathfrak{A}$ измеряется химич. сродство, т. ч. реакция идет в сторону наибольшей $\mathfrak{A}$. Поэтому в частности представим себе газ, находящийся в двух фазах: 1) в жидком или твердом растворе и 2) в газообразном виде над этим раствором. Концентрации пусть будут C и C_1. Тогда, как уже имели выше, получим (принимая во внимание, что $K = \frac{1}{C}$ и $K_1 = \frac{1}{C_1}$)

$$AR_mT\ln C = \mathfrak{A} - Ta$$

и

$$AR_mT\ln C_1 = \mathfrak{A}_1 - Ta_1;$$

при равновесии имеем $\mathfrak{A} = \mathfrak{A}_1$ по сказанному (иначе было бы или испарение или поглощение). Поэтому

$$AR_mT\ln C + B = AR_mT\ln C_1 + B_1$$

или

$$\frac{C}{C_1} = e^{\frac{B_1-B}{AR_mT}}.$$

Применение этого соотношения—см. *Окклюзия*.

Мы видели, что теорема Нернста связана с ф-ией F. Но разностью ф-ий F для соединения и реагентов, как мы видели, измеряется химич. сродство. Теорема Нернста в этом случае м. б. формулирована

$$\frac{\partial}{\partial T}(F_1 - F)_{T=0} = 0.$$

Тогда определение величины $\mathfrak{A}$ м. б. произведено по определению тепла реакции при $V = \text{Const}$. Пусть имеется

$$Q = U_0 - U_{0_1} + \alpha T + \beta T^2 + \gamma T^3 + \ldots,$$

тогда

$$-\frac{\partial}{\partial T}\left(\frac{\mathfrak{A}}{T}\right) = \frac{B}{T^2} + \frac{a}{T} + \beta + \gamma T^2 + \ldots,$$

где $B = U_0 - U_{01}$.

Отсюда $\mathfrak{A} = B - \alpha T\ln T - \beta T^2 - \frac{\gamma}{2}T^3 + \ldots + Ta$; но $\frac{\partial\mathfrak{A}}{\partial T} = 0$ при $T = 0$ по теореме Нернста, и следовательно $a = 0$, т. к. иначе имели бы $-a\cdot\infty = -\infty$ и $a = 0$, т. е. $\mathfrak{A} = B - \beta T^2 - \frac{\gamma}{2}T^3 + \ldots$ Если β, γ и т. д.—незначительные величины, то $\mathfrak{A} = U_0 - U_{01}$ и мы получаем положение Бертело, что каждая химическая реакция идет в ту сторону, где имеется наибольшее развитие тепла. Это положение справедливо лишь при независимости U от $t°$. Наоборот, если напр. величиной β пренебрегать нельзя, то можно найти такую T, при к-рой $\mathfrak{A} = 0$, из равенства

$$\mathfrak{A} = B - \beta T^2$$

и от этой T в одну сторону будет один вид химич. равновесия, в другую—другой; $t°_{пл.}$, по одну сторону к-рой тело в жидком состоянии находится в равновесии с парами его, а по другую сторону—в твердом состоянии, будет одним из примеров такой T. Так как вообще $\frac{\partial U}{\partial T} = c_v$, то, приняв $c_v = \gamma T$, имеем $U = U_0 + \gamma\frac{T^2}{2}$ и следовательно

$$U_1 - U_2 = U - U_{0_2} + \frac{\gamma_1-\gamma_2}{2}T^2 = U_{0_1} - U_{0_2} + \beta T^2 = Q.$$

Для $t°_{пл.}$ имеем

$$T^2 = \frac{B}{\beta} = \frac{U_{0_1}-U_{0_2}}{\beta} = \frac{Q}{\beta} - T^2,$$

т. е.

$$T = \frac{Q}{C_{v_1}-C_{v_2}},$$

где Q—тепло при переходе из жидкого в твердое состояние (или наоборот). Разумеется это соотношение справедливо лишь там, где можно

принять $c_v = \gamma T$. Мы видим теперь, что главное значение теоремы Нернста лежит в области химии, т. к. при ее помощи можно по тепловым данным вычислить величину $\mathcal{A}$—меру химич. сродства и, наоборот, если эту величину можно найти непосредственно из наблюдений над химическим равновесием, можно судить о тепле реакции в том случае гл. обр., где тепло это мало зависит от T [6, 20].

Этим кратким эскизом можно закончить статью. Мы вышли из положения о невместительности Т. в рамках механики Ньютона и можно в заключение привести один из принципиальных вопросов, решение которого также не дает механика. Это вопрос о perpetuum mobile. С технич. стороны его можно заменить вопросом: можно ли создать машину, в к-рой кпд с механич. стороны был бы равен 1? Он решается указанием на вредные сопротивления (трения) в механизмах. Работа вредных сопротивлений обращается в тепло, к-рое и рассеивается. Отсюда мы видим, что объяснение невозможности т. н. perpetuum mobile 1-го рода может дать только Т. Вопрос о perpetuum mobile 2-го рода следует за первым: но возможно ли это тепло, уходящее вследствие вредных сопротивлений в машине, вновь обратить в работу [6]? Он решается отрицательно уже тем, что процесс этот по постулату Клаузиуса необратим. Можно также поставить аналогичный вопрос о тепловой машине с кпд, равным 1. Вопрос решается принципом Карно, дающим кпд идеальной машины—машины Карно—в зависимости от $t°$. При этом здесь невозможность получить кпд, равный 1, зависит вовсе не от вредных потерь тепла, а от самой сущности работы калорич. машины между двумя данными $t°$. Т. о. на оба вопроса отвечает только Т. и они м. б. объединены в одно положение: ни с механической ни с термич. стороны мы не можем создать машину с полезностью, равной 1.

Лит.: [1] Lagrange J., Mécanique analitique, t. 1—2, 3 éd., P., 1853—55; [2] Kirchhof G., Mechanik in gesammelte Abhandlung, Lpz., 1882; [3] Haas A., Materiewellen u. Quantenmechanik, B., 1928; [4] Mayer R., Die Mechanik d. Wärme, 2 Aufl., Stg., 1874; [5] Osborn, «Mechanical Engineering», 1930; [6] Nernst W., Theoret. Chemie, 15 Aufl., Stg., 1926; [7] Jellinek K., Lehrbuch d. physikal. Chemie, B. 1, 1928; [8] Hollborn u. Schultze, «Ann. d. Phys. u. Chemie», Lpz., 1915, p. 47; Hollborn u. Otto L., ibid., 1925, p. 33; [9] Roebuck, «Proc. Am. Acad.», 1925, p. 60, 537; [10] Bridgemann O., «Physical. Review», 1929, v. 34, p. 527—533; [11] «Annalen d. Phys. u. Chemie», 1919, p. 59; [12] Beattie J., «Physical Review», 1929, v. 34, p. 1615, 1930, v. 35, p. 643; [13] Мерцалов Н., Краткий курс по термодинамике, отдел основной, М.—Л., 1927; «Exners Repertorium der Physik», B. 21, W.; [14] Мерцалов Н., О внутренней энергии жидкости, «ВИ», 1927, *1*; [15] Heck K., «Mechanical Engineering», 1930, p. 133; [16] Boltzmann, «Ann. d. Phys. u. Chemie», Lpz., 1884, B. 22, p. 291 u. f.; [17] Lummer u. Pringsheim, «Berichte d. deutschen Physik Gesellschaft», Lpz., 1903, p. 56; [18] «Ann. d. Phys. u. Chemie», Lpz., 1899, p. 417, 1900, p. 159; [19] «Verhandl. d. Deutsch. Phys. Gesellschaft», Lpz., 1899, p. 91, 1900, p. 215, 1901, p. 36; [20] Nernst W., Die theor. u. experim. Grundlagen des neuen Wärmesatzes, 1924; [21] Trautz u. Steyer, «Forschung», B. 2, B., 1931, 2.—Блох Э., Кинетическая теория газов, пер. с франц., М.—Л., 1925; Брандт А., Основания термодинамики, 4 изд., ч. 1—2, М.—П., 1923; Младзеевский А., Термодинамика и теория фаз, М., 1922; Тимирязев А., Кинетическая теория материи, М.—П., 1927; Хвольсон О., Курс физики, т. 3, Берлин, 1923; Яшнов А., Основа термодинамики в применении к тепловым двигателям, ч. 1—2, М.—Л., 1926; Ястржембский А., Технич. термодинамика, М., 1926; Мерцалов Н., О теореме Нернста, «ВИ», 1930; Carnot S., Réflexions sur la puissance motrice du feu, P., 1924 (2 p., 1878); Mayer R., Bemerkung über die Kräfte der unbelebten Natur, Liebigs Annalen, Heidelberg, 1842, v. 42, p. 1; Joule, Proceedings of Royal Society, L., 1837—43; Clausius, «Pogg. Annalens», Lpz., 1850, B. 81, p. 168; 1851, B. 83, p. 118, 1854, B. 93, p. 481, 1857, B. 100, p. 353, 1858, B. 105, p. 239; Thomson W. (Lord Kelvin), Transactions of the Royal Society of Edinburgh, 1851, v. 20, p. 281, 289; Kirchhof G., Vorlesungen über d. Theorie d. Wärme, Lpz., 1894; Helmholtz H., Vorlesungen über d. Theorie d. Wärme, Lpz., 1903; Winkelmann, Handb. d. Physik, B. 3, Die Wärme, 2 Aufl., Lpz., 1906; Plank M., Vorlesungen über Thermodynamik, 6 Aufl., Lpz., 1921; Boltzmann L., Vorlesungen über Gastheorie, T. 1—2, 2 Aufl., Lpz., 1908; Knoblauch, «Forschung», B., 1932, *1—2*; Hausen, ibid., 1931, *9*; Plank M., Die Wärmestrahlung, 5 Aufl., Lpz., 1923; Poincaré H., Thermodynamique, 2 éd., P., 1923; Haas A., Atom. theorie, 2 Aufl., B., 1929; de Broglie L., Untersuchungen über Quantentheorie, Lpz., 1927; Batschinsky A., Ein thermodynamischer Trugschluss, Ztschr. f. Ph., B., 1929; Lenner G., Technische Thermodynamique, B. 1—2, Lpz., 1906.

Н. Мерцалов.

ТЕРМОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, искусственные строительные материалы, к-рые, обладая малым коэф-том теплопроводности, служат для ограждения внутренности помещений и зданий от потерь тепла (излучение). К числу их относятся: все виды фибролитов, гипсолитовые плиты, соломит и камышит, сфагнит, торфолеум и торфофанера, инсорит, морозин, шевелин, асбозурит, пробковые плиты и др.

Фибролит—прессованные плиты, состоящие из органич. длинноволокнистых заполнителей, сцементированных вяжущим веществом. В качестве заполнителя применяют древесную шерсть, часто в сочетании с древесными стружками, костроЙ и т. п. Вяжущим веществом служит или магнезиальный цемент или известково-трепельный (известково-диатомитовый) раствор. По роду и сорту вяжущего вещества различают магнезиальный и силикатный фибролит. Материалами для изготовления магнезиального фибролита служат каустич. магнезит, раствор хлористого магния и заполнитель (например древесная шерсть). Различают два способа приготовления: мокрый и сухой. По мокрому способу изготовления фибролита в растворомешалку наливают половину необходимого объема раствора $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ консистенции 13—16° Bé, а затем всыпают необходимое количество каустич. магнезита и тщательно перемешивают. К полученному магнезиальному молоку добавляют органич. волокнистый заполнитель, предварительно смоченный в антисептич. целях раствором $FeSO_4$ консистенции 8° Bé. Заполнитель сначала зеленеет от реакции $Mg(OH)_2$ на $FeSO_4$ [образование $Fe(OH)_2$], а затем желтеет и буреет от окисления кислородом воздуха $Fe(OH)_2$ в $Fe(OH)_3$. Прессование замешанной массы выполняется в формах на станках. Выдерживание отпрессованных плит в камерах для схватывания производится при $t°$ 40—60° в течение 16—20 ч. Плиты от форм освобождаются только по окончании схватывания. Сушка и твердение фибролита совершаются в сушильных камерах при $t°$ 75—90° в течение ~64 ч. с целью удаления влаги и ускорения процесса твердения. Другой способ приготовления фибролита—т. н. сухой способ (недавно примененный)—состоит в предварительном пропитывании заполнителя растворами нек-рых солей (хлористый магний), затем опылении порошком каустич. магнезита, перемешивании, прессовании, выдерживании в камерах для схватывания и в сушилках для высушивания и твердения. Третий способ изготовления магнезиального фибролита на растворе $MgSO_4$ отличается от предыдущего лишь отсутствием увлажнения заполнителя раствором $FeSO_4$, к-рое отпадает, т. к. увлажнение совершается раствором $MgSO_4$. Делают обычно эти плиты размером 1,5×0,5 *м* и толщиной 7 *см*.

Силикатный (известково-трепельный) фибролит приготовляют с теми же заполнителями, что и магнезиальный фибролит, но для связывания применяют не магнезиальный цемент, а известково-вяжущее вещество. Древесную шерсть, перемешанную со стружками, поливают известково-трепельным раствором, тщательно перемешивают и прессуют. Прессование не отличается от прессования магнезиального фибролита, только щиты для форм делают из железа. Запаривание имеет целью ускорить химич. реакцию между CaO и активным SiO_2 трепела и образование гидросиликата извести $CaO \cdot SiO_2 \cdot 2^1/_2H_2O$ при повышенных $t°$ и давлении. Для запаривания применяют котлы, аналогичные употребляемым при производстве силикатного кирпича. Давление пара в котле держат 8 *atm*. Продолжительность запарки ~ 10 ч. Пропаренные плиты освобождают от форм и подвергают высушиванию в сушилках в течение 48 ч. при $t°$ 100—110°. Технические свойства фибролитов приведены ниже в таблице.

Технические свойства фибролитов.

Фибролит	*1	*2	*3	*4
Магнезиальный	300—350—400	0,065—0,11—0,13	3,5—5—8*5 2,5—4—5	8—11*5 5—7
Силикатный .	400—450—500	0,13—0,15—0,18	7,5—10	10

*1 Объемный вес, *кг/м³*. *2 Коэф. теплопроводности. *3 Сопротивление на сжатие, *кг/см²*. *4 Сопротивление на изгиб, *кг/см²*. *5 Первые цифры относятся к образцам испытанным перпендикулярно к направлению прессования, а вторые цифры—к образцам, испытанным параллельно направлению прессования.

Фибролиты применяют для наружных стен как утеплители утоненных стен, как заполнители каркасных систем, как элемент сборной конструкции для перегородок, для кровельных покрытий. Развитие производства фибролитов в виду их ценных технич. свойств на базе соответствующего сырья должно принять большие размеры.

Гипсолитовые плиты. Материалом для их приготовления служат: в качестве вяжущего вещества штукатурный, полуводный гипс, алебастр $CaSO_4 \cdot {}^1/_2H_2O$ и в качестве заполнителя камыш, шлак, торф-сфагнум, опилки, песок, гравий, бумага, картон и т. п. Различают типы гипсолитовых плит. а) Алебастровые плиты представляют собой слой гипса с 5—10% заполнителя (шлак или опилки) толщиной 7—10 *мм*, покрытый с одной или двух сторон бумагой или картоном. Такой листовой алебастр обладает объемным весом 1 300—1 400 *кг/м³* и временным сопротивлением на изгиб до 65 *кг/см²*. б) Алебастр с заполнениями—плиты из алебастра (штукатурного гипса) с соответствующими заполнителями. Приготовляют их путем затворения алебастра водой, введения принятого заполнителя, быстрой разливки по формам и высушивания при $t°$ 25—40° в течение 36—48 ч. Алебастра берется 40—60%, заполнителя 60—40% и воды не менее 60%. Технич. свойства полученного продукта находятся в зависимости от примененного заполнителя, причем принимают: коэф-т теплопроводности 0,20, сопротивляемость на сжатие не менее 30 *кг/см²* и на изгиб—не менее 15 *кг/см²*. Объемный вес 700—1 200 *кг/м³* в зависимости от наполнителя (шлак, торф, песок и опилки). в) Алебастровые армированные плиты, из к-рых наиболее известны алебастро-камышевые, или «диферент», содержащие в качестве арматуры сплетенные щиты из камыша (маты). «Диферент» с содержанием 50% камыша имеет объемный вес 700 *кг/м³* и сопротивляемость на изгиб 24 *кг/см²*. Применяют гипсолитовые плиты для устройства перебороk, утепления теплых полов, потолков, плоских и наклонных крыш, для обшивки деревянных конструкций под штукатурку в качестве конструктивного материала. Размеры гипсолитовых плит и досок: длина 1,0—1,5—2,0—3,0 *м*, ширина 0,30—0,40—0,80 *м*, толщина 3—6—8—10 *см*.

Соломит и камышит представляют собой плиты из отпрессованных и прошитых проволокой пучков соломы или камыша. Прессование производят на винтовых или механизированных горизонтальных или вертикальных прессах, для увязывания проволоку употребляют диам. 1,8 *мм*. Соломит и камышит изготовляют в виде щитов размером 2,2×0,75 *м*, толщиной 12,5 *см* при прессовании в 2,5—3,3 *кг/см²*. На щит соломита идет свежей сухой соломы 43 *кг* (годовалой 37 *кг*), проволоки на увязку 0,45 *кг* и на прошивку 0,14 *кг*. На 1 *м²* камышита толщиной 6,5 *см* расходуется 18 *кг* камыша и проволоки 0,75 *кг*. Технич. свойства: соломита—об. вес 180—220 *кг/м³*, коэф. теплопроводности 0,04—0,05, сопротивление на сжатие ~ 12 *кг/см²*, сопротивление на изгиб 8,8 *кг/см²*; камышита—объемный вес 220—270 *кг/м³*, коэф. теплопроводности 0,04—0,06, сопротивление на сжатие и изгиб тождественны с показателями для соломита. Прочность зависит от степени прессования. Применяют соломит и камышит в качестве термоизоляционного заполнителя для каркасных систем жилых и промышленных зданий, складов, сараев, бараков, для перегородок, перекрытий, кровель и т. п. М. б. применен для внутренних стен, черных полов как конструктивный материал. Громадные сырьевые ресурсы соломы и весьма большие заросли камыша указывают на необходимость более быстрого развития указанных производств.

Сфагнит—плиты из мало разложившегося торфа. Готовится он путем измельчения в естественном влажном состоянии указанного торфа, и в дальнейшем — путем перемешивания, прогрева паром, пропитывания смолистыми веществами, формования и высушивания. В сфагнитовых плитах содержание влаги доводится от 90 до 15%; объемный вес ~200 *кг/м³*, коэф. теплопроводности 0,032, малая влагоемкость, ничтожная гигроскопичность. К отрицательным свойствам сфагнита относятся поражаемость домовыми грибками и неогнестойкость. Имеет в строительстве те же применения, что и торфолеум.

Торфолеум представляет собой торфяные плиты, спрессованные без добавления вяжущих веществ и подвергаемые специальной сушке при $t°$ 170—180° в течение 12 часов. Плиты торфолеума имеют размер 1,0×0,5 *м*, толщину 2—6 *см*, коэфициент теплопроводности 0,03 — 0,05, сопротивляемость на сжатие 4—5 *кг/см²*, влагоемкость до 180%, малая гиг-

роскопичность; об. вес 200—400 *кг/м³*. Применяется для термоизоляции кирпичных, каменных и деревянных стен или заполнений каркасных систем, для утепления чердаков, холодильников и т. п.

Торфофанера представляет собой слой плиточного торфа-сфагнума, оклеенного с двух сторон по горячему способу фанерными покрышками. В настоящее время торфофанера выпускается окаймленная деревянной рамкой, которая предохраняет торф от загрязнения и высыпания, что придает ей большую прочность в конструктивном отношении. Размер торфофанеры 1×1 *м* при толщине 3—7,5 *см*. На 1 *м³* торфофанеры идет: 1,68 *м³* торфа-сырца, 0,16 *м²* фанеры 3-*мм* или 5-*мм*, 2,5 *кг* альбумина. Коэфициент теплопроводности 0,045, об. вес 200—240 *кг/м³* при толщине плиты в 4 *см*, ~ 300 *кг/м³* при толщине в 3 *см*. Торфофанера применяется как термоизолятор и утеплитель в каркасных конструкциях стен, в перекрытиях, перегородках, а также как утеплитель бетонных, кирпичных и каменных стен.

Инсорит—плиты, получаемые из соломы путем переработки ее на папп-машинах по способу картоноделательного производства. а) Строительный соломенный картон листами размером 4—5 *м²* и толщиной 12 *мм*. Сопротивляемость на сжатие 80 *кг/см²*, на растяжение 40 *кг/см²*. Применяется для термоизоляции и утепления стен, потолков, переборок, заполнения щитов стандартного строительства, обшивных каркасных систем. б) Строительный войлок изготовляется, так же как и строительный картон, из соломы, но технологич. процесс производства этого войлока проходит по более упрощенной схеме. Поступает на рынок в виде рулонной ленты шириной в 60—90 *см*. Строительный войлок имеет коэф. теплопроводности 0,039. Применяют для утепления кирпичных и деревянных стен, потолков, переборок, а также водопроводных труб, труб центрального отопления и т. п.

Морозин представляет собой плиты, изготовляемые прессованием соответственно обработанной льняной костры. Для изготовления 1 *м³* морозина требуется 2,5 *м³* костры и подмети льна и 12—18 *кг* NaOH. Коэф. теплопроводности морозина 0,043—0,052; довольно устойчив против гниения. Применяют морозин для утепления каменных, кирпичных и деревянных стен, перекрытий, для термоизоляции (вместо пробки) холодильников, изотермич. вагонов. Базой для его развития должны явиться посевы льна-долгунца.

Шевелин представляет собой стеганые матрасики в виде длинных полотнищ, полученных из отбросов льняного производства. Сырьем служат пакля, низкие номера кудели, непрядовые короткие льняные волокна. Очищенное от костры волокно из паклеочистительных машин поступает на кардочесальные машины. Обычно холст готовится длиной 3 *м*, шириной 1,5—2,0 *м* и толщиной 12,5 *мм*. Этот холст сшивают на особых пошивочных столах с непромокаемой бумагой. Стеганые полотнища готовят кусками в 25 *м* длиною. Коэф. теплопроводности 0,038—0,05. Применяют шевелин для термоизоляции изотермич. вагонов, для утепления утоненных стен, перекрытий, переборок и т. п.

Асбозурит представляет собой порошок, состоящий из смеси трепела с асбестом. Для изготовления берут 70—75% порошка трепела и 30—25% асбеста V и VI сортов и тщательно перемешивают в дезинтеграторе. При употреблении затворяют на воде и в виде массы набрасывают при помощи лопатки на поверхность. Применяется для термич. изоляции паропроводов сухопарников, паровых котлов и т. п., но при *t°* не свыше 220°. Его коэф. теплопроводности 0,09 при *t°* 50° и 0,16 при *t°* 220°. Пробковые плиты представляют собой спрессованную и пропитанную вяжущим веществом измельченную пробковую кору. В качестве вяжущего вещества служит гипс или специальное вяжущее пробковое вещество. Выделывают пробковые плиты размером от 0,33 *см* × ×1 *м* до 0,50 *см*×1 *м* при толщине 1—16 *см*. Об. вес их 50—200 *кг/м³*, коэф. теплопроводности 0,042—0,05. Применяют их для термической изоляции изотермических вагонов, холодильников и т. п.

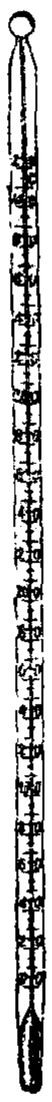
Лит.: Байков А., Исследование над каустич. магнезитом, 1913; Каустич. магнезит, «Научно-исслед. ин-т норм и стандартов строит. пром-сти», М.—Л., 1931, серия 57; Фибролитовые плиты, там же, 1931, серия 56; Розов В., Фибролиты, «СП», 1929, *4—5*; Лапшин П., Основные данные по производству фибролитовых плит на магнезите, М.—Л., 1932; Гогин Ф., Соломит и камышит, Москва, 1931; Вологодский Б., Новые строительные материалы и их применение, М.—Л., 1932; Богданов Н. и Петров В., Новые строительные материалы, М.—Л., 1932; Дюрибаум Н., Торфоизоляционные плиты, «СП», 1929, *9*; Андреевский В., Торфофанера, там же; «СП»; «Строительные материалы», М.

В. Тарарин.

ТЕРМОМЕТРИЯ, измерение теплового состояния тел, т. е. температуры. Под словом термометр понимают прибор, предназначенный для измерения не очень высоких *t°*, причем условной границей их принимается 600° (см. *Пирометрия*). Для устройства термометров пользуются различными свойствами тел, являющимися однозначными функциями их *t°*. Главнейшие, получившие распространение в технике и в лабораторной практике, типы термометров следующие. 1) Основанные на тепловом расширении жидкостей или твердых тел, происходящем при постоянном давлении. Сюда относятся жидкостные термометры, наполненные ртутью, спиртом и другими жидкостями, и биметаллич. термометры. 2) Термометры давления, основанные на изменении давления газа или жидкости внутри замкнутой оболочки при изменении ее *t°*. 3) Электрич. термометры двух родов: а) основанные на изменении эдс термопары и б) основанные на изменении электрич. сопротивления проволоки чистого металла с *t°*.

Каждый жидкостный термометр заключает в себе три части. 1) Резервуар («шарик»), имеющий чаще всего цилиндрическую или шарообразную форму, вместе с припаянным к нему капилляром, т. е. весьма узкой, просветом в несколько десятых *мм* (и даже менее 0,1 *мм*), трубкой, изготовленной из стекла или прозрачного кварца, как и самый резервуар. 2) Наполняющую резервуар и капилляр жидкость, т. н. термометрическую жидкость. Чаще всего это ртуть. 3) Шкалу с делениями на градусы и их доли или их кратные. Шкала м. б. нанесена на отдельной непрозрачной стеклянной металлической или бумажной полоске, непосредственно прилегающей к капилляру и заключенной в одну общую с капилляром оболочку из стекла или кварца (термометр «со вложенной шкалой»). Она м. б. также нанесена на самом капилляре, к-рый в этом случае изготовляется

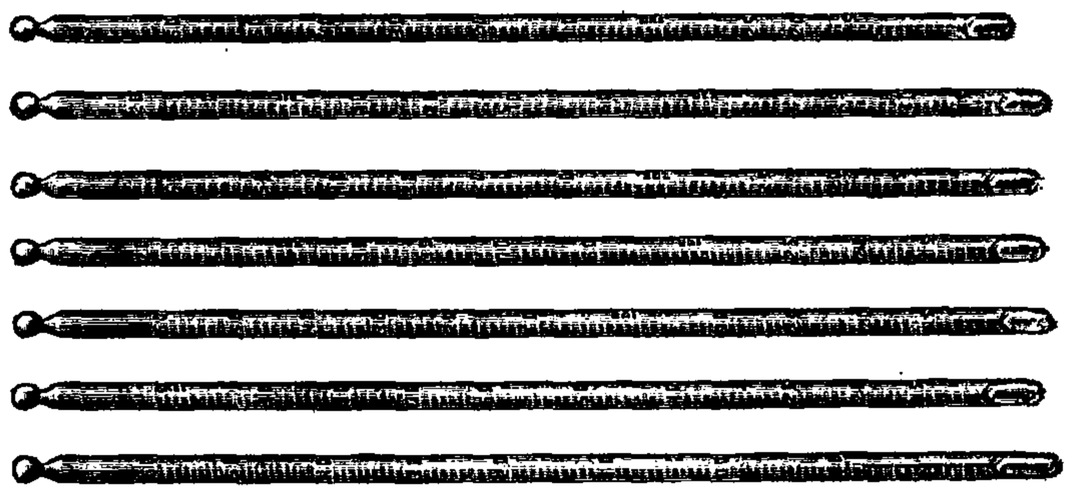
в виде весьма толстостенной трубки (п а л о ч н ы й т е р м о м е т р, фиг. 1). Иногда шкала термометров первой категории не бывает заключена в общую с капилляром оболочку. Так напр., устроены комнатные термометры. Изменение $t°$ резервуара термометра и связанное с этим изменение объема термометрич. жидкости и сосуда вызывает движение ее столбика в капилляре, причем вследствие ничтожного просвета его даже незначительному изменению объема жидкости соответствует заметное смещение ее мениска. Измерение температуры сводится к отсчету его положения на шкале. Простота устройства явилась причиной весьма широкого распространения жидкостных термометров. Ртутные стеклянные термометры применяются преимущественно в области от —39° ($t°_{отв.}$ ртути) до +357° ($t°_{кип.}$ ее при 1 atm). У термометров для $t°$ до +280° в верхней части капилляра обычно делается вакуум; для более высоких $t°$ во избежание ее дистилляции над ртутью создают давление до $^1/_2$ atm. Чтобы сделать ртутный термометр пригодным для измерения $t°$ выше 357°, верхнюю часть капилляра, к-рая имеет сильно раздутую форму, наполняют инертным газом (напр. азотом), сжатым под давлением от 7 до 50 atm. Тогда ртуть остается жидкой значительно выше своей нормальной $t°_{кип.}$, и термометр делается годен для $t°$ до 400, 500, 600°. Граница применимости здесь определяется свойствами термометрич. стекла, гл. обр. точкой его размягчения. Одно из хороших иенских стекол «Supremax-Glas» применимо до 650°. Плавленый кварц годится до 750°. Ртутные термометры для $t°$ выше 360° требуют особенно тщательного изготовления, в противном случае термометр делается негодным уже после непродолжительного употребления вследствие загрязнения канала капилляра или ртути.



Фиг. 1.

Не всякий сорт стекла пригоден для изготовления термометров. Термометрич. стекло должно не только обладать достаточно высокой точкой размягчения, но даже и в области более низких $t°$ (0—100°) должно еще отличаться достаточным постоянством, чтобы была обеспечена в известных пределах неизменность показаний термометра. Если систематически наблюдать в течение недель и месяцев показание свежеизготовленного термометра в тающем льде, то обнаруживается постоянное медленное повышение показаний термометра, т. н. в е к о в о е п о д н я т и е н у л я. Оно происходит вследствие незначительного сжатия резервуара термометра, благодаря чему часть ртути переходит в капилляр. Это сжатие, имеющее место несмотря на то, что термометр находится постоянно при мало меняющейся комнатной $t°$, в конце-концов прекращается. Если термометр в течение короткого времени выдержать при более высокой $t°$, напр. при 100°, и затем быстро охладить до нуля, то окажется, что н у л е в а я т о ч к а т е р м о м е т р а лежит ниже, чем наблюденная до нагревания: н у л ь т е р м о м е т р а испытал нек-рое понижение, к-рое называют д е п р е с с и е й н у л я. Оно происходит от того, что резервуар термометра, расширившийся после нагревания, не сразу принимает свой первоначальный объем. Если термометр оставить при комнатной $t°$, депрессия постепенно исчезает. В этих двух явлениях и выражается т е р м и ч е с к о е п о с л е д е й с т в и е в стекле. Величина депрессии и векового поднятия нуля является мерилом качества термометрич. стекла: годны лишь сорта стекол, обладающие незначительной депрессией—порядка нескольких сотых долей градуса. Обширные работы по изысканию термометрических стекол были произведены герм. фирмой Шотт в Иене. Естественно, что немногие из огромного числа испробованных сортов были найдены пригодными; особенно удачным оказалось стекло под фабричным номером 16^{III}, получившее всемирное распространение. Оно идет преимущественно на изготовление термометров до 360°. Весьма близкое по составу и качеству к иенскому 16^{III} стекло изготовлено в 1925 г. и в СССР. Из других стекол можно упомянуть англ. «Kew-Glass» и франц. «verre dur». Этого рода стекла иногда еще называют «нормальными» стеклами. Чтобы ускорить протекание явлений термич. последействия в стекле, термометр подвергают процессу и с к у с с т в е н н о г о с т а р е н и я. Этот процесс состоит в выдерживании термометра известное время при $t°$ выше тех $t°$, для к-рых термометр предназначен. Так, высокоградусные термометры выдерживают при $t°$, близких к $t°$ размягчения стекла. Подвергнутый этому процессу термометр при употреблении обнаруживает только незначительные изменения показаний, связанные с незначительной для нормальных стекол депрессией. Процесс искусственного старения вызывает значительное поднятие нуля, достигающее до 20° и более для высокоградусных термометров, поэтому рекомендуется его производить до наполнения термометра ртутью.

Существует большое количество ртутных стеклянных термометров, напр. термометры химич. от 0 до 360° с делениями на 1°, термометры

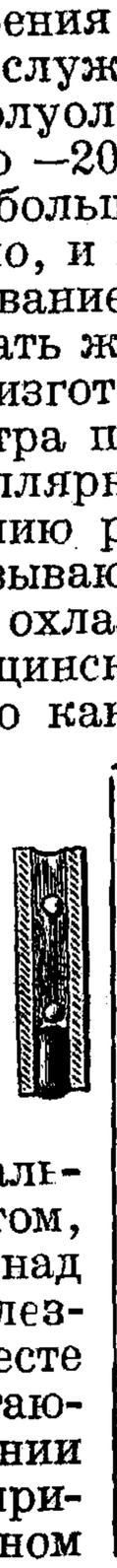


Фиг. 2.

нормальные лабораторные с делениями на 0,1° и на 0,2°, термометры «с укороченной шкалой» (фиг. 2), снабженные раздутиями капилляра, малого размера, для измерений в небольшом интервале $t°$. Довольно твердо установились типы ртутных термометров для специальных целей. Сюда относятся глубинные опрокидывающиеся термометры, калориметрические и бекмановские (см. *Бекмана термометр*), служащие для измерений небольших разностей $t°$ с делениями на сотые доли градуса, максимальные термометры, в частности максимальные медицинские термометры, наконец высокоградусные термометры, наполненные азотом под давлением.

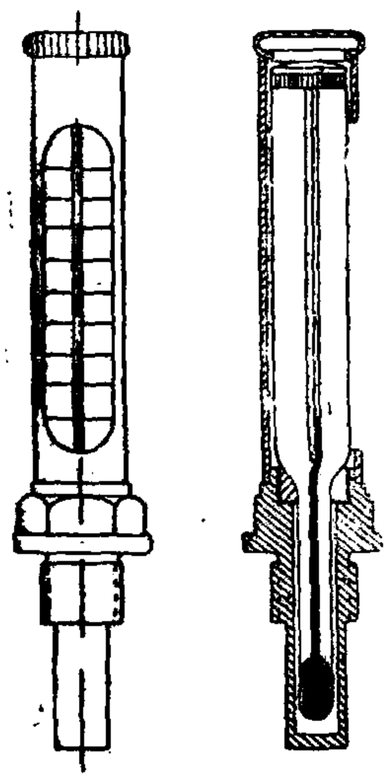
Для *градуировки* (см.) ртутных стеклянных термометров их сравнивают с н о р м а л ь н ы м т е р м о м е т р о м, т. е. таким, ошибки показаний к-рого известны, незначительны и к-рый отличается достаточным постоянством.

Вышеуказанные явления термич. последействия делают необходимым поверку термометров. Поверку нормальных термометров, служащих для градуировки, всего целесообразнее производить в центральных лабораториях, обладающих соответствующим специальным оборудованием. В термометрах для измерения низких $t°$ термометрической жидкостью служат подкрашенный алкоголь (до —70°), толуол, петролейный эфир. Для $t°$ от —100° до —200° применяют пентан. Эти жидкости в большей или меньшей степени смачивают стекло, и поэтому необходимо достаточное выдерживание термометра при измеряемой $t°$, чтобы дать жидкости стечь со стенок капилляра. Для изготовления максимального ртутного термометра применяют искусственное сужение капиллярного канала, не препятствующее движению ртутного столбика при повышении $t°$ и вызывающее его разрыв и застревание в канале при охлаждении. Такой прием употреблен в медицинских термометрах. Сужение капиллярного канала достигается или посредством впаивания к дну резервуара стеклянного штифта, острие к-рого входит в капилляр, оставляя для прохода ртути кольцевое пространство, или посредством сплющения капиллярной трубки резервуара, вследствие чего капиллярный канал в этом месте разделяется на два узких каналычика. Другой способ состоит в том, что внутрь капиллярного канала над столбиком ртути помещают железный стерженек, движущийся вместе с ртутью при ее подъеме и остающийся на месте при ее спадении (фиг. 3). Аналогичный принцип применяется в спиртовом минимальном термометре, причем вместо железного стерженька берется стеклянный, который остается на месте при подъеме алкоголя и увлекается им при падении $t°$. Сикс соединил оба термометра—максимальный и минимальный—в один.

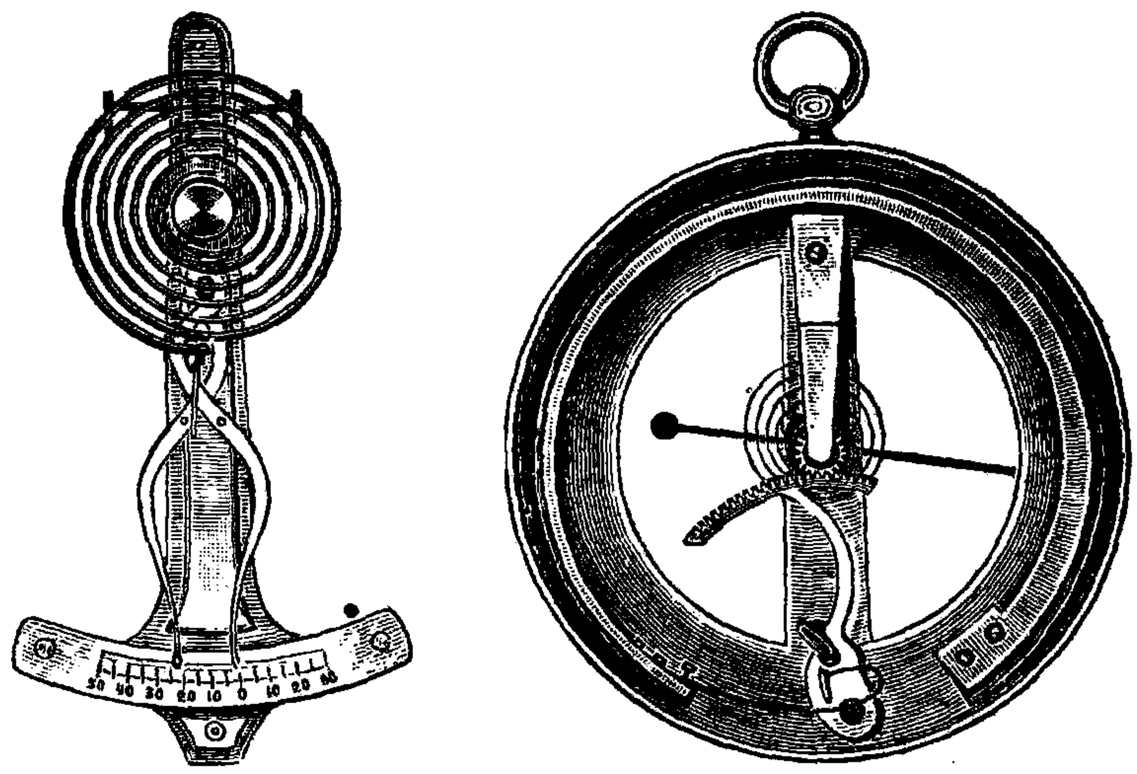


Фиг. 3.

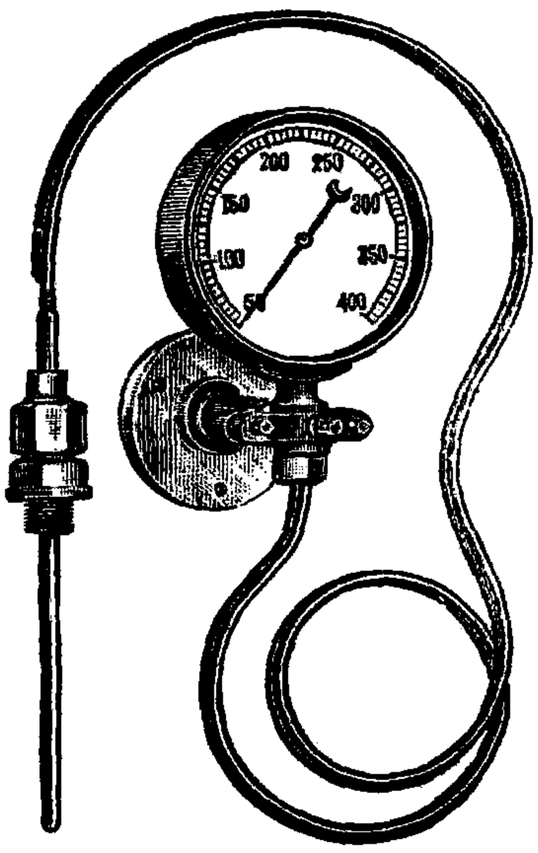
Особо точные термометры палочного типа, служащие для прецизионных работ, имеют шкалу со строго равномерными делениями и капилляр хорошего калибра. Определение поправок этих термометров и приведение их показаний к термодинамич. стоградусной шкале представляют работу метрологич. характера, которая под силу лишь специальным ин-там. Таковым является Всесоюзный ин-т метрологии и стандартизации (быв. Главная палата мер и весов). Ртутные стеклянные термометры, служащие для измерений на производстве, снабжаются для удобства монтажа металлич. оправой. Такие термометры дают правильные показания только при рациональной конструкции оправы и пригодны для измерения температуры жидкостей и насыщенных паров. Вопрос об их применении для измерения температуры перегретых паров в настоящее время нельзя считать окончательно выясненным. Одна из конструкций оправ показана на фиг. 4.


Фиг. 4.

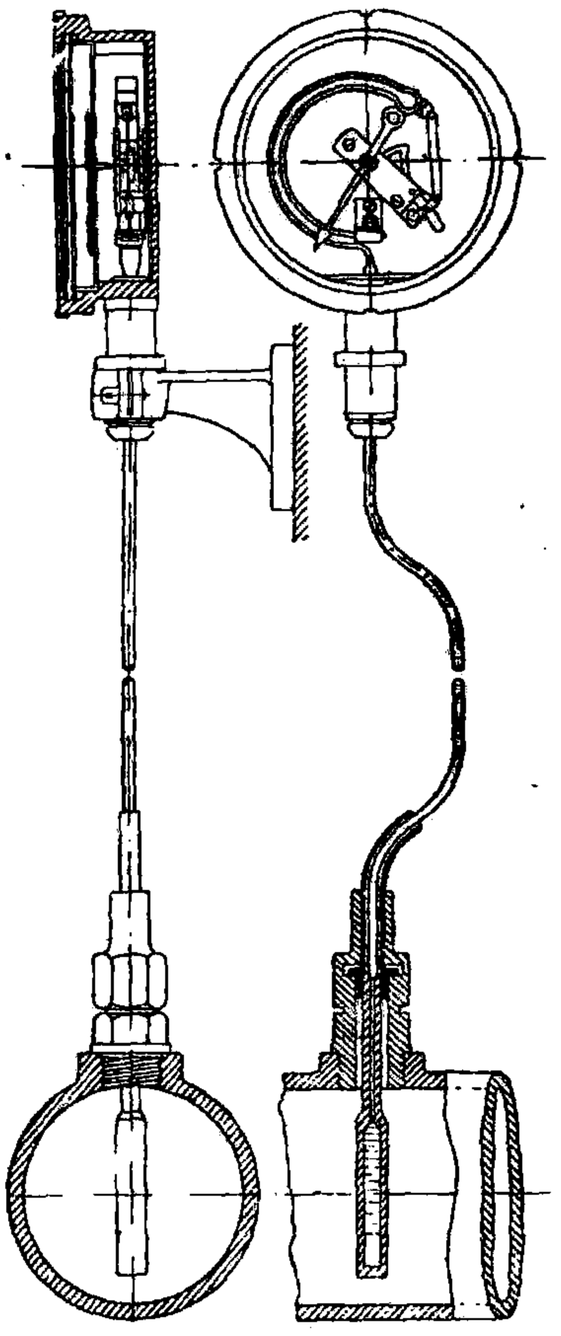
Биметаллический термометр (фиг. 5) основан на разности тепловых расширений двух различных металлов, к-рая вызывает изменение кривизны двух спаянных вместе металлич. стержней или пружин. Если один конец такой системы закрепить, то другой конец при изменении $t°$ совершает перемещение, к-рое посредством рычажного механизма передается указателю, движущемуся по шкале. Для постоянства показаний термометра необходимо, чтобы изменение формы не сопровождалось явлением упругого последействия. Термометр градуируется путем сравнения с нормальным.


Фиг. 5.

Термометры давления (иначе тальпотазиметры) устраиваются двух типов. Первый тип аналогичен ртутному стеклянному термометру и состоит из стального резервуара, наполненного ртутью и соединенного с манометром через узкий стальной капилляр (⌀ не $>0{,}5$ *мм*). Изменение внутреннего давления ртути на стенки пружины манометра, вызываемое изменением $t°$ резервуара, отмечается на шкале манометра, к-рая градуируется на градусы (фиг. 6 и 7). Действие другого типа термометра давления, называемого термометром Фурнье, основано на давлении насыщенного пара жидкости, к-рое для данной жидкости является ф-ией только $t°$. Резервуар такого термометра наполняется частично жидкостью с высокой или низкой $t°_{кип.}$ в зависимости от



Фиг. 6.


Фиг. 7.

области измеряемых $t°$. Пространство над жидкостью заполнено ее насыщенным паром. Резервуар соединен металлич. капиллярной трубкой с пружиной манометра. Капилляр заполняется или той же термометрич. жидкостью, дистиллирующейся в более холодной трубке, или же жидкостью иного состава, играющей роль передатчика давления. При повышении $t°$ резервуара давление насыщенного пара ускоренно возрастает и вызывает смещение стрелки. Преимущество второго типа в том, что внутреннее давление в системе, а следовательно и показание термометра зависит только от двухфазной системы «жидкость—насыщенный пар» и не зависит от распределения $t°$ вдоль соединительной трубки. Иногда термометры 1-го типа снабжаются компенсационным приспособлением, устраняющим указанный недостаток, что однако сопряжено с усложнением конструкции. Термометры давления изготовляются для $t°$ от −30° до +750°. Для наполнения термометров выше 360° применяются ртуть, от +35° до +80°, эфир и т. п. жидкости. Относительно возможных ошибок при измерении $t°$ термометрами давления следует сказать то же, что и в отношении ртутных стеклянных термометров в металлич. оправах.

Об электрических термометрах, основанных на том же принципе, как и термоэлектрич. пирометр, см. *Пирометрия*. Кроме указанных в этой статье железо-константановых и никель-хромовых термопар для измерений в области более низких $t°$ широко применяются, особенно в технике, медно-константановые термопары и реже серебро-константановые. Медно-константановые термопары вполне надежно применимы до 350°, серебро-константановые—до 600°. Высший предел применения м. б. повышен при условии защиты от окислительного действия. Все термопары, за исключением платино-платинородиевых, не обладают свойством взаимозаменяемости, вследствие чего термопары из проволок разного происхождения д. б. отградуированы самостоятельно по постоянным точкам затвердевания чистых металлов или путем сравнения с нормальным прибором; пользование же приводимыми в литературе таблицами зависимости эдс от $t°$ может повлечь за собой значительные ошибки в измерении $t°$. Приблизительные значения эдс для термопар с константаном, содержащим примерно 58% меди и 42% никеля, при температуре холодных концов 0° даны в следующей таблице.

Значения эдс (в mV) для некоторых термопар в зависимости от $t°$.*

$t°$	Медь—константан	Серебро—константан	Железо—константан
100	4,3	4,2	5
300	15,1	14,4	17
500	27,6	26,3	28

* По данным Мюнхенской физ.-техн. лаборатории.

Зависимость эдс E_t от $t°$ в пределах 0—600° для термопар из неблагородных металлов с достаточной для практики точностью м. б. выражена параболич. ф-лой:

$$E_t = a + bt + ct^2.$$

О поправке на $t°$ холодного спая см. *Пирометрия*. Медно-константановая и железо-константановая термопары применимы и для измерения $t°$ ниже 0°, вплоть до −185°. Зависимость эдс от абсолютной темп-ры T в этой области дается интерполяционной ф-лой вида

$$E_T = AT \ln\left(1 + \frac{T}{B}\right) + C.$$

Электрич. термометр сопротивления основан на возрастании с $t°$ электрич. сопротивления проволоки из чистого металла. Если эта зависимость известна, то, обратно, измеряя электрич. сопротивление, можно определить $t°$. Металлом, наиболее пригодным для изготовления термометров сопротивления, оказалась платина, к-рая почти исключительно и применяется. В пределах от −40° до +600° сопротивление R платиновой проволоки с весьма большой точностью следует квадратичному закону.

$$R = R_0(1 + at - bt^2).$$

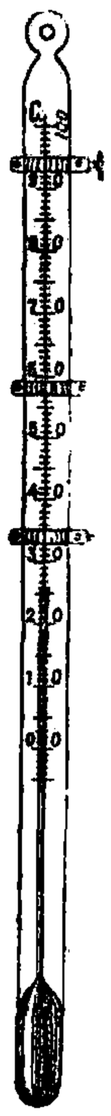
Константы a и b в высокой мере зависят от чистоты платины, поэтому каждый платиновый термометр сопротивления требует особой градуировки. Для градуировки служат 3 точки: две из них $t°_{пл.}$ чистого льда и $t°_{кип.}$ чистой воды, т. е. 0° и 100°, а третья—одна из $t°_{кип.}$ или затвердевания чистых веществ, лежащих выше 100°. Чаще всего для этой цели применяется $t°_{кип.}$ чистой серы (444,55° при норм. давлении). Измеряя сопротивление R при этих трех $t°$, получают 3 ур-ия, необходимые для отыскания коэф-тов R_0, a, b в вышеприведенной интерполяционной формуле. Платиновый термометр сопротивления применяется для точнейших измерений $t°$, так как при помощи этой формулы им точнее всего воспроизводится термодинамическая шкала $t°$ в вышеуказанных весьма широких пределах $t°$. Для $t°$ ниже −40°, вплоть до −193°, применяется уже четырехчленная ф-ла

$$R = R_0[1 + At + Bt^2 + C(t - 100)t^3].$$

В технике платиновым термометром сопротивления пользуются преимущественно для измерения $t°$ выше 0°, причем наивысший предел его применимости можно считать 900°.

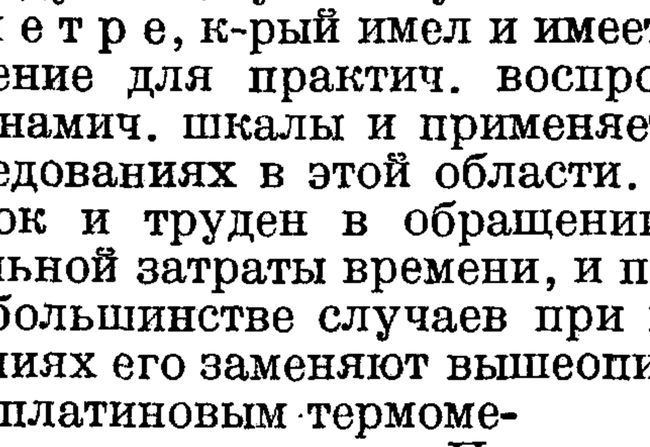
Для измерения сопротивления применяется при работах с особо точными термометрами компенсационный метод, а при работе с технич. термометрами—метод мостика Витстона и омметра. По принципу *мостика Витстона* (см.) построены изготовляемые в СССР заводом «Пирометр» платиновые термометры сопротивления. Кроме платины для изготовления термометров сопротивления употребляют никель и железо. Они пригодны лишь для $t°$ до 300°. Их распространению препятствует то обстоятельство, что ничтожные примеси весьма значительно влияют на сопротивление, получение же чистых металлов сопряжено с большими трудностями. То же следует сказать о меди. Многие из вышеперечисленных типов термометров м. б. сконструированы в виде термометров «с дальним отсчетом», т. е. таких, к-рые показывают $t°$ среды или тела, расположенных вдали от наблюдателя, напр. печи, сушильной камеры и т. п. Сюда прежде всего относятся сигнальные термометры. Действующим элементом установки является ртутный стеклянный или металлич. термометр. В нижнюю часть резервуара ртутного стеклянного термометра впаивается платиновая проволока; то же самое делается в капилляре против какого-либо заданного штриха (одного или нескольких) шкалы. Если проволоки включить на батарею и звонок, то ртутный столбик при

повышении $t°$ замкнет цепь тока и приведет в действие звонок (фиг. 8). Остальные термометры для дальнего отсчета показывают изменение $t°$ не скачками, как сигнальный, но непрерывно в известной области. Для передачи показания термометра на расстояние в термометрах давления капиллярная трубка удлиняется на желаемую длину, достигающую нескольких десятков *м*. Попытка приспособить для этой цели ртутный стеклянный термометр привела к построению термометров длиной от 1 до 3 *м* при длине шкалы, начало к-рой находится не у резервуара, а вблизи верхнего конца термометра, не больше 500 *мм*. Эти хрупкие и громоздкие приборы могут давать достаточно точные показания лишь при тщательном изготовлении и при рациональном устройстве металлич. оправы, в к-рую они помещены. Это редко соблюдается, и термометры такого типа могут давать весьма большие ошибки даже при невысоких $t°$. Особенно удобными для передачи показаний на расстояние являются электрич. термометры, дальность отсчета к-рых почти не ограничена, т. к. указатель $t°$ соединяется с воспринимающим органом прибора электрич. проводами. Точно так же удобно осуществляется автоматич. запись в термометрах давления, электрических и биметаллических. Для этого подвижной орган прибора соединяется с пишущим острием, к-рое чертит кривую на бумаге, навернутой на барабан, приводимый в движение часовым механизмом. Система из барабана и термометра носит название т е р м о г р а ф а (фиг. 9).

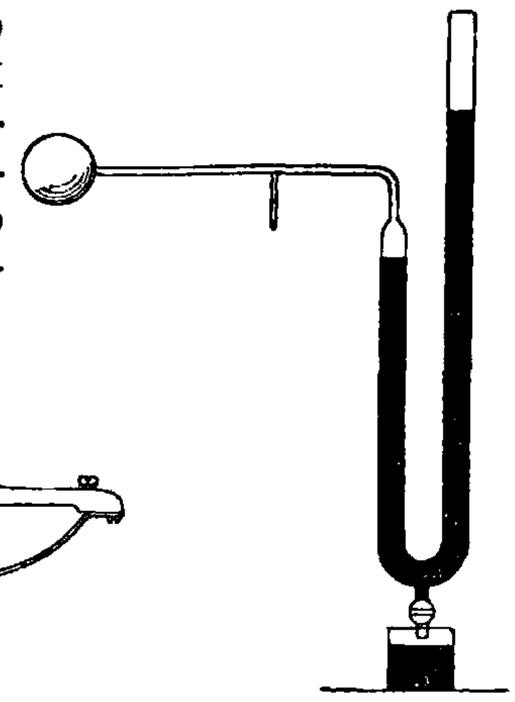


Фиг. 8.

Следует еще упомянуть о г а з о в о м т е р м о м е т р е, к-рый имел и имеет весьма важное значение для практич. воспроизведения термодинамич. шкалы и применяется при точных исследованиях в этой области. Он весьма громоздок и труден в обращении, требует значительной затраты времени, и поэтому в огромном большинстве случаев при научных исследованиях его заменяют вышеописанным эталонным платиновым термометром сопротивления. По этим же причинам газовый термометр оказался непригодным для технич. измерений. Газовый термометр постоянного объема состоит из наполненного газом баллона (стеклянного, платино-платинородиевого и т. д.), присоединенного к **U**-образному ртутному манометру (фиг. 10). Баллон вводится в среду, $t°$ к-рой необходимо измерить. Газ приводится постоянно к одному и тому же объему, причем высота ртутного столба, необходимая чтобы уравновесить давление газа, позволяет измерить это последнее и по нему вычислить температуру.



Фиг. 9.



Фиг. 10.

Лит.: К у л ь б у ш Г., Электрич. пирометры, М.—Л., 1932; К н о б л а у х О. и Г е н к и К., Точные измерения температур в технике, пер. с нем., Л., 1931; К е й н а т Г., Электрические приборы для измерения температуры, перевод с немецкого, Л., 1931; H e n n i n g F., Die Grundlagen, Methoden u. Ergebnisse d. Temperaturmessung, Brschw., 1915; R o y d s R., The Measurement of Steady a. Fluctuating Temperatures, London, 1921; S c h e e l u. E b e r t, Fernthermometer, Halle a/S., 1925; S u h r m a n n E., Thermometrie, в книге M ü l l e r-P o u i l l e t s Lehrbuch der Physik, Band 3, 1 Hälfte, Braunschweig, 1926.

В. Кондратьев.

Метеорологические термометры, специальный тип термометров; применяются для измерения в «срочные часы» $t°$ и влажности воздуха и $t°$ на поверхности почвы и на различных глубинах, а также для определения $t°$, какая была между сроками (предельные $t°$). Для измерения $t°$ воздуха метеорологич. термометры обычно помещаются в психрометрич. будку, чтобы устранить резкие влияния на изменяемую $t°$ со стороны случайных местных условий (топография, почва, растительность, солнечное нагревание и пр.), или же пользуются особым прибором—п с и х р о м е т р о м А с с м а н а (см. *Гигрометр*). Метеорологич. термометры—чаще ртутные с цилиндрическим или шарообразным термометрич. сосудом или же для холодного сезона—спиртовые. Термометрическая шкала наносится или на самой трубке, содержащей капилляр, или на пластинке молочного стекла, заключенной в стеклянной оправе вместе с капилляром. Разделена шкала через 0,2° или через 0,5°, причем отсчеты ведутся с точностью до 0,1°. В настоящее время применяются две шкалы: Цельсия и Фаренгейта, последняя употребляется в странах, где господствующим языком является английский. В СССР для метеорологич. целей пользуются шкалой Цельсия. Каждый термометр снабжается специальным сертификатом (удостоверением), содержащим поправки, какие необходимо придать к полученному отсчету по прибору, чтобы получить истинное значение $t°$. Эти поправки получаются в Бюро поверок Главной геофизич. обсерватории в Ленинграде или в областных *обсерваториях* (см.). В результате сравнения при различных $t°$ метеорологич. термометра с термометром, принятым за эталон, все измерения температуры становятся сравнимыми между собой. Предельные термометры бывают максимальными и минимальными. М а к с и м а л ь н ы й термометр, устанавливаемый в горизонтальном положении, служит для автоматического определения наибольшей $t°$ за определенный промежуток времени. Это обычный ртутный термометр, но вблизи термометрич. сосуда капилляр имеет сужение, затрудняющее свободный проход ртути. При повышении $t°$ ртуть входит в капилляр, но как только $t°$ начнет понижаться, в месте сужения произойдет разрыв ртутного столбика, и наиболее удаленный от резервуара конец столбика ртути показывает наивысшую $t°$ за данный период времени. После отсчета необходимо ртуть стряхнуть. М и н и м а л ь н ы й т е р м о м е т р, устанавливаемый также в горизонтальном положении, служит для автоматич. определения самой низкой $t°$ за определенный промежуток времени. Этот термометр спиртовой, причем внутри спиртового столбика помещен стеклянный штифтик с головками на обеих сторонах. При повышении $t°$ спирт свободно проходит мимо штифтика, оставляя его на месте; но при понижении $t°$, когда конец спиртового столбика коснется штифтика, то последний при дальнейшем пони-

жении $t°$ под действием поверхностного натяжения спирта будет увлекаться в сторону уменьшения отсчетов и остановится на показании низшей $t°$. После отсчета термометр необходимо повернуть вертикально кверху резервуаром и держать в таком положении, пока штифтик не дойдет до конца столбика спирта. Минимальным термометром можно пользоваться для определения $t°$ воздуха, если на станции не имеется специального спиртового термометра. Для измерения *влажности воздуха* (см.) применяют одновременно систему двух термометров, которые носят название психрометрических (см. *Гигрометр*). При пользовании метеорологическими термометрами для измерения $t°$ почвы на глубине (почвенные термометры) они вставляются в особые оправы и погружаются в трубки, закопанные в почву до определенной глубины.

Лит.: Руководство метеорологич. станциями 2 разр., Л., 1928.

В. Пришлецов.

ТЕРМОС, сосуд, предназначенный для сохранения низкой или высокой температуры продукта, помещаемого в этот сосуд. Т. проник в Россию из Швеции еще в дореволюционное время, но в силу технич. отсталости того времени не нашел себе применения. Первая попытка московских молочных фирм для перевозки горячего молока была предпринята еще в 1918 г. Широкое распространение нашел Т. в Зап. Европе и США, гл. обр. по линии распространения сосудов небольшой емкости для семейного и индивидуального пользования.

Большое распространение получил термос в Германии во время войны 1914—18 гг., где немецкая армия организовала 5 000 кухонь с термосным хозяйством. В СССР массовое применение термосов началось в 1926—27 гг. при организации крупно механизированных предприятий общественного питания. Первый з-д в СССР, начавший выработку Т. емкостью в 36 *л*,—з-д Вулкан в Ленинграде. Развитие термосного хозяйства характеризуется выпуском продукции Т. по годам: в 1926 г.—100 шт., 1927 г.—1 000 шт., 1928 г.—6 000 шт. и 1929 г.—12 000 шт. В настоящее время Т. изготовляются в СССР рядом з-дов. В системе общественного питания сейчас насчитывается 100 000 шт.

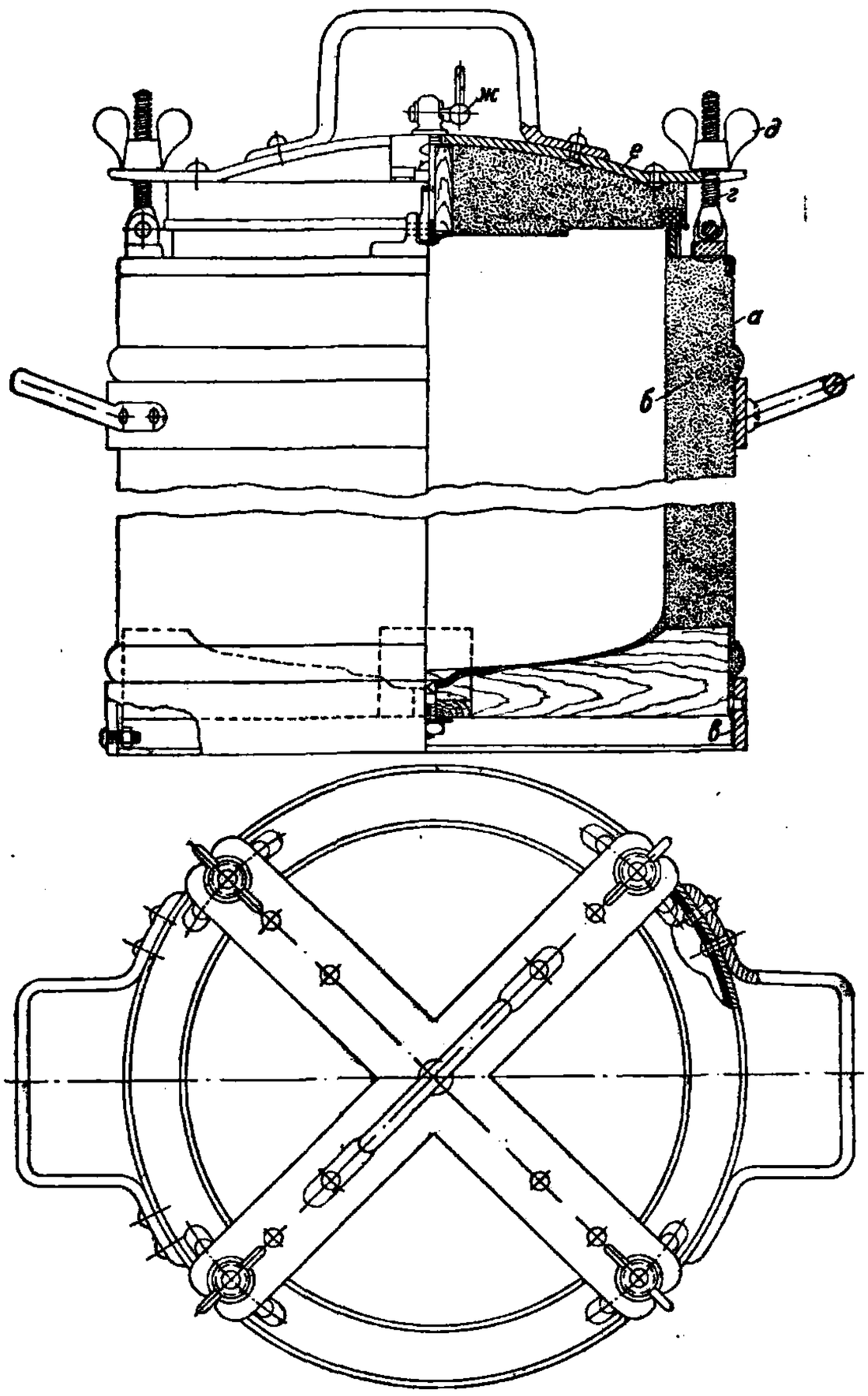
Т. имеют применение: а) в предприятиях общественного питания для перевозки готовой пищи в горячем состоянии в столовые-распределители, где пища перед употреблением не подогревается; б) в лечебных учреждениях для раздачи пищи по корпусам и палатам; в) в домашнем обиходе для получения горячей пищи из общественных столовых; г) индивидуальные Т. для путешественников для сохранения напитков в горячем состоянии; д) для питания небольших групп рабочих, занятых на лесных, полевых и других работах. Т. при правильном своем применении не только сохраняет тепло или холод помещаемой в него пищи, но также доводит пищу до полной готовности, если пища в Т. была погружена в кипящем состоянии с $t°$ 100°. Доготовка в Т. может иметь место для таких блюд, как каша, картофель, рулет и т. д. Ряд приведенных испытаний показал, что Т. в состоянии сохранить необходимую $t°$ для пищи в течение 3 час. при потере от 8 до 10° в зависимости от рода изоляций. Однако перевозка готовой пищи в термосах, как и длительное ее хранение, отражается на вкусовых качествах и внешнем виде пищи. Пища перебалтывается, а иногда и прокисает.

В нек-рых случаях вместо перевозки горячей пищи в Т. могут перевозиться охлажденные полуфабрикаты (см. таблицу).

Наименование полуфабрикатов, перевозимых в Т., и срок их хранения.

Наименование полуфабриката	$t°$ полуфабриката	Срок хранения полуфабриката при $t°$ 17—20°
Мясо кусками	7—8	до 10 час.
Рыба фарш (рубка) . .	7—8	» 5 »
Мясо » » . .	7—8	» 7 »
Рыба кусками свежая .	7—8	» 6 »
» » соленая .	7—8	» 10 »
Пассированные овощи .	7—8	» 4 »
Дробленые кости	7—8	» 15 »

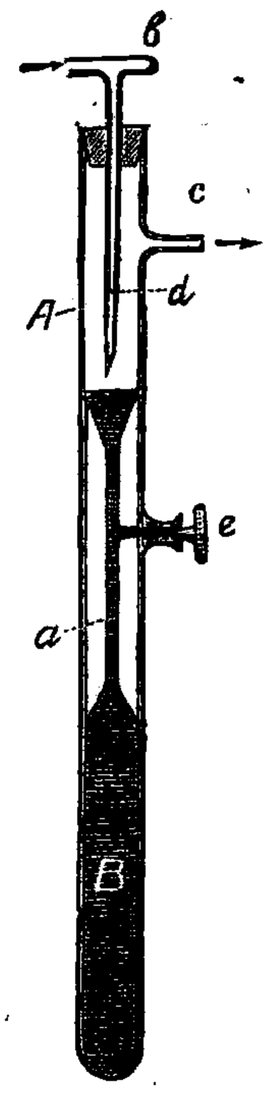
Т. бывают: 1) цилиндрические, изготовленные из металла, с одним отделением, емкостью 12—36 *л*; 2) ящичные Т.—форма прямоугольников, деревянные, с одним или несколькими отделениями; 3) Т.-судки цилиндрические, металлические; 4) Т. бутылочные, стеклянные в металлич. оправе, различной емкости; 5) Т.-кухни, передвижные с топкой по образцу походных кухонь с доваркой пищи в пути при минимальных расходах топлива. Наиболее распространенный тип Т. в общественном питании—емкостью 36 *л*. Т. состоит из железного наружного кожуха *а* (см. фигуру) толщиной в 1 *мм*, в который вставляется внутренняя медная или железная луженая вставка толщиной в 1 *мм*. Вставка цельная без швов с сферич. дном. Верхний край вставки загнут и ко дну вставки прикреплен стержень с нарезкой. Между вставкой и наружным кожухом



имеется зазор размером 27 *мм*, заполняемый изоляцией *б*. Изоляцией может служить: пробковая крошка, лузга гречневая, очесы шерсти, сухие древесные опилки, торф и другие подобные материалы. Внутренняя вставка устанавливается на деревянную крестовину, сквозь к-рую проходит железный стержень. Дном Т. служит железный диск *в* с загнутыми краями, прикрепляемый 4 болтиками к наружному кожуху. Внутренняя вставка скрепляется с дном кожуха путем привинчивания упомянутого стержня. Кожух Т. окован двумя железными обручами из полосового железа 30×5 *мм*. Один обруч находится у нижнего края Т., а второй обруч—у верхнего края Т., к к-рому прикреплены две ручки из круглого железа для переноски Т. В верхней части кожуха укреплены 4 задрайки *г* (болты на шарнирах с нарезкой), имеющие на себе барашки *д* для завинчивания. Крышка Т. *е* состоит из двух частей: а) наружная—железная крашеная, выпуклая, к к-рой прикреплены ручки из круглого железа и 2 накрест лежащие железные полосы с прорезями для задраек; б) внутренняя часть—медная или железная, луженая, имеющая углубление для резинового кольца,—прокладка. Между внутренней и наружной частями помещается изоляционный материал, после чего части крышки герметически запаиваются. Сквозь крышку в центре проходит трубка, на наружную часть которой привинчивается краник *жс*, открывающийся при вскрытии Т., для устранения создавшегося вакуума. Т. вмещает 48—50 порций жидких блюд и 100 порций картофеля, каши и т. д. Для перевозки кусков мяса, котлет, рыбы и т. д. в Т. вставляются 5 железных или медных луженых вкладышей, каковые устанавливаются один на другой. Вкладыши имеют закатанные под проволоку концы, проволочные ручки и крышку с ручкой. Полуда Т. производится периодически. Для выемки внутренней вставки при полуде освобождается стержень, снимается дно, высыпается изоляция. После полуды Т. снова собирается, причем изоляция обязательно предварительно высушивается. После сборки зазоры между дном и наружным кожухом промазываются суриком. Мытье Т. производится немедленно после освобождения от пищи как вручную, так и полумеханизированными термосомойками. Для мытья Т. применяется горячая вода с 1%-ным раствором щелока для омыления жиров, после чего Т. вторично споласкивается чистой горячей водой или паром. Во избежание ржавления железной вставки целесообразно просушивать Т.

Ящичный Т. состоит: а) из наружного деревянного ящика различных размеров, окрашенного водоупорной краской; б) внутренней обивки из лудильного или оцинкованного железа и изоляционной прослойки. Т. герметически закрывается деревянной крышкой. Судки Т. по конструкции напоминают большой Т., состоят из наружного металлич. кожуха и внутренней вставки с изоляционной прослойкой. В Т. вставляются судки из луженого железа или эмалированные, и Т. закрывается хорошо пригнанной крышкой без задраек. Бутылочный Т. имеет цилиндрич. форму с переходом в его верхней части на меньший диам. Изготовляется из тонкого стекла, двухстенный, покрытый амальгамой. Воздух между стенками выкачивается и отверстие заваривается. На узкую (верхнюю) часть бутылки надевается металлич. сферич. формы кольцо с нарезом. Бутылка устанавливается в железный прочный цилиндрической формы кожух. Бутылка закрывается пробкой и завинчивается сверху металлич. стаканчиком. Между стаканом и кожухом прокладывается гофрированная плотная бумага. Кухня-Т. сист. Рубашенко состоит из наружного кожуха с двойными стенками с изоляцией. Сосуд для пищи находится в водяной ванне, вода к-рой доводится до кипения от действия топки, помещенной внизу. **Б. Виленкин.**

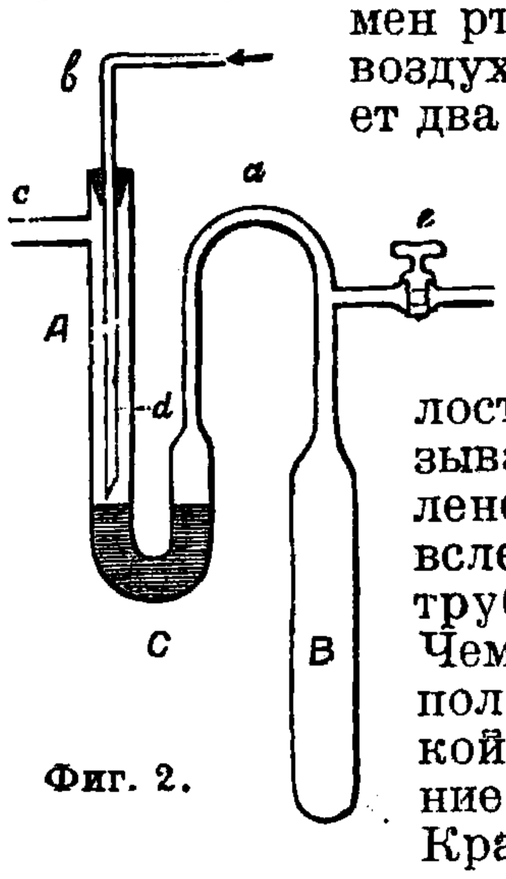
ТЕРМОСТАТЫ, аппараты и приборы, при помощи к-рых можно поддерживать постоянство $t°$ или автоматически изменять ее по заранее заданному закону. В зависимости от источника тепла различают два основных вида автоматич. регуляторов $t°$: регуляторы $t°$ для газового отопления и регуляторы электрические. К первой группе относятся регуляторы ртутные, воздушные, с кипящей жидкостью и металлические.



Фиг. 1.

Ртутный регулятор (фиг. 1) состоит из трубки, разделенной на две полости *A* и *B*, сообщающиеся между собою узким каналом *a*. Газовое топливо предварительно поступает по трубке *b* в полость *A* регулятора и из нее через патрубок *c* по шлангу подается к газовым горелкам. Полость *B* заполнена ртутью. При повышении $t°$ ртуть расширяется и переливается по каналу *a* в полость *A* и, дойдя до определенного уровня, закроет нижний конец трубки *b* и прекратит доступ газа к горелкам. Для того чтобы и при закрытии конца трубки *b* горелки не погасли совсем, служит небольшое отверстие *d*, через к-рое совсем небольшое количество газа будет все-таки поступать в полость *A* регулятора, а следовательно и к горелкам. В зависимости от того, какую $t°$ желательно поддерживать постоянной, изменяют глубину погружения трубки *b* в полость *A*. Для более тонкой регулировки служит винт *e*, при помощи которого можно изменять объем канала *a* и тем самым изменять высоту уровня ртути в полости *A*.

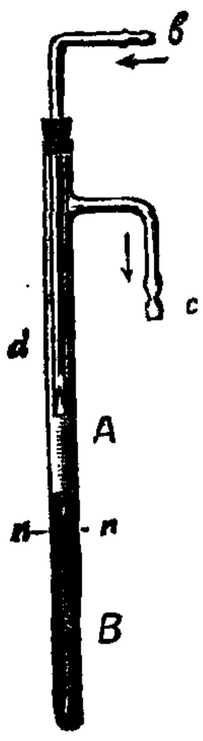
Регулятор $t°$ Бора (фиг. 2) аналогичен по принципу действия, но в этом регуляторе взамен ртути полость *B* заполнена воздухом. Трубка регулятора имеет два колена: широкое колено *C* наполнено ртутью, которая разделяет регулятор на две полости *A* и *B*. При повышении $t°$ воздух, находящийся в полости *B*, расширяется и, оказывая давление на ртуть в колене *C*, изменяет ее уровень, вследствие чего нижний конец трубки *b* закрывается ртутью. Чем ниже опущена трубка *b* в полость *A*, тем при более низкой $t°$ произойдет прекращение доступа газа к горелкам. Краник *e*, при помощи к-рого часть воздуха при его нагревании м. б. выпущена, служит для более тонкой регулировки $t°$.



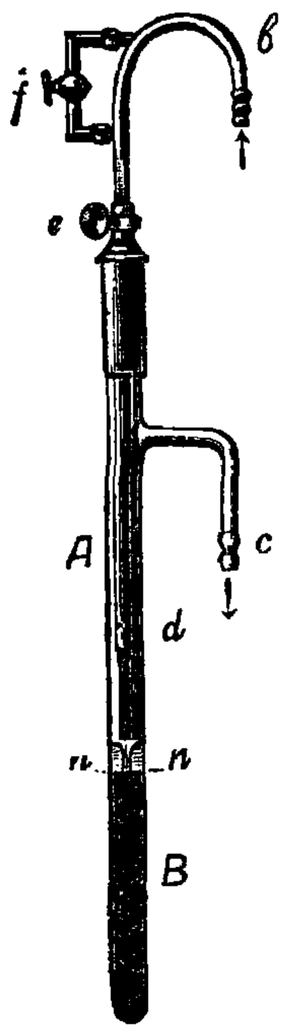
Фиг. 2.

Конструктивное выполнение регулятора с кипящей жидкостью дано на фиг. 3. В этом регуляторе полость *B* заполнена до уровня

nn ртутью, а поверх ртути находится жидкость, $t°_{кип.}$ к-рой соответствует той $t°$, к-рую хотят поддерживать постоянной, т. е. выбор жидкости обусловливается $t°$, при к-рой регулятор должен действовать. Для $t°$ 20—24° берут хлористый этилен, для $t°$ 30—40°—эфир, для $t°$ 40—60°—смесь алкоголя с эфиром, 60—75°—алкоголь, 75—90°—смесь алкоголя и воды, 90—100°—воду, 120—150°—смесь воды с анилином или чистый анилин. Пары жидкости при определенной $t°$ будут оказывать на ртуть давление и ртуть по спиральной трубке перельется в полость *A* регулятора и в зависимости от положения вставленной трубки *b* закроет доступ газа при той или иной $t°$. Для установки глубины опускания трубки *b* служит винт *e* (фиг. 4) и шкала, нанесенная непосредственно на самой трубке. Для изменения минимального количества газа, необходимого для того, чтобы поддержать горение при выключенном главном газопроводе, т. е. для регулирования количества газа, протекающего через отверстие *d*, трубку *b* снабжают двумя каналами: по одному (главному) подается газ к нижнему отверстию трубки, перекрываемому ртутью, а по второму каналу (вспомогательному), регулируемому краном *f*, подается газ к отверстию *d*. На фиг. 5 дан общий вид Т., выполненного в виде шкапа с водяной рубашкой, с газовыми горелками *a*, контрольным термометром *b* и регулятором *c*.

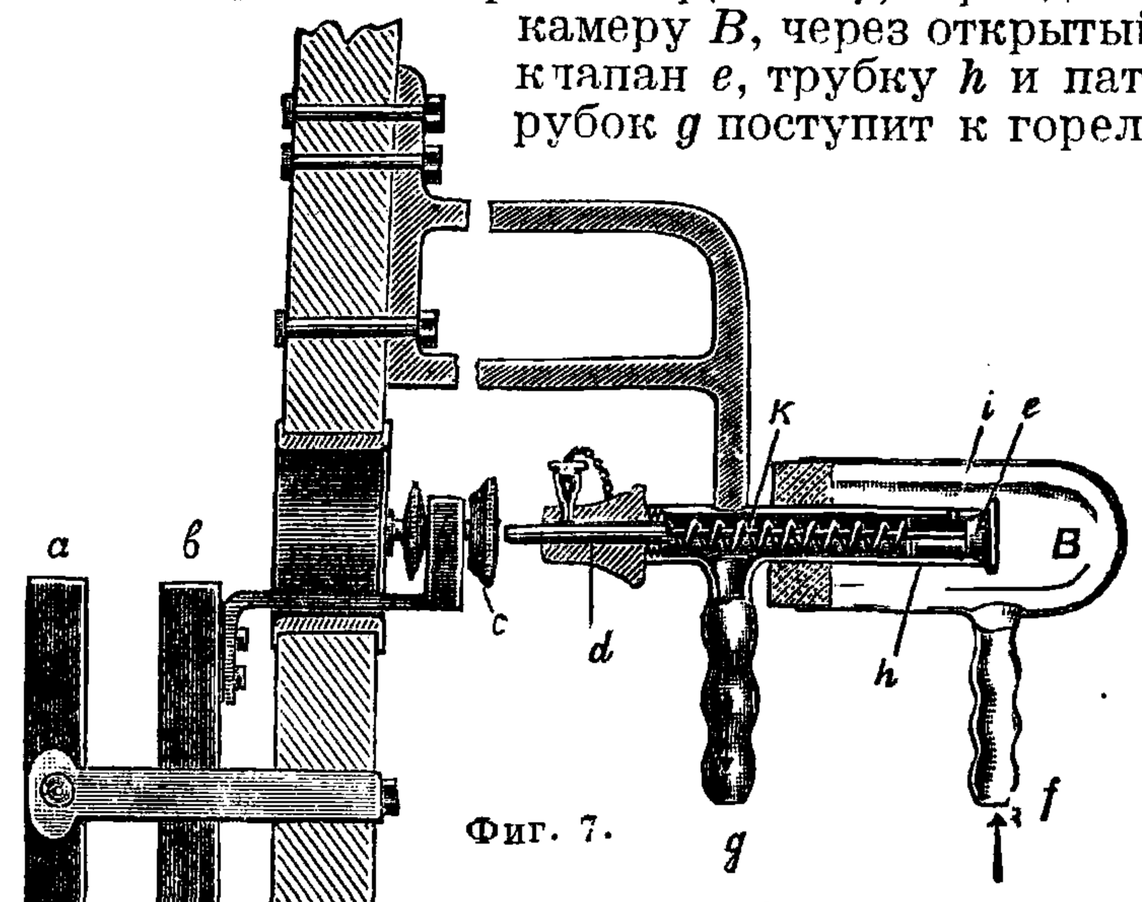


Фиг. 3.



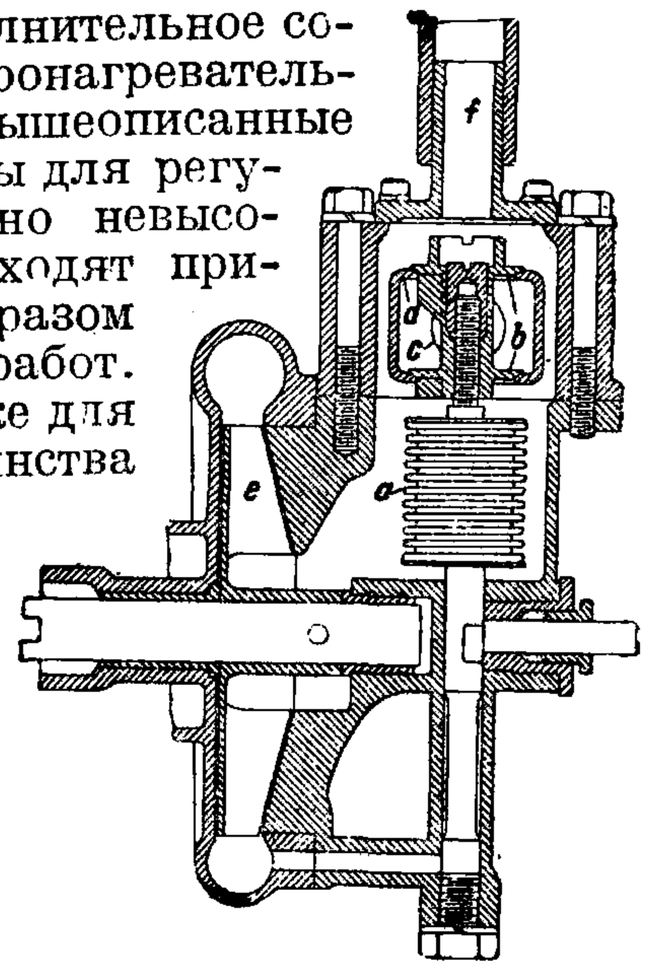
Фиг. 4.

Т. с газовым отоплением и с металлич. регулятором изображен на фиг. 6. Подковообразный стержень *A* регулятора, выполненный из двух слоев разных металлов (напр. цинк и железо), имеющих разные коэф-ты термич. расширения, находится внутри помещения, в к-ром требуется поддерживать постоянную $t°$. Металл, имеющий больший коэф. $t°$-ного расширения, расположен по внешней стороне подковы, так что при нагревании концы подковы *a* и *b* будут приближаться друг к другу. Конец *a* подковы (фиг. 7) жестко соединен со стенкой прибора, а конец *b* связан с регулировочным винтом *c*. При понижении $t°$ конец *b* подковы переместится направо и винт *c* переместит стержень *d* также направо, благодаря чему откроется связанный с ним клапан *e*, и газ из газопровода через патрубок *f*, пройдя в камеру *B*, через открытый клапан *e*, трубку *h* и патрубок *g* поступит к горелкам. Когда $t°$ повысится, конец *b* подковы *A* переместится налево, освободит стержень *d*, к-рый под действием пружины *k* переместится также налево и закроет клапан *e*, благодаря чему доступ газа к горелкам прекратится. Для того чтобы горелки не потухли и при закрытом клапане *e*, служит небольшое отверстие *i*, сделанное в трубке *h*. Металлич. регулятор описанной системы может с удобством быть применен и при электрич. отоплении; в этом случае винт *c* при перемещении конца *b* подковы замыкает или размыкает контакты и тем самым включает в цепь или выключает дополнительное сопротивление электронагревательного прибора. Все вышеописанные регуляторы пригодны для регулировки относительно невысоких температур и находят применение главным образом для лабораторных работ.

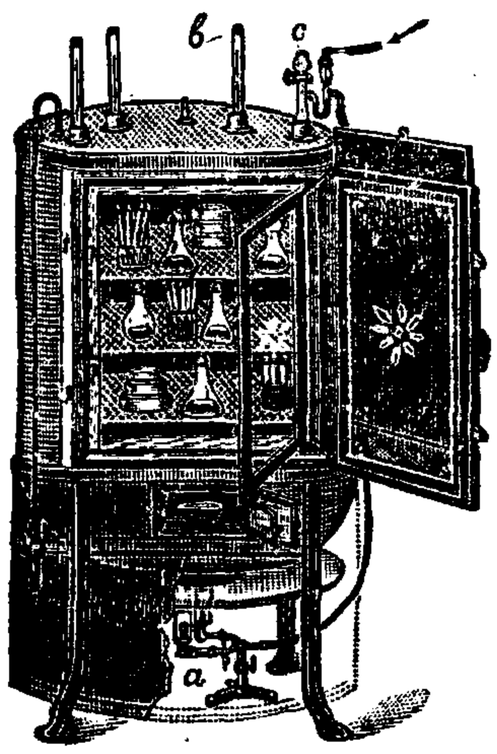


Фиг. 7.

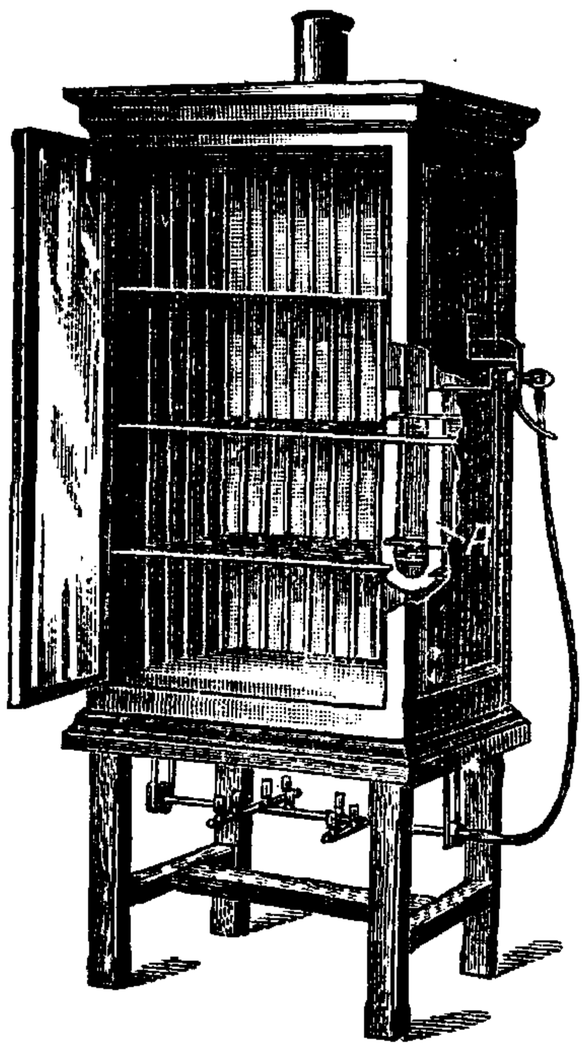
Т. применяют также для поддержания постоянства $t°$ воды, охлаждающей например цилиндры двигателя внутреннего сгорания. Конструктивная схема Т. для автомобильного двигателя дана на фиг. 8. Т. состоит из гофрированной тонкой медной цилиндрич. трубки, герметически закрытой и частично наполненной эфиром. С цилиндром *a* связан двойной уравновешенный клапан *b*. Вода из *радиатора* (см.) поступает через отверстие *c* в камеру *d* термостата, выходит из нее через клапан *b* и с помощью крыльчатого насоса *e* поступает в рубашки цилиндра. Из камеры Т. к рубашке *карбюратора* (см.) ведет проход *f*, который всегда находится в сообщении с насосом. Пока вода в рубашке двигателя холодная, клапан Т. закрыт, и поэтому нет циркуляции воды кроме как через рубашку карбюратора. Как только



Фиг. 8.

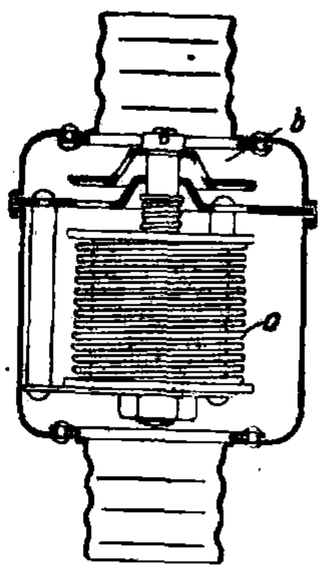


Фиг. 5.



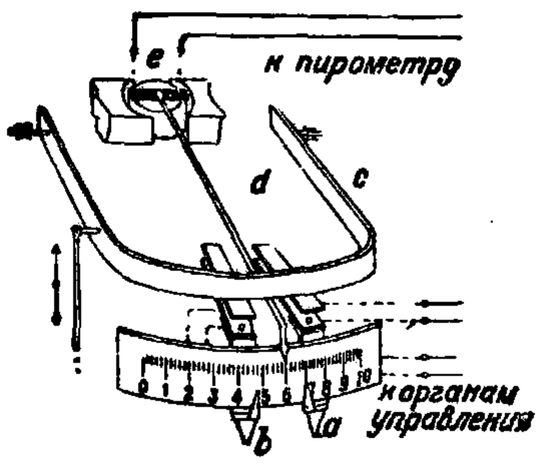
Фиг. 6.

вода в рубашке двигателя нагреется и дойдет до Т., цилиндр *a* расширится, клапан *b* откроется и охлаждающая двигатель вода будет циркулировать через насос, радиатор и рубашку двигателя. В последнее время Т. стали устанавливать у выпускного отверстия рубашки двигателя, а не на линии впуска воды; конструкция его (фиг. 9) по существу та же. В виду того что при такой установке горячая вода из рубашки непосредственно поднимается к Т., последний работает более чувствительно. Кроме воздействия на циркуляцию охлаждающей воды в нек-рых конструкциях автомобилей Т. действует на жалюзи, к-рые при понижении *t*° воды закрывают проходы для воздуха в радиаторе и тем самым уменьшают охлаждающее действие радиатора. При наличии Т. *t*° охлаждающей воды поддерживается постоянной—ок. 70°.



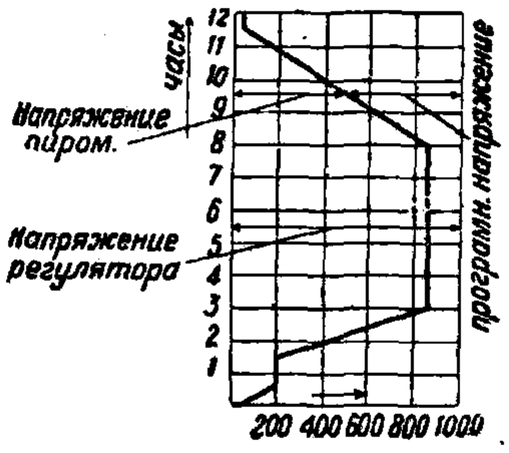
Фиг. 9.

Для тех случаев, когда требуется поддерживать высокую температуру в определенных интервалах, напр. при процессах термической обработки металлов, пользуются пирометрами с термоэлементами и связанными с ними электрорегуляторами, воздействующими на источник тепла.

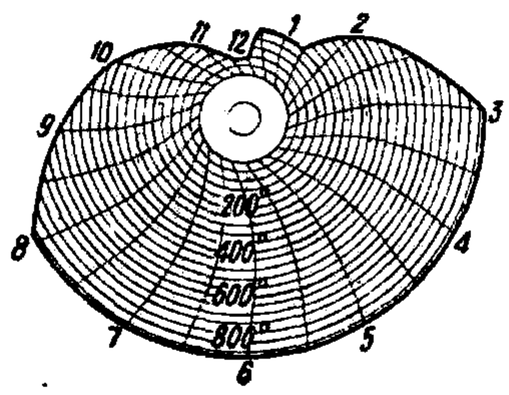


Фиг. 10.

На фиг. 10 дана схема такого регулятора. Прибор имеет два контакта: максимальный *a* и минимальный *b*, связанные с приспособлением для регулировки поступления горючего. Эти контакты м. б. установлены для желательного *t*°-ного интервала. Замыкание контактов осуществляется скобой *c*, периодически опускающейся от часового привода на эластичный указатель *d* темп-ры, к-рый перемещается под действием тока от пирометра, пропускаемого через обмотку *e*, помещенную в магнитном поле; если в момент опускания скобы указатель *d* будет стоять над контактом, то произойдет замыкание; в противном случае замыкания происходить не будет. Контакты связаны с небольшими моторчиками, приводящими в движение запорные вентили топливопроводов. При электрич. печах контакты регулятора включают или выключают сопротивление току.

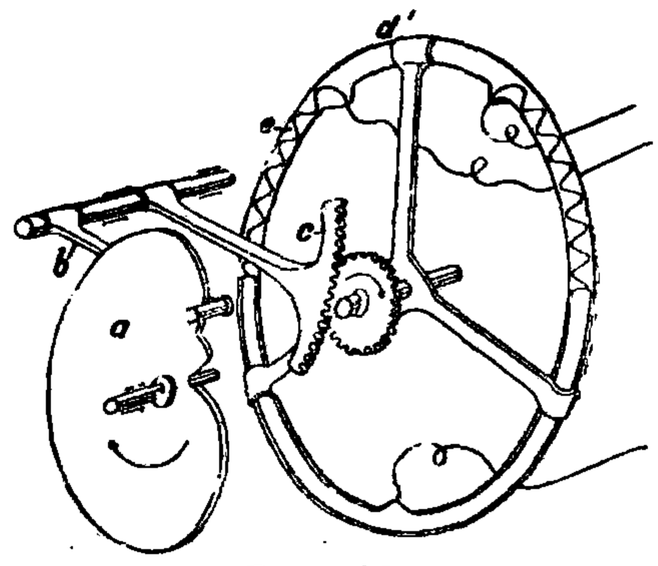


Фиг. 11а.



Фиг. 11б.

Кроме регулирования *t*° между определенными границами большое значение имеет при многих процессах регулирование *t*° по заранее заданному закону, т. е. достижение точного изменения *t*° по времени. Для этого устанавливают график *t*° (фиг. 11а). Обмотка в регуляторе находится под током суммарного напряжения, напряжения от тока термоэлемента пирометра и напряжения от второго источника с переменным сопротивлением (программный ток) из такого расчета, чтобы сумма напряжений тока оставалась постоянной и регулировалась бы в определенных пределах, как указано выше, замыканием контактов при помощи опускаемой скобы *c*. Если напряжение программного тока будет небольшим, соответственно бо́льшим д. б. напряжение тока от пирометра, и следовательно тем выше д. б. регулируемая *t*° напр. в печи. Зависимость напряжения программного тока от времени вычерчивают в виде диаграммы в полярных координатах (фиг. 11б), причем углы соответствуют времени, а радиусы—темп-рам. Эту диаграмму вырезают в виде шаблона и вращают его с помощью часового механизма. При вращении шаблона *a* (фиг. 12) с постоянной угловой скоростью ω опирающийся на него рычаг *b* будет подниматься или опускаться и с помощью зубчатого сектора *c* будет вращать кольцеобразную трубку *d'*, внутри которой помещено сопротивление в виде спирально завитой проволоки *e*. При повороте трубки *d'* находящаяся в ней ртуть будет перемещаться и изменять свободную длину спирали сопротивления и тем самым будет изменять напряжение проходящего через цепь регулятора тока и соответственно менять положение указателя *d* (фиг. 10) и замыкать максимальный или минимальный контакт.



Фиг. 12.

Лит.: Хельдт Р., Автомобильный двигатель, пер. с нем., ч. 2, М.—Л., 1932; Klimmer M., Technik u. Methodik d. Bakteriologie u. Serologie, B., 1923; Temperaturüberwachung u. Regelung bei Metallbearbeitung, «Die Werkzeugmaschine», B., 1933, Jg. 37, H. 7. **Б. Шприц.**

ТЕРМОХИМИЯ, отдел химии, посвященный изучению тепловых явлений, происходящих при химич. реакциях. Начало термохимич. исследований было положено Лавуазье и Лапласом, к-рые установили первый основной принцип Т.: всякие изменения теплоты, к-рые испытывает система тел при переходе из одного состояния в другое, совершаются в обратном порядке, когда система возвращается в свое первоначальное состояние. В построенном ими ледяном калориметре они определили теплоту сгорания угля и других тел. Гессом был установлен (1840) закон постоянства сумм тепла, согласно к-рому количество тепла, выделенного или поглощенного при химич. процессах, зависит только от начального и конечного состояний системы. Ю. Томсен (1826—1909) был первый термохимик, применивший закон сохранения энергии к химич. явлениям.

Термохимические обозначения. Количество тепла, выделившегося при химич. реакциях, Ю. Томсен предложил назвать тепловым эффектом, причем последний м. б. положительным (когда тепло выделяется) и отрицательным (когда оно поглощается). Тепловой эффект, происходящий при реакции образования какого-либо соединения $X_aY_bZ_c$ из его составляющих aX, bY, cZ, Томсен изобразил так:

$$W = (X_a, Y_b, Z_c).$$

Т. о. (Pb, S, O_4) изобразит тепловой эффект при образовании сернокислого свинца из свинца Pb, серы S и кислорода O; (PbS, O_4)—тепловой эффект при окислении сернистого свинца PbS; (PbO, SO_3)—тепловой эффект при соединении окиси свинца PbO с серным ангидридом SO_3. Обозначения, предложенные Ю. Томсеном, удобны по своей краткости, но для производства вычислений более пригодны обозначения, предложенные В. Оствальдом. Количество тепла, выделенного при образовании какого-либо химич. соединения, показывает, насколько меньше запас химич. (потенциальной) энергии сложного тела (выраженный в тепловых единицах) сравнительно с запасом ее в его составляющих. Мы не можем знать всего запаса химич. энергии, находящегося в телах; другими словами, нам неизвестно, какое бы количество тепла мы получили, если бы всю химич. энергию данного тела превратили в тепло. Но мы можем легко измерить разность между запасом химич. энергии в сложном теле и в его составляющих. Большинство сложных тел образуется с выделением тепла: в них запас химич. энергии меньше, чем в составляющих. Реакции, при к-рых они образуются, называются э к з о т е р м и ч е с к и м и. Но существуют сложные тела (напр. ацетилен, циан, закись азота и др.), при образовании к-рых тепло поглощается. При реакции их образования (э н д о т е р м и ч е с к о й) происходит переход тепла в химич. энергию. Такие сложные тела обладают бо́льшим запасом химич. энергии, чем элементы, их составляющие. Можно условиться обозначать химич. знаком элемента не только его ат. в., но и запас химич. энергии, заключающийся в одном грамм-атоме элемента. Химич. же ф-ла соединения будет обозначать не только его состав, но и запас энергии в *г*-мол. Напр. ур-ие

$$Pb + J_2 = PbJ_2 \quad \pm 39{,}8\ Cal$$

означает, что запас химич. энергии 206,9 *г* свинца Pb и 253,8 *г* иода J_2 превышает запас энергии 460,7 *г* иодистого свинца (PbJ_2) на количество, эквивалентное 39,8 Cal. Эти ур-ия количеств энергии позволяют производить с ними те же операции, какие производят с алгебраич. ур-иями. Ур-ие $Hg+O-HgO=21{,}5$ Cal показывает, что разность между запасами химич. энергии в ртути Hg и кислороде O и запасом энергии в окиси ртути HgO эквивалентна 21,5 Cal. Основываясь на законе Гесса, можно с помощью подобного рода ур-ий легко вычислить тепло, выделяющееся при таких реакциях, которые недоступны прямому калориметрическому определению.

П е р в ы й п р и м е р. Теплота образования окиси углерода из угля (аморфного) и кислорода, с одной стороны, и теплота горения окиси углерода,—с другой, выражаются следующими ур-иями:

$$C+O_2=CO_2 \quad +97{,}65\ Cal$$

и

$$CO+O=CO_2 \quad +68{,}30\ Cal.$$

Вычитая второе ур-ие из первого, получаем:

$$C+O-CO=29{,}35\ Cal,$$

или

$$C+O=CO \quad +29{,}35\ Cal,$$

т. е. при образовании окиси углерода из аморфного углерода и кислорода выделяется 29,35 Cal.

В т о р о й п р и м е р. Теплота образования органич. соединений вычисляется из теплоты их горения; напр. теплота горения метана по Бертело равна 213,5 Cal; отсюда

$$CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O \quad +213{,}5\ Cal,$$
$$C+O_2=CO_2 \quad +97\ Cal,$$
$$2(H_2+O)=2H_2O \quad +2\times69\ Cal.$$

Вычитая из первого уравнения второе и третье уравнения, получаем:

$$CH_4-(C+2H_2)=213{,}5\ Cal-(97+138\ Cal)= \quad -21{,}5\ Cal,$$

откуда

$$C+2H_2=CH_4 \quad +21{,}5\ Cal,$$

т. е. теплота образования *г*-мол. метана из аморфных угля и водорода равна 21,5 Cal.

З а в и с и м о с т ь т е п л о т ы р е а к ц и й от $t°$ была выведена Кирхгофом на основании закона сохранения энергии. Пусть Q_0 обозначает тепловой эффект какой-либо реакции при темп-ре t_0, а Q_1—то же при темп-ре t_1, ΣC_0—сумму молекулярных теплоемкостей исходных тел, ΣC_1 — то же продуктов реакции, тогда

$$\frac{Q_1-Q_0}{t_1-t_0}=\Sigma C_0-\Sigma C_1, \qquad (I)$$

т. е. увеличение теплового эффекта при повышении $t°$ на 1° равно разности между теплоемкостью C_0 тел реагирующих и теплоемкостью C_1 продуктов реакции (закон Кирхгофа). Если молекулярные теплоемкости ΣC_0 и ΣC_1 равны между собой, тепловой эффект не будет изменяться с $t°$. При реакциях между твердыми телами, а также между жидкими растворами тепловой эффект изменяется незначительно, так как ΣC_0 и ΣC_1 или равны между собою или близки друг к другу. Т. к. зависимость теплоемкости тел от $t°$ выражается ф-лой

$$C_t=C_0+at+bt^2+\dots,$$

то, подставляя подобное выражение в ур-ие (I), получим:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t}=\frac{Q_1-Q_0}{t_1-t_0}=\Sigma C_0-\Sigma C_1=\Sigma C_0^\circ-\Sigma C_1^\circ+$$
$$+(\Sigma a_0-\Sigma a_1)t+(\Sigma b_0-\Sigma b_1)t^2+\dots, \qquad (II)$$

т. е. зависимость теплового эффекта от $t°$ м. б. выражена ур-ием:

$$Q=Q_0+at+\beta t^2+\dots, \qquad (III)$$

где $a, \beta, \dots$ м. б. вычислены на основании коэф-тов a_0, b_0, a_1, b_1 и т. д. Ф-ла (I) применяется в том случае, если реакции, совершаемые при разных $t°$, относятся к одному и тому же агрегатному состоянию тел. Если же при переходе от одной $t°$ к другой состояние тел изменяется, то кроме теплоемкостей (ΣC) нужно принять во внимание теплоту плавления, испарения и т. д. Теплоты реакций при постоянном давлении Q_p и при постоянном объеме Q_v являются неодинаковыми: на основании закона сохранения энергии нетрудно показать, что между Q_p и Q_v существует соотношение: $Q_p=Q_v-P\Delta v$, где Δv обозначает увеличение объема при реакции, а P—внешнее давление. Если при реакции выделяется 1 граммолекула газа, напр. при действии серной к-ты на цинк, то при этом выделяющийся газ производит внешнюю работу $P\Delta v$, эквивалентную 1,98 T cal. Теплота, выделяющаяся при реакции между газообразными телами при постоянном давлении и $t°$, равна теплоте соединения при постоянном объеме, уменьшенной на произведение RT, и разности числа газообразных граммолекул до и после реакции (n_0-n_1):

$$Q_p=Q_v-1{,}98T(n_0-n_1).$$

Для реакции:

$$CO+{}^1/_2O_2=CO_2$$

$n_0-n_1=1{,}5-1{,}0=0{,}5$ и $Q_v=Q_v-T=67\,900$ cal$-(273+15)$ cal $=67\,612$ cal.

О т е п л о т е р а с т в о р е н и я см. *Спр. ТЭ*, т. VII, стр. 341—356.

Т е п л о т о й н е й т р а л и з а ц и и называют количество тепла, выделяемое при нейтрализации к-ты эквивалентным количеством основа-

ния, причем как к-та, так и основание берутся в настолько разбавленных растворах, что при разбавлении их не получается заметного теплового эффекта. Для большинства к-т теплота нейтрализации 1 моля едкого натра приблизительно одинакова: для одноосновных к-т (HNO_3, HCl, HBr, HPO_3 и др.) в среднем она равна 13 640 cal; для фтористого водорода теплота нейтрализации самая большая, 16 270 cal; для хлорноватистой к-ты, сероводорода и цианистого водорода она значительно меньше: 9 930, 7 740, 2 770 cal. Двуосновные к-ты по отношению к тепловому эффекту, обнаруживаемому при нейтрализации первой и второй молекул едкого натра, м. б. разделены на три группы: 1) платино-хлористоводородная H_2PtCl_6 и кремне-фтористоводородная к-та H_2SiF_6, у которых тепловой эффект для первой и второй молекул едкого натра один и тот же (в среднем 13 500 cal); 2) серная, селеновая, щавелевая и винная к-ты, при нейтрализации к-рых первая молекула едкого натра вызывает меньшее выделение тепла, чем вторая (при нейтрализации серной к-ты первой молекулой едкого натра выделяется 14 750, а второй—16 630 cal); 3) в углекислой и борной к-тах первая молекула едкого натра дает больший тепловой эффект, чем вторая (разница составляет 1 850÷2 770 cal). У сернистой к-ты первая молекула едкого натра выделяет 15 870, вторая—3 100 cal.

О теплотах образования различных химических соединений см. *Спр. ТЭ*, т. VII, стр. 361—441.

В настоящее время исследованы: зависимость теплоты образования от положения элементов, входящих в соединение, в периодич. системе и связь ее с другими химич. и физич. свойствами соединений (напр. сжатием, светопреломляющей способностью и т. п.). Относительно теплоты сгорания органич. соединений выяснено, что: 1) теплота горения гомологов углеводородов, спиртов и к-т в газообразном состоянии при постоянном давлении отличается на одну и ту же гомологическую разность, в среднем равную 157,8 Cal, т. ч. теплоты горения Q можно с большой точностью выразить уравнением

$$Q = a + 157{,}8n,$$

где a—постоянная для каждого ряда, а n—число групп CH_2. 2) Д. Коновалов (1922) показал, что теплотворная способность (т. е. теплота горения органич. соединения, причем вода остается в виде пара) м. б. вычислена по следующей простой ф-ле

$$P = 48\,800n \text{ cal},$$

где n—число грамм-атомов кислорода, расходуемого при сгорании одной граммолекулы тела, а P—его теплотворная способность. Приложение второго закона *термодинамики* (см.) к решению вопросов химич. механики позволило установить связь между константой равновесия K какой-либо реакции при различных $t°$ и теплотой U реакции. Вант-Гофф вывел следующее, т. н. уравнение изохоры:

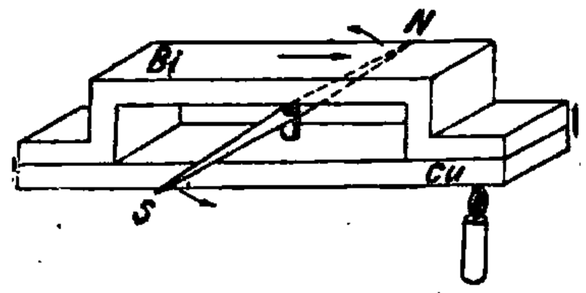
$$\frac{d\ln K}{dT} = -\frac{U}{RT^2}.$$

Пользуясь им, можно вычислить теплоту диссоциации молекулы простых тел на атомы ($J_2 \rightleftarrows J+J-36\,860$ cal, $H_2 = H+H-98\,000$ cal при $T=1\,000 \div 2\,000°$), теплоту диссоциации молекулы на ионы, теплоту растворения и т. п.

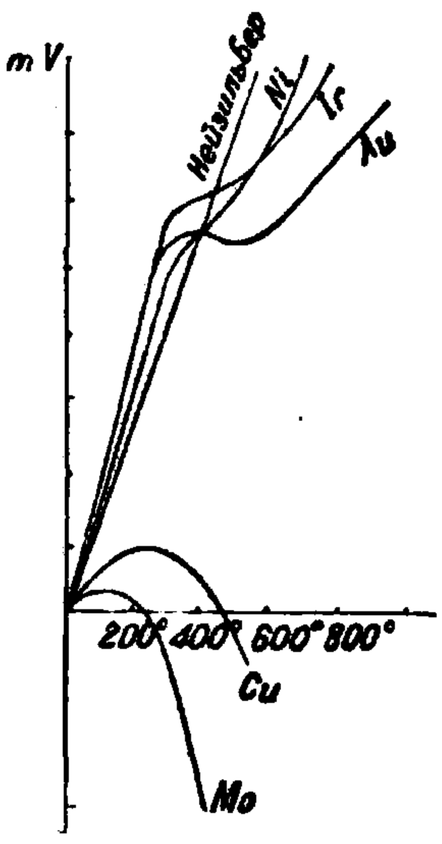
Лит.: Лугинин В., Химии органическая, физическая и термохимия, т. 1, М., 1917; Нернст В., Теоретические и опытные основания нового теплового закона, пер. с нем., М.—Л., 1929; Лугинин В., Описание различных методов определения теплот горения органических соединений, М., 1894; Лугинин В. и Щукарев А., Руководство к калориметрии, М., 1905; Ян Г., Основания термохимии и ее значение для теоретической химии, пер. с нем., СПБ, 1893; Каблуков И., Термохимия, М.—Л., 1931; Thomsen J., Thermochemische Untersuchungen, B. 1—4, 1882—1886; Thomsen J, Systematische Durchführung thermochemicher Untersuchungen, Zahlenwerte und theoretische Durchführung, 1906; Berthelot M., Thermochimie, t. 1—2, P., 1897; Berthelot M., Essai de mécanique chimique fondée sur la thermochimie, P.,1897; Bourion F., Thermochimie, Paris, 1924; Sackur O., Lehrbuch d. Thermochemie und Thermodynamik, 2 Auflage, Berlin, 1928.

И. Каблуков.

ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСТВО, явление, обусловливающее возникновение эдс в замкнутой цепи, составленной из разнородных проводников, при нарушении в такой цепи теплового равновесия. Проводники обыкновенно спаивают концами, поэтому места контакта называют спаями, а возникающую при подогревании одного из спаев эдс называют термоэлектрической эдс, термосилой, или термоэдс. Она определяется той разностью потенциалов, к-рая устанавливается между двумя металлами, если разность темп-р обоих спаев равна 1°, и выражается в V/°C. Явление замечено Зеебеком (1823 г.). Если спаять две пластинки из висмута и меди (фиг. 1), то при подогревании одного из спаев в цепи возникает электрический ток, обнаруживаемый включенным в цепь гальванометром и направленный в более нагретом спае от Bi к Cu, а в более холодном—от Cu к Bi. Такой ток называется термоэлектрическим. Ориентируя составленный т. о. контур по магнитному меридиану, можно заметить, что помещенная внутри магнитная стрелка при подогреве одного спая отклонится от магнитного меридиана, при подогреве другого спая стрелка отклонится в другую сторону. При малых разницах в $t°$ возникающие термоэдс пропорциональны разности $t°$. Опыт дает для некоторых металлов довольно хорошее совпадение в этом отношении. Для других же металлов термоэдс и $t°$ связаны более сложными соотношениями. На фиг. 2 показана зависимость от $t°$ термоэдс, возникающих в цепях, одним элементом к-рых служит Fe, а другим—Ni, Au, Cu и др., причем один из спаев имеет $t°$ 0°, а другой—$t°$ соответствующей абсциссы. Для нек-рых термоэлектрич. пар в пределах от 0 до 300° наблюдается пропорциональность между термоэдс и $t°$: для Fe—Ni, Fe—Ir, Fe—Au эта зависимость выражается почти прямой линией; для других же (Fe—Cu, Fe—Mo) кривая имеет вид параболы, причем с повышением $t°$ наблюдается изменение направления термоэдс. Явление это носит название инверсии.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Термоэдс, к-рую проводник A приобретает по отношению к проводнику B, считают положительной, если в более холодном спае ток направлен от A к B, напр. Cu по отношению к

Bi имеет положительную термоэдс. В отношении возникновения термоэдс все металлы можно расположить в ряд т. о., что в пределах напр. между 0 и 100° термоэлектрич. ток между двумя металлами ряда направлен в спае более низкой $t°$ от предыдущего к последующему члену этого ряда. В таблице приведены термоэдс для ряда металлов по отношению к платине в пределах от 0 до 100°.

Значение термоэдс металлов по отношению к Pt при разности $t°$ в 100°.

Металл	mV	Металл	mV
Железо	+1,75	Магний	+0,42
Молибден	+1,24	Алюминий	+0,39
Кадмий	+0,90	Ртуть	+0,01
Золото	+0,78	Платина	0,00
Вольфрам	+0,78	Натрий	−0,21
Цинк	+0,76	Палладий	−0,47
Серебро	+0,75	Калий	−0,91
Медь	+0,74	Кобальт	−1,75
Иридий	+0,67	Никель	−1,76
Свинец	+0,45	Константан	−3,33
Олово	+0,42	Висмут	−6,86

Знак + указывает, что в месте спая, где $t° = 0°$, ток направлен от данного металла к Pt.

Если известна термоэдс двух металлов A и B по отношению к третьему C, то термоэдс между первыми двумя определяется по формуле:

$$V_{AB} = V_{AC} - V_{BC}.$$

Возникновение термоэдс объясняют перемещением электронов из одного металла в другой и выравниванием их внутренних потенциалов. В различных металлах число свободных электронов в 1 $см^3$ объема неодинаково, поэтому электроны, подобные свободному газу, заполняющему междумолекулярное пространство в металле, испытывают неодинаковые давления и при подогреве одного из спаев двух разнородных металлов диффундируют из одного металла в другой. Металл, в к-ром число электронов уменьшится, зарядится положительно, а другой металл, в котором число электронов увеличится, зарядится отрицательно, и между обоими проводниками появится разность потенциалов. Значительную аналогию с Т. представляет другое явление, наблюдаемое в кристаллах и называемое *пироэлектричеством* (см.). Т. находит себе обширное применение для измерения тепловой и лучистой энергии для $t°$ от долей градуса до нескольких тыс. градусов.

Лит.: Хвольсон О., Курс физики, т. 4, Берлин, 1923; Петровский А., Электричество и магнетизм, П., 1917; Эйхенвальд А., Электричество, 7 изд., М.—Л., 1932; Круг К., Основы электротехники, т. 1, М.—Л., 1931; Покровский С. Н., Электричество и магнетизм, М.—Л., 1933. **И. Мельников.**

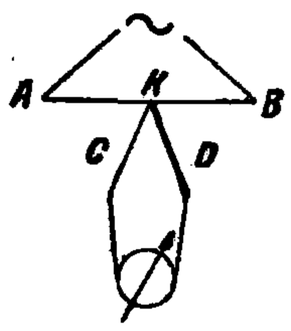
ТЕРМОЭЛЕКТРОНЫ, электроны, испускаемые поверхностью тела, находящегося при достаточно высокой $t°$; явление открыто впервые Эдиссоном в 1884 г. и исследовалось далее Ричардсоном и многими другими. Последний ввел термины: *термионный ток* (см.) для всякого электрич. тока, исходящего от накаленного тела, и термионы—для всех частиц, вылетающих из такого нагретого тела; теперь принято б. ч. термионами называть в отличие от Т. лишь образующиеся при тех же условиях ионы, притом б. ч. положительные, т. е. положительно наэлектризованные атомы или молекулы, потерявшие один или несколько электронов. Т. вылетают с поверхности горячего тела с весьма различными скоростями, причем скорости распределены между Т. по тому же закону Максвелла (см. *Броуновское движение*), по к-рому распределены скорости между молекулами газа; отсюда возникла аналогия между Т. и газом и термин «электронный газ». Возможно, что такое испускание происходит при всех $t°$, но в виду незначительности числа электронов явление не м. б. наблюдаемо.

Законы испускания термоэлектронов в зависимости от различных факторов и библиографию см. *Лампа электронная.*

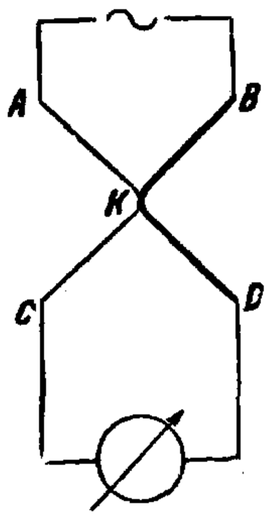
ТЕРМОЭЛЕМЕНТ, термопара, прибор в виде комбинации из двух проводников, дающих термоэлектрич. ток (см. *Термоэлектричество*). Применяется для измерения тепловой и лучистой энергии и весьма малых переменных электрич. токов (гл. обр. высокочастотных). Для измерения темп-р как средних, так и высоких изготовляют Т. из двух разнородных металлов в виде двух одинаковой длины проволок, спаянных на одном конце. Спаянный конец помещается в пункте, $t°$ к-рого требуется измерить. Два других конца соединяются с гальванометром (с малым сопротивлением) проводами, симметрично (во избежание погрешностей) расположенными по отношению к Т. и к измерительному прибору, для взаимного компенсирования термоэдс, возникающих в других частях цепи. Получающиеся термоэдс пропорциональны разности $t°$ спая и $t°$ двух свободных концов термопары, от к-рых идут провода к гальванометру. При выборе Т. берут проводники с относительно малыми термоэдс (порядка 10^{-5} V/°C) и по возможности тонкие (с малой теплоемкостью, чтобы термопара могла быстро следовать за изменениями $t°$). Для измерения от 0 до 100° применяют пару константан—медь, дающую ок. $40 \cdot 10^{-6}$ V/°C нагрева. Выше 100° (до + 600°) применяют пару серебро—константан. Для измерения очень высоких $t°$ применяют: 1) пару платина—сплав платины с 10% иридия (до + 1 100°) и 2) пару платина—сплав платины с 10% родия (до + 1 600°). Для той же цели используются пары железо—константан, никель—нихром и нек-рые специальные сплавы, напр. хромель-алюмель (см. *Пирометрия*). Обе проволоки Т. для предохранения спая от загрязнения и других повреждений заключают в фарфоровую трубку, запаянную с одного конца, и изолируют друг от друга асбестом, а также запаивают в кварцевые или из особого огнеупорного вещества (Марквардова масса) трубки. Для измерения очень малых разностей применяют термопары с большой термоэдс (порядка $120 \cdot 10^{-6}$ V/°C нагрева), например пару «сплав висмута с 5% олова—сплав висмута с 3% сурьмы». Прибор для этой цели называется термоэлектрическим столбиком и составляется из 30—40 соединенных последовательно Т. Его применяют например для исследования распределения энергии в спектре. В этой термобатарее бруски, входящие в отдельные пары, располагают зигзагом так, что все четные пары обращены в одну сторону, а нечетные — в другую; бруски изолированы друг от друга асбестовым картоном. Собранная батарея имеет вид кубика или параллелепипеда и заделывается в металлич. оправу.

Т. применяют для измерения весьма малых переменных токов. Для этого спай Т. нагревается измеряемым током, а другие концы замыкаются на чувствительный гальванометр. Существует много различных конструкций таких Т., но наиболее употребительных соединений можно отметить два. На фиг. 1 две разнород-

ные проволоки *C* и *D* в точке *K* припаяны к цельной проволоке *AB*, нагревающей спай *K* проходящим по ней измеряемым током. На фиг. 2 разнородные проволоки спаяны в точке *K* крестом. Одна пара их присоединена к гальванометру, а другая—к источнику измеряемого тока. Соединение по фиг. 1 имеет то преимущество, что подогревающая спай проволока однородна, и при той же силе тока спай будет нагрет до большей $t°$, чем в случае фиг. 2, где подогревающий элемент состоит из проволок различного удельного сопротивления и нагревается неравномерно. Для Т. применяют пары: платина—никель, константан—железо, константан—манганин и др. Для уменьшения теплоотдачи и повышения чувствительности Т. заключают в небольшой эвакуированный стеклянный сосуд. Чувствительность такого вакуумного Т. при неизменном токе зависит от металлов термопары, от способа прикрепления ее к нагревающей проволоке и от диам. последней. При токе через Т. в 10 mA через подогревающую проволоку ⌀ 15 μ термопара железо—константан при аккуратной пайке оловом дает термоэдс ~10 mV. При тщательной электросварке термопары можно при тех же условиях получить 17 mV и более. Основное требование—минимальный размер спая. Т. изготовляются для измерения токов (гл. образом высокочастотных) от долей mA до десятков A в виде самостоятельных приборов или вставленных внутрь измерительных приборов. В последнем случае часто употребляется не одна термопара, а батарейки из нескольких термопар. Получить однородные Т. очень трудно, и в работе с ними требуется тщательная их градуировка.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Было сделано много попыток использовать Т. в технич. целях для непосредственного превращения тепловой энергии в электрическую без применения промежуточного тела, каким являются вода и водяные пары. Однако кпд таких термобатарей настолько низок (порядка 1—3%), что применение их для технич. целей по экономич. соображениям в настоящее время совершенно исключается.

Лит.: см. *Термоэлектричество*, также *Пирометрия*, *Термометрия*.

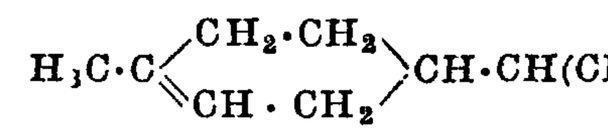
ТЕРПЕНТИН, см. *Живица* и *Скипидар*.

ТЕРПЕНТИННОЕ МАСЛО, см. *Живица* и *Скипидар*.

ТЕРПЕНЫ—обширный класс непредельных углеводородов общей ф-лы $C_{10}H_{16}$, широко распространенных в природе, гл. обр. в *эфирных маслах* (см.), в к-рых Т. являются часто главной составной частью. Таково напр. терпентинное масло, или скипидар, и др. Обычно одновременно с Т. в эфирных маслах присутствуют производные Т. (спирты, альдегиды, кетоны), обусловливающие характерный запах и практическую ценность эфирных масел. Некоторые производные Т. приобрели самостоятельное значение в различных отраслях пром-сти и в медицине, напр. *гераниол* (см.), *ментол* (см.), *камфора* (см.) и др. Бо́льшая часть Т. и их производных представляет легкоподвижные бесцветные жидкости с характерным запахом, с сильным светопреломлением и в большинстве своем оптически активные, под действием света и воздуха, сравнительно быстро осмоляются. Т. разделяются на следующие группы.

1) Т. с открытой цепью углеродных атомов (алифатические Т.). Важнейшими представителями этой немногочисленной группы являются углеводороды с 3 двойными связями—мирцен и оцимен, легко полимеризующиеся в каучукообразные продукты и переходящие в циклич. Т. и дитерпены. Мирцен (1)—жидкость с $t°_{кип.}$ 167—172° и уд. в. при 15° 0,8013÷0,8023. Мирцен найден в масле из листьев Pimenta acris, в масле хмеля, вербены (Lippia citriodora) и др. При перегонке под обычным давлением легко осмоляется; образуется при дегидратации *линалоола* (см.) и переходит в линалоол при гидратации. Восстановление мирцена натрием в спиртовом растворе приводит к дигидромирцену $C_{10}H_{18}$. При окислении перманганатом мирцен дает янтарную к-ту. Оцимен—изомер мирцена (2) с $t°_{кип.}$ 73—74° при 21 *мм* и уд. в. D^{15} 0,801, встречается в масле Ocymum basilicum, O. gratissimum и др. Натрием в спиртовом растворе м. б. восстановлен, как и мирцен, в дигидромирцен. При нагревании оцимен превращается в изомерный аллоцимен.

2) Моноциклические Т. представлены в эфирных маслах большим числом изомерных углеводородов, дающих при гидрировании *n*-гексагидроцимол (*n*-ментан, 3), производными которого они являются, и т. о. находятся в генетич. связи с *n*-цимолом, в к-рый переходят например при дегидрировании с серой; производные *м*- (4) и *о*-ментана в природе не найдены, нек-рые из них получены синтетически. Переход от ментана к Т. ф-лы $C_{10}H_{16}$ теоретически м. б. осуществлен отнятием от ментана 4 атомов водорода, попарно от соседних углеродов, в результате чего получаются разные моноциклические Т. Положение двойных связей в циклических Т. обозначают греч. буквой Δ с стоящими справа вверху цифрами (показателями), обозначающими углеродный атом, к-рый связан с соседним, следующим по счету, двойной связью. Если двойная связь является семициклической, т. е. находится между циклом и боковой связью, то цифру, обозначающую положение углерода в боковой цепи, заключают в скобки. На этом основании построена рациональная номенклатура Т. как производных ментана, но большинство Т. имеет установившиеся исторически собственные наименования. Важнейшими представителями моноциклич. Т. являются: лимонен, $\Delta^{1,8}$-ментадиен (5), бесцветная жидкость с запахом лимона, $t°_{кип.}$ 175—177° и удельным весом D^{15} 0,850. Правый *d*-изомер встречается в лимонном, померанцевом и многих др. маслах, левый *l*-изомер—в хвойных маслах. Концентрированная серная к-та переводит лимонен в *n*-цимол; еще легче такой переход осуществляется путем дегидрогенизационного катализа. Лимонен восстанавливается водородом в присутствии платиновой черни в карвоментен



а последний в ментан. Раствором перманганата лимонен окисляется в 4-атомный спирт—лимонен-эритрит с $t°_{пл.}$ 191,5—192°. С сухим хлористым водородом лимонен образует моногидрохлорид, обработкой которого например уксуснокислым натрием получают опти-

чески активный *α*-терпинеол (30); в присутствии влаги получаются дигидрохлориды (цис- и транс-). Лимонен связан простыми взаимными переходами с терпинеолом, терпином (33) и карвоном (37). Характерным для лимонена является тетрабромид с $t^{\circ}_{пл.}$ 104—105°. Дипентен—недеятельная модификация лимонена—может быть получен в результате смешивания равных частей правого и левого лимонена, а также путем его рацемизации. Имеет то же строение, что и лимонен; в особенности много дипентена содержится в отработанном скипидаре после производства терпинеола. Изомеризация многих Т.—лимонена, пинена, фелландрена и т. д.—приводит к дипентену, который получается также полимеризацией изопрена. Для дипентена характерны тетрабромид с $t^{\circ}_{пл.}$ 125—126° и гидрохлорид с $t^{\circ}_{пл.}$ 50°. Терпинолен $\Delta^{1,4(8)}$-ментадиен (6) с $t^{\circ}_{кип.}$ 183—185° и уд. в. D^{20} 0,855. Получается как побочный продукт при производстве терпинеола. Характеризуется тетрабромидом с $t^{\circ}_{пл.}$ 116° и дибромидом с $t^{\circ}_{пл.}$ 69—70°. *α*-терпинен $\Delta^{1,3}$-ментадиен (7) с $t^{\circ}_{кип.}$ 172—175° и уд. в. D^{19}_{4} 0,8353. В природе встречается в кориандровом, майорановом и др. маслах. Получается наряду с другими изомерами при действии к-т на различные Т. (пинен, дипентен, фелландрен и т. д.) и их кислородные соединения (линалоол, терпинеол, терпингидрат). В противоположность пинену, камфену, лимонену, терпинолену и др. терпинен разрушается полностью хромовой смесью на холоду; этим путем его можно удалить из смеси с другими соединениями; при хранении осмоляется. Характерен для терпинена дихлоргидрохлорид с $t^{\circ}_{пл.}$ 51°. Наряду с *α*-терпиненом во многих эфирных маслах встречаются изомерные ему Т. *β*- и *γ*-терпинены $\Delta^{3,1(7)}$- и $\Delta^{1,4}$-ментадиен (8 и 9), *α*-фелландрен $\Delta^{1,5}$-ментадиен (10) с $t^{\circ}_{кип.}$ 173—175°, уд. в. D^{15} 0,8425—0,8565 и *β*-фелландрен $\Delta^{2,1(7)}$-ментадиен (11), с $t^{\circ}_{кип.}$ 57° (при 11 *мм*), уд. в. D^{15} 0,848—0,852; встречаются в эфирных маслах (укропном, эвкалиптовом и других). При окислении дают различные продукты: *α*-фелландрен дает *α*-окси-*β*-изопропилглутаровую кислоту, *β*-фелландрен дает *α*-окси-*β*-изопропиладипиновую к-ту. Фелландрен очень неустойчив против солнечного света и высоких темп-р, перегоняется только при большом разряжении в вакууме. Сильвестрен (12) с $t^{\circ}_{кип.}$ 175—177° и уд. в. D^{20} 0,848; в природе не найден, повидимому образуется лишь в результате изомеризационных превращений других Т. (карена) под влиянием повышенной темп-ры; устойчив по отношению к разным реагентам; недеятельная форма сильвестрена называется карвестреном. Для сильвестрена характерен дигидрохлорид с $t^{\circ}_{пл.}$ 72°.

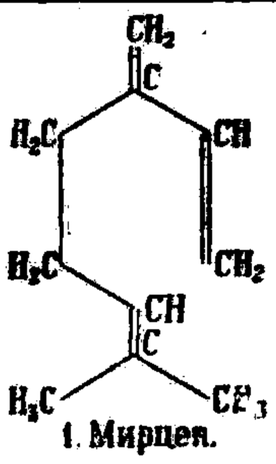
3) Бициклические Т. Важнейшими бициклическими системами предельного характера являются системы карана, пинана и камфана (13, 14 и 15), представляющие комбинированные системы наружного шестичленного и внутреннего 3-, 4- или 5-членного кольца; получаются они синтетически каталитич. разложением гидразона соответствующего кетона: каран из гидразона карона, пинан из гидразона пинокамфона и камфан из гидразона камфоры по общему ур-ию

$$C_{10}H_{16}N : NH_2 = C_{10}H_{18} + N_2$$

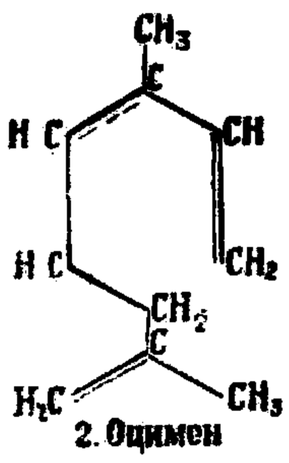
или гидрированием соответствующего терпена. Важнейшими представителями бициклических Т. являются: Δ^3-карен (16) с $t^{\circ}_{кип.}$ 168—169° при 705 *мм* и уд. в. D^{30}_{30} 0,8586, встречается в русском и немецком скипидарах, иногда совместно со своим изомером Δ^1-кареном (17) с $t^{\circ}_{кип.}$ 165,5—167° при 707 *мм* и уд. в. D^{30}_{30} 0,8552. Под влиянием различных реагентов оба карена легко изомеризуются в сильвестрен и карвестрен или дипентен, что долгое время препятствовало их изучению. *α*-пинен (18) с $t^{\circ}_{кип.}$ 154—156° и уд. в. D^{20}_{4} 0,8580—0,878, содержится гл. обр. в маслах хвойных растений, составляет главную часть *скипидара* (см.), а у нек-рых—почти единственную. Известны правый *d*-, левый *l*- и недеятельный *dl*-пинены; пинен легко превращается в производные других систем; особенно важны реакции присоединения к пинену хлористого водорода, причем образуется при одновременной изомеризации борнилхлорид (19), и гидратация пинена разбавленными минеральными кислотами, причем образуется терпинеол, терпингидрат и др. соединения. Химич. свойства пинена изучены весьма подробно; он применяется в производстве терпинеола и синтетич. *камфоры* (см.), в медицине и лакокрасочном производстве. *β*-пинен (нопинен) (20) — ближайший изомер *α*-пинена, отличающийся от последнего положением двойной связи, с $t^{\circ}_{кип.}$ 163—164° и уд. в. D^{15} 0,8650; часто встречается вместе с *α*-пиненом. *β*-пинен с бо́льшим успехом, чем *α*-пинен, применим для синтеза камфоры и производства терпинеола, т. к. соответствующие реакции протекают быстрее и с бо́льшими выходами; кроме того *β*-пинен труднее превращается в моноциклич. Т. Под влиянием крепких минеральных к-т к пинену присоединяется вода, и происходит изомеризация с образованием *борнеола* (см.). Гидратация *β*-пинена разбавленной серной и ледяной уксусной к-тами приводит к терпину (33). Борнилен (21), единственный Т., являющийся производным системы камфана, не встречающийся в природе; получается борнилен отщеплением хлористого водорода от борнилхлорида или воды от борнеола (22); $t^{\circ}_{кип.}$ 146° при 740 *мм*, $t^{\circ}_{пл.}$ 113°. Камфен (23) встречается главным образом в масле различных хвойных, получается из борнилхлорида при отнятии хлористого водорода, из изоборнеола при отнятии воды; $t^{\circ}_{пл.}$ 49°, $t^{\circ}_{кип.}$ 160°. Переход от борнилхлорида или изоборнеола к камфену сопровождается внутримолекулярной перегруппировкой.

4) Производные алифатических терпенов. Важнейшими представителями их являются: цитронеллол $C_{10}H_{20}O$, природный продукт, состоит из двух изомеров (24 и 25); жидкость с запахом розы, встречается в эфирных маслах герани, розы, цитронеллы; $t^{\circ}_{кип.}$ 225—226° и уд. в. D^{15}_{15} 0,862. Окисление приводит к различным продуктам в зависимости от применяемых условий и окислителей, напр. хромовая смесь дает гл. обр. цитронеллаль с примесью изопулегона, цитронелловой к-ты и др.; перманганат—трехатомный спирт, ацетон и *β*-метиладипиновую к-ту. Технически получается из цитронеллаля восстановлением амальгамой алюминия или выделением из соответствующих масел (см. *Душистые вещества*). Цитронеллаль $C_{10}H_{18}O$ в виде смеси двух изомеров (26 и 27) встречается в маслах цитронеллы, некоторых эвкалиптов, мелиссы и др.; $t^{\circ}_{кип.}$ 203—208° и уд. вес D^{15} 0,8552. Под влиянием к-т легко изомеризуется в зависимости от формы в изопулегол или

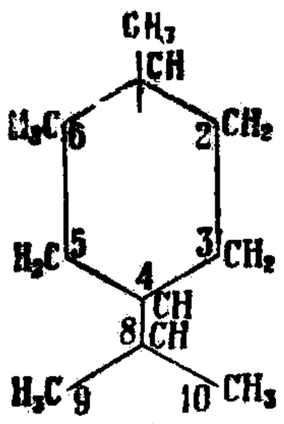
ТЕРПЕНЫ



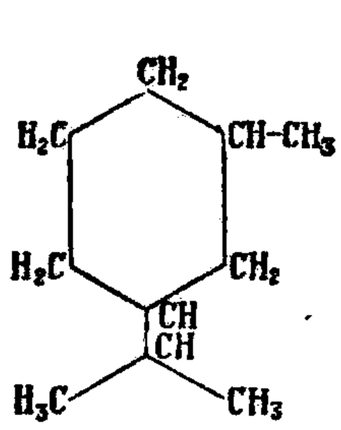
1. Мирцен.



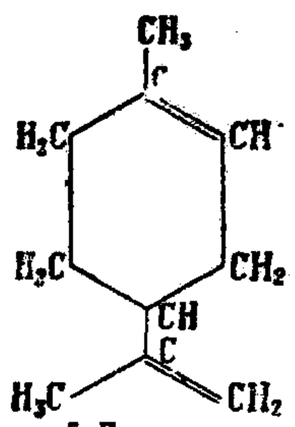
2. Оцимен



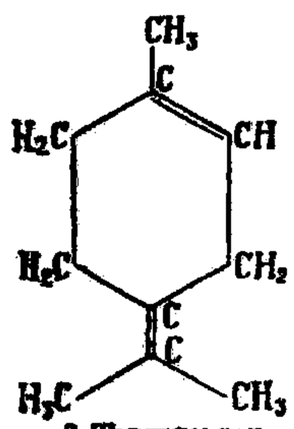
3. п-Ментан



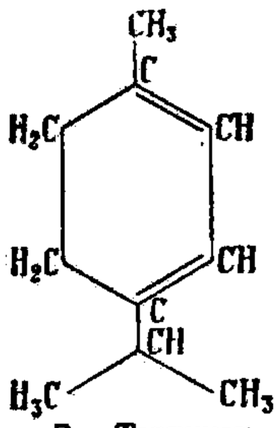
4. м-Ментан



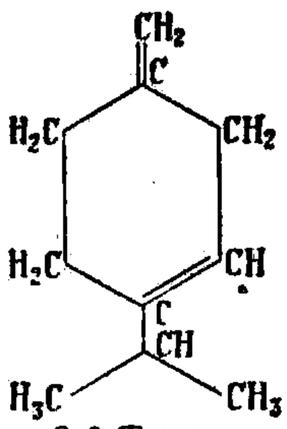
5 Лимонен



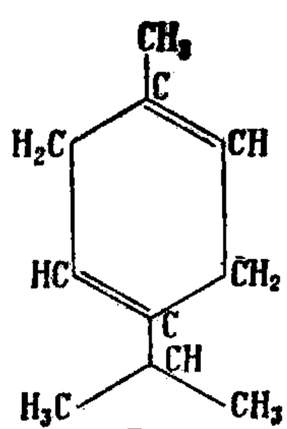
6. Терпинолен



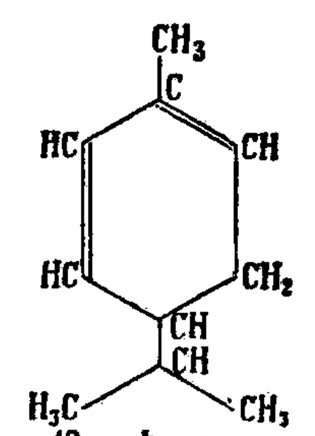
7. α-Терпинен



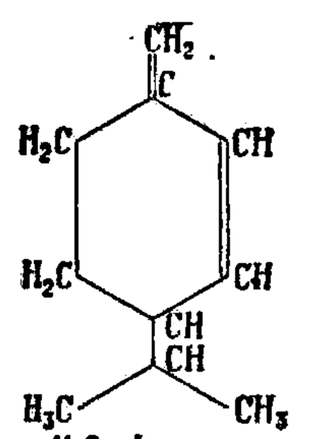
8. β-Терпинен



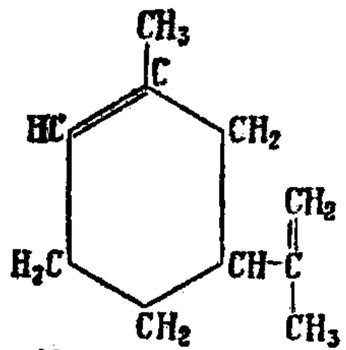
9 γ-Терпинен



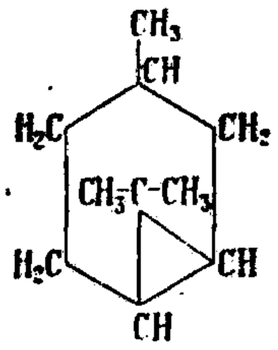
10. α-Фелландрен



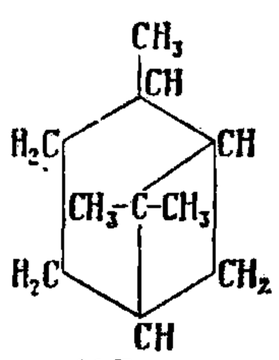
11. β-Фелландрен



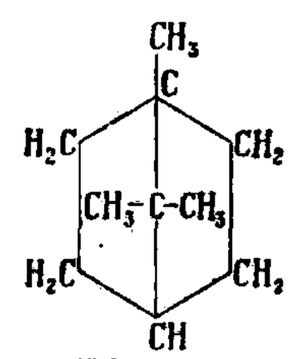
12. Сильвестрен



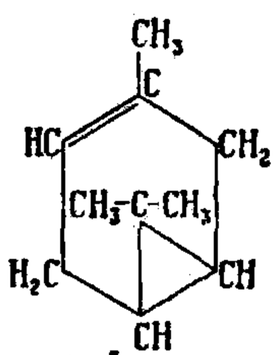
13. Каран



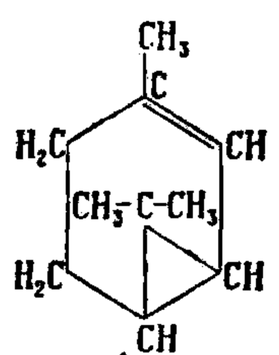
14. Пинан



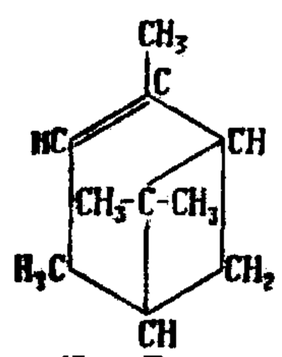
15. Камфан



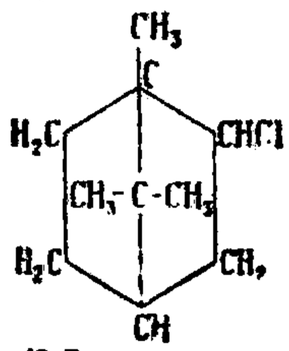
16. Δ³-Карен



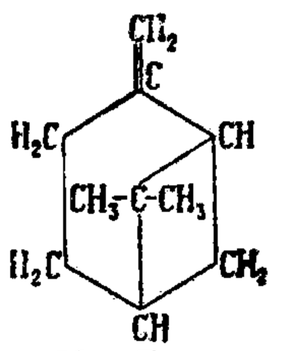
17. Δ⁴-Карен



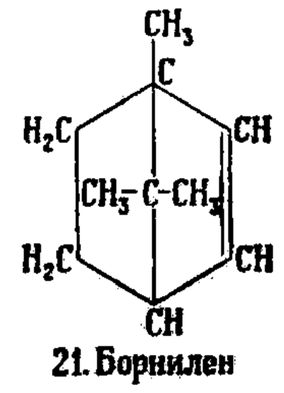
18. α-Пинен



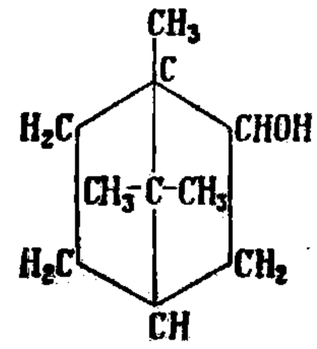
19. Борнилхлорид



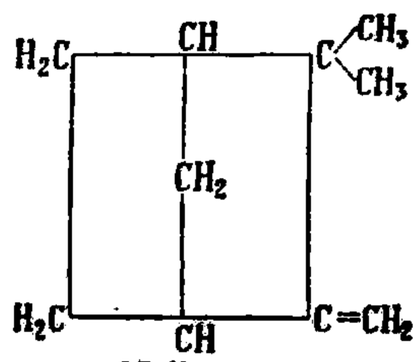
20. β-Пинен



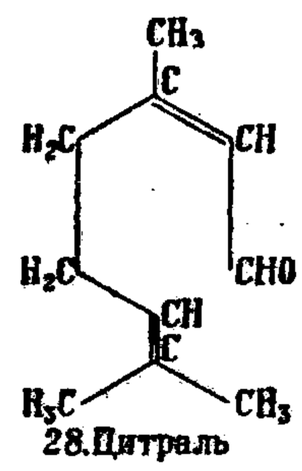
21. Борнилен



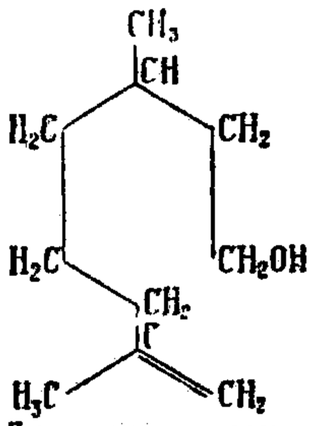
22. Борнеол



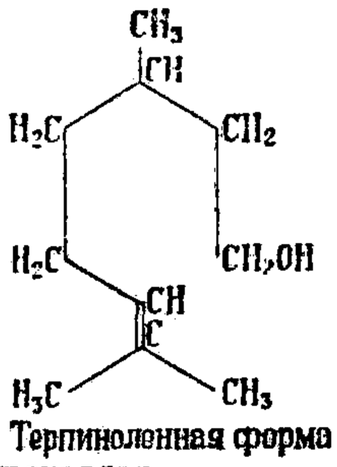
23. Камфен



28. Цитраль

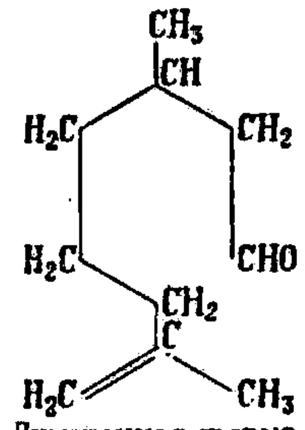


Лимоненная форма

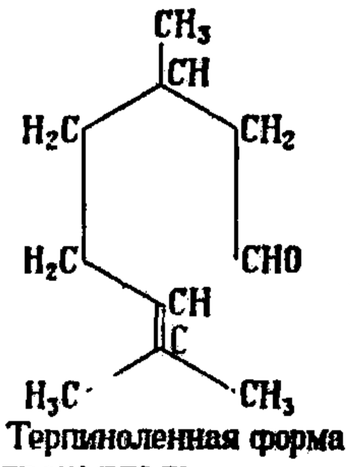


Терпиноленная форма

24 и 25. Цитронеллол

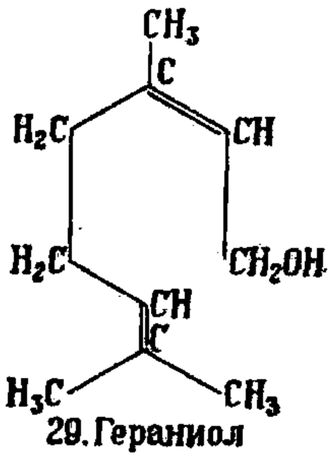


Лимоненная форма

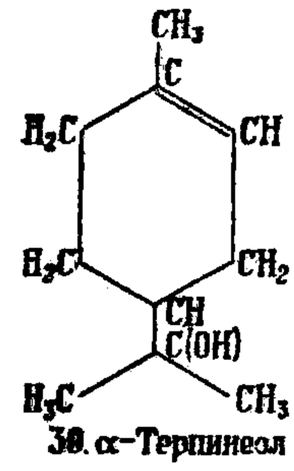


Терпиноленная форма

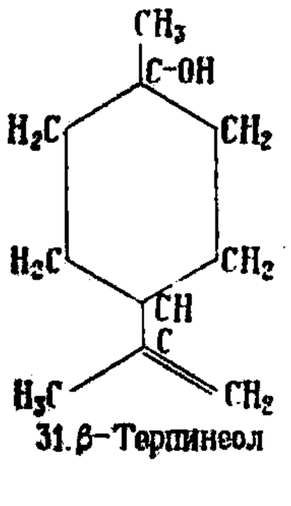
26 и 27. Цитронеллаль



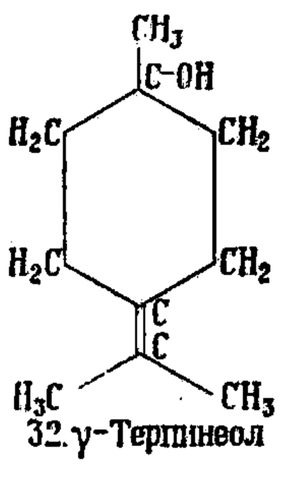
29. Гераниол



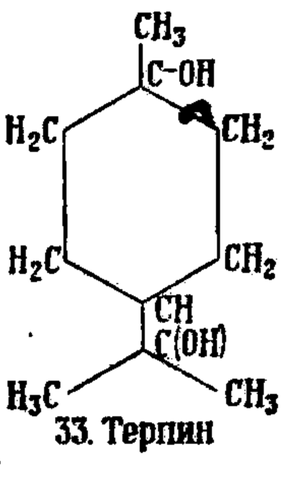
30. α-Терпинеол



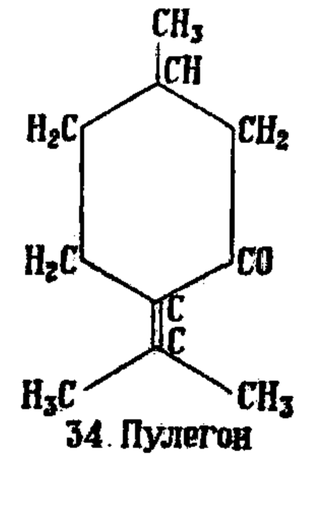
31. β-Терпинеол



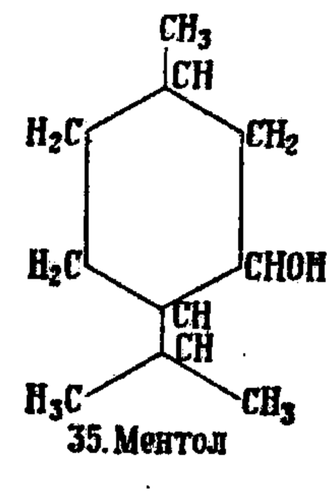
32. γ-Терпинеол



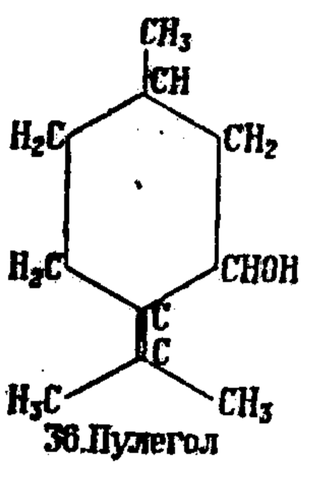
33. Терпин



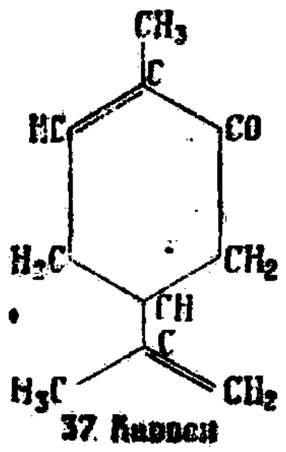
34. Пулегон



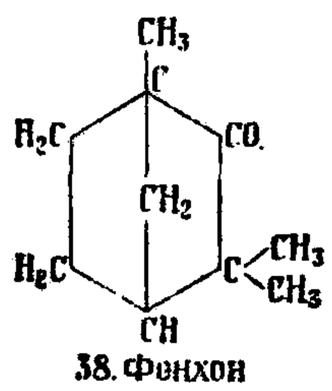
35. Ментол



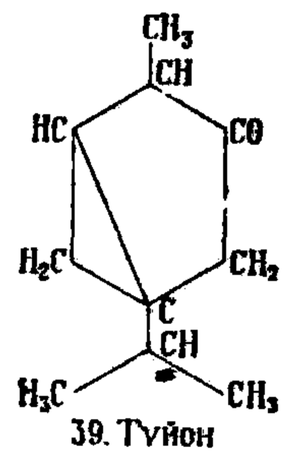
36. Пулегол



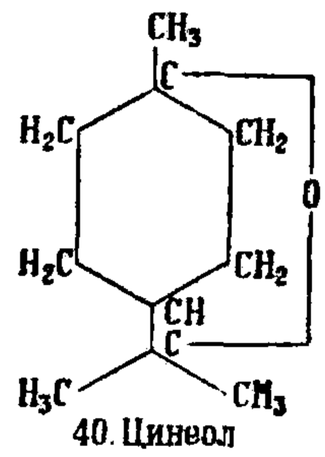
37. Карвон



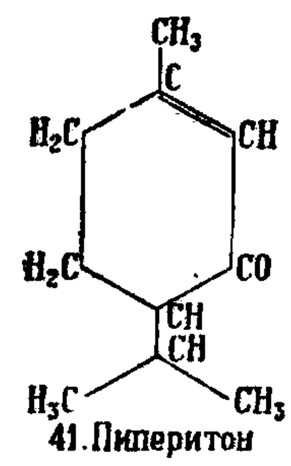
38. Фенхон



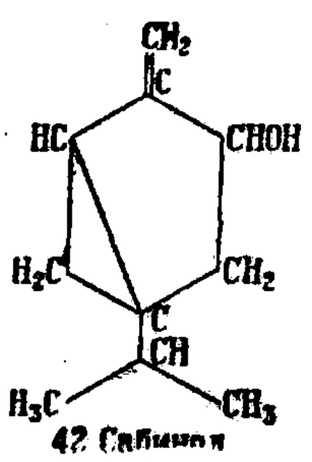
39. Туйон



40. Цинеол



41. Пиперитон



42. Сабинен

ментон. Цитраль $C_{10}H_{16}O$ (28)—жидкость с лимонным запахом, встречается в лимонном, лемонграсовом, змееголовниковом и др. маслах; $t^{\circ}_{кип.}$ 228—229° и уд. в. D^{15} 0,831—0,895. Под влиянием минеральных к-т легко переходит в цимол, окисью серебра окисляется в гераниевую к-ту, водородом в присутствии платиновой черни восстанавливается в цитронеллол, амальгамой натрия в уксусной к-те восстанавливается в гераниол (29) и изомер последнего—нерол, в соответствии с наличием обеих изомерных форм. Цитраль находит непосредственное применение в парфюмерном деле и в особенности в производстве *ионона* (см.). *Гераниол* (см.) (29)—жидкость с запахом розы с $t^{\circ}_{кип.}$ 120—122° при 17 *мм* давления, уд. в. 0,8829, встречается в гераниевом, цитронелловом, пальмарозовом маслах, при окислении дает альдегид—цитраль, образует с безводным хлористым кальцием кристаллич. соединение, к-рое водой разлагается с обратным выделением гераниола. Стереоизомер гераниола—нерол—также обладает запахом розы; $t^{\circ}_{кип.}$ 125° при 25 *мм* давления, уд. в. 0,8813, встречается в петигреновом, неролиевом, розовом и др. маслах. По свойствам очень близок к гераниолу, отличаясь от последнего большей легкостью изомеризации в терпинеол и легкостью дегидратации. Не образует кристаллич. хлоркальциевого соединения. Изомерный этим двум спиртам *линалоол* (см.)—жидкость с запахом, напоминающим ландыш, $t^{\circ}_{кип.}$ 197—198°, уд. в. 0,869, встречается в правовращающей форме—в кориандровом масле, в левовращающей—в масле линалоэ; эфиры линалоола и жирных к-т составляют наиболее ценную составную часть лавандового, бергамотного и др. масел. При окислении линалоола хромовой смесью вследствие предварительной перегруппировки получается цитраль. Эти спирты и их эфиры имеют первостепенное значение в мыловаренно-парфюмерной промышленности.

5) Производные моноциклич. Т. Терпинеол $C_{10}H_{18}O$, продажный терпинеол—смесь изомеров α-, β- и γ- (30, 31 и 32); α-терпинеол с $t^{\circ}_{кип.}$ 217—219°, $t^{\circ}_{пл.}$ 35°, уд. в. D^{15} 0,935—0,940; β-терпинеол с $t^{\circ}_{кип.}$ 209—210°, $t^{\circ}_{пл.}$ 33°, уд. в. 0,819; γ-терпинеол с $t^{\circ}_{пл.}$ 69—70°. Терпинеол встречается в некоторых скипидарах, особенно экстракционных, и в маслах: померанцевом, камфорном, лимонном, гераниевом и др. Технически получается из скипидара гидратацией последнего разбавленными минеральными к-тами (серной, азотной) с последующим отщеплением воды от образующегося при этом терпингидрата. Под действием минеральных к-т и водоотнимающих реагентов терпинеол переходит в смесь циклич. Т. или гидратируется, переходя в терпин. Технич. терпинеол—бесцветная жидкость с запахом сирени, находит большое применение в парфюмерном и мыловаренном производствах. Терпин $C_{10}H_2O_2$ (33) известен в двух стереоизомерных модификациях: цис- и трансформе. Первая дает с 1 мол. кристаллизационной воды терпингидрат с $t^{\circ}_{пл.}$ 116—117°. Терпингидрат получается непосредственно из скипидара действием разведенных минеральных к-т, при нагревании дает безводный цис-терпин с $t^{\circ}_{пл.}$ 104—105°, при окислении дает теребиновую к-ту. Транс-терпин—кристаллич. вещество с $t^{\circ}_{пл.}$ 156—158°, $t^{\circ}_{кип.}$ 263—265°, гидрата не образует. Получается гл. обр. при омылении дигидрохлорида, дипентена и терпинена. Цинеол (40)—жидкость с холодящим камфорным запахом, $t^{\circ}_{кип.}$ 176—177°, уд. в. 0,928—0,930, представляет главную и характерную составную часть большинства эвкалиптовых масел, но найден и в ряде других эфирных масел (кайепутовом, розмариновом, лавровом, спиковом и др.). Образуется при дегидратации терпингидрата и поэтому является побочным продуктом при производстве терпинеола. Дает с резорцином и многими фенолами двойные соединения. Пулегон $C_{10}H_{16}O$ (34) встречается во многих маслах, напр. пулегиевом, зизифоровом и др., $t^{\circ}_{кип.}$ 224° при 750 *мм* и уд. в. D^{20} 0,9373. При каталитическом восстановлении, присоединяя четыре водорода, дает весьма ценный продукт—*ментол* (см.) (35). Восстановление металлич. натрием в спиртовом растворе приводит к спирту—пулеголу (36) с $t^{\circ}_{кип.}$ 209—210°, образующемуся из цитронеллаля (лимоненной формы) при действии уксусного ангидрида. Изомерный пулегону пиперитон (41) с $t^{\circ}_{кип.}$ 235—237°, уд. в. D^{19} 0,9375 встречается в эвкалиптовых маслах в виде оптически активных форм, восстановлением переводится в ментол и изоментол и используется для этой цели в промышленности. Для получения синтетич. ментола используется также встречающийся в мятном масле наряду с этим спиртом ментон—жидкость с мятным запахом, с $t^{\circ}_{кип.}$ 207—208°, уд. в. 0,8960. Ментон может встречаться в двух стереоизомерных формах. Карвон $C_{10}H_{14}O$ (37)—бесцветная жидкость, пахнущая тмином, с $t^{\circ}_{кип.}$ 225—231° и уд. в. D^{15} 0,9645÷0,9652°. Найден во многих маслах (тминном, укропном, кудряво-мятном и др.). Для установления генетич. связи между Т. и их производными чрезвычайно важной является связь между карвоном и лимоненом. Эта связь была установлена на основе следующих превращений: лимонен (5) при действии нитрозилхлорида дает лимонен-нитрозохлорид; отщеплением элементов хлористого водорода от нитрозохлорида получается изонитрозосоединение (оксим), из которого осторожным гидролизом с отщеплением гидроксиламина был получен карвон (ф-ла 37):

$$C_{10}H_{16} \rightarrow C_{10}H_{16}\cdot NOCl \rightarrow C_{10}H_{14} : NOH \rightarrow C_{10}H_{14}O.$$

6) Производные бициклических Т. Борнеол, по запаху напоминающий камфору, с $t^{\circ}_{пл.}$ 203—208°, $t^{\circ}_{кип.}$ 213°, очень легко возгоняется, встречается в хвойных маслах в левовращающей форме, б. ч. в виде эфиров. Правовращающий борнеол найден в розмариновом и др. маслах. Борнеол наряду с его стереоизомером — изоборнеолом — получается при гидратации пинена и камфена, при окислении они дают *камфору* (см.) с тем же знаком вращения, что и исходный борнеол. Сабинол (42)—жидкость с слабым характерным запахом, с $t^{\circ}_{кип.}$ 209°, уд. в. 0,9518, встречается в масле козацкого можжевельника (Juniperus sabina); при восстановлении переходит в туйиловый спирт. Фенхон $C_{10}H_{16}O$ (38) с $t^{\circ}_{кип.}$ 192—195° находится в фенхелевом, туйевом и других маслах. При восстановлении фенхона получается фенхиловый спирт $C_{10}H_{18}O$ с $t^{\circ}_{пл.}$ 45°. Туйон (танацетон) $C_{10}H_{16}O$ (39)—бесцветная жидкость с $t^{\circ}_{кип.}$ 200—201° и удельным весом D^{20} 0,913 встречается в полынном, туйевом и некоторых других маслах. При восстановлении металлическим натрием образуется туйиловый спирт $C_{10}H_{18}O$.

Кроме Т. состава $C_{10}H_{16}$ и их производных, важнейшие из которых перечислены выше, в природе довольно широко распространены также значительно более сложные соединения того же типа. Наиболее распространенными в природных продуктах являются сесквитерпены, или полуторные Т. $C_{15}H_{24}$; далее следуют дитерпены $C_{20}H_{32}$ и политерпены $(C_{10}H_{16})_m$. Важнейшими представителями сесквитерпенов являются кадинен, кариофиллен, сантален, пачулен, цедрен и многие другие. Из кислородных сесквитерпенов, встречающихся в эфирных маслах, наибольшее значение имеют спирты с открытой углеродной цепью—фарнезол $C_{15}H_{25}O$, неролидол $C_{15}H_{26}O$, соответствующие по строению терпеновым спиртам: гераниолу и линалоолу; из бициклич. сесквитерпеновых спиртов санталолы—смесь изомерных спиртов состава $C_{15}H_{23}OH$, цедрол и многие др. Строение громадного большинства сесквитерпеновых углеводородов и их производных до настоящего времени остается пока недостаточно изученным.

Промышленное значение Т. имеют довольно ограниченное в противоположность их кислородным производным, к-рые находят широкое применение в качестве изолированных *душистых веществ* (см.). Т. редко находят непосредственное применение в пром-сти и являются по преимуществу исходным сырьем или полупродуктом дальнейшего синтеза; однако некоторые из них применяются в медицине в качестве растворителей, пластификаторов и флотационных реагентов.

Пинен—основной исходный продукт для получения терпингидрата, терпинеола и камфоры; применяется также для приготовления всякого рода скипидарных мазей и непосредственно в медицине как наружное и антисептическое средство, а также во многих случаях как растворитель (см. *Скипидар*). Камфен является промежуточным продуктом при получении синтетич. камфоры из пинена. Лимонен и дипентен находят применение при производстве искусственного лимонного масла, а отчасти в производстве терпинеола. Терпингидрат имеет гл. обр. значение как полупродукт при производстве терпинеола; широко применяется также в медицине при лечении заболеваний дыхательных путей. Терпинеол—дешевое душистое вещество, находит широкое применение в парфюмерно-мыловаренном производстве как непосредственно, так и в виде эфиров, употребляется также при изготовлении нек-рых лаков. Цитраль, являясь типичным душистым веществом с запахом лимона, находит непосредственное применение в парфюмерии, но основное его применение при синтезе *ионона* (см.). Цитронеллаль (помимо непосредственного применения эфирных масел, содержащих этот альдегид) применяется для получения одного из наиболее важных синтетич. душистых веществ—гидроксицитронеллаля. Ментон, пиперитон, пулегон являются исходным сырьем для получения синтетич. ментола.

Сырьем для получения Т. и их производных являются почти исключительно *эфирные масла* (см.); только отдельные Т. получаются в качестве побочного продукта при производстве древесной целлюлозы. Переработка эфирных масел для выделения Т. или их производных производится как физико-химич., так и химич. методами. Для выделения Т. чаще всего применяется фракционированная разгонка при обычном давлении или в вакууме. Для очистки Т. применяется перегонка с едкими щелочами, известью и т. п. Для разделения близкокипящих Т. предложены способы, основанные на различной скорости диффузии через эбонитовую перегородку (напр. α- и β-пинена) или на различной растворимости в винном спирте невысокой концентрации. Кислородные производные Т. выделяются различными способами в зависимости от характера функциональной группы. Для выделения спиртов применяется получение труднолетучих с водяным паром (бензойных, янтарных) или высококипящих эфиров (борных); для первичных и вторичных спиртов большое значение имеет получение кислых фталевых эфиров. Кроме этих общих методов имеются также специальные для отдельных спиртов, напр. получение хлоркальциевого соединения гераниола. Для альдегидов и кетонов главными методами кроме фракционированной разгонки масла является получение кристаллич. или растворимых бисульфитных и сульфитных соединений, разлагаемых при помощи щелочей или к-т. В отдельных случаях, напр. для выделения ментола, камфоры, применяется вымораживание их из эфирного масла. В большинстве случаев выделение Т. и их производных объединяется с дальнейшей их переработкой в синтетич. душистые вещества и составляет т. о. первую стадию этого производства. О производстве в СССР см. *Душистые вещества* и *Эфирные масла*.

Лит.: Симонсен И., Терпены, пер. с англ., М.—Л., 1933; Wallach O., Terpene u. Campher, 2 Auflage, Lpz., 1914; Aschan O., Naphtenverbindungen, Terpene und Campherarten, B., 1929; Baker J., Natural Terpenes, London, 1930; Simonsen J., The Terpenes, Cambridge, 1931. См. также *Эфирные масла* и *Душистые вещества*.

А. Шаврыгин.

ТЕРРАКОТА (итальянск.—жженная земля), обожженные, но неглазурованные изделия из глины или глиняной массы с б. или м. тонким и окрашенным черепком из гончарно-черепичных и, реже, кирпичных глин. Т. применяется гл. обр. в виде художественно-декоративного материала для облицовки зданий и для самостоятельной скульптуры. В прошлом Т. находила разнообразное применение и достигла высокого художественного качества (статуэтки древней Греции, т. н. танагры, архитектурные украшения во времена Ренессанса и пр.). В современной архитектуре исключительно широкое применение находит Т. в Америке. В России до начала 20 века Т. применялась мало (для украшения парков и некоторых зданий). В СССР развивающееся социалистическое строительство может использовать этот благодарный материал в оформлении фасадов гражданской архитектуры, в скульптуре парков, домов отдыха, клубов и т. п.

Т. получается при обжиге глин, всегда содержащих железо, к-рое после обжига придает ей б. или м. красное окрашивание. Обжиг ведется при $t°$ ок. 1 000°, недостаточной для начала плавления. Черепок остается очень пористым. В глину можно добавлять отощающие вещества, но никогда—плавни. Главное значение Т. это ее низкая стоимость, которая зависит, с одной стороны, от применения обычных, недефицитных материалов, а с другой—от слабого обжига, к-рый имеет двойное преимущество: требует наименьшего расхода топлива и исключает шансы случайности, существующие у фарфора и у каменной массы с полусплавленным черепком. Количество каолинита должно заключаться между 25 и 35% от общего веса. При меньшем содержании изделия будут иметь слишком малое сопротивление, а при большем содержании будет большая усадка, к-рая дает трещины при высушивании. В качестве сырья применяют часто чернозем, к-рый иногда имеет настолько подходящий состав, что м. б. пущенным в дело без всякой посторонней добавки. На севере Франции применяют иногда для той же цели поверхностные слои земли, годные к обработке, толщиной в несколько *м*. Вследст-

вие разнообразия применяемых сырых материалов состав Т. очень изменчив. Содержание Са в массе перед обжигом может колебаться от 0 до 30% общего веса. Для обыкновенного производства берут такие почвы, к-рые содержат кусочки кремня или железистые вещества: первые после обжига дают белые пятна кремня, а вторые—черные пятна магнитной окиси железа. Если немного повысить $t°$ обжига, то этот окисел плавится, соприкасаясь с глиной, и образует впадинки, окруженные черной каемкой из силиката железа. Сопротивление терракотовых кирпичей раздавливанию (главное качество кирпича с точки зрения строительства) может колебаться от 50 до 200 *кг/см²* в зависимости от содержания каолинита и от $t°$ обжига. Иногда Т. придают черную окраску. Это производство было в разных странах (напр. в Швеции, Англии, Дании). При изготовлении копенгагенской Т. берут слюдяную глину; при обжиге с избытком воздуха она принимает красный цвет, в полувосстановительной атмосфере окиси углерода—серый и в среде органич. веществ—черный, для чего помещают в железный ящик вместе с обжигаемым предметом папоротник и вереск. Ле-Шателье получил Т. черной окраски, нагревая железистые глины до $t°$ 450° в атмосфере ацетилена. При соприкосновении с железом ацетилен разлагается и дает на черепке осадок углеродистого вещества буро-черного цвета. При дальнейшем обжиге «пропитанных» т. о. предметов в капсюлях, наполненных древесным углем, чтобы поддержать восстановительную атмосферу, эти углеродистые вещества разлагаются, оставляя на черепке осадок угля красивого черного цвета.

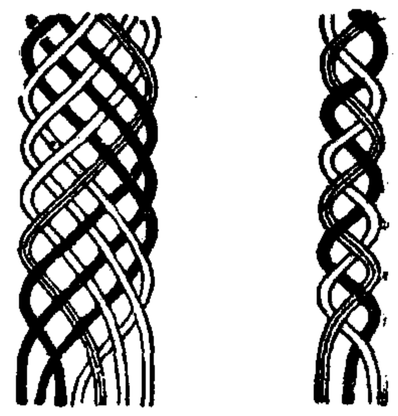
Терракоту в США вырабатывают из различных сортов глины, хотя в последнее время для изготовления ее стали употреблять тугоплавкие глины или смесь их с менее чистой глиной или глинистым сланцем, так как эта смесь дает лучший черепок при SK 6—8 (1 200—1 250°), обычной $t°$ обжига Т. Отсутствие растворимых солей важно и желательно для всех глин, применяемых в производстве Т. Обычно предпочитают глины, принимающие при обжиге светложелтый цвет, отчасти вследствие того, что они дают твердый черепок при требуемой $t°$ без опасений пережога. Цвет черепка не имеет большого значения, т. к. поверхность его м. б. покрываема краской любого цвета. В настоящее время в США при изготовлении Т. почти не применяют низкосортных глин.

Из-за разнообразия глин, применяемых для изготовления Т., трудно составить таблицу их физич. свойств, имеются лишь данные, полученные на практике. При производстве Т. обжиг глины не доводится до $t°$ SK 10, т. к. можно опасаться, что глина будет коробиться; обжигается же она обычно при SK от 6 до 8, когда эта опасность отсутствует. Применяют для Т. обычно глины с небольшим сопротивлением на разрыв. При обжиге до SK 8, т. е. до $t°$, при которой обжигается Т., нек-рые глины делаются совершенно твердыми, в то время как другие остаются пористыми. Последние глины обладают незначительной усадкой. Вильсон дает нижеследующие требования, предъявляемые к терракотовым массам в США. 1) Отличная пластичность, позволяющая прессовать сложные формы и крупные изделия. Минимальное сопротивление на разрыв в пластичном состоянии д. б. 0,14 *кг/см²*. 2) Максимальная воздушная линейная усадка до 5%. 3) Достаточная прочность в высушенном состоянии, позволяющая обрабатывать большие куски. Сопротивление на изгиб сухой массы д. б. около 25 *кг/см²*. 4) Кусок Т. размером приблизительно 0,5 × 0,3 × 0,2 *м* должен высушиваться, не коробясь и не трескаясь при сушке, в течение 30 ч. в обыкновенной паровой сушилке или в течение 18 ч. в сушилке с многократным насыщением. Для кусков бо́льших размеров требуется больше времени. 5) Полная усадка д. б. не выше 8½%. 6) Хорошая прочность изделий д. б. достигнута при обжиге SK 6. Сопротивление на раздавливание терракотовых изделий варьирует в пределах от 245 до 950 *кг/см²*, давая в среднем ок. 560 *кг/см²*. 7) Водопоглощение д. б. от 8,0 до 22,0% или в среднем 14,3%. 8) Цвет обожженной глины д. б. светложелтый, светлосерый или светлокоричневый. Глины, пригодные для производства Т., в США имеют широкое распространение; в наибольшем количестве используют для Т. глины мелового возраста и каменноугольные глины, реже употребляют третичные глины.

Лит.: Филиппов А. и Швецов Б., Классификация керамич. изделий, М., 1928; Ле-Шателье А., Кремнезем и силикаты, пер. с франц., Л., 1929; Берделль Э., Приготовление керамич. масс, глазурей и красок, пер. с нем., Москва, 1931; Райс Г., Глины, их залегание, свойства и применение, пер. с англ., Л., 1932; Гехт Г., Керамиковое производство, «Промышленность и техника», т. 7, СПБ, 1903; Альбом историч. выставки предметов искусства, устроенной в 1904 г. в СПБ, СПБ, 1907; Султанов Н., Древне-русские красные изразцы, «Археологич. известия и заметки», Москва, 1894, *12*.

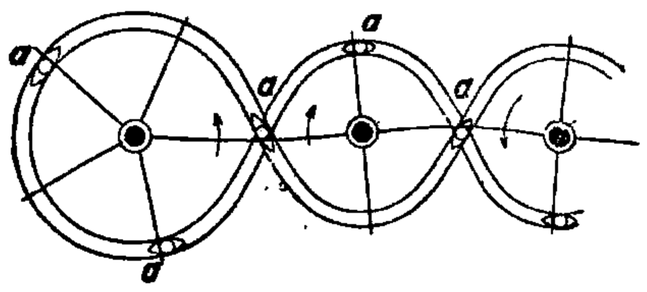
А. Филиппов.

ТЕСЕМОЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО. Тесьма—узкая тканая или плетеная полоса, находящая разнообразное применение в домашнем обиходе: в пошивке белья и платья, в обивке мебели, в обувном производстве, а также в различных отраслях техники. В отличие от ленты тесьма служит не для украшения платья и белья, а имеет более ответственное назначение: соединять отдельные части изделия, предохранять наиболее сильно изнашиваемые части изделия от преждевременного износа. В изделии тесьма часто выполняет технич. работу. В виду этого тесьма изготовляется преимущественно из крепкой крученой пряжи: льняной, хлопчатобумажной (№№ 24/2, 32/2, 44/2, 60/2 и др.), реже шерстяной и шелковой, и таким переплетением, к-рое наиболее гарантировало бы изделиям достаточную прочность. Тесьма бывает тканая и плетеная. Первая вырабатывается на специальных *ткацких станках* (см.) и обычно наиболее простым, но и самым прочным переплетением—полотняным; применяется также саржевое переплетение, реже атласное. Тесьма плетеная получается в процессе перекрещивания и переплетения нитей между собой; нити проходят попеременно то сверху то снизу одна относительно другой и направлены наклонно к длине изделия. Две пересекающиеся нити образуют с направлением изделия углы, равные по величине, но различные по направлению (фиг. 1). Процесс плетения осуществляется на особых машинах. Работа машины состоит в том, что шпуля с нитью насаживается на коклюшку (фиг. 2). Нить, сходя со шпули, проходит глазок *c* стойки *f*, затем отверстие *i* ползушки *l*, передвигающейся по стойке *f* под действием натяжения нити,



Фиг. 1.

проходит через отверстие в рычаге h, вращающемся на шпильке стойки f, затем через ушко гири k, перемещающейся внутри трубки b, и через верхнее отверстие в трубке b направляется для переплетения с другими нитями. Снизу коклюшка имеет два заплечика d, e, между к-рыми расположена шейка a. Коклюшка шейкой a вставляется в канал (фиг. 3), представляющий собою кольцо, в к-ром она движется принужденно, останавливаясь в определенных точках. Устанавливая коклюшку со шпулей в той или иной точке канала, можно нити дать вполне определенное направление относительно длины изделия. Коклюшка имеет движение не только по одной окружности, но может переходить в канаФиг. 2.



Фиг. 3.

лы других окружностей, совершая таким образом путь в виде законченной петли. Для остановок отдельных коклюшек, в случае обрыва нити, в верхней части шпули имеются храповые зубья g, находящиеся под рычагом h. В случае обрыва нити гиря k падает вниз и перестает действовать на рычаг h, к-рый при этом падает и, попадая в промежутки между зубьями g, останавливает шпулю. Когда оборванная нить связана, то она своим натяжением вновь поднимает гирю, которая в свою очередь поднимает рычаг h, и шпуля m вновь получает свое прежнее вращение (см. *Ткани, плетеные изделия*).

Лит.: Монахов А., Общий курс технологии волокнистых веществ, М., 1926; Müller E., Handbuch d. Weberei, B., 1896.

В. Линде.

ТЕТРАЛИН, $C_{10}H_{12}$, тетрагидронафталин, продукт гидрогенизации нафталина. Бесцветная жидкость, устойчивая на воздухе, $t°_{кип.}$ 207,2°; уд. в. 0,971 при 20°; $t°_{пл.} < -20°$, $t°_{всп.}$ 78°; теплота сгорания при постоянном объеме 1339,5 Cal/моль. Т. находится в каменноугольном дегте; технически получается гидрированием нафталина в автоклавах с мешалкой при темп-ре 180° и 15 *atm* давления. Катализатором служит смесь металлов (Ni, Mn, Cu и Co). Для приготовления катализатора смесь сульфатов названных металлов обрабатывают раствором соды; выпавшую смесь углекислых солей фильтруют, промывают и подвергают восстановлению в атмосфере водорода. Полученный т. о. катализатор может служить для периодич. гидрирования от 30 до 40 раз при условии применения чистого обессеренного нафталина, что достигается обработкой технич. нафталина металлич. натрием. Чтобы $t°$ в автоклаве не превысила 260°, во избежание обратной реакции (дегидрирования Т.), требуется систематич. охлаждение автоклава водой. В современных установках отдельные загрузки достигают 5 000 *кг* нафталина, причем гидрирование такой загрузки оканчивается в 2—3 часа. Расход водорода 380—400 $м^3$ на 1 000 *кг* нафталина. По окончании гидрирования Т. отгоняют в вакууме, причем катализатор остается в автоклаве и вполне пригоден для гидрирования следующей загрузки. Реакции Т. наиболее легко протекают в ароматич. ядре. Так, нитрование приводит в зависимости от условий к 1- и 2-нитро- или 1,2- и 1,3-динитротетралину; сульфирование Т. дает преимущественно тетралин-2-сульфокислоту. Действие окислителей, наоборот, направляется на гидрированное кольцо. Так, при действии хамелеона на Т. получаются фталевая, фталоновая и др. ароматич. к-ты. Т.—прекрасный растворитель для жиров, смол, масел и лаков (см. *Растворители*). Во время войны Т. широко применялся в Германии в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания. Т. рекомендуется также в качестве абсорбционного масла для извлечения бензина из естественного газа, а также паров различных горючих растворителей (спирт, эфир, бензин и др.) из смесей их с воздухом, образующихся в различных производствах (целлюлоидное, резиновое и др.). Нек-рые производные Т. повидимому должны найти практич. применение. Так, продукты конденсации Т. с формальдегидом рекомендованы в качестве смол и смазочных масел, хлорированные Т.—в качестве дубителей. Продукция Т. в Германии достигает 3 000 *т* ежегодно.

Лит.: Schroeter G., «Liebigs Annalen», 1922, B. 426; Braun, «B», 1923, B. 56; Ullm. Enz., B. 7, 2 Aufl.

А. Шаврыгин.

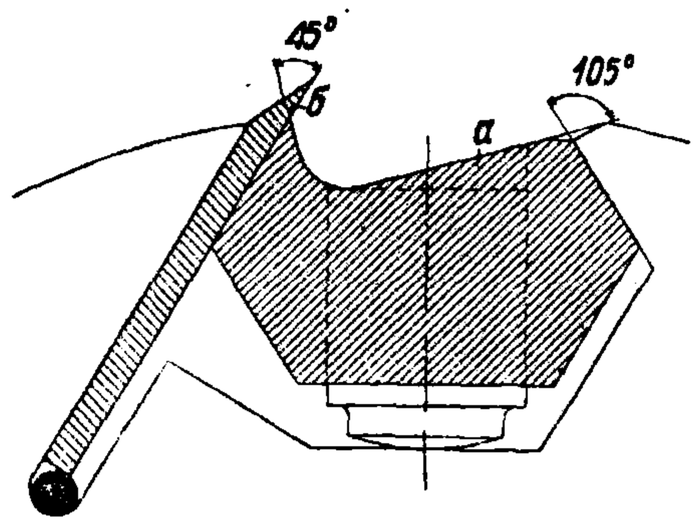
ТЕТРОД, тип электронной лампы, содержащей *анод* (см.), *катод* (см.) и два добавочных электрода; обычно оба добавочных электрода конструируются в виде *сеток* (см.). Практически известными Т. являются: 1) двухсеточные электронные лампы (напр. в СССР лампа типа МДС), распространенные гл. обр. во Франции, и 2) экранированные лампы, имеющие в последние годы вместе с *пентодами* (см.) весьма широкие, все возрастающие области применения. Первоначально Т. в форме экранированной лампы применялся как усилитель высокой частоты; теперь он используется и как детектор и отчасти как генераторная и модуляторная лампа. Обзор практических конструкций Т. см. *Электронная лампа*.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ, дисциплина, имеющая своей задачей борьбу с производственными опасностями путем технич. и организационно-технич. мероприятий. В более расширенном толковании Т. б. охватывает и бытовую обстановку (уличное движение, домашние работы и т. п.). Составляя часть вопросов оздоровления труда, Т. б. в советских условиях резко отличается по самой своей сущности от капиталистич. Т. б. В то время как в условиях капитализма Т. б. является этапом, последующим за созданием производства, и направлена на борьбу с имеющимися уже и присущими производству опасностями, в СССР Т. б. имеет своей основной задачей предупреждение самих опасностей путем воздействия на производственный процесс и производственное оборудование. При этом вопросы Т. б. в условиях СССР входят в комплекс вопросов, который охватывается более широким понятием организации труда, поскольку правильная организация труда мыслима лишь на базе безопасных условий труда. Являясь т. о. частью общего плана борьбы за социализм, Т. б., с одной стороны, имеет в виду сохранение жизни и здоровья строителей социализма, а с другой — способствует созданию условий, обеспечивающих наибольшую

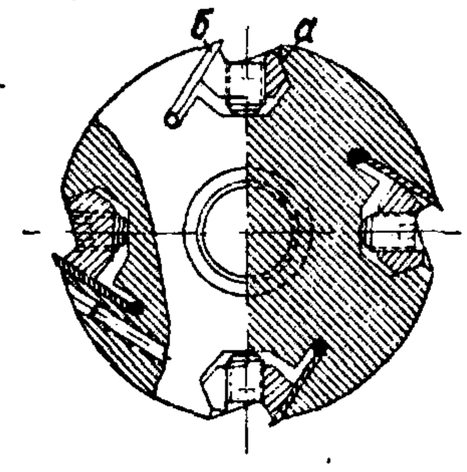
работоспособность, а следовательно и наивысшую производительность труда—«...самое важное, самое главное для победы нового общественного строя» (Ленин).

Наиболее важной и наиболее благодарной задачей является внедрение Т. б. в самое производство, чтобы т. о. вполне осуществить предупреждение опасностей. При этом основной задачей Т. б. в СССР является создание увязки в одно гармонич. целое технологич. процесса, производственного оборудования и условий труда человека, в противоположность капиталистич. странам, где человек нередко является только придатком к оборудованию. При этих условиях Т. б. в СССР должна самым тесным образом увязываться с производственной техникой, и тенденции развития последней предопределяют направление, в к-ром должна развиваться Т. б. Технич. сдвиги в самом производстве нередко вводят крупные изменения в области Т. б., разрешая одни вопросы и выдвигая взамен того другие. Так, замена трансмиссий индивидуальными электромоторами устраняет в ближайшем будущем вопросы безопасности трансмиссий, но расширяет область вопросов электробезопасности. Замена клепки электросваркой, аннулируя опасности клепки, выдвигает вопросы безопасности электросварки и вместе с тем вопросы контроля качества сварных швов, для чего приходится изыскивать совершенно новые методы. Внедрение принципов Т. б. в самое производство требует от работников в области Т. б. основательного знакомства с технологией изучаемого производства, тогда как для осуществления мероприятий по оградительной технике капиталистич. стран достаточно элементарного ознакомления с условиями работ и производственным оборудованием. В виду этого ведущая роль в деле развития советской Т. б. принадлежит научно-исследовательским ин-там оздоровления труда. Подобного рода ин-ты являются своеобразными учреждениями, к-рые резко отличают СССР от капиталистич. стран и свидетельствуют о серьезнейшем внимании советской власти к вопросам оздоровления труда.

Характеристика работы этих ин-тов в области Т. б. дает конкретное представление о направлении развития Т. б. в наших условиях и о методах, ею применяемых. Пример воздействия на технологический процесс. Северо-кавказский ин-т установил возможность производить освобождение проволоки-катанки от окалины на проволочнотянульных з-дах без помощи травления ее в к-те, к-рое сопряжено с большим количеством трудно устранимых опасностей и вредностей, и разработал механич. способ удаления окалины. Исследование микроструктуры и экспериментальная протяжка проволоки показали, что качество проволоки при этом способе не ухудшается. Сконструированный ин-том механизм нашел себе применение на Ростовском з-де, а затем ВСНХ поставил вопрос о введении этого способа и на других з-дах, т. к. помимо оздоровления производственной обстановки он оказался и экономически целесообразным. В качестве примера воздействия на производственное оборудование можно указать на работу Всесоюзного центрального института экономики, организации и оздоровления труда в Москве (ВЦИ ЭООТ) по фуговальным станкам для обработки дерева. Изучение материалов по несчастным случаям на этом станке показало, что поранения чаще всего вызываются соскальзыванием руки рабочего с обрабатываемого предмета при попадании ножей вала на сук или косослой. Ин-том сконструирован был 4-ножевый вал, не дающий толчка при вышеуказанных условиях, что было установлено как динамометрическими испытаниями в лаборатории ин-та, так и при производственной работе. Вместе с тем вал конструкции ин-та дает и повышение производительности. На фиг. 1а и 1б



Фиг. 1а.



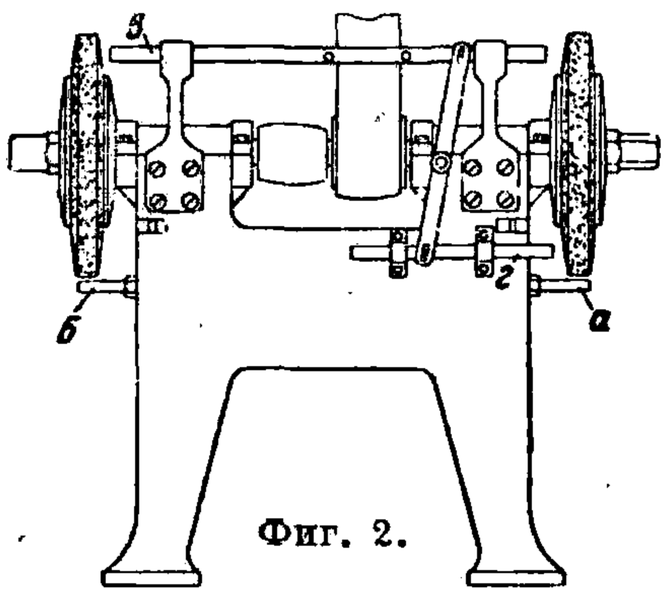
Фиг. 1б.

изображены деталь ножевого вала и разрез ножевого вала. Вал имеет четыре ножа вместо обычных двух. Усилие резания понижается тем, что угол резания близок к наивыгоднейшему. Благодаря всему этому толчка при попадании на сук не получается. Прочность закрепления при вращении вала увеличивается действием центробежной силы на клин *а*, который вкладывается сверху, что упрощает установку ножей *б*.

Широко развивающаяся в СССР область машиностроения дает возможность путем внедрения в него принципов Т. б. приблизиться к созданию социалистической машины. Совместная работа проектирующих организаций и ин-тов оздоровления труда дала уже ряд конкретных достижений в этом направлении, например в области тракторостроения. Нельзя однако не принимать во внимание, что на многих предприятиях, даже подвергшихся реконструкции, остается большое количество старого оборудования, по отношению к которому возможны только мероприятия оградительной техники. Кроме того ряд методов капиталистич. Т. б. сохраняет свое значение и для дальнейшей работы в условиях СССР.

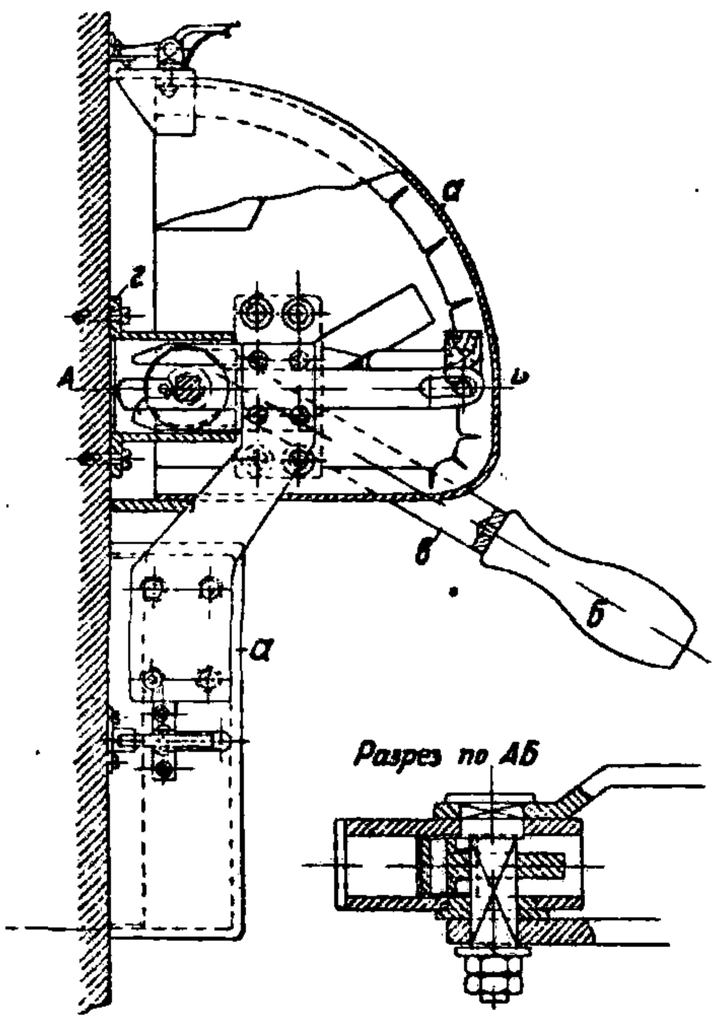
Т. б., как уже сказано, направлена на борьбу с опасностями, конкретным выражением которых являются несчастные случаи. Под именем несчастного случая разумеется внезапное воздействие внешней силы, вызвавшее в течение короткого промежутка времени телесное повреждение у потерпевшего и связанное с производством работ по профессии (профессиональный несчастный случай). Непосредственным внешним источником повреждения является в подавляющем большинстве случаев производственная обстановка в разных ее видах (оборудование, материалы, отходы и т. п.), однако действительные причины, вызвавшие несчастный случай, могут лежать как в производственной обстановке, так и в действиях рабочих. Так, наждачный круг может разорваться не только в результате дефектов его структуры, но и вследствие неправильного с ним обращения, напр. пуск круга большого диам. на ненормально высоком числе оборотов. Причины последнего порядка именуются личным фактором. Т. б. имеет своей задачей предупреждение несчастного случая того и другого рода. В вышеприведенном случае для этой це-

ли станку дается такое устройство, к-рое не дает возможности перевести ремень на шкив, не соответствующий диаметру круга. На фиг. 2 показаны два вида приспособлений, не допускающих установки круга с диаметром, не соответствующим числу оборотов шпинделя: неподвижные детали *а* и *б* и подвижные детали *в* и *г*, передвигающиеся вместе с отводкой. Совершенно очевидно, что разработка мероприятий по Т. б. (и особенно в части влияния личного фактора) требует предварительного изучения материалов по травматизму. Т. о. первую часть Т. б. составляет изучение причин травматизма, на основании к-рого разрабатываются затем соответствующие мероприятия технич. и организационно-технич. порядка.

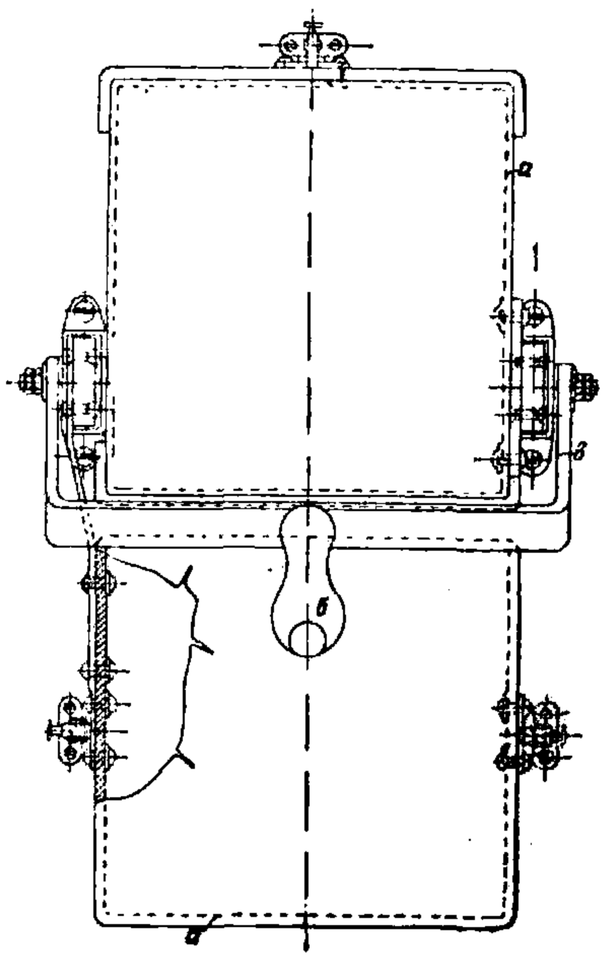


Фиг. 2.

Методы изучения травматизма разделяются на статистические и технические. Статистика путем углубленной разработки массового материала о несчастных случаях по профессиям потерпевших, по характеру выполнявшейся ими в момент несчастного случая работы и по т. н. материальным причинам (т. е. внешним источникам повреждения) дает ориентировку в изыскании действительных причин несчастного случая. Однако только технич. исследование обстоятельств несчастного случая на самом производстве может выяснить действительные их причины. Такое исследование осуществляется или путем расследования отдельных несчастных случаев или путем технич. анализа массового материала за прошлое время (монографич., групповой и топографич. методы). Причины несчастных случаев могут лежать: а) во внешней производственной обстановке, б) в организации работ и в) в действиях и состоянии рабочих. Что касается внешней производственной обстановки, то нужно выделить дефекты общего санитарно-технического характера (дефекты освещения, слишком высокая или низкая $t°$, пыль, газы, пары и производственные шумы). Условия этого порядка усиливают влияние личного фактора в травматизме, понижая для рабочего возможность заметить наступление опасного момента и своевременно и правильно реагировать на него. Борьба с этого рода дефектами относится к области санитарно-промышленной техники, в состав к-рой входят светотехника, промышленная вентиляция и т. п. В область Т. б. входит воздействие на причины технического характера (технологич. процесс, оборудование, планирование производства и т. п.), а также организационно-технич. характера (технич. надзор, инструктаж, расстановка рабочей силы и т. п.). Действия и состояние рабочих, к-рые вызывают или способствуют возникновению несчастных случаев, следующие: болезненное состояние, опьянение, шалости, несознательное отношение к опасностям, недостаточная квалификация и т. п. На борьбу с этого рода факторами направлены мероприятия общего характера, как то: лечебные и лечебно-профилактич. мероприятия, улучшение производственных и бытовых условий, поднятие проф. дисциплины и т. п. К области Т. б. относится группа мероприятий, имеющих своей целью сделать невозможными опасные действия человека или сигнализирующих опасность, причем наиболее надежными являются конечно первые из них, к числу к-рых следует отнести блокирующие устройства, не позволяющие например снять предохранительное устройство во время работы механизма и, наоборот, не допускающие пуска механизма в ход до тех пор, пока предохранительное устройство не поставлено на место. На фиг. 3а и 3б изображен блокированный рубильник с плавкими предохранителями конструкции Института охраны труда. Рубильник и плавкие предохранители, смонтированные на одной общей плите, имеют отдельные предохранительные кожухи из прессшпана, не связанные между собой, и могут один без другого быть сняты и вновь поставлены на место. Снять тот или другой кожух можно только выключением рубильника. Рубильник может быть включен и выключен лишь в том случае, если и рубильник и плавкие предохранители закрыты кожухом. Кожух не имеет открытых щелей, через которые могла бы пробиться вольтова дуга. На фиг. 3б *а*—кожух, *б*—ручка рубильника, *в*—рычаг, *г*—крепление рубильника.



Фиг. 3б.

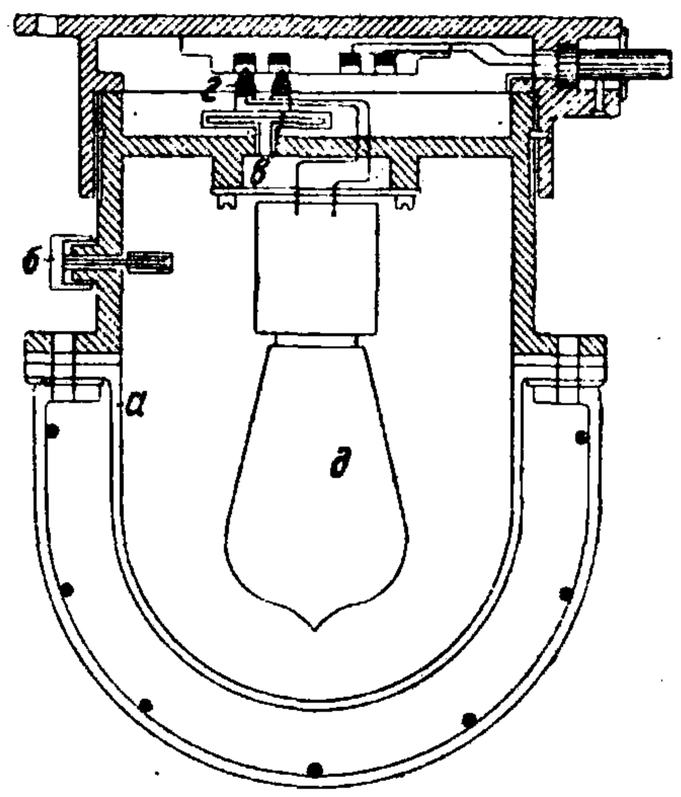


Фиг. 3а.

Т. о. объектами воздействия Т. б. в советских условиях являются: 1) технологический процесс—замена опасного процессса безопасным в целом или в отдельных его звеньях; 2) производственное оборудование—рационализация в целях безопасности оборудования или отдельных его органов—предохранительные устройства и в частности ограждения—сигнализация; 3) организация производства—планировка оборудования—правильный поток производства; 4) организация труда—механизация опасных трудовых процессов, рационализация ручного инструмента и приспособлений для работы—правильная расстановка рабочей силы; 5) рабочий персонал—индивидуальные защитные приспособления (спецодежда, предохранительные очки, респираторы и т.п.), инструктаж. Вышеприведенный перечень дает представление касательно объема техники безопасности.

Как всякая технич. дисциплина, Т. б. опирается на наблюдение, эксперимент, расчет и конструкцию. Эксперимент широко применяется как метод Т. б., начиная от грубого эмпирического, производимого непосредственно в условиях производства, до самых тонких лабораторных. К этому разряду относятся периодич. испытания паровых котлов и вообще приборов, действующих под давлением, причем применяется повышенное давление при помощи воды, к-рая как вещество почти несжимаемое делает испытание безопасным. Такого же рода эксперимент путем повышенной нагрузки периодически производится над подъемными устройствами и единовременно над абразивными кругами. В последнем случае необходимо принимать меры ограждения на случай разрыва камня во время испытания. Во всех этих случаях путем повышенной нагрузки мы даем эквивалент тем случайным перегрузкам и динамич. воздействиям, к-рые могут встретиться при эксплоатации и расчету не поддаются. Однако размеры повышенной нагрузки при испытании, за исключением абразивных камней, не могут считаться обоснованными.

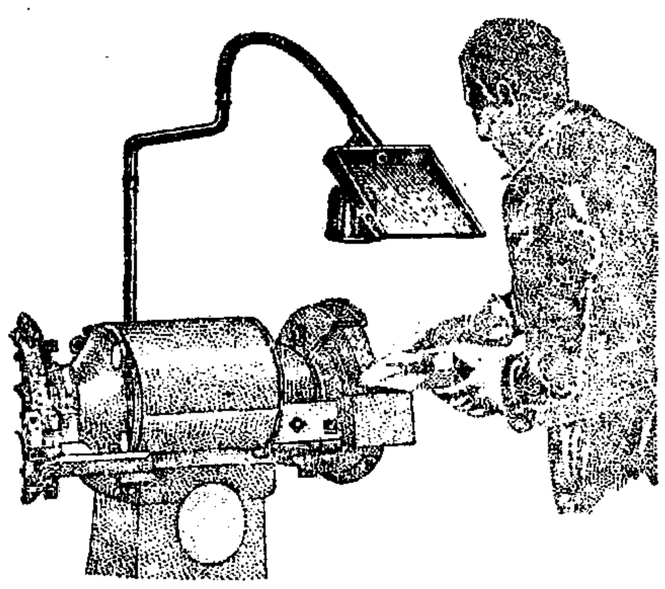
Качество материала, идущего на постройку таких опасных частей оборудования, как паровые котлы, определяется путем лабораторных исследований, равно как и качество материала старых паровых котлов. Для контроля качества сварных швов паровых котлов применяется исследование при помощи рентгенограмм. Для установления надежности выполнения ответственных сооружений при помощи сварных швов применяется испытание опытных конструкций повышенным давлением до полного разрыва. В вышеуказанных случаях эксперимент применялся для установления безопасности имеющегося уже оборудования, но так же широко он применяется и для разрешения вопросов безопасности; укажем напр., что ряд обширно поставленных опытов (Макеевский ин-т) выявил значение каменноугольной пыли как фактора взрывов в шахтах и дал возможность установить мероприятия, необходимые для борьбы с этим фактором. Точно так же ряд экспериментов над абразивными кругами дал возможность установить условия их испытания на прочность. Наблюдение играет большую роль в Т. б. как в деле разработки мероприятий по борьбе с травматизмом, так и в эксплоатационных условиях по отношению к опасным частям оборудования. В частности паровые котлы и приборы под давлением подвергаются периодич. наружным и внутренним осмотрам в целях определения их состояния. Что касается расчета, то для наиболее ответственных в отношении опасности частей оборудования законодательством по Т. б. требуется повышенная степень надежности сообразно с теми условиями, в к-рых части должны работать, напр. цепи и канаты подъемных устройств, подвергающиеся действию высокой t°, должны иметь больший запас прочности. Прочность вообще является залогом безопасности сооружений, но в ряде случаев методом Т. б. является создание мест наименьшего сопротивления для обеспечения безопасности. Здания, в к-рых размещается производство взрывчатых веществ, делаются легкими, чтобы в случае взрыва они оказали возможно меньшее сопротивление и т. о. свели до минимума разрушительное действие взрыва. Точно так же в котельных не допускается устройство потолка на балках, чтобы тем самым создать на случай взрыва котла слабое место. Тот же принцип намеренного создания места наименьшего сопротивления положен в основу устройства предохранительных клапанов всякого рода (открывающихся, разрушающихся), «сухарей», «шпинделей» у прокатных станов, разрушающихся при развитии чрезмерных усилий и тем предохраняющих от разрушения самое оборудование спринклеров; такую же роль играют плавкие предохранители в электропроводке. Наконец к этому же разряду можно отнести защитное заземление, которое дает возможность случайно появившемуся напряжению на каком-либо производственном объекте, где его не должно быть, перейти в землю, не причиняя вреда человеку. Для случаев аварийного характера, угрожающих серьезными последствиями, Т. б. требует запасных источников энергии, к-рые м. б. немедленно введены в действие. Так, в промышленных предприятиях должно иметь о с в е щ е н и е б е з о п а с н о с т и, к-рое состоит из светильников, получающих энергию от иного источника, чем общее освещение (например от аккумуляторов). В угольных шахтах вентиляторы должны иметь запасный источник энергии на случай прекращения подачи электрич. тока, причем д. б. обеспечено поддержание вентиляции на срок, достаточный, чтобы рабочие могли выйти из шахты. Укажем еще ряд методов, применяемых в Т. б. для борьбы с разного рода опасностями. Широко применяется м е т о д и з о л я ц и и в разных его видах. Изоляция горячих и сильно охлажденных поверхностей предохраняет рабочих от ожогов. Изоляция электропроводки служит защитой от поражения электричеством, причем качество изоляции должно соответствовать имеющимся в производстве условиям (действие газов, паров и т. п.). К той же группе изоляции необходимо отнести мероприятия по безопасности в отношении к огне- и взрывоопасным веществам. Хранение больших количеств бензина, сероуглерода и т. п. под слоем инертного газа (сист. Мартини и Гюнеке) или воды (сист. Моклера), причем подача горючего производится при помощи этого же инертного вещества, основано на принципе изоляции этих веществ от соприкосновения с кислородом воздуха. Тот же принцип применяется и при осланцевании стенок каменноугольных шахт при помощи инертной пыли, к-рая не дает возможности каменноугольной пыли дать взрывное действие. В ряде случаев по отношению к взрывоопасным веществам (газам, пыли) применяется в качестве мероприятия по Т. б. г е р м е т и з а ц и я. Приборы освещения делаются в этих случаях герметически закрытыми, причем случайное повреждение стеклянного колпака сейчас же вызывает перерыв в подаче тока и угасание лампы. На фиг. 4 дан разрез безопасной герметической лампы инж. Лейбова для взрывоопасных условий. Внутрь



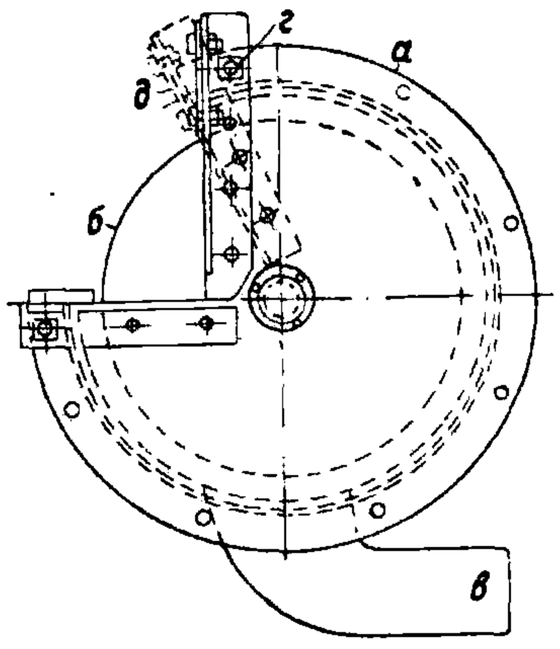
Фиг. 4.

стеклянного колпака *а* через клапан *б* вводится сжатый воздух, который выгибает мембрану *в*, вследствие чего замыкаются контакты *г* и ток попадает в лампу *д*. В случае разбития колпака *а* мембрана *в*, изменяя свою форму, размыкает контакты *г* и кроме того сжатый воздух, выходя через пробитое отверстие, устраняет возможность соприкосновения взрывчатой смеси с раскаленной еще в первый момент нитью лампы, если даже стеклянная колба ее будет также разбита. Закрытые герметически распределительные устройства и электромоторы закрытого типа обеспечивают безопасность в тех же условиях.

Особую группу составляют мероприятия, назначение к-рых—выявить опасность в тех случаях, когда она неочевидна. Водяной светильный газ, будучи ядовитым, в то же время не дает знать о своем присутствии запахом. Для предупреждения отравления применяется парфюмеризация, к-рая состоит в том, что к газу добавляется сильно и дурно пахнущее вещество, не влияющее на теплотворность газа, к-рое дает возможность своевременно обнаружить опасность. В то же время это вещество помогает быстро обнаружить и ликвидировать место выделения газа (неплотность, свищ в трубопроводе). Перед спусканием в смотровые колодцы должно производиться испытание огнем на присутствие там вредных газов, причем возможность наличия метана, к-рый может дать взрыв, требует применения для испытания лампочки Деви. Имеются более совершенные устройства, к-рые дают гудок при наличии метана. Контрольные лампочки, горящие от рабочего тока, дают возможность точно установить, какой фидер находится под током. Прибор Циппа обнаруживает наличие напряжения в исследуемой части электрооборудования. К этой же группе следует отнести разную окраску баллонов со сжатыми газами, окраску опасных трубопроводов в красный цвет в отличие от безопасных (водопровод), к-рые окрашиваются в белый или синий цвет. Видоизменением того же метода являются разного рода знаки, предостерегающие об опасности (череп с костями и т. п.). Большую группу несчастных случаев дают отлетающие частицы обрабатываемого материала. Методом техники безопасности в этом случае является воздействие на траекторию полета этих частиц как при помощи оградительных устройств (стеклянный щиток, фиг. 5), так и местной отсасывающей вентиляции. На деревообрабатывающих станках местный отсос не только устраняет повреждение глаз отлетающими частицами, но, играя роль воздушного транспорта для отходов, делает ненужной работу уборщиц, к-рая также сопряжена с опасностями. На абразивных станках местный отсос достигает вполне своей цели только при правильном уходе за устройством. На фиг. 6 наждачный круг закрыт стальным кожухом, оставляющим лишь отверстие, необходимое для работы. Кожух *а*, служащий ограждением на случай разрыва круга *б*, соединен с отсасывающим трубопроводом *в* вентиляционного устройства. Язычок *д*, укрепляемый болтом *г*, может переставляться, чтобы уменьшить размер отверстия по мере срабатывания круга и тем поддержать необходимую скорость отсасывания.



Фиг. 5.

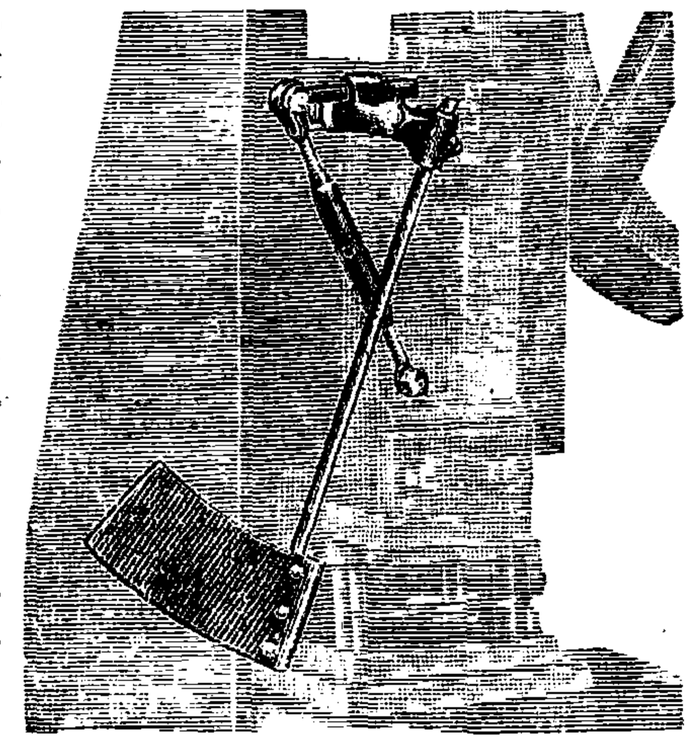


Фиг. 6.



Фиг. 7.

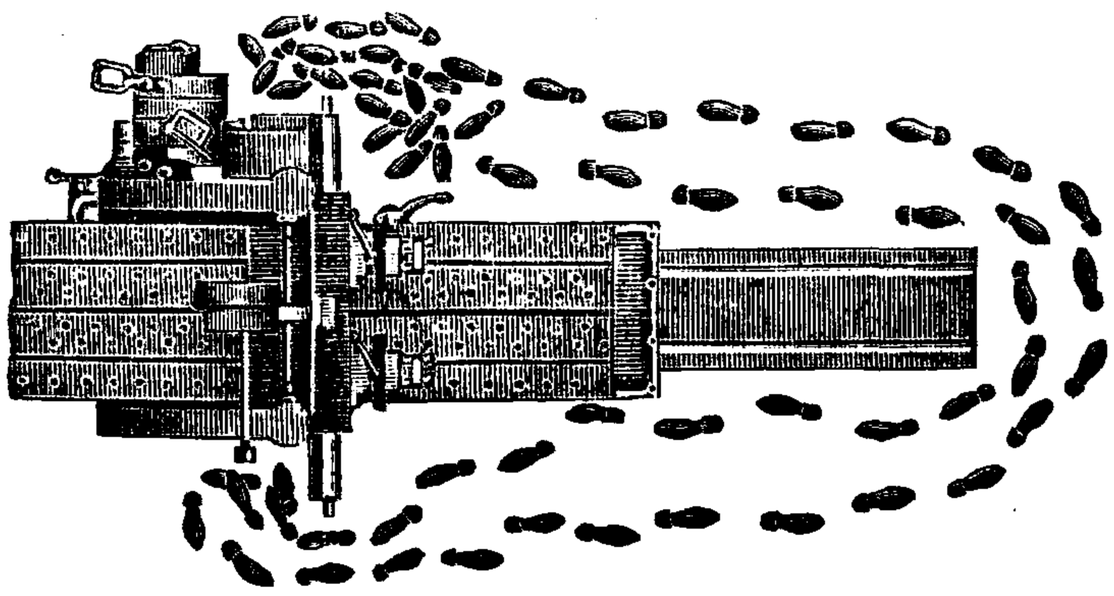
Характерным является метод воздействия на траекторию движения человека в целях безопасности. В качестве примера можно указать устройство виадуков над железнодор. путями для прохода рабочих, устройство тротуаров на дворе предприятия, постановку барьеров у выходов, ведущих на ж.-д. пути, причем рабочий вынужден изменить направление своего движения, замедлить его и благодаря этому имеет возможность осмотреться. Воздействие в тех же целях на оборудование дает возможность рабочему производить манипуляции управления этим оборудованием в безопасной зоне. Перенесение всякого рода рукояток управления так, чтобы рабочий мог ими действовать непосредственно с пола, не влезая на лестницы, обеспечивает безопасность работы. На машинах большой высоты (паровые молоты, вертикальные двигатели) для производства операций на верхней их части (смазка, осмотр, ремонт) должно делать специальные площадки и лестницы с перилами. Следует также отметить перенесение руки рабочего из опасной зоны в безопасную, что достигается на штамповальных прессах или путем устройства револьверной подачи или путем включающего приспособления, к-рое требует участия обеих рук рабочего. Вообще воздействие в целях безопасности на конструкцию деталей оборудования, имеющих производственный характер (например пусковые приспособления у станков), широко применяется в технике безопасности.



Фиг. 8.

Переходя к области предохранительных устройств, следует указать самый разнообразный их характер, сообразно условиям работ: манометры, редукционные клапаны, лестницы для трансмиссий, ремненадеватели, безопасные переносные электролампы, понижающие трансформаторы и т. д. Одним из видов предохрани-

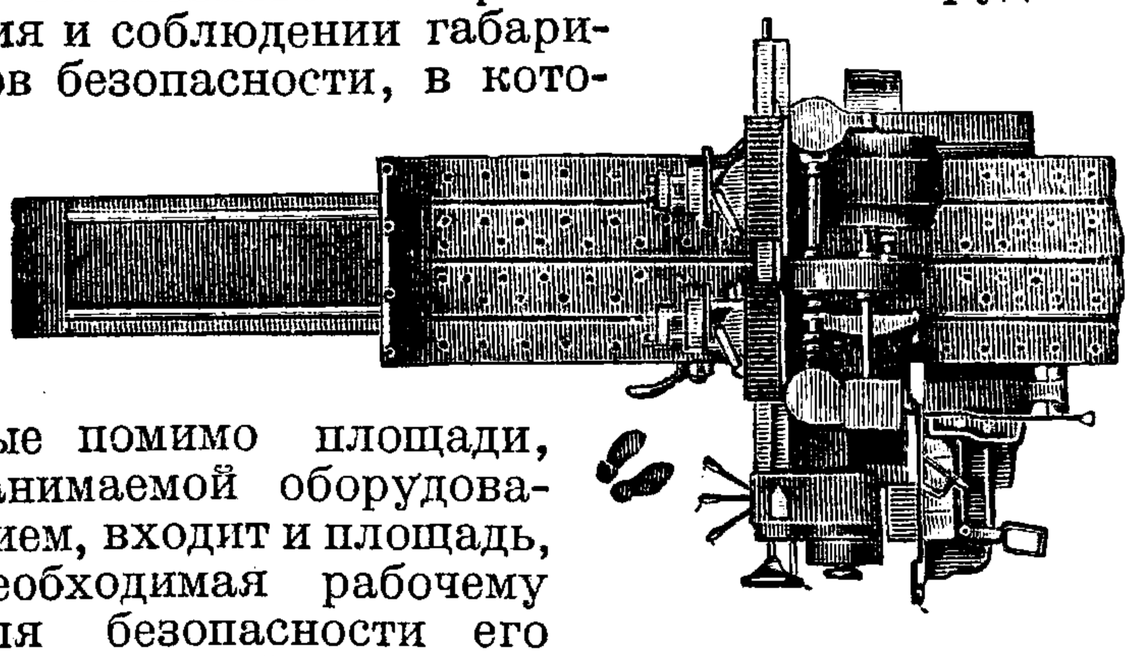
тельных устройств являются ограждения, т. е. детали, присоединяемые к объектам оборудования специально для устранения опасности. Ограждения м. б. неподвижные (напр. для ограждения зубчатых колес, ременных передач), движущиеся вместе с ограждаемой деталью (например ограждение выступающей шпонки вала муфты, фиг. 7), приходящие в движение в момент опасности (например решетка или рукоотстранитель на штамповальных прессах, фиг. 8). Ограждения выполняются из сплошного материала, из проволочного плетения, перфорированного металла. Материал для ограждений



Фиг. 9а.

выбирается соответственно условиям их работы, напр. чугун не может употребляться для случаев ударного на него воздействия (разрыв наждачного круга). Крупное значение имеет блокировка ограждений, о к-рой сказано было выше. Ограждение является более надежным, если оно конструктивно связано с самим оборудованием, а тем более составляет его органич. часть. В этом отношении большие возможности представляет новое машиностроение. Примеры предохранительных устройств и ограждений см. *Гвоздильное производство* и *Деревообделочное производство*.

В части организации производства следует остановиться на расположении оборудования и соблюдении габаритов безопасности, в кото-



Фиг. 9б.

рые помимо площади, занимаемой оборудованием, входит и площадь, необходимая рабочему для безопасности его манипуляций. При этом важно обратить внимание на рационализацию органов управления, которая позволяет значительно сократить размеры габарита безопасности. На фиг. 9а и 9б показано различие этого габарита до и после рационализации органов управления для продольно-строгального станка. Создание правильного потока изделий является также требованием Т. б. Неисправное состояние механизмов и отдельных их опасных частей является причиной серьезных несчастных случаев. Поэтому плановопредупредительный ремонт опасных механизмов является требованием Т. б. (напр. включающие приспособления у штамповальных прессов). Рационализация отдельных звеньев процесса обработки материала разрешает в ряде случаев вопросы безопасности (соединение на одном штамповальном прессе ряда операций), так же как и рационализация конструкции отдельных обрабатывающих деталей (напр. штампов). В область организации труда входит механизация опасных ручных операций, рационализация ручного инструмента и приспособлений для работы. Ин-том организации и оздоровления труда в Москве проделана большая работа в части рационализации приспособлений для разборки паровозов в депо и разгрузочных работ. Наконец воздействие на самих рабочих в области Т. б. выражается в виде снабжения их соответствующими индивидуальными защитными приспособлениями (спецодежда, очки, респираторы, спасательные пояса и т. д.). Большую роль в деле использования всех этих приспособлений играет их соответствие условиям работы и удобство для рабочего. Вторым видом воздействия является инструктаж по Т. б., к-рый должен составлять неотъемлемую часть техминимума. Содержание этих инструкций и методы инструктажа играют большую роль в эффективности этого рода мероприятий. Плакаты, кинофильмы, уголки безопасности, стенгазеты—все это д. б. привлечено к делу внедрения принципов Т. б. в широкие рабочие массы, равно как и социалистич. формы труда (ударничество, соцсоревнование, шефство старых рабочих над новичками и т. д.).

Лит.: Сборник «Техника безопасности в промышленности», Л., 1928; Сборник «Промышленный травматизм», т. 3, в. 2, М., 1930; «Безопасность труда», монографии, под ред. Пресса, в. 1—18, М., 1926—32; Safe Practices Pamphlets, Chicago (серия), Safety Pamphlets, L. (серия); Syrup F., Handbuch des Arbeiterschutzes u. d. Betriebssicherheit, B. 1—3, B., 1927; Schlesinger, Unfallverhütungstechnik, B., 1910. **П. Синев.**

ТЕХНИКА ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ, радиотехника, техника радиочастотная, объемлет всю категорию практич. применений науки о высокочастотных (радиочастотных) колебаниях. Предметом Т. в. ч. является изучение свойств, методов получения и использования *высокочастотных токов* (см.), а также связанного с ними электромагнитного поля. Теория и техника высокой частоты относятся к совокупности явлений, происходящих при наличии в электрич. цепи колебаний высокой частоты. По терминологии IX ВЭС [1] к категории высоких частот (правильнее радиочастот) относятся частоты, более высокие по сравнению с звуковыми (низкими) частотами; при этом верхний предел звуковых частот считается около 20 000 Hz; однако это определение радиочастот не предполагает ни невозможности излучения при более низких частотах ни того, что радиочастоты должны лежать обязательно выше предела слышимости (т. о. между ними нет резкой границы). О научных теориях, являющихся основой для Т. в. ч., см. *Колебания электрические*, *Резонанс*, *Связанные системы*, *Отрицательное сопротивление*, *Излучение и прием*, *Волны электромагнитные*, *Вибратор Герца*, *Диполь* электрический. *Короткие волны*, *Ультракороткие волны*, *Электромагнитное поле*. Об историч. развитии науки о радиочастотных колебаниях и практич. ее применении—для целей связи—см. *Беспроволочная связь*.

Генерация электрических колебаний в Т. в. ч. Исторически возникшие первыми искровые методы возбуждения электрич. колебаний, конкретно выраженные в форме тех или иных *искровых передатчиков* (см.), в настоящее время в радиотехнике не находят себе применения; получившие наибольшее распространение в ка-

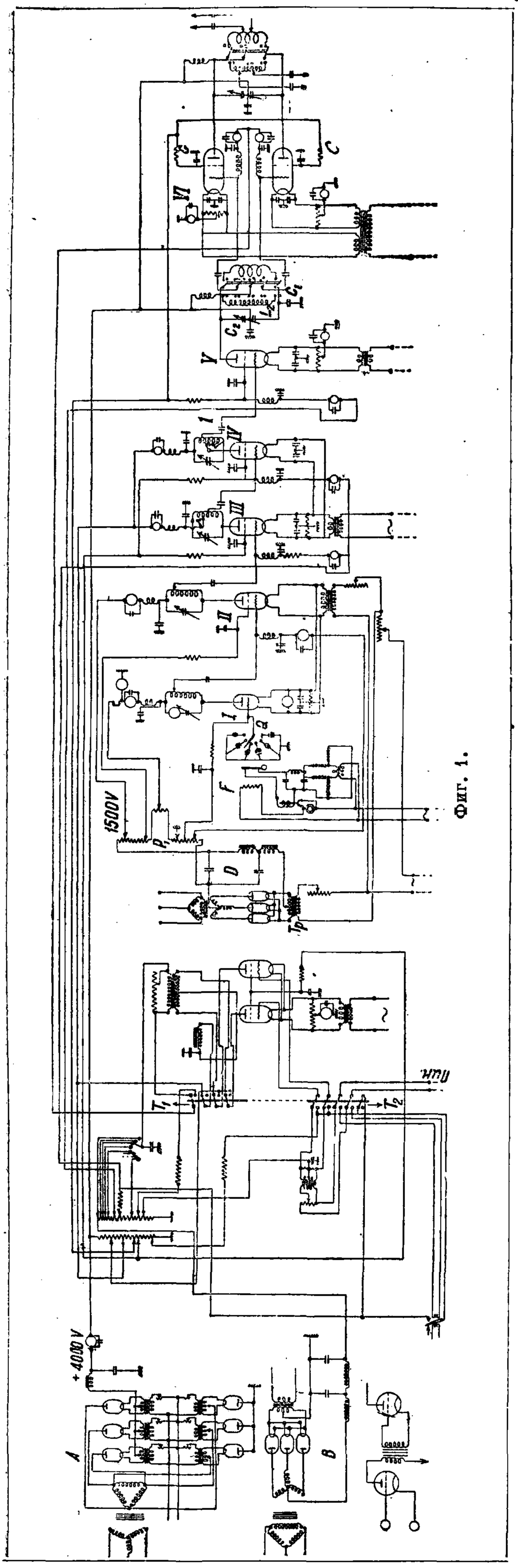
честве *судовых радиостанций* (см.), они теперь постепенно заменяются и в этой категории радиостанций более современными. *Дуговые генераторы* (см.) в настоящее время совершенно вышли из области практич. применений. Поэтому теперь современными источниками электрич. колебаний в Т. в. ч. являются только *ламповые генераторы* (см.) и машины высокой частоты (см. *Высокой частоты машины*).

Электронные лампы (о теории устройства их и явлениях, в них происходящих, см. *Лампа электронная*; о практич. конструкциях таких ламп см. *Электронная лампа*), применяемые для генерации электрич. колебаний, принадлежат к классу *триодов* (см.) и отчасти *тетродов* (см.) (в форме экранированных ламп); в последние годы в радиолюбительской практике встречается использование для целей генерации и *пентодов* (см.). Ламповым генератором является устройство, состоящее из электронной лампы, катод, сетка и анод которой включаются в созданную для генерации колебаний высокой частоты схему (см. *Ламповый генератор*, фиг. 1, 4, 6а, 7а, 8, 9 и другие). Существующие многообразные схемы таких генераторов получают практическое применение в радиопередатчиках, являющихся частью передающей (отправительной) *радиостанции* (см.); они предназначены для получения энергии высокой частоты и передачи ее в излучающую часть — антенну. В основном ламповый передатчик состоит из 1) лампового генератора, преобразующего подводимую энергию в энергию высокой частоты, 2) колебательных контуров, 3) источников питания, непосредственно связанных с генератором. О категориях таких передатчиков и главных технических требованиях, предъявляемых к передатчикам, см. *Передатчик* и более подробно—*Радиопередатчик ламповый*; в последней статье приводятся практич. схемы и конструктивные особенности нек-рых ламповых передатчиков, выполняемых заводами Народного комиссариата связи. Основная производственная база советских радиопередатчиков—Главное управление электрослаботочной промышленности—уже в первый год второй пятилетки в связи с пуском в эксплоатацию 500-kW радиовещательного передатчика (описание его как наиболее характерного в СССР из передатчиков для целей радиовещания см. *Широковещание*) поставила СССР на первое место в мире как по суммарной мощности радиовещательной сети, так и по мощности наибольшей единицы. Для целей профессиональной радиосвязи на период начала второй пятилетки в СССР [2] является наиболее типичным 1-kW передатчик (он при добавлении мощного каскада дает 15 kW) на диапазон частот 18 800÷3 330 kHz. На подробном описании этой конструкции (завода имени Коминтерна), воплотившей в себе почти все известные мировые достижения радиотехники в таких устройствах к 1933 г., будут наглядно выявлены как современные тенденции в Т. в. ч. в области коротковолновых передающих устройств, так и роль описанных в других статьях отдельных элементов схем и конструкций в передающих ламповых устройствах для целей связи (телеграфной и телефонной) (см. ниже).

Многочисленные опытные исследования (см. *Волны короткие*) и эксплоатационный опыт радиосвязи указывают, что для получения надежной дальней связи быстродействующими аппаратами (см. *Быстродействующие радиопередача и радиоприем*) на коротких волнах выходная мощность передатчика д. б. ~10÷20 kW. Поэтому, выбирая для последнего каскада такого передатчика хорошо освоенные советской ламповой пром-стью лампы ГК-2 000 (см. *Электронная лампа*), следует для надежного эксплоатационного режима остановиться на двух таких лампах; при этом мощность в антенне получается около 15 kW.

Для целей ближней (относительно) связи достаточна выходная мощность порядка 1 kW. Однако такой 1-kW передатчик может обслуживать и линию дальней связи— при небольшом и некруглосуточном обмене. В то же время колебательная мощность 1-kW передатчика достаточна для возбуждения мощного каскада на лампах ГК-2 000 далее описываемого 15-kW передатчика; кроме того 1-kW передатчик является возбудителем (см. *Задающий генератор*) для радиовещательного передатчика на ультракоротких волнах. Реализуемая т. о. унификация типов передатчиков, при к-рой более мощный тип передатчика включает в себя менее мощный при минимальных необходимых изменениях, определяемых особенностями типа (например в радиовещательных станциях — улучшение фильтрации, питание катодов постоянным током и т. д.), в то же время накладывает свои требования и на конструктивное оформление передатчиков. Они выполняются в виде отдельных независимых панелей, замена к-рых, если таковая потребуется для других типов или во внетиповых вариантах тех же передатчиков, совершенно не отражается на конструкции передатчика в целом; далее описывается поэтому только один основной стандартный тип мощностью в 1 kW. Основное требование — максимальная *стабилизация частоты* (см.) получаемых колебаний—осуществлено схемой с кварцевым генератором; этот выбор обусловил собой как многокаскадность передатчика, так и введение для большей стабилизации отдельного источника питания для кварцевого генератора и буферного каскада и термостата для создания постоянных $t°$-ных условий для работы кварцевых (см. *Пьезокварц*) пластин. Т. к. для осуществления связи с данным корреспондентом на коротких волнах в течение максимального числа часов в сутки необходимо иметь по крайней мере две частоты (волны)—дневную и ночную, то весьма важно с точки зрения эксплоатации сконструировать передатчик так, чтобы переход от одной рабочей частоты к другой не требовал каждый раз налаживания режима передатчика. Америк. конструкции *самолетных радиостанций* (см.) образца 1933 г. предусматривают переключатель, одним движением автоматически переключающий передатчик с дневной частоты на ночную и обратно. В описываемом передатчике переход на любую из 4 частот производится только путем перестройки анодных контуров, производимой с помощью наружных (на передней стороне панели) переключений: вращения ручек конденсаторов, а частично также поворачивания переключателей, которые в *III* и *IV* каскадах «закорачивают» то или иное число витков, а в *V* и *VI* каскадах производят смену катушек контура. В пределах всего диапазона (18 800÷3 330 kHz) передатчик м. б. настроен на любую частоту в зависимости от установленных кварцевых пластин [термостат *F* рассчитан на помещение 6 кварцедержателей, причем от каждой пластины м. б. получено путем последовательного *умножения частоты* (см.) до трех частот—вдвое, вчетверо и в восемь раз бо́льших основной частоты кварца]. Передатчик имеет четыре выхода, по одному для каждой фидерной (см. *Фидер*) системы, питающей антенну, рассчитанную на одну из 4 заранее выбранных фиксированных частот. Шкалы всех переменных конденсаторов снабжены четырьмя неподвижными фиксаторами, заранее устанавливаемыми в нужное положение; поэтому при переходе с одной частоты на другую, также фиксированную, нет необходимости искать настройку—достаточно довести стрелку конденсатора до заранее намеченного положения; поэтому перестройка на любую из 4 фиксированных частот продолжается не более 2—3 мин. При переходе на другие, нефиксированные, частоты (при наличии соответствующей кварцевой пластины в термостате и антенны) необходимое положение настройки каскадов определяется по анодным и сеточным приборам.

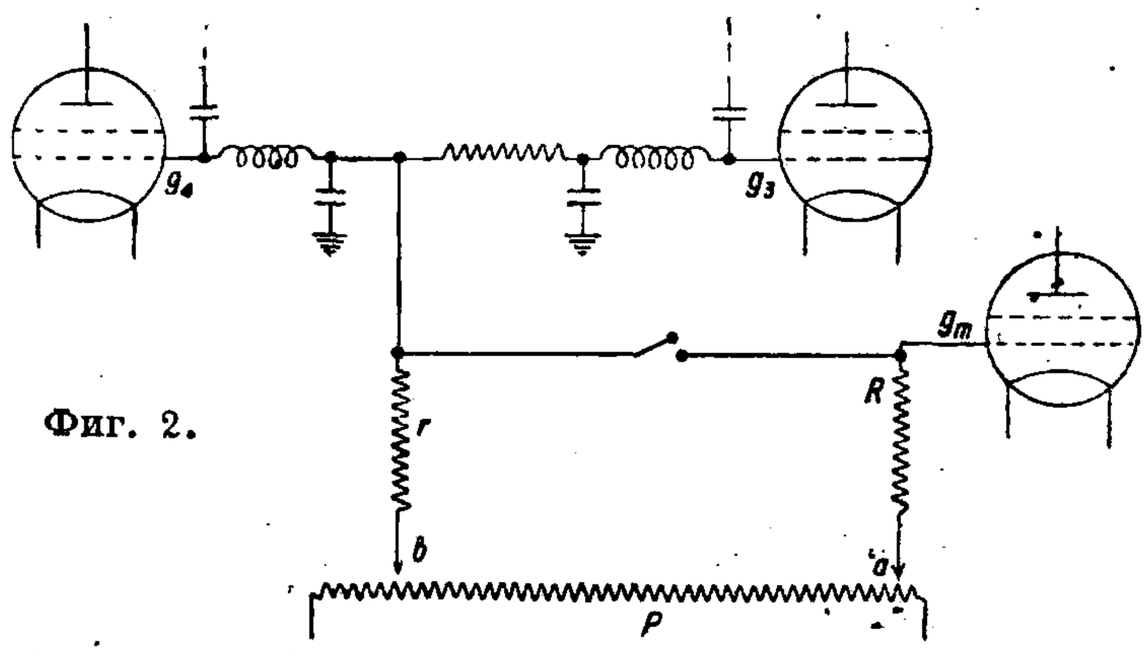
Стабилизация режима промежуточных каскадов достигнута применением экранированных ламп, что избавляет от необходимости *нейтродинирования* (см.) и всех связанных с последним затруднений. В передатчике применена система блокировки, упрощающая управление и автоматически регистрирующая неисправности: вся система управления, сигнализации и блокировки централизована на одном щите. Радиочастотная часть (см. схему передатчика на фиг. 1 и внешний вид его на вкл. л., *1*) состоит из шести каскадов: кварцевого генератора, буферного усилителя, трех промежуточных каскадов и выходного усилительного каскада, причем каскад *III* работает всегда как удвоитель частоты, а каскады *IV* и *V*—в зависимости от требуемой рабочей волны—либо как *усилители* (см.) либо как удвоители. К в а р ц е в ы й г е н е р а т о р работает на лампе М-84, причем



Фиг. 1.

его диапазон 3 300÷1 650 kHz (90÷180 *м*) перекрывается переменным конденсатором анодного контура. Температура в термостате *F*, содержащем 6 кварцедержателей *Q*, автоматически поддерживается около 50° с точностью ± 0,1° и может быть проверена по выведенному наружу термометру; термостат — с ртутным терморегулятором (см. *Стабилизация частоты*). Межкаскадные связи взяты всюду автотрансформаторными (см. *Автотрансформаторная связь*) для уменьшения числа элементов регулировки. Кварцедержатель раз навсегда отрегулирован (в отношении промежутка между верхним электродом и пластиной), закрыт и не требует дорегулировки при эксплоатации. Большая долговечность кварцевой пластины обеспечивается в частности еще тем, что кварцевый генератор поставлен в режим максимальной стабильности (а не отдаваемой мощности), причем в анодную цепь подается относительно невысокое напряжение в 300 V, получаемое с потенциометра P_1 и регулируемое с передней панели каскада *I*. Вторым условием наибольшей стабильности является наличие буферного каскада *II*, в к-ром используется только отрицательная часть характеристики лампы, благодаря чему сеточный ток не создает нагрузки на кварцевый каскад. Связь между последним и сеткой буферного каскада мала, однако благодаря большому полному сопротивлению *Z* анодного контура буферного каскада напряжение на нем получается достаточное; лампа в этом каскаде типа С-106 при напряжении на экранирующей сетке 500 V. В следующих *III* и *IV* каскадах применены лампы тоже типа С-106 при анодном напряжении ок 2 000 V. Изменение самоиндукции анодного контура в обоих каскадах достигается «закорачиванием» витков. Во избежание самовозбуждения каскада *V* и для подачи правильных напряжений на сетку последнего расположение щупков на катушке сделано так, чтобы величина связи получилась на разных участках диапазона больше или меньше в зависимости от того, работает ли этот каскад как усилитель или удвоитель в соответствии с *Z* и *затуханием* (см.) контуров каскадов *IV* и *V* на разных участках диапазона. В каскаде *V*— лампа типа С-103; его *анодная цепь* (см.) построена симметрично, т. к. этот каскад далее связан с сетками ламп работающего по схеме *пуш-пулл* (см.) каскада *VI*; асимметрия в емкостях, получающаяся вследствие того, что к одному концу катушки L_2 присоединена емкость «анод-экран» лампы, выравнивается при наличии на другом конце катушки конденсатора C_1, имеющего емкость на землю, эквивалентную емкости «анод-экран» лампы. Анодный контур состоит из переменного конденсатора C_2 и четырехсменных катушек (на фиг. 1 даны только две), одна из к-рых (в зависимости от выбранной волны) м. б. включена в схему с помощью переключателя, вращаемого с передней панели. Каскад *VI* работает на лампах С-103, причем анодный контур его аналогичен контуру каскада *V*. Внутренний вид выходного каскада *VI* при снятом экране дан на вкл. л., *2*. Для каждой пары фидеров антенн, связанных автотрансформаторно, установлены 2 разделительных конденсатора, соединенных со щупками, соответственно устанавливаемыми на каждой катушке.

Примененная в передатчике схема телеграфной манипуляции (о других схемах манипуляций см. *Быстродействующие радиопередача и радиоприем*) обеспечивает возможность быстродействия при легком режиме



Фиг. 2.

работы телеграфного ключа и осуществляет нужную величину балластной нагрузки при отжатом ключе. На фиг. 2 g_m—управляющая сетка двух, т. н. манипуляционных, ламп типа С-106, g_3 и g_4—то же ламп каскадов *III* и *IV*, *P*—потенциометр, дающий сеточное смещение на все каскады. При отжатом ключе положение точки *b* подбирается т. о., чтобы смещение было достаточным для полного «запирания» (т. е. отсутствия анодного тока) каскадов *III* и *IV*, а положение точки *a*—так, чтобы полученное смещение на сетках манипуляционных ламп достаточно «отпирало» последние. При замыкании ключа на сетках каскадов *III* и *IV* напряжение повышается, а на сетках манипуляционных ламп понижается; т. о. сетки каскадов *III* и *IV* получают смещение, соответствующее их нормальному рабочему режиму, а сетки манипуляционных ламп—напряжение, достаточное для их запирания. Но анодный движок манипуляционных ламп находится на том же потенциометре, который питает аноды каска-

дов *III* и *IV* и экранирующие сетки всех каскадов; поэтому передвиганием этого движка можно регулировать падение на потенциометре, создаваемое анодным током манипуляционных ламп. Т. о. понижением напряжений на анодах каскадов *III* и *IV* и экранирующих сеток м. б. облегчено запирание всех каскадов передатчика при отжатом ключе; при таком положении ключа получается добавочная балластная нагрузка благодаря анодному току манипуляционных ламп и наличию *гридлика* (см.) *G* в сетке каскада *VI*. Такая схема обеспечила при испытаниях передатчика отчетливую работу при скорости 165 слов в мин. Эта схема манипуляции имеет еще то преимущество, что позволяет легко осуществить с помощью тех же манипуляционных ламп и т е л е ф о н н у ю *модуляцию* (см.) путем изменения смещения на сетках ламп *VI* каскада; при переходе на телефонию обе эти лампы переключаются по схеме пуш-пуллного усилителя звуковой частоты: в цепь сеток включается входной, а в цепь анодов выходной трансформатор, вторичная обмотка к-рого подает звуковую частоту на сетки ламп каскада *VI*. При этом подача напряжения звуковой частоты ок. 6 V, получаемого от микрофонного усилителя, достаточна для необходимой глубины модуляции (имеется в виду коммерч. телефония); питание переменным током всех ламп передатчика не дает заметного фона. Переход с телеграфного режима T_2 на телефонный T_1 осуществляется переключателем, находящимся на щите управления.

Питание передатчика происходит от сети переменного тока напряжением в 200 V; питание анодов и сеток всех каскадов осуществляется помощью трех газотронных *выпрямителей* (см.): 1) анодный выпрямитель *A* составлен по схеме Греца с типовым силовым трансформатором (200—300 V) и дает выпрямленное напряжение порядка 4 000 V; в нем применены 6 газотронов на 4 A каждый. Он питает аноды каскадов *V* и *VI* и через потенциометр аноды каскадов *III* и *IV* манипуляционных ламп и экранирующие сетки всех каскадов кроме каскада *II*; 2) и 3) выпрямитель *D* каскадов *I* и *II* и выпрямитель смещений *B* являются однотипными, включенными по 3-фазной схеме на газотронах в 1,5 A (общий вид выпрямительного устройства дан на вкл. л., *3*). Выпрямитель каскадов *I* и *II* питает анод буферного каскада и потенциометр, с которого подается напряжение на экранирующую сетку буферного каскада, анод кварцевого возбудителя и управляющие сетки обоих каскадов; он дает ок. 1 500 V. Введение отдельного выпрямителя для каскадов *I* и *II* вызвано желанием устранить влияние телеграфной манипуляции на кварцевый каскад и кроме того оно позволяет включать первые 2 каскада независимо от остальной схемы. Выпрямитель сеточных смещений питает потенциометр, с к-рого подаются напряжения на сетки ламп всех каскадов. Нек-рая сложность схемы питания накала (переменным током через соответствующие трансформаторы) объясняется желанием установить такую систему управления, которая не требовала бы при изменении напряжения сети отдельного регулирования каждой цепи накала. Поэтому установлен один главный реостат, регулируемый со щита управления; последовательно с реостатом в цепи каждого трансформатора накала имеется добавочное сопротивление, регулируемое только при налаживании передатчика; напряжение, получаемое на каждой лампе, м. б. проверено переносным вольтметром, для чего на передних панелях каскадов устроены соответствующие измерительные гнезда. Все цепи накальных трансформаторов распределены равномерно между фазами 1-2 и 2-3; в общей фазе включен главный реостат; т. о. возможно регулировать все накалы однофазным током. Неравномерность нагрузки фаз устраняется приключением всех остальных нагрузок передатчика к фазам 1-3. Такая система управления применена для всех цепей накала кроме каскадов *I* и *II* и цепи их выпрямителя: они имеют свой общий независимый реостат (расположенный на панели каскадов *I* и *II*); благодаря этому возможны независимый пуск в ход последних и удобная регулировка кварцевого возбудителя. Т. о. выбранная схема питания передатчика не требует никаких вращающихся агрегатов и тем более машинного зала, а потому передатчик может обслуживаться только одним дежурным.

Пуск в ход передатчика производится последовательным нажатием 5 кнопок, замыкающих цепи обмоток соответствующих *контакторов* (см.). При включении главного рубильника подается напряжение только на термостат, т. о. получается независимость его нагрева от остальных включений. Первая кнопка подает напряжение на питающие шины, шины управления, накал каскадов *I* и *II* и выпрямителя; остальные лампы и газотроны получают пониженный накал. Главный реостат вращается сервомотором, включенным в схему т. о., что реостат автоматически вводится при первом же включении; при этом невозможна подача полного накала при выведенном реостате, и кроме того скорость вращения сервомотора обеспечивает выдержку времени, необходимую для разогрева катодов газотронов до подачи высоких напряжений. Вторая кнопка подает высокое напряжение на выпрямитель каскадов *I* и *III*. Третья—регулирует при помощи сервомотора накал всех ламп и газотронов кроме каскадов *I* и *II*. Четвертая и пятая кнопки подают соответственно напряжение на выпрямитель смещения и выпрямитель анодного напряжения.

Б л о к и р о в к а и с и г н а л и з а ц и я. Во избежание несчастных случаев (при прикосновении обслуживающего персонала к шинам с высоким напряжением) в современных передатчиках устраивают специальные блокирующие приспособления; в передатчике предусмотрена как механич., так и электрич. блокировка. При открывании дверец отдельных каскадов или главной двери ограждения, при вынимании из щита управления ключа механич. блокировки и т. п. выключаются соответствующие контакторы. Кроме того *анодное напряжение* (см.) сбрасывается автоматически при перегрузке анодной цепи. Соответствующие сигнальные лампы регистрируют причину выключения контакторов. Последовательность включений указывается лампочками, расположенными над соответствующими кнопками. После нажатия кнопки и выполнения операции лампочка гаснет, а лампочка над следующей кнопкой загорается, указывая тем самым, что можно совершить следующую операцию включения. Но если в передатчике имеется какая-либо неисправность, не позволяющая совершить очередное включение, то вместо лампочки над кнопкой загорается аварийная лампочка, указывающая, какую именно неисправность надо устранить для того, чтобы операция м. б. совершена. По устранении неисправностей загорается только лампочка очередного включения При перегорании каких-либо предохранителей загорается лампочка, указывающая номер предохранителя, подлежащего смене. Такая система блокировки и сигнализации, регистрирующая неисправности и недопускающая неправильных включений, достигается не путем добавочных реле, а главным образом электрическими переключениями, происходящими при включении и выключении основных контакторов благодаря добавочным контактикам, находящимся на них; поэтому значительно повышается надежность системы.

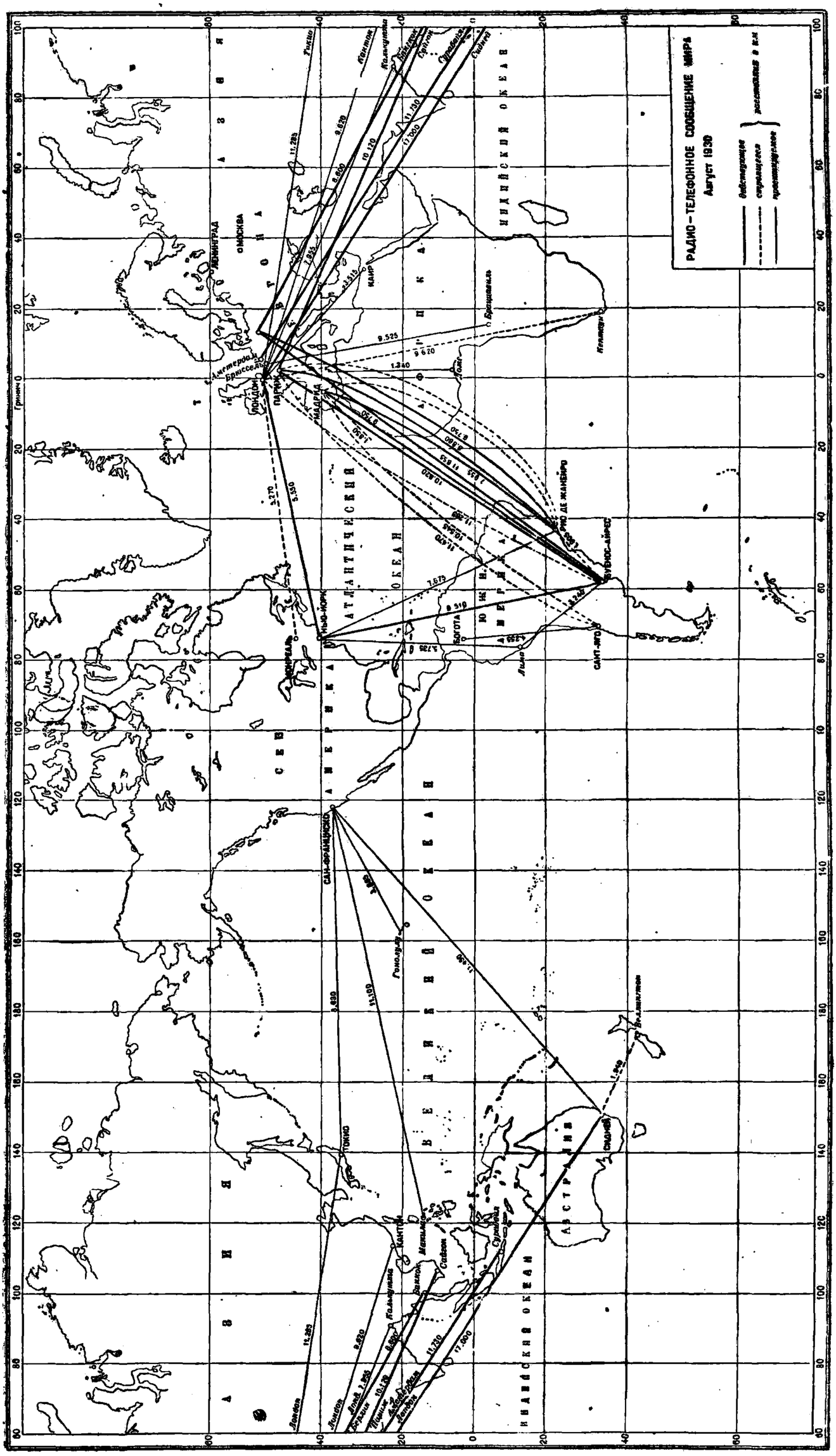
Монтаж передатчика, размещенного в 4 каркасах, полностью отражает современные тенденции в Т. в.ч. в СССР и за границей. В первом каркасе смонтированы выпрямители анодный и сеточных смещений с соответствующими фильтрами. Во втором каркасе размещен щит управления. В третьем каркасе смонтированы панели каскадов *I* и *II* (наверху), а также и панель каскадов *III* и *IV* (внизу). В следующем каркасе внизу расположена панель каскада *V*, наверху—панель каскада *VI*. Каждая из таких угловых панелей каскада радиочастоты прикрывается сверху, сзади и с боков съемным экраном, задняя стенка к-рого представляет собою двухстворчатую дверь, открывающую доступ к каскаду; каждая панель м. б. выдвинута вперед или вынута из каркаса. Панели —железные, омедненные; внутри каркасов изоляцией на радиочастоте служит всюду эбонит, кроме переключателей самоиндукции и конденсаторов каскадов *V* и *VI*, где применен *микалекс* (см.). Позади каркасов расположены анодный трансформатор, контакторный щиток и реостат накала; весь передатчик окружен с боков и сзади решетчатой оградой высотой 2,1 *м*, имеющей заблокированную дверь. На передних панелях каждого из каскадов кроме *I* и *II* расположены анодный и сеточный амперметры, верньер настройки конденсатора, рукоятка для изменения самоиндукции контура и гнезда для проверки напряжения накала переносным вольтметром. На панели каскадов *I* и *II* расположены кроме измерительных приборов и верньеров рукоятка для регулировки накала и анодного напряжения каскада *I*, рукоятка для переключения кварцевых пластин, термометр, кнопка для моментального выключения анодного напряжения с кварцевого каскада; при помощи последней можно, прерывая подачу анодного напряжения на кварцевую лампу, проверить устойчивость колебаний или режимы всех каскадов при негенерирующем каскаде *I*. На щите управления сосредоточены все органы управления и контроль передатчиков кроме элементов настройки каскадов радиочастоты и кварцевого каскада. Внутри каркаса этого щита смонтированы потенциометры анодного выпрямителя и выпрямителя смещений, а также манипулятор-модулятор. На самом щите расположены: 1) вольтметр с переключателем для измерения напряжения на анодах и экранирующих сетках всех каскадов кроме *I* и *II*, вольтметр с переключателем для измерения смещений на управляющих сетках, вольтметр с переключателем для промера напряжения на шинах питающей сети, общий вольтметр накала, амперметр анодного выпрямителя и амперметр *анодного тока* (см.) манипуляционных-модуляторных ламп; 2) кнопки включения и выключения напряжений, регулировка накала, сигнальные и аварийные лампочки; 3) переключатели для перехода с телеграфии на телефонию, для изменения глубины модуляции и для снятия модуляционной характеристики, кнопка включения анодного автомата, ключи механич. блокировки и телефонные гнезда для контроля подаваемой звуковой частоты.

Описанный 1-kW передатчик легко м. б. сочленен с «мощным каскадом», заключенным в отдельном шкафу и позволяющим иметь на выходе мощность 15 kW. 15-kW коротковолновый передатчик кроме описанного 1-kW передатчика состоит еще из следующих частей: 1) мощного каскада и питающего его трансформатора, мощного выпрямителя, фильтра, переключателя с автотрансформатором для регулировки анодного напряжения мощного каскада (см. внешний вид шкафа мощного каскада на вкл. л., *4*) и 2) подсобных приборов: замыка-

Табл. 1.—Список мощных ($P_A > 100$ kW) мировых длинноволновых радиостанций для целей связи. *1

Частота в kHz	Длина волны в м	Позывной знак	Название радиостанции	Государство	Мощность в антенне в kW	Частота в kHz	Длина волны в м	Позывной знак.	Название радиостанции	Государство	Мощность в антенне в kW
13,75	21 820	PPV	Сепетиба	Бразилия	350	20,27	14 800	ICC	Кольтано	Италия	150
14,29	20 990	SPO	Варшава	Польша	200	20,76	14 450	IRB	Рим, Торренова	Италия	320
14,99	20 000	PMJ	Малабар Банденг	Голландск. Индия	800	21,05	14 250	FTT	Сент-Ассиз	Франция	250
15,07	19 900	JDG	Кольтано	Италия	350	21,37	14 040	GMU	Карнарвон	Англия	180
15,22	19 710	FTU	Сент-Ассиз	Франция	500	21,8	13 760	WII	Нью Брунсвик, Нью Джерсей	США	200
15,66	19 150	FYL	Круа д'Эн	Франция	360	22,1	13 580	WGG	Теккертон, Нью Джерсей	США	200
15,75	19 000	FZA	Сайгон (Кохинхина)	Индокитай (фр.)	500	22,35	13 420	WRQ	Мэрион, Массачузетс	США	200
16	18 750	GBR	Регбай	Англия	350	22,6	13 270	WRT	Нью Брунсвик, Нью Джерсей	США	200
16,2	18 520	ORU	Рюйсселед	Бельгия	250	22,9	13 100	NPO	Кэвит (Лос Банос), Филиппины	США	300
16,42	18 270	SPL	Варшава	Польша	200						
16,55	18 130	DFY	Науэн	Германия	300	23,08	13 000	DFW	Науэн	Германия	200
16,8	17 800	PCG	Коотвик	Голландия	170	23,7	12 660	LSA	Монте Гранде	Аргентина	400
17	17 650	TAF	Ангора	Турция	250	24	12 500	NBA	Дариен (Бальбоа), зона Панамского Канала	США	300
17,2	17 440	LSB	Монте Гранде	Аргентина	400						
17,2	17 440	SAQ	Варберг	Швеция	200÷400	24,83	12 080	LCM	Ставенгер *3	Норвегия	150
17,41	17 200	JND	Нагойа	Япония	550	25,25	11 880	FZB	Бамако (Западная Африка)	Франция	150
17,64	17 000	IRC	Рим, Торренова	Италия	350	25,82	11 620	WSO	Мэрион, Массачузетс	США	200
17,7	13 950	SPX	Варшава	Польша	200	26,1	11 490	NPM	Порль Гарбир (Гонолулу, Гаваи)	США	300
18,21	16 470	WQK	Рокки Пойнт, Нью Иорк	США	200						
18,29	16 400	FZC	Браззавиль (Экватор. Африка)	Франция	150	28,64	10 480	RAM	Москва	СССР	120
						30	10 000	PML	Малабар Банденг	Голландск.Индия	400
18,4	16 300	WCI	Теккертон, Нью Джерсей *2	США	200	30	10 000	IRA	Рим, Торренова	Италия	300
18,5	16 220	SPY	Варшава	Польша	200	31,15	9 630	GLC	Онгар	Англия	120
18,8	15 930	WSS	Рокки Пойнт, Нью Иорк	США	200	34,88	8 600	GNC	Карнарвон	Англия	100
18,82	15 950	FZA	Сайгон (Кохинхина)	Индокитай (фр.)	200	35,3	8 500	LSC	Монте Гранде	Аргентина	400
18,98	15 800	FZD	Тананарив (Мадагаскар)	Франция	150	38,44	7 800	PLC	Малабар Банденг	Голландск.Индия	120
19,22	15 600	PKX	Малабар Банденг	Голландск.Индия	800	43,8	6 850	RAM	Москва	СССР	120
19,22	15 600	PLA	Малабар Банденг	Голландск.Индия	400	45,43	6 600	PLB	Тжилилин Банденг	Голландск.Индия	120
19,6	15 300	JAA	Токио (Хараномаши)	Япония	400	58,5	5 130	WNL	Рокки Пойнт, Нью Иорк *4	США	190
19,8	15 150	FYN	Лион	Франция	150	66,5	4 511,2	WOH	Брандлей, Мейн *5	США	125

*1 По характеру излучения перечисленные в таблице радиостанции относятся по международной классификации типов излучения к типу A_1 (незатухающие колебания немодулированные). *2 Тип излучения—A_1 и A_2 (незатухающие колебания, модулированные звуковой частотой). *3 Тип излучения—A_2. *4 Тип излучения—A_1 и A_3 (незатухающие колебания, модулированные речью или музыкой). *5 Тип излучения—A_3.


РАДИО-ТЕЛЕФОННОЕ СООБЩЕНИЕ МИРА
Август 1930
действующие
строящиеся
проектируемые
сооружения в Н.К
СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА
ЮЖНАЯ АМЕРИКА
АТЛАНТИЧЕСКИЙ ОКЕАН
ТИХИЙ ОКЕАН
ИНДИЙСКИЙ ОКЕАН
АВСТРАЛИЯ
ЕВРАЗИЯ
Ленинград
Москва
Лондон
Париж
Мадрид
Берлин
Амстердам
Брюссель
Рим
Каир
Нью-Йорк
Монреаль
Сан-Франциско
Рио де Жанейро
Буэнос-Айрес
Богота
Сантьяго
Гонолулу
Манила
Сидней
Батавия
Сурабая
Сайгон
Бомбей
Калькутта
Токио
Шанхай
Пекин
Харбин
Хабаровск
Иркутск
Ташкент
Омск
Красноярск
Якутск
Владивосток
Сиэтль
Портленд
Чикаго
Нью-Орлеан
Майами
Гавана
Панама
Лима
Сан-Хуан
Кюрасао
Каракас
Порто-Алегре
Монтевидео
Сантос
Сальвадор
Дакар
Тенерифе
Бразавиль
Элизабетвиль
Кейптаун
Дурбан
Мельбурн
Перт
Новая Зеландия
Гринвич

Фиг. 3.

теля фильтра, вводного щитка, воздуходувки и реле пуска воды. Обе лампы ГК-2 000 включены в нем по пуш-пулльной схеме. Контур (анодный) состоит из катушки и конденсатора постоянной емкости со сменными пластинами; при этом грубая настройка производится подбором числа пластин в конденсаторе и закорачиванием витков катушки; точная настройка—поворачиванием замкнутого витка, вращаемого в поле катушки. Для перехода с волны на волну имеется переключатель: в положении «короткие волны» он совершенно отсоединяет от схемы конденсатор постоянной емкости и позволяет закоротить то или иное число витков катушки; в положении «длинные волны» конденсатор присоединяется к схеме. В середине каскада симметрично расположены два нейтродинных конденсатора. Мощный каскад имеет два фидерных выхода для дневной и ночной антенны; каждая из них переключателем присоединяется к схеме; связь с фидерами—автотрансформаторная. Питание мощного каскада происходит двухпроводной линией, заканчивающейся в последнем настроенным сеточным контуром. В этом контуре установлены две катушки (для дневной и ночной волны). При работе на дневных (коротких) волнах включается меньшая катушка, причем емкостью служат только внутренняя емкость ламп и емкость схемы; настройка производится вращением короткозамкнутого витка внутри катушки; грубый же подбор самоиндукции производится закорачиванием того или иного числа витков. При переходе на ночные (длинные) волны в схему включается вторая сеточная катушка, к к-рой присоединен переменный конденсатор. Последний сионструирован т. о., что ось подвижных его пластин механически представляет одно целое с осью, вокруг к-рой вращается короткозамкнутый виток. Таким образом настройка сеточного контура имеет один общий орган настройки (верньер), к-рый при работе на коротких волнах изменяет самоиндукцию сеточного контура, а при длинных волнах—его емкость. Механически все переключатели мощного каскада связаны между собой и приводятся в движение штурвалом, расположенным на передней панели мощного каскада. Анодное напряжение (ок. 8 000 V) подается от мощного выпрямителя, работающего на 10-А газотронах по схеме Греца.

Конструктивно мощный каскад размещен след. обр.: в верхней части шкафа расположена высокочастотная часть, а в нижней находятся стенды для водопроводящих шлангов, гидрокнопка, термометры, трансформаторы накала, фильтр и потенциометр смещения, гридлик, добавочные реостаты накала ламп, максимальные анодные автоматы и реле переключения с телеграфной работы на телефонную; при помощи этого реле к средней точке сеточной катушки присоединяется либо гридлик (телеграфный режим) либо подается соответствующее смещение от потенциометра (телефонный режим). На передней панели его расположены: анодные амперметры, сеточный амперметр и вольтметр анодного напряжения, 4 верньера (для настройки анодного и сеточного контуров и двух нейтродинных конденсаторов), кнопка включения максимальных автоматов, кнопка включения, выключения и регулировки анодного напряжения и измерительные гнезда для проверки накала.

Ламповые генераторы и передатчики, самые распространенные из всех передатчиков, диференцируются по следующим главным признакам: 1) по диапазону генерируемых частот и мощности: длинноволновые передатчики, используемые теперь преимущественно для радиовещательных целей и для радионавигации (см. *Радиомаяк*), коротковолновые—для целей радиосвязи всех видов, особенно на дальние расстояния, и ультракоротковолновые, лишь начинающие входить в обиход; 2) по характеру работы—телеграфные и телефонные; к последним относятся и передатчики для *телевидения* (см.), передачи и приема неподвижных изображений, в частности и *фототелеграфии* (см.); 3) по назначению—судовые, авиационные, радиомаячные, радиовещательные, для телеграфной (обычно быстродействующей) связи, для коммерческой радиотелефонии, передвижные (военные), радиолюбительские и т. д.

В машинных радиопередатчиках источником токов радиочастоты служит машина высокой частоты. Радиопередатчики машинные строятся почти исключительно для телеграфной радиосвязи на большие расстояния на длинных волнах; возможно применение их с помощью *умножения частоты* (см.) и для мощного радиовещания и коммерч. радиотелефонирования.

В табл. 1 приведен список длинноволновых (мощностью в антенне свыше 100 kW) передающих радиостанций (ламповых и машинных), работающих на линиях дальней связи, с указанием наиболее характерных данных; в табл. 2

Табл. 2.—Мощные ($P_A > 20$ kW) коротковолновые радиостанции мира.

Местонахождение радиостанции	Название радиостанции	Мощность в kW (максимальная)
Аргентина	Оливос	24
Бразилия	Итагуахи	37,5
	Сепетиба	24
Голландия	Коотвик	60
	Малабар Банденг	80
	Тжиминди Банденг	40
Франция	Сент-Ассиз	30
Италия	Рим, Торренова	25
Канада, Квебек	Дреммондвилль	35
Порто-Рико	Сан-Жуан	80
Филиппинские о-ва	Манила	40
Виргиния, Вашингтон	Арлингтон	25
Мериленд, Вашингтон	Аннаполис	25
Калифорния	Болинас	80
Нью Иорк	Гарден Сити	30
о. Оаху, Гаваи	Каена Пойнт	30
Гаваи	Кахуку	80
Калифорния	Клируотер	30
Массачузетс	Мерион	70
Нью Джерсей	Нью Брунсвик	80
Калифорния	Пало Альто	30
Гонолулу, Гаваи	Пирль-Гарбор	25
Нью Иорк	Рокки Пойнт	80
Нью Иорк	Сейвилль	75
Нью Джерсей	Теккертон	70
Орегон	Хильсборо	75
Массачузетс	Четем	40
СССР		
Московская обл.	Москва	21
Ленингр. обл.	Ленинград	21
Дальневост. край	Хабаровск	21
Вост.-Сиб. край	Иркутск	21
Узбекская ССР	Ташкент	21

и 3 даны списки коротковолновых радиостанций мира (мощностью более 20 kW), обслуживающих линии связи; такой же список радиовещательных станций см. *Широковещание*; на фиг. 3 изображена карта мировой радиотелефонной связи для дальних связей (показаны важнейшие линии).

Излучение электромагнитной энергии. Высокочастотные генераторы и передатчики используются самостоятельно как таковые только в лабораторных целях и при применении их в печах высокой частоты (см. *Электрические печи*), в медицине (см. *Диатермия*) и *электромузыкальных инструментах* (см.). Почти во всех остальных случаях Т. в. ч. имеет место передача полученной энергии радиочастоты в *радиосеть* (см.), служащую для излучения (см. *Излучение и прием*). Радиосеть состоит из *антенны* (см.) и *заземления* (см.) или *противовеса* (см.); впрочем часто под термином «антенна» понимают всю радиосеть. Прототипом всех радиосетей явился *диполь* (см.) Герца; теория излучения этого диполя дана Герцем же (см. *Излучение и прием* и *Диполь*). Общие вопросы устройства радиосетей изложены в ст. ст. *Антенна*, *Ввод в радиотехнике*, *Емкость антенны*, *Кардиоидные схемы*, *Метрампер*, *Бронзо-силициевая проволока*, *Направленное радио*. В статье *радиосеть* (см.) дана и классификация их по функциональным признакам. Об опорах для радиосетей см. *Мачта антенная*. Специальные виды передающих антенн рассмотрены в ст. ст. *Конденсаторная антенна*, *Замкнутая антенна*,

Табл. 3.—Позывные знаки и частота мощных ($P_A > 20$ kW) коротковолновых радиостанций (по состоянию к 1 июня 1933 г.).

Позывные знаки	Радиостанции	Частота в kHz	Позывные знаки	Радиостанции	Частота в kHz	Позывные знаки	Радиостанции	Частота в kHz
CFA	Дреммонд-вилль	6830	KYG	Каена Пойнт	16580; 16900; 22100; 22160	WDQ	Нью Брунсвик	5265
CGA	»	12093	LSR	Оливос	18930	WDS	Рокки Пойнт	18900
CJA	»	13315	LSS	»	13550			
FQE	Сент-Ассиз	12160	LST	»	9110	WDW	Нью Брунсвик	4545
FQO	» »	—	LSV	»	6730			
FTA	» »	11940	NAA	Арлингтон	17740	WEA	Рокки Пойнт	10610
FTE	» »	18250	NPM	Пирль-Гарбор	8090			
FTF	» »	7770				WEB	»	6935
FTH	» »	10940	NSS	Аннаполис	8030	WEC	Рокки Пойнт	8930
FTK	» »	15880	PCK	Коотвик	18400; 18405; 18410			
FTM	» »	19355	PCQ	»	18070	WED	»	10630
FTN	» »	12260	PCT	»	11500	WEF	»	9190
FTO	» »	18250	PCV	»	17795; 17800; 17805; 17810	WEG	»	7415
IRJ	Торренова	13210				WEJ	»	6710
IRM	»	12000	PDK	»	10410; 10415; 10420	WEL	»	8950
KAY	Манила	14980	PDQ	»	10990; 10995	WEM	»	7100
KAZ	»	9990	PDT	»	7350	WEN	»	7407,5
KBJ	»	13210	PDV	»	12050; 12055; 12060	WEO	»	6957,5
KBK	»	6380	PFF	»	20825; 20830; 20835	WER	»	6710
KDK	Кахуку	7520	PGA	»	7830; 7835; 7840	WES	»	9450
KEB	Болинас	6890; 7370	PGC	»	9375	WET	»	9470
KEE	»	7715	PGD	»	6020; 6025; 6030	WEU	»	5270
KEI	»	10620	PLD	Тжиминди Банденг	20200	WEV	»	6912,5
KEJ	»	9010				WEX	»	13150
KEL	»	6860	PLE	Малабар Банденг	18820; 18830; 18840	WEZ	»	6927,5
KEM	»	15490				WFX	»	18980
KEN	»	6845	PLF	»	17850	WGA	Гарден Сити	7130; 7437,5; 7445; 10930; 11850; 11875; 11890; 18820; 22660; 22700
KEQ	Кахуку	6890	PLG	»	10670; 10680; 10690; 15940; 15950; 15960			
KER	Болинас	10390						
KES	»	10110	PLJ	»	15060			
KET	»	9180	PLK	»	14480	WGT	Сан-Жуан	13705
KEZ	»	10400	PLL	»	13600	WGU	»	6852,5
KFS	Пало Альто	5525; 8690; 8980; 10170; 10820; 10890; 11050; 13060; 16580; 16980; 21580; 22100	PLM	»	12265	WHR	»	13420
			PLR	»	10630	WIA	Нью Брунсвик	(использует 91 частоту)
			PLS	Тжиминди Банденг	10365			
						WIK	»	13930
KGH	Хильсборо	4393; 4400,5; 4405; 4410; 4415; 5975; 5982,5; 5990; 7662,5; 7737,5; 7752,5; 8980; 10170; 10820; 10890; 13015; 17140	PLV	Малабар Банденг	9415; 9425	WIR	»	4540
						WIY	Рокки Пойнт	13870
			PLW	»	8125			
			PLX	»	26200	WIZ	»	6965
			PLY	»	24000	WJR	»	4276
			PLZ	»	23000	WJT	Сан-Жуан	4050
KGS	Каена Пойнт	7430; 7445; 10930; 14860; 14800; 18820; 22700	PMA	»	19335; 19315; 19355	WKC	Рокки Пойнт	13465
			PMB	»	20560; 20570; 20580			
			PMC	Тжиминди Банденг	18125; 18135; 18145	WKD	»	13435
						WKJ	»	9160
KIK	Болинас	5110	PMD	Малабар Банденг	7985; 7990; 8005	WKL	»	8940
KIO	Кахуку	11680				WKM	»	18860
KKH	»	7520	PME	»	7870	WKO	»	15970
KKL	Болинас	15475	PMF	»	7530	WKP	»	6950
KKP	Кахуку	16030	PMW	»	17630	WKQ	»	16000
KKQ	Болинас	11950	PMX	»	19060	WKU	»	14830
KKR	»	15460	PPX	Сепетиба	6682,5; 10325; 20840	WKW	»	19020
KKW	»	13780	PSA	Итагуахи	10760; 15070; 19070	WLL	»	17900
KKZ	»	13690	PSB	»	9560; 10220; 21080	WPE	»	13840
KLL	»	13720	PSC	»	7935; 14935; 18640	WQA	»	21220
KMM	»	20780	PSD	»	8185; 10120; 11690	WQB	»	17910
KNR	Клируотер	4396; 4400,5; 4405; 4410; 4415; 5975; 5982,5; 5990; 6815; 7662,5; 7337,5; 7752,5; 8980; 10170; 10820; 10890; 13015; 17140	RIM	Ташкент	7326; 12252	WQC	»	15010
			RKA	Москва	4435; 8700; 17750	WQD	»	18960
			RKB	»	7787; 7810; 15580	WQE	»	17860; 18920
			RKD	»	9500; 10367	WQF	»	17920
			RKE	»	5780; 6330; 8125	WQH	»	18880
			RKF	»	3125; 6880	WQJ	»	17880; 21240
KPH	Болинас	3120; 5525; 5545; 6370; 6500; 8390; 8440; 11050; 11160; 12550; 12730; 12735; 15580; 15700; 16880; 21725; 21940; 21980; 22100; 22325; 22425	RKL	Хабаровск	6666; 10323; 17380	WQL	»	14815
			RLL	Иркутск	9935; 18530	WQO	»	6725
			RME	Москва	6000	WQP	»	13900
			RRF	Ленинград	10295; 18010	WQQ	»	20250
			RRG	Хабаровск	10250; 17690	WQR	»	16015
			RSM	»	4273	WQS	»	13115
			RTA	Ташкент	14400	WQT	»	13885
KQC	»	18000	RTK	Москва	7225; 14250; 14450	WQU	»	13855
KQH	Кахуку	15985	WCC	Четем	3120; 5545; 6320; 6330; 8450; 11145; 11220; 12615; 16900; 21750; 21875; 22300	WQV	»	14800
KQJ	Болинас	18020				WQW	»	21300
KQR	»	18040				WQX	»	20180
KQZ	»	17980				WQY	»	20100
KRO	Кахуку	5845	WCG	Мерион	4188; 5525; 6455; 6470; 8430; 11050; 12580; 12640; 16580; 16740; 21860; 21900; 22100	WQZ	Сан-Жуан	15145
KSS	Болинас	20820				WSC	Теккертон	3120; 5525; 5550; 6340; 6350; 6485; 8350; 8370; 8430; 11050; 11175; 11185; 11205; 12520; 12670; 12675; 12820; 13050; 16580; 16780; 16860; 21700; 21740; 21780; 21820; 21900; 22100; 22350
KUN	»	18060						
KUW	Манила	9110						
KWE	Болинас	15130	WCG	Манила	10380			
KWT	Пало Альто	4396; 4400,5; 4405; 4410; 4415; 5975; 5982,5; 5990; 7632,5; 7737,5; 7752,5; 8850; 13015; 13750; 17140; 17680	WDA	Рокки Пойнт	6732,5			
			WDB	»	6717,5			
			WDC	Нью Брунсвик	14785			
			WDG	Рокки Пойнт	4535	WSL	Сейвилль	5525; 5675; 8670; 11050; 11350; 11480; 13060; 13580; 16900; 22100; 22700
KYG	Каена Пойнт	4116; 5525; 6515; 8630; 11020; 11050; 11080; 11140; 11200	WDK	Нью Брунсвик	5185			

Многократная антенна, *Многократный прием* в радиотехнике, многократная радиопередача, *Лучевая антенна*, *Короткие волны*, передающие антенны, *Ультракороткие волны*, *Радиомаяк*.

Распространение электромагнитной энергии [3, 4]. I. Длинные волны. Простейшая теория распространения излученных антенной электромагнитных волн (см. *Волны электромагнитные*) базировалась на следующих предположениях: 1) антенна-диполь перпендикулярна к поверхности земли, 2) земля—совершенный проводник, 3) поверхность ее — плоская. Напряженность (сила) электрич. поля, получающегося в любой точке пространства, рассчитана для этого случая М. Абрагамом [5] и Ф. Хакком [6]. Ценнек [7] впервые указал на необходимость принимать в расчет действительные параметры почвы, причем предложил для падения силы поля с расстоянием ф-ию вида

$$E = E_0 \cdot e^{-ad}, \qquad (1)$$

при этом поверхность земли предполагалась плоской. Общее математическое решение проблемы для любых свойств почвы дал А. Зоммерфельд [8,9]. Его теория предполагает антенну с квазистационарным (как в диполе Герца) током, причем размерами антенны можно пренебречь сравнительно с расстоянием. Если считать антенну расположенной в центре системы полярных координат r, φ и обозначить через z высоту над землей, то поле м. б. представлено ф-ией Π, удовлетворяющей диференциальному ур-ию

$$\Delta\Pi + k^2\Pi = 0, \qquad (2)$$

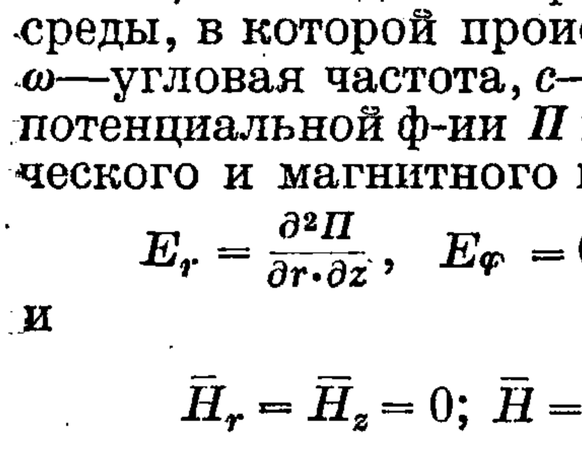
где $k^2 = \frac{\varepsilon\omega^2 + j\sigma\omega}{c^2}$, причем и для воздуха и для земли магнитная проницаемость μ принята равной 1; ε и σ—диэлектрич. коэф. и проводимость среды, в которой происходит распространение, ω—угловая частота, c—скорость света. Из этой потенциальной ф-ии Π напряженности электрического и магнитного полей определяются как

$$\left.\begin{aligned} E_r = \frac{\partial^2\Pi}{\partial r\cdot\partial z}, \quad E_\varphi = 0; \quad E_z = k^2\Pi + \frac{\partial^2\Pi}{\partial z^2} \\ \text{и} \\ \bar{H}_r = \bar{H}_z = 0; \; \bar{H} = \bar{H}_\varphi = -j\,\frac{\varepsilon\omega + j\sigma}{c}\,\frac{\partial\Pi}{\partial r} \end{aligned}\right\} \cdot (3)$$

Дальнейший анализ для точек вблизи поверхности земли ($z \cong 0$) показывает, что дальность зависит от величины $\varrho_{пр}$, названной Зоммерфельдом «численным» расстоянием:

$$\varrho_{пр} = \left| \frac{k_1^2}{k_2^2} \cdot \frac{k_1^2 - k_2^2}{k_2^2} \cdot \frac{k_1}{2} \right| \cdot r, \qquad (4)$$

причем индекс 1 относится к воздуху, а индекс 2—к земле. Отсылая за сложными выводами Зоммерфельда к первоисточнику [8,9], мы далее приводим новый вариант решений, почти столь же строгих, но значительно более простых, данный недавно ван-дер-Полем и К. Ф. Ниссеном [10, 11]: при предположении, что $\varepsilon_1 \cong 1$ и $\sigma_1 \cong 0$ (для воздуха) получается $k_1 = \frac{\omega}{c}$.



Фиг. 4.

Делая дальнейшую предпосылку, что $|k_2^4| \gg |k_1^4|$, что допустимо для $\lambda > 200$ *м* ($f < 1\,500$ kHz) над озелененной почвой, получаем для области *волновой зоны* (см.)

$$\Pi(r) = \frac{e^{jk_1 r}}{r} \cdot y(\varrho_{пр}), \qquad (5)$$

где $y(\varrho_{пр})$ определяется по кривой фиг. 4. Если ток проводимости значительно больше тока смещения, т. е., если почва не представляет собой очень плохого проводника и длина волны не слишком мала, что соответствует условию $\sigma_2 \gg \varepsilon_2\,\omega$, можно написать:

$$\varrho_{пр} = \frac{\pi \cdot 10^{-15}}{6 \cdot \sigma} \cdot \frac{r}{\lambda^2}.$$

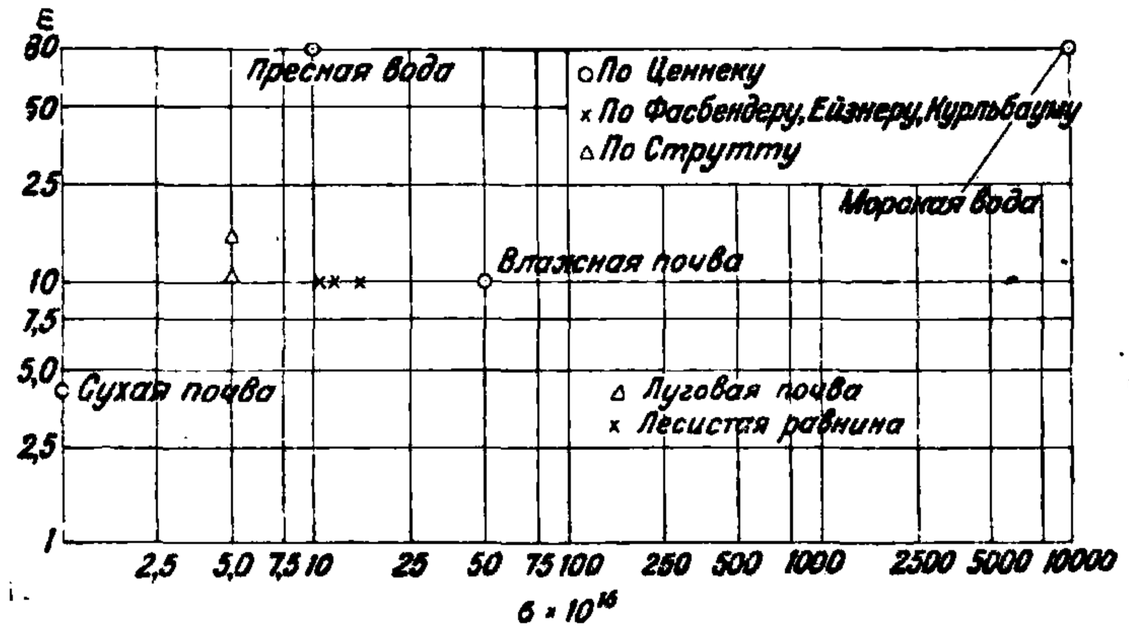
Предполагая далее, что $\frac{y(\varrho_{пр})}{r}$ мало изменяется сравнительно с $e^{jk_1 r}$, получаем окончательно

$$E_z = \bar{H} = k_1^2 \cdot \frac{e^{jk_1 r}}{r} \cdot y(\varrho_{пр})$$

или

$$|E_z| = |\bar{H}| = \frac{k_1^2}{r} \cdot |y(\varrho_{пр})|.$$

Экспериментально найденные рядом ученых [12, 13, 14] значения ε и σ для различных земных покровов даны на фиг. 5. Однако исследования



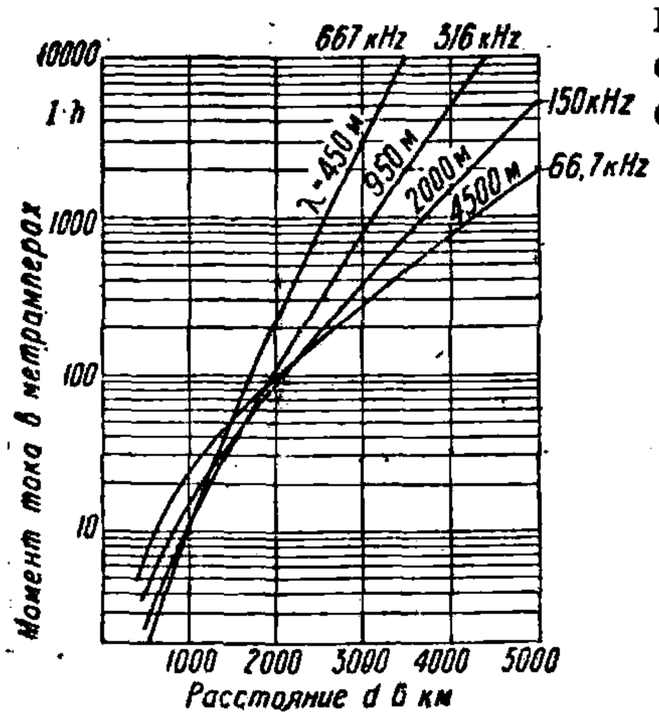
Фиг. 5.

последних 5—10 лет показывают, что при рассмотрении процессов распространения электромагнитных волн любой длины нельзя более вести расчет *напряженности* (см.) электрич. поля в месте приема, исходя только из свойств почвы. Даже при очень длинных волнах (ночью), а при более коротких и днем, часть энергии, воспринимаемой приемным устройством, получается из верхних слоев атмосферы. Именно только влиянием слоя Хевисайда м. б. объяснены вполне исчерпывающе следующие особенности, наблюдаемые при длинных волнах: 1) различие между дневной и ночной дальностью, 2) временные колебания силы принимаемого поля, 3) ошибки в пеленгации, 4) факт лучшего совпадения с измеренными значениями результатов расчета по ф-ле, учитывающей проводящий слой атмосферы. Из соответствующих теорий для случая длинных волн [15, 16, 17], вполне подтвержденных экспериментами, следует, что роль отраженной (небесной) волны (т. е. отраженной или преломленной в верхних слоях атмосферы) тем больше, чем короче волна. Для каждой длины волны существует определенное расстояние d, для к-рого вертикальная составляющая напряженности поля небесной волны равна таковой же земной (прямой) волны; при этом для более коротких расстояний доминирует земная волна, а для более дальних—небесная. Эпплтон и Ретклифф [18] нашли, что для $\lambda = 400$ *м* ($f = 750$ kHz) это расстояние $d = 160 \div 250$ *км*, а для $\lambda = 1\,600$ *м* ($f = 187{,}5$ kHz) $d = 600 \div 1\,000$ *км*. Для диапазона радиовещательных волн (см. *Несущая волна*) при расстояниях от 30 до 1 000 *км* амплитуда небесной волны не превышает трети прямой волны до тех пор, пока $d < 10^3\, y(\varrho_{пр})$, где $y(\varrho_{пр})$ находится по фиг. 4. Для практич. расчетов напряженности элек-

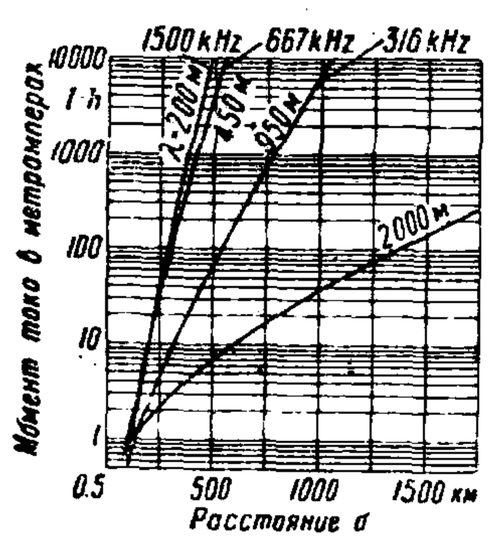
трич. поля E до сих пор наиболее распространенной является ф-ла Остина, подвергавшаяся многочисленным проверкам, гл. обр. в отношении коэф. поглощения a[3],

$$E = 10^3 \frac{0{,}12 \cdot \pi \cdot I \cdot h}{\lambda d} \cdot \sqrt{\frac{\vartheta}{\sin \vartheta}} \cdot e^{-\frac{ad}{\lambda^m}}, \qquad (6)$$

где E—напряженность поля в $\frac{\mu V}{м}$, I—сила тока в передающей антенне в А, h—действующая высота той же антенны, λ—длина волны, d—расстояние (все длины—в *км*), ϑ—геоцентрич. угол; общепринято для приближенных подсчетов $a = 0{,}0014$ и $m = 0{,}6$. В Т. в. ч. условия распространения электромагнитной волны в значительной степени определяют собой дальность действия радиостанции,—то расстояние, на к-ром при нормальных атмосферных условиях может поддерживаться эксплоатационно надежная радиосвязь. Эта дальность при заданной мощности передатчика зависит от следующих факторов: 1) от силы тока в передающей антенне, 2) от ее действующей высоты, 3) от выбора

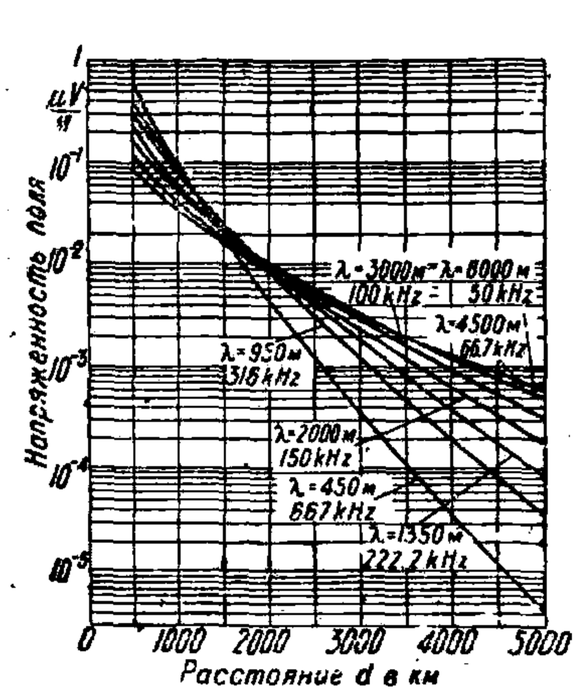


Фиг. 6.

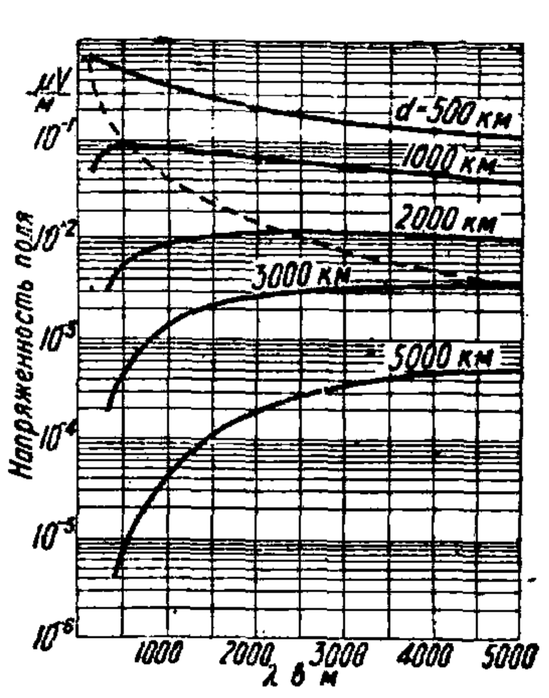


Фиг. 7.

рабочих волн, 4) от коэфициента поглощения, 5) от действующей высоты приемной антенны, 6) от чувствительности приемника, 7) от уровня радиопомех в месте приема, 8) от избирательности приемника, 9) от направленности антенн (передающей и приемной). При проектировании радиосвязи обычно принято задавать величину E в месте приема (о некоторых нормах для E см. *Напряженность*). Ряд приводимых графиков позволяет легко рассчитать: 1) величину момента тока передающей антенны в *метрампера́х* (см.), необходимую для получения $E = 1 \frac{\mu V}{м}$ в зависимости от расстояния и длины волны (фиг. 6—для моря, фиг. 7—для суши); 2) напряженность поля E

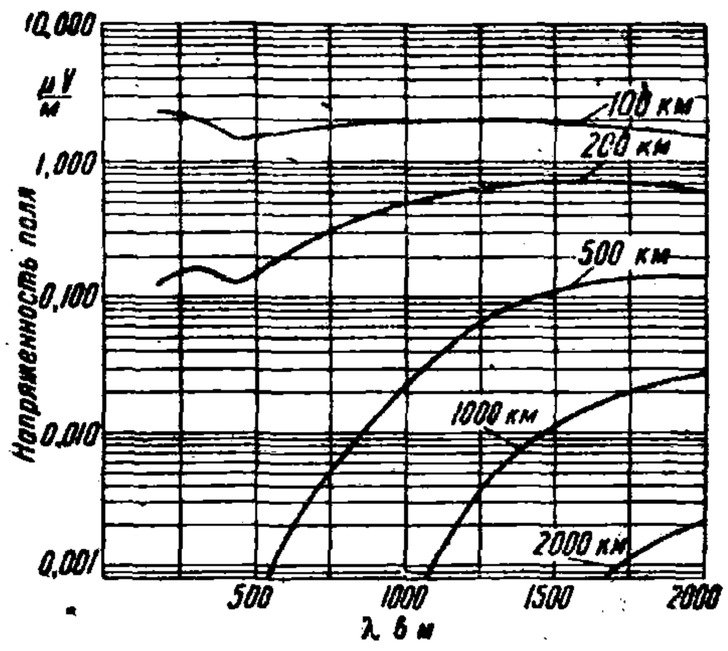


Фиг. 8.



Фиг. 9.

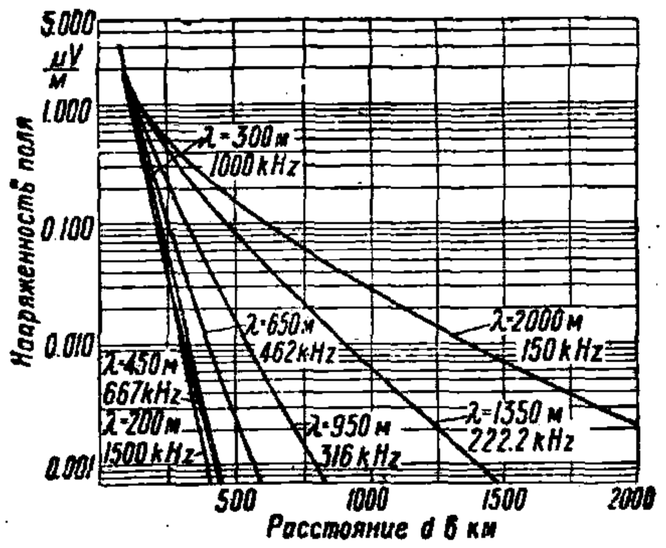
в месте приема на каждый метрампер в антенне передающей станции в зависимости от расстояния и длины волны (фиг. 8 и 9—для моря, фиг. 10 и 11—для суши); 3) дальность радиостанции при напряженности поля в месте приема $E = 1 \frac{\mu V}{м}$ в зависимости от длины волны для разных величин момента тока (фиг. 12—для моря, фиг. 13—для суши). Чтобы определить дальность передающей радиостанции, соответствующую силе поля в $m \frac{\mu V}{м}$, следует найти по графикам фиг. 6 или 7 абсциссу точки кривой, соответствующей рабочей волне, ордината к-рой (точки) равна $\frac{1}{m}$



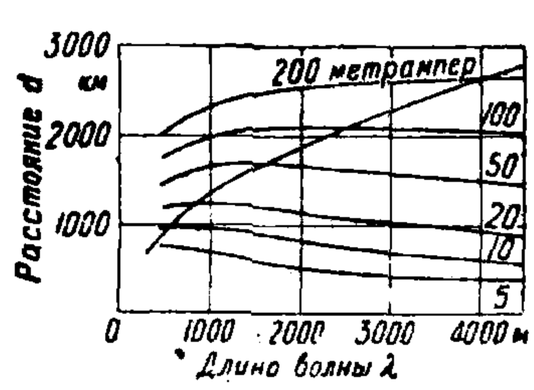
Фиг. 10.

метрампер; при работе с графиками, изображенными на фиг. 8—11, следует помнить, что в радиостанции с n метрамперами сила поля при равных расстояниях и длинах волн будет в n раз больше.

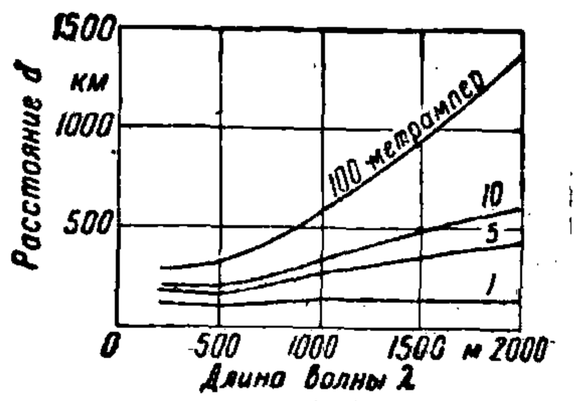
II. Короткие волны. Уже при первых же практических применениях в Т. в. ч. коротких волн было обнаружено, что измеренные напряженности поля получаются во много десятков раз бо́льшими тех значений, к-рые дает теория Зоммерфельда [8, 9], учитывающая только прямую волну. Это обстоятельство ясно показывает, что в этом диапазоне распространение волн вдоль земной поверхности не играет сколько-нибудь заметной роли, что волны следуют гл. обр. каким-то другим путем. Этот другой путь состоит в том, что энергия, излучаемая антенной вверх, распространяется в пространстве и возвращается



Фиг. 11.



Фиг. 12.



Фиг. 13.

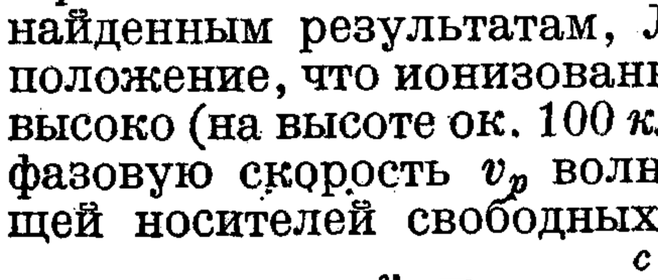
обратно к земле вследствие свойств лучепреломления, к-рыми обладает неоднородная атмосфера. Далее вкратце излагаются происходящие при этом процессы.

Дисперсия и абсорбция электромагнитной волны в ионизованной среде. В 1902 г., задолго до наступления в Т. в. ч. коротковолновой эры, О. Хевисайд [44] и А. Е. Кеннели [19] пришли к выводу, что высшие слои атмосферы оказывают значительное влияние на распространение волн. Тогда же были сделаны первые расчеты—предположения об электрич. состоянии верхних слоев атмосферы. В 1912 г. появилась работа Эккльса [20], проследившего в численных выражениях влия-

ние состояния ионизации атмосферы на распространение волн. Эккльс при этом указал, что существование свободных ионов в атмосфере приводит к уменьшению величины диэлектрич. коэф. такой среды до значений <1; этим соответственно обусловливается увеличение скорости распространения (точнее фазовой скорости) электромагнитных волн. Если принять далее, что с увеличением высоты возрастает и ионная концентрация, то получается постепенное искривление луча, могущее соответствовать кривизне земли. На сделанном им предположении о меняющихся вместе с высотой над поверхностью земли показателях преломления базируются все дальнейшие работы в этой области. В 1924 г. Дж. Лэрмор [21] дал расчет затухания и скорости распространения электромагнитных волн при их распространении в ионизованной атмосфере. Затухание обусловливается тем, что носители электрических зарядов (ионы или электроны), приведенные в движение под влиянием поля волн, претерпевают столкновения с газовыми молекулами атмосферы. Какого-либо заметного поглощения излученной энергии не наблюдается при соблюдении лишь следующих двух условий: 1) если амплитуда колебаний (ионов или электронов), вызываемых влиянием поля волн, мала сравнительно со средней длиной свободного пути этих носителей зарядов, 2) если продолжительность периода таких колебаний невелика сравнительно со временем, требующимся для пробега этими носителями средней длины свободного пути. Для получения из своей теории тех значений поглощения, к-рые соответствовали бы экспериментально найденным результатам, Лэрмор сделал предположение, что ионизованные слои лежат очень высоко (на высоте ок. 100 *км*). Лэрмор вычислил фазовую скорость v_p волны в среде, содержащей носителей свободных зарядов,

$$v_p = \frac{c}{\sqrt{1 - \frac{Ne^2}{c^2 \cdot \pi m} \cdot \lambda^2}}, \qquad (7)$$

где N—число носителей в 1 $см^3$, e и m—заряд и масса одного носителя и λ—длина волны электромагнитного излучения. Из этого уравнения следует, что достаточно предположить совсем незначительное повышение концентрации этих носителей зарядов, чтобы получить искривление луча, соответствующее кривизне земли; так напр., для $\lambda = 1\,000$ *м* ($f = 300$ kHz) уже достаточно того, чтобы на высоте 100 *км* в 1 $см^3$ содержалось на 0,3 электронов или на 500 водородных ионов более, чем вблизи земной поверхности. Кроме фазовой скорости v_p при распространении в ионизованной среде встречается еще другая скорость, также отличная от скорости света c,—именно групповая [22] скорость v_g. Эта последняя возникает в том случае, если рассматривать как одно целое группу волн высокой частоты, образующую самый короткий посылаемый сигнал; она м. б. вычислена, если разделить длину пути D_g на соответствующую величину времени. На фиг. 14 для пояснения представлены схематически два положения волновой группы для двух различных моментов времени. Фазовая скорость соответствует одиночной высокочастотной волне, напр. гребню X; при распространении в ионизованной среде первые волны a, b, c теряют энергию,



Фиг. 14.

т. к. они приводят в колебание встречающиеся ионы или электроны. Эта энергия, поскольку она не расходуется в столкновениях носителей зарядов с молекулами, имеет стремление поддержать волновой процесс. Вследствие этого при распространении такой волновой группы ее находящаяся впереди часть постоянно ослабевает, а находящаяся позади часть—удлиняется; т. о. волновой гребень X относительно своего порядка в группе передвигается вперед. Фазовая скорость v_p получается путем деления длины пути D_p, к-рый разделяет положение этого волнового гребня в два рассмотренных момента времени, на время, протекшее между последними. Ясно, что v_p всегда больше v_g. Если обозначить $\frac{4\pi Ne^2}{m\omega^2}$ через γ, то

$$v_g = c\sqrt{1-\gamma} \quad \text{и} \quad v_p = \frac{c}{\sqrt{1-\gamma}}.$$

Влияние магнитного поля на процесс распространения. Эпплтон и Барнетт учли в своих работах (1925 г.) [23, 24] влияние земного магнитного поля; при этом они получили для v_p выражение

$$v_p = \frac{c}{\sqrt{\frac{1-\frac{4\pi Ne^2}{m\omega^2}}{1 \pm \frac{eH_3\omega}{m\omega^2}}}}, \qquad (8)$$

где H_3—напряженность земного магнитного поля. Отсюда следует наличие существования резонансной длины волны, для к-рой

$$m\omega^2 = e \cdot H_3 \cdot \omega. \qquad (9)$$

Этот случай вполне возможен, если носителями зарядов являются электроны; в случае же ионов соответствующая «критическая длина волны» м. б. только при таких волнах, к-рые лежат далеко за пределами диапазона, используемого в Т. в. ч. Появившаяся в том же году работа Никольса и Шелленга [25] независимо от Эпплтона приводит к тем же выводам и конкретизирует их дальше. Именно она разъяснила факт очень плохого прохождения днем волн в диапазоне 200÷300 *м* (1 500÷1 000 kHz), т. к. расчет дает критич. значение ω_0 из (9),

$$\omega_0 = \frac{e}{m} \cdot H_3, \qquad (10)$$

что для $H_3 = 0{,}5$ CGS соответствует (при электронах — носителях зарядов) $\lambda_0 = 214$ *м* ($f = 1\,400$ kHz). Значение этой резонансной длины волны заключается прежде всего в том, что при ней амплитуды колебаний электронов очень сильно возрастают до величин, к-рыми уже нельзя пренебречь по сравнению с длиной свободного пути; поэтому в диапазоне, близком к этой длине волны, наступает сильное избирательное поглощение, влекущее за собой заметное падение дальности радиосвязи. Ряд других ученых [26, 27, 28, 29] исследовал особенности коротких волн (10÷100 *м*) и причины сильного искривления под влиянием ионизации лучей таких волн, не соответствовавшего выводам ф-лы (8). Тэйлор и Халберт ввели в расчет λ_0 и получили дисперсионное ур-ие в виде

$$v_p = \frac{c}{\sqrt{1-\frac{A\lambda^2}{1-\lambda/\lambda_0}}}, \qquad (11)$$

где $A = \frac{Ne^2}{c^2\pi m}$ и $\lambda_0 = \frac{2\pi cm}{eH_3} = 214$ *м*. При дальнейших расчетах отказались от предположения о постепенном загибании лучей и ввели такую предпосылку, — ионизующий слой резко ограничен снизу, причем на пограничной поверхности происходит полное отражение. Для этого случая можно из ур-ия (11), исходя из

предельного угла полного отражения и из геометрических зависимостей, вывести ур-ие, определяющее расстояние «прыжка» $2s$ в ф-ии от A (т. е. N), λ и h (высоты нижнего пограничного слоя).* Неизвестные величины A (т. е. N) и h находятся путем подстановки в это ур-ие экспериментально найденных величин $2s$ для двух значений λ (напр. 16 и 40 *м*); т. о. вычислено: $N=3{,}95\cdot10^5$, $A=3{,}54\cdot10^{-8}$ и $h=245$ *км*. На фиг. 15 приведена кривая, рассчитанная [28, 29] при этих предположениях. Точки, отмеченные прямоугольниками, представляют экспериментально найденные величины $2s$ (две точки—для $\lambda=16$ и 40 *м*—были использованы для определения N и h); положение на кривой других двух точек показывает хорошее совпадение теоретических и экспериментальных результатов.



Фиг. 15.

Высота слоя и ионная концентрация. Особенности распространения коротких волн, т. е. образование *зон молчания* (см.) и *замираний* (см.), можно объяснить и не принимая во внимание земного магнитного поля. Не останавливаясь на работах Бэкера и Райса [30], приведем лишь основные выводы теории Лассена [31, 32], базирующейся на предположении, что ионизация верхних слоев атмосферы обязана исключительно ультрафиолетовым солнечным лучам и что в этом случае можно считать ионизацию и поглощение солнечного излучения в атмосфере взаимно пропорциональными процессами. Это приводит к ур-ию

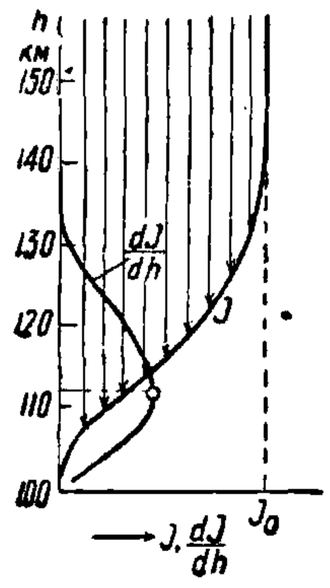
$$\frac{dJ}{dh}=aJ=a_0e^{-bh}\cdot J, \qquad (12)$$

где J—напряженность ультрафиолетового излучения, h—высота слоя над землей, a—относительная способность газа к поглощению, a_0—то же для земной почвы и b—коэф., учитывающий падение давления с высотой. Ур-ие (12) показывает максимум при

$$h=\frac{1}{b}\ln\frac{a_0}{b},$$

что для $a_0=2{,}7$ и $b=1{,}3\cdot10^{-6}$ соответствует $h=112$ *км* (фиг. 16); и выше и ниже этой высоты ионизация атмосферы сильно падает, так что слой по этим предположениям активен только в полосе толщиной ок. 30 *км*. Для определения концентрации носителей зарядов N_m в пункте наиболее сильной ионизации Лассен исходит из ур-ия (8) и вычисляет показатель преломления

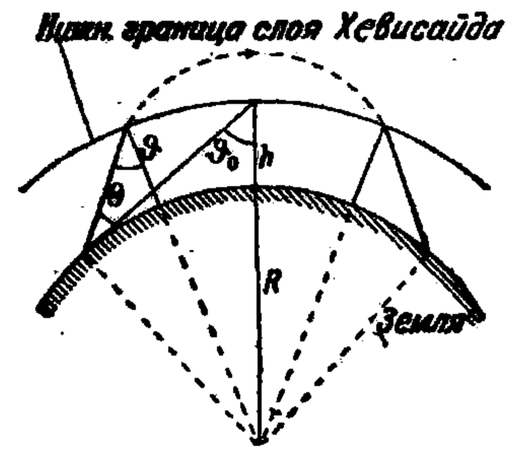
$$n=1-\frac{Ne^2}{2\pi mc^2}\cdot\lambda^2. \qquad (13)$$



Фиг. 16.

Для определения из этого ур-ия величины N_m Лассен вводит пограничную волну $\lambda=14$ *м* ($f=21\,000$ kHz), загибающуюся еще к земле при полном дневном освещении. Для этой волны $n=\sin\vartheta_0$ (предельный угол полного отражения), причем угол падения ϑ_0 соответствует (фиг. 17) лучу, оставляющему землю по касательной ($\theta_0=0°$). Тогда, если считать, что $\lambda=14$ *м* соответствует $\theta_0=0°$, получается значение $N_m=4\cdot10^8$, если носителями являются водородные ионы. При расчете уменьшения ионной концентрации ночью, т. е. после прекращения солнечного облучения, вводится коэффициент рекомбинации β. Если N_m—начальная концентрация для времени $t=0$, то для числа N_t пар носителей, содержащихся в 1 *см*³, через t ск. после захода солнца имеем

$$N_t=\frac{N_m}{1+\beta N_m t}.$$

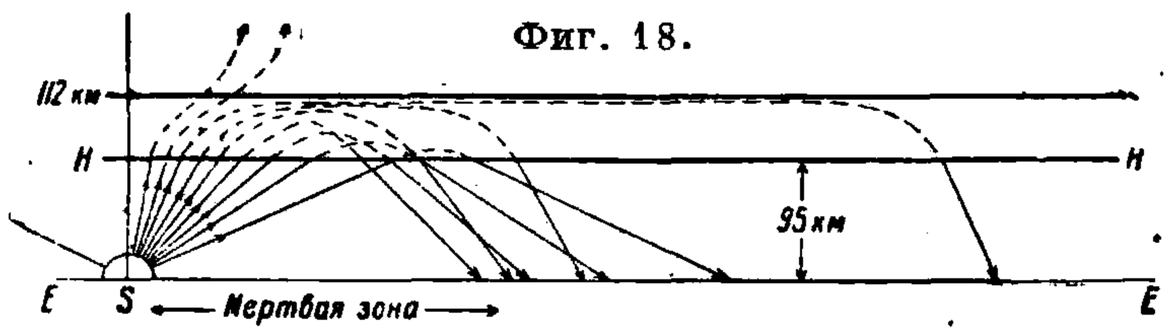


Фиг. 17.

Отсюда получается для $\beta=2{,}2\cdot10^{-13}$ и $t=4{,}3\cdot10^4$ ск. (соответствует 12 час. ночи) величина $N_t=8{,}5\cdot10^7$; таким образом в течение ночи ионизация падает лишь на 20% от своего максимального дневного значения. Лассен рассчитал для каждой волны предельный угол полного отражения $\vartheta_{пред.}$ и соответствующий угол возвышения $\theta_{пред.}$, под к-рым луч оставляет землю; значение этих углов видно из следующих данных:

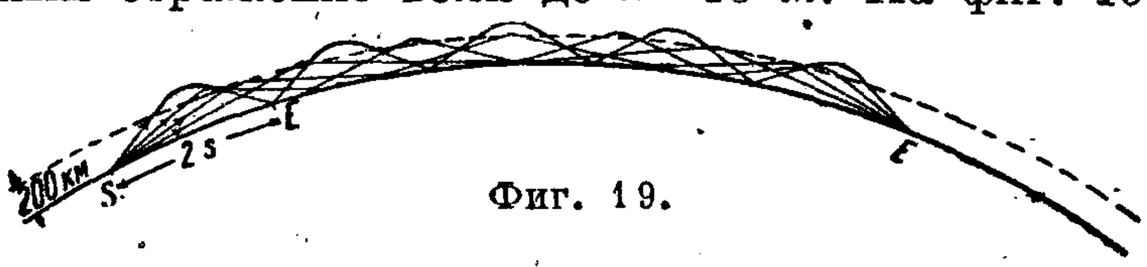
λ в *м*	f в kHz	$\vartheta_{пред.}$ в°	$\theta_{пред.}$ в°
14	21 400	80	0
20	15 000	73	13
30	10 000	65	22
40	7 500	56	32
60	5 000	33	56
70	4 300	11	79
80	3 750	—	—

Угол $\theta_{пред.}$ замечателен тем, что все лучи, выходящие из антенны под бóльшим, чем $\theta_{пред.}$, углом, не возвращаются к поверхности земли. Т. о. волны порядка 20 *м*, обычно используемые для перекрытия днем очень больших расстояний, должны излучаться очень полого, что и имеет место на практике. Общее представление о процессе распространения короткой волны по теории Лассена дает фиг. 18. Хотя эта схема и является идеализированной (земная поверхность EE и нижняя граница слоя Хевисайда HH представлены плоскими), однако на ней ясно интерпретируются: влияние угла, под которым происходит излучение, процесс передачи энергии на большие расстояния и образование мертвых зон. В последнее время Лассен и Ферстерлинг [33] весьма значительно расширили свою первоначальную теорию. Они приходят к допущению двух ионизованных слоев: нижнего на высоте 100÷150 *км*, образующегося вследствие ионизации азотно-кислородной атмосферы, и верхнего—на высоте 200÷800 *км*, получающегося вследствие ионизации водородной атмосферы. Внутри этих слоев ионная и электронная концентрация постоянно меняется и имеет один максимум, лежащий для нижнего слоя на высоте около 120 *км*, а для верхнего на высоте около 400 *км*. Короткие волны, используемые в Т. в. ч. для сверхдальней (например трансокеанской) радиосвязи, проникают как правило через нижний слой и отражаются только от верхнего слоя. Влияние нижнего слоя на распространение волн состоит гл. обр. в том, что им обусловливается затухание пронизывающих его волн. Сверхдальние радиосвязи короткими волнами происходят по всей

Фиг. 18.


* Прыжок $2s$ — расстояние по земле SE (фиг. 19) между двумя последовательными пунктами касания волной земной поверхности.

вероятности путем зигзагообразного отражения волн между землей и слоем Хевисайда. Впрочем возможен и длинный путь волн внутри слоя Хевисайда, но в этом случае на больших расстояниях получается значительно меньшая напряженность поля. Нижний слой в состоянии отражать и более длинные волны. При горизонтальном излучении днем оказывается возможным отражение волн до $\lambda = 18$ *м*. На фиг. 19

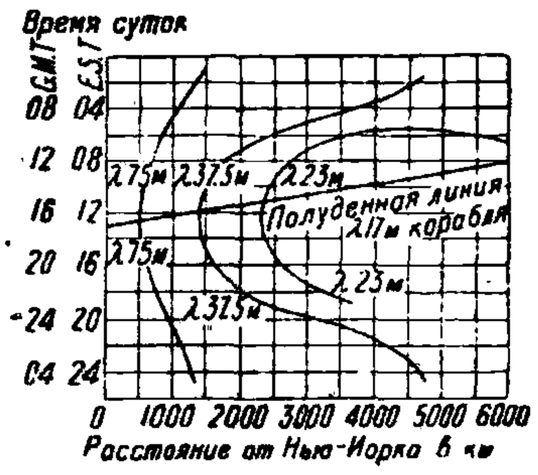


Фиг. 19.

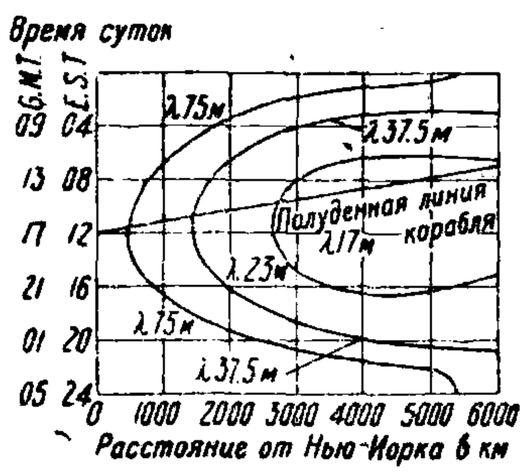
изображен в правильном (1 : 40 000 000) относительно земного радиуса масштабе процесс зигзагообразного отражения для расстояния до 5 500 *км* при $\lambda = 22$ *м*; приемная антенна получает последовательно один за другим 4 сигнала.

Все приведенные выше теоретич. соображения далеко не исчерпывают вопроса о распространении электромагнитной энергии. Указанные теории лишь являются примером того, в каком направлении приходится работать науке, чтобы добиться решения этого труднейшего вопроса. О чрезвычайной важности для всех областей Т. в. ч. познания этой проблемы можно судить уже потому, что именно ей посвящена наибольшая часть и теоретич. и экспериментальных трудов; одна библиография по ним составляет отдельные книги [31, 45].

Распространение коротких волн. В виду отсутствия как единой, общепринятой теории распространения коротких волн, так и формул для расчета напряженности поля таких волн особо важное значение приобретают годами собиравшиеся экспериментальные данные по передаче и приему коротких волн в различ-

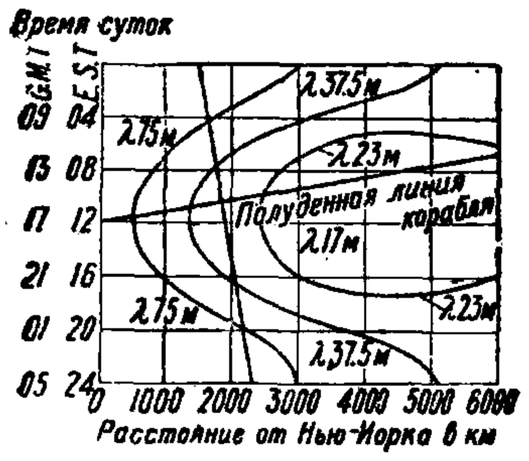


Фиг. 20.

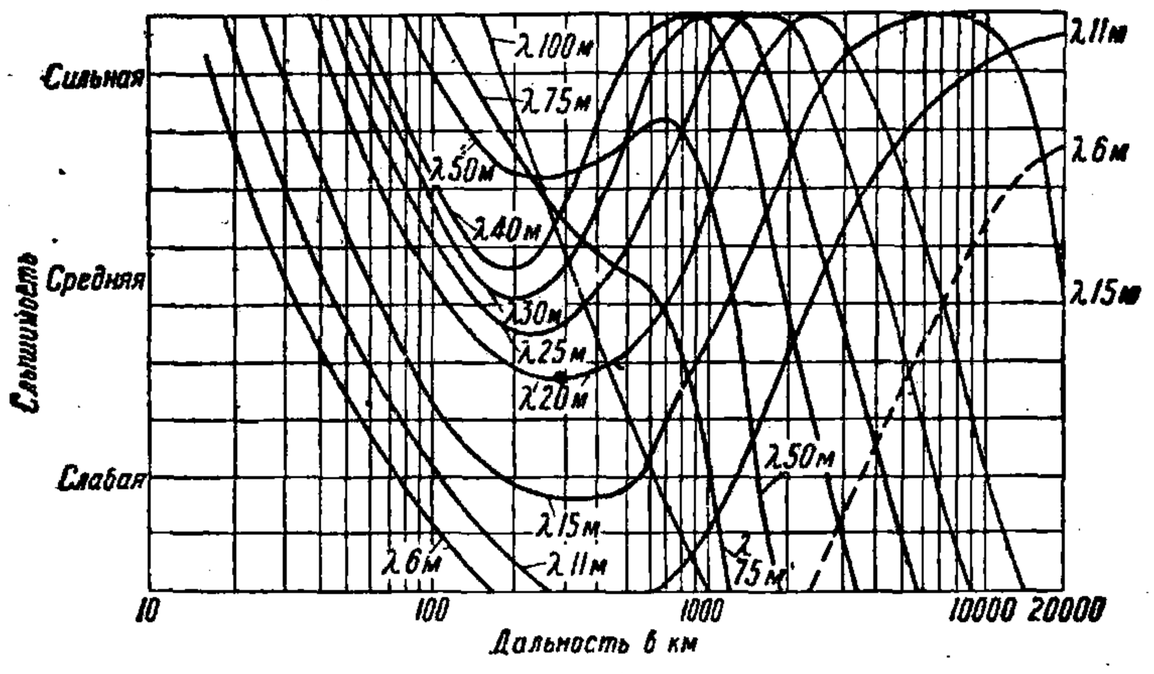


Фиг. 21.

ных условиях. В этом диапазоне электромагнитных колебаний правильный выбор длины рабочей волны, дающей наилучшую проходимость в заданной обстановке, играет бо́льшую несомненно роль, чем величина мощности в антенне передающей радиостанции. Практическое значение для пользования при расчетах и эксплоатации эти данные наблюдений приобретают особенно тогда, когда выводы их суммированы в виде графиков или эмпирич. ф-л. В Т. в. ч. для расчетов наивыгоднейшей для связи длины волны приносят большую пользу 5 графиков. Первый из них, основанный на наблюдениях в течение нескольких лет шести американских правительственных и промышленных организаций для случая мощности в 1 kW в передающей антенне и приемника средней чувствительности при телеграфной связи незатухающими колебаниями, приведен на фиг. 4 ст. *Короткие волны* (см.). Второй график [35] в виде серий кривых (фиг. 20—22) отражает практику телефонной связи между судовой и береговой радиостанциями на трансатлантич. линиях. По этим кривым можно определить наиболее подходящую рабочую волну для каждого положения судна и для каждого момента времени в его рейсе; три серии кривых действительны: фиг. 20—для летнего периода (с мая по август), фиг. 21—для зимы (с ноября по февраль) и фиг. 22—для весеннего и осеннего сезонов (март, апрель, сентябрь, октябрь). Способ пользования этим графиком ясен из фиг. 22, на которой показан в виде прямой путь, проходимый судном в течение 24 час. Как видно, корабль в течение суток проходит через различные волновые зоны, а именно (*E. S. T.*—т. е. время 75° меридиана к западу от Гринича, *G. M. T.*—среднее гринического время): от 0 до 4 ч. 15 мин. наивыгоднейшая $\lambda = 75$ *м* ($f = 4\,000$ kHz), от 4 ч. 15 мин. до

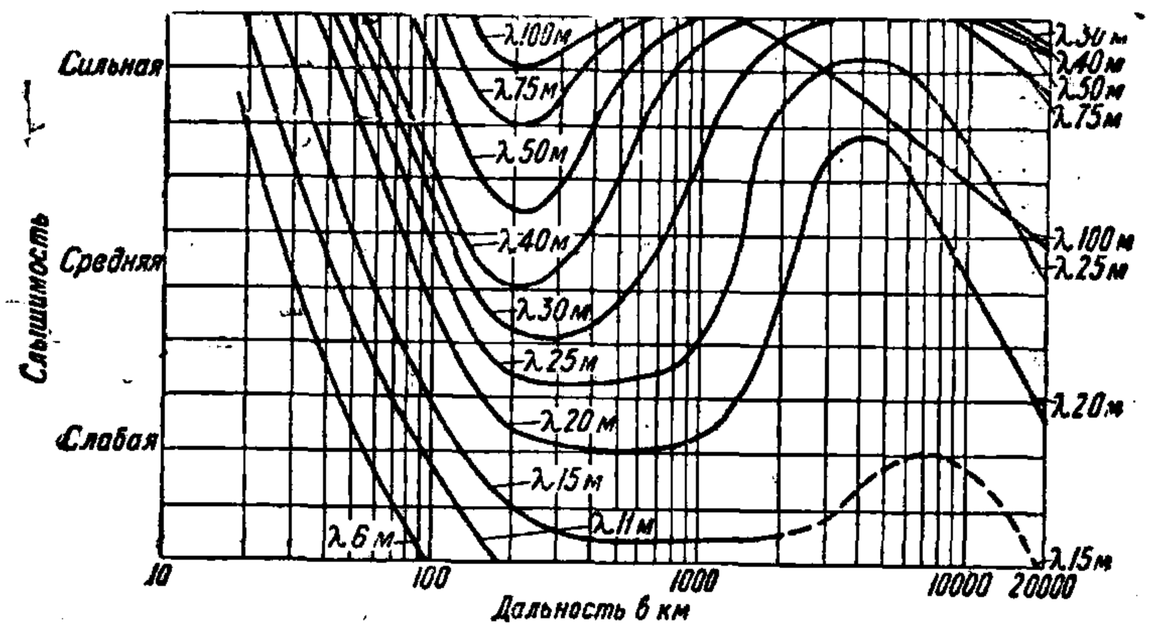


Фиг. 22.



Фиг. 23.

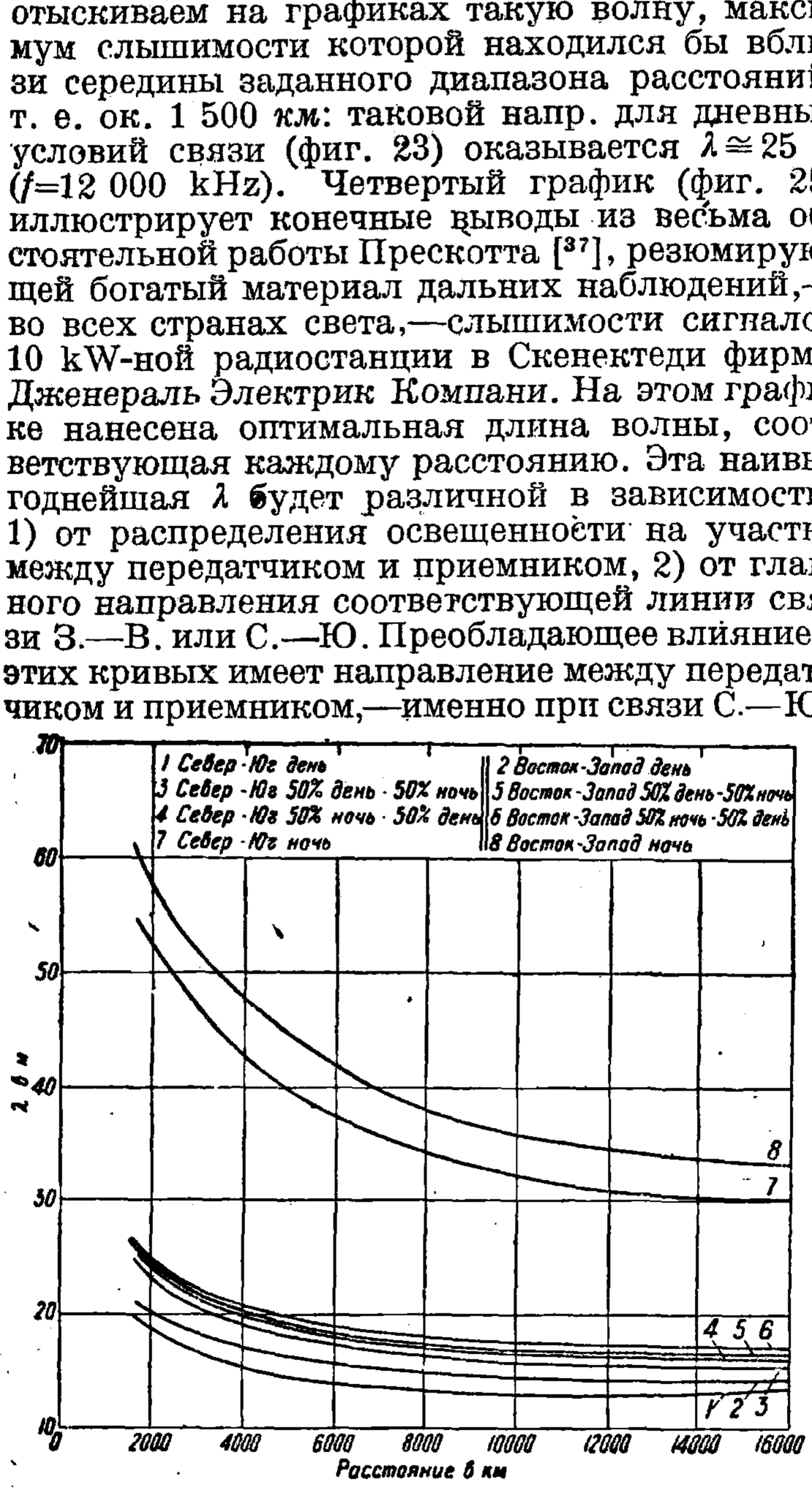
7 ч. 45 м.—$\lambda = 37.5$ *м* ($f = 8\,000$ kHz), от 7 ч. 45 мин. до 16 ч. 30 мин.—$\lambda = 23$ *м* ($f = 13\,000$ kHz), от 16 ч. 30 мин. до 20 ч.—$\lambda = 37{,}5$ *м* ($f = 8\,000$ kHz), от 20 ч. до 24 ч.—$\lambda = 75$ *м* ($f = 4\,000$ kHz). На всех трех сериях кривых нанесена полуденная линия судна, на котором местное время при возрастающем расстоянии от береговой радиостанции сдвигается относительно последней. Поэтому кривые наивыгоднейших волн лежат несимметрично относительно середины графиков и смещены кверху вместе с возрастающим расстоянием. В целях простоты настройки при эксплоатации используются только четыре фиксированные волны (так же как и в передатчике 1—15 kW), которые указаны на всех графиках. Третий график на фиг. 23—24 суммирует



Фиг. 24.

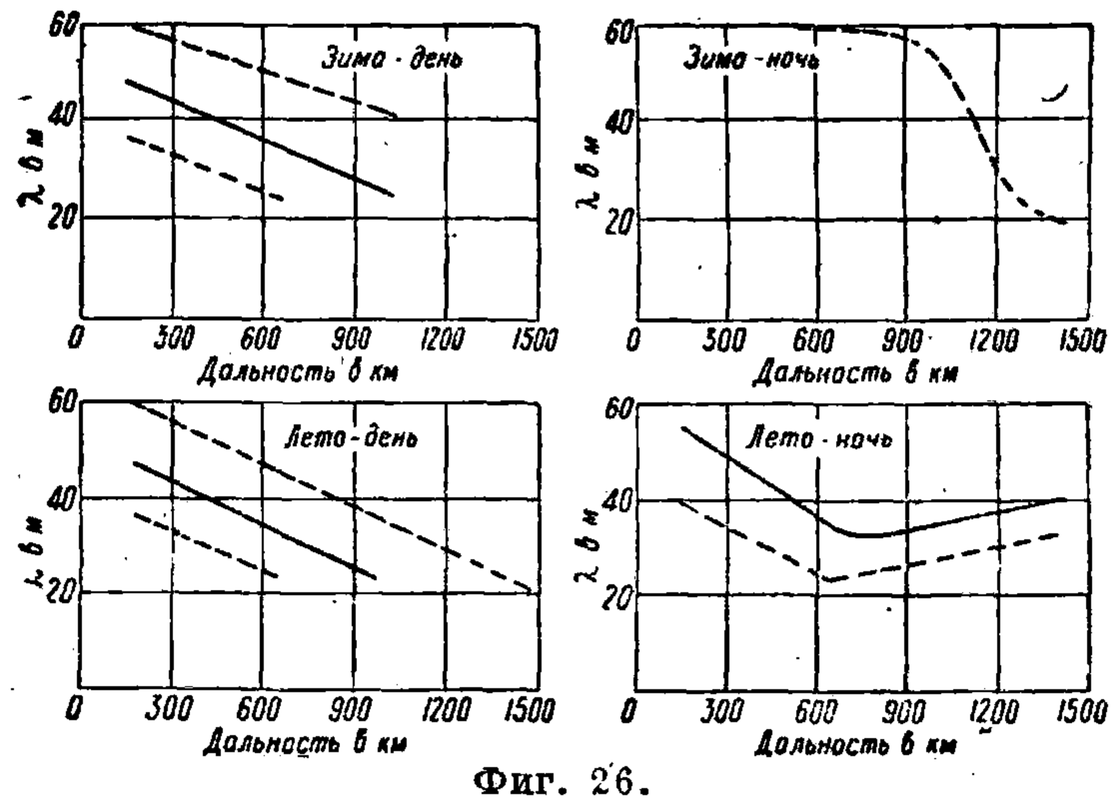
многолетние англ. наблюдения (фирмы Маркони в Чельмсдорфе) и заимствован из работы Доусетта [36]. На этих фигурах нанесена сила сигналов в ф-ии расстояния для различных длин волн, причем предполагается мощность

передатчика в 10 kW; фиг. 23 соответствует условиям полной освещенности, а фиг. 24—полной темноты на всем пространстве между передатчиком и приемником. Из фигур ясно видны зоны ослабления приема, к-рые превращаются в зоны молчания только днем, при волнах короче 15 *м* ($f > 20\,000$ kHz). Пунктирные линии не выведены из опытных данных, а лишь экстраполированы. Для примера: пусть потребуется перекрыть расстояния 1 000÷2 000 *км*; отыскиваем на графиках такую волну, максимум слышимости которой находился бы вблизи середины заданного диапазона расстояний, т. е. ок. 1 500 *км*: таковой напр. для дневных условий связи (фиг. 23) оказывается $\lambda \cong 25$ *м* (f=12 000 kHz). Четвертый график (фиг. 25) иллюстрирует конечные выводы из весьма обстоятельной работы Прескотта [37], резюмирующей богатый материал дальних наблюдений,—во всех странах света,—слышимости сигналов 10 kW-ной радиостанции в Скенектеди фирмы Дженераль Электрик Компани. На этом графике нанесена оптимальная длина волны, соответствующая каждому расстоянию. Эта наивыгоднейшая λ будет различной в зависимости: 1) от распределения освещенности на участке между передатчиком и приемником, 2) от главного направления соответствующей линии связи З.—В. или С.—Ю. Преобладающее влияние в этих кривых имеет направление между передатчиком и приемником,—именно при связи С.—Ю.



Фиг. 25.

следует применять более короткую волну, чем при связи по направлению В.—З. Это объясняется (автором) не действием земного магнитного поля, а влиянием распределения освещенности: при связи по параллелям периоды времени одновременной освещенности и на передатчике и на приемнике, находящихся на больших расстояниях друг от друга, всегда бывают сравнительно короткими, в то время как эти же периоды времени при связи по меридианам всегда бывают очень длительными. Вследствие этого при связи по параллелям в общем не весь участок передачи подвергается сильному солнечному облучению, а при связи по меридианам весьма часто имеет место такая сильная ионизация всего пространства между передатчиком и приемником. По фиг. 25 возможно выбрать наивыгоднейшую волну в ф-ии расстояния для дальней связи; кривая *1* соответствует связи по меридианам днем; кривая *2*—связи по параллелям днем; кривая *3*—связи по меридианам для времени суток, включающего 50% дня и



Фиг. 26.

50% ночи; кривая *5*—связи по параллелям для того же времени суток; кривая *4*—связи по меридианам для времени суток, включающего 50% ночи и 50% дня; кривая *6*—связи по параллелям для того же времени суток; кривая *7*—связи по меридианам ночью и кривая *8*—связи по параллелям ночью. Пятый график (фиг. 26) суммирует опыт английских военных радиостанций в Китае в 1927/28 г. [38]; применявшиеся радиостанции имели диапазон волн 20÷60 *м* ($f = 15\,000 \div 5\,000$ kHz), передатчики были с первичной мощностью 100÷300 W и перекрывали расстояния от 100 до 1 800 *км*. Представленные на фиг. 26 графики дают наивыгоднейшую полосу волн в ф-ии расстояния для ближней связи для четырех случаев передачи: зимой днем, зимой ночью, летом днем и летом ночью. На каждом из графиков нанесены: сплошной линией наивыгоднейшая волна, а пунктирными линиями — верхний и нижний пределы длин волн, допускающих установление еще достаточной радиосвязи. Обращает на себя внимание то обстоятельство, что дневные волны для лета и зимы весьма мало отличаются одна от другой; т. о. Идс [38] пришел к выводу, что для случая дневной передачи связь между наивыгоднейшей волной и расстоянием м. б. представлена линейным ур-ием

$$\lambda = 0{,}029\,(1{,}800 - d),$$

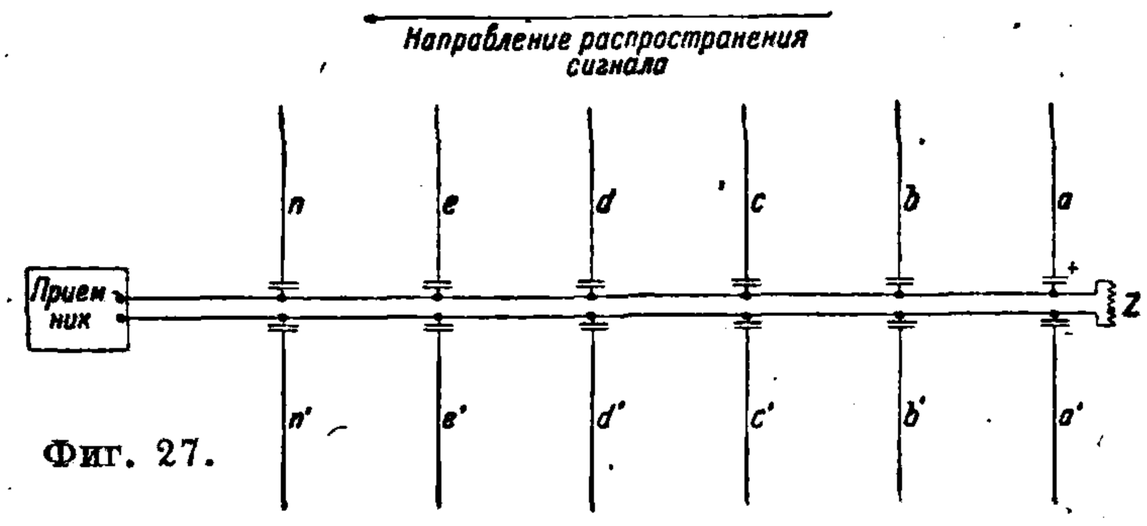
причем d—в *км*, а λ—в *м*. При этом мощность передатчика не влияет на значения сплошной линии; она определяет лишь расстояние между обеими штриховыми линиями,—именно повышению мощности соответствует расширение допустимой полосы волн. Для времени, соответствующего темноте, верхней пограничной волны не было найдено; если таковая вообще и существует, то она лежит выше $\lambda = 60$ *м* ($f < 5\,000$ kHz).

III. Ультракороткие волны. О распространении ультракоротких волн см. *Ультракороткие волны*. Обобщенная теория распространения всех вышеперечисленных категорий электромагнитных волн, а также расчетные формулы напряженности поля их см. *Электромагнитное поле*.

Прием электромагнитных волн [46]. I. Антенны. В Т. в. ч. почти всегда (за исключением лабораторных измерений и других очень немногих случаев) энергия распространяющихся волн извлекается из электромагнитного поля последних в целях дальнейшего преобразова-

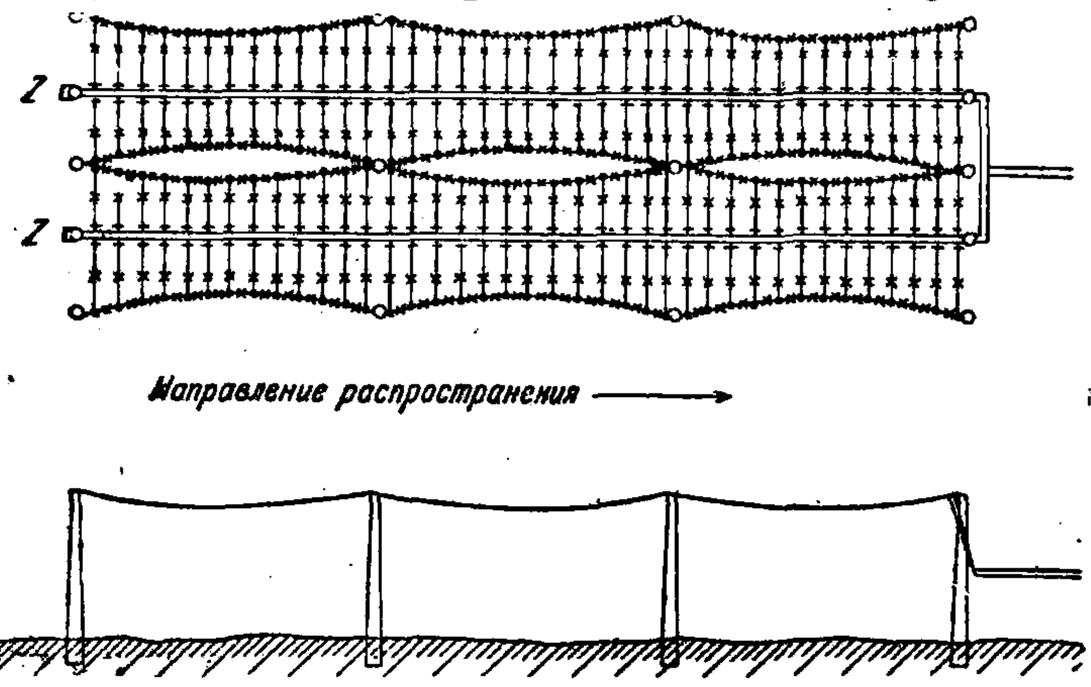
ния ее в радиоприемнике с помощью п р и е м н ы х антенн. Физич. представление о процессе приема электромагнитных волн, расчет напряжения, получающегося в приемной антенне, максимальной захваченной ею энергии и баланс последней в приемной антенне см. *Излучение и прием*. Приемные антенны разделяются: 1) по конфигурации—на открытые и замкнутые (сравнение их см. *Замкнутая антенна*); 2) по колебательной характеристике—на резонансные и апериодические; 3) по назначению—на антенны для профессионального приема и антенны для приема радиовещания (радиолюбительские, вернее радиослушательские). Открытые антенны используются при приеме всех назначений коротких волн и для радиовещательного приема длинных волн; замкнутые виды антенн применяются гл. обр. при профессиональном приеме, в частности при *многократном приеме* (см.), в форме *гониометров* (см.), *рамок* (см.), контурных антенн (см. *Замкнутая антенна*); см. также *Кардиоидные схемы*. При радиовещательном приеме наряду с открытыми наружными антеннами разных форм широко используются также *комнатные антенны* (см.) и *суррогатные антенны* (см.). В приемных антеннах открытого типа в качестве эквивалента второй половины *диполя* (см.) *заземление* (см.) применяется значительно чаще, чем *противовес* (см.); последний более всего встречается в военных радиостанциях и вообще передвижных, работающих с радиосетью открытого типа; при установках приемных антенн часто применяется *грозовой переключатель* (см.); см. также *Громоотвод* в р а д и о т е х н и к е.

Особую, отличную от всех поименованных категорию составляет *волновая антенна* (см.),



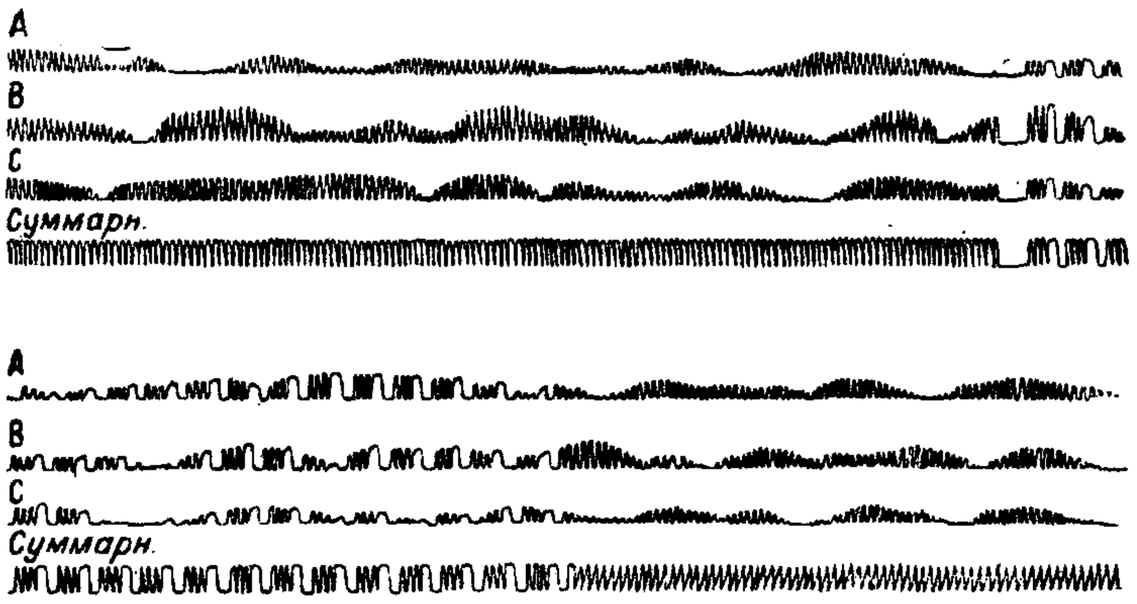
Фиг. 27.

широко применяемая, особенно в Америке, для целей профессионального, гл. обр. многократного, приема как для длинноволнового, так и коротковолнового. Эта антенна, предложенная Бевереджем, в своем коротковолновом варианте [39] представляет собой системы горизонтальных диполей aa', bb', cc'... (фиг. 27), питающих пару параллельных проводников. Последние составляют линию канализации тока радиочастоты и замкнуты, так же как и волновая антенна для длинных волн, на сопротивление, равное волновому сопротивлению линии $\left(Z=\sqrt{\frac{L}{C}}\right)$, с одного конца; с другого же конца к ним присоединяется линия с той же характеристикой, идущая в здание, в к-ром находятся замкнутые колебательные контуры и усилители. На практике такие антенны обычно конструируются попарно и соединяются параллельно, образуя уширенную систему антенны (broadside) из двух таких направленных антенн, еще более усиливая их эффективность (фиг. 28, план и боковой вид антенны). Каждый диполь выбирается на среднюю волну диапазона, напр. на $\lambda = 20$ *м* при рабочем диапазоне 14÷25 *м*; т. о. антенна является апериодической. Для дуплексной работы приемной станции (т. е. для приема во время передачи—см. *Центры* р а д и о т е л е г р а ф н ы е) такие антенны применяются группами с целью уравновесить влияние местного передатчика; они питают одну и ту же линию одновременно, причем волновое сопротивление линии устраивается во столько раз меньшим волнового сопротивления антенны, сколько антенн работает одновременно. Такой принцип



Фиг. 28.

канализации токов радиочастоты к приемнику от удаленной на нек-рое расстояние антенны оказался весьма рациональным для борьбы с действием замирания коротких волн. Такая система использует свойства пространственности или локализованности замираний: антенны, расставленные на дистанции ок. 300 *м*, подвергаются этому явлению обычно в различные моменты времени. Сигналы от каждой подобной антенны усиливаются и выпрямляются отдельным приемником, после чего происходит сложение эффектов отдельных антенн; поэтому ослабление тока в одной или даже двух антеннах не вызывает исчезновения сигнала, как это часто имеет место при обычном приеме коротких волн. Эффективность этого метода наглядно следует из фиг. 29, представляющей отрезки ондуляторной



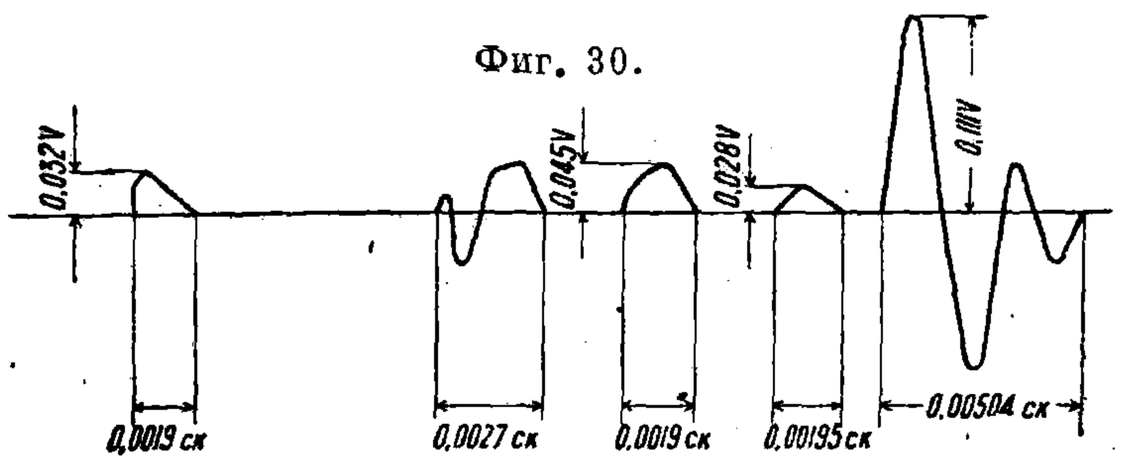
Фиг. 29.

ленты с сигналами, принятыми в США от португальской станции на $f = 19\,180$ kHz, отдельно от каждой из антенн (A, B, C) и суммарно. Такой способ приема, являющийся одним из новейших, называется системой с разносом антенны (diversity system); такие антенны имеют ясно выраженное направленное действие (см. *Направленное радио*), ориентированное вдоль линии питания диполями.

II. П о м е х и р а д и о п р и е м у. В приемных антеннах всех видов, а также и в связанных с ними радиоприемниках весьма часто возникают кроме тех колебаний (принимаемого сигнала), энергия к-рых нам необходима для дальнейшего преобразования, также и нежелательные колебания, т. н. помехи, формули-

руемые [1] как «электромагнитные возмущения при радиоприеме, посторонние и налагающиеся на производимые корреспондирующими радиопередающими устройствами». По источникам своего возникновения помехи м. б. разделены на атмосферные (природные) и помехи от различного рода созданных человеком электромагнитных механизмов (man made). Часто к помехам относят и все другие виды мешающих радиоприему явлений, в том числе и те факторы, которые возникают непосредственно в самом приемном устройстве и сказываются так или иначе на конечном воспроизведении сигнала; тогда удобнее иное подразделение их, именно: 1) помехи электрич. происхождения (дальние—атмосферные помехи, помехи от посторонних передатчиков и местные—от различного вида электромагнитных механизмов), 2) помехи механич. происхождения: сотрясения антенной системы, неплотные контакты, сотрясения приемника, 3) помехи акустич. происхождения: микрофонный эффект и др. О помехах местных, электрич. происхождения, механических и акустических и борьбе с ними см. *Экранирование*. *Атмосферные помехи* (см.) м. б. охарактеризованы осциллограммой [40] (фиг. 30) по измерениям 1929 г. Природа таких помех объясняется теперь по одной теории [41] действием, распространяющимся по всему земному шару, электромагнитных возмущений от молний; по другим воззрениям [42] атмосферные помехи обязаны своим происхождением электронам, исходящим от солнца и образующим вихревые токи в слое Хевисайда.

Фиг. 30.



Помехи от посторонних радиопередатчиков в настоящее время, когда ранее строившиеся искровые передатчики интенсивно заменяются ламповыми, почти всегда вида незатухающих колебаний. Сводка главных категорий помех этого вида приведена в табл. 4. Так как дальние помехи электрического происхождения находятся вне возможностей устранения их, то необходимо при приеме использовать все, что можно, для ослабления их мешающего действия. И теория и практика указывают, что для достижения этой цели следует выбирать по возможности высокие несущие частоты и возможно высшую избирательность приемника по частоте и по направлению [47]. Выбор частоты f_0 регулируется обычно международными соглашениями (см. *Частота* и *Несущая волна*). В повышении избирательности приемника по частоте предел ставится необходимостью пропустить определенную узкую полосу частот: при телеграфии—ок. 50 Hż (см. *Быстродействующие радиопередача и радиоприем*), при телефонии—несколько kHz. А т. к. атмосферные помехи равноценны передатчику, излучающему б. или м. сильно все частоты от 0 до ∞, причем сила мешающего действия помех тем больше, чем шире относительно область боковых частот $\left(\frac{f_0-f_1}{f_0}\right)$, то ясно, что на устройства для приема радиотелефонии помехи, в частности атмосферные, действуют значительно сильнее, чем на таковые же для телеграфных сигналов. Для улучшения условий приема остается применение избирательности по направлению: приемное устройство, отзывающееся только на волны, приходящие по определенному направлению, будет подвержено помехам, распространяющимся также только лишь по этому направлению (см. *Направленное радио*).

Табл. 4.—Сводка возможных помех радиоприему от посторонних радиопередатчиков [в предположении квадратичной характеристики *детектора* (см.)] [3].

Включение приемника	Род передачи мешающего передатчика	В приемнике возникают напряжения радиочастоты	В приемнике возникают напряжения на выходе приемника (звуковой частоты)	
			желательной	мешающей
Прием модулированных сигналов без *биений* (см.) *1	Незатухающими колебаниями (A_1)	f_0, f_1, f_0'	f_0-f_1	$f_0'-f_0$ $f_0'-f_1$
Прием модулированных сигналов без биений *2	Тональная (A_2)	f_0, f_1, f_0', f_1'	f_0-f_1	$f_0'-f_1$ $f_0'-f_0$ $f_1'-f_1$ f_0-f_1 f_1-f $2(f_0'-f_1')$
Прием помощью биений *1	Незатухающими колебаниями (A_1)	$f_{гет.}$, f_0, f_0'	$f_0-f_{гет.}$	$f_0'-f_{гет.}$ $f_0'-f_0$
Прием помощью биений *2	Тональная (A_2)	$f_{гет.}$, f_0, f_0', f_1'	$f_0-f_{гет.}$ $f_1-f_{гет.}$	$f_0'-f_1'$ $f_0'-f_0$ $f_1'-f_0$ $f_0'-f_{гет.}$ $f_1'-f_{гет.}$ $2(f_0'-f_1')$

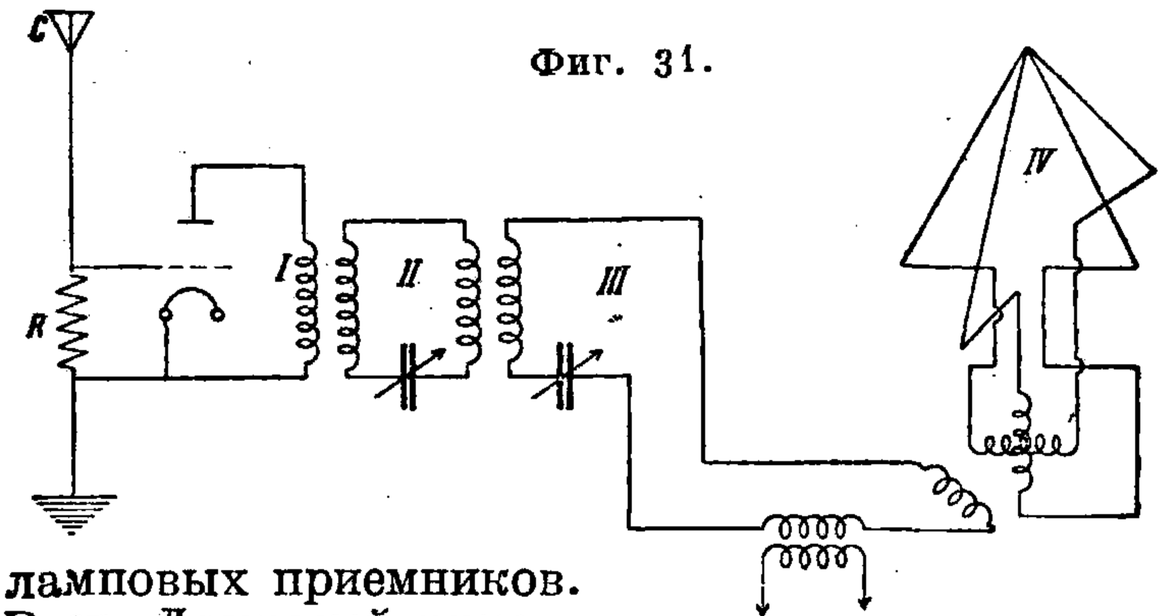
Обозначения: f_0—несущая частота корреспондирующего передатчика, f_1—одна из *боковых частот* (см.) корреспондирующего передатчика, f_0'—несущая частота мешающего передатчика, f_1'—одна из боковых частот мешающего передатчика, $f_{гет.}$—частота, генерируемая приемником при *гетеродинном приеме* (см.).
*1 Мешающее действие появляется тогда, когда тона биений попадают в область звуковой слышимой частоты. *2 Сила звука модуляционного тона $(f_0'-f_1')$ мешающего передатчика зависит от расстройки передатчика относительно настройки приемника и от избирательных свойств последнего. Прочие тона биений мешают лишь в случае попадания их в область слышимой частоты.

III. Приемники. Энергия, извлекаемая приемной антенной из поля электромагнитной волны, передается далее радиоприемнику, состоящему в основном из двух главных частей: связанного с антенной колебательного контура (одного или нескольких) и детектора токов высокой частоты с тем или иным индикатором последних (телефон, реле для пишущего или автоматич. устройства, в частности см. *Индикаторы резонанса*). Детекторы м. б. кристаллические (см. *Детектор*), магнитные, электролитические и ламповые (см. *Ламповый детектор*). Эта основная схема дополняется: 1) ламповыми *усилителями* (см.) [высокой частоты—перед детектором; промежуточной частоты (см. *Супергетеродинный прием*) и низкой частоты—

после детектора]; 2) *фильтрами* (см.) разных типов; 3) *промежуточными контурами* (см.). Обязательным элементом каждой конструкции приемников являются комбинации *катушек самоиндукции* (см.) [в частности *вариометров* (см.)] и конденсаторов (см. *Электрический конденсатор*) постоянной или переменной емкости; этими комбинациями предусматривается возможность плавного изменения частоты контуров. Часто, особенно в коротковолновых приемниках, устраивается переменная связь между антенной и замкнутым колебательным контуром. В зависимости от цели и назначения радиоприемной аппаратуры последняя м. б. разделена в основном на два класса: 1) радиовещательные приемники (ранее назывались «радиолюбительские»), предназначенные для приема радиовещательных телефонных станций широким кругом радиослушателей; 2) профессиональные приемники, назначение к-рых—прием (большей частью телеграфный) правительственной и коммерческой корреспонденции. К последнему классу следует отнести группы приемников специального назначения, напр. самолетных (см. *Самолетная радиостанция*), судовых (см. *Судовая радиостанция*), для приема в поездах (см. *Поездное радио*), военных и экспедиционных (см. *Ламповый приемник*, Приемники для военных и экспедиционных целей) и т. д.

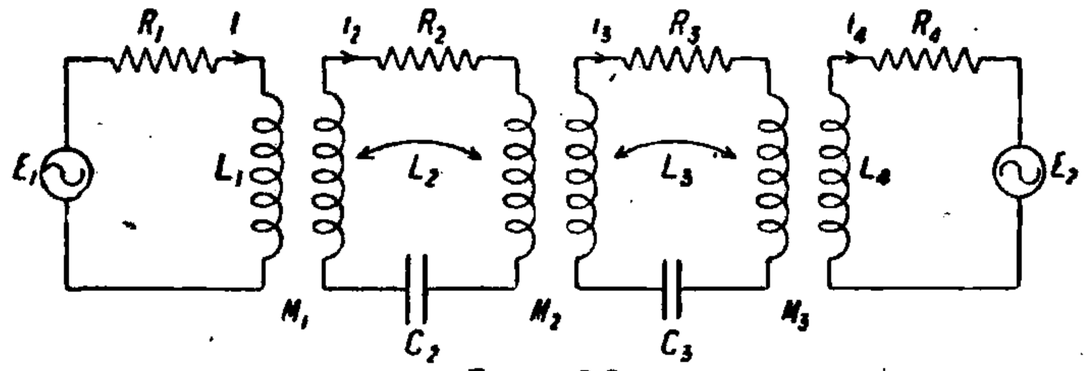
Профессиональная радиоаппаратура. Профессиональная приемная аппаратура принадлежит вся без исключений к группе

Фиг. 31.



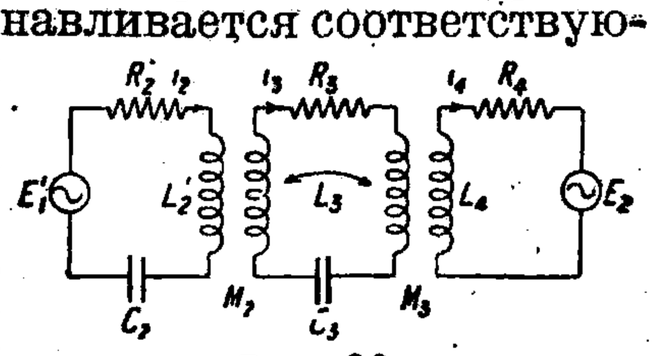
ламповых приемников. В ст. *Ламповый приемник* (см.), раздел Коммерческие приемники, приведены основные схемы устройств и типичные конструкции таких приемников для длинноволнового диапазона. Поэтому далее излагается только: 1) примерный метод расчета (до усилительной части) таких сложных радиоприемных устройств (длинноволновых) и 2) схема, конструкция и описание лучшего советского приемника типа ПЦКУ для профессиональной связи в коротковолновом диапазоне, выпускаемого электрослаботочной пром-стью.

Пусть приемная радиостанция, предназначенная для многократного однонаправленного приема, осуществляет последний по схемам гониометра и кардиоидной схеме, реализованным совместно по фиг. 31. Энергия электромагнитных колебаний воспринимается системой приемных антенн: замкнутой (гониометр) *IV* и открытой (*C*, *R*). Электродвижущая сила, индуктирующаяся в открытой антенне, создает на сопротивлении *R* напряжение, действующее на сетку лампы связи *I*. Если приемников несколько, то каждый из них имеет свою собственную лампу связи (см. *Гониометр*, фиг. 12), причем открытая антенна и сопротивление являются общими для всех приемников. Далее колебания из анодного контура *I* передаются с помощью



Фиг. 32.

индуктивной связи (см.) в фазирующий контур *II*. Роль фазирующего контура заключается в том, чтобы возбудить в настроенном контуре *III* искателя ток, совпадающий по фазе с током, индуктируемым в этом контуре гониометром *IV*. При равенстве амплитуд этих токов, осуществляемом соответствующим подбором величины индуктивной связи между фазирующим контуром и настроенным контуром искателя, получается реализация диаграммы направленности в форме кардиоиды, т. е. для получения однонаправленного приема. Направление на принимаемую станцию устанавливается соответствующей ориентировкой подвижной катушки (искателя) гониометра. Многократность приема обусловлена тем, что как открытая антенна, так и гониометр выбираются апериодическими. Выделение данной принимаемой станции производится только в соответствующем настроенном контуре искателя.



Фиг. 33.

Для вывода [46] расчетных ф-л схема фиг. 31 последовательно заменяется ее эквивалентами (фиг. 32 и 33), причем на фиг. 33

$$E'_1 = E_1 \frac{\omega M_1}{Z_1}, \qquad (14)$$

$$R'_2 = R_2 + \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_1^2} R_1, \qquad (15)$$

$$L'_2 = L_2 - \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_1^2} L_1. \qquad (16)$$

Ур-ия Кирхгофа (равновесия эдс) для схемы фиг. 33 после ряда преобразований дают:

$$i_3 = \frac{E_1 \beta\gamma}{\sqrt{(R_3+\gamma^2 R'_2+\psi^2 R_4)^2+\left[\omega(L_3-\gamma^2 L'_2 y'_2-\psi^2 L_4)-\frac{1}{\omega C_3}\right]^2}} \cdot e^{i(\omega t-\varphi_1+\varphi-\varphi'_2-\varphi'_3)} +$$

$$+ \frac{E_2 \psi \cos\alpha}{\sqrt{(R_3+\gamma^2 R'_2+\psi^2 R_4)^2+\left[\omega(L_3-\gamma^2 L'_2 y'_2-\psi^2 L_4)-\frac{1}{\omega C_3}\right]^2}} \cdot e^{i(\omega t-\varphi_1-\varphi'_3)}. \qquad (17)$$

В этой ф-ле введены следующие обозначения:

$$E_1 = E \cdot h_{д\ откр.\ ант.},\quad E_2 = E \cdot h_{д\ замкн.\ ант.},$$

$$\beta = \frac{\omega M_1}{Z_1},\ \gamma = \frac{\omega M_2}{Z'_2},\ \psi = \frac{\omega M_3}{Z_4},\ y'_2 = 1 - \frac{\omega'^2_2}{\omega^2},$$

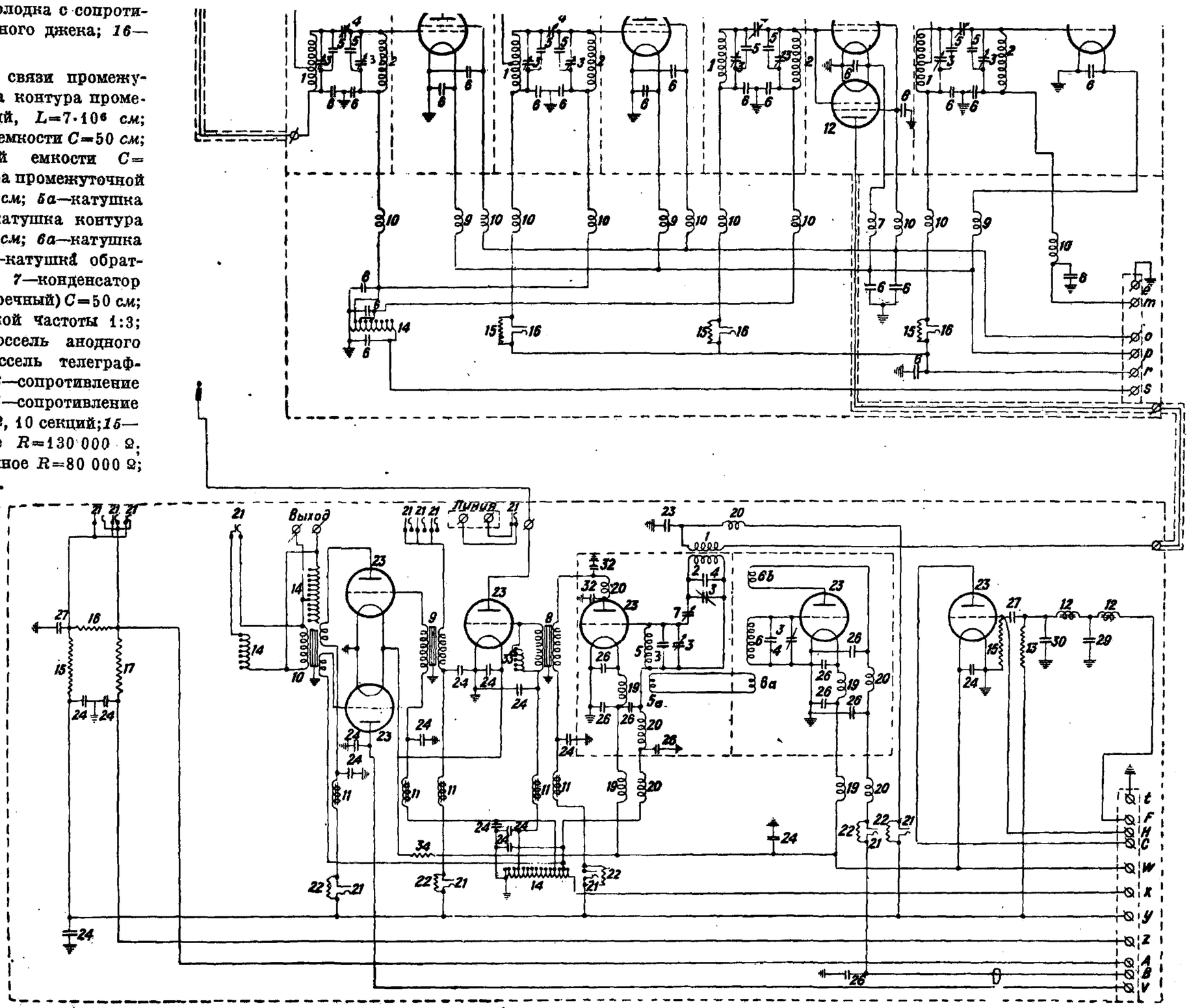
причем E—напряженность поля сигнала, $h_д$—действующая высота антенны, а через φ_1 и т. д. обозначены фазовые углы соответствующих контуров эквивалентной схемы, например

$$\varphi_4 = \arccos \frac{R_4}{Z_4} = \arcsin \frac{\omega L_4}{Z_4}.$$

Настраивая контур *III* в резонанс с частотой ω воспринимаемых (желательных) сигналов

=2 000 Ω, 10 секции; *15*—колодна с сопротивлением—шунтом контрольного джека; *16*—гнездо телефонное.

V панель. *1*—катушка связи промежуточной частоты; *2*—катушка контура промежуточной частоты, 7 секций, $L=7\cdot10^6$ *см*; *3*—конденсатор переменной емкости $C=50$ *см*; *4*—конденсатор постоянной емкости $C=200$ *см*; *5*—катушка контура промежуточной частоты, 7 секций, $L=7\cdot10^6$ *см*; *5a*—катушка связи 2-го гетеродина; *6*—катушка контура 2-го гетеродина $L=7\cdot10^6$ *см*; *6a*—катушка связи 2-го гетеродина; *6b*—катушка обратной связи 2-го гетеродина; *7*—конденсатор переменной емкости (подстроечный) $C=50$ *см*; *8* и *9*—трансформатор низкой частоты 1:3; *10*—то же 8,0:13; *11*—дроссель анодного фильтра $L=5{,}1$ Н; *12*—дроссель телеграфного фильтра $L=40$ Н; *13*—сопротивление проволочное $R=32\,000$ Ω; *14*—сопротивление секционированное $R=2\,000$ Ω, 10 секций; *15*—сопротивление проволочное $R=130\,000$ Ω; *16*—сопротивление проволочное $R=80\,000$ Ω; *17*—сопротивление проволоч. $R=40\,000$ Ω; *19*—дроссель фильтра начала длин. волн $L=3\cdot4\cdot10^6$ *см*; *20*—дроссель фильтра питания высокого напряжения $L=90\cdot10^6$ *см*; *21*—гнездо телефонное (джек) $\varnothing$ 5,5 *мм*; *22*—колодка с сопротивлением—шунтом контрольного джека; *23*—электронная лампа типа УБ-107; *24*—конденсатор постоянной емкости $C=2$ μF; *26*—конденсатор постоянной емкости $C=1$ μF; *27*—то же $C=6$ μF; *29*—конденсатор постоянной емкости $C=36\,000$ *см* (слюдяной); *30*—конденсатор постоянной емкости $C=18000$ *см*; *32*—конденсатор постоянной емкости $C=1\,000$ *см* (слюдяной); *33*—сопротивление секционированное $R=100\,000$ Ω с переключателем на 10 положений; *34*—колодка с сопротивлен. $R=1{,}35$ Ω.

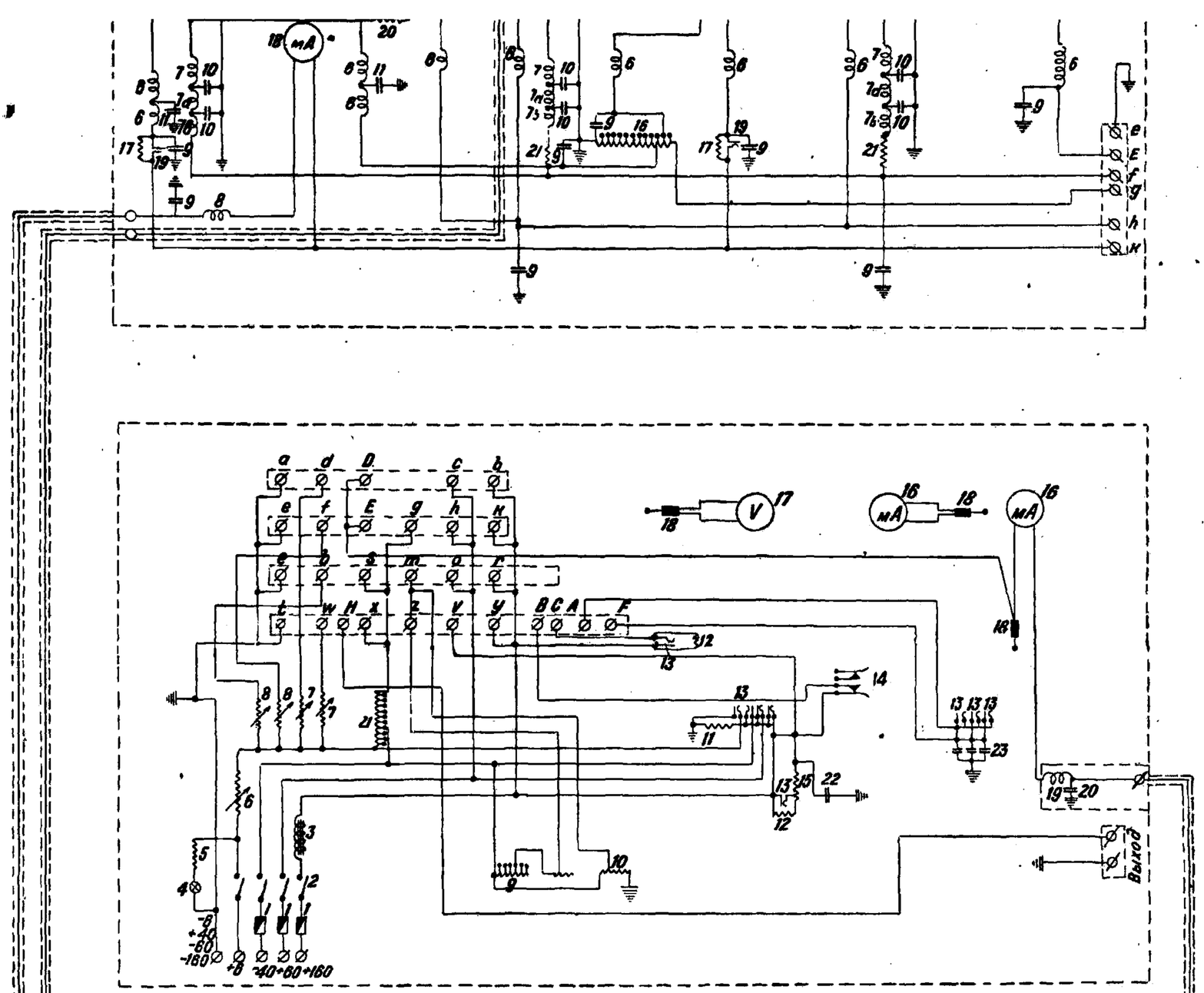


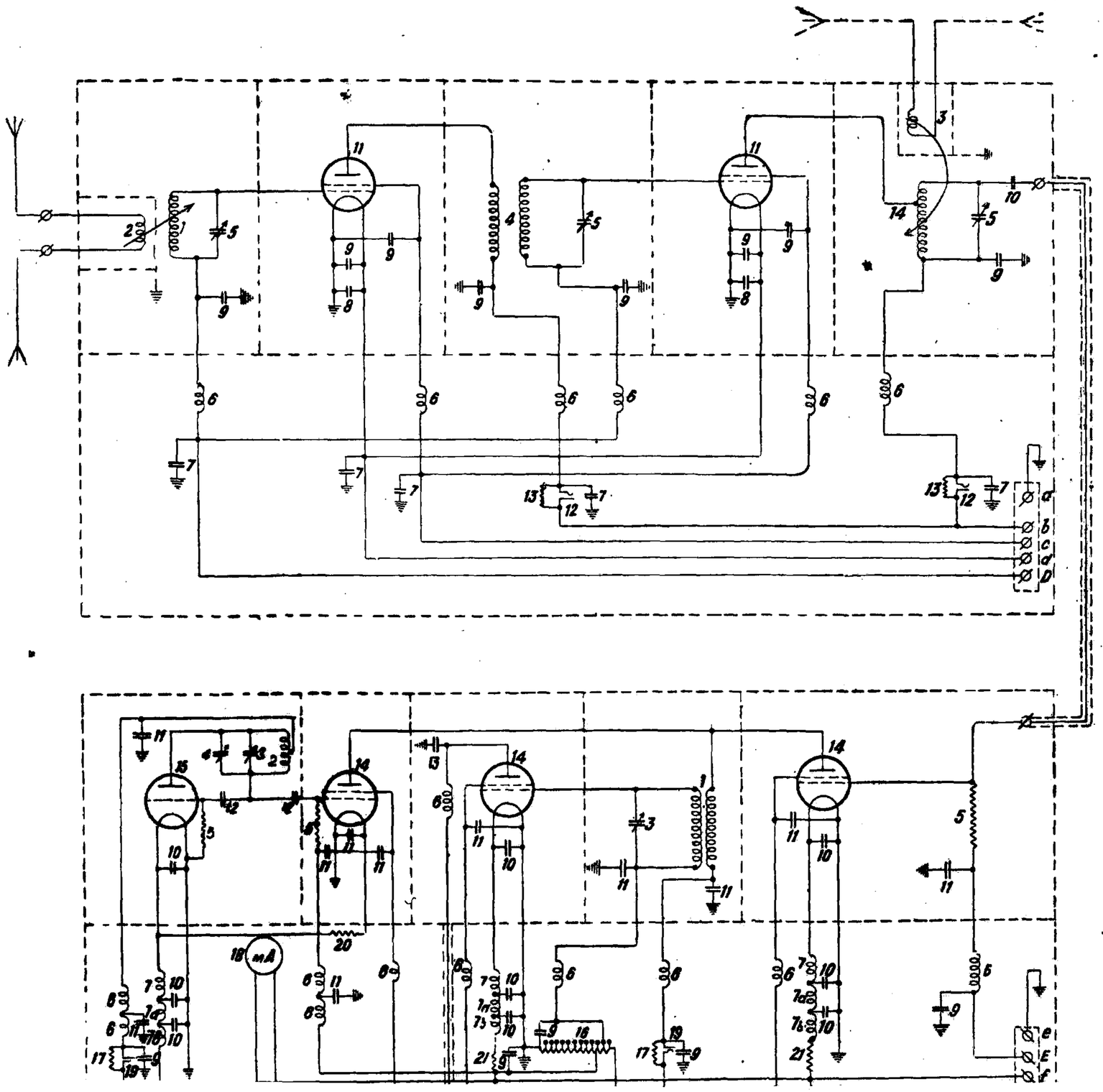
СО-44; *15*—электронная лампа типа УБ-107; *16*—сопротивление секционированное $R=2\,000\ \Omega$; *17*—колодка с сопротивлением—шунтом контрольного джека: *18*—миллиамперметр на 5 mA; *19*—гнездо телефонное (джек); *20*—колодка с сопротивлением $R=1{,}6\ \Omega$; *21*—колодка с сопротивлением $R=2\ \Omega$.

III панель. *1*—предохранитель типа Бозе; *2*—выключатель четырехполюсный; *3*—дроссель-предохранитель $L=1{,}2$ Н; *4*—сигнальная лампа с патроном; *5*—колодка с сопротивлением, добавочным к контрольной лампе, $R=15{,}6\ \Omega$; *6*—реостат накала $R=1\ \Omega$, на 3,5 А; *7*—то же $R=4\ \Omega$, на 0,75 А; *8*—то же $R=2\ \Omega$, на 1,5 А; *9*—сопротивление секционированное $R=15\,000\ \Omega$ с переключателем на 10 положений; *10*—потенциометр $R=2\,000\ \Omega$, на 20 mA; *11*—сопротивление, добавочное к вольтметру; *12*—колодка с сопротивлением—шунтом контрольного джека; *13*—гнездо телефонное (джек); *14*—ключ телефонный на 4 пружины; *15*—сопротивление $10\,000\ \Omega$; *16*—миллиамперметр на 5 mA; *17*—вольтметр на 0—14—200 V; *18*—штепсель телефонный, 3-проводный; *19*—дроссель фильтра питания высокого напряжения длинных волн; *20*—конденсатор (слюдяной) $C=3\,000$ *см*; *21*—сопротивление секционированное $R=2\,000\ \Omega$ (10 секций по $200\ \Omega$ в каждой); *22*—конденсатор постоянной емкости $C=6$ μF; *23*—конденсаторы постоянной емкости $C=1$ μF.

IV панель. *1*—первая катушка контуров промежуточной частоты, 7 секций (с выводом после 3-й секции), $L=7\cdot 10^6$ *см*; *2*—вторая катушка контуров промежуточной частоты, 7 секций, $L=7\cdot 10^6$ *см*; *3*—конденсатор переменной емкости (подстроечный) $C=50$ *см*; *4*—то же; *5*—конденсатор постоянной емкости $C=200$ *см*; *6*—конденсатор постоянной емкости $C=1$ μF; *7*—дроссель фильтра накала длинных волн; *8*—конденсатор (слюдяной) $C=5\,000$ *см*; *9*—дроссель фильтра накала длинных волн $L=3{,}4\cdot 10^6$ *см*; *10*—дроссель фильтра питания высокого напряжения длинных волн $L=90\cdot 10^6$ *см*; *12*—электронная лампа типа СО-44; *13*—то же, типа УБ-107; *14*—сопротивление секционированное $R=2\,000\ \Omega$, 10 секций; *15*—колодка с сопротивлением—шунтом контрольного джека; *16*—гнездо телефонное.

V панель. *1*—катушка связи промежуточной частоты; *2*—катушка контура проме-





Фиг. 34.—Схема приемника ПЦКУ.

I панель. *1*—катушка самоиндукции контура 1-й лампы усилителя высокой частоты (сменная); *2*—катушка самоиндукции для связи с антенной; *3*—катушка самоиндукции для связи с антенной при приеме без предварительного усиления высокой частоты; *4*—катушка самоиндукции контура 2-й лампы усилителя высокой частоты (сменная); *5*—конденсатор переменной емкости $C=125$ *см* (в цепи сетки каждой из первых трех ламп); *6*—дроссель фильтра высокого напряжения коротких волн; *7*—конденсатор постоянной емкости $C=1$ μF; *8*—то же $C=0{,}25$ μF; *9*—конденсатор постоянной емкости (слюдяной) $C=20\,000$ *см*; *10*—то же $C=40$ *см*; *11*—электронная лампа типа СО-44; *12*—гнездо телефонное (джек); *13*—колодка с сопротивлением—шунтом контрольного джека; *14*—катушка самоиндукции контура 1-го детектора.

II панель. *1*—катушка самоиндукции контура (сменная); *2*—катушка самоиндукции 1-го гетеродина (сменная); *3*—конденсатор переменной емкости $C=125$ *см*; *4*—конденсатор нониус; *5*—сопротивление типа Каминского $R=1{,}5$ MΩ; *6*—дроссель фильтра питания высокого напряжения коротких волн; *7*—дроссель фильтра накала коротких волн (76 витков); *7a*—дроссель фильтра накала коротких волн (66 витков); *7b*—дроссель фильтра накала коротких волн (33 витка); *8*—дроссель фильтра высокого напряжения длинных волн; *9*—конденсатор постоянной емкости $C=1$ μF; *10*—конденсатор постоянной емкости $C=0{,}25$ μF; *11*—конденсатор постоянной емкости $C=20\,000$ *см*; *12*—конденсатор постоянной емкости (слюдяной) $C=150$ *см*; *13*—конденсатор постоянной емкости (слюдяной) $C=50$ *см*; *14*—электронная лампа типа СО-44; *15*—электронная лампа типа УБ-107; *16*—сопротивление секционированное $R=2\,000$ Ω; *17*—колодка с сопротивлением—шунтом контрольного джека; *18*—миллиамперметр на 5 mA; *19*—гнездо телефонное (джек); *20*—колодка с сопротивлением $R=1{,}6$Ω;

корреспондирующей станции, т. е. выполняя условие

$$\omega(L_3-\gamma^2L_2'y_2'-\psi^2L_4)-\frac{1}{\omega C_3}=0, \qquad (18)$$

будем иметь для $i_{3_{max}}$, максимальной силы тока в контуре *III*,

$$i_{3_{max}}=\frac{E_1\beta\gamma}{R_3+\gamma^2R_2'+\psi^2R_4}e^{i(\omega t-\varphi_1+\varphi-\varphi_2')}+$$
$$+\frac{E_2\psi\cos\alpha}{R_3+\gamma^2R_2'+\psi^2R_4}e^{i(\omega t-\varphi_4)}. \qquad (19)$$

Это ур-ие показывает, что сила тока в контуре *III* состоит из двух слагаемых. По условию однонаправленности приема (см. *Кардиоидные схемы*) в любой момент д. б. соблюдено равенство этих слагаемых; следовательно амплитуды и фазы этих токов д. б. одинаковы. Итак

$$E_1\beta\gamma=E_2\psi \text{ или } \frac{E_2}{E_1\beta}=n=\frac{\gamma}{\psi} \qquad (20)$$

и

$$\varphi_4=\varphi_1-\varphi+\varphi_2'; \qquad (21)$$

тогда окончательное выражение для $i_{3_{max}}$ примет вид:

$$i_{3_{max}}=\frac{E_2\psi}{R_3+\psi^2(R_4+n^2R_2')}(1+\cos\alpha)e^{i(\omega t-\varphi_4)}. \qquad (22)$$

Рассматривая только амплитудные значения i_3 и E_2 и учитывая, что искатель ориентирован на принимаемую станцию (т. е. $\alpha=0$), получаем

$$I_{3_{max}}=\frac{2E_2\psi}{R_3+\psi^2R_\Sigma}, \qquad (23)$$

где

$$R_\Sigma=R_4+n^2R_2'. \qquad (24)$$

Далее определяем значение величины ψ, при к-рой сила тока в контуре *III* получает наибольшее возможное значение,

$$\frac{\partial I_{3_{max}}}{\partial\psi}=\frac{(R_3+\psi^2R_\Sigma)2E_2-4E_2\psi^2R_\Sigma}{(R_3+\psi^2R_\Sigma)^2}=0,$$

откуда

$$\psi_{opt}=\sqrt{\frac{R_3}{R_\Sigma}}. \qquad (25)$$

При этом: $I_{3_{max\,max}}=\frac{E_2}{\sqrt{R_3R_\Sigma}}$. В том случае, когда условие (25) не соблюдено ($\psi=a\sqrt{\frac{R_3}{R_\Sigma}}$, причем $a\neq1$), имеем

$$I_{3_{max}}=\frac{E_2}{\sqrt{R_3R_\Sigma}}\cdot\frac{2a}{1+a^2}=I_{3_{max\,max}}\cdot\frac{2a}{1+a^2}. \qquad (26)$$

Из условия (25) путем простых преобразований находим оптимальный коэф. связи $k_{3_{opt}}$:

$$k_{3_{opt}}=\frac{M_{3_{opt}}}{\sqrt{L_3L_4}}=\sqrt{\frac{d_3\omega L_4}{R_\Sigma}(1+d_4^2)}, \qquad (27)$$

где d_3 и d_4—затухания *III* и *IV* контуров $\left(\frac{R_3}{\omega L_3}\text{ и }\frac{R_4}{\omega L_4}\right)$. В общем случае ($a\neq1$) имеем

$$k_3=ak_{3_{opt}} \qquad (28)$$

(k_3—коэф. связи между подвижной и одной из неподвижных катушек гониометра при их взаимном параллельном положении); величина a выбирается обычно в пределах 0,4÷0,6; зная a, определяем $\psi=a\sqrt{\frac{R_3}{R_\Sigma}}$; отсюда $\gamma=n\psi=\frac{\omega M_2}{Z_2'}$, причем $n=\frac{E_2}{\beta E_1}$. Т. о. коэф. взаимоиндукции между фазирующим контуром и настроенным контуром искателя $M_2=\frac{\gamma Z_2'}{\omega}$, где

$$Z_2'=\sqrt{R_2'^2+\left(\omega L_2'-\frac{1}{\omega C_2}\right)^2}. \qquad (29)$$

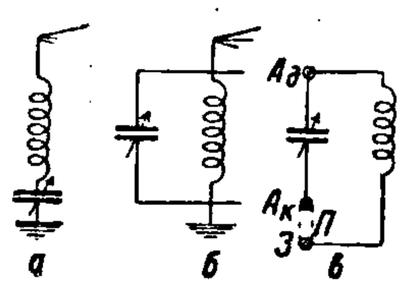
Тогда коэф. связи между фазирующим контуром и настроенным контуром *III* искателя $k_2=\frac{M_2}{\sqrt{L_2'L_3}}$. Таким путем определяются основные характеристики контура *III*; зная $I_{3_{max}}$ и задаваясь коэфициентом связи k_3 (фиг. 31), легко перейти к расчету эдс, индуктирующейся на сетке 1-й лампы усилителя высокой частоты. Дальнейший анализ сводится к расчету усиления высокой частоты, детектирующего устройства, усиления низкой частоты (см. *Усилители* и *Ламповые детекторы*) и деталей контуров (см. *Катушки самоиндукции*, *Катушки связи*, *Вариометр*, *Электрический конденсатор*) и в значительной степени зависит от выбранной схемы приемника. Эта часть расчета конкретизирована на примере радиовещательного приемника в ст. *Усилители* (см.).

Приемник для профессионального приема, выполняемый заводами Главэспрома типа ПЦКУ, является типичным для начала второго пятилетия у нас в СССР. Полный диапазон приемника от 10 до 100 *м* перекрывается при супергетеродинной схеме с помощью трех катушек с переключателями и достаточными перекрытиями между частичными диапазонами. Чувствительность его при антенне в форме вертикального диполя в 1 *м* обеспечивает нормальную работу, при отсутствии помех, при напряженности поля $E\cong10\frac{\mu V}{м}$. Лабораторные измерения чувствительности приемника ПЦКУ дали *K*—усиление по напряжению (сигнала звуковой частоты 1 kHz при модуляции в 30%): 1) для $\lambda=65$ *м* $K\cong19\cdot10^6$; 2) для $\lambda=23$ *м* $K\cong7\cdot10^6$; 3) для $\lambda=18$ *м* $K\cong5\cdot10^6$. *Избирательность* (см.) приемника, проверенная путем снятия кривой усиления усилителя промежуточной частоты, характеризуется тем, что ширина полосы частот, проходящих с ослаблением $\leqslant30\%$ от максимального усиления, равна ок. 6 000 Hz; падение усиления до 10% от максимального происходит при частотах, отличающихся от средней частоты полосы пропускания на ~4 100 Hz. Цепи приемного устройства рассчитаны на скорость приема до 400 слов в мин. Надежность работы при эксплоатации характеризуется (для первого образца) следующими показателями: 1) после настройки на корреспондирующую станцию, колебания частоты к-рой лежат в пределах 300 Hz, и дачи сигналов на ленту запись их в течение 1 ч. идет вполне автоматически без подрегулировки; 2) переход на разные скорости приема от 20 до 150 слов в мин. происходит без регулировок приемника или реле; 3) приемник имеет устройство против замираний, обеспечивающее нормальную работу реле при колебании *E* в отношении 1 : 30; 4) при изменении питающих напряжений в пределах 10% не происходит выпадения автоматической записи сигналов. В приемнике применена безъемкостная связь антенной катушки с катушкой входного контура усилителя радиочастоты, что обеспечивает возможность работы на направленную антенну, оканчивающуюся обычной фидерной линией; при замыкании антенной катушки накоротко прием полностью пропадает, что указывает на отсутствие емкостных связей между катушками. При одновременном приеме с одного и того же горизонтального диполя перестройка в одном из приемников не оказывает влияния на другие, работающие на автоматич. запись. Для борьбы с замираниями в приемнике устроена автоматич. регулировка силы приема, при действии к-рой выходная мощность изменяется лишь в 1,5 раза при изменении напряженности поля в 25 раз. Проверка действия автоматической регулировки производилась: 1) при нормальном приеме станции Кенигсвустергаузен—при выключенной регулировке прием сигналов, имевших сильные колебания напряженности их поля, происходил или с полным пропаданием слышимости при малом усилении или с перегрузкой при большом усилении; при включении же автоматич. регулировки сила звука на выходе устройства при тех же условиях оставалась постоянной; 2) при опытах приема той же станции с умышленным сильным изменением связи с антенной без включенной регулировки получалось изменение слышимости от нормальной до полного исчезновения при малом усилении или изменение слышимости от нормальной до сильной перегрузки при большом усилении, включение же автоматической регулировки приводило к тому, что заметного изменения уровня силы разговорной речи на выходе устройства вовсе не замечалось. В приемнике предусмотрена возможность использования описанной выше системы

с разносом антенны — системы борьбы с замираниями путем сложения эффектов двух или трех приемных устройств, работающих от пространственно-разнесенных антенн, причем сложение происходит путем обычных телефонных шнуров с вилками. Подача сигналов в центр предусматривается в форме двух видов: телеграфный канал и телефонный канал. Выход телеграфного канала предусматривает: 1) возможность подачи тонального сигнала в узел; 2) возможность подачи импульсных сигналов в узел; для этой последней цели включается дополнительный *ограничитель* (см.). Местный контроль при телеграфном приеме осуществляется *оидулятором* (см.), включаемым в анодную цепь ограничителя. Телефонный канал приемного устройства оканчивается выходом последнего трансформатора усилителя звуковой частоты, откуда при необходимости м. б. подан слуховой контроль принимаемых сигналов. Контрольные операции (измерение напряжения питания, измерение анодных токов любой из ламп приемника, включение и выключение контрольных телефонов) не отзываются на *пишущем приеме* (см.). Питание нескольких приемников ПЦКУ (в приемных центрах общепринята установка нескольких приемников) происходит от центральных (общих) батарей, причем не возникает никаких взаимных помех. Общая схема приемника изображена на фиг. 34. Конструктивно эта схема воплощена в виде пяти панелей (вкл. лист, *5*). На *I* (верхней) панели размещены контуры высокой частоты и катушка связи с антенной, на *II* панели — гетеродин, буферный каскад и первый детектор, *III* панель является панелью питания и включает измерительные и сигнализационные приборы, на *IV* панели размещены контуры промежуточной частоты и на *V* панели — выпрямитель, ограничитель, второй гетеродин и второй детектор. Серийные приемники ПЦКУ немного отличаются от описанного первого образца. Полный диапазон таких приемников — ок. 10÷200 *м*; катушки с переключателями заменены комплектами сменных катушек.

Радиовещательная аппаратура. Первым исторически и наиболее простым по устройству радиовещательным приемником являлся приемник с кристаллич. детектором, неправильно называемый у нас «детекторным приемником». Таких приемников в Америке больше нет; в Зап. Европе они имеют сравнительно ограниченное распространение. Однако в условиях СССР — при громадной протяженности территории и наличии сверхмощных радиовещательных передающих станций, дающих достаточную напряженность поля в больших районах, — приемники с кристаллич. детектором вследствие простоты и дешевизны как самого приемника, так и его эксплоатации (не требуются источники энергопитания) имеют теперь еще широкое распространение и в некотором количестве входят в план радиофикации в течение второго пятилетия СССР.

Основной отличительный признак приемника с кристаллич. детектором — использование принимаемой с помощью антенны энергии электромагнитной волны для работы телефона при отсутствии местного источника энергии (элементов, аккумуляторов, электрич. сети), являющегося, наоборот, обязательным при ламповых схемах и комбинированных схемах, т. е. ламповых схемах, применяющих усиление высокой или низкой частоты или обеих вместе, но использующих при этом кристаллич. *детектор* (см.) вместо *лампового детектора* (см.). При выборе типа антенны к приемнику с кристаллич. детектором следует учитывать, что сила звука в телефоне полностью зависит от той мощности, к-рая отбирается от антенны детекторным контуром; поэтому для получения максимальной мощности антенна должна обладать малым сопротивлением и большой действующей высотой. Приемники с кристаллич. детектором состоят из колебательных контуров и детекторного контура с приключенным к нему телефоном. Если в приемнике один (колебательный) контур настройки, — он называется приёмником по простой схеме; приемники по сложной схеме имеют минимум два колебательных контура. В колебательных контурах применяются следующие детали: катушки постоянной самоиндукции (одна или сменные), катушки, изменяющие самоиндукцию скачками, *вариометры* (см.), конденсаторы постоянной емкости, конденсаторы переменной емкости (см. *Электрический конденсатор*). В том случае, если колебательный приемный контур настраивается главным образом с помощью переменного конденсатора, может быть проведено подразделение схем еще на две группы: схема коротких волн (конденсатор включен последовательно с антенной, фиг. 35, *а*) и схема длинных волн (конденсатор включен параллельно емкости антенны, фиг. 35, *б*). В современных приемниках этот приемный контур часто конструируется т. о., что позволяет производить прием по любой из этих двух последних схем. Простейший вариант реализации такой конструкции показан на фиг. 35, *в*; при приеме по схеме длинных волн антенна присоединяется к зажиму $A_д$, а заземление — к зажиму *з* (зажим $A_к$ при этом соединен с зажимом *з* накоротко); при схеме коротких волн антенна присоединяется к зажиму $A_к$, а заземление к зажиму *з* (зажим $A_к$ не соединен в этом случае с зажимом *з*).



Фиг. 35.

Наивыгоднейшим практически соотношением между максимальной емкостью конденсатора контура (с переменной емкостью) и емкостью антенны является $C_к = (2 \div 2{,}5) C_A$; обычно для диапазона длинных волн выбирают $C_{к_{max}} \cong 500$ *см*; при расчете за минимальную (C_1) и максимальную (C_2) емкости конденсатора принимают емкости при 10 и 90 делениях лимба. Т. к. в приемный колебательный контур (при простой схеме) или в первый (антенный) колебательный контур (при сложной схеме) входит и емкость антенны, могущая изменяться от минимальной (C_{a_1}) до максимальной (C_{a_2}), то: 1) при схеме длинных волн минимальная емкость контура $C_{\Sigma_1} = C_1 + C_{a_1}$; максимальная — $C_{\Sigma_2} = C_2 + C_{a_2}$; 2) при схеме коротких волн $C_{\Sigma_1} = \frac{C_1 C_{a_1}}{C_1 + C_{a_1}}$ и $C_{\Sigma_2} = \frac{C_2 C_{a_2}}{C_2 + C_{a_2}}$. Самоиндукция первой (с наименьшим числом витков) сменной катушки или первой секции катушки (если катушка одна) определяется ф-лой $L_1 = 250 \frac{\lambda^2_{min}(C_{a_2} + C_1)}{C_{a_2} \cdot C_1}$ (по схеме коротких волн), самоиндукция последней (с наибольшим числом витков) сменной катушки или всей катушки (если она только одна) равна $L_n = 250 \frac{\lambda^2_{max}}{C_1 + C_{a_1}}$, где λ_{min} — наименьшая, а λ_{max} — наибольшая длина волны из диапазона, на к-рый строится приемник. Выбор числа сменных катушек или секционирование катушки (если последняя одна) производится с перекрытием; при этом умножением коэф. перекрыши U на величину самоиндукции первой секции (или первой сменной) катушки L_1 получают значение самоиндукции следующей секции (или сменной) катушки L_2, т. е. $L_2 = U \cdot L_1$ или вообще

$$L_n = U \cdot L_{n-1} = U^{n-1} \cdot L_1.$$

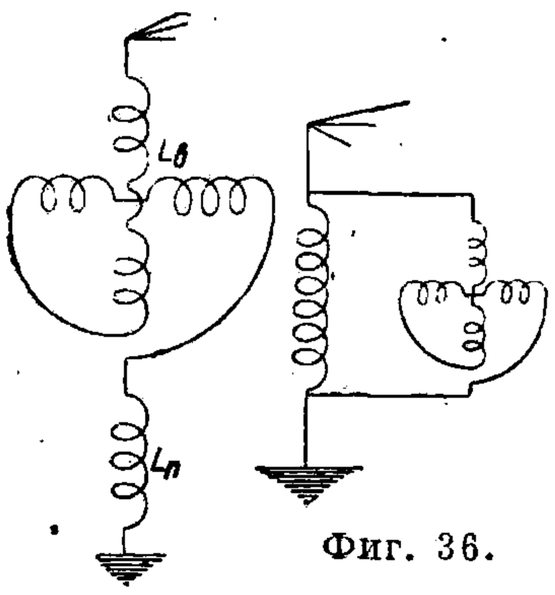
Коэф. перекрыши необходимо рассчитывать по схеме длинных волн и по наибольшей емкости приемной антенны (C_{2_n}) по ф-ле

$$U = \frac{C_{a_2} + C_2}{C_{a_2} + C_1}.$$

Вариометр $L_в$ в приемнике (в случае приемника с переменной L) обычно включается последовательно (фиг. 36, слева) с основной катушкой приемника $L_п$, почти всегда делаемой секционированной. Расчет секций основной катушки $L_п$ (пренебрегая в первом приближении самоиндукцией антенны) производят по ф-ле

$$L_п = L_1 + (n-1)\,L_в,$$

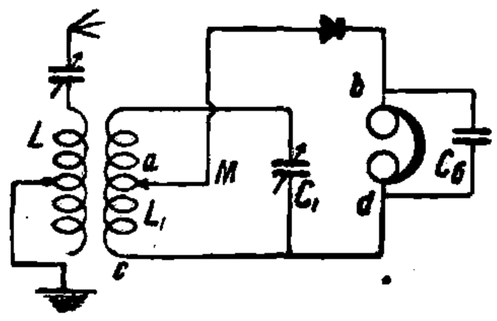
где $L_п$—самоиндукция n-ной секции, а L_1—первой секции катушки приемника, $L_в$—диапазон изменения самоиндукции вариометра ($L_в = L_{в\,max} - L_{в\,min}$), причем $L_{в\,max}$ и $L_{в\,min}$ — максимальное и минимальное значения самоиндукции вариометра. Самоиндукция первой секции при том же допущении определяется для схемы фиг. 36 (слева) по ф-ле



Фиг. 36.

$$L_1 = 250\,\frac{\lambda^2_{min}}{C_a} - L_{в\,min},$$

причем при конструировании следует обращать внимание на то, чтобы основная катушка $L_п$ и вариометр $L_в$ (фиг. 36) не были между собой индуктивно связаны, иначе расчет дает неверные результаты. (Во всех ф-лах этого раздела λ дана в *м*, C и L—в *см*.) Приемники по с л о ж н о й с х е м е конструируются в целях получения лучшей избирательности (для более совершенной настройки) и отличаются от описанных приемников по простой схеме применением еще одного колебательного контура, индуктивно связанного с первым (антенным) контуром, называемого *промежуточным контуром* (см.). Одна из примерных схем такого приемника дана на фиг. 37. Расчет промежуточного контура производится на тот же диапазон волн, на к-рый рассчитан антенный контур. Обычно переменные конденсаторы в обоих контурах одинаковые; расчет секций промежуточного контура производится так же, как и для антенного контура, но без учета емкости антенны. Из теории *связанных систем* (см.) следует, что $I_{max\,max} = \frac{E}{2\sqrt{R_1 R_2}}$, где $I_{max\,max}$—наибольшая возможная сила тока в промежуточном контуре, R_1 и R_2—соответственно активные сопротивления антенного и промежуточного контуров. Это оптимальное значение получается при [сравни ф-лы (29) и (24) ст. *Связанные системы* (см.)]

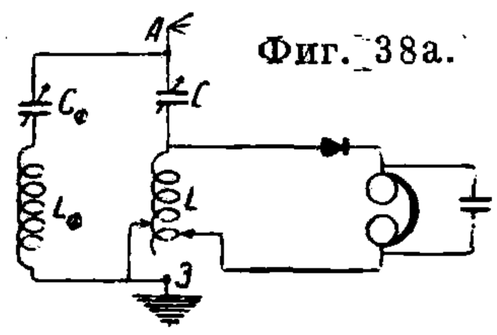


Фиг. 37.

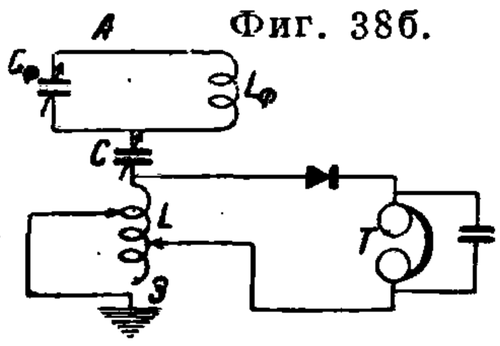
$$M_{opt} = \frac{1}{\omega}\sqrt{R_1 R_2}.$$

Для улучшения работы приемника с кристаллич. детектором по сложной схеме (кпд к-рой, сравнительно с простой $\leqslant 25\%$) надо при конструировании R_2 делать возможно меньшим (см. *Скин-эффект*); в этих целях в частности катушки м. б. намотаны из *лицендрата* (см.); можно также увеличить емкость $C_{пром.\,конт.}$, т. к. при этом при той же λ R_2 убывает больше, чем возрастает декремент *затухания* (см.).

Детекторный контур (на фиг. 37—$aM\,b\,d\,c\,L_1$) в рассматриваемых приемниках с кристаллическим детектором выделяет (при современном использовании таких приемников для приема радиовещательных станций) из модулированного тока высокой частоты ток низкой звуковой частоты. Этот процесс выделения тока звуковой частоты распадается на 2 процесса: 1) выпрямление модулированного тока высокой частоты и 2) выделение из выпрямленного тока слагающей звуковой частоты. Первую задачу выполняет *детектор* (см.), вторую—телефон с блокировочным конденсатором; при этом вследствие того, что для высокочастотной слагающей сопротивление телефона будет очень велико, а сопротивление конденсатора мало, бо́льшая часть тока высокой частоты пройдет через конденсатор помимо телефона, в к-рый пойдет только ток низкой частоты, вызывающий соответствующее звучание его. О схемах включения детекторного контура с антенным или промежуточным см. *Индикаторы резонанса*. Кроме указанных в этой статье видов связи названных контуров м. б. применена и переменная связь детекторного контура. Эта последняя является наиболее рациональной, т. к. при настройке можно менять путем изменения связи эквивалентное сопротивление детекторного контура, добиваясь равенства его сопротивлению антенного (при простой схеме) или промежуточного (при сложной схеме) контура; в таком случае мощность в детекторном контуре (как потребителе энергии) будет максимальной. Обычно переменность связи детекторного контура достигается при *автотрансформаторной связи* (см.) тем, что по соответствующей катушке (L_1, фиг. 37) ходит ползунок Ma, позволяющий включать в детекторный контур большее или меньшее число витков катушки; для той же цели при индуктивной связи (см. *Индикаторы резонанса*, фиг. 6) делают одну из *катушек связи* (см.) вращающейся внутри или около другой, а при емкостной связи (см. *Индикаторы резонанса*, фиг. 5) конденсатор связи делают переменным. В тех случаях, когда ни наличие хорошей приемной антенны, ни устройство переменной детекторной связи, ни использование сложной схемы не позволяют отстроиться от мешающей станции, применяются приемные *фильтры* (см.), состоящие из включенных параллельно или последовательно самоиндукции и емкости, имеющие назначением не допустить в приемник колебаний мешающей

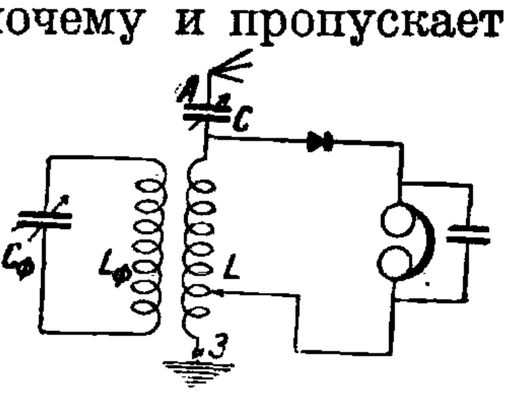


Фиг. 38а.



Фиг. 38б.

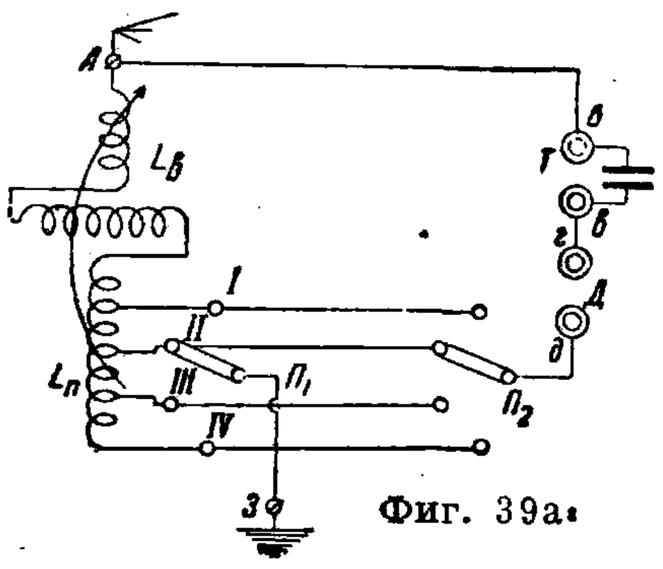
станции. В основном приемные фильтры $C_ф L_ф$, всегда настраиваемые на мешающие колебания, могут быть разделены на 3 группы: 1) фильтр отсеивающий, включаемый по фиг. 38а,—$C_ф L_ф$ представляет для мешающих колебаний весьма малое сопротивление, почему и пропускает их мимо приемника через себя в землю; однако настройка $C_ф L_ф$ влияет на настройку антенного контура $ACL3$; 2) фильтр преграждающий, включаемый по фиг. 38б,—$C_ф L_ф$ представляет для мешающих колебаний весьма большое сопротивление и практически не пропускает их через себя; настройка $C_ф L_ф$ не влияет на настройку антенного контура $ACL3$; 3) фильтр поглощающий (отсасывающий), включаемый



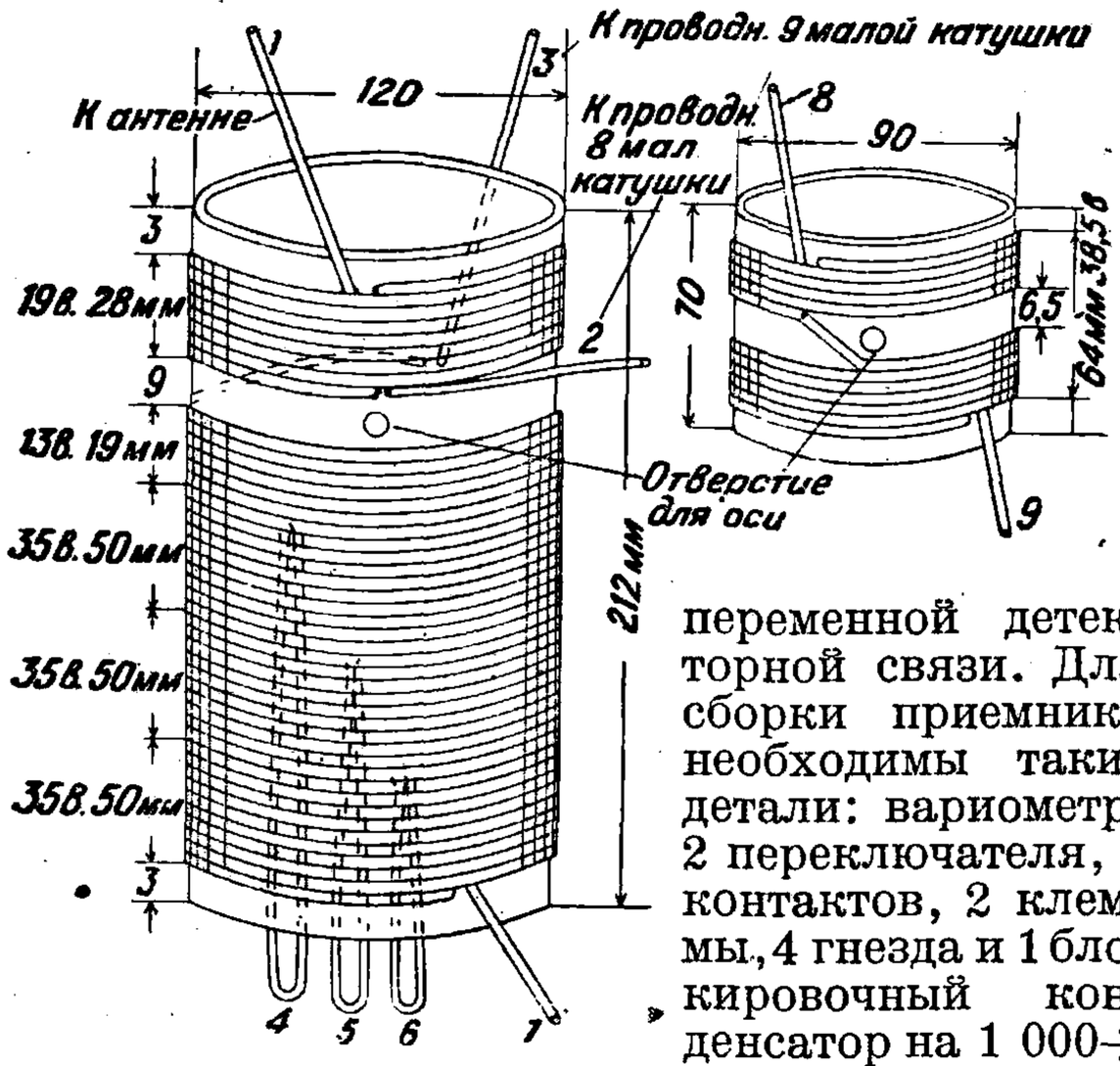
Фиг. 38в.

по фиг. 38в, отсасывающий в момент резонанса максимум энергии мешающих колебаний (см. *Заграждающий контур*).

Государственной промышленностью СССР в первые годы развития советского радиовещания выпускалось много конструкций детекторных приемников (притом в массовом количестве каждая), однако приемника этой категории в плане промышленности на 1934 г. не существует; дальнейшее производство их почти целиком передано местным организациям (кустарям, кооперативным товариществам и т. д.), т. к. слаботочная промышленность НКТП сосредоточивает свое производство на более сложных формах радиоаппаратуры (ламповой). Далее приводится краткое описание наиболее популярного среди радиолюбителей СССР самодельного приемника с кристаллич. детектором конструкции инж. С. И. Шапошникова [3]. Этот приемник принадлежит к типу приемников, имеющих колебательный контур с переменной самоиндукцией; с помощью секционированной основной катушки L_n (фиг. 39а) получаются следующие частичные диапазоны волн (при емкости антенны ок. 300 *см*): при постановке переключателя $П_1$ на I контакт $\lambda = 330 \div 730$ *м*, на II—$\lambda = 600 \div 1\,000$ *м*, на III—$\lambda = 850 \div 1\,250$ *м* и на IV—$\lambda = 1\,150 \div 1\,500$ *м*. С целью упрощения приемника можно сделать постоянную детекторную связь, отказавшись от переключателя $П_2$; конечно лучшие результаты получаются при



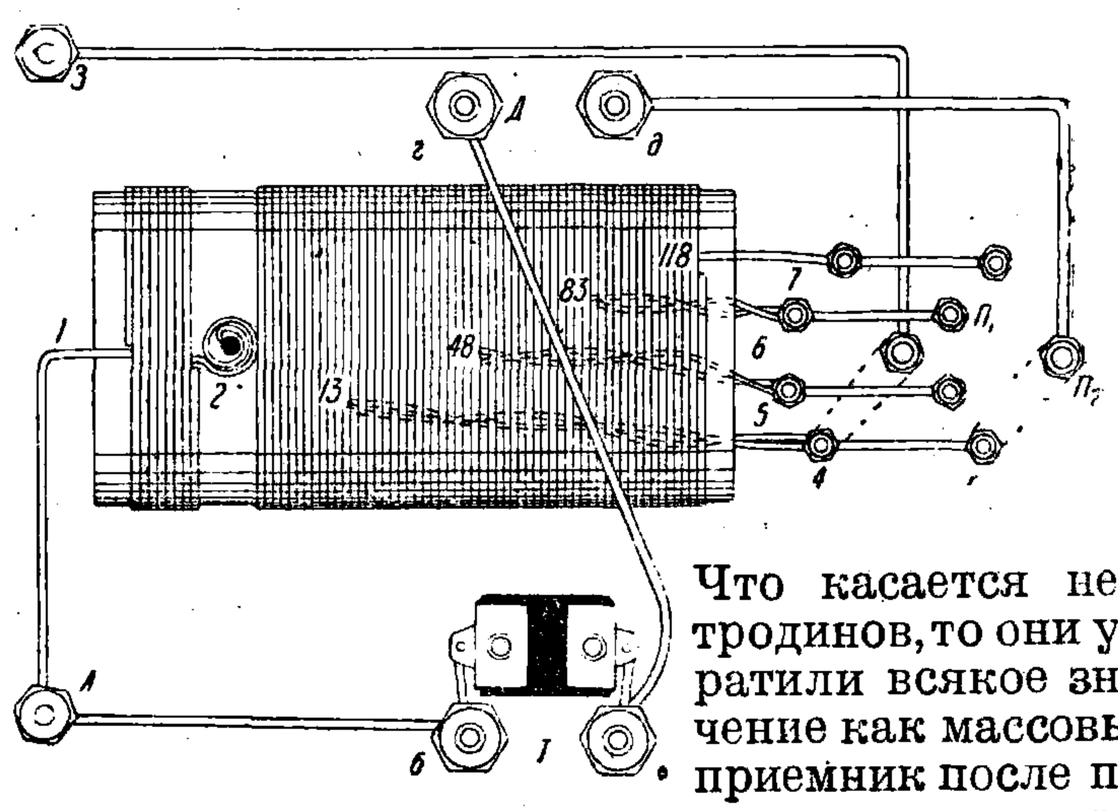
Фиг. 39а.



Фиг. 39б.

переменной детекторной связи. Для сборки приемника необходимы такие детали: вариометр, 2 переключателя, 8 контактов, 2 клеммы, 4 гнезда и 1 блокировочный конденсатор на 1 000÷2 000 *см*. Вариометр приемника $L_в$ состоит из части неподвижной катушки и внутренней подвижной катушки. размерами и числом витков согласно указаниям фиг. 39б; проволока для обмотки — звонковая толщиной с изоляцией ок. 1,5 *мм*. Монтаж приемника см. фиг. 39в, где цифрами на катушке указаны витки, от к-рых нужно делать отводы. Для ограничения вращения катушки делают два упора.

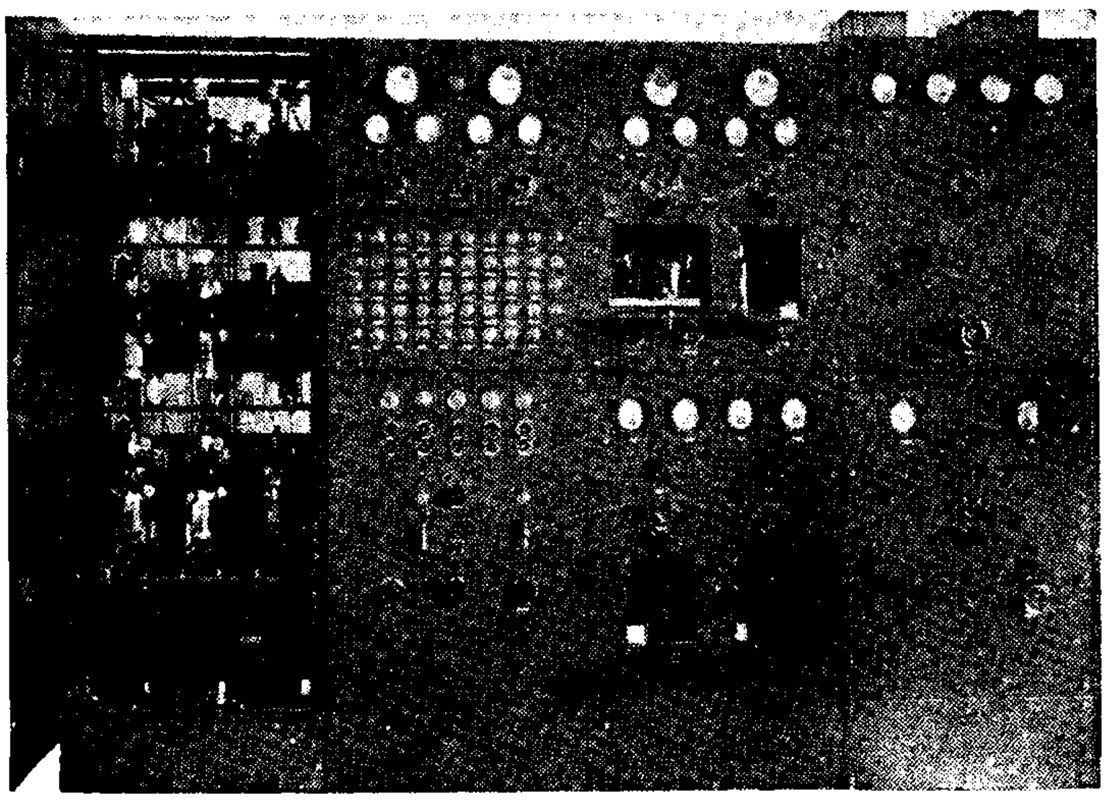
Из описанных в статьях ТЭ методов лампового приема в радиотехнике (автодинного, гетеродинного, негадинного, интерфлексного, инфрадинного, нейтродинного, регенеративного, рефлексного, стенод-радиостатного, супергетеродинного и суперрегенеративного) к 1933—34 гг. наибольшее применение получили приемники, которые выполнены по схеме непосредственного усиления (см. *Усилители*) на основной (принимаемой) частоте, и приемники с преобразованием принимаемой частоты в промежуточную и с последующим усилением на этой последней частоте (именно супергетеродинного типа). Суперрегенераторы теперь употребляются почти исключительно на ультракоротковолновом диапазоне; рефлексные приемники уступили свое место другим главным образом потому, что условия работы ламп, выполняющих различные ф-ии, резко отличаются друг от друга, поэтому применение одной и той же лампы например для усиления и высокой и низкой частоты не является рациональным.



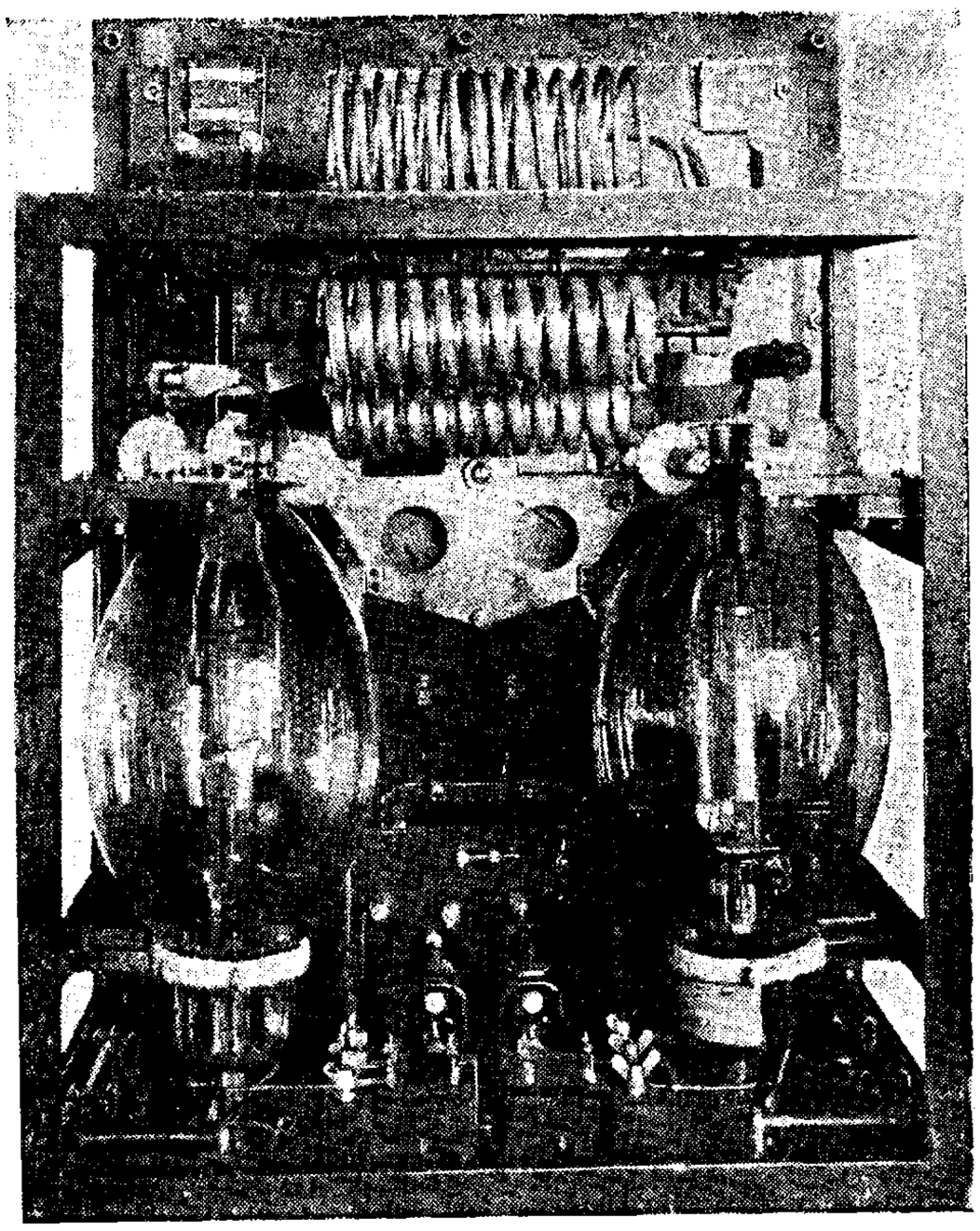
Фиг. 39в.

Что касается нейтродинов, то они утратили всякое значение как массовый приемник после появления ламп с экранированным анодом, допускающих благодаря очень малой величине междуэлектродной емкости значительные усиления без возникновения паразитной генерации. Наконец регенеративные приемники без предварительного усиления на высокой частоте применяются теперь реже, чем раньше,— гл. обр. для приема местных радиостанций.

Радиовещание на коротких волнах потребовало наиболее экономичного решения задачи приспособления распространенных уже в мире в десятках миллионов экземпляров обычных длинноволновых радиовещательных приемников к приему и коротких волн. Т. о. появились два новых приемных устройства: адаптер и конвертер. Адаптер состоит из коротковолновой одноламповой регенеративной единицы, включаемой штепселем в ламповые гнезда детекторной лампы длинноволнового приемника, причем регенеративная единица автоматически подключалась к питанию приемника. В конвертере же (супергетеродинном адаптере) происходит преобразование принимаемой высокой частоты коротковолнового диапазона в частоту вещательного диапазона; эта последняя, являясь промежуточной частотой супера, усиливается, детектируется (второй раз) детектором приемника и усиливается на низкой частоте его усилителем; т. о. при втором решении радиовещательный приемник используется полностью. Комбинация такого конвертера с длинноволновым приемником, в к-ром применяются экранированные лампы, создала «всеволновый приемник», выпускаемый теперь в массовом количестве за границей, как наиболее универсальный приемник (на диапазон 12—2 000 *м*).



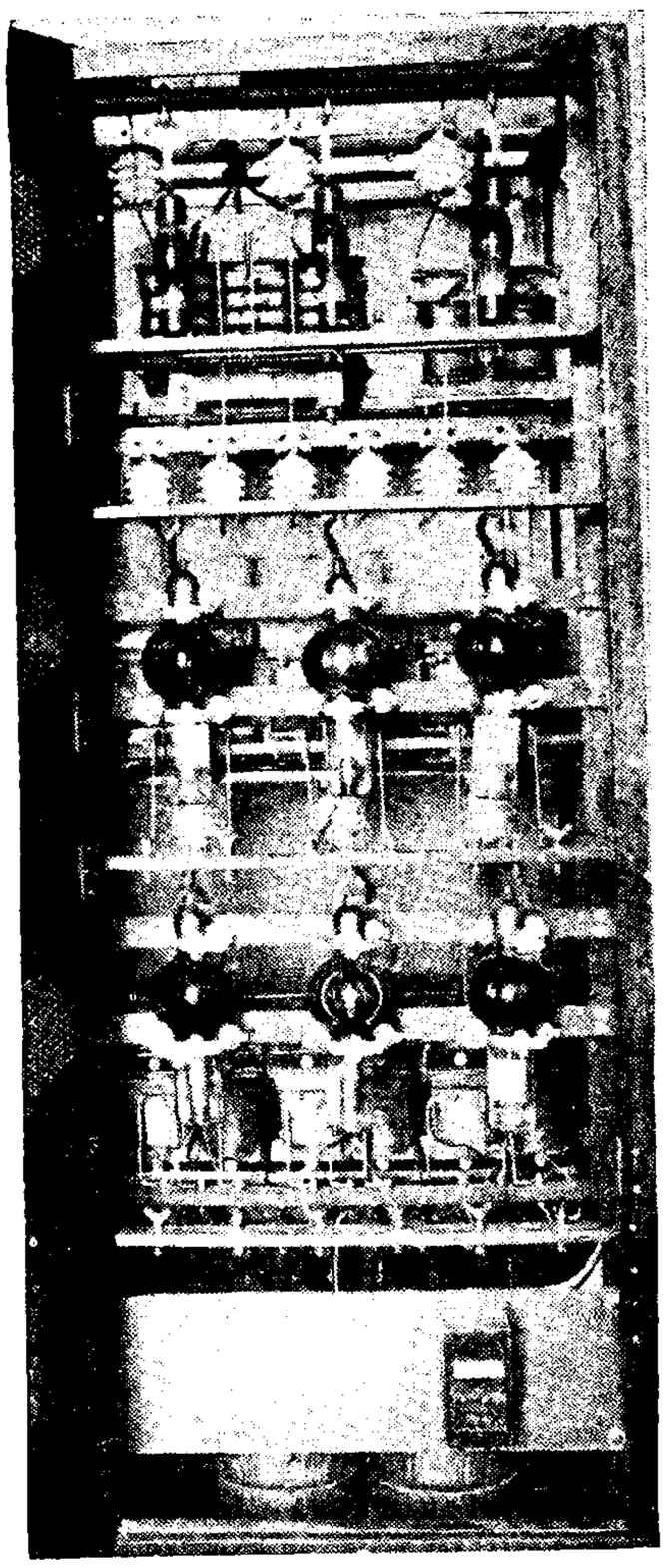
1



2



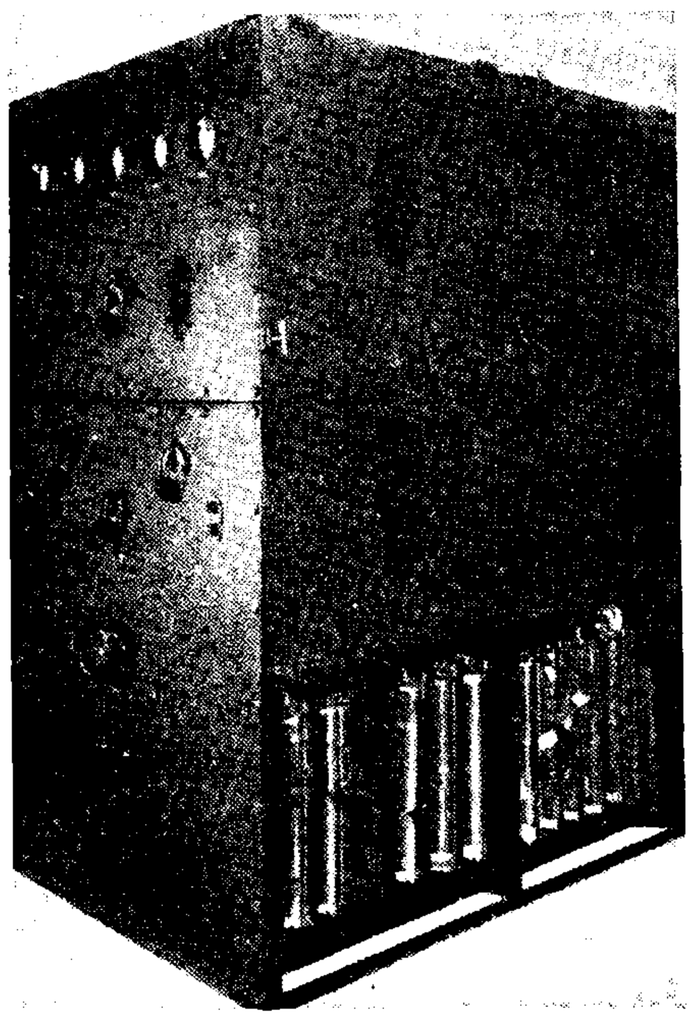
5



3



6



4

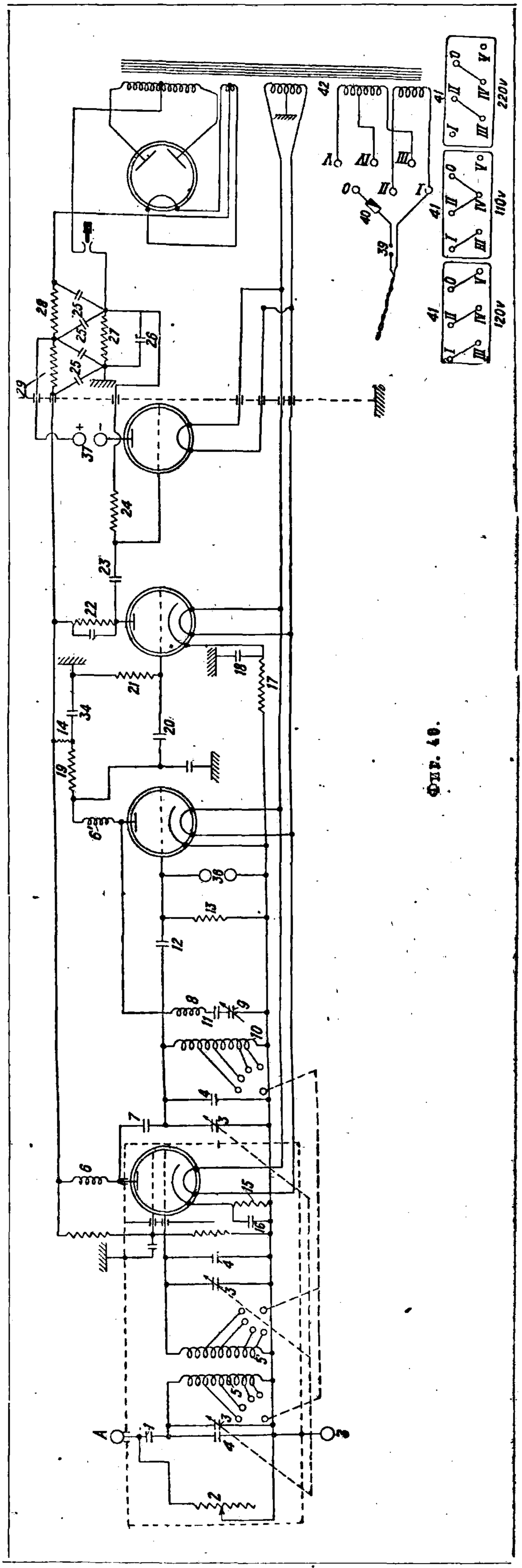
Схемы доминирующих в настоящее время двух типов приемников—с усилением на основной частоте и супергетеродинного—лишь немного изменились в течение последних 4—5 лет. За эти оды развитие приемной аппаратуры шло по линии крупных механич. усовершенствований (начиная с одноручечной настройки) и по линии улучшения всех деталей приемника, введения полосовых фильтров и т. д. Однако современный прогресс в радиоприемниках почти целиком обязан лампе, сделавшейся ведущим звеном радиотехники; схема и конструкции приемников в ряде случаев видоизменяются и приспосабливаются к лампе; поэтому за всеми подробностями о современных ламповых приемниках отсылаем к ст. *Электронная лампа* (см.).

Основные схемы и динамика развития ламповых приемников, применяемых в Зап. Европе и Америке для приема радиовещания, даны в ст. *Ламповый приемник* и *Электронная лампа* (см.). Что касается СССР, то из всех типов радиовещательных ламповых приемников приемник типа ЭЧС-2 (т. е. экранированный четырехламповый с питанием от сети), разработанный Московским электротехническим з-дом им. Орджоникидзе (б. «Мосэлектрик»), получил к началу 1933 г. довольно значительное распространение; поэтому далее приводится его описание как типового для эпохи конца первой и начала второй пятилетки [48, 49].

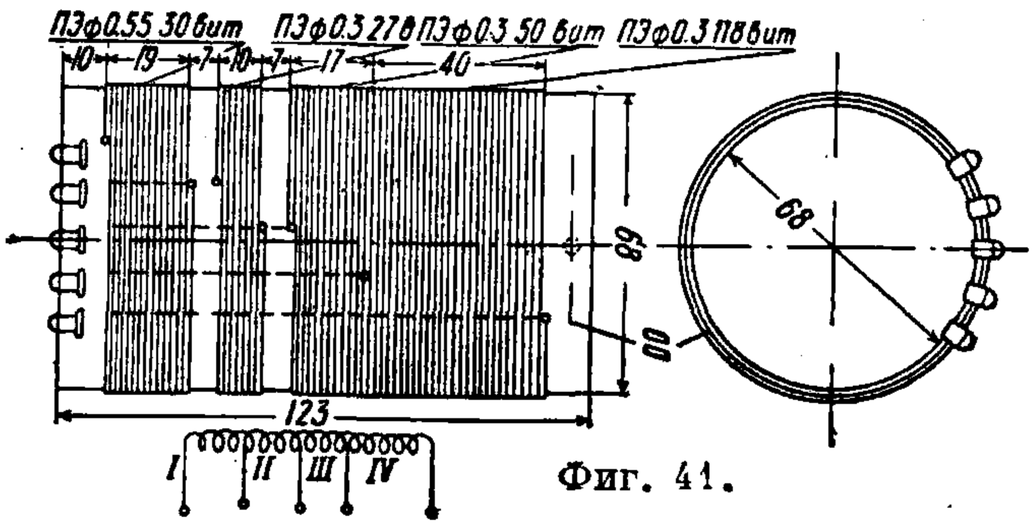
Приемник ЭЧС-2 (вкл. лист, *б*), предназначенный для широкого пользования,—закрытого типа, т. е. все лампы находятся внутри приемника; все питание ламп—от сети переменного тока, причем выпрямительное устройство целиком смонтировано внутри общего с приемником ящика. Как видно из схемы (фиг. 40), приемник можно разбить на 2 части: 1) непосредственно приемник и 2) установку для питания. Приемник относится к типу 1-V-2, т. е. с одним каскадом усиления высокой частоты, ламповым детектором и двумя каскадами низкой частоты. Приемник с обратной связью, степень к-рой регулируется конденсатором переменной емкости; в нек-рых пределах этим же конденсатором можно менять и громкость на выходе (имеется кроме того особый регулятор громкости). Диапазон приемника—стандартный для европейского радиовещания: 200÷2 000 *м* (1 500÷150 kHz) и разделен на 4 частичных:

№ диапазонов	Частота в kHz	Длина волны в *м*
1	150÷ 270	2 000÷1 100
2	270÷ 450	1 100÷ 660
3	450÷ 730	660÷ 410
4	730÷1 500	410÷ 200

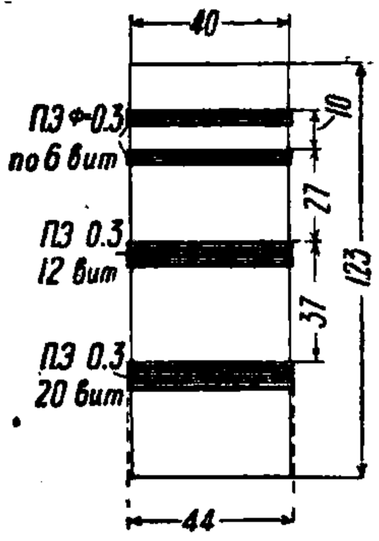
В приемнике используются следующие лампы (з-да Светлана): 1) усиление высокой частоты—экранированная лампа типа СО-124; 2) детекторная лампа—типа СО-118; 3) 1-й каскад усиления низкой частоты—типа СО-118; 4) оконечный каскад усиления низкой частоты—УО-104 (параметры всех ламп—см. *Электронная лампа*). Контур антенны—настраивающийся; связь антенны с ним осуществляется конденсатором *1* постоянной емкости 30 *см*; такой способ связи делает практически независимой настройку антенного контура от параметров антенны, а это в свою очередь позволяет значительно упростить управление приемником, осуществив механическое соединение роторов конденсаторов между собою. С другой стороны, малая величина емкости такого конденсатора увеличивает избирательность приемного устройства. Параллельно антенному контуру включено переменное сопротивление *2* — регулятор (контроль) громкости; такой регулятор теперь выполняется в форме конструкции, аналогичной реостату накала; он дает плавное изменение сопротивления. Общая величина сопротивления регулятора громкости ок. 3 000 Ω. Изменение сопротивления *2* благодаря применению для разных участков сопротивления проволоки различного сечения находится от угла поворота рукоятки регулятора в нелинейной зависимости. Это необходимо для более равномерного действия контроля громкости (т. к. субъективно увеличение или ослабление громкости находится относительно раздражения не в линейной, а в логарифмич. зависимости); следует учитывать также и то, что даже при одинаковой интенсивности громкость является функцией частоты. Настройка антенного контура производится конденсатором *3* переменной емкости



(с воздушным диэлектриком и логарифмич. шкалой), имеющим $C_{max} = 500$ *см*; он входит в систему блока настройки. Параллельно конденсатору *3* включен небольшой конденсатор *4* со слюдяным диэлектриком, емкость которого $C = 40 \div 100$ *см*. Такой конденсатор полупеременного типа служит для идентификации начальных емкостей конденсаторов блока настройки при первоначальной заводской градуировке приемника; для фиксирования требуемой емкости этого конденсатора служит специальный стопорный винт, помещенный внутри приемника. Для увеличения избирательности приемника связь антенного контура с контуром сетки первой лампы выбрана индуктивного типа и небольшой по величине ($2 \div 5\%$); для этого антенная *5* и контурная *5'* катушки смонтированы на сравнительно значительном расстоянии одна от другой. Усиление высокой частоты осуществлено по резонансной схеме с настроенным контуром в цепи анода первой лампы. Т. о. всего в приемнике три высокочастотных колебательных контура; конденсаторы этих трех контуров ($C = 500$ *см*) находятся на одной оси; соответствующие им 3 контурные катушки разбиты для возможности перекрытия рабочего диапазона на 4 секции, переключатели которых работают при помощи общего рычага; при переключении неработающие витки катушек замыкаются накоротко; все 3 катушки одинаковые; основные геометрич. данные такой катушки приведены на фиг. 41. Полная самоиндукция катушки (при *I* положении переключателя) $L = 200 \cdot 10^4$ *см*, при *II* положении—$L = 52 \cdot 10^4$ *см*, при *III*—$L = 21 \cdot 10^4$ *см*, при *IV*—$L = 8 \cdot 10^4$ *см*. Катушки цилиндрические, намотанные на прессшпановом цилиндре; *I*, *II* и *III* секции разнесены друг от друга, чтобы не увеличивать затухания рабочей части катушки при замыкании накоротко неработающих витков; в этих же целях ⌀ провода намотки катушки для наиболее коротких волн взят бо́льшим, чем в остальных секциях. В общем схема приемника является схемой параллельного питания с дросселем высокой частоты *6* (фиг. 40) в анодной цепи и разделительным конденсатором *7* ($C = 500$ *см*). Дроссель—секционированный (для уменьшения собственной емкости C_0); число витков его 1 300, число секций 2; ⌀ провода 0,1 *мм*. L дросселя ок. 0,065 H; $C_0 = 14 \div 20$ *см*. Такой же дроссель *6'* включен в анодную цепь детекторной лампы для блокировки высокочастотной слагающей тока после детектирования. В приемнике использована обратная связь, осуществленная по схеме Рейнарца: посредством катушки *8* и переменного конденсатора *9* с твердым диэлектриком с $C_{max} = 700$ *см*. Катушка обратной связи—цилиндрическая, помещается внутри катушки *10* третьего контура; схема намотки дана на фиг. 42: обмотка разделена на несколько секций, разнесенных друг от друга для получения большей равномерности обратной связи по всему диапазону. Слюдяной конденсатор *11* (фиг. 40) ($C = 5\,000$ *см*) служит предохранительным конденсатором в случае замыкания ротора и статорных пластин конденсатора обратной связи. Детектирование—сеточное: сеточный конденсатор *12* ($C = 200$ *см*), утечка сетки *13* ($R = 1$ МΩ). Сопротивление *14* ($R = 20\,000$ Ω) служит для понижения напряжения на аноде детекторной лампы и является третьим звеном фильтра выпрямителя (с конденсатором *34*, $C = 2\,\mu F$); сопротивление *15* ($R = 1\,000$ Ω), шунтированное емкостью *16* ($C = 5\,000$ *см*), и сопротивление *17* ($R = 6\,000$ Ω), шунтированное конденсатором *18* ($C = 0{,}1\ \mu F$), служат для подачи смещающего напряжения на сетки соответствующих ламп. Усиление низкой частоты в приемнике ЭЧС-2 реализовано по схеме на сопротивлениях, при этом: 1) сопротивление *19* в анодной цепи детекторной лампы ($R = 80\,000$ Ω), переходный конденсатор *20* ($C = 5\,000$ *см*) и утечка сетки *21* ($R = 2$ МΩ); 2) сопротивление *22* в анодной цепи первой лампы усиления низкой частоты ($R = 500\,000$ Ω), переходный конденсатор *23* ($C = 5\,000$ *см*) и утечка сетки *24* ($R = 2$ МΩ).



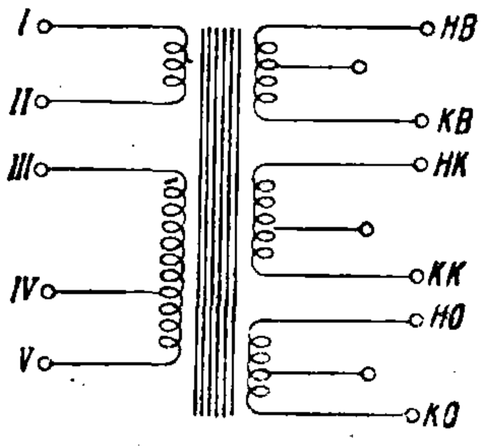
Фиг. 41.



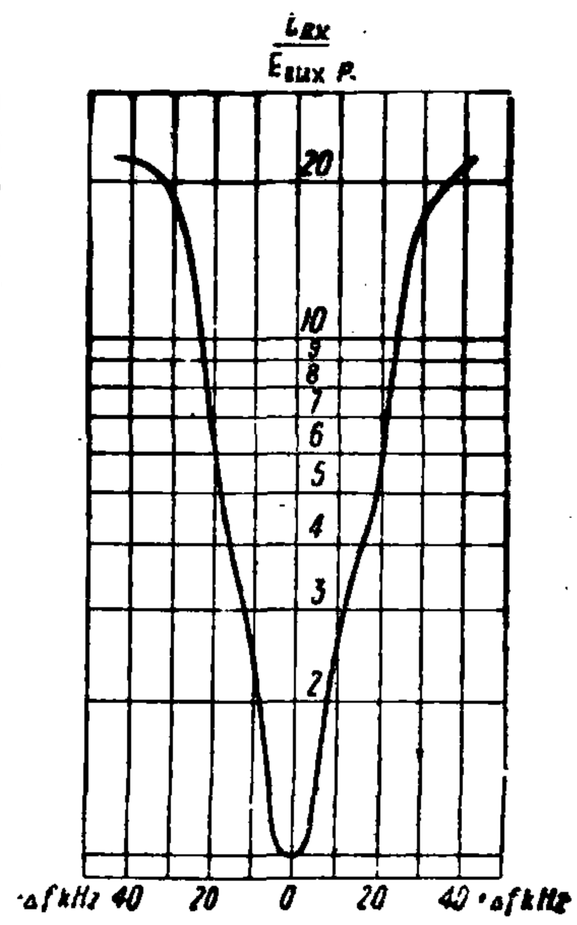
Фиг. 42.

Громкоговоритель в первых двух моделях (ЭЧС и ЭЧС-2) включают непосредственно в разрыв *37* анодной цепи конечной лампы. При этом постоянная слагающая анодного тока проходит через рабочую обмотку *громкоговорителя* (см.), что приводит к добавочным искажениям и часто является причиной перегорания катушек громкоговорителя, т. к. анодный ток лампы УО-104 довольно значителен. Поэтому в третьей модели этого приемника ЭЧС-3 [49], выпускаемой в конце 1933 г., предусмотрен трансформаторный выход; таким образом могут быть рационально включаемы репродукторы как с сопротивлением порядка 10 Ω, так и порядка 2 000 Ω. Модель ЭЧС-3 характеризуется также еще и следующими улучшениями: 1) исключением корректоров и упрощением т. о. настройки приемника путем применения новой формы переменных конденсаторов (с нарезами); 2) применением в качестве детектора не лампы СО-118, а СО-124, экранированной; 3) емкостной связью между антенным контуром и контуром сетки первой лампы. Эти усовершенствования, а также и улучшения (в смысле уменьшения потерь) самих колебательных контуров позволили увеличить в модели ЭЧС-3 чувствительность приемника в диапазоне более длинных волн и повысить избирательность в части более коротких волн.

Питание приемника. Выпрямительное устройство для питания приемника все смонтировано в ящике приемника и состоит из сетевого трансформатора *42*, кенотрона и фильтра. Трансформатор в зависимости от соединений секций первичной обмотки (*41*, фиг. 40) м. б. включаем в электрич. сеть напряжением 110, 120 или 220 V; схема обмоток его дана на фиг. 43. Сердечник трансформатора имеет сечение 10 $см^2$. Обмотки: *I-II*—550 витков, провод ПЭ ⌀ 0,45 *мм*; *III-IV*—550 витков, провод ПЭ ⌀ 0,45 *мм*; *IV-V*—10 витков, провод ПЭ ⌀ 0,55 *мм*; *НВ-КВ*—3 300 витков, провод ПЭ ⌀ 0,15 *мм*; *НК-КК*—20 витков, провод ПБД ⌀ 1,2 *мм*; *НО-КО*—21 виток, провод ПЭ ⌀ 1,6 *мм*. Выпрямитель—по двухполупериодной схеме; применен двуханодный кенотрон типа ВО-116. Фильтр выпрямителя, предназначенный для сглаживания пульсации пи-

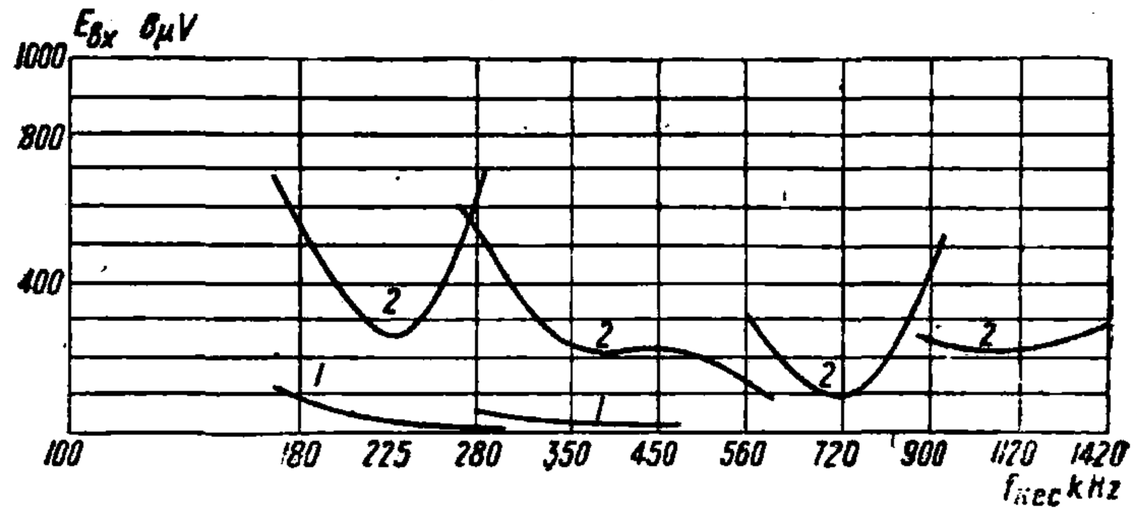


Фиг. 43.



Фиг. 44.

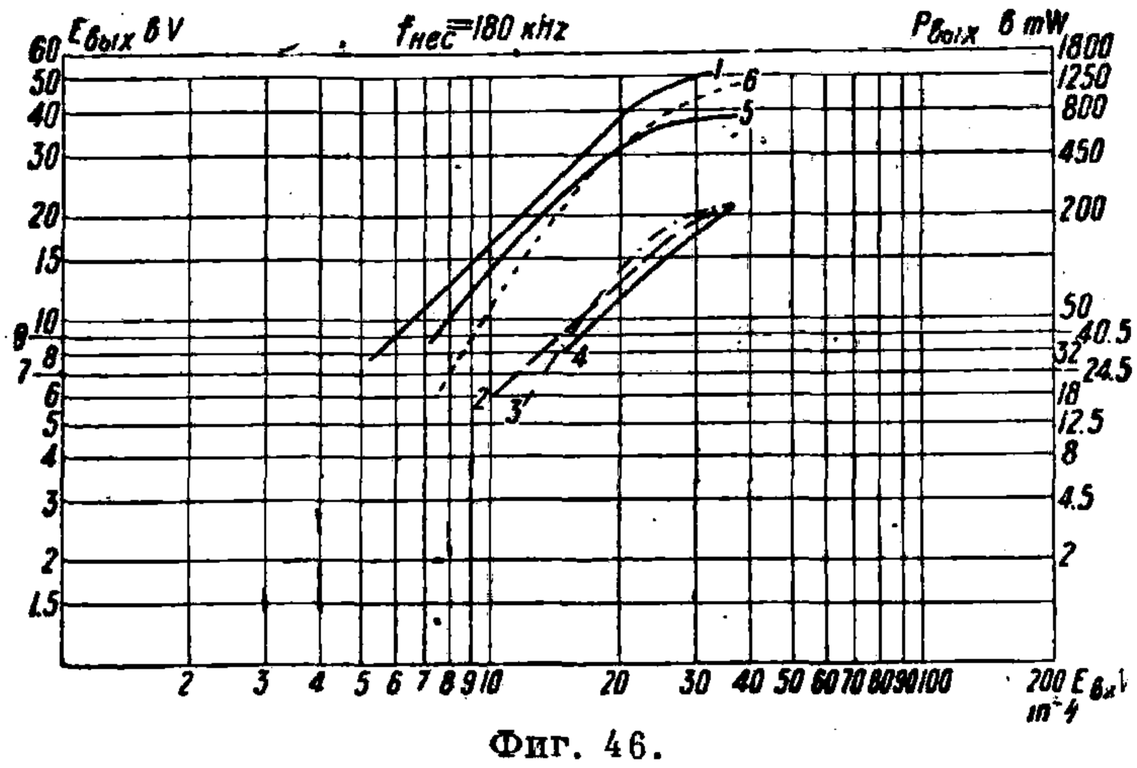
тающего переменного тока, состоит из трех ячеек. В нем вместо дросселей ради дешевизны поставлены сопротивления; степень фильтрации различна в зависимости от питаемой лампы: на детекторную лампу напряжение подается наиболее отфильтрованным (с трех ячеек); на лампу СО-124 (усиление высокой частоты) и на первую лампу усилителя низкой частоты напряжение берется со второго



Фиг. 45.

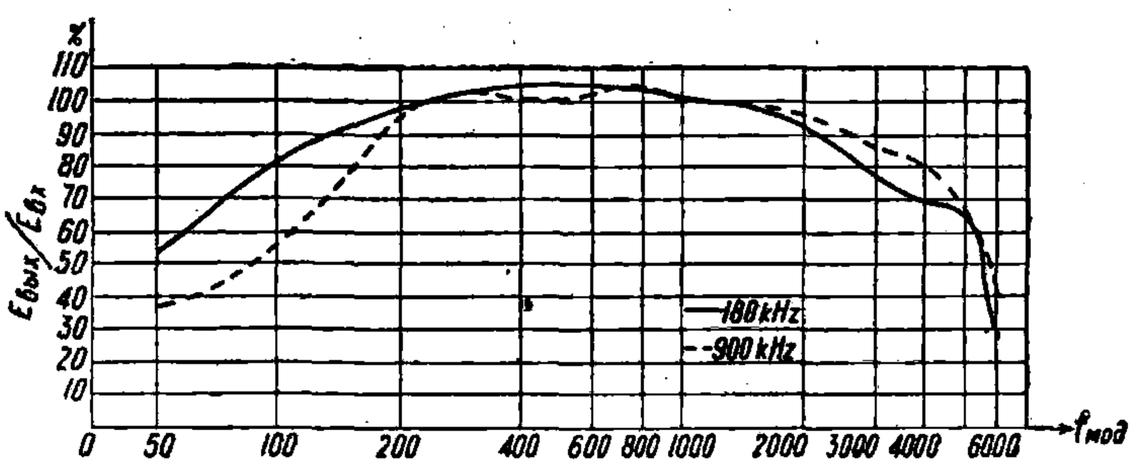
звена фильтра и на оконечную лампу — с первого звена. Пульсация напряжения на выходной лампе компенсируется подачей на сетку этой лампы переменного напряжения, равного по частоте и амплитуде напряжению пульсации, но противоположного по фазе. Величины ем-

костей и сопротивлений фильтра (фиг. 40): *25*—$C=3\,\mu F$; *26*—$C=0{,}1\,\mu F$; *27*—$R=1\,000\,\Omega$; *28*—$R=2\,000\,\Omega$; *29*—$R=8\,000\,\Omega$. Режим ламп приемника: 1) усилитель высокой частоты, СО-124: E_a (анодное)=200 V; $E_{эс}$ (на экранир.



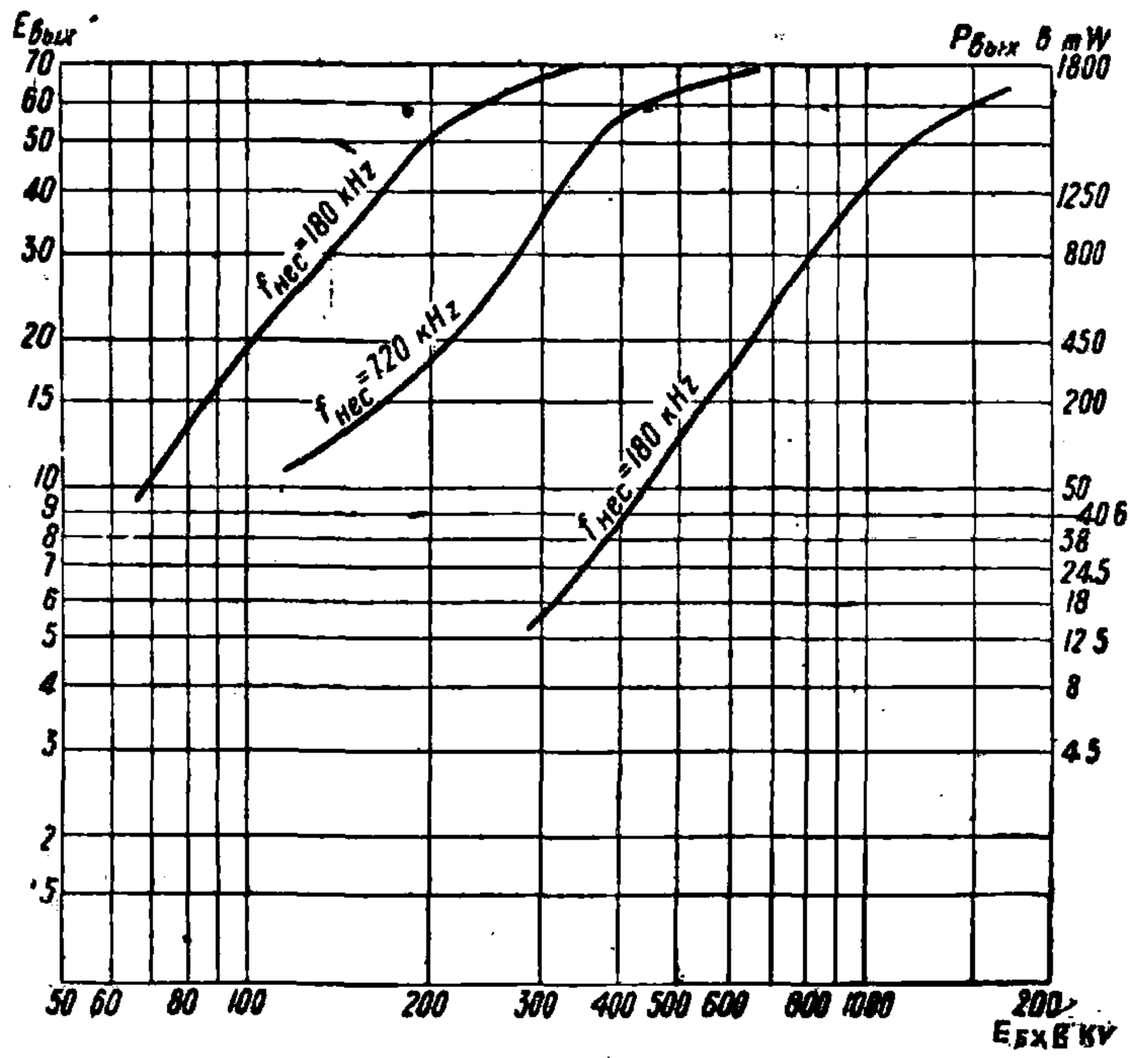
Фиг. 46.

сетке)=25÷30 V; 2) детектор, СО-118: E_a=60÷80 V; 3) усилитель низкой частоты: а) 1—лампа, СО-118: E_a==200 V; E_c (смещение)=2 V; б) 2—лампа, УО-104: E_a==240 V; E_c=35÷40 V. Накал всех ламп 3,8 V. Полное



Фиг. 47.

питание приемника от переменного тока и применение каскада усиления высокой частоты на экранированной лампе вызвали необходимость в тщательном экранировании. Антенный и сеточный контуры помещены в латунные

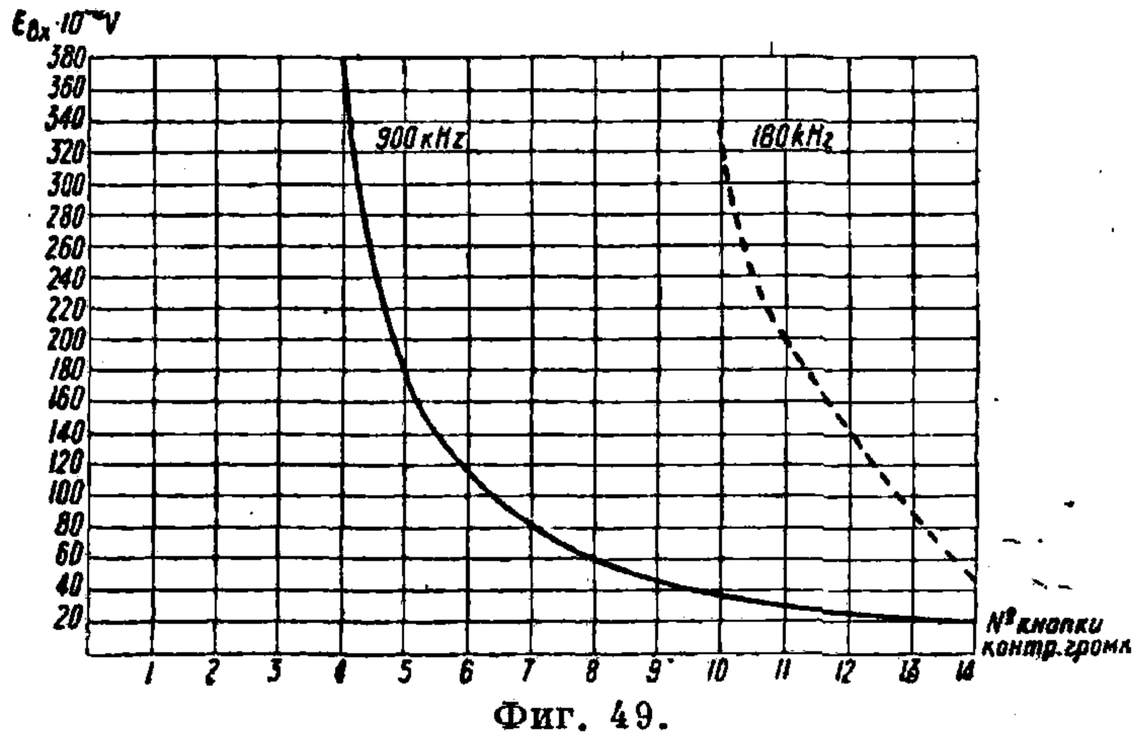


Фиг. 48.

чехлы. Между катушками (оси к-рых для уменьшения индуктивной связи расположены под углом 60°) поставлен экран (у ЭЧС-3 каждая катушка заэкранирована). Выпрямитель также отдельно заэкранирован. Клеммы *36* служат для включения граммофонного адаптера.

Управление приемником в основном производится одной верньерной ручкой, связанной с конденсаторным блоком приемника, состоящим из 3 конденсаторов, насаженных на общую ось. Для более точной настройки имеются рычажки коррекции, сдвигающие статоры конденсаторов антенного и контура сетки лампы высокой частоты. Шкала имеет освещение специальной лампочкой. Регулировка громкости производится ручкой регулятора громкости и ручкой конденсатора обратной связи. Сбоку приемника—рычаг переключения диапазонов. Имеется сбоку также выключатель *39* и предохранитель *40* (трубочка Бозе на 2 А) в цепи первичной обмотки сетевого трансформатора.

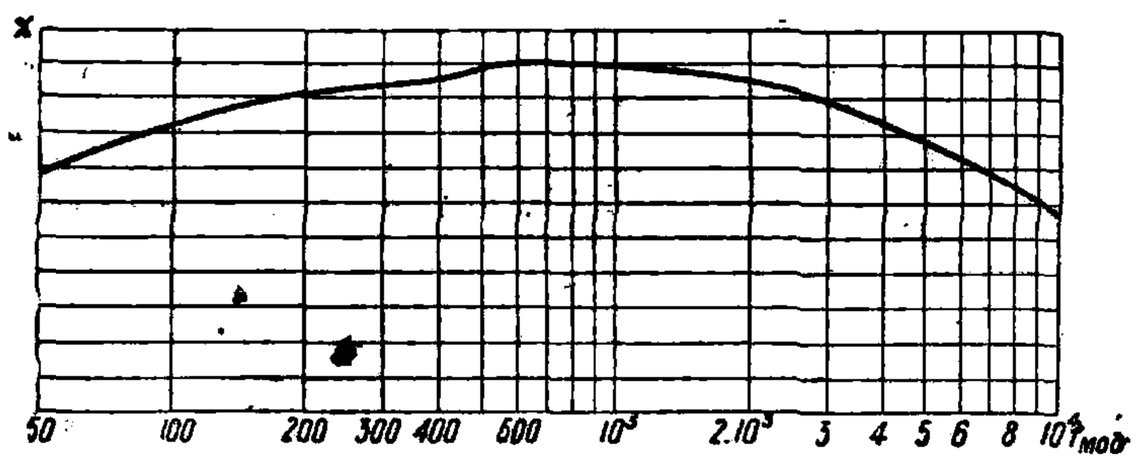
Характеристика приемника ЭЧС-2 [48]. а) Избирательность. Кривая на фиг. 44 получена сл. обр.: от гетеродина к приемнику подводилось напряжение, величина к-рого была такова, чтобы при резонансе контуров напряжение на выходе приемника находилось еще внутри предела прямолинейного участка амплитудной характеристики для неискаженного усиления; при этом фиксировались напряжения на входе и выходе. После этого гетеродин—сигнальный генератор (см. *Избирательность*)—расстраивается в обе стороны от положения резонансной частоты; при этом входное напряжение изменялось настолько, чтобы



Фиг. 49.

выходное напряжение оставалось тем же, что и при резонансе $E_{вых.}(p)$=10 V. Кривая снята для коротких волн для модулирующей частоты f = 1 kHz при коэфициенте модуляции M=30%.

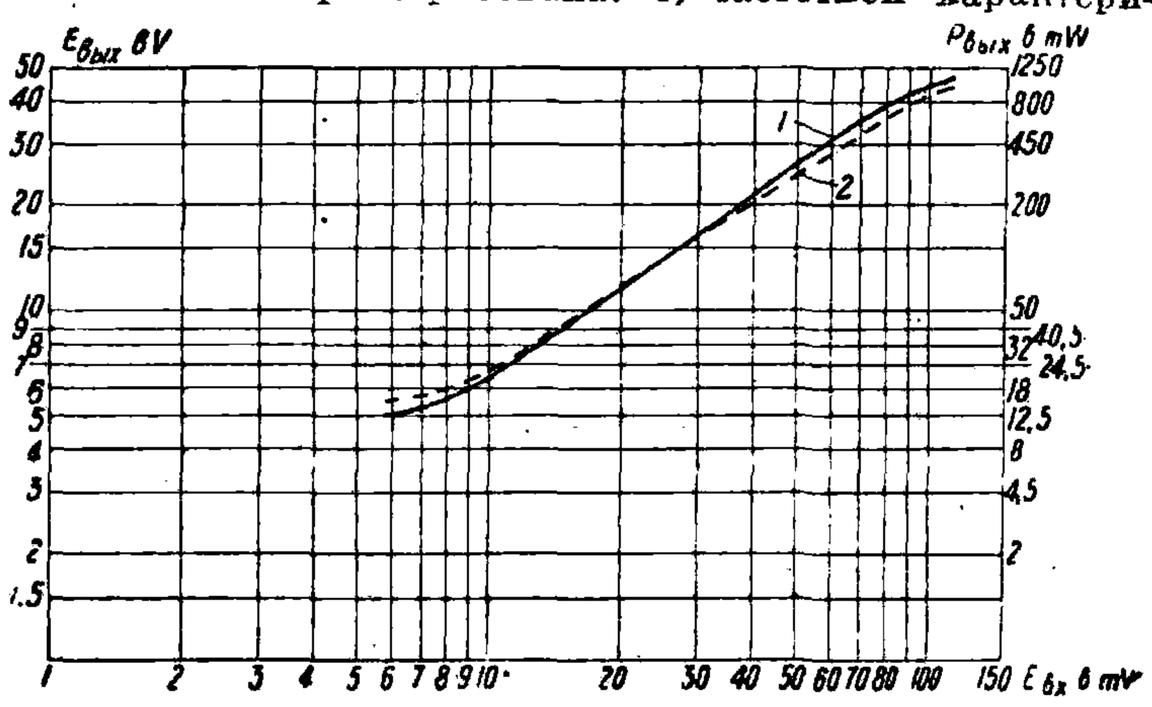
б) Чувствительность. 1) В ф-ии от несущей частоты чувствительность ЭЧС-2 выражена кривыми на фиг. 45; при этом измерении мощность на выходе поддерживалась постоянной ($E_{вых.}$=10 V, что при активном сопротивлении в 2 000 Ω соответствует $P_{вых.}$=Const==50 mW); модулирующая частота $f_{мод.}$=1 kHz; кривые



Фиг. 50.

1—при максимальной обратной связи; кривые *2*—при минимальной обратной связи. 2) В ф-ии от входного напряжения при несущей частоте f_0=180 kHz (λ_0=1 660 м) чувствительность ЭЧС-2 при разных режимах выражена кривыми на фиг. 46. На этой фигуре кривая *1* соответствует $f_{мод.}$=400 Hz, M=30%; кривая *2*—$f_{мод.}$=400 Hz, M=10%; *3*—$f_{мод.}$=1 000 Hz, M=10% с обратной связью; *4*—$f_{мод.}$=1 000 Hz, M=10% без обратной связи; *5*—$f_{мод.}$=1 000 Hz, M=30% с обратной связью: *6*—$f_{мод.}$=1 000 Hz, M=30% без обратной связи.

в) Воспроизводительность приемника ЭЧС-2 м. б. охарактеризована: 1) частотной характери-



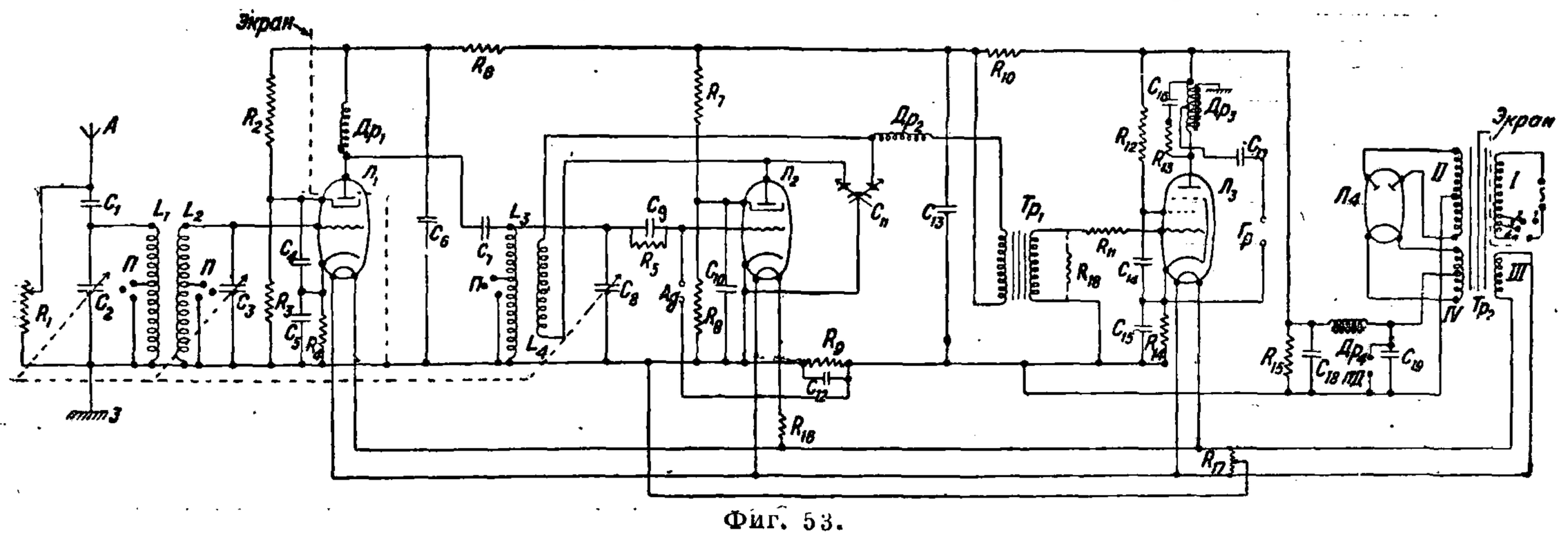
Фиг. 51.

стикой (фиг. 47): $E_{вых.}$: $E_{вх.}\varphi$ ($f_{мод.}$), представленной в %-ном отношении к прохождению модулирующей частоты $f_{мод.}$=1 000 Hz; 2) амплитудной характеристикой (в целом): $E_{вых.}=f(E_{вх.})$ при $f_{мод.}$=1 000 Hz=Const и M=30%=

=Const (фиг. 48); при этом крайние кривые—для $f_{нес.}$=180 kHz (левая—при максимуме обратной связи), средняя кривая—для $f_{нес.}$=720 kHz при минимуме обратной связи; сопротивление (активное) нагрузки 2 000 Ω. На фиг. 49 показана характеристика действия контроля громкости, именно зависимость величины $E_{вх.}$, требующейся для получения нормальной мощности на выходе в ф-ии положения регулятора громкости; сплошная кривая—для $f_{нес.}$=900 kHz, пунктирная кривая—для $f_{нес.}$=180 kHz. На фиг. 50 дана частотная характеристика блока низкой (звуковой) частоты (в %-ном отношении к прохождению модулирующей частоты $f_{мод.}$=1 000 Hz); на фиг. 51—амплитудная характеристика того же блока, причем кривая *1* соответствует $f_{мод.}$=1 000 Hz, а кривая *2*—$f_{мод.}$=400 Hz.

На фиг. 52 представлена схема приемника, выпускаемого в массовом количестве в 1934 г. заводом имени Козицкого [49] (в Ленинграде). Приемник для обычного радиовещательного диапазона частот собран по схеме 1-V-2 (как и ЭЧС-2), назван типом ЭКЛ-4; по внешнему оформлению он отличается от приемника ЭЧС-2 тем, что в одном ящике заключен как приемник, так и динамический громкоговоритель (*39* на фиг. 52); все устройство питается целиком от переменного тока. Обозначения на фиг. 52 означают следующее: *1*—катушка *I* контура (антенная), *2*—катушка *II* контура, *3*—катушка *III* контура, *4*—переключатель диапазона волн, *5*—конденсатор переменной емкости 540 *см*, *6*—дроссель высокой частоты, *7*—сопротивление проволочное 190 Ω, *8*—то же 8 000 Ω, *9*—сопротивление типа Каминского 10 000 Ω, *10*—то же 10 000 Ω, *11*—то же 30 000 Ω, *12*—то же 10 000 Ω, *13*—то же 30 000 Ω, *14*—то же 40 000 Ω, *15*—то же 40 000 Ω, *16*—то же 50 000 Ω, *17*—то же 50 000 Ω, *18*—то же 70 000 Ω, *19*—то же 150 000 Ω, *20*—то же 0,7 MΩ, *21*—сопротивление проволочное на 740 Ω с отводом от 50 Ω, *22*—конденсатор постоянной емкости 115 *см*, *23*—то же 200 *см*, *24*—то же 500 *см*, *25*—то же 5 000 *см*, *26*—то же 10 000 *см*, *27*—то же 10 000 *см*, *28*—то же 20 000 *см*, *29*—то же 20 000 *см*, *30*—то же 0,25 μF, *31*—то же 0,5 μF, *32*—то же 2 μF, *33*—то же 2 μF, *34*—то же 2 μF, *35*—то же 2 μF (на 400 V), *36*—то же 1 μF (на 1 000 V), *37*—конденсатор на 20 000 *см* со средним выводом, *38*—выходной трансформатор, *39*—динамич. громкоговоритель, *40*—блокировочный выключатель, *41*—силовой трансформатор, *42*—2-полюсный выключатель, *43*—предохранители типа Бозе, *44*—сопротивление типа Каминского 100 000 Ω, *45*—лампочка, освещающая шкалу.

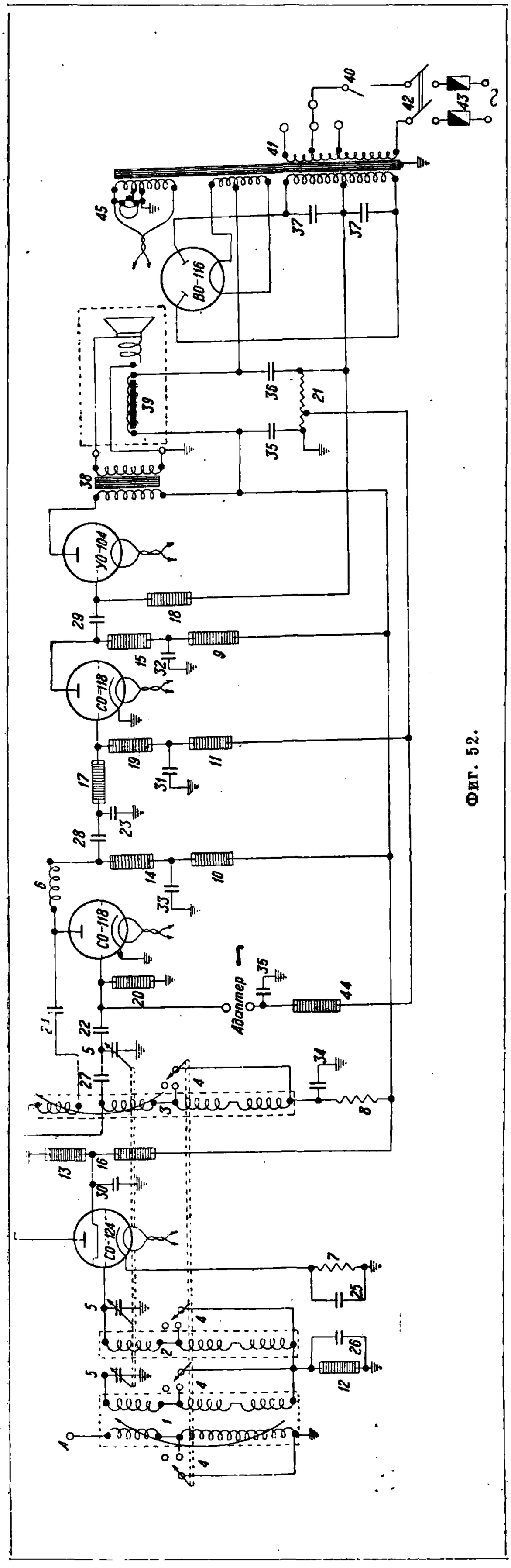
Современным ламповым приемником радиолюбительского типа является модернизованная схема весьма популярного приемника типа «Экр-10» [50]—«Экр-14», данная на фиг. 53.



Фиг. 53.

Применения Т. в. ч. Т. в. ч. по своим конкретным применениям м. б. классифицирована сл. обр.: 1) радио для целей связи—см. *Беспроволочная связь*, *Многократный прием* в радиотехнике, *Быстродействующие радиопередача и радиоприем*, *Центры* радиотелеграфные, *Самолетная радиостанция*, *Авиационная радиостанция*, *Дирижабль*, радиооборудование; 2) радио для навигационных целей — см. *Пеленгатор* в радиотехнике, *Радиомаяк*, *Радиоакустическая сигнализация*, *Радиокомпас*, *Засечка* в радиотехнике; 3) токи высокой частоты в металлургии—см. *Электрические печи*; 4) радиовещание и радиофикация—см. *Широковещание*; 5) передача изображений и дальневидение—см. *Телевидение*, *Фототелеграфия*, *Дальневидение*, *Фотоэлементы*, *Вольфрамовое фотореле*, *Генерирующий фотоэлемент*; 6) управление механизмами на расстоянии — см. *Телемеханика*; 7) связь токами высокой частоты—см. *Многократное телеграфирование* и *телефонирование*; 8) токи высокой частоты в музыке — см. *Электромузыкальные инструменты*. Вопросы питания радиотехнич. установок см. *Батарея*, *Выпрямитель*.

Лит.: [1]) Баженов В., Русская радиотерминология, «ТиТБП», Л., 1929, *1* (*52*); [2]) Невяжский И., Однокиловаттный передатчик на диапазон волн 16—90 *м*, «Известия Электропромышленности слабого тока», Л., 1932, *9*, 1933, *4—5*; [3]) Pedersen P., The Propagation of Radio Waves, Copenhagen, 1927; [4]) Fassbender H., Hochfrequenztechnik in der Luftfahrt, B., 1932; [5]) Abraham M., Funkentelegraphie u. Elektrodynamik, «Phys. Ztschr.», Lpz., 1901, B. 2; [6]) Hack F., Das elektromagnetische Feld in der Umgebung eines linearen Oszillators, «Ann. d. Phys.», Lpz., 1904, B. 14; [7]) Zenneck J., Über die Fortpflanzung ebener elektromagnetischer Wellen längs einer ebenen Leiterfläche und ihre Beziehung zur drahtlosen Telegraphie, ibid., 1907, B. 23, «Phys. Ztschr.», Lpz., 1908, B. 9; [8]) Sommerfeld A., Über die Ausbreitung der Wellen in der drahtlosen Telegraphie, «Ann. d. Phys.», Lpz., 1909, B. 28, 1920, B. 62, 1926, B. 81; [9]) Sommerfeld A., Die Überwindung der Erdkrümmung durch die Wellen der drahtlosen Telegraphie, Jahrbuch d. drantlosen Telegraphie und Telephonie, B., 1917, B. 12; [10]) van der Pol B. u. Niessen K., Über die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen über eine ebene Erde, «Ann. d. Phys.», Lpz., 1930, B. 6; [11]) van der Pol B., Über die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen, «Ztschr. d. Hochfrequenztechnik», B., 1931, B. 37; [12]) Strutt M., Messung der elektrischen Erdbodeneigenschaften zwischen 20 und $12 \cdot 10^7$ Hertz, «Elektrische Nachrichten-Technik», 1930, B. 7; [13]) Fassbender H., Eisner F. u. Kurlbaum G., Untersuchung über die Ausbreitungsdämpfung elektromagnetischer Wellen und die Reichweiten drahtloser Stationen im Wellenbereich 200 bis 2000 m., ibid., 1930, B. 7; [14]) Barfield R., The Attenuation of Wireless Waves over Land, «Journ. of the Institution of Electrical Engineers», L., 1928, v. 66; [15]) Watson G., The Transmission of Electric Waves by the Earth, «Proceedings of the Royal Society of London», Ser. A, L., 1919, v. 95; [16]) Weyrich R., Zur Theorie der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen längs der Erdoberfläche, «Ann. d. Physik», Lpz., 1928, B. 85; [17]) Kenrick G., Radio Transmission Formulae, «Physical Review», L., 1928, v. 31; [18]) Appleton E. a. Ratcliffe I., On the Nature of Wireless Signal Variation, «Proceedings of the Royal Society of London», Ser. A, L., 1927, v. 115; [19]) Kennely A., On the Elevation of the Electrical Conduction Strata of the Earth's Atmosphere, «Electr. World», 1902, v. 39: [20]) Eccles W., On the Diurnal Variations of the Electric Waves Round the Land of the Earth, «Proc. of the Royal Society of London», L., 1912, v. 87; [21]) Larmor J., Why Wireless Electric Rays Can Bend Round the Earth, «Phylosophical Magazine», L., 1924, v. 48; [22]) Hove G., Phasen- und Gruppengeschwindigkeiten in einem ionisierten Medium, «Ztschr. f. Hochfrequenztechnik», Berlin, 1927, B. 30; [23]) Appleton E., Geophysical Influences on the Propagation of Wireless Waves, «Proceedings of the Physical Society», London, 1925, v. 37; [24]) Appleton E. a. Barnett M., Wireless Wave Propagation, «Electrician», L., 1925, v. 94; [25]) Nichols H. a. Schelleng J., Propagation of Electric Waves over the Earth, «Bell Syst. Techn. Journ.», N. Y., 1925, v. 4; [26]) Reinartz J., The Reflection of Short Waves, «Q. S. T.», Hartford, Con., 1925, v. 9, 4; [27]) Taylor A., An Investigation of Transmission on the Higher Radio Frequencies, «Proceedings of the Institute of Radio Engineers», N. Y., 1925, v. 13; [28]) Taylor A. a. Hulburt E., Wave Propagation at High Frequencies, «Q. S. T.», Hartford, Con.,



Фиг. 52.

1925, v. 9, *10*; [29]) Taylor A. a. Hulburt E., The Propagation of Radio Waves over the Earth, «Physical Review», N. Y., 1926, v. 27; [30]) Baker W. a. Rice C., Refraction of Short Radio Waves in the Upper Atmosphere, «JAIEE», 1926, v. 45; [31]) Lassen H., Über die Ionisation der Atmosphäre und ihren Einfluss auf die Ausbreitung der kurzen elektrischen Wellen der drahtlosen Telegraphie, «Ztschr. f. Hochfrequenztechnik», B., 1929, B. 28; [32]) Lassen H., Die täglichen Schwankungen des Ionisationszustandes der Heaviside-Schicht, «Elektrische Nachrichten-Technik», B., 1927, B. 4; [33]) Försterling K. u. Lassen H., Die Ionisation der Atmosphäre und die Ausbreitung der kurzen elektrischen Wellen (10—100 m.) über die Erde, «Ztschr. f. techn. Physik», Lpz., 1931, B. 12, *10*, *11*; [34]) Bureau of Standards, Bibliography on Radio Wave Phenomena and Measurement of Radio Field Intensity, «Proceedings of the Institute of Radio Engineers», N. Y., 1931, v. 19, *6*; [35]) Wilson W. a. Espenschild L., Radiotelephone Service to Ships at Sea, «Bell Syst. Techn. Journal», N. Y., 1930, v. 9: «JAIEE», 1930, v. 49; [36]) Dowsett H., Commercial Short Wave Wireless Communications, «Marconi Review», L., 1929, v. 13; [37]) Prescott M., The Diurnal and Seasonal Performance of High Frequency Radio Transmission over Various Long Distance Circuits, «Proc. Inst. of Radio Engineers», N. Y., 1930, v. 18; [38]) Edes N., Some Experiences with Short Wave Wireless Telegraphy, ibid., N. Y., 1930, v. 18; [39]) Beverage H. a. Peterson H., Diversity Receiving System of R. C. A., Communications, Inc. for Radiotelegraphy, ibid., N. Y., 1931, v. 19, *4*; [40]) Joschek R., Registrierung von atmosphärischen Störungen, «Elektrische Nachrichten-Technik», B., 1929, B. 6; [41]) Ollendorf F., Über das Strahlungsfeld des Blitzes, ibid., B., 1930, B. 7; [42]) Schildenhaner F., Über elektromagnetische Störungen, ibid., B., 1928, B. 5; [43]) Шапошников С., Самодельный приемник с диапазоном волн от 330 до 1 500 *м*, «Радиолюбитель», М., 1924, т. 1, *7*: [44]) Heaviside O., Encyclopaedia Britanica, L., 1902, v. 33; [45]) Sacklovsky A., Die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen, B., 1928; Einzeldarstellungen aus elektrischen Nachrichtentechnik, hrsg. v. F. Moench, B. 2, B., 1928; [46]) Баженов В., Основы теории радиоприема, вып. 1, М.—Л., 1930; [47]) Баркгаузен Г., Электронные лампы, пер. с нем., т. 3, М.—Л., 1932; [48]) Крылов Н., Теория и расчет радиоприемных устройств, Л., 1932—33, *1—3*; [49]) «Радиофронт», М., 1933, *10*; [50]) там же, М., 1931, *21/22* и 1933, *8*.—Кляцкин И., Основы радиотехники, М., 1933; «Известия электропромышленности слабого тока», Л., с 1932 г.; «Радиофронт», М., с 1931 г.; «Говорит СССР», М., с 1933 г.; «Новости заграничной радиотехники», с 1933 г.; «Радио». Харьков, с 1930 г.; «Electronics», N. Y., ab 1930; «L'Onde électrique», P., ab 1922; «Experimental Wireless and Wireless Engineer», L., ab 1924; «QST», West Hartford, Conn., ab 1916; «Wireless World and Radio Review», L., ab 1912; «Elektrische Nachrichten-Technik», B., ab 1925; Fassbender H., Hochfrequenztechnik in der Luftfahrt, B., 1932; Schröter, Handbuch des Fernsehen, B., 1933; Frony, Short Wave, N. Y., 1933; Emil, Manuel de réception, P., 1931; Brown, Radio Mesurements, L., 1931; Nesper E., Bibliothek des Radioamateurs, B., ab 1924; Barkhausen H., Die Elektronen—Röhren, B. 1—4,3 Aufl., Lpz., ab 1926; Morecroft J., Elements of Radiocommunication, N. Y., 1929; Morecroft J., Electron Tubes, N. Y., 1933; van der Bijl H., The Thermionic Vacuum Tube a. its Applications, N. Y., 1924. См. также литературу к статьям: *Беспроволочная связь*, *Радиосеть* и другим, на которые даны ссылки в тексте.

В. Баженов.

ТЕХНИКА РУЖЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА.

Ружья, револьверы и пулеметы, принятые на вооружении армий милиции и войск охраны, состоят из большого количества точных деталей, в изготовлении к-рых давно уже требовался однородный метод производства для каждого типа оружия, поэтому производство такого рода оружия уже давно широко механизировано. На оружейных з-дах, впервые построенных в Европе во второй половине прошлого столетия (до тех пор изготовление т. н. военного оружия производилось б. или м. кустарным способом), мы находим уже явно выраженное массовое производство, в котором в конце прошлого столетия появились уже типичные признаки поточной системы, все более прививающейся за последнее время в металлообрабатывающей пром-сти. Хотя ленточные транспортеры и другие способы механического передвижения не были еще известны, на крупных з-дах для каждой операции рабочего процесса были пред-

назначены определенные станки, к-рые устанавливались в порядке последовательности производства. Путем последовательной передачи обрабатываемой детали со станка на станок здесь возникло подобие поточной системы, возможно даже без достаточной оценки всех ее преимуществ. Производственные методы на з-дах, изготовляющих военное оружие, остаются на сегодняшний день теми же самыми, с той лишь разницей, что в последнее время широко стал применяться механизированный транспорт для сокращения времени, необходимого для того, чтобы из сырого материала получить готовую продукцию. При производстве охотничьего и спортивного оружия метод типичного массового производства не может применяться, т. к. здесь приходится в известных пределах считаться с желаниями различных покупателей. Это вносит нек-рое разнообразие в изготовление деталей и вызывает необходимость штучной или ручной обработки. Путем применения в различных моделях оружия нек-рого количества одинаковых деталей пытаются использовать преимущества массового производства. Очень дорогое охотничье и спортивное оружие изготовляется и сейчас кустарным способом, и необходимо отметить искусство выполнения отдельных сложных деталей. Изготовление отдельных деталей военного оружия происходит по чертежам и заранее разработанным процессам обработки и по определенным допускам, за к-рыми установлен после каждой операции контроль при помощи шаблонов и калибров. Это обеспечивает для каждой отдельной детали соблюдение зачастую очень жестких допусков. Эти допуски устанавливаются при конструировании военного оружия для возможности замены в дальнейшем отдельных деталей с учетом влияния в процессе изготовления термической обработки, цементации, закалки и т. д. В последнее время закаленные поверхности деталей оружия для устранения неизбежной деформации шлифуются еще раз на специальных станках; этим достигается выдвигаемое в настоящее время условие взаимозаменяемости всех деталей оружия. Это условие практически проверяется на оружии часто таким образом, что известное количество ненумерованных экземпляров оружия разбирается, затем вновь собирается из перемешанных деталей, причем вновь собранное оружие должно действовать совершенно безукоризненно. При производстве охотничьего и спортивного оружия такое требование невыполнимо, потому что методы не массового производства оружия не разрешают таких жестких допусков.

Еще примерно десять лет назад для изготовления б. ч. ружейных и револьверных деталей применялась литая сталь с низким содержанием углерода. Только пружины и детали, имеющие назначение пружинящих частей, изготовлялись из тигельной стали с содержанием 0,6% углерода. В последнее время однако часто применяются выплавленные в электропечах легированные стали, уже и раньше применявшиеся для пулеметных деталей, к к-рым предъявлялись более высокие требования. Эти сорта стали в зависимости от назначения имеют примеси хромо-ванадия, никеля, хромоникеля, хромо-силиция и кремнистого марганца и содержат иногда незначительные примеси молибдена. В табл. 1 даны сорта сталей, применяемых в современном ружейном производстве, с указанием свойств изготовляемых из них частей. Для ружейных и револьверных стволов применяют литую тигельную сталь с низким содержанием углерода, сопротивление к-рой на износ повышается благодаря примеси небольших количеств марганца и вольфрама. Эти сорта сталей, в особенности последние, перед обработкой уплотняются (подвергаются проковке) и применяются для изготовления пулеметных стволов с водяным охлаждением. Значительно более высокие требования предъявляются к сталям для изготовления стволов легких пулеметов, получивших за последнее время значительное распространение. Для экономии в весе водяное охлаждение здесь не применяется, а потому при длительной стрельбе стволы сильно нагреваются. Вызываемое этим нагреванием уменьшение прочности пытаются возместить примесями хрома, ванадия, молибдена и марганца и особо высоким уплотнением. В табл. 2 даны характеристики сортов стали, чаще всего применяемых для изготовления стволов, с указанием типов стволов. Для стволов дешевого охотничьего и спортивного оружия применяются дешевые сорта стали, тогда как для изготовления высокосортного охотничьего оружия применяются нержавеющие стали с высоким содержанием хрома или хромоникеля. Эти сорта стали имеют ряд преимуществ также и для стволов военных винтовок и пулеметов в отношении сопротивления их разъеданию, однако широкого применения они пока не получили вследствие недостаточной их прочности и трудности обработки.

Сырой материал для изготовления деталей оружия обычно получается со сталелитейных з-дов в виде прокатных прутков. Часто детали, изготовляемые из малоуглеродистой стали (табл. 1), подвергаются ковке в штампах по-

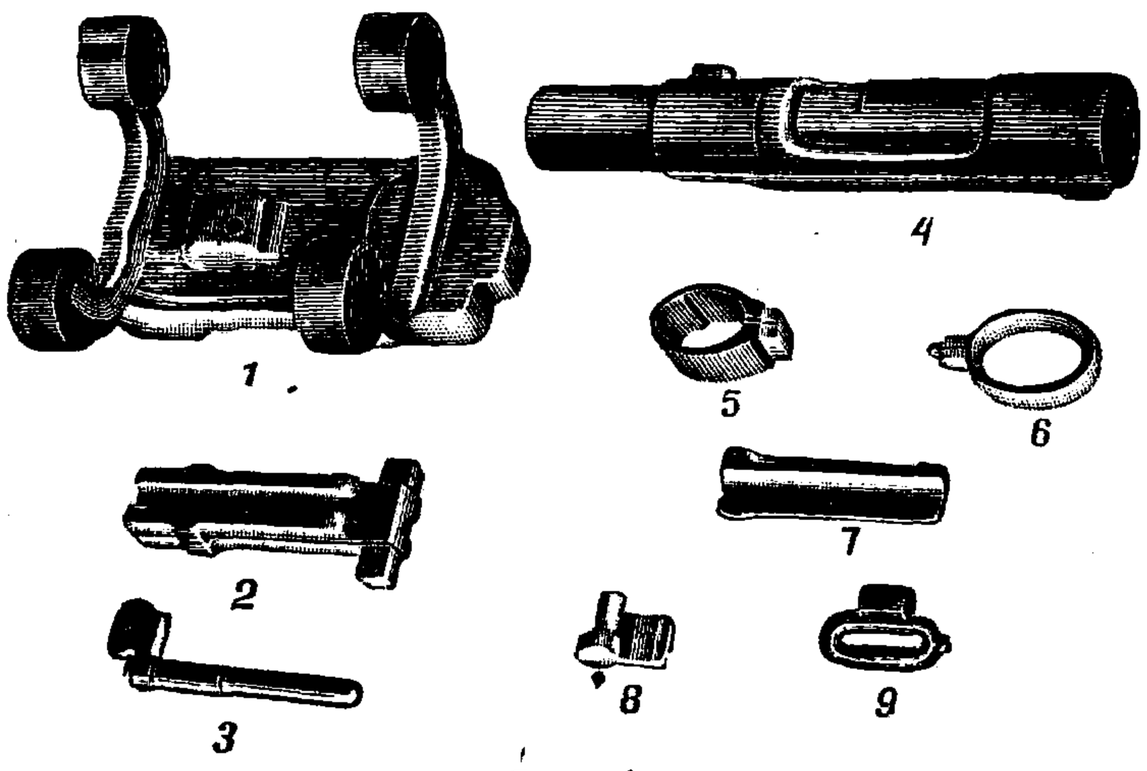
Табл. 1.—Материалы для ружейных частей.

№	Химический состав в %						Механические свойства		Удлинение, %	Применение
	C	Mn⩽	Si⩽	Cu⩽	P⩽	S⩽	Предел пропорциональности, *кг/мм²*	Временное сопротивление разрыву, *кг/мм²*		
1	0,15÷0,2	0,65	0,3	0,12	0,03	0,03	⩾18	30÷45	⩾25	Мало напряженные незакаленные части
2	0,25÷0,3	0,65	0,3	0,12	0,03	0,03	⩾20	43÷50	⩾22	Мало напряженные цементируемые части
3	0,3 ÷0,4	0,65	0,3	0,1	0,03	0,03	⩾21	50÷60	⩾18	Выше напряженные мягкие части или части, частично цементованные KCN
4	0,6 ÷0,7	0,7	0,3	0,1	0,03	0,03	⩾30	65÷75	⩾16	Пружины и пружинящие закаленные части

Табл. 2.—Материалы для ружейных стволов.

№	Химический состав в %								Механические свойства		Удлинение, %	Применение
	C	Si	Mn	S и P	W	Cr	V	Mo	Предел пропорциональности, кг/мм²	Временное сопротивление разрыву, кг/мм²		
1	0,6÷0,7	0,3÷0,45	⩽0,7	0,04					55	85÷95	12	Пистолетные и ружейные стволы
2	0,6÷0,75	0,45	0,5	0,06	1,8÷2,1				55	~85	12	Ружейные и охлаждаемые водой пулеметные стволы
3	0,65	0,25	0,55	S⩽0,03 P⩽0,02		0,9	0,2		80	100÷110	9	Охлаждаемые водой пулеметн. стволы
4	0,03	0,25		S⩽0,03 P⩽0,02	7	1,5	0,3	0,25	75	95÷105	8	Охлаждаемые воздухом пулеметные стволы
5	0,03	0,3	0,5	S⩽0,03 P⩽0,02		13			80	100	10	Нержавеющие, охлаждаемые воздухом пулеметн. стволы

средством падающего молота, так как ковка, уплотняя материал, одновременно повышает его качества. На фиг. 1 изображены поковки деталей пулемета (*1*—*3*) и винтовки (*4*—*9*). Детали из легированных сталей подвергаются ковке только в тех случаях, когда форма деталей обязательно этого требует. Эти стали являются настолько высокосортными по своему составу, что никакого улучшения качества их посредством ковки не требуется, да и вряд ли это было бы возможно, т. к. недостаточно тщательная ковка легко может повлечь за собой по-



Фиг. 1.

нижение качества металла. В виду этого детали из подобных сталей часто изготовляются из разрезанных на отдельные куски прутков. В последнее время очень многие детали оружия изготовляются из прокатанных или протянутых фасонных прутков. Последние протягиваются холодным способом настолько точно, что зачастую бывает достаточно лишь разрезать их по длине и профрезеровать в определенных местах рабочие поверхности (фиг. 2). Фасонные прокатанные прутки (фиг. 3) зачастую делают излишней ковку сложных деталей, упрощают обработку и уменьшают т. о. расход металла. Ружейные, револьверные и пулеметные стволы часто получаются со сталелитейных з-дов в виде полуобработанных и уплотненных заготовок (фиг. 4, *1*—для ружейного ствола, *2*—для пулеметного ствола). Эти заготовки изготовляются на прокатной машине с маятниковыми вальцами (пилигримовые вальцы) т. о., что при механич. обработке снимается самый минимальный слой металла. Заготовки для стволов охотничьих и спортивных ружей изготовляют







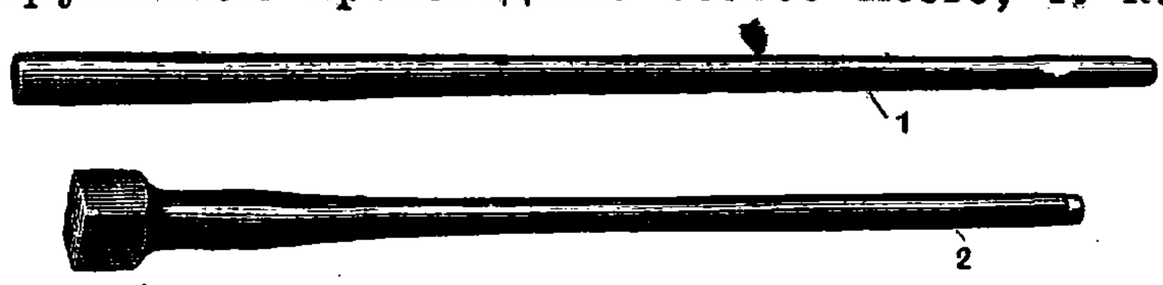
Фиг. 2.



Фиг. 3.

обычно таким же способом, но иногда, когда при незначительных количествах стволов изготовление специальных вальцов себя не окупает, их отковывают в штампах под падающим молотом. Стволы дешевых дробовиков изготовляются иногда из цельнотянутых труб.

Изготовление ружейного ствола занимает в оружейном производстве особое место; т. к.

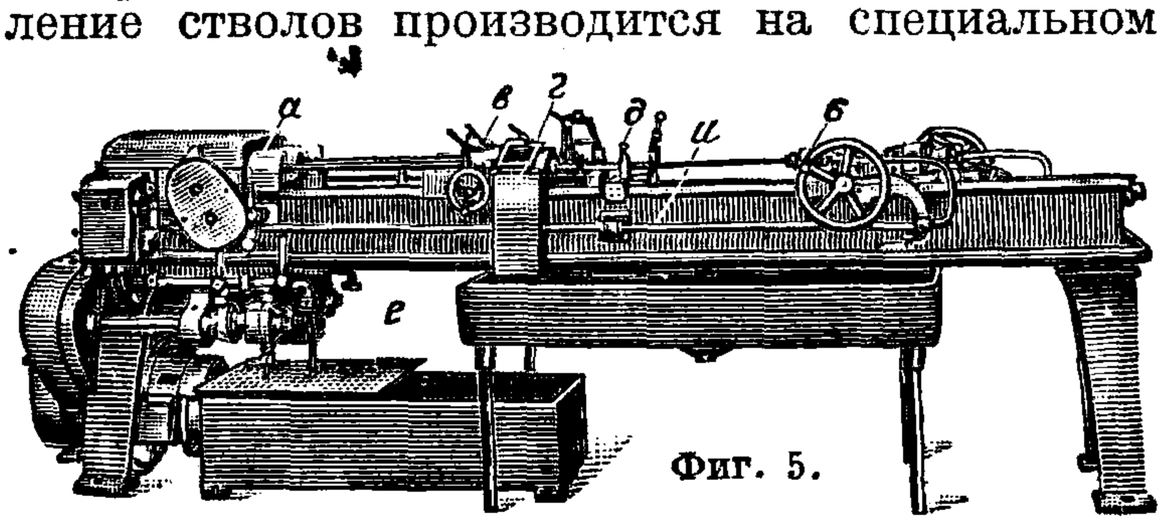


Фиг. 4.

здесь применяются различные рабочие приемы, неизвестные при других производствах металлообработки. Для изготовления ружейного ствола пользуются почти исключительно специальными станками. В различных моделях оружия форма ствола отличается одна от другой незначительно. Обработка его в зависимости от формы распадается на 30—45 операций. Хотя некоторые рабочие операции повторяются, все же напр. для изготовления ствола пехотной винтовки необходимы примерно 20 различных станков. Если бы понадобилось изготовлять стволы для охотничьих ружей в таком же большом количестве, необходимо было бы также применить по крайней мере такое же количество различных специальных станков. Т. к. производ-

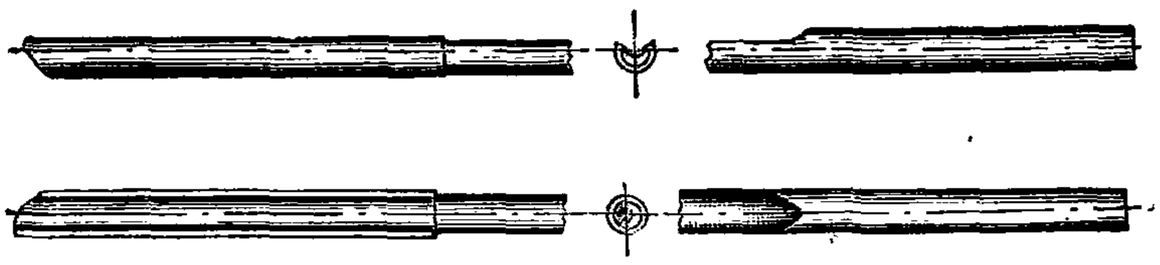
ство этих стволов бывает более ограниченным, делаются попытки обойтись меньшим количеством станков; это достигается путем осуществления ряда сходных между собой операций на одном и том же станке, что конечно экономически менее выгодно.

Поставляемые сталелитейным заводом заготовки (фиг. 4) подготовляются прежде всего к сверлению, которое является наиболее трудной операцией на стволе. Это делается путем центрирования и обточки конусов или цапф на каждом конце необработанной заготовки ствола, правкой его, если ствол оказывается кривым, по этим конусам или цапфам. Для этого применяются центровочные специальные токарные станки и правильные прессы. Сверление стволов производится на специальном



Фиг. 5.

горизонтально-сверлильном станке (фиг. 5). При этом ствол вращается, а сверло остается неподвижным и имеет только поступательное движение. Ствол с одного конца устанавливается в соответствующем его форме зажимном патроне *а* на рабочем шпинделе, другой же конец его вводится в люнет *в*. В этом люнете непосредственно у конца заготовки ствола и точно центрично по отношению к нему установлена закаленная направляющая втулка для сверла, отверстие к-рой соответствует диаметру «пушечного» сверла и обеспечивает центрич. сверление ствола. Сверло прочно закреплено в сверлильных салазках *б* и поддерживается передвижным рольным люнетом *д*. Сверлильные салазки при сверлении медленно передвигаются влево и захватывают при этом люнет *д*. Под станиной станка установлен насос *е*, всасывающий из резервуара масло—обычно смесь из 90% сурепного масла и 10% сала, разбавляемого зимой керосином,—и накачивающий его под высоким давлением (ок. 30 *atm*) через телескопические трубки *и* к сверлильным салазкам *б*, отсюда же через полый стержень сверла непосредственно к его режущей части. Стволь-



Фиг. 6.

ное, или пушечное, *сверло* (см.) снабжено (фиг. 6) прямой сквозной канавкой для стружек. Оно припаяно или приварено к стальной трубке. Масло, накачиваемое под высоким давлением через стержень в самое сверло непосредственно к его режущей кромке, стекает обратно по стружечной канавке и захватывает с собою образующиеся от сверления стружки. Последние, а также стекающее обратно масло улавливаются стружкоуловителем *г* (фиг. 5) и отводятся в сборный резервуар. Стволы сверлятся обычно начиная с более толстого конца по направлению к более тонкому. Изображенное на фиг. 6 пушечное сверло является сверлом новой конструкции. В прежнее время часто применялись сверла, снабженные против стружечной канавки еще одной фрезерованной канавкой со впаянной в нее тонкой латунной трубкой, через к-рую накачивалось масло. Горизонтально-сверлильные станки для стволов обычно бывают двухшпиндельные, и лишь для стволов охотничьих ружей, а также для стволов крупно-калиберных пулеметов калибром до 40 *мм* применяются иногда и одношпиндельные станки.

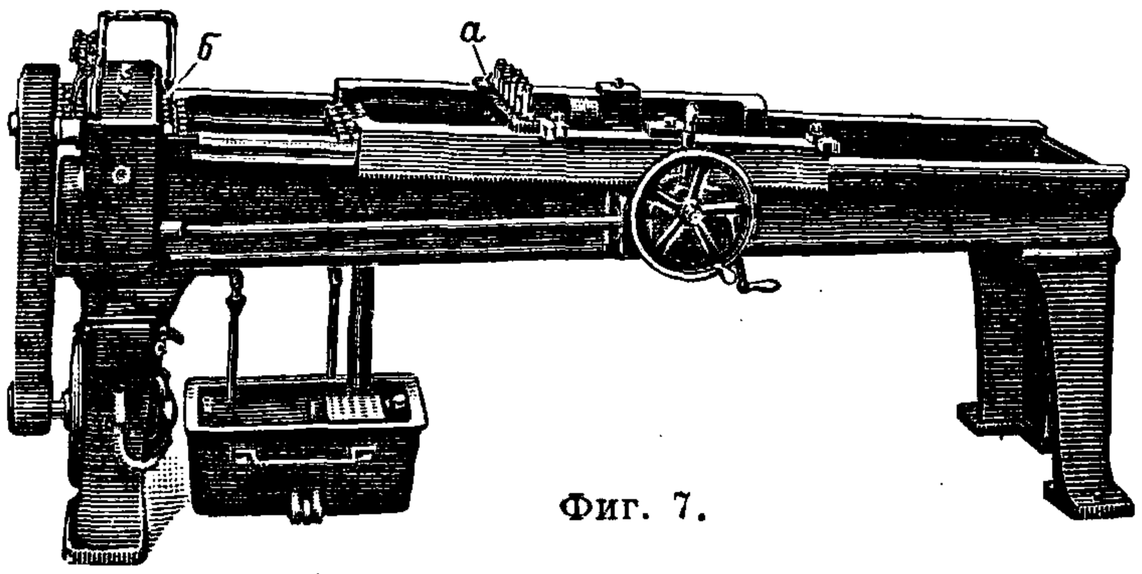
Скорость сверления и подача зависят при сверлении стволов от качества подвергаемого сверлению материала, диаметра сверла и качества пушечного сверла. В качестве средней производительности для стволов калибром в 7,9 *мм* из вольфрамовой стали с временным сопротивлением 65÷90 *кг/мм²* при числе оборотов ствола 2 200 в минуту м. б. принята подача 0,013 *мм* на один оборот, чему соответствует глубина сверления в 28,6 *мм/мин*. При особо благоприятных условиях производительность удается поднять примерно до глубины сверления в 40 *мм/мин*, однако бывают также случаи, когда не достигается и 20 *мм/мин*.

После сверления ствол впервые развертывается. Эта операция повторяется в дальнейшем процессе изготовления еще трижды; т. о. каждый ствол развертывается четырьмя различной величины развертками. Для ствола калибром в 7,92 *мм* просверленное отверстие увеличивается в результате операций развертывания примерно на 0,3 *мм*. Из табл. 3 видно распределение размеров на отдельные развертки и допуск для каждой ступени. Для развертывания

Табл. 3.—Диаметры канала в различных стадиях обработки (в *мм*).

Род обработки	Номинальный размер	Диаметр по полям: Наибольший размер	Диаметр по полям: Наименьший размер	Допуск
Сверление	7,6	7,73	7,6	0,13
Первое развертывание	7,75	7,8	7,75	0,05
Второе »	7,8	7,84	7,8	0,04
Третье »	7,84	7,88	7,84	0,04
Четвертое »	7,88	7,91	7,88	0,03
Полировка калибра	7,92	7,94	7,92	0,04
	Диаметр по нарезам			
Нарезка нарезов	8,18	8,23	8,18	0,05
Полировка нарезов	8,22	8,24	8,20	0,04

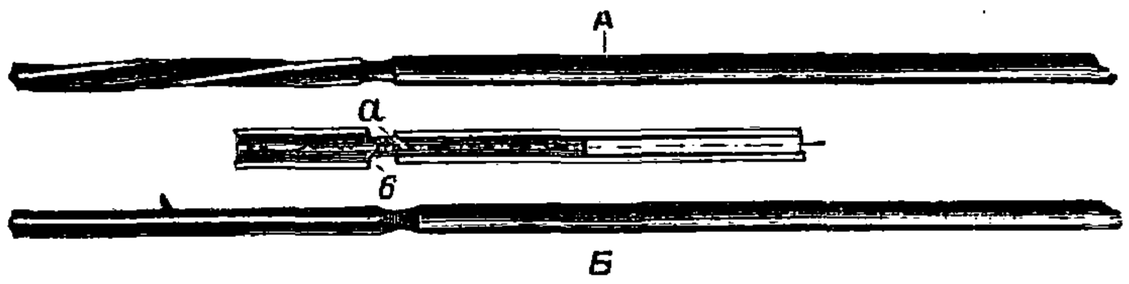
отверстий стволов применяют специальный станок (фиг. 7), на к-ром одновременно развертывается несколько стволов (на станке, изоб-



Фиг. 7.

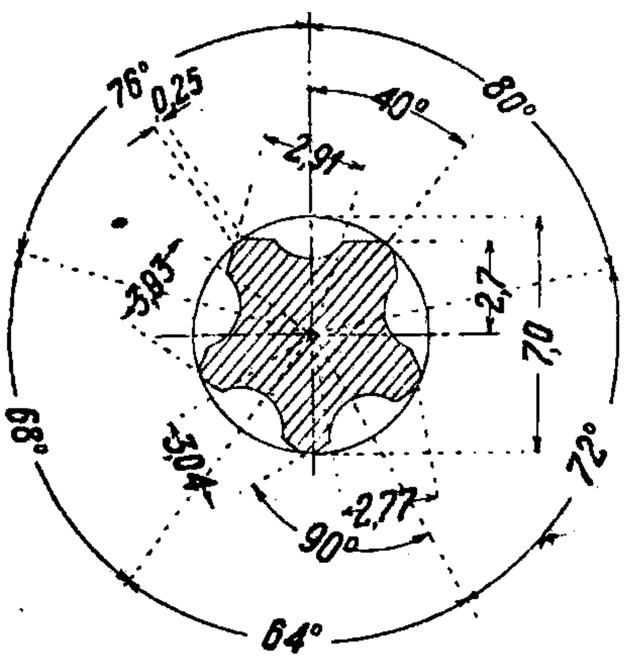
раженном на фиг. 7, шесть стволов). Стволы прочно закрепляются на салазках *а*, снабженных приспособленными для этого патронами. Развертки на длинных стержнях из стальных трубок закрепляются в рабочих шпинделях *б*

станка. При работе салазки *а* двигаются по направлению к передней бабке, причем стволы закреплены неподвижно и надвигаются на вращающиеся развертки. Установленный у станка зубчатый насос накачивает сквозь полые рабочие шпиндели и стержни разверток к режущей части масло, к-рое, стекая, смывает накапливающиеся в канавках стружки. Развертки,

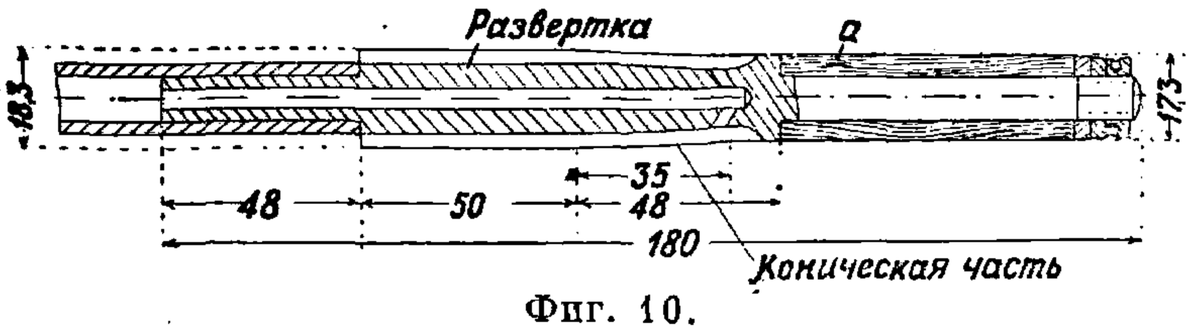


Фиг. 8.

употребляемые для стволов (фиг. 8), существенно отличаются от применяемых при других видах металлообработки. Развертка длиною примерно в 100 *мм* укреплена в длинном стержне (из стальной трубки). Она снабжена 3 или 4 зубцами и имеет цапфу на стороне, обращенной к трубке. Находящаяся в стальной трубке соединительная цапфа просверлена. Это отверстие *а* соединено небольшими просверленными отверстиями *б* с каждой из стружечных канавок. Масло, накачиваемое сквозь стержень развертки, поступает через просверленные отверстия *а* и *б* в стружечные канавки и стекает через последние, захватывая при этом накапливающиеся в канавке стружки. Развертки предварительные изготовляют обычно со спиральными зубьями (фиг. 8, *А*), а окончательные—с прямыми (фиг. 8, *Б*). Часто употребляются еще т. н. полировочные развертки, зубцы которых (обычно пять) не имеют режущего угла, а потому производят скоблящее действие. Разрез полировочной развертки показан на фиг. 9. Они применяются в тех случаях, когда требуется увеличить гладкое и круглое отверстие лишь на сотые доли *мм*, однако их диаметр быстро снашивается, т. ч. годность их к работе весьма непродолжительна. Развертки для стволов охотничьих ружей в основном такой же конструкции, лишь их диаметр, а следовательно и количество зубцов больше. Для изготовления дробовых стволов с чоком часто применяются длинные конические развертки, т. е. фасонные развертки, имеющие длинный направляющий



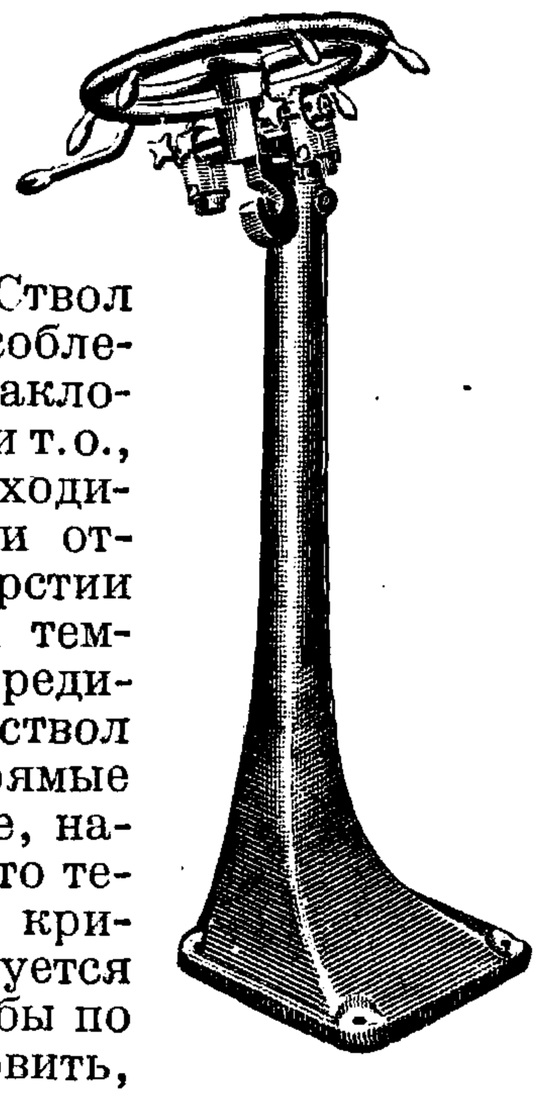
Фиг. 9.



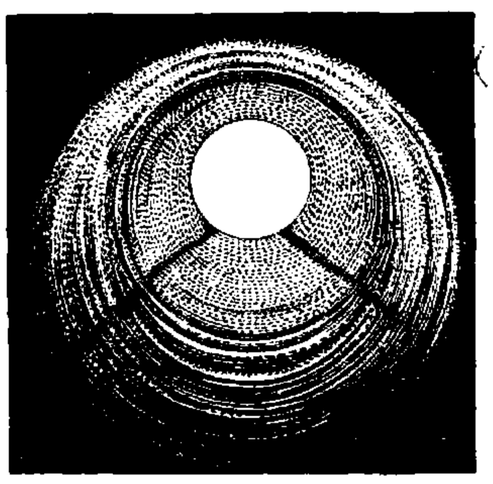
Фиг. 10.

цилиндр *а* из твердого дерева (фиг. 10). При таком способе изготовления стволов стружки отводятся к стержню.

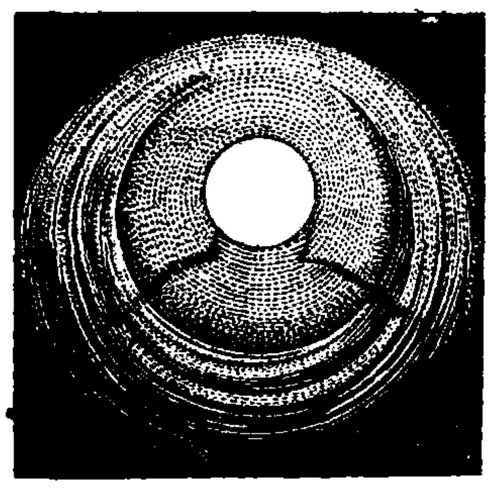
После предварительной развертки ствол впервые правится по тени в отверстии (см. *Охотничье оружие*). Эта операция, для выполнения к-рой требуется навык, повторяется до окончательного изготовления ствола еще 4 или 5 раз, а именно правка ствола производится каждый раз тогда, когда вследствие значительной съемки материала или после развертки он мог искривиться. Определение места изгиба ствола производится по двум методам, а именно по т. н. теневому методу или по кольцевому методу. Изображенное на фиг. 11 приспособление используется для правки стволов по теневому методу, наиболее часто применяемому в настоящее время. Приспособление устанавливается на расстоянии примерно 3 *м* от окна или другого источника света. Между приспособлением и источником света на соответствующей высоте укрепляется черная планка. Ствол вкладывается в приспособление на вышине глаз, в наклоненном кверху положении т. о., чтобы черная планка находилась на продолжении оси отверстия. Она дает в отверстии ствола тень в форме двух темных линий, видимых до середины длины ствола. Если ствол прямой, то тень дает прямые линии (фиг. 12), если же, наоборот, ствол искривлен, то теневые линии получаются кривые (фиг. 13). Т. о. требуется лишь нек-рый навык, чтобы по образованию теней установить, в каком месте лежит искривление ствола. Раз это установлено, то ствол при помощи правильного приспособления выпрямляется, и теневые линии становятся прямыми. При кольцевом методе ствол устанавливается на 2 полых центрах, из которых каждый имеет в просверленном в нем отверстии стеклышко, сплошь зачерненное за исключением окружности примерно в 3 *мм*. В отверстие со стороны окна проходят световые лучи. Если теперь смотреть в ствол через противоположное отверстие, то в передней его части можно установить наличие теневых кругов, расположенных на различном расстоянии от



Фиг. 11.



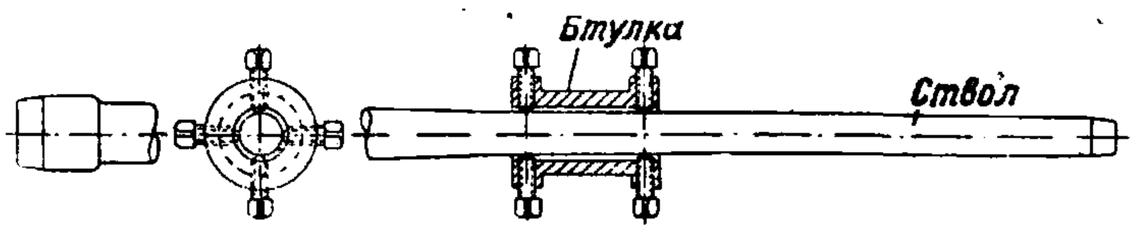
Фиг. 12.



Фиг. 13.

глаза наблюдателя и теряющихся примерно по середине ствола. Эти круги в прямом стволе расположены концентрически по отношению друг к другу, в то время как в согнутом стволе они расположены эксцентрически. По размерам и местонахождению этой эксцентричности возможно установить место изгиба ствола, к-рое устраняется путем нажима на соответствующее место ствола при одновременном подпирании впереди и позади. При обоих методах определения места изгиба проверяется лишь передняя половина ствола, т. ч. его приходится переворачивать, чтобы выпрямить во всю длину.

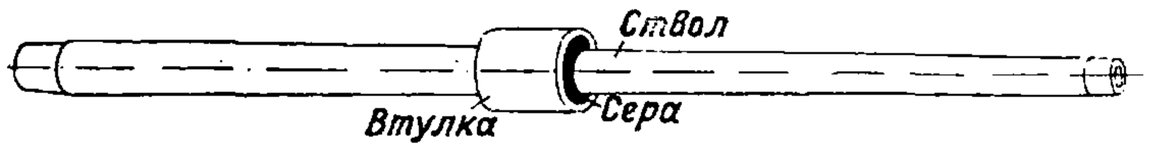
Стволы охотничьих ружей правятся таким же точно образом, однако правка их является исключительно трудной, т. к. часто толщина стенок стволов, в особенности у дробовых ружей, очень незначительна, и стенка очень легко м. б. вдавлена при нажиме. Делались разнообразные попытки применять для правки стволов оптические инструменты, однако успехи в этом



Фиг. 14.

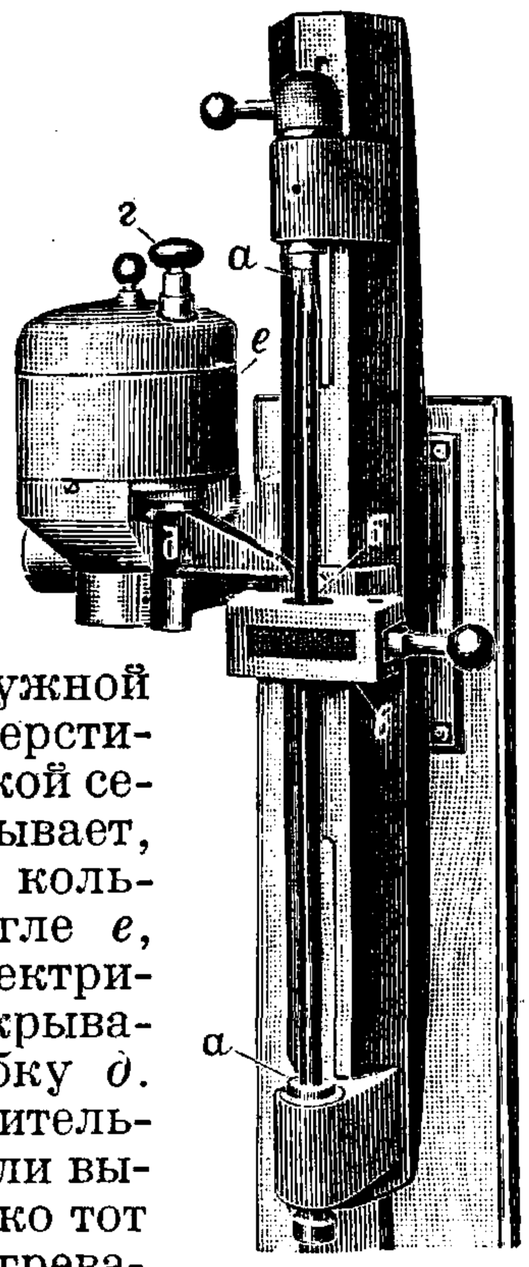
направлении пока еще незначительны. Правда, имеется Г. П. 298497 на оптический аппарат для правки и контроля стволов, но для нормального производства он неприменим, т. к. пользование им поглощает много времени.

При обточке ствола приходится отходить от обычно принятых методов, т. к. ствол очень тонок сравнительно с длиной и легко изгибается.



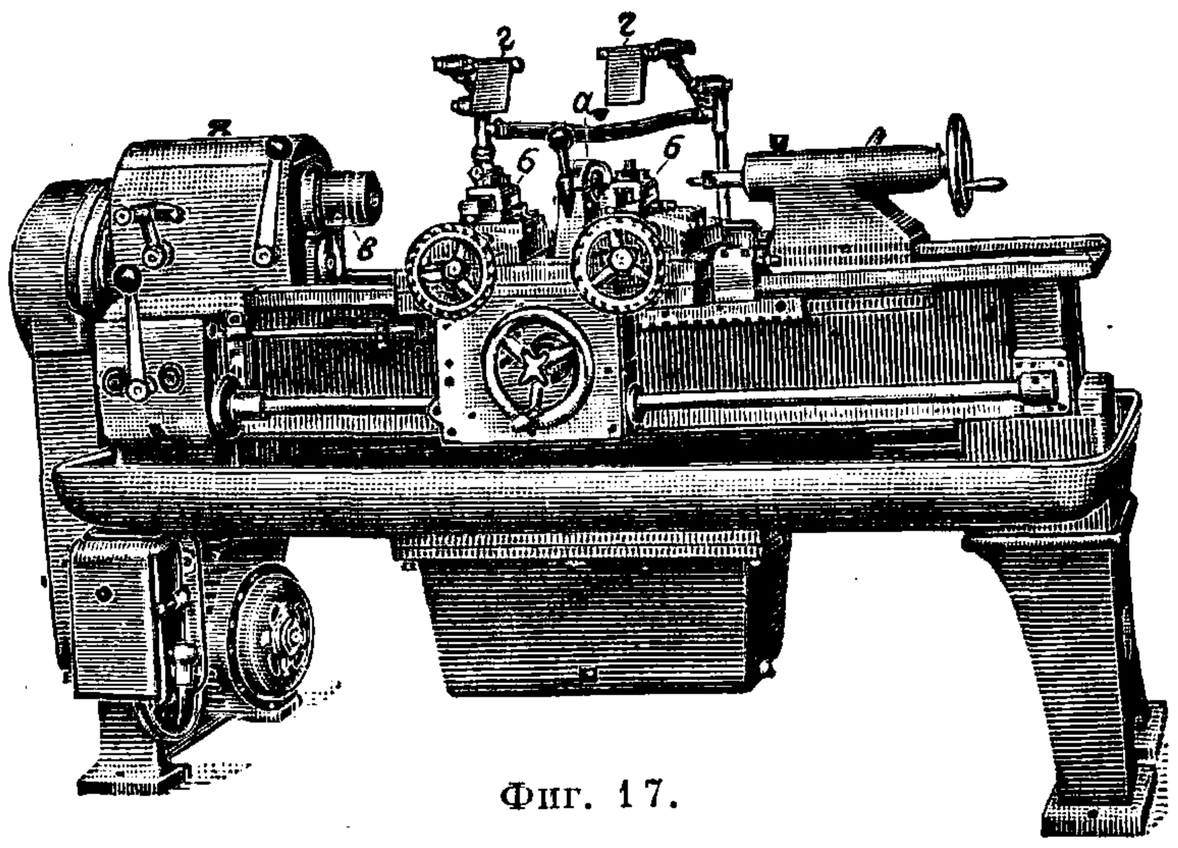
Фиг. 15.

Перед первой обточкой ствол снаружи еще не обработан, поэтому на нем для установки люнета закрепляется втулка совершенно концентрично по отношению к просверливаемому отверстию. Это делается либо выверкой втулки восемью винтами (фиг. 14) либо же прикреплением ее серой (фиг. 15). При первом способе втулка с относительно большим отверстием продвигается до середины ствола и путем выверки винтов закрепляется т. о., что ее наружная поверхность концентрична с отверстием ствола. При втором способе ствол закрепляется в особом приспособлении (фиг. 16) между центрами *а*, втулка *б* с большим отверстием поддерживается в державке *в* концентрически по отношению к центрам. Промежуток между наружной поверхностью ствола и отверстием втулки заливается жидкой серой, которая быстро застывает, прочно соединяя ствол с кольцом. Сера плавится в тигле *е*, нагреваемом газом или электричеством, и стекает при открывании клапана *г* по желобку *д*. Этот процесс, требуя значительно меньше времени, нежели выверка втулки, имеет однако тот недостаток, что при разогревании серы образуются вредные испарения. Чтобы обточить нормальный ствол военной винтовки по всей длине, необходимо укрепить его люнетами по меньшей мере в двух местах. Поэтому ствол прежде всего обтачивается в двух местах для расположения люнетов. Это делается на специальном токарном станке для стволов (фиг. 17), снабженном двумя супортами *б*. Ствол одним концом укрепляется в патрон *в*, другим концом опирается на центр и прикрепленной к нему до



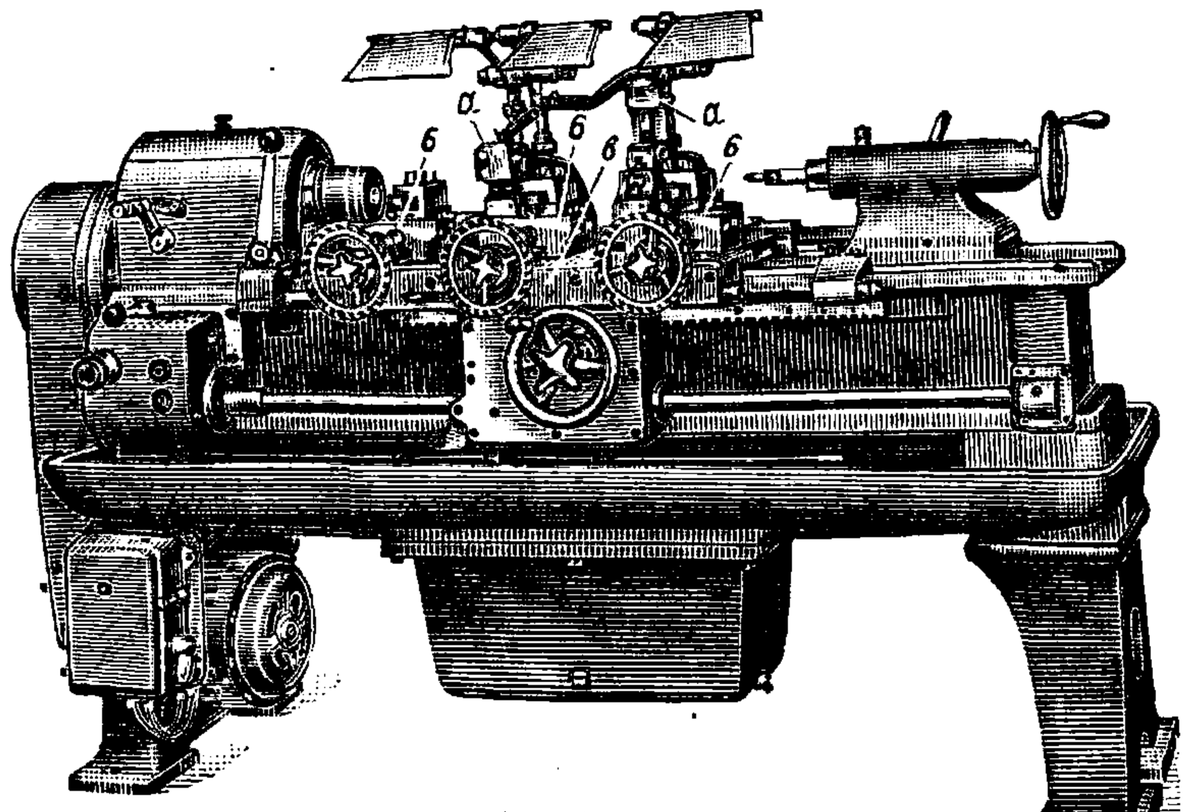
Фиг. 16.

этого втулкой устанавливается в люнет *а*. Двумя резцами, установленными в супортах *б*, одновременно в двух местах обтачиваются шейки шириною примерно в 30 *мм* каждая. Охлаждающая вода подается через направляющие

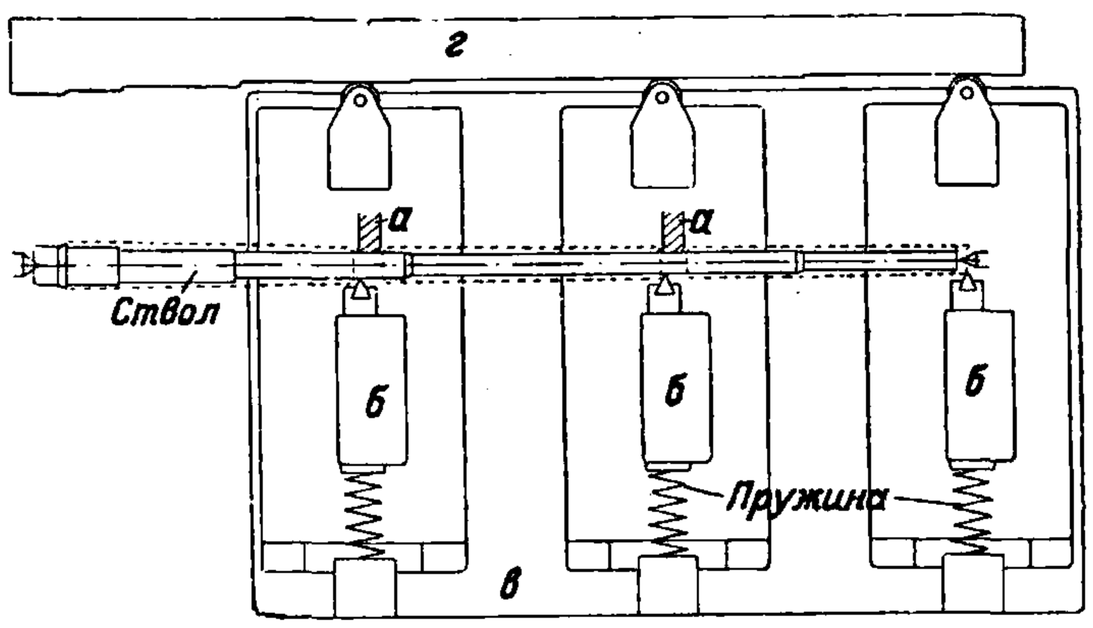


Фиг. 17.

наконечники *г*. Для пулеметных стволов с особенно крупным диаметром и для коротких стволов достаточно бывает и одной шейки. После этой обточки установленная или прикрепленная серой втулка удаляется. Обточка всей наружной поверхности ствола производится обычно на токарном станке для стволов с тремя супортами (фиг. 18). Этот станок работает по принципу копирования. Ствол устанавливается в патроне и на центре станка и поддерживается



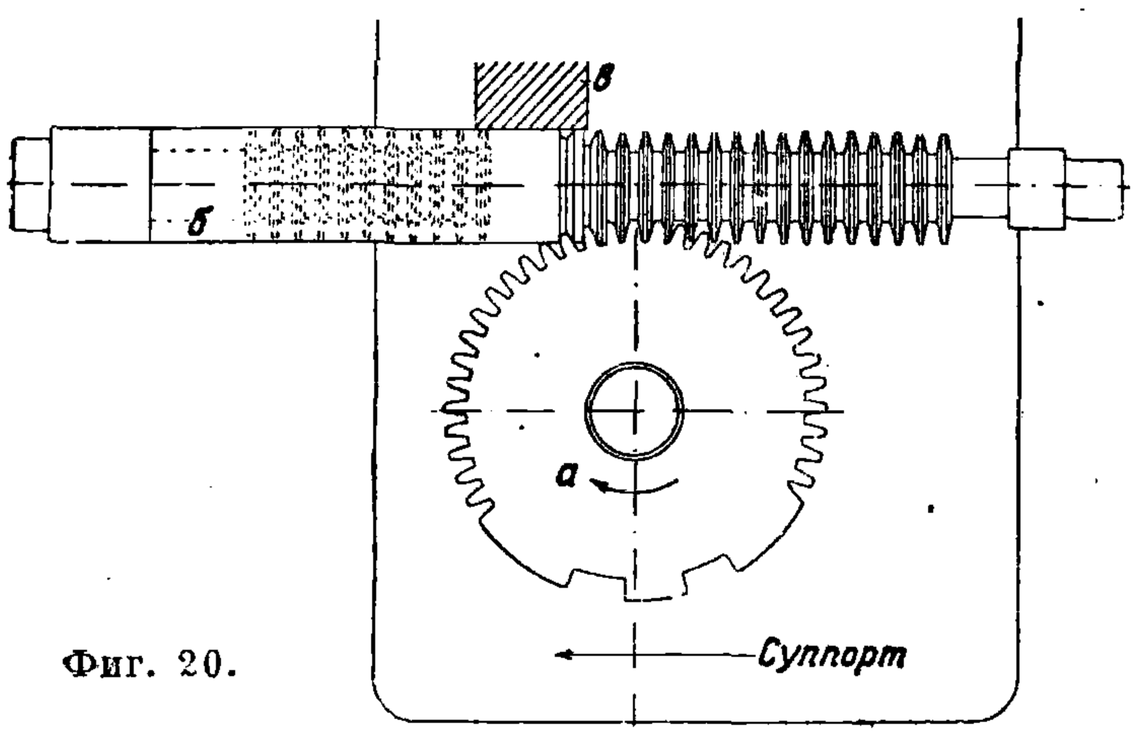
Фиг. 18.



Фиг. 19.

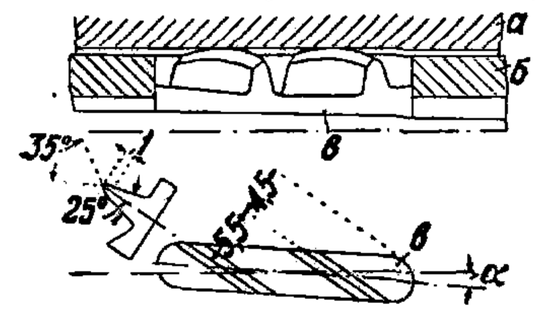
двумя люнетами *а*. Каждый из трех токарных резцов установлен на особой каретке *б*, снабженной роликом, к-рый с помощью сильной пружины прижимается к копировальной линейке *г*, расположенной в задней части станка (см. схему на фиг. 19). Каретки *б* укреплены на общем супорте *в*. При продольном движении

супорта *в* резцы делают поперечное движение, соответствующее возвышениям и углублениям копировальной линейки *г* (фиг. 19), и переносят т. о. форму последней на обтачиваемый ствол.

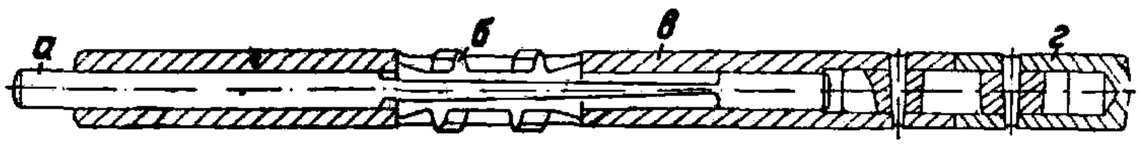


Фиг. 20.

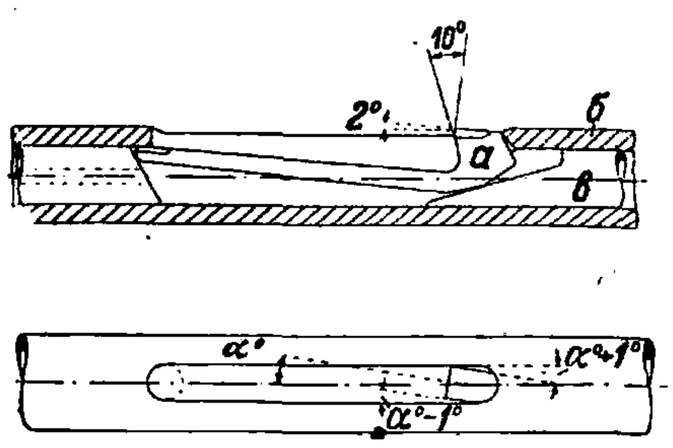
В настоящее время от современного токарного станка для стволов требуется, чтобы он был снабжен самозажимным патроном, роликовыми люнетами, автоматич. движением и приспособлением для обратного хода резцов, а также автоматич. пуском в ход и остановкой охлаждения. Охлаждение должно применяться обильное, т. е. ствол должен омываться вдоль всей своей длины во избежание слишком большого его нагревания. Благодаря обточке ствола одновременно тремя резцами время, необходимое для этой работы, сильно сокращается по сравнению с применявшейся ранее обточкой одним резцом, и в качестве средней производительности возможно принять обточку ствола длиной в 750 *мм* примерно в 8 мин. При одновременной работе еще бо́льшим количеством резцов продолжительность операции можно было бы сократить еще больше, однако в этом случае давление на ствол, тонкий по сравнению с его длиной, оказалось бы настолько значительным, что потребовало бы уменьшения подачи, а следовательно замедления обработки. Поэтому больше трех резцов применяется лишь при обработке очень толстых пулеметных стволов. Изредка встречаются в производстве токарные станки для стволов, работающие при помощи круглого резца *а* (фиг. 20), обкатывающегося по стволу *б*, укрепленному в люнете *в*. Эти станки, правда, обладают не очень высокой производительностью, однако они дают без копировальных приспособлений благодаря наличию фасонного резца любые формы стволов и годятся в особенности для обточки ребер охлаждения на пулеметных стволах. Для окончательной обточки задней нарезной части ствола и для подрезки нек-рых острых переходов применяются токарные станки, конструкция к-рых является наиболее приспособленной к изготовлению данных моделей стволов. В то время как прежде стволы обтачивались начисто и полировались напильником, теперь повсюду перешли к наружной *шлифовке. Для этого применяются нормальные* станки для круглого шлифования, снабжаемые копировальным шлифовальным приспособлением для обработки стволов, у к-рых наружная поверхность фасонная.



Фиг. 21.

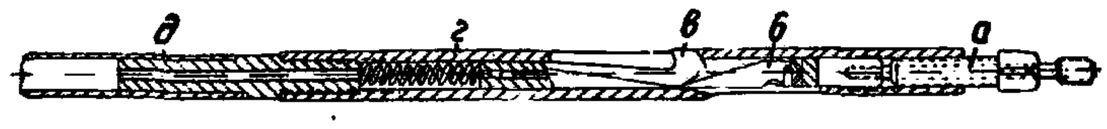


Фиг. 22.

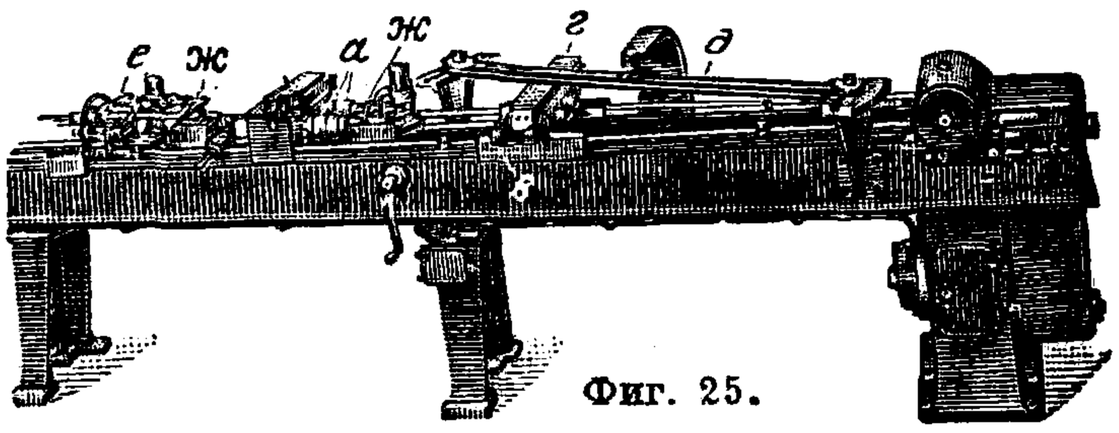


Фиг. 23.

Труднейшей операцией при изготовлении ствола является обработка внутренних нарезов. Для этого существуют два метода, отличающиеся один от другого гл. обр. применяемыми инструментами. С этой целью употребляют: 1) два или четыре скобляющих резца (фиг. 21, где *а*—ствол, *б*—оправка, *в*—скобляющий резец, *α*—ствол наклона нарезов), устанавливаемые в оправке (фиг. 22, где *а*—клиновидный стержень подачи, *б*—резец, *в*—оправка, *г*—державка ее), или 2) один режущий резец (фиг. 23, где *а*—режущий резец, *б*—оправка, *в*—клин подачи, *α*—угол наклона нарезов), укрепляемый в оправке (фиг. 24, где *а*—винт подачи, *б*—клин подачи, *в*—режущий резец, *г*—державка резца, *д*—державка оправки).

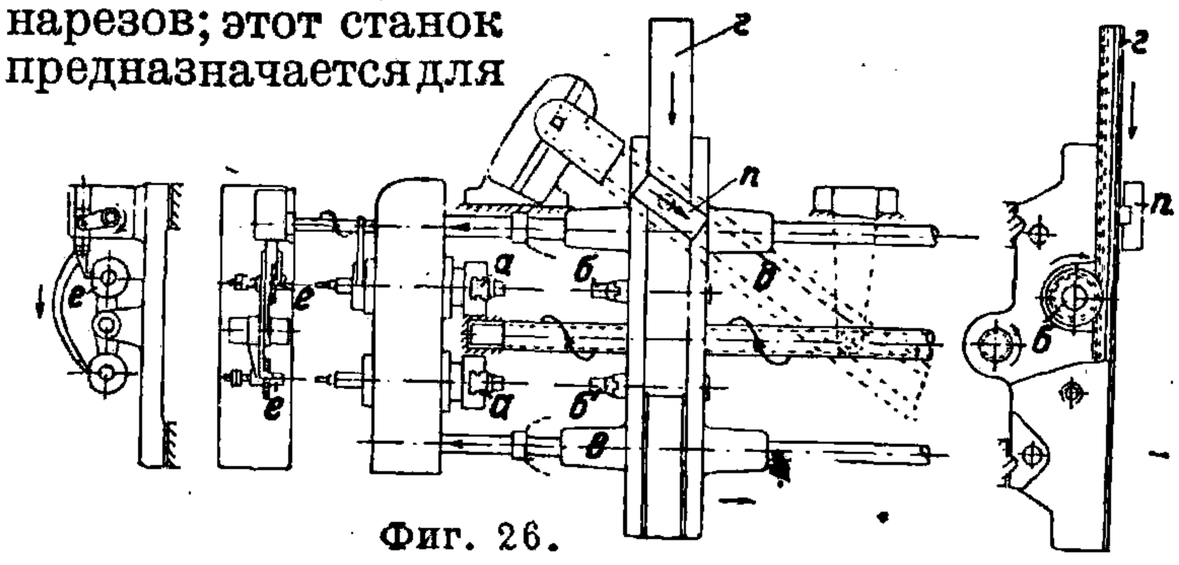


Фиг. 24.



Фиг. 25.

В последнее время делаются попытки не прорезывать больше нарезы, а прессовать их, т. е. проталкивать через ствол закаленные стальные стержни с выпуклостями, соответствующими форме нарезов. Хотя этот метод и мог бы дать значительную экономию времени, но он находится однако пока в стадии опытов. На фиг. 25 изображен современный станок для прорезки нарезов; этот станок предназначается для работы оправкой фиг. 22. Его работа схематически показана на фиг. 26. Два ствола одновременно закладываются в полые шпиндели *а* делительного аппарата. Резцы укреплены в длинных оправках, соединенных помощью конусов со шпинделями *б*, укрепленными в салазках *в*, совершающих прямолинейное возвратное движение; на шпинделях заклинены зубчатые колеса, соединенные с зубчатой рейкой планки *г*. Планка *г* снабжена направляющим ползуном *п*, скользящим в желобке линейки *д*, установленной под углом к направляющим станины. При движении салазок планка *г* двигается

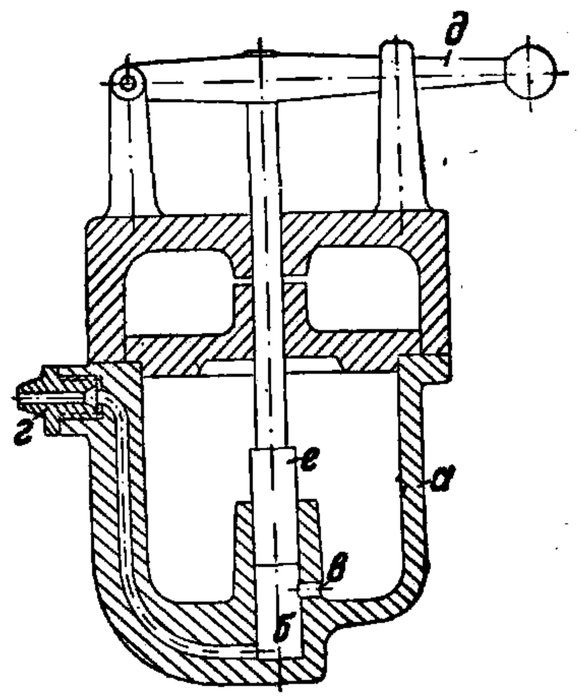


Фиг. 26.

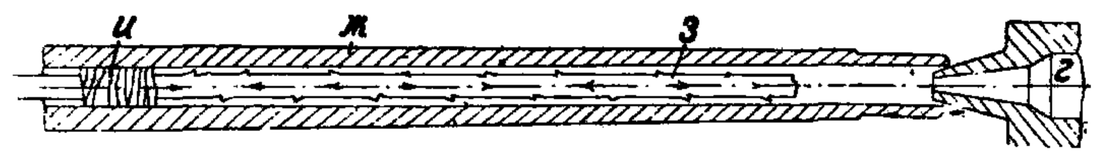
в перпендикулярном направлении по отношению к движению салазок и скорость ее зависит от угла наклона линейки *д*. Эти перемещения зубчатой рейки планки *г* посредством зубчатых колес шпинделей *б* преобразуются во вращение шпинделей *а* резцов, в соединении же с поступательным прямым и обратным движениями салазок *в* получается винтообразное движение резцов в стволах. В начале работы резцы в оправках устанавливаются тонкой частью клина *а* (фиг. 22), т. ч. их режущие части не выдаются. После каждого движения оправки в стволе вперед и назад клиновидный стержень *а* (фиг. 22) наталкивается на шпиндель *е* (фиг. 26), к-рый помощью храпового механизма каждый раз немного вывинчивается. Из-за этого клиновидный стержень продвигается дальше в оправку и выдвигает резцы, медленно прорезающие нарезы. Выдвижение резцов, принимая во внимание скоблящий характер их работы, должно быть весьма незначительно и зависит от твердости и крепости материала, из которого изготовлен ствол. В качестве средней цифры при прорезке четырех нарезов глубиной в 0,15 *мм* можно принять 220 двойных ходов, что соответствует выдвижению резцов в 0,007 *мм* на каждый двойной ход. Ход салазок *в* (фиг. 26) установлен т. о., что оправка немного выступает с каждой стороны ствола. Непосредственно у концов ствола имеются трубки *ж* (фиг. 25), через которые направляется сильная масляная струя (чистое сурепное масло), очищающая выдвигающуюся оправку от приставших к ней стружек. Далее после каждого двойного хода шпинделя вместе с зажатыми в них стволами поворачиваются на одно деление нарезов (при четырех нарезах—на 90°, при шести—на 60°), так что каждый раз резец обрабатывает другой нарез. Оправка, изображенная на фиг. 22, применяется гл. обр. для стволов, число нарезов к-рых кратно двум, т. е. для 4, 6, 8, 10 и 12 нарезов. Стволы с 6 и 8 нарезами обрабатываются оправками с двумя резцами, расположенными один против другого. Для стволов с 4, 8 и 12 нарезами применяются оправки с 4 резцами, установленными попарно, друг за другом. Расстояние от одной пары ножей до другой составляет в точности $^1/_4$ шага нарезов, т. ч. можно обрабатывать одновременно 4 нареза.

Для стволов с нечетным числом нарезов также применяют оправки, показанные на фиг. 22, однако в большинстве случаев предпочитают оправки с одним режущим резцом, изображенные на фиг. 23. Употребляемые для этого станки сходны по своей конструкции со станками, изображенными на фиг. 25 и 26, и лишь механизм, выдвигающий резец, устроен в них иначе, в соответствии с тем, что, как изображено на фиг. 24, выдвижение осуществляется путем поворота винта *а*, нажимающего на клин *б*, выдвигающий резец *в*. Т. к. задняя часть резца упирается в пружину, то при обратном ходе оправки он может передвигаться по направлению стрелки *г* и убирается в оправку, благодаря чему режущая часть резца оказывается защищенной. При этой конструкции оправки конец, противоположный закрепленному в шпинделе *б* (фиг. 26), состоит из цельнотянутой стальной трубки, через к-рую охлаждающая жидкость подводится непосредственно к режущей части резца. Выдвижение резца, происходящее каждый раз после такого количества двойных ходов, к-рое соответствует числу нарезов, оказывается у режущих резцов больше, чем у скоблящих, но т. к. оно происходит реже, то и экономия рабочего времени при применении режущих резцов незначительна.

Кроме уже описанных станков употребляются также станки, у к-рых поворот резцовой оправки происходит от шпинделя с копиром вместо линейки. Эти станки, будучи несколько проще по своей конструкции, имеют тот недостаток, что для каждого нового шага нарезов требуется другой шпиндель с копиром, в то время как линейка м. б. установлена под различными углами, что дает возможность получать нарезы любого шага. Станки, снабженные шпинделями с копирами, безусловно необходимы для получения прогрессивного шага нарезов, применяемого еще в настоящее время, к-рый только с большим трудом м. б. получен установкой кривой линейки. После нарезки отверстие ствола полируется еще притирами с наждаком. Эта операция производится также и при изготовлении гладких стволов охотничьих и спортивных ружей. Нарезные стволы полируются дважды: один раз профильным притиром и один раз круглым. В соответствии с этим различают обработку наждаком нарезов, т. е. собственно полировку всей внутренности ствола, от калибрирования ствола, под которым понимается обработка наждаком полей нарезов (т. е. выпуклых частей) в просверленном отверстии. Для изготовления притиров применяется т. н. свинцовый насос (фиг. 27), состоящий из плавильного тигля *а*, в котором установлен цилиндр *б* насоса. В тигле, нагреваемом газом или электричеством, плавится свинец и поступает через отверстие *в* в цилиндр *б*. Последний соединен каналом с соплом *г*. При нажиме на рычаг *д* поршень *е* передвигается книзу и нажимает на расплавленный свинец, к-рый выходит через канал из сопла. Перед соплом держат изображенный на фиг. 28 ствол *ж*, в к-рый вставлен тонкий стальной стержень *з*, имеющий в передней части насечку.



Фиг. 27.

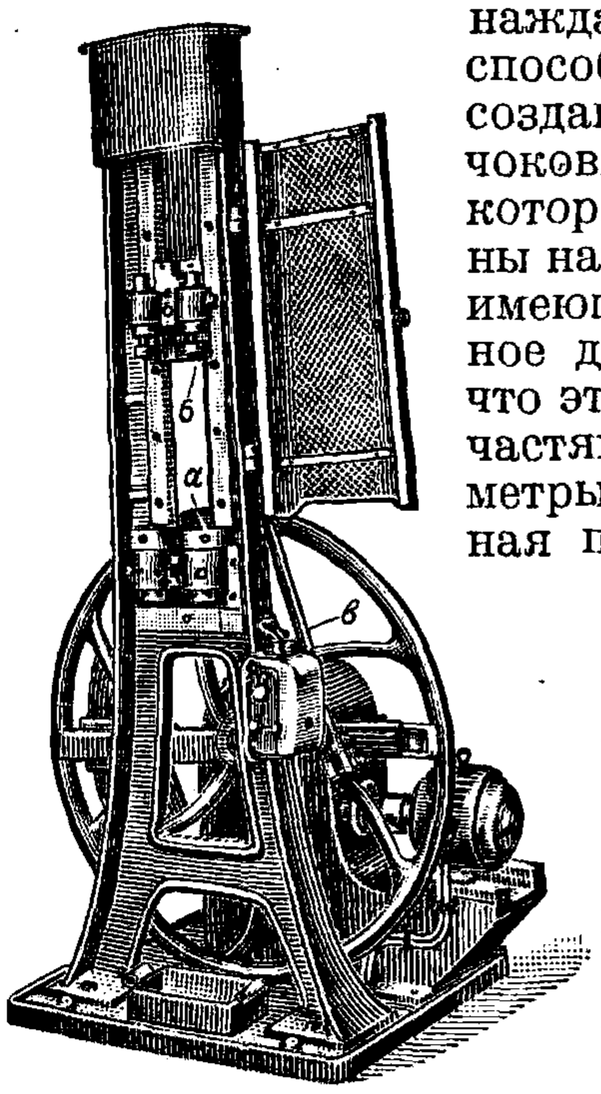


Фиг. 28.

Пространство между этим концом стержня и отверстием ствола заполнено набивкой из пакли *и*. Жидкий свинец поступает в свободный промежуток и, остывая, образует точный отпечаток ствола. Профильный притир отливают в уже нарезанном стволе, круглый же—в обработанном разверткой, т. е. еще гладком стволе.

Полировка или обработка наждаком ствола производится на ствольнополировочном станке (фиг. 29). При обработке нарезов наждаком ствол закрепляется в неподвижном зажимном патроне *а*, в то время как свинцовый притир устанавливается в свободно вращающемся шпинделе *б*. Т. к. последний расположен на салазках, двигающихся взад и вперед от шатуна *в*, закрепленного на маховике, то свинцовый притир движется в отверстии ствола винтообразно, по нарезке. На свинцовые притиры насыпается

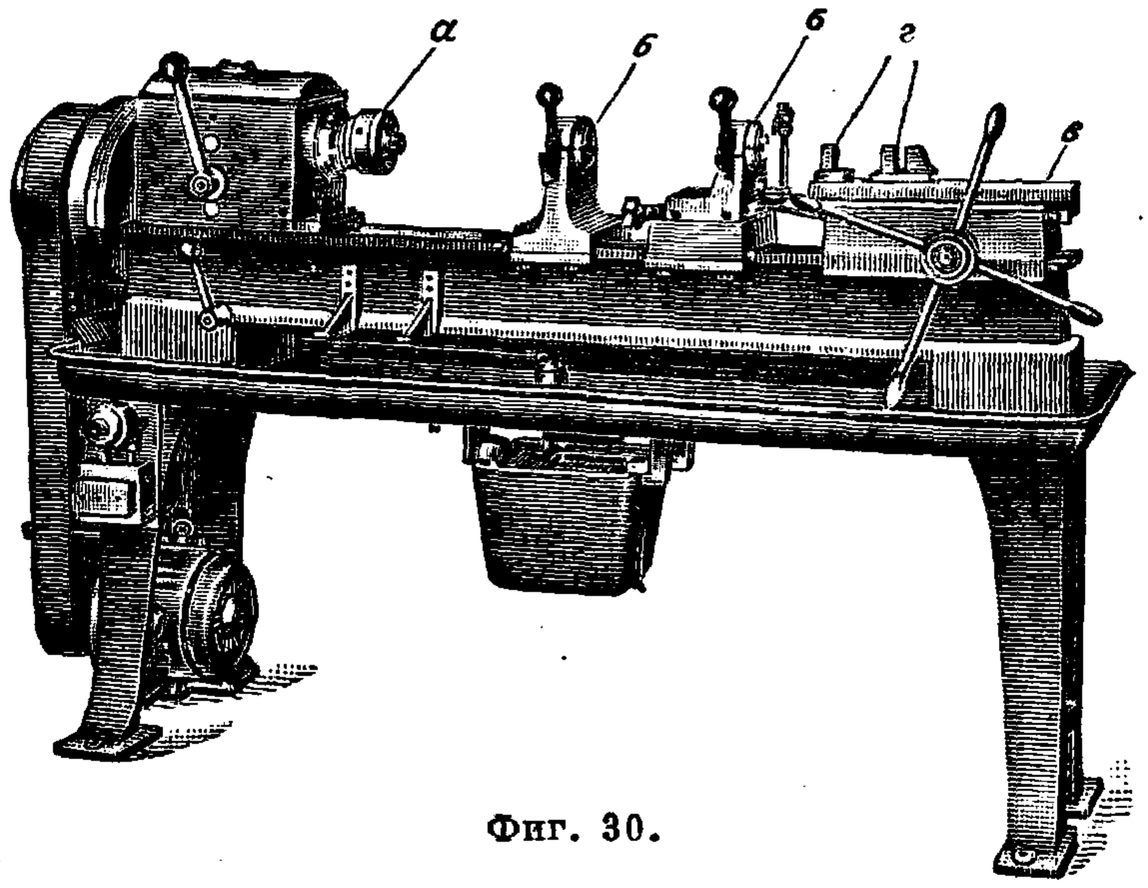
смешанный с маслом тонкий наждак, зерна которого вдавливаются в мягкий свинец и полируют отверстие ствола. При калибрировании ствола метод работы в основном остается тот же, с той лишь разницей, что круглый свинцовый притир в этом случае зажимается в шпиндель, к-рый приводится принудительно во вращение в соответствии с шагом нарезки. Далее патрон с зажатым в нем стволом после каждого подъема чуть-чуть поворачивается. При таком методе притирки риски проходят по нарезке винтообразно, и кроме того калибр остается совершенно круглым. Ствол часто калибрируется на станках, в к-рых свинцовый притир производит кроме поступательного прямого и обратного движения еще и постоянное быстрое вращение. Хотя при этом калибр и получается совершенно круглым, однако следы притирки идут поперек полей нареза, что отражается на внешнем виде отверстия. Гладкие стволы для охотничьих и спортивных ружей полируются наждаком таким же точно способом. Особые трудности создаются при полировке чоковых дробовых стволов, которые не м. б. полированы наждачными притирами, имеющими прямое и обратное движение, в виду того, что эти стволы в отдельных частях имеют различные диаметры. Тут предварительная полировка производится круглыми деревянными притирами, обернутыми наждачным полотном, а окончательная — вращающимся свинцовым притиром или же отверстие прямо полируется вращающимся деревянным притиром, смазанным тонким наждаком, размешанным в масле. После полировки отверстие нарезных стволов не должно превышать определенного допуска и должно иметь по всей длине одинаковый диаметр. Первое из этих условий проверяется при помощи нормальных калибров, последнее же тем, что в отверстие ствола легким ударом вгоняют свинцовый шарик, диам. к-рого на несколько десятых *мм* больше самого отверстия, и затем продвигают его стержнем насквозь. При наличии у отверстия точной цилиндрич. формы свинцовый шарик должен проталкиваться от начала и до конца с одинаковым усилием.



Фиг. 29.

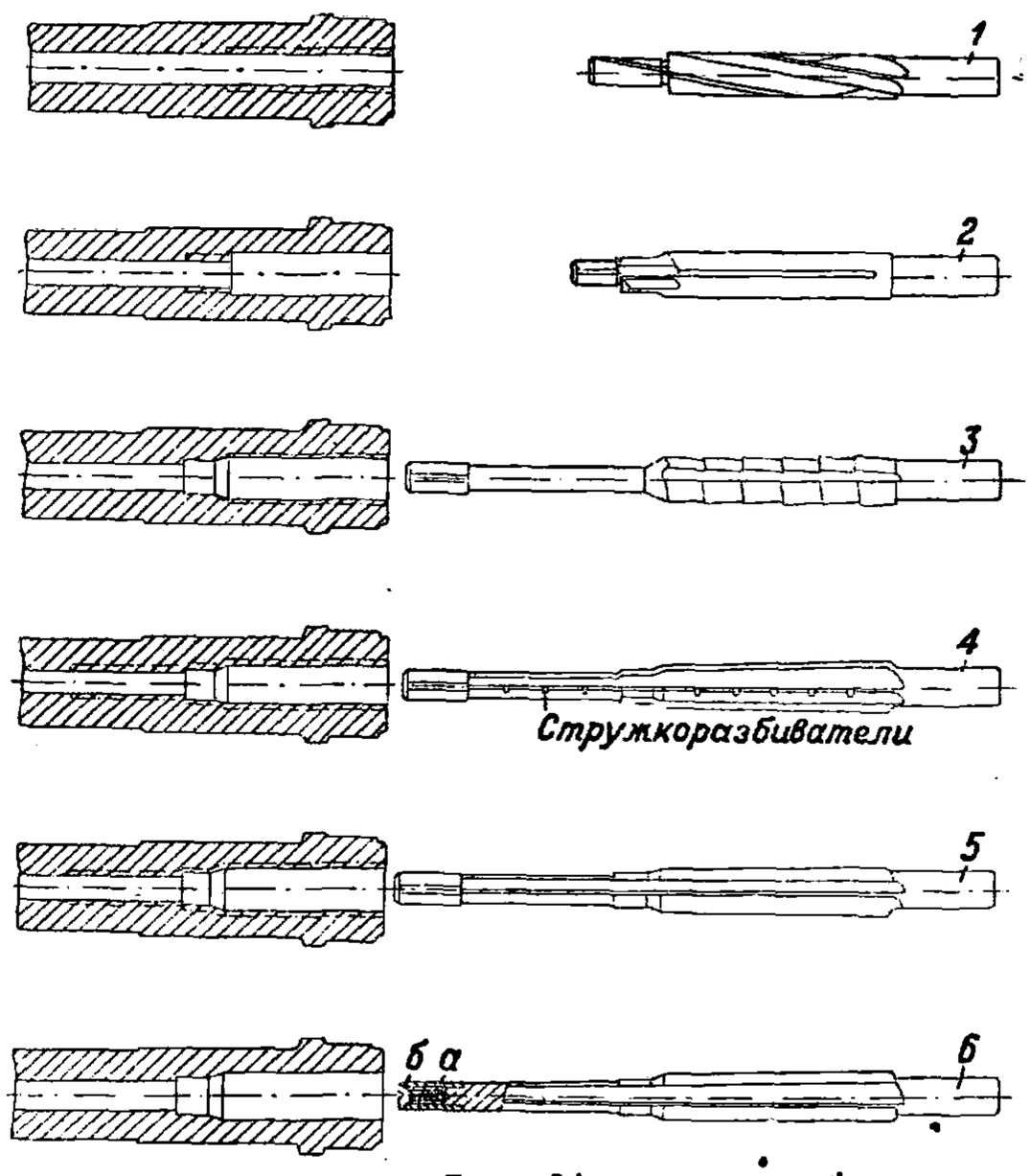
После того как обработка отверстия ствола закончена, д. б. произведена еще необходимая внешняя его обработка; сюда относится изготовление резьбы для стволов военных винтовок. Эта резьба делается на резьбо-фрезерных станках. Поскольку речь идет об острой резьбе, таковая нарезается комбинированной фрезой при вращении ствола и прогоняется еще затем регулирующей плашкой. Плоская и трапецоидальная резьба делается обычно дисковой фрезой, дающей при одном повороте только один шаг резьбы, и, если это необходимо, прогоняется на специальном приспособлении, соответствующем особенностям данной резьбы. Обработка пулеметных стволов требует обычно выполнения еще ряда других операций.

Одной из последних операций при обработке ствола является обработка в задней его части расширения для помещения патронов, т. н. патронника. Это делается различными инструментами, число которых колеблется в зависимости от вида патронника от 4 до 7. Для этой обработки применяется специальный станок, снабженный либо револьверной головкой либо сменными зажимами для различных инструментов. На фиг. 30 показана модель станка послед-



Фиг. 30.

него выпуска. Ствол закрепляется в специальном зажимном патроне *а* и устанавливается в 2 люнетах *б*. На супорте *в*, приводимом в движение крестовой рукояткой, устанавливается приспособление *г*, в к-рое один за другим вставляются различные инструменты, закрепляемые особыми зажимами. Супорт передвигают от руки во время вращения ствола. Через полый рабочий шпиндель и ствол подается под давлением масло для отвода образующихся стружек. На фиг. 31 изображена последовательность операций обработки патронника из цилиндрич. канала. Зенкер *1* рассверливает отверстие на определенную глубину, затем зенкер *2* делает рассверловку дальше и выравнивает переход между ней и проделанной ранее. Конически обдирочная развертка *3* придает за-



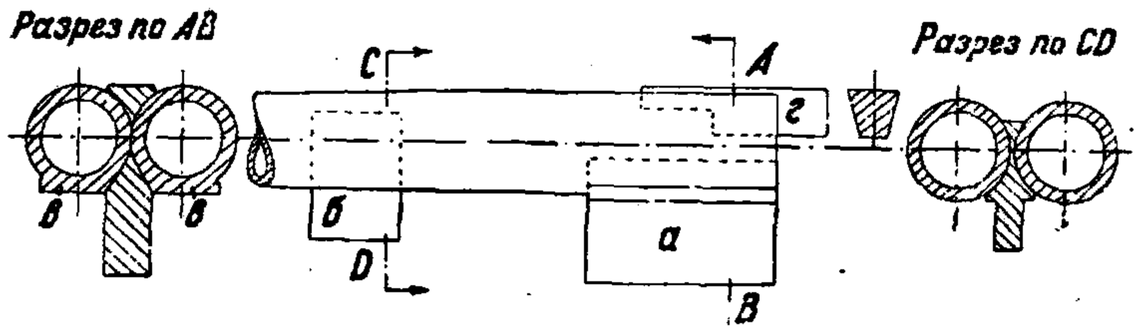
Фиг. 31.

тем задней части конич. форму, три же последующие развертки *4*, *5*, *6* постепенно обрабатывают ее до придания ей требуемых размеров. Инструменты установлены в приспособлении маятникообразно и снабжены направляющими цапфами, к-рые вводятся в отверстие ствола, благодаря чему они м. б. установлены соответственно отверстию ствола т. о., что патронник получится концентричным. Во избежание повреждения готового отверстия ствола направляющими цапфами инструментов эти цапфы снабжаются вращающимися втулками *а*, диам. к-рых соответствуют отверстию ствола и к-рые укреплены при помощи винта и шайбы *б* на тонкой цапфе на конце инструмента.

Патронник является одной из важнейших частей ствола и при его изготовлении выдерживаются очень жесткие допуски. Поэтому обычно патронник калибрируется ручной разверткой и в нек-рых случаях полируется деревянным притиром с тонким наждаком. Обработка патронника для пулевых нарезных стволов охотничьих и спортивных ружей в основном одинакова с описанной и производится или на токарном станке или полностью вручную. Патронники дробовых стволов изготовляются в виде цилиндрич. расширения с коротким переходным конусом с зенковкой для нижнего края патронов;они изготовляются специальными инструментами, часто вручную.

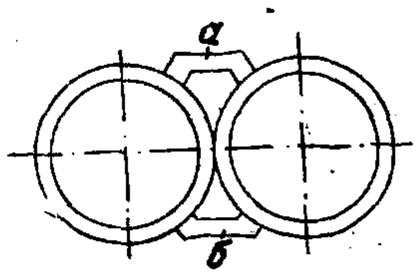
Выходное отверстие ствола имеет важное значение для меткости ружья, поэтому самое незначительное расширение отверстия у выхода уже дает плохие результаты стрельбы. Так как однако при развертывании, нарезке и полировке неизбежно некоторое расширение отверстия в начале и конце ствола, то ствол делают у выхода на 20—25 *мм* длиннее, а после обработки этот излишек срезают; в задней же части ствола это расширение уничтожается само собой при обработке патронника.

Стволы для двухствольных и трехствольных ружей изготовляются отдельно и соединяются вместе пайкой. Поскольку они предназначаются для ружей с качающимся затвором, то на заднем конце их помещается призматический кусок металла для выработки подствольного крюка и спереди для скрепы цевья ружейного ствола. Стволы более дешевых охотничьих ружей собираются из отдельных частей, соединенных твердой пайкой (с латунью или медью) (фиг. 32, где *а*—подствольный крючок, *б*—крюк для цевья ствола, *в*—стволы правый и левый, *г*—верхняя замочная скоба). Такие стволы соединяются т. о., чтобы их оси пересекались на определенном расстоянии впереди. Стволы укладывают по длине, выверяют пересечение осей и скрепляют скобами для пайки. Затем к ним подгоняются оба куска металла, предназначенные для подствольного крючка, крюка для цевья ствола, и закрепляются для пайки скобами. В зависимости от размеров производства эти части спаиваются или в обычных паяльных печах или путем погружения; однако твердой пайке подвергается лишь задняя часть

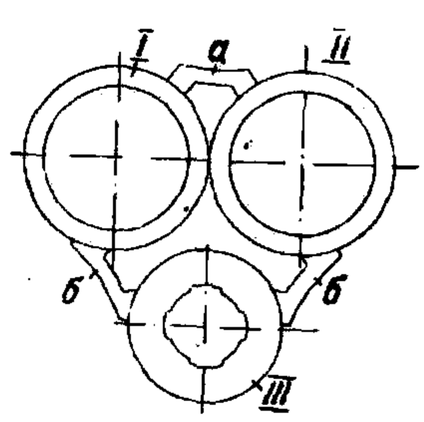


Фиг. 32.

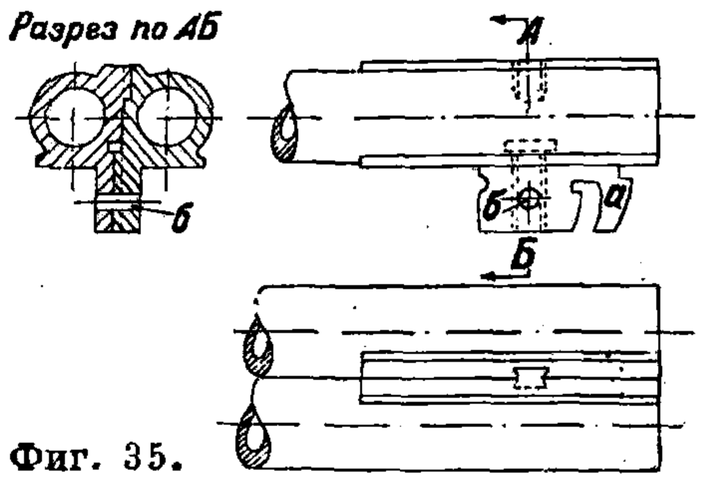
ствола, включая крюк для цевья. Вследствие высокой температуры нагрева при твердой пайке металл, из которого изготовлен ствол, обычно становится менее прочным, особенно в патроннике, к которому предъявляются наиболее высокие требования. Передние части стволов припаиваются одна к другой оловом. Сверху и снизу между стволами накладываются планки (полосы) *а*, *б* (фиг. 33), к-рые также припаиваются оловом. У трехствольных ружей подствольный крючок и крюк для цевья часто изготовляются вместе с нижним стволом, в этом случае все три ствола лишь спаиваются вместе твердой пайкой в задней части и мягкой—в передней. Пространство между двумя верхними стволами *I* и *II* и нижним стволом *III* закрывается боковыми планками *б* (фиг. 34), припаиваемыми мягкой пайкой. Планки *а* и *б* (фиг. 33, 34) фрезеруются из штангового металла и очень точно пригоняются к стволам, иначе слишком широкий слой пайки будет виден на вороненом



Фиг. 33.



Фиг. 34.

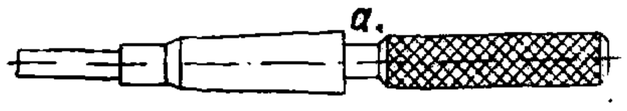


Фиг. 35.

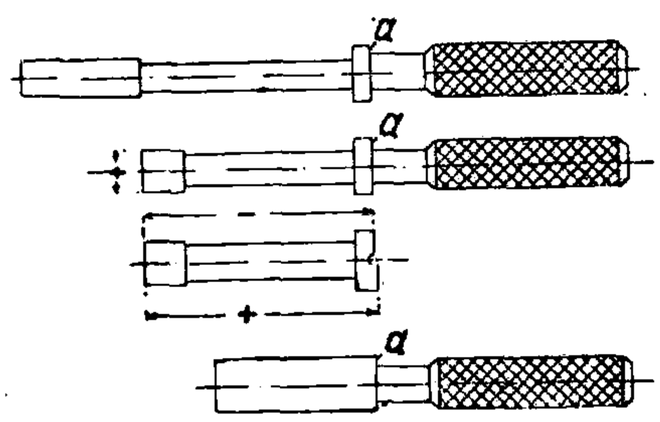
стволе. При изготовлении стволов двухстволь-ных ружей высокого качества стремятся избегнуть твердой пайки (материал ствола становится менее прочным), изготовляя ствол как одно целое с половиной ствольного крюка *а* (фиг. 35) и верхней половиной планки и соединяя затем оба ствола помощью пазов и выступов; штифтами *б* и мягкой пайкой устраняется возможность разъединения. Стволы охотничьих ружей часто имеют снаружи продольные тонкие риски, к-рые по своему наружному виду походят на гравировку вдоль ствола. Они производятся либо вручную личным напильником с тонкой насечкой либо на полировочном станке. В этом случае ствол движется вверх и вниз, причем каждый раз при верхнем положении его делается небольшой поворот. К стволу прижимаются пружинами с двух сторон наждачные камни, между к-рыми передвигается ствол, т. ч. они полируют его поверхность, оставляя на нем продольные следы обработки. В качестве смазочного материала при этой работе употребляется керосин.

Т. к. каждый ствол предназначается для патронов определенного размера, при воспламенении к-рых возникает давление газа, то и размеры просверленного отверстия и патронника ствола не должны выходить из установленных пределов допуска. В охотничьих ружьях внешние размеры ствола сравнительно с остальными деталями изготовляются с приблизительной точностью; лишь нек-рые крупные з-ды с массовым производством охотничьего оружия в целях экономии работы по пригонке в виду ее высокой стоимости, а также з-ды, изготовляющие военные винтовки, все без исключения размеры выполняют по предельным допускам. Поэтому понятно, что производство стволов нахо-

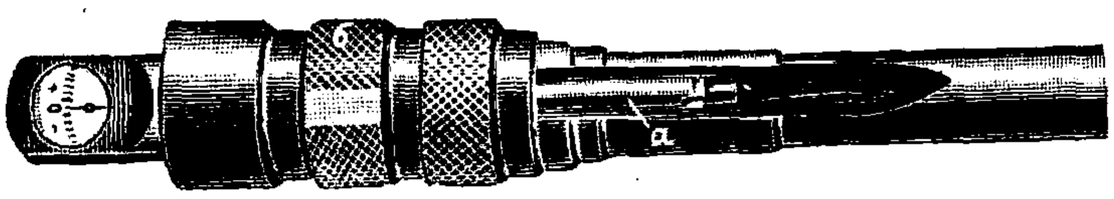
дится под строгим контролем, и их размеры проверяются во всех стадиях производства посредством особых шаблонов или же предельных калибров. После окончательного изготовления ствола еще раз производится проверка всех размеров. Для винтовочных стволов эта проверка называется приемочным контролем и выполняется обычно служащими военного ведомства, заказавшего винтовки. Размеры отверстия ствола и его наружный диаметр проверяются предельными калибрами и предельными скобами. Наружная форма ствола и резьба проверяются шаблонами и предельными калибрами резьбы, как это обычно производится при проверке точных винтов. Особой тщательности требует контроль патронника. Минимальные размеры последнего измеряются фасонным калибром (фиг. 36), максимальные же размеры каждой отдельной части—специальными калибрами (фиг. 37). Фасонный калибр (фиг. 36) м. б. введен в патронник лишь настолько, чтобы верхний его край *а* не выступал за пределы торца отверстия, точно так же как при специальных калибрах (фиг. 37) верхний край *а* должен кончаться не дальше плоскости торца отверстия. Для патронов без выступающего края расстояние между переходным конусом и торцом отверстия в патроннике имеет особое значение, т. к. здесь патрон прилегает по всей длине. Поэтому в этих случаях конус проверяется очень точным шаблоном (фиг. 38). В ствол вводится мерительный стержень *а*, к-рый прилегает только к переднему конусу. На нарез навинчивается шаблон *б*, к-рый прилегает к заднему торцу ствола, а передней своей частью—к индикаторному штифту. Последний показывает на шкале

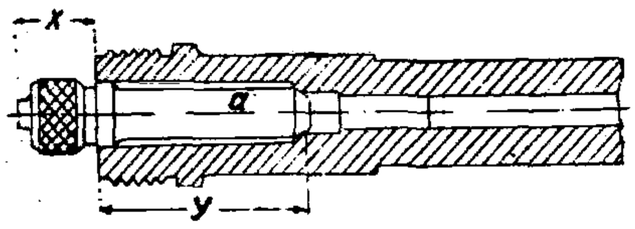


Фиг. 36.



Фиг. 37.

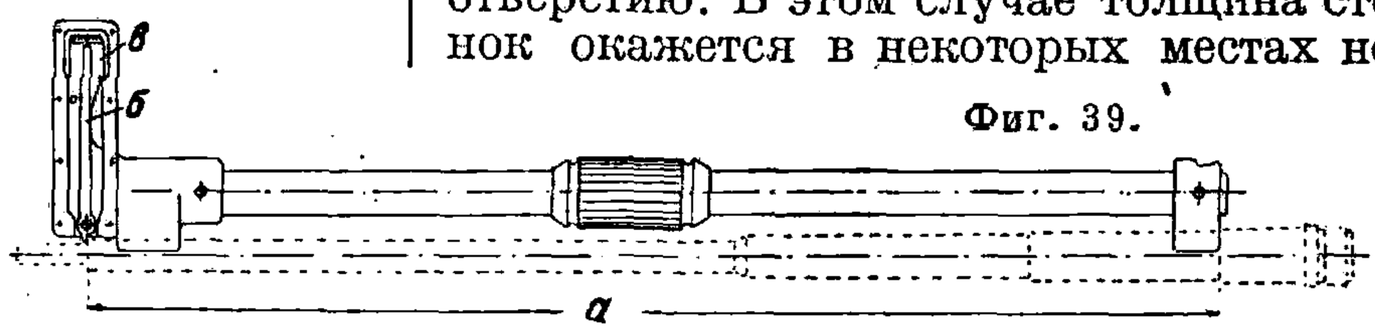




Фиг. 38.

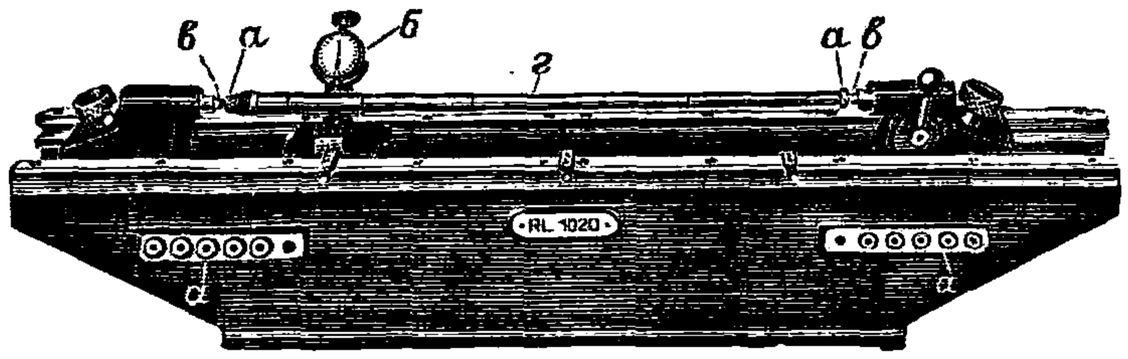
расстояние *х* торца стержня от заднего торца ствола, тем самым определяется расстояние *у*. На шкалу нанесены деления в 0,01 *мм*, т. ч. отклонения от требуемых размеров в этих пределах м. б. установлены очень точно.

В отдельных моделях оружия прицельная колодка и кольцо мушки помещаются у выступов ствола, которые определяют длину прицельной линии и должны в точности ей соответствовать. Для измерения применяется прибор (фиг. 39), показывающий указателем *б* на шкале *в* отклонения от предписанной длины *а*. При обточке и шлифовке ствола ориентируются всегда по его отверстию, к-рое неоднократно выправляется по видимой в нем тени в течение всего процесса изготовления. Однако ствол в процессе изготовления м. б. перекошен, тогда нарушается концентричность расположения его наружной поверхности по отношению к отверстию. В этом случае толщина стенок окажется в некоторых местах неодинаковой. Неодинаковая толщина стенок заметно сказывается на меткости оружия, так как ствол при нагревании расширяется уже неравномерно и таким образом искривляется. В виду этого толщина стенок готового ствола проверяется на особом приспособлении (фиг. 40). В отверстие ствола, предварительно выправленного, с каждой стороны вводятся хорошо пригнанные стержни *а*, имеющие центровые отверстия. Ствол *г* устанавливается этими центровыми отверстиями между центрами приспособления *в* и поворачивается от руки. Индикатор *б*, движущийся в продольном направлении, в отдельных местах указывает биение ствола, что является показателем неравномерности толщины стенок, ибо отверстие было выправлено и может считаться прямым. Описание всех процессов измерения ствола повело бы слишком далеко; достаточно упомянуть, что для испытания нормального ствола винтовки военного образца применяется 70 калибров только в процессе изготовления и еще 40 калибров при приемочном контроле готового ствола. На оружейных з-дах, оборудованных по современному, существует для каждого из упомянутых калибров особый контршаблон, дающий возможность проверять его изношенность. Фиг. 41 изображает составленный из различных частей контршаблон, относящийся к калибру, показанному на фиг. 36.

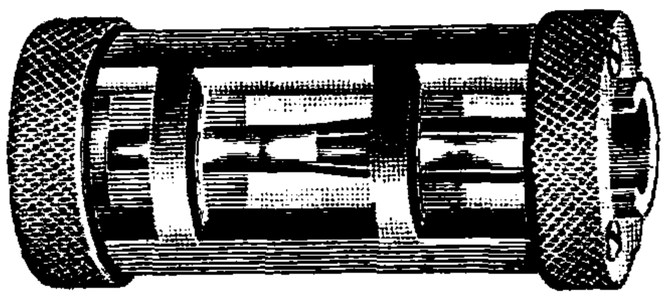


Фиг. 39.





Фиг. 40.

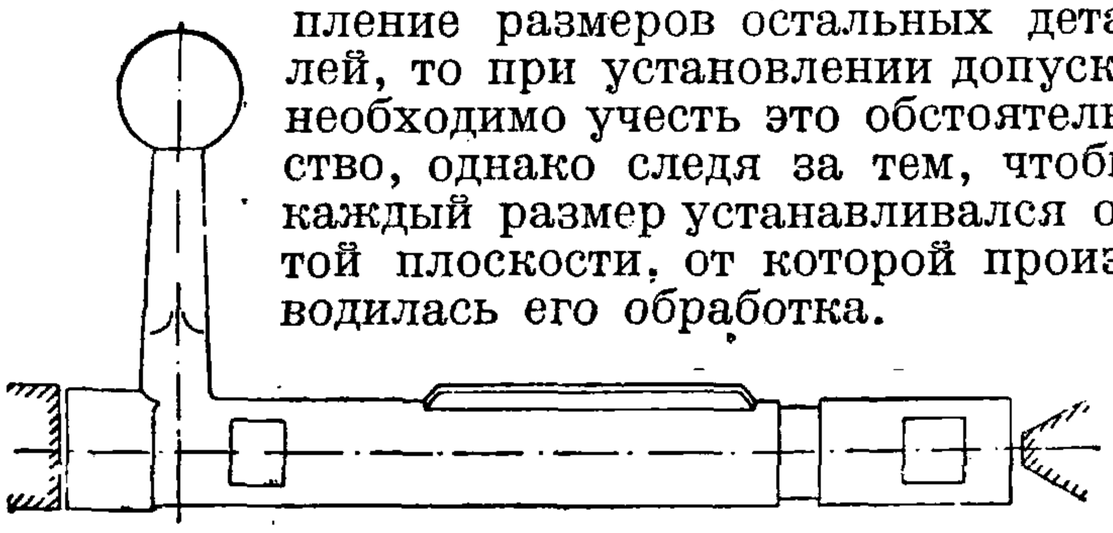


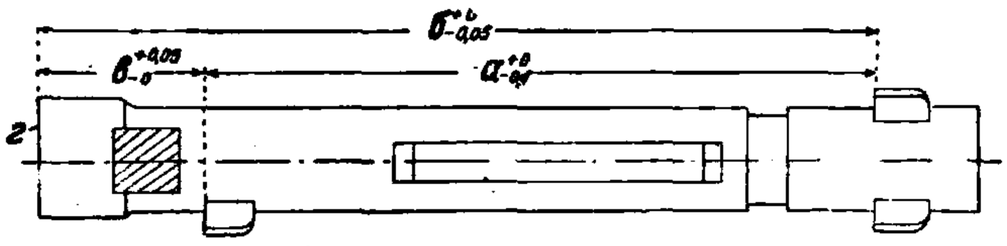
Фиг. 41.

В то время как для изготовления ружейных стволов применяются сплошь специальные машины, для производства остальных частей пользуются гл. обр. нормальными станками, как-то: токарными, револьверными, фрезерными, сверлильными, долбежными, протяжными и шлифовальными. С соответствующими приспособлениями и специальными принадлежностями в большей или меньшей степени эти станки специализируются, по крайней мере на крупных з-дах они с самого начала предназначаются для обработки определенной детали, поэтому в известном смысле о них можно говорить, как о специальных станках. Оборудование нормальных станков приспособлениями и специальными принадлежностями для нек-рых небольших рабочих операций оказывается либо совершенно невозможным либо экономически невыгод-

ным. В этих случаях применяют разные специальные станки, к-рые исключительно приспособлены для той или иной операции.

При обработке отдельных ружейных деталей необходимо считаться с их назначением, с точным соблюдением предельных допусков для достижения взаимозаменяемости. Поэтому установление последовательности операций требует, в особенности при сложных деталях, глубокого знания назначения готового оружия и большого опыта. Эту последовательность нужно тщательно продумать, учитывая особенности каждой отдельной детали; установить для этого трафаретные правила невозможно. Нужно однако сказать, что наиболее крупные и сложные детали обрабатываются в первую очередь по всем плоскостям, благодаря чему удаляется значительное количество лишнего материала, а следовательно устраняется напряжение, оставшееся в материале после ковки, прессовки, зачистки и могущее вызвать деформацию. После этого обрабатываются до состояния готовности отдельные участки, именно такие, к-рые важны для выполнения назначения данной детали и могут служить плоскостями опоры, установки или закрепления в приспособлениях при дальнейшей обработке. Плоскости эти определяют собой дальнейшую обработку детали до конца. Детали с большими отверстиями начинают обрабатываться с этих отверстий; мелкими же отверстиями пользуются обычно для закрепления этих деталей в приспособлениях. Разрешение отступления от предписанных размеров при обработке детали исходит из принципа пригонки той плоскости, отверстия и т. д., к-рые должны иметься у готовых деталей при сборке. Для получения простых и легко обслуживаемых зажимных приспособлений не всегда удается придерживаться этого принципа, однако необходимо стремиться к его достижению. Во всяком случае нужно следить за тем, чтобы одни и те же установочные поверхности и отверстия сохранялись в возможно большем числе операций. В случае если при изготовлении какой-либо важной детали обнаружится отступление размеров остальных деталей, то при установлении допуска необходимо учесть это обстоятельство, однако следя за тем, чтобы каждый размер устанавливался от той плоскости, от которой производилась его обработка.

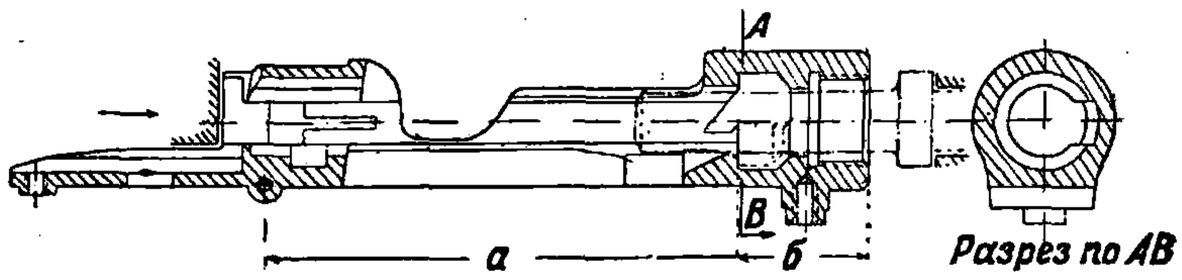




Фиг. 42.

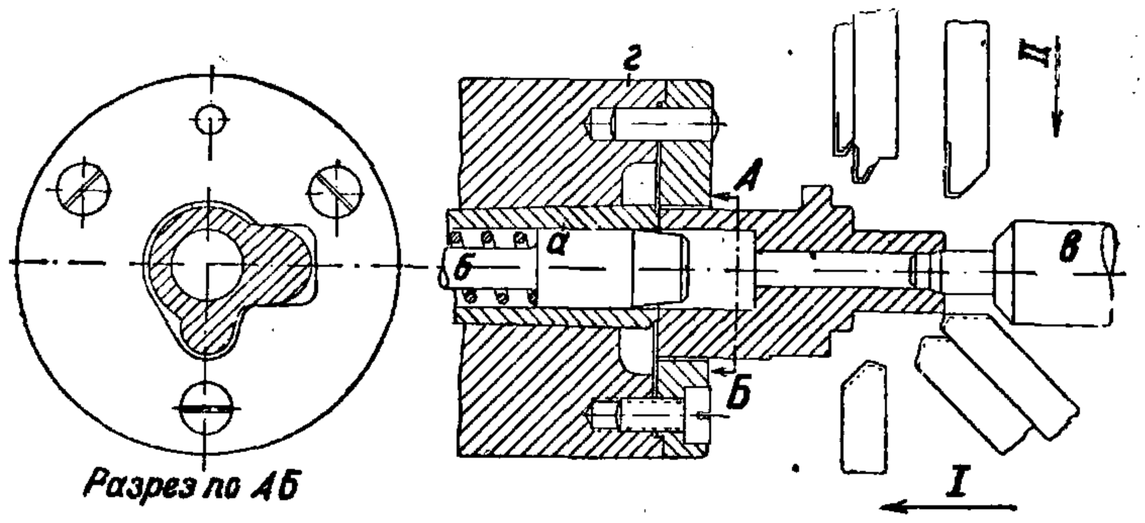
Изображенный на фиг. 42 затвор винтовки Маузера обрабатывается от центрального отверстия и заднего торца *г*. В готовой детали расстояние *а* между выступами должно лежать в пределах установленного допуска. Обрабатываются и измеряются эти выступы от заднего торца. Размер *а* получается как разность размеров *б* и *в*. Допуск каждого из этих двух размеров может составлять лишь половину допуска, установленного для размера *а*, т. к. при минимальном размере для *б* и максимальном размере для *в* оба эти допуска вызовут уменьшение размера *а* в пределах установленного для него допуска. Если бы в указанном выше случае можно было вести обработку от второго выступа, т. е. принять второй выступ за исходную плоскость, то допуск мог бы быть вдвое больше. Для точных размеров приходится часто применять сложные приспособления, для того чтобы получить на готовых деталях малые допуски.

Изображенная на фиг. 43 коробка затвора (ствольная коробка) маузеровской винтовки



Фиг. 43.

обрабатывается от отверстия и переднего торца. Шарнирное отверстие для спускового приспособления должно находиться на возможно точном расстоянии от заднего торца паза для выступа затвора, ибо затвор имеет ударник винтовки и гайку, у которой находится плоскость спуска курка и которая прижимается пружиной к этой плоскости. Если бы отверстие для шарнира просверливалось от переднего торца, являющегося установочной плоскостью для большинства операций, то допуск размера *б* влиял бы на допуск размера *а*, т. ч. последний оказался бы увеличенным. Так как коробка, подвергаясь закалке, деформируется, то становится заметным этот дефект. Поэтому при закалке выступ, в к-ром просверливается шарнирное отверстие, оставляют незакаленным,

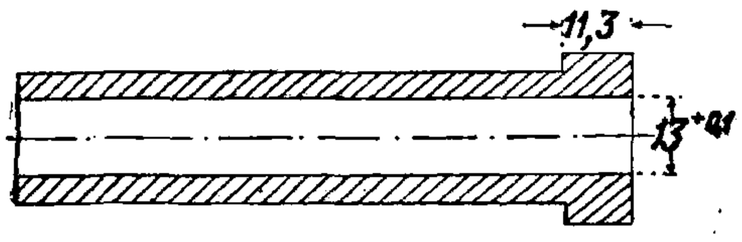


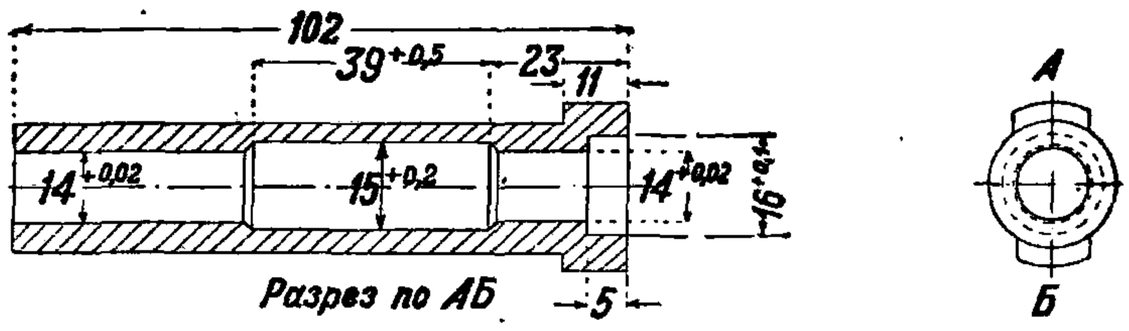
Фиг. 44.

вставляют в закаленную коробку стержень, снабженный выступами затвора, и по нему просверливают шарнирное отверстие так, что практически сказывается лишь допуск размера *а*.

Приведенные примеры показывают, каким образом отражаются на точности изготовления последовательность операций и правильный выбор установочных плоскостей. Отдельные операции, поскольку для них применяются нормальные станки, проходят так же, как и в точном массовом производстве. В дальнейшем описаны нек-рые типичные операции для отдельных видов станков. На фиг. 44 показана обточка из поковки винтовой цапфы затвора винтовки Маузера. Эта деталь была предварительно просверлена, развернута и проточена по торцу на револьверном станке. Операция фиг. 44 выполняется на небольшом нормальном токарном станке, снабженном специальным супортом для одновременной продольной *I* и поперечной *II* обточки. Так как левый торец служит установочной плоскостью, то он прижимается к торцу втулки *а* пружинного штифта *б*. Слегка

конический пружинный штифт *б* обеспечивает точную центровую установку в отношении отверстия большего диаметра. С правой стороны эта деталь прижимается вращающимся центром *в*, форма к-рого соответствует отверстию правой части детали. Вращение детали происходит при помощи навинченного на шпиндель станка патрона *г*. На переднем супорте для продольной обточки установлены 3 токарных резца и на заднем супорте для поперечной обточки также 3 резца, к-рые автоматически по-

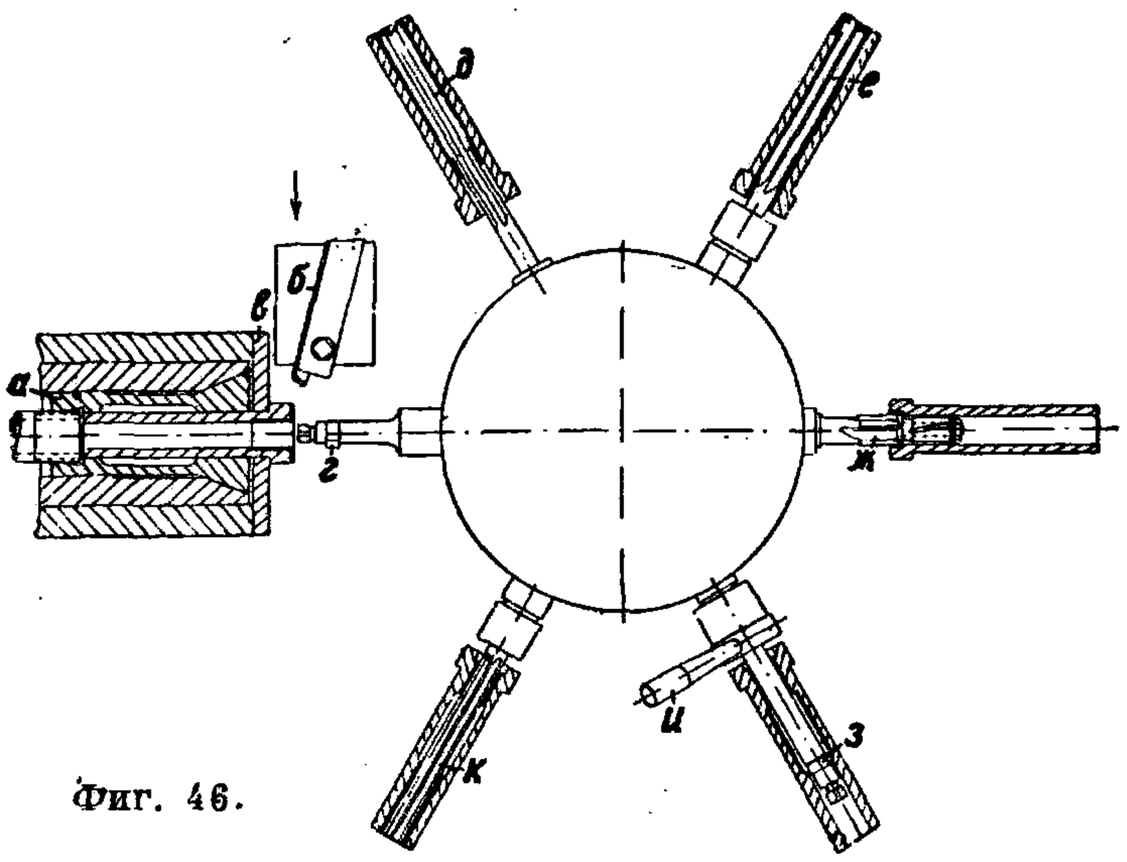




Фиг. 45.

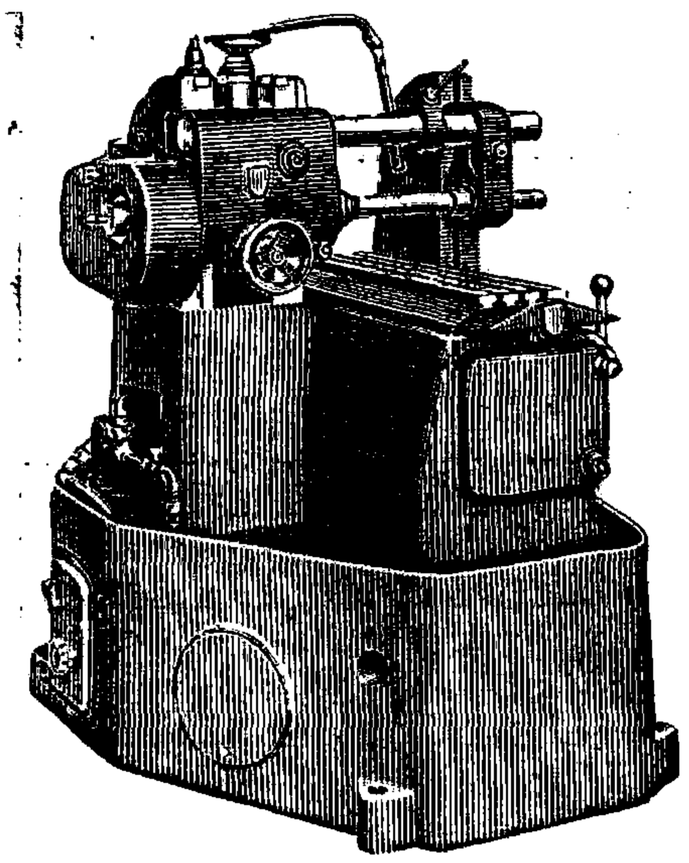
даются в направлении стрелок *I* и *II*. Резцы закреплены в особых державках, дающих возможность точной установки. Резцы для поперечной обточки подаются раньше резцов для продольной обточки и автоматически отводятся раньше, нежели последние проделают весь свой рабочий ход. Таким образом для резцов продольного обтачивания предусматриваются канавки для их схода. Переставлением упоров на супорте, устанавливая только один раз резцы, достигают постоянства диаметра и длины.

На фиг. 45 изображена деталь затвора для автоматического ружья до и после обработки отверстия на револьверном станке. Допустимые для этого отверстия допуски приведены на фиг. 45. Предварительно эта деталь просверливается начерно и по наружному диаметру обтачивается начисто. Изготовление прямого, небольшого по сравнению с его длиной отверстия требует особого внимания к его обработке.



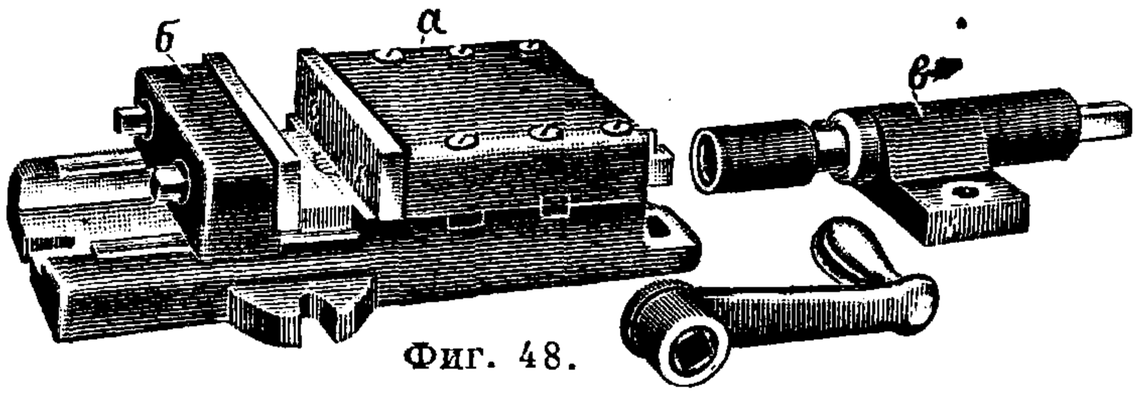
Фиг. 46.

Обрабатываемая деталь фиг. 45 закрепляется в зажимном патроне *а* (фиг. 46) и упирается задней стороной буртика в шайбу *в*. Сначала резцом *б*, установленным на поперечном супорте, подрезается торец. В револьверной головке установлено 6 инструментов. Короткая расточная оправка *г* растачивает отверстие на длину примерно в 20 *мм* и диаметром, равным диаметру зенковки *д*. Эта зенковка имеет с торцовой стороны режущие зубцы, образованные канавками, и шлифованный наружный диаметр. Зенковка *д* вводится при начале работы в расточенную часть отверстия. Т. к. резание производится лишь торцовой частью, то зенковка не получает никакой боковой нагрузки, могущей вызвать ее отклонение; т. о. получается в точности прямое продолжение расточенной части. Следующая затем развертка *е*, закрепленная маятникообразно в своем зажиме, развертывает диам. отверстия, причем в виду того, что она имеет возможность самоустанавливаться, ось отверстия, проделанная зенковкой *д*, не меняется. Зенковка *ж* с направляющей цапфой растачивает переднюю часть отверстия, причем зенковка направляется развернутым отверстием. Чтобы не повредить его, направляющая цапфа снабжена вращающейся втулкой. Расточка внутренней выемки производится оправкой с резцом *з*. Резец эксцентрично закреплен в зажиме и к началу расточки рукояткой *и* углубляется на глубину выемки. После этого отверстие развертывается еще раз маятникообразно установленной разверткой *к*, причем оставшиеся от расточки и зенковки выступы удаляются. Если данные детали подлежат изготовлению в большом количестве, то работа м. б. выполнена на автомате (автоматический револьверный станок). Установку детали целесообразно и тут производить вручную, т. о. работа производится полуавтоматически. Последовательность применения инструментов при этом остается та же самая.



Фиг. 47.

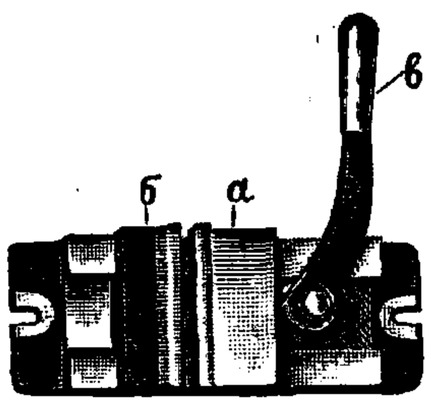
Описанный выше или сходный с ним метод работы часто применяется при изготовлении точных отверстий в ружейных деталях, и при помощи его достигается в относительно короткое рабочее время высокая точность. Фрезерный станок наиболее часто применяется при ружейном производстве. Можно встретить применение почти всех видов этих станков, как то: ручных, автоматических, горизонтальных и вертикальных фрезерных станков и т. д.; тем не менее господствующее положение занимает вследствие своей устойчивости, конструкции и точности работы продольно-фрезерный станок, усовершенствованная конструкция которого изображена на фиг. 47. При обработке на фрезерном станке детали обычно закрепляются в



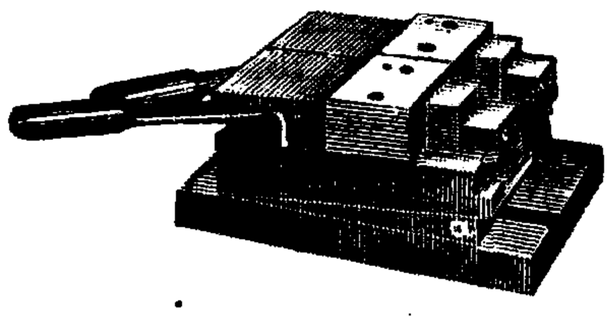
Фиг. 48.

тисках (см.). В то время как в остальных производствах металлопромышленности применяются чаще всего тиски, в к-рых давление фрезерования воспринимается подвижной щекой,

в оружейном производстве употребляют почти исключительно т. н. тиски с нижним зажимом (фиг. 48), в к-рых подвижная щека *б* проходит под неподвижной *а* и давление фрезерования воспринимается следовательно неподвижной щекой. Эти тиски более устойчивы и на них достигается большая точность работы. В тисках, изображенных на фиг. 48, зажим получается при помощи винта, к-рый для удобства обслуживания снабжен удлинением *в*, устанавливаемым на столе фрезерного станка. В последнее время более употребительны изображенные на фиг. 49

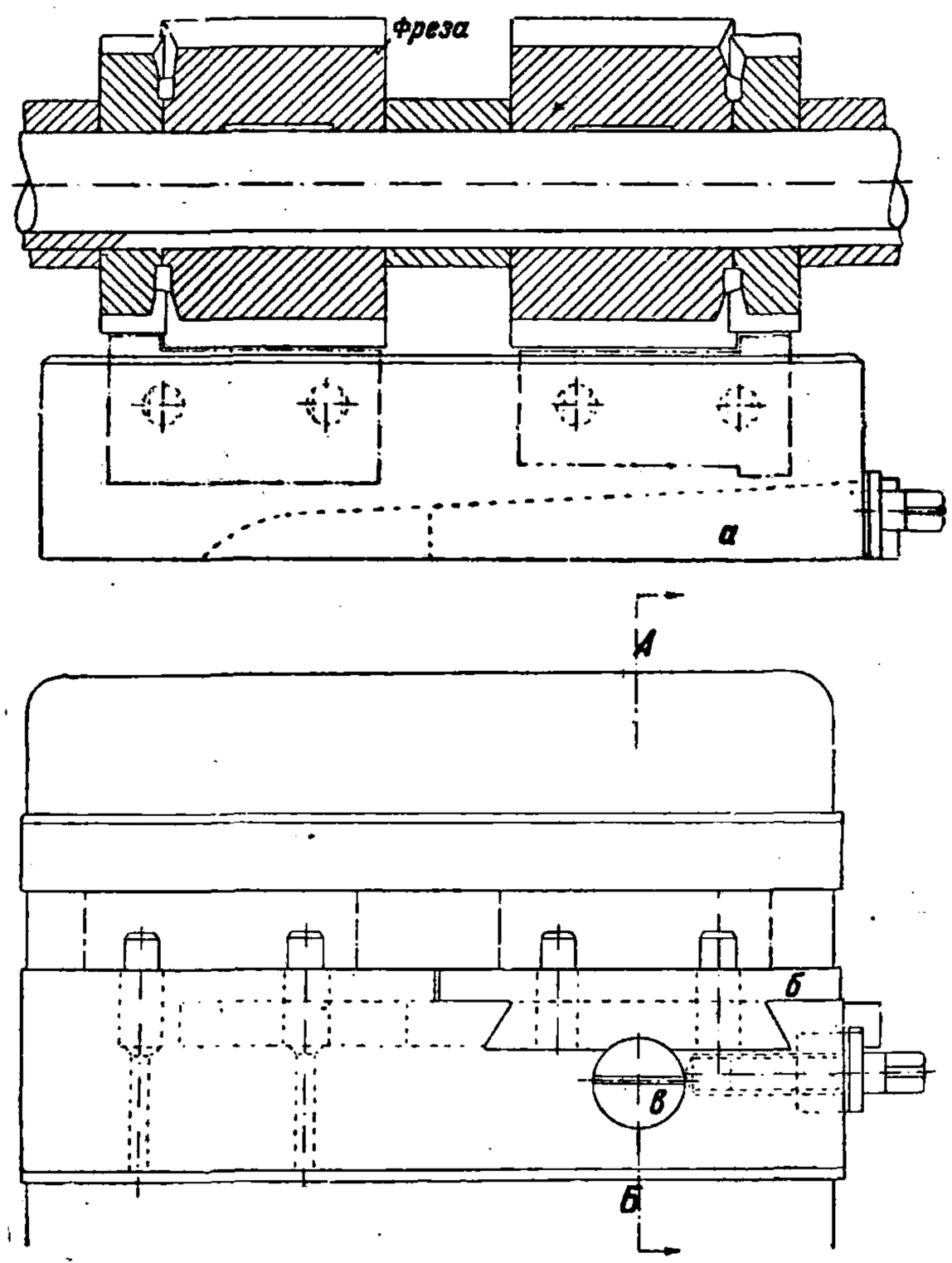


Фиг. 49.



Фиг. 50.

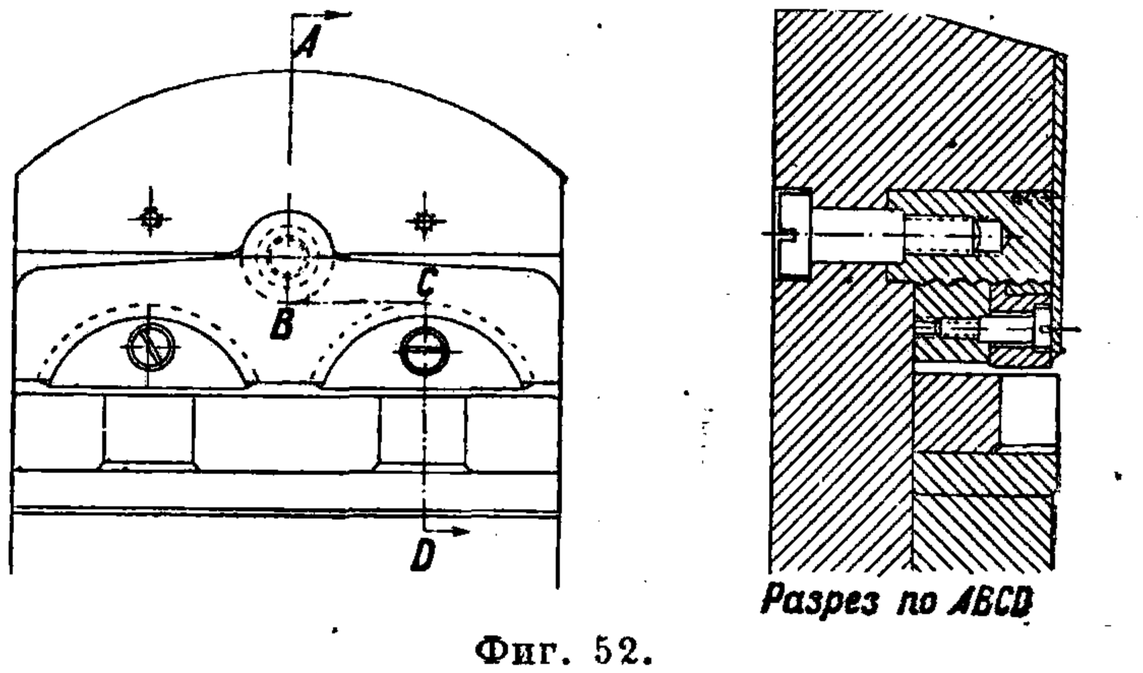
тиски с быстрым зажимом, в которых зажим производится при помощи эксцентричного рычага *в*. Тиски этого типа, предназначенные для одновременной установки двух обрабаты-



Фиг. 51.

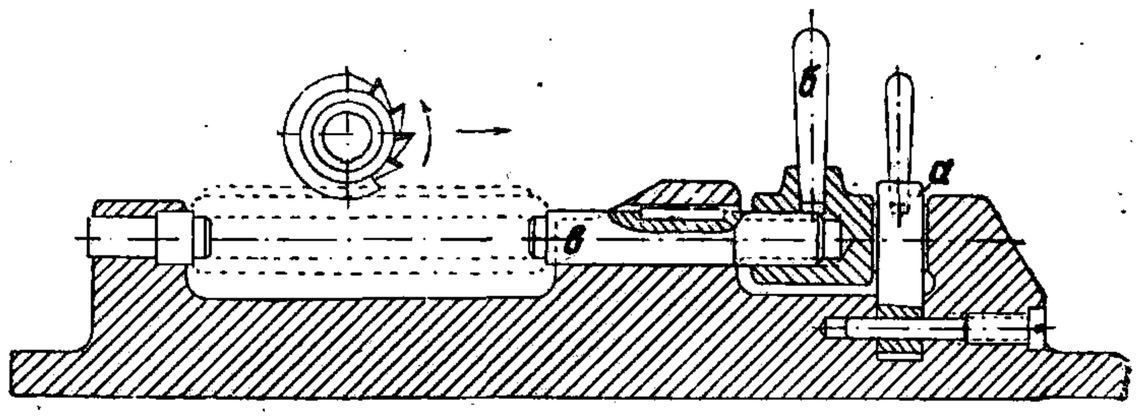
ваемых частей, показаны на фиг. 50. Чтобы при одновременной фрезеровке можно было выравнивать установку по высоте обрабатываемых деталей, один из зажимов установлен на клине *а*, к-рый при передвижении в продольном направлении вызывает опускание или подъем поверхности обрабатываемой детали.

Для возможности одновременной обработки двух предметов также и в простых тисках по-



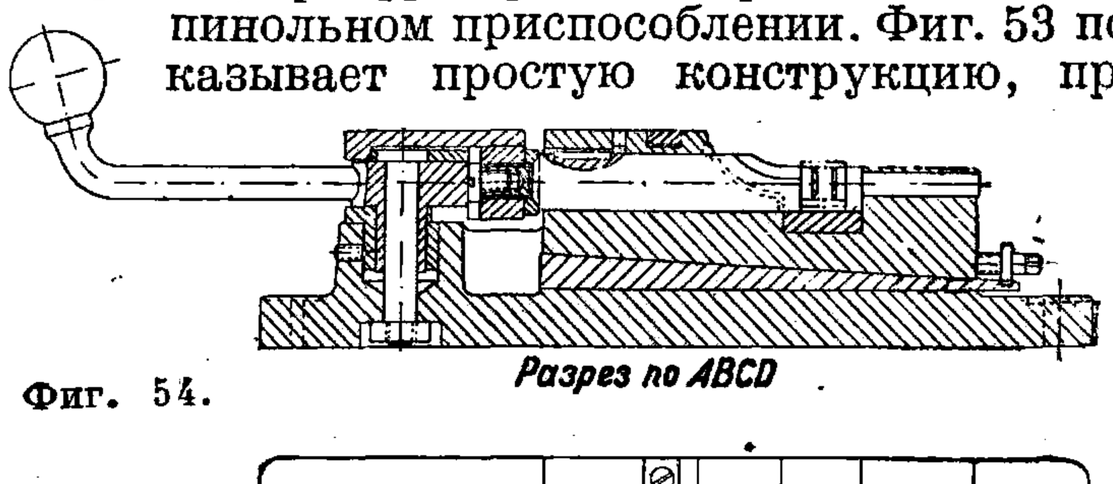
Фиг. 52.

следние часто снабжаются двойными захватывающими щеками (фиг. 51). При этом одно из мест закрепления можно также переставлять по высоте. Эта перестановка осуществляется при помощи клина *а* в неподвижной щеке и подвижной губки *б* и закрепляется винтом *в*, снабженным большой головкой. Если обе подлежащие закреплению детали уже имеют плоскости зажима обработанными, т. е. обладают одинаковой толщиной, то подвижная щека не д. б. само-

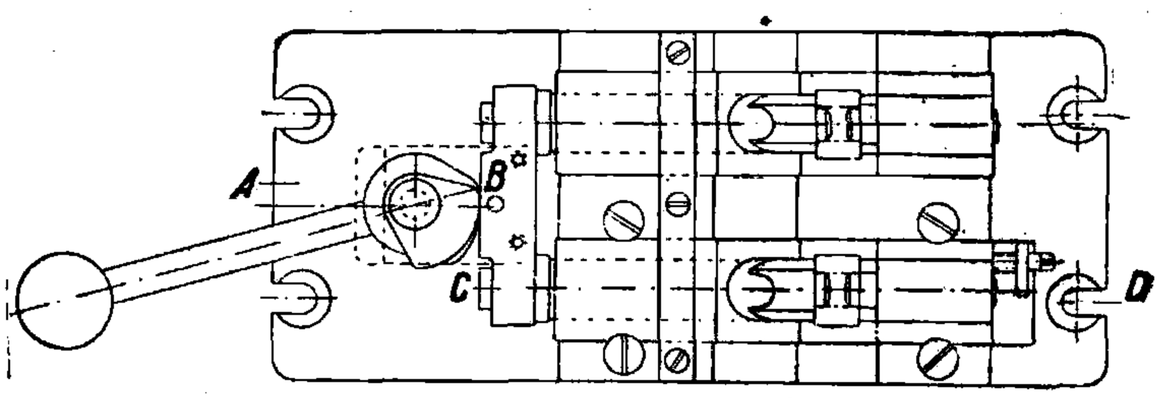


Фиг. 53.

установливающейся. Необработанные детали, у которых в направлении закрепления имеется значительная разница в толщине, надежно укрепляются при помощи самоустанавливающейся щеки (фиг. 52), к-рая устанавливается применительно к толщине зажимаемых деталей. Длинные детали, обрабатываемые от основного отверстия, при фрезеровке закрепляются в т. н. пинольном приспособлении. Фиг. 53 показывает простую конструкцию, при



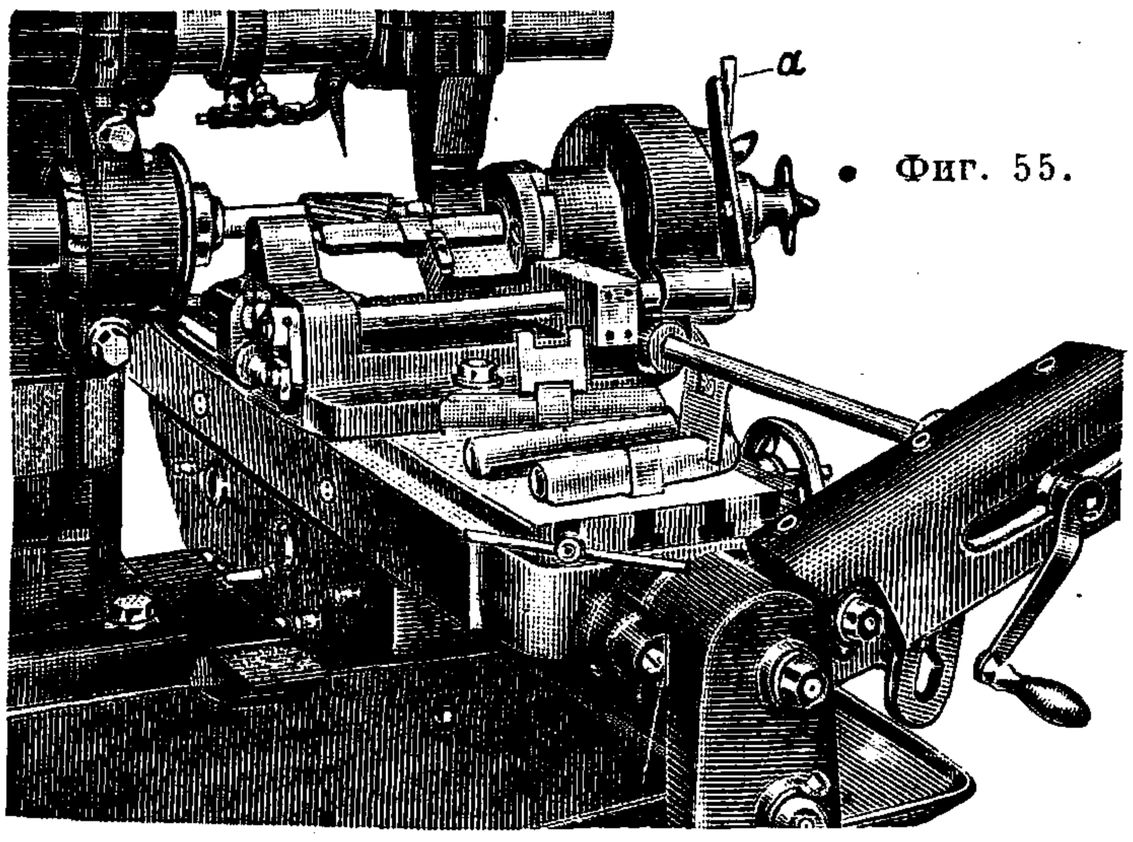
Фиг. 54.



к-рой зажим производится помощью прямоугольной резьбы. После откидывания промежуточной детали *а*, пиноль *в* м. б. отодвинута на значительное расстояние рукояткой *б* так, что создается возможность удобного закладывания новой детали.

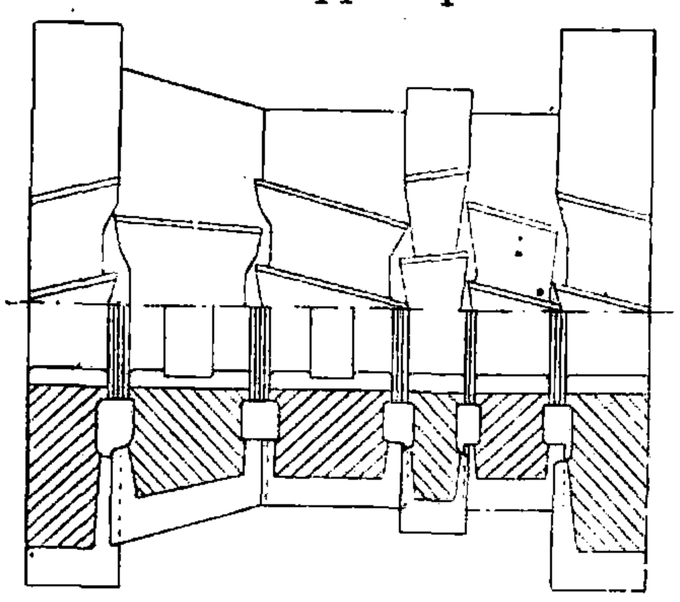
Двойное пинольное приспособление показано на фиг. 54. Одно из мест закрепления и здесь также может устанавливаться по высоте с по-

мощью клина в целях выравнивания возможных разниц в диаметре фрезеров. Закрепление обеих пинолей производится одновременно при помощи эксцентрич. рычага. Путем соединенной с последним кулачковой шайбы обе пиноли м. б. одновременно отодвигаемы назад. Подобные двойные зажимные приспособления часто применяются для того, чтобы одновременно производить две операции на одном предмете. Описание разнообразных фрезерных приспособлений можно было бы продолжать еще дальше, ибо для одного лишь изготовления пехотной винтовки требуется ок. 350 различных фрезерных приспособлений; поэтому мы ограничимся указанием еще лишь одной разновидности, а именно приспособления для фрезеровки по



Фиг. 55.

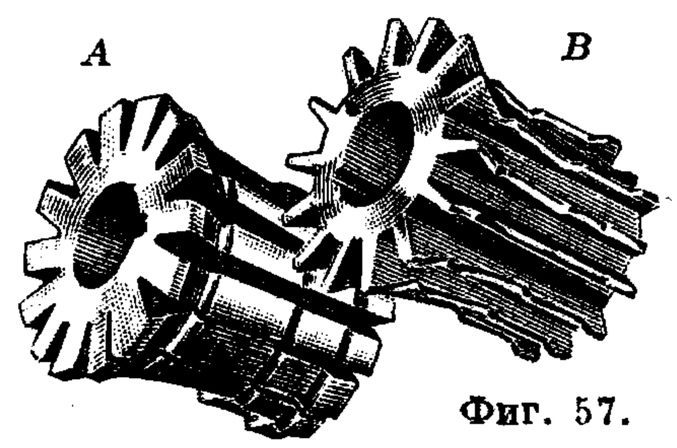
наружному диаметру. На фиг. 55 изображено такое приспособление с автоматич. приводом от ходового винта стола при помощи цепной передачи. Обрабатываемая деталь, в данном случае часть прицела, закрепляется на оправке и особым приспособлением медленно вращается, причем подвергается обработке ее наружная поверхность. Передвижные упоры обеспечивают определенное положение обрабатываемого предмета по отношению к фрезеру в начале вращательного движения и выключают после окончания фрезерования как вращательное движение приспособления, так и фрезера. После этого шпиндель приспособления вручную рукояткой *a* быстро переводится обратно в первоначальное положение. Для фрезерования фасонных поверхностей, имеющихся на многих ружейных деталях, широко



Фиг. 56.

применяют затылованные фрезера. Если профиль составлен из прямых линий, то следует предпочесть комбинированный фрезер с острыми зубцами (фиг. 56), составленный из отдельных фрезеров. Этот фрезер дает более гладкие поверхности, нежели затылованный фрезер, ибо его режущие кромки образуются из двух шлифованных плоскостей, в то время как в затылованном фрезере режущие кромки образованы одной необработанной после закалки плоскости и одной шлифованной.

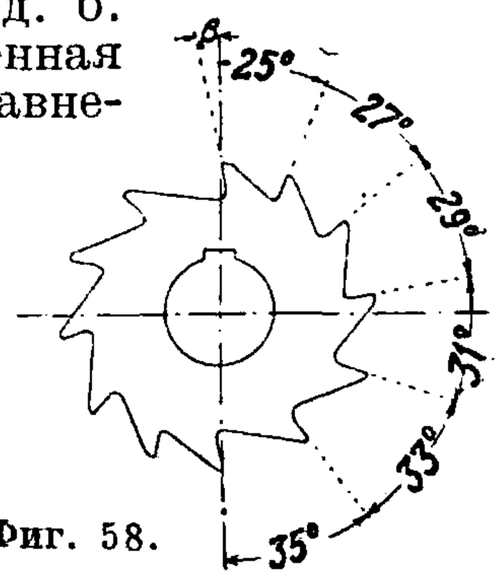
Последующая шлифовка поверхности задней заточки возможна в отдельных случаях лишь с большим трудом. В отношении быстрорежущих сталей, почти только и применяемых в настоящее время, лишь при очень тщательной закалке можно избежать обезуглероживания верхнего слоя металла и тем самым нек-рой его мягкости. По этой причине затылованные фрезеры обладают далеко не столь острыми режущими кромками, как фрезеры с острыми зубцами. Тем не менее и в ружейном производстве затылованный фрезер все более и более вытесняет фрезеры с острыми зубцами в виду более легкого его изготовления и содержания в исправности. При тщательной закалке и частой заточке затылованный фрезер может очень долго работать до износа. На фиг. 57 изображен новый фрезер *A* и фрезер *B*, бывший в употреблении, к-рым было обработано 425 000 ружейных деталей шириной в 8 *мм*, что соответствует длине фрезерования в 3, 4 *км*. В последнее время изготовляются также фасонные фрезеры с затылованными спиральными зубцами. Изготовление их, правда, исключительно трудно, ибо форма резцов с задней заточкой д. б. корректирована. Их повышенная производительность по сравне-



Фиг. 57.

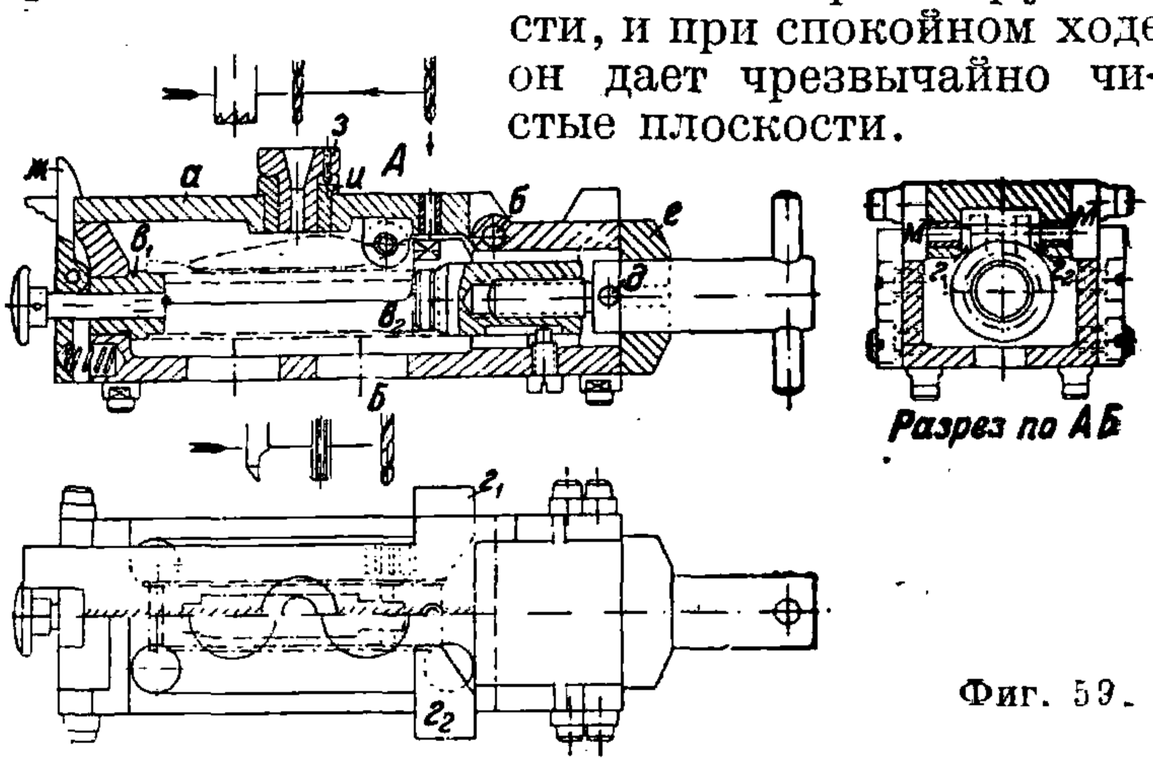


α=угол спирали
β=передний угол зуба



Фиг. 58.

нию с фрезерами с прямыми затылованными поднутренными или радиальными зубцами настолько однако велика, что изготовление их окупается. Конструкция фрезера, применяемого почти исключительно в ружейном производстве, изображена на фиг. 58. Этот фрезер снабжен спиральными фрезерованными поднутренными зубцами, к-рые расположены однако на его поверхности неравномерно. Этот фрезер применяют для работ, при к-рых в работе одновременно находится больше четверти окружности, и при спокойном ходе он дает чрезвычайно чистые плоскости.

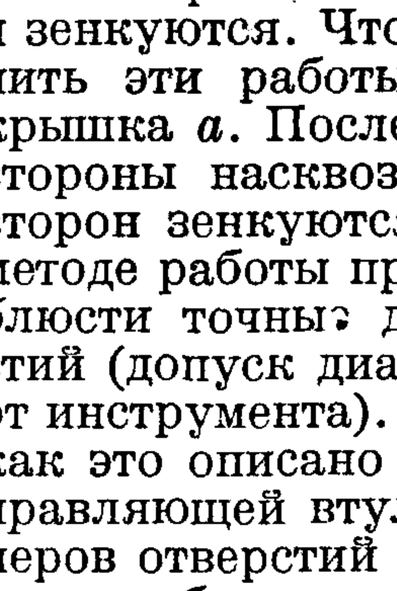


Фиг. 59.

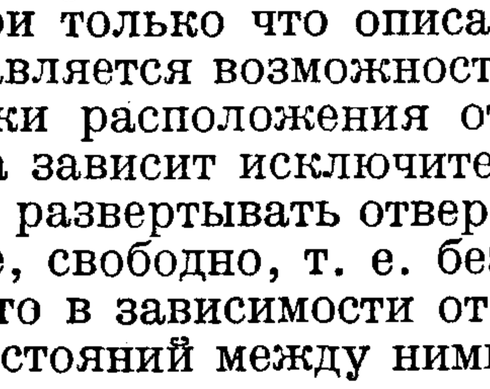
На фиг. 59 изображен кондуктор для прицельной детали. Он предназначается для применения на пятишпиндельном сверлильном станке. После открытия крышки *а*, вращающейся вокруг болта *б*, обрабатываемая деталь закладывается сверху, устанавливается на две цапфы $в_1$ и $в_2$ и закрепляется между двумя бо-

ковыми упорами $г_1$ и $г_2$. Цапфа $в_1$ снабжена буртиком, к к-рому обрабатываемая деталь прижимается посредством цапфы $в_2$, передвигаемой при помощи винта. Чтобы сделать возможным быструю съемку обрабатываемой детали, винт снабжен штифтом *д*, а плита *е* двумя пазами; т. о. при определенном положении винт, а следовательно и цапфа м. б. легко отодвинуты назад. В показанном на фиг. 59 положении винта при вращении последнего штифт прилегает к плите *е*, т. ч. цапфа $в_2$ и обрабатываемая деталь прижимаются к буртику цапфы $в_1$. В цапфе $в_1$ вставлен выбрасыватель, проходящий насквозь и прилегающий к торцу обрабатываемой детали. При нажиме на видимую слева головку выбрасыватель снимает обрабатываемую деталь с цапфы $в_1$. Крышка *а* запирается защелкой *ж*. В обрабатываемой детали д. б. просверлены два отверстия сверху и одно сбоку. Последнее прерывается прорезом, а потому д. б. просверлено с двух сторон. Из двух отверстий, просверливаемых сверху, левое имеет относительно больший диаметр, в то время как толщина стенки в этом месте незначительна. Если просверливать это отверстие спиральным сверлом соответствующих размеров, то от этого получился бы большой заусениц. Поэтому отверстие предварительно сверлят меньшим спиральным сверлом, а затем рассверливают его торцовой зенковкой соответствующего размера. Предварительное сверление делается сверлом для меньшего отверстия через съемную втулку *з*, зенковка же производится через запрессованную втулку *и*. Для сверления обоих боковых отверстий кондуктор поворачивается в каждую сторону на 90°. Сверление производится через втулки *м*, запресованные в выступы крышки *а*. Оба боковых отверстия после сверления развертываются и зенкуются. Чтобы иметь возможность выполнить эти работы, в кондукторе открывается крышка *а*. После этого оба отверстия с одной стороны насквозь развертываются и с обеих сторон зенкуются. При только что описанном методе работы представляется возможность соблюсти точные допуски расположения отверстий (допуск диаметра зависит исключительно от инструмента). Если развертывать отверстие, как это описано выше, свободно, т. е. без направляющей втулки, то в зависимости от размеров отверстий и расстояний между ними последние будут совпадать с расстояниями между направляющими втулками в кондукторе с допуском от +0,1 до +0,03 *мм*. При особенно точных отверстиях необходимо производить развертку через направляющие втулки, что уменьшит указанный допуск наполовину.

Наряду со сверлением на сверлильных станках в ружейном производстве часто выполняется зенковка плоскостей, цапф и т. д. Так напр., на изображенной на фиг. 60 ружейной части боковая круглая цапфа

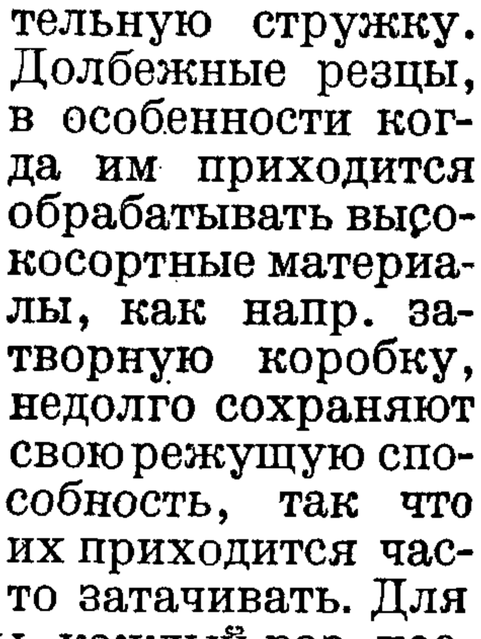


Фиг. 60.

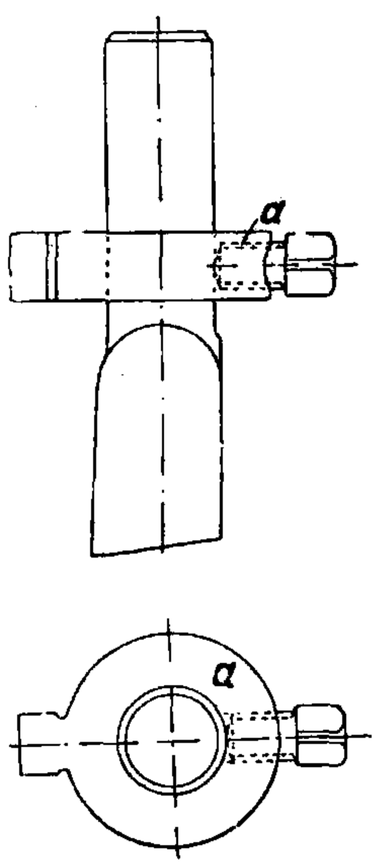


Фиг. 61.

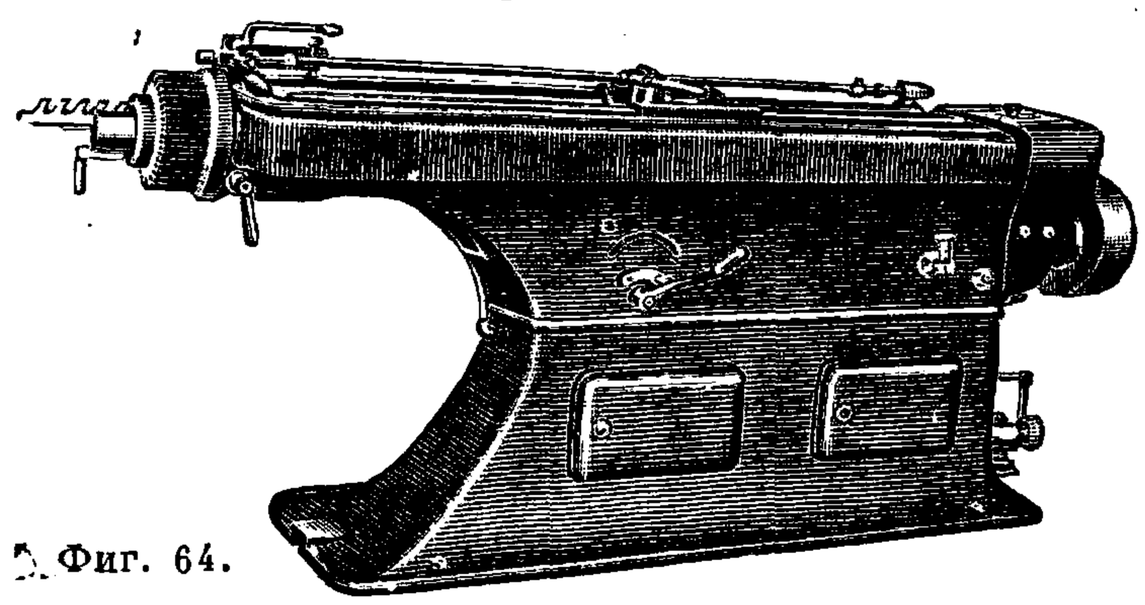
а зенкуется на многошпиндельном вертикальном сверлильном станке. Долбежные станки применяются в ружейном производстве только для таких работ, которые невыполнимы на других станках, ибо долбежный процесс требует вследствие обратного хода долбняка большой затраты времени. На фиг. 61 изображена затворная коробка к пулемету Максима перед долблением среднего прореза. Последний уже предварительно обработан двумя фрезеровками *а* и *б*, и для схода долбежного резца просверлено отверстие *в*. Фиг. 62 показывает эту же затворную коробку после долбления прореза. Для этого применяется вертикальный долбежный станок с автоматич. подачей супорта. Прорез продалбливается в две черновые операции, а именно сначала широким долбежным резцом продалбливается заднее расширение, а затем узким долбежным резцом — передний узкий прорез. После этого прорез отделывается в две чистовые операции, причем долбежный резец снимает лишь незначительную стружку. Долбежные резцы, в особенности когда им приходится обрабатывать высокосортные материалы, как напр. затворную коробку, недолго сохраняют свою режущую способность, так что их приходится часто затачивать. Для того чтобы каждый раз после заточки установить долбежный резец в первоначальное положение, на долбежном станке можно часто видеть соответствующие приспособления. Фиг. 63 показывает долбежный резец для долбления вышеупомянутой затворной коробки, на шейку к-рого надето кольцо *а*, входящее выступом в прорез на долбежных салазках, т. ч. при установке после заточки резец неизбежно должен вновь занять прежнее положение.



Фиг. 62.



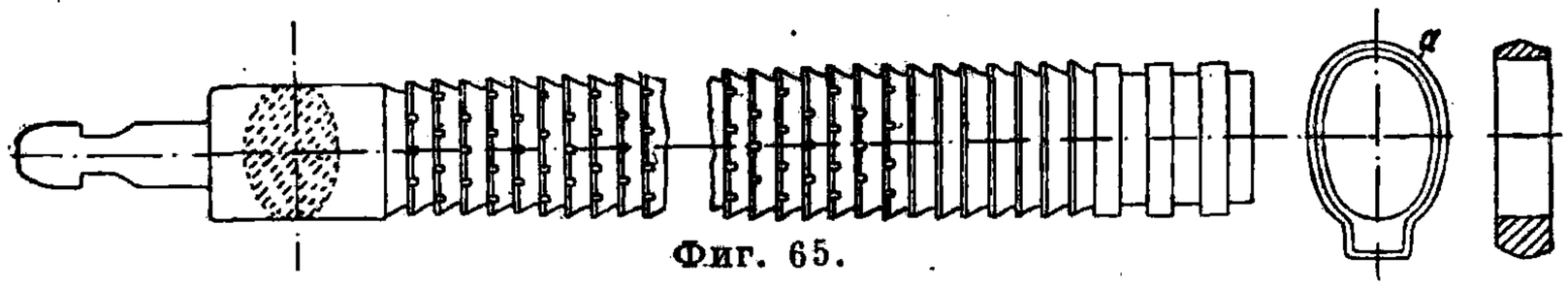
Фиг. 63.



Фиг. 64.

За последнее время для изготовления ружейных деталей часто также применяются прошивочные станки (см. *Прошивка*). Эти станки (фиг. 64) служат гл. обр. для окончательной обработки прорезов, пробоев, просверленных отверстий и т. д. При употреблении тщательно изготовленных прошивок можно простым способом достигнуть высокой точности деталей. Фиг. 65 показывает кольцо *а*, почти одинаковое во всех типах ружей и служащее для укрепления ствола в ложе. Здесь же показана прошивка,

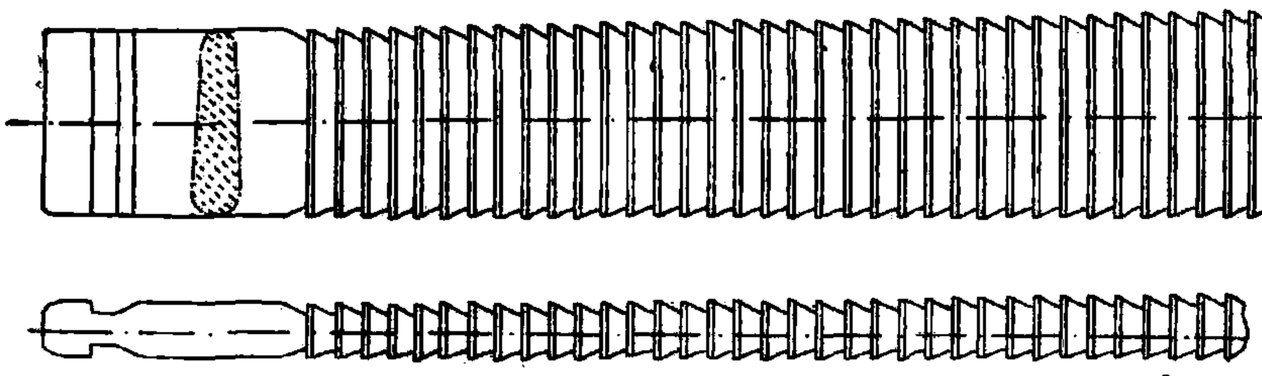
необходимая для обработки отверстия. Кольцо отковано с отверстием, затем отверстие в нем отделывается прошивкой. Эта прошивка изготовляется более тонкой у своей шейки, нежели



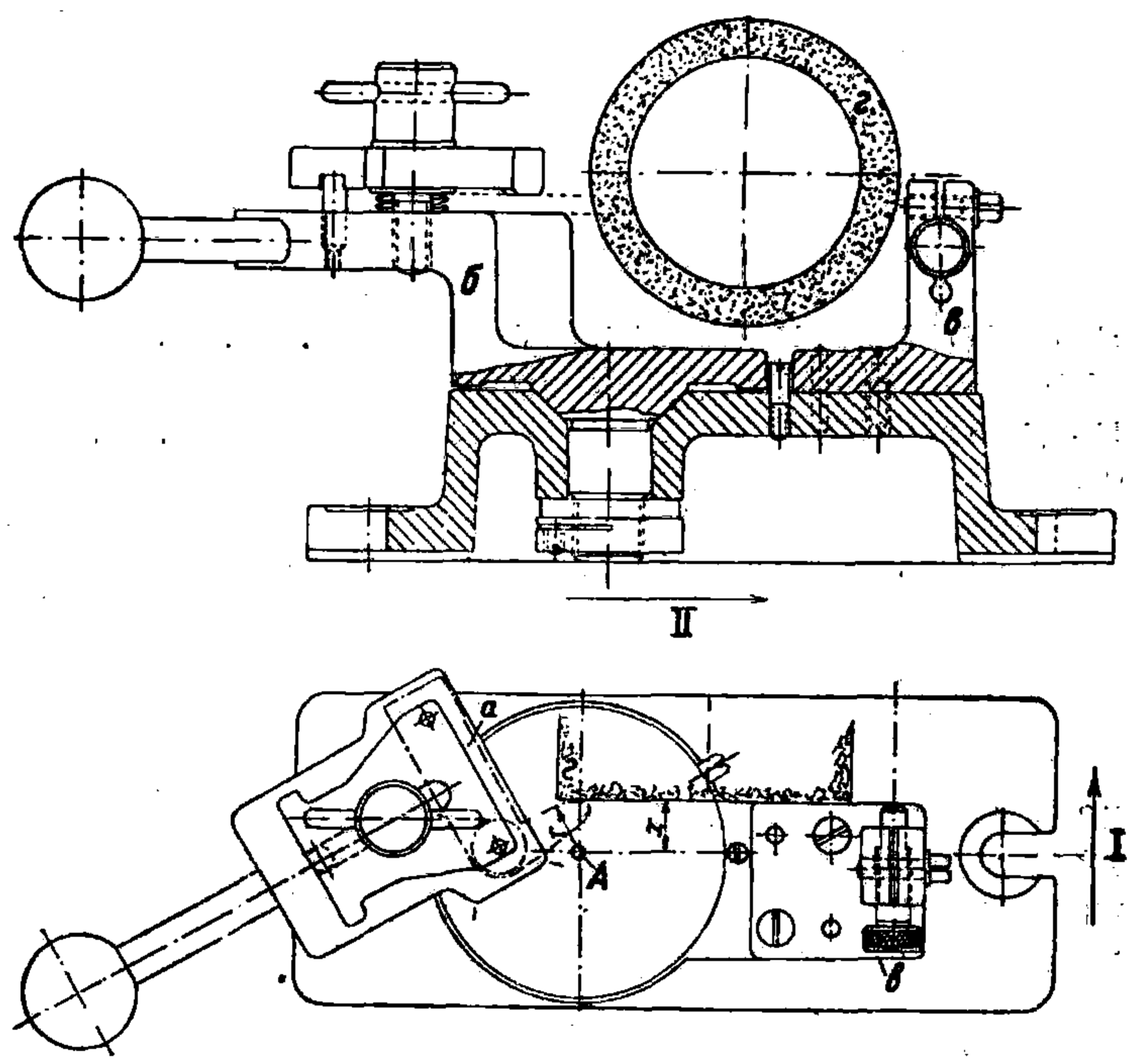
Фиг. 65.

отверстие поковки кольца, и постепенно утолщается. На конце прошивка снабжена несколькими калибрующими зубцами, к-рые действуют полирующим образом. Т. к. тонкое кольцо растягивается при пропуске через него прошивки, последняя имеет несколько больший размер, т. о. готовое кольцо, сократившись, будет иметь требуемые размеры. На фиг. 66 изображена магазинная коробка винтовки Маузера и употребляемая для обработки прошивка. Чтобы избежать влияния слабых стенок, коробка снаружи уже обработана и при пропуске через нее прошивки вставляется в точно подогнанный прорез. Изготовление длинных прошивок трудно и дорого. Если однако учесть припуск материала обрабатываемых деталей и длину проделываемого прошивкой пути, то окажется, что они обладают весьма продолжительной работоспособностью. Так напр., одной прошивкой было обработано 35 000 магазинных коробок (фиг. 66). Последние были предварительно начерно фрезерованы с припуском в 0,3 *мм*, так что прошивке пришлось только обработать углы и зачистить стенки.

Фиг. 66.

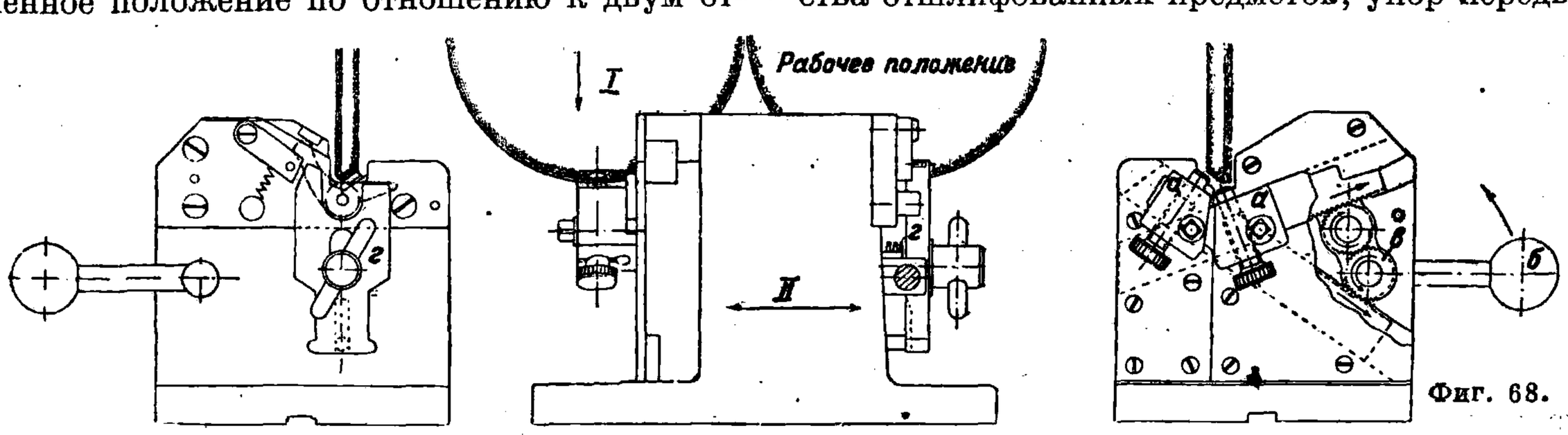


Шлифовальные станки для круглых и плоских поверхностей применяются для обработки особенно точных мест закаленных ружейных деталей. Фиг. 67 показывает принцип приспособления для шлифования кривой на закаленном коленчатом рычаге *а* пулемета Максима. Конец короткого колена заканчивается дугой, к-рая должна все время сохранять определенное положение по отношению к двум отверстиям длинного колена. Поэтому обрабатываемое изделие *а* устанавливается по этим отверстиям и закрепляется на вращающейся части *б* упомянутого приспособления т. о., чтобы центр *А* подлежащей шлифованию дуги совпадал с осью вращения приспособления. На неподвижной части *в* приспособления укреплен алмаз; расстояние *х* от оси вращения равняется радиусу шлифования. Все приспособление установлено на супорте шлифовального станка, салазки к-рого м. б. передвигаемы по направлению стрелок *I* и *II*. Движение поперечных салазок (в направлении стрелки *I*) м. б. ограничено при помощи передвижного упора. Если теперь передвинуть поперечные салазки к этому упору и в таком положении путем движения продольных салазок (в направлении стрелки *II*) выправить алмазом шлифовальный круг *г*, то режущий край последнего будет также находиться на расстоянии *х*, равном радиусу *r*, от точки вращения приспособления. При повороте в ту и другую сторону вращающейся части приспособления обрабатываемая деталь шлифуется, причем отодвинутые к началу шлифования поперечные салазки подаются до упора. При износе шлифовального круга, к-рый при правильном выборе его твердости и зернистости



Фиг. 67.

наступает лишь после значительного количества отшлифованных предметов, упор передвигается, и круг вновь правится. При правильной установке алмаза возможность дефектов в работе почти исключена, и получающаяся точность весьма значительна.



Фиг. 68.

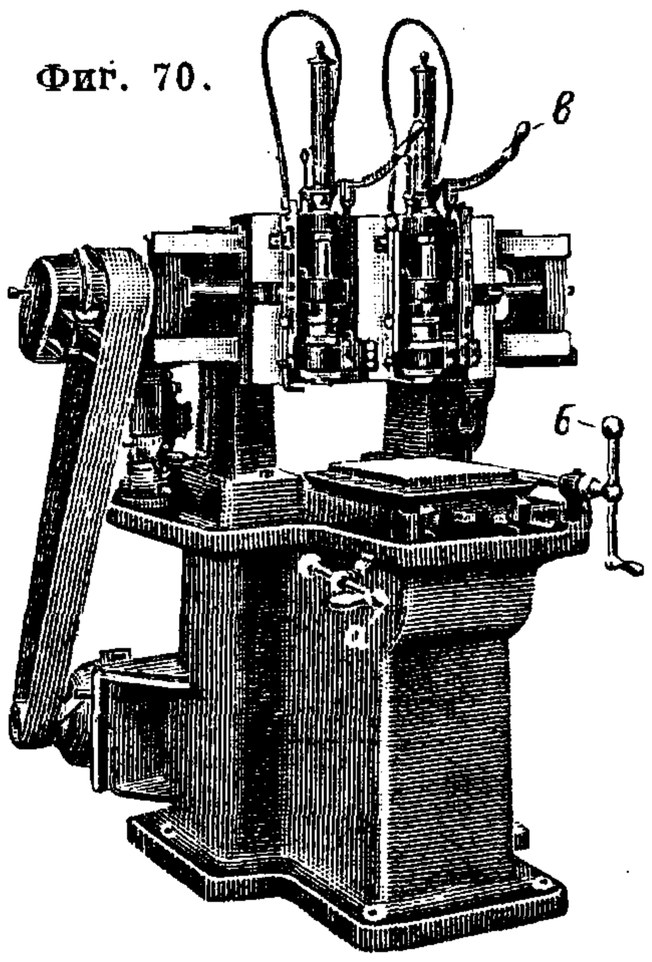
В приспособлении на фиг. 67 подлежащий получению профиль шлифуется нормальным кругом при качающемся движении обрабатываемого предмета; устройство шлифовального приспособления для изготовления детали при помощи фасонного шлифовального круга дано на фиг. 68. Шлифовальный круг, к-рый в вертикальном направлении (стрелка *I*) подается до упора,

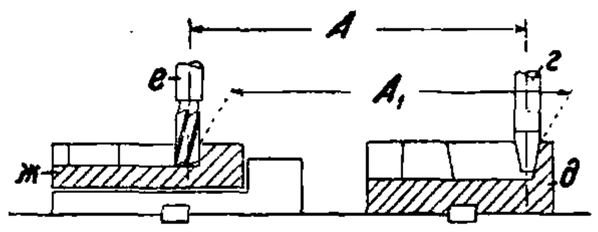


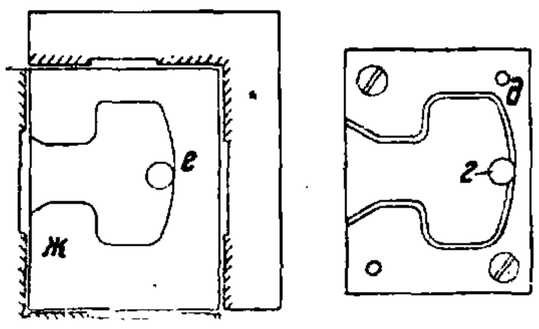
Фиг. 69.

правится в требуемый профиль двумя алмазами. Последние установлены в двух зажимах *а*, передвигающихся при повороте рукоятки *б* и двух зубчаток *в*. При правке шлифовального круга алмазы находятся внизу в вертикальной плоскости, проходящей через ось круга. При шлифовании все приспособление приводится в движение вперед и назад в направлении стрелки *II*. Обрабатываемая деталь (фиг. 69), — боевая личинка пулемета Максим, закреплена накладкой *г* т. о., что шлифуемые поверхности все время находятся в правильном положении по отношению к отверстию и длинному колену. Т. к. правка шлифовального диска происходит в то время, когда салазки прилегают к упору, и т. к. приспособление для правки шлифовального диска и зажимное устройство для обрабатываемого предмета представляют одно целое, то при правильно установленных алмазах дефектная работа почти невозможна, так что окончательная обработка этих важных для взаимозаменяемости частей может производиться менее квалифицированными рабочими. При выполнении упоминавшихся до сих пор работ применялись преимущественно нормальные станки, применяющиеся в металлопромышленности для аналогичных работ. Однако при изготовлении ружейных деталей применяется кроме того еще целый ряд специальных станков, конструкция которых в большей или меньшей степени определяется особенностями изготовляемой на них детали. На фиг. 70 изображен подобный станок, а именно двухшпиндельный копировальный фрезерный станок, служащий

Фиг. 70.

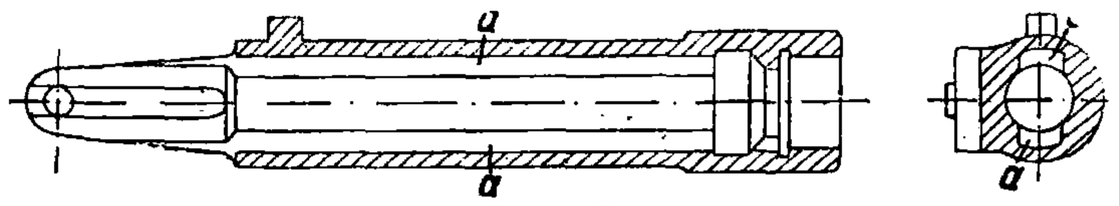






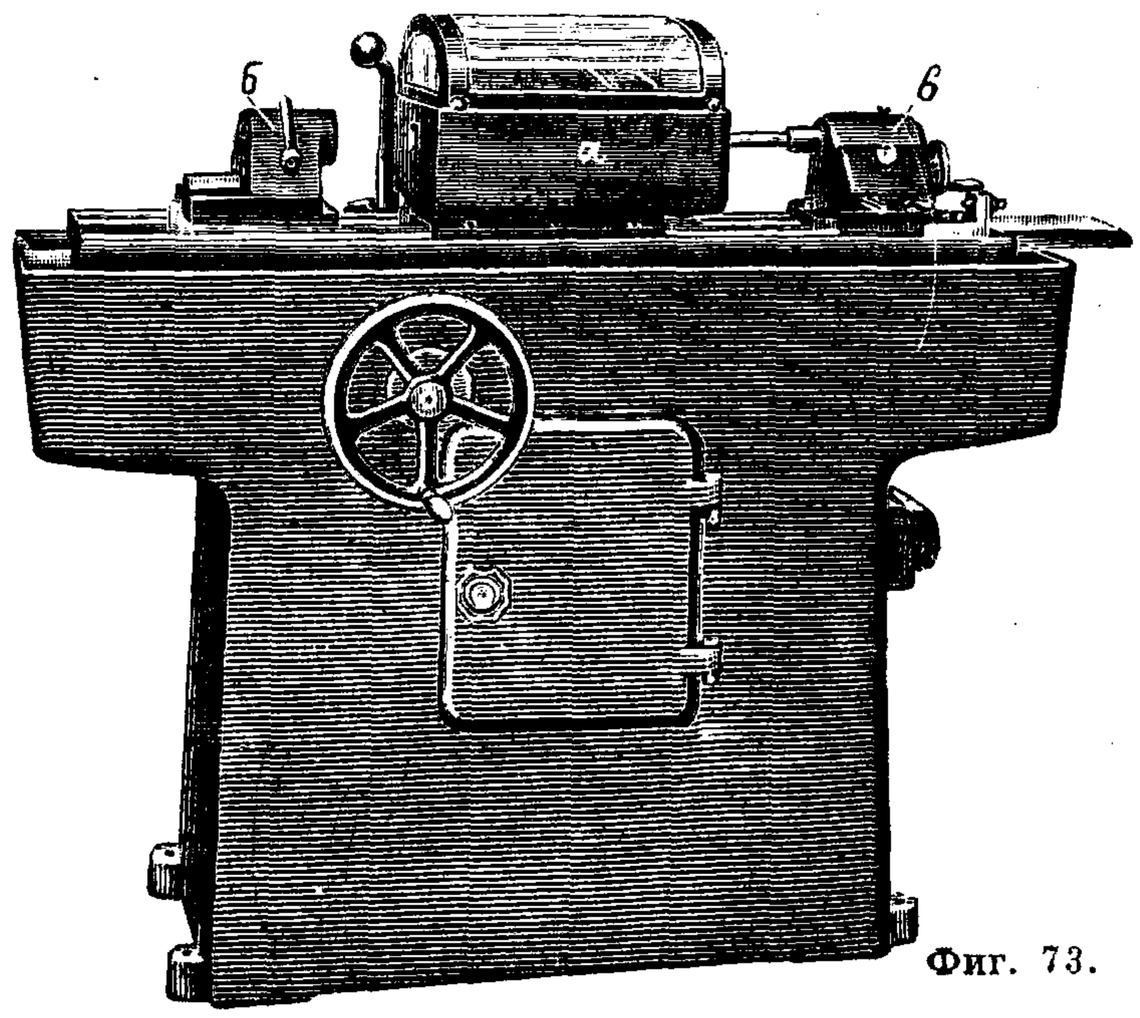
Фиг. 71.

для обработки неправильных форм методом фрезерования обрабатываемой детали по копиру (см. также *Копировальные станки*). Эти копировально-фрезерные станки с одним, двумя или тремя рабочими шпинделями применяются для изготовления кривых поверхностей, к-рые не м. б. изготовлены фасонными фрезерами, а также для получения неправильных прорезов, пробоев и углублений. Метод работы этого станка виден из фиг. 71. Подлежащая обработке деталь закрепляется на столе станка, на к-ром



Фиг. 72.

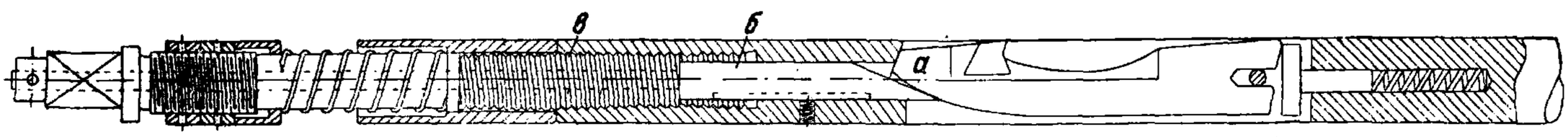
укреплен также копир. При помощи рукоятки *а* (фиг. 70) стол м. б. приведен в движение в продольном направлении. Рабочие шпиндели установлены в салазках, к-рые могут передвигаться в поперечном направлении при помощи рукоятки *б*. Кроме того при помощи рычага *в* шпинделя могут передвигаться вниз и т. о. приводиться в рабочее положение. Около каждого шпинделя на определенном от него расстоянии *А* укреплен копировальный штифт *г* и копир *д* (фиг. 71). Если теперь путем одновременного



Фиг. 73.

движения рукояток *а* и *б* копировальный штифт проводить по контуру копира, то фрезер *е* вырезает на обрабатываемой детали *жс* одинаковую с копиром форму. Копировальные штифты в большинстве случаев делаются коническими, т. ч. путем перестановки их по высоте возможно изменение расстояния A_1. При многошпиндельных станках это расстояние устанавливается обычно для первого шпинделя несколько бо́льшим, нежели для второго, и фрезеруют первым шпинделем начерно, вторым же набело. Кроме того возможно путем установления двух копиров один над другим выполнять при помощи многошпиндельных станков несколько операций с одной установкой.

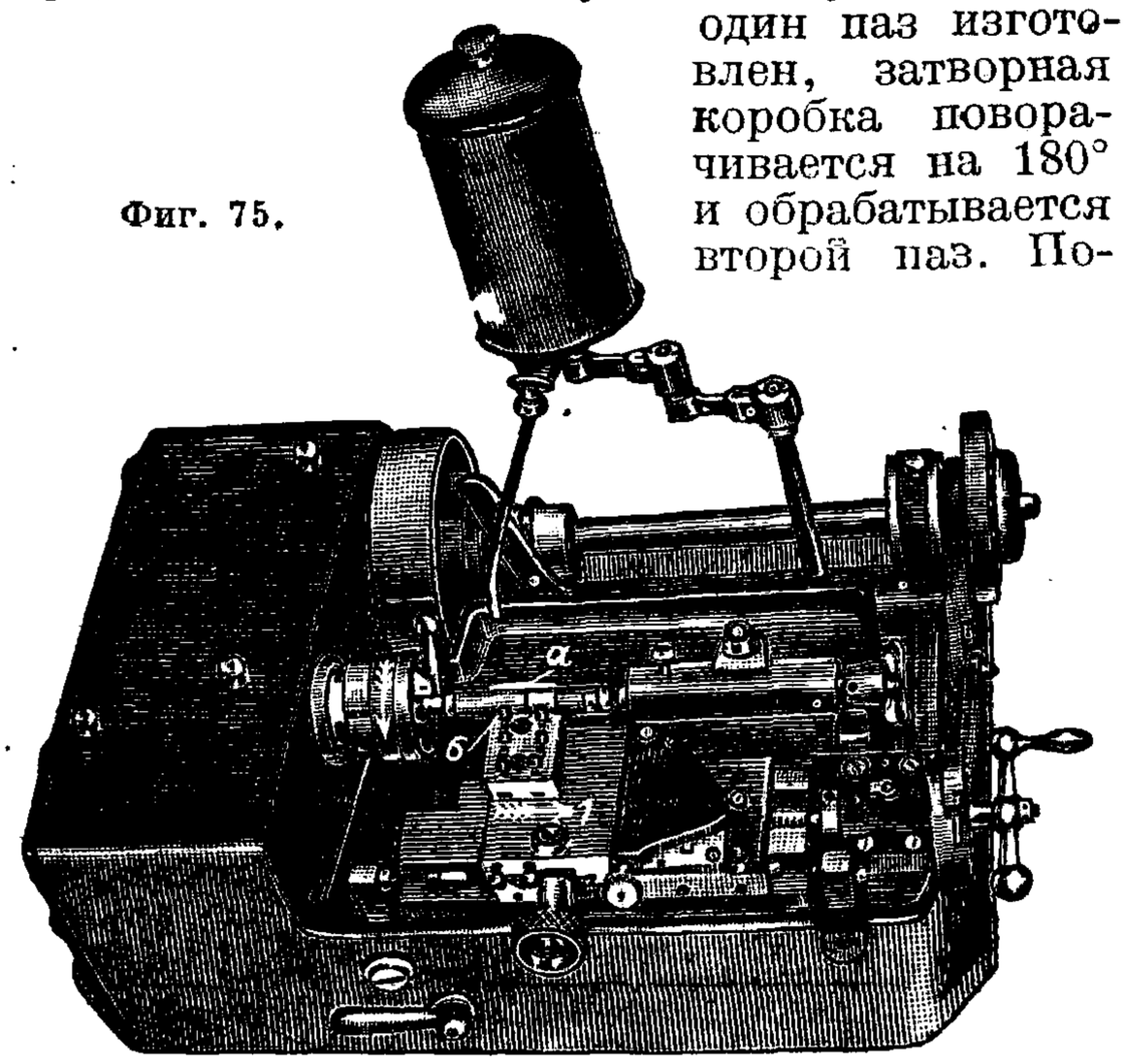
В ружьях с цилиндрич. затвором (Маузер, Манлихер и т. д.) затворная коробка имеет обычно два паза *а* (фиг. 72), в к-рых скользят высту-



Фиг. 74.

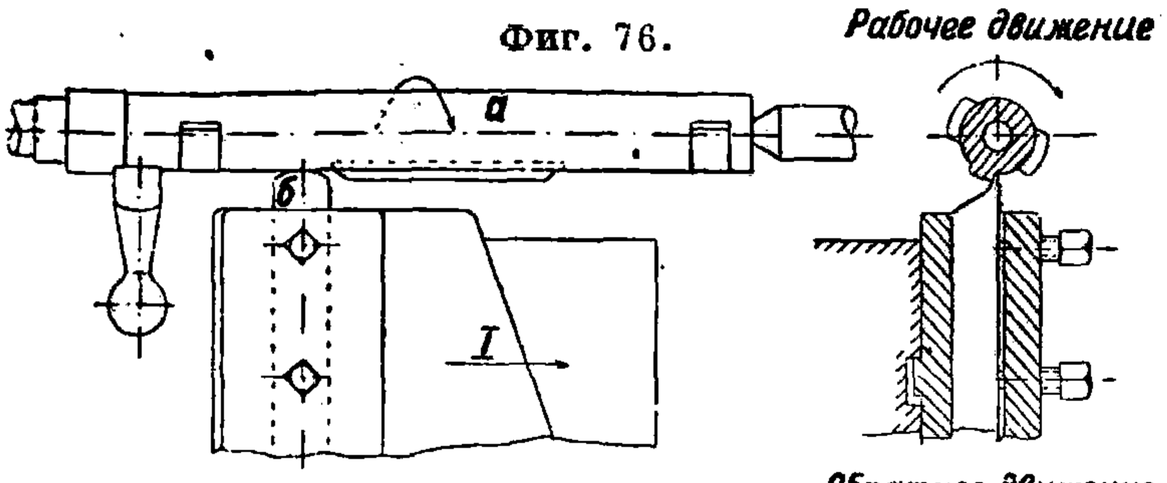
пы затвора. Для обработки этих пазов применяется соответствующий станок (фиг. 73). Обрабатываемая деталь закрепляется на неподвижном столе *а* станка, в то время как долбежная оправка (фиг. 74) закрепляется в головках *б* и *в* (фиг. 73), приводимых в движение кулисой в прямом и обратном направлениях. После каждого двойного хода оправки резец выдвигается при помощи устройства для подачи, и т. о. паз продалбливается все глубже и глубже. Когда один паз изготовлен, затворная коробка поворачивается на 180° и обрабатывается второй паз. По-

Фиг. 75.



дача резца *а* (фиг. 74) происходит от клина *б*, который передвигается при повороте винта подачи *в*. Метод работы, применяемый почти исключительно при изготовлении ружейных частей,—это скобление. Он является рабочим процессом, сходным с чистовой обточкой, применяющейся при удалении незначительных припусков в материале, причем достигается высокая точность изготовляемых плоскостей. Фиг. 75 показывает станок для скобления, слу-

Фиг. 76.

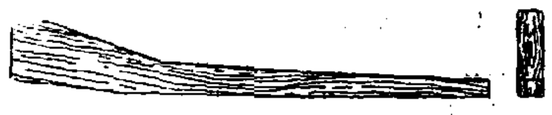


жащий для обработки средней части стебля затвора винтовки Маузера. Схема работы станка изображена на фиг. 76. Обрабатываемая деталь *а* закреплена между центрами и имеет качательное движение, в то время как резец *б* движется по направлению стрелки *I*. При обратном вращении обрабатываемого изделия он несколько отходит от него, благодаря чему сберегается режущая кромка. При таком методе работы оказывается возможным вместе с получением очень гладкой поверхности достигнуть без труда точности в $\pm 0{,}02$ *мм*. Поэтому часто подвергают скоблению поверхности затворов и прочие поверхности с точными размерами на ружейных деталях, применяя для этого частично шабровочные резцы, режущая грань к-рых находится по отношению к обрабатываемой плоскости под углом 90°, так что резание получается похожим на ручную шабровку при помощи плоского шабера.

Обработка ложи конечно сильно отличается от обработки других ружейных деталей, т. к. здесь речь идет о рабочих приемах, обычных при обработке дерева, от к-рых однако требуется точность, не встречающаяся в других производствах по обработке дерева и лишь мало отличающаяся от точности, обычной в области металлообработки. Одна из главнейших трудностей при изготовлении ложи основана на свойстве дерева менять объем, а с ним зачастую и форму при различной влажности. При длительном хранении, а следовательно и высыхании дерева это свойство уменьшается и кроме того оно различно у разных лесных пород. Особенно ценным является в этом отношении ореховое дерево и в нек-рой степени еще бук; обе эти породы обладают необходимой прочностью и поэтому в преобладающей степени используются для ружейных лож. Однако и эти древесные породы должны, после того как дерево срублено, выдерживаться по крайней мере четыре года и притом надлежащим образом. Хотя в различное время делались попытки путем искусственного старения, с применением химич. составов и газов, а также сушки при высокой темп-ре, сократить дорого стоящий процесс долголетнего выдерживания, до сих пор однако ни один из этих приемов не оказался успешным. Поэтому еще и в настоящее время дерево, из к-рого должны изготовляться ружейные ложи, обычно после рубки лежит один год на воздухе, затем его пилят на брусья, к-рые опять-таки один год хранят в крытых сараях и затем распиливают их на ложи. Последние, во избежание растрескивания дерева, покрывают с торцов глиной и оклеивают бумагой, после чего укладывают в закрытых помещениях таким образом, чтобы воздух имел доступ к каждому бруску. В таком виде эти брусья хранятся впредь до дальнейшей их обработки по меньшей мере еще 2 года. До машинной их обработки брусья для лож поступают в сушилку, где они в течение нескольких недель просушиваются при точно регулируемых температуре и влажности воздуха. Однако после этого брусья не поступают еще в обработку, а после того, как им вчерне придана необходимая внешняя форма, они еще раз сохраняются в течение 6 недель в сухих помещениях и в подвешенном виде с таким расчетом, чтобы воздух со всех сторон имел к ним доступ. После этого приступают к окончательной обработке, причем обращают внимание на то, чтобы рабочие операции по возможности выполнялись быстро одна за другой. После изготовления ложа пропитывается горячим льняным маслом и полируется снаружи вращающимися суконными дисками. При этом наружные поры дерева закрываются, т. ч. содержащаяся в воздухе влага не может уже проникать, что ограничивает опасность последующего изменения формы ложи. Несмотря на длительное хранение дерева и тщательный уход за ложей в процессе обработки нельзя предотвратить, чтобы отдельные ложи коробились и изменили свою форму; такие ложи нагреваются в соответствующих местах и выправляются. Покоробленная ложа не даст оружия с хорошей меткостью, т. к. часто от этого изгибается ствол.

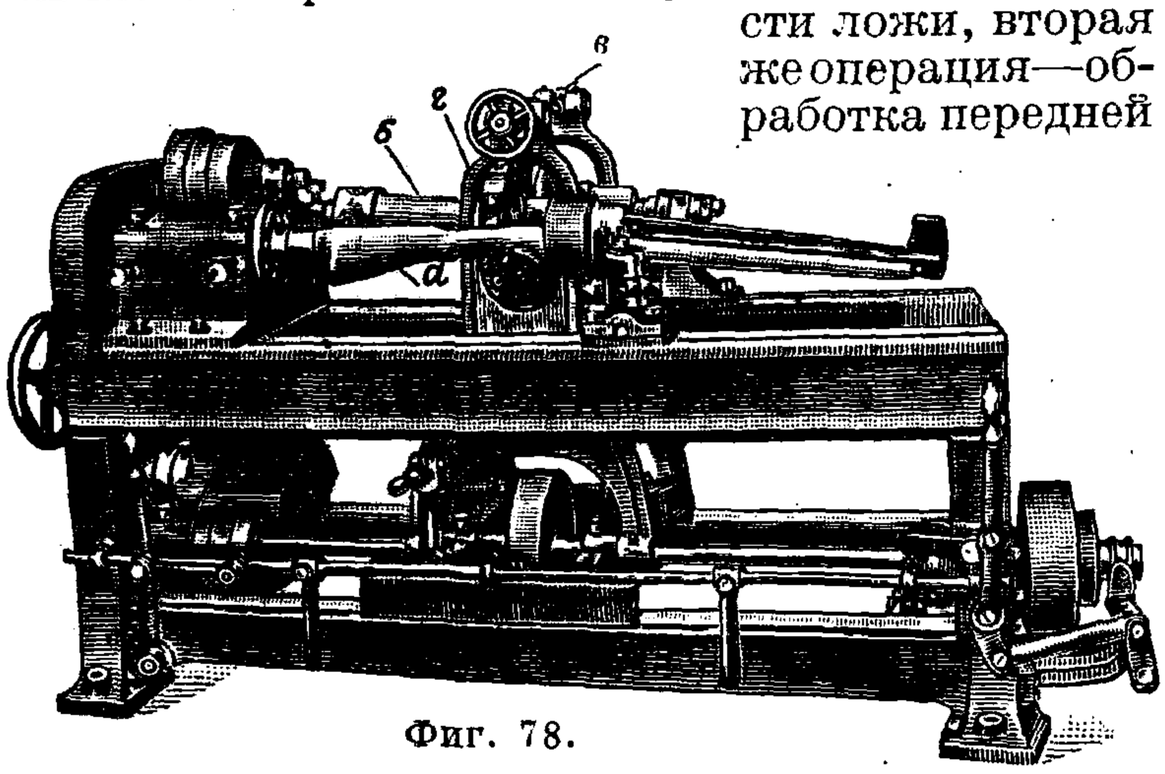
Ложа для охотничьего и спортивного оружия конечно не может изготовляться всегда вышеизложенным способом, т. к. занимающиеся их

изготовлением зачастую мелкие мастерские изготовляют их индивидуальным порядком и не обладают необходимыми средствами для длительной сушки. В большинстве случаев это и не требуется, т. к. стволы охотничьих и спортивных ружей редко имеют длинную опору на ложу, как это имеется у военных винтовок.



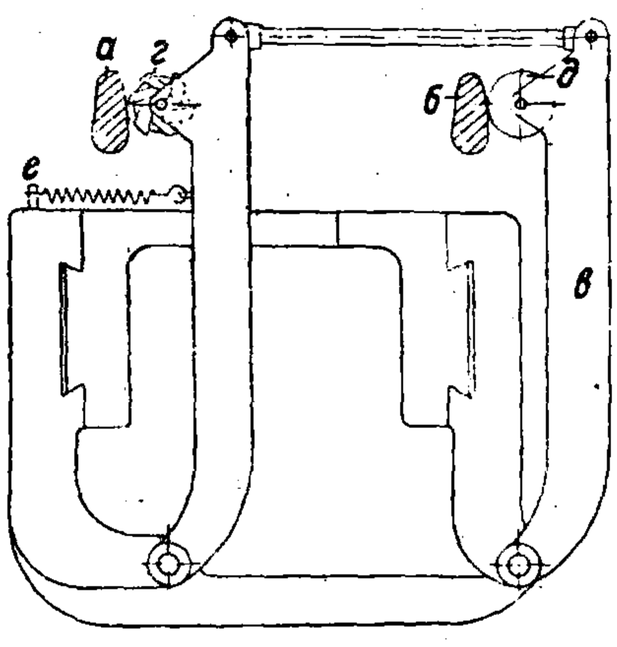
Фиг. 77.

Для изготовления ложи применяются преимущественно специальные станки, из к-рых ниже описаны главнейшие. Сначала высушенное дерево распиливается т. о., что оно приобретает форму, изображенную на фиг. 77. Для этого употребляют круглые пилы, часто с автоматич. подачей, и ленточные пилы. После этого отделывается внешняя форма, что производится обычно в две операции. Первой операцией является обработка т. н. приклада—задней части ложи, вторая же операция—обработка передней



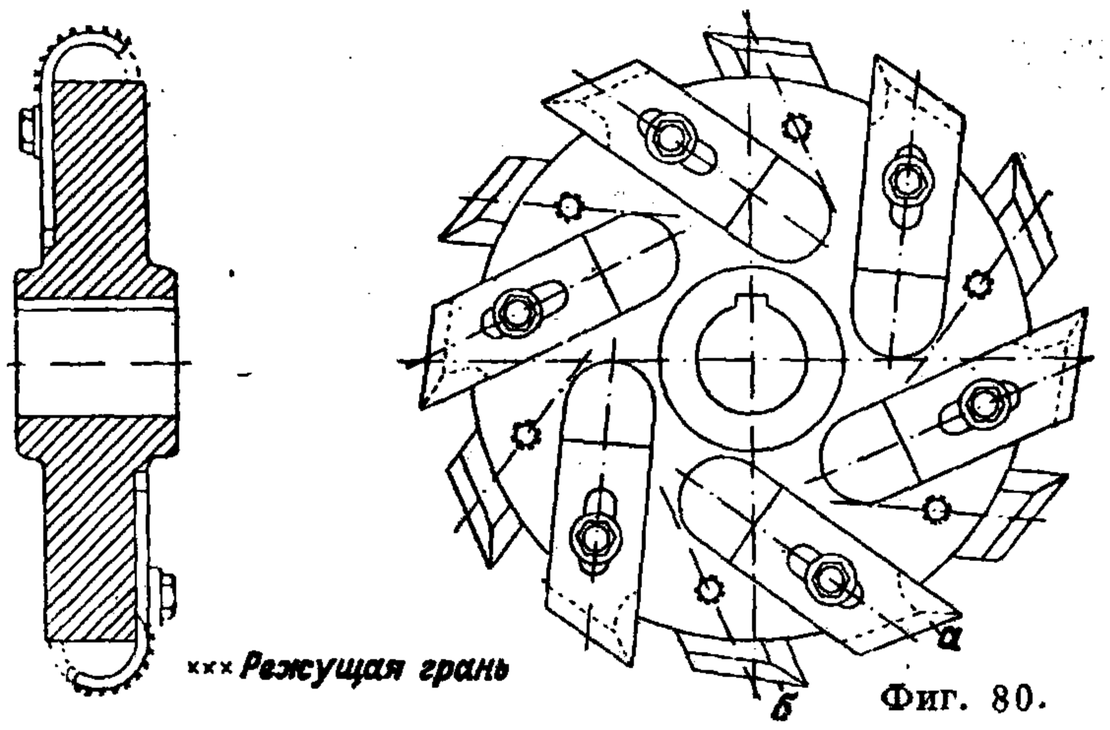
Фиг. 78.

части ложи, охватывающей ствол. После того как вырезан жолоб, в котором лежит ствол, происходит шестинедельная сушка ложи. Для обработки передней части ложи употребляется копировально-фрезерный станок (фиг. 78). В качестве копира служит изготовленный из стали образец *б*, к-рый приводится во вращение зубчатыми колесами с одинаковой скоростью с деревянной ложей *а*, закрепленной в полом шпинделе станка. Супорт *в* с продольным самоходом (фиг. 79) имеет бабку с вращающейся вокруг горизонтальной оси фрезерной головкой *г* и копировальный ролик *д*, который прижимается сильной пружиной *е* к копиру *б*. Путем вращения ложи и одновременного продольного движения супорта форма копира воспроизводится на обрабатываемой ложе. На фиг. 80 изображена фрезерная головка с шестью передними ножами *а* и шестью задними ножами *б*.



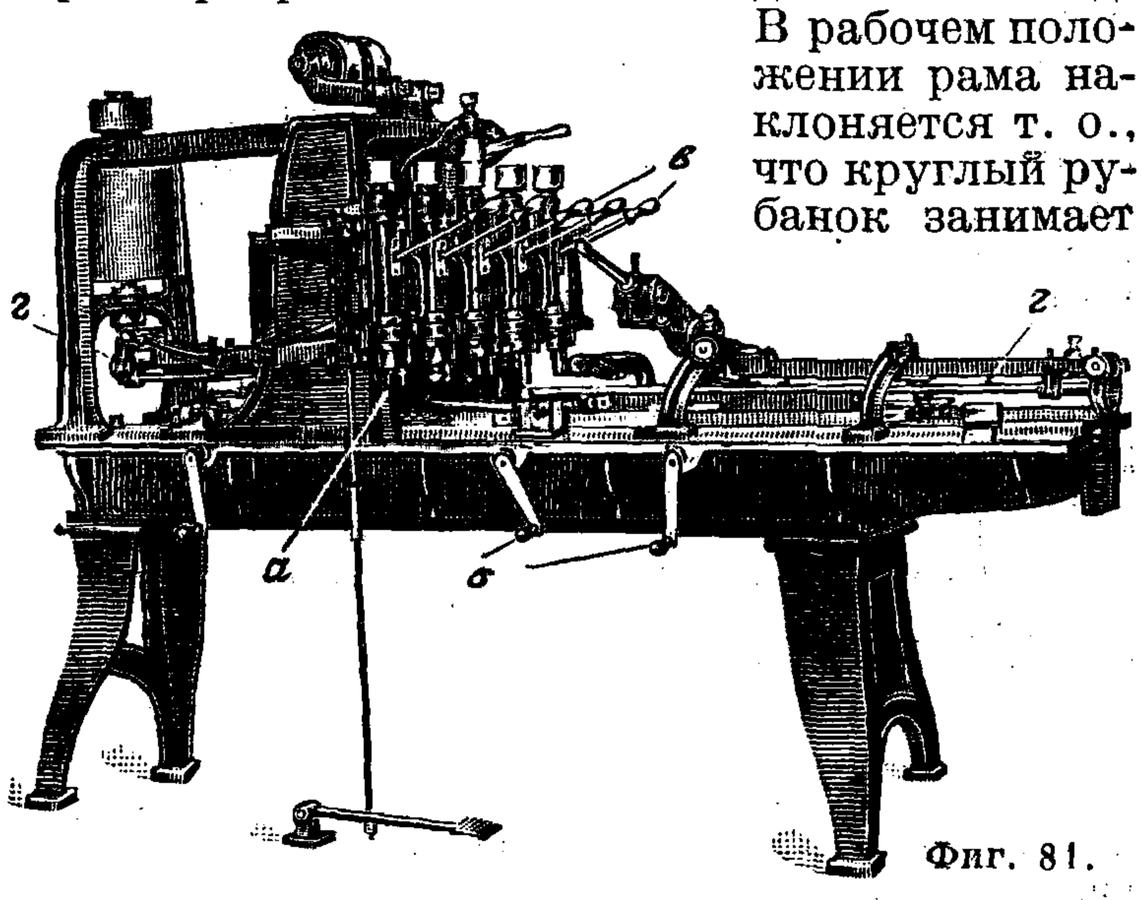
Фиг. 79.

Окончательная отделка ложи производится на многошпиндельном копировально-фрезерном станке (фиг. 81), вертикальные шпиндели *а* к-рого работают по принципу фиг. 71. Продольное движение ложи, установленной в приспособлении, производится вращением рукоятки *б*, в то время как поперечное движение, которое здесь выполняет супорт шпинделя, производится путем движения рычага *в*. Возле шпинделя на соответствующем расстоянии укреплен копировальный штифт, к-рый при работе рукоятки *б* и рычага *в* движется по копиру; укрепленная в шпинделе фреза передает форму копира на ложу. В отличие от копировальных штифтов, изображенных на фиг. 71, здесь при-



Фиг. 80.

меняются штифты цилиндрические, к-рые своим торцом ограничивают вертикальное движение шпиндельного супорта. Если копиру придать вертикальное движение, то и фреза будет входить в ложу с различной глубиной, копируя т. о. профили, глубина к-рых различна. Вертикальными шпинделями производится гл. обр. отделка места для ствольной коробки, в то время как полукруглый жолоб для ствола обрабатывается одним или двумя горизонтальными шпинделями с закрепленными круглыми рубанками *г*. Эти горизонтальные шпиндели с круглыми рубанками установлены на раме, к-рая при работе с ними откидывается назад. В рабочем положении рама наклоняется т. о., что круглый рубанок занимает



Фиг. 81.

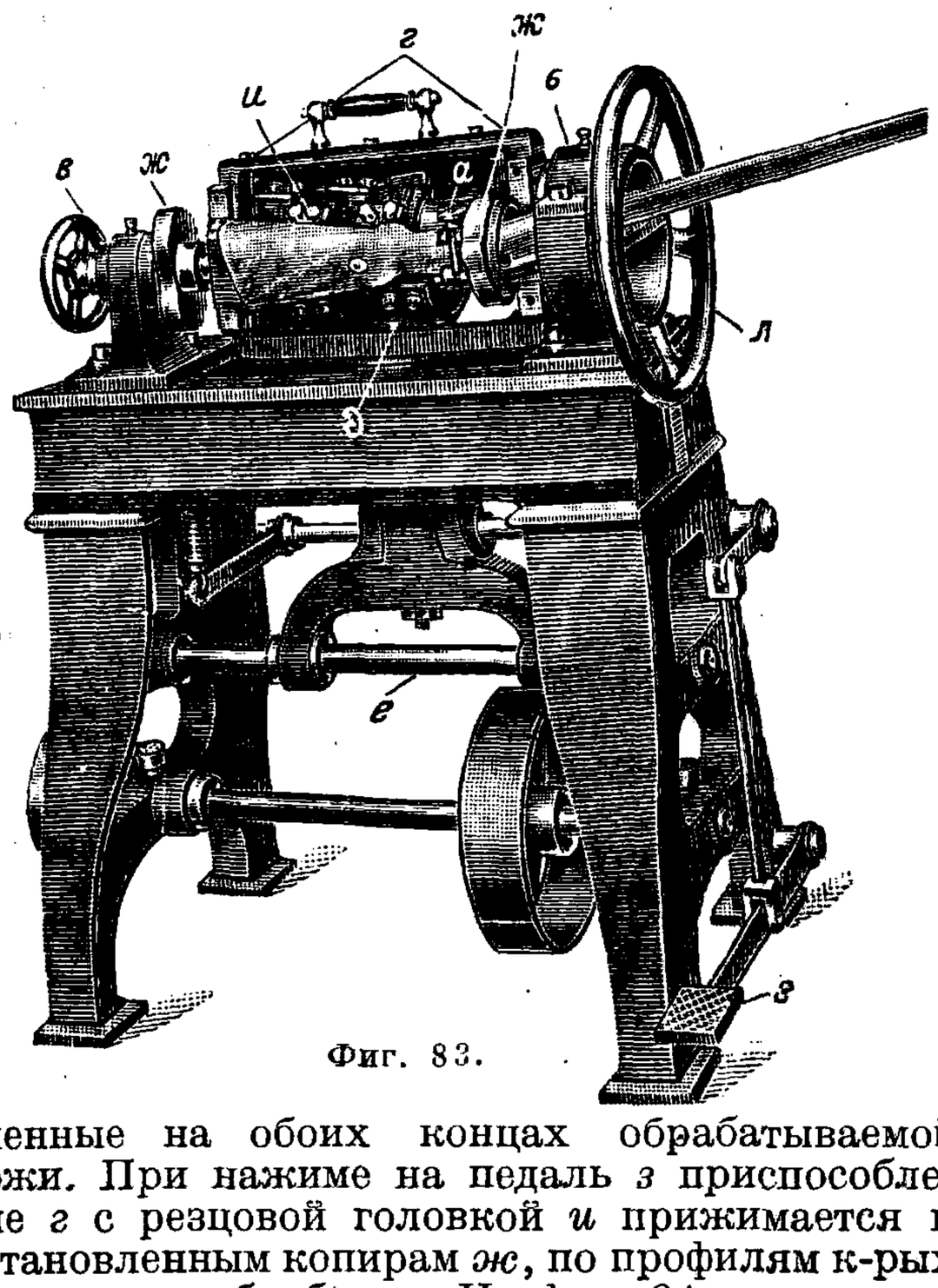
то положение, в к-ром должен оказаться ствол в ложе. При продольном движении ложи рукояткой *б* круглый рубанок обрабатывает при помощи различных резцов полукруглый желобок для ствола. Фиг. 82 показывает такой круглый рубанок и метод работы его. Круглый рубанок имеет для каждого из радиусов жолоба отдельный нож *а*. Если разместить резцы в одном рубанке оказывается невозможным, а это встречается при обработке лож для стволов, у к-рых несколько различных наружных диаметров, то применяются два рубанка.

После того как верхняя отделка ложи закончена, ее обрезают по длине специальными круглыми пилами с соответствующими приспособлениями для установки ложи; эти приспособления служат для подачи ложи при обрезке. Следующая затем окончательная отделка внеш-

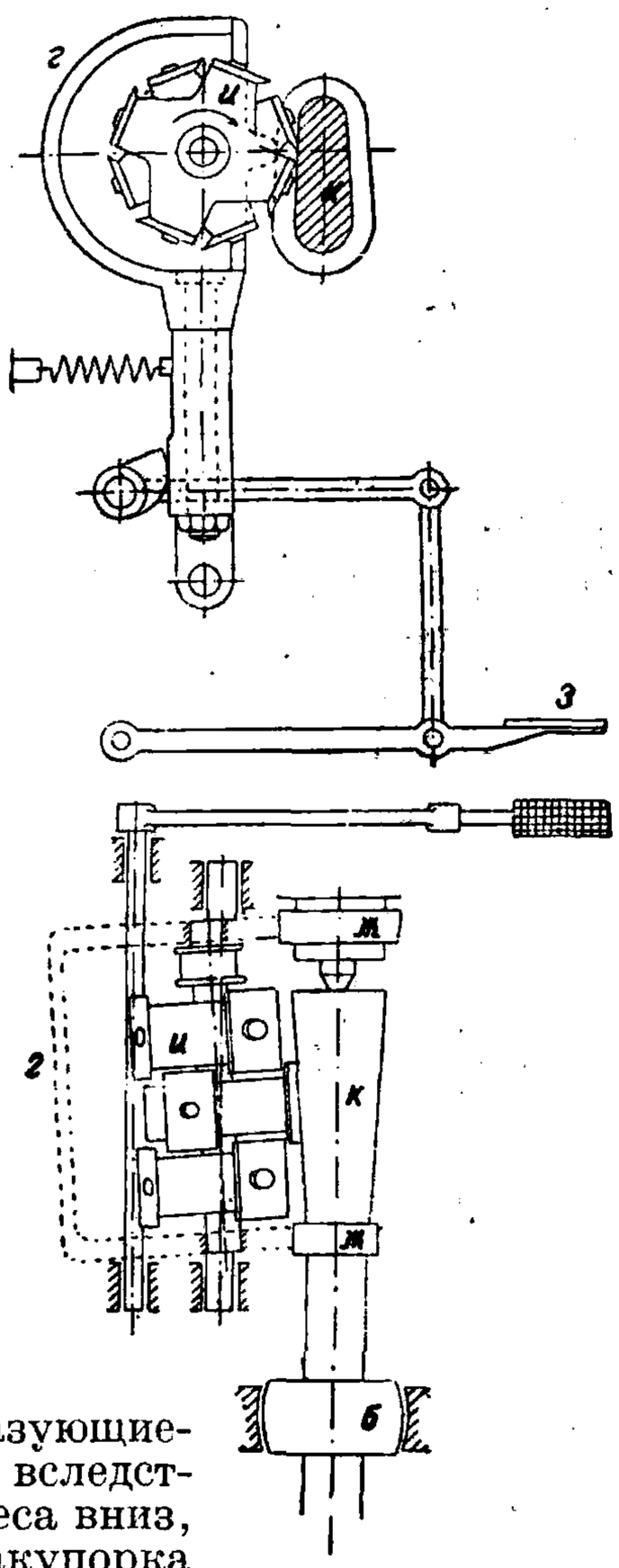
ней поверхности ложи происходит в несколько операций, число к-рых зависит от формы ложи. Для этого применяются также специальные машины. На фиг. 83 изображен станок для отделки задней части ложи, т. н. приклада. Ложа зажимается хомутом *а* в полом шпинделе *б* и поддерживается в конце зажимом, прижатым к заднему торцу ложи; зажим вращается в бабке *в*, устроенной наподобие задней бабки токарного станка. В ножевом приспособлении *г*, вращающемся вокруг вертикальной оси *д* и горизонтальной *е*, установлена резцовая головка *и* с зигзагообразно расположенными резцами. Она приводится во вращение посредством ремня от вала, расположенного между ножками станка. При обработке ложу поворачивают ручным маховичком *л* на 360°. При этом одновременно поворачиваются и копиры *жс*, установленные на обоих концах обрабатываемой ложи. При нажиме на педаль *з* приспособление *г* с резцовой головкой *и* прижимается к установленным копирам *жс*, по профилям к-рых и проходит обработка. На фиг. 84 дана схема станка, изображенного на фиг. 83. На фиг. 85 изображена применяющаяся при этом резцовая головка с широкими *а* и узкими *б* ножами, корпус к-рой в данное время изготовляется из алюминия для уменьшения центробежных сил от высокого числа оборотов. Несмотря на это вал резцовой головки снабжен тормозом, к-рый мгновенно может его остановить. Передняя часть ложи обрабатывается станками, конструкция к-рых похожа на описанные выше. Для обработки средней части, т. н. шейки приклада, применяют станок, конструкция и схема работы к-рого похожи на станок, изображенный на фиг. 78. Прорез для магазина и углубления для спусковой скобы на наружной стенке ложи изготовляются станком, похожим на изображенный на фиг. 81, с той лишь разницей, что отсутствует горизонтальный шпиндель с круглым рубанком. Для обработки различных углублений, как напр. для основания петель ремня, для кольцевых пружин и т. д., применяются небольшие специальные станки, к-рые соответствуют в каждом отдельном случае осуществляемой ими операции и модели ложи. Многие модели ложи имеют длинные узкие отверстия, в которых помещается ружейный шомпол. Для изготовления этого отверстия часто применяется специальный сверлильный станок (фиг. 86). Ложа укрепляется вертикально прикладом вверх в приспособлении *г*, расположенном в верхней части станины. Сверлильный быстроходный шпиндель *а*, вращающийся от шкива *в*, установлен внизу в головке и имеет при сверлении ложи подачу вверх от маховика *б* как автоматическую, так и ручную. Такой метод сверления имеет по сравнению с горизонтальным расположением то преимущество, что образующиеся стружки падают вследствие собственного веса вниз, чем избегается закупорка канавок длинного сверла.



Фиг. 82.



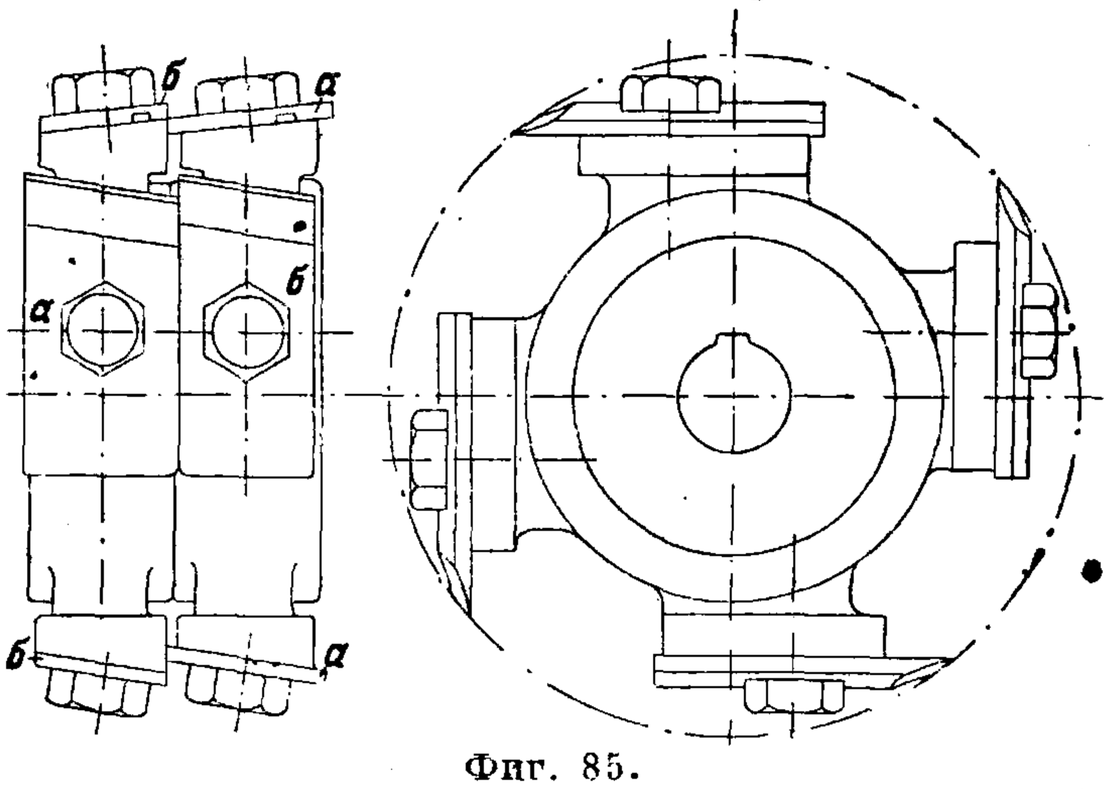
Фиг. 83.



Фиг. 84.

Вращающимися инструментами—головками с резцами—невозможно изготовить на ложе острые углы на отдельных местах соединений. Поэтому их только проходят фрезером начерно и дополнительно долбят на ручном долбежном станке (фиг. 87). Ложа устанавливается в соответствующем приспособлении *а* и обрабатывается резцом *б*, укрепленным в салазках *в*, передвигаемых вниз ручным рычагом *г*. При

этом применяются очень острые резцы. Фиг. 88 показывает резец для долбления прямоугольного прореза с круглыми углами, к-рый был предварительно начерно профрезерован. После того как ложа окончательно обработана, ее по-



Фиг. 85.

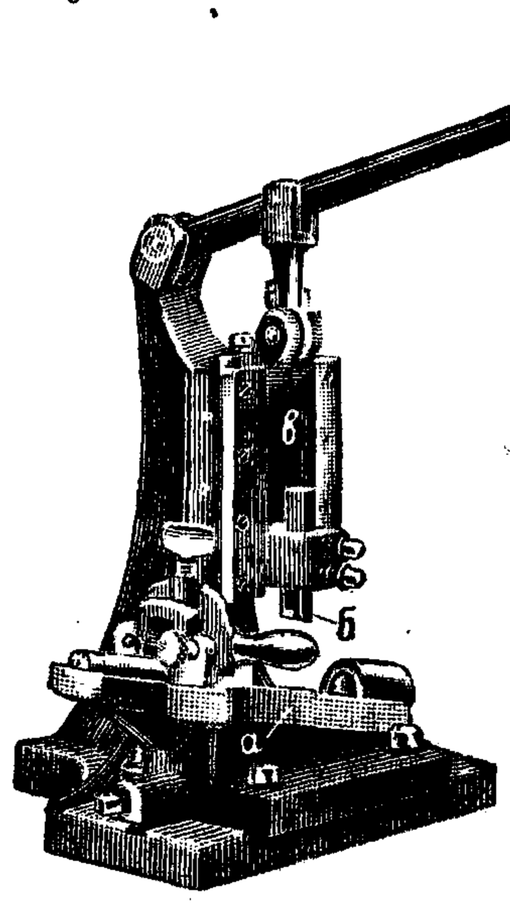
лируют с внешней стороны; для этого применяются быстро вращающиеся суконные шайбы. Ложи для охотничьих и спортивных ружей снабжаются часто различными украшениями, к-рые наносятся исключительно ручным способом при помощи инструментов, применяемых для резьбы по дереву.

Бо́льшая часть ружейных деталей закаливается, причем в зависимости от материала применяются самые разнообразные способы закалки. Т. к. ко многим ружейным деталям, а еще в большей степени к пулеметным деталям, предъявляются исключительно высокие требования, то правильная закалка этих деталей имеет большое значение для надежности оружия. Для отдельных ружейных деталей, как например для затвора, применяются закалочные печи, снабженные значительным количеством небольших муфелей, в каждом из к-рых нагревается отдельная деталь. В остальных случаях применяются обыкновенные закалочные печи, а в последнее время также печи со свинцовыми и соляными ваннами. Наряду с простой закалкой стали с высоким содержанием углерода применяются также цементирование углем из отбросов кожи или цементирующим порошком и частичная закалка отдельных мест посыпанием их кровяной солью (железисто-синеродистым калием). Цементированные детали, которые должны оставаться в отдельных местах незакаленными, предохраняются в этих местах обмазыванием глиной, жидким стеклом или покрываются тонкой медной оболочкой. Часто также уже закаленные детали отпускаются в отдельных местах, для чего применяется небольшое пламя от паяльной лампы. Многие детали после закалки не подвергаются дальнейшей шлифовке. Поэтому делаются попытки уменьшить деформацию при закалке особым положением при нагревании и охлаждении, механическим движением деталей при охлаждении и т. д. Полностью избежать этой деформации невозможно

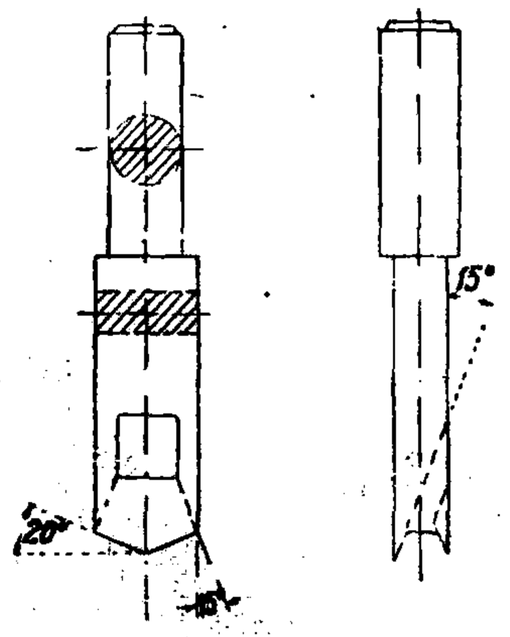


Фиг. 86.

даже при тщательной закалке, поэтому все больше переходят к последующей шлифовке важных мест деталей. После закалки детали ружья, расположенные внутри, обычно подвергаются очистке песком. Для этого применяются небольшие пескодувки, работающие с мелким кварцевым песком, за последнее же время также и со стальным песком. Детали охотничьего и спортивного оружия, расположенные снаружи, часто при закалке окрашиваются цветами побежалости. С этой целью соответствующие места, предварительно начисто отшлифованные и тщательно обезжиренные, закладываются по возможности без прикосновения к ним руками в загрузочные ящики или трубы и засыпаются порошком из костяного, кожевенного и древесного углей. После того как детали при соответствующей $t°$ достаточно выдержаны, их быстро опускают в водяную ванну вместе с порошком, причем по возможности не допускается прикосновения к ним воздуха. Ванна д. б. достаточно глубока и снабжена снизу ситом, на к-рое падают детали, а порошок проваливается насквозь. Через сопла в ванну снизу про-



Фиг. 87.

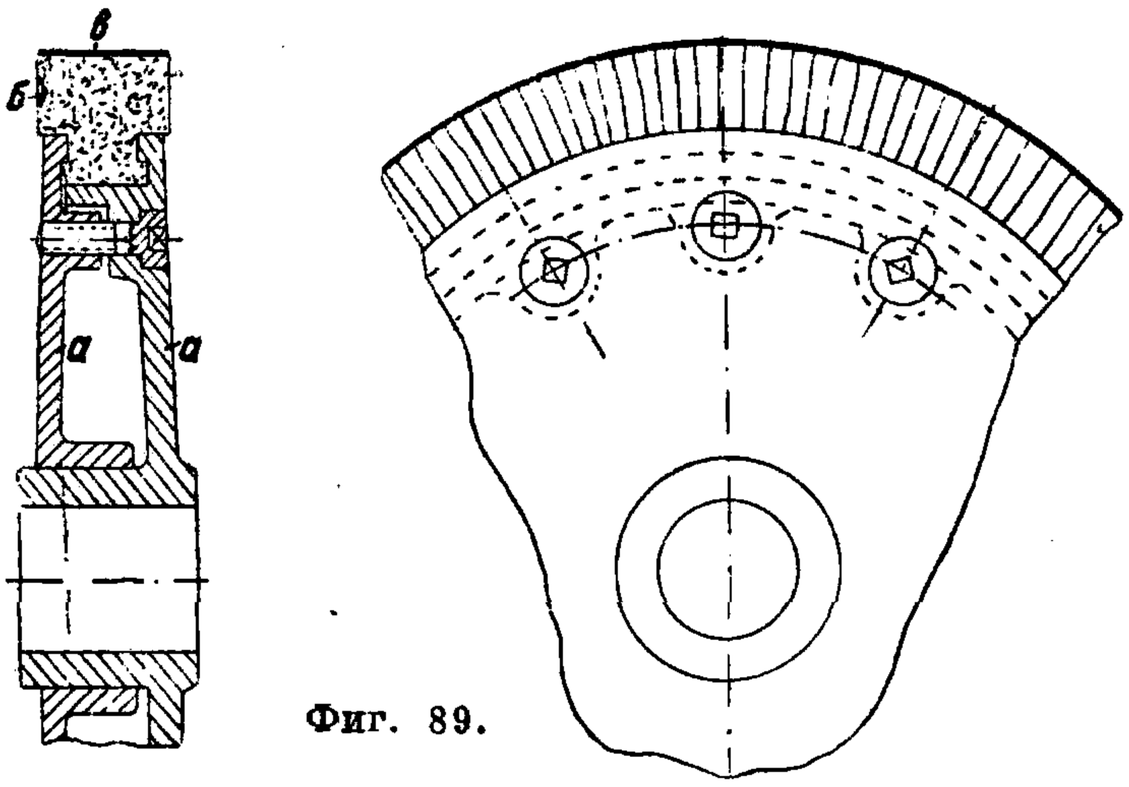


Фиг. 88.

водится сжатый воздух, проходящий затем через воду наверх в виде мелких пузырьков. Эти мелкие пузырьки и вызывают пеструю окраску частей. Чем длиннее путь, проделываемый деталями в воде и чем больше количество воздушных пузырьков, с к-рыми они при этом соприкасаются, тем пестрее окраска. После закалки части обычно промываются в чистой воде и слегка покрываются маслом или же тонким слоем целлюлоидного лака.

Для того чтобы удалить неизбежные риски обработки на видимых снаружи поверхностях ружейных частей, эти части обычно подвергаются шлифованию и полированию. Эта обработка производится как на местах, остающихся блестящими, так и на местах, подлежащих воронению. Она требует навыка от рабочих, т. к. подлежащие обработке детали часто имеют пересечение фасонных поверхностей с плоскостями, выступы к-рых должны и после полирования оставаться четкими, чтобы не повлиять на внешний вид деталей. Отделка поверхностей распадается на четыре операции, а именно: предварительное шлифование, окончательное шлифование, предварительное полирование и окончательное полирование. При деталях, остающихся блестящими, может еще прибавиться пятая операция, а именно—отделочная полировка, в то время как более мелкие детали, внешнему виду к-рых не придается особого значения, часто подвергаются лишь однократной

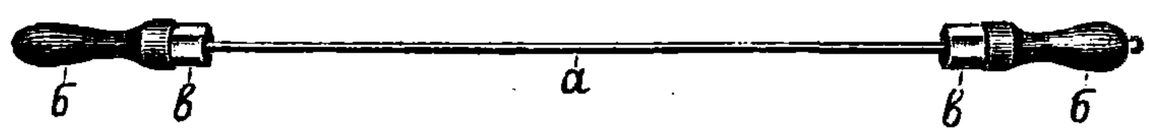
шлифовке и полировке. Для шлифования применяются, в зависимости от формы обрабатываемой части, суконные, войлочные или кожаные шайбы, на которых наклеен наждачный порошок. Войлочные и суконные шайбы обычно изготовляются сплошными. Кожаные диски имеют зачастую основную часть из дерева, на к-ром прикреплена облицовка из кожи. В настоящее время очень часто применяют кожаные



Фиг. 89.

диски, к-рые состоят из двух алюминиевых дисков *а* (фиг. 89), между к-рыми зажаты кусочки кожи *б*, покрытые наждачным слоем *в*. Аналогичные шайбы, предварительно профилированные, применяются также для полировки фасонных деталей. Предварительная и окончательная полировка производится всухую. При предварительной полировке наждачный слой шайбы покрывается жировой пастой, состоящей из смеси говяжьего сала, пчелиного воска и тонкого наждачного порошка. Для чистовой полировки применяются диски, наждачный слой которых уже совсем притупился в результате длительной работы; на них также накладывается жировая паста. Шлифовальные и полировочные диски д. б. уравновешены, т. к. работают с окружной скоростью примерно в 25 *м/ск*. При небольших дисках, часто изготовляемых из моржовой кожи, а также при полировочных оправках эту скорость не всегда удается достигнуть, но и здесь следует стремиться к возможно большему числу оборотов.

Для предохранения против ржавчины бо́льшая часть стальных деталей оружия подвергается воронению, т. е. покрывается предохраняющим слоем окиси железа. Раньше оружейные детали воронились исключительно по т. н. окрашивающему способу, т. е. они смазывались кислотной смесью, образовывавшей на их поверхности окись железа Fe_2O_3, которая под влиянием водяного пара переходит в закись железа Fe_3O_4. Этот способ, применяющийся еще и сейчас, дает при правильном выполнении очень красивое равномерное и прочное воронение, но имеет однако тот недостаток, что слой, получаемый в результате однократной обработки, тонок, т. ч. ее необходимо многократно повторять (до 6 раз), на что уходит значительное время. Воронение по этому способу происходит сл. образом: подлежащие воронению детали сначала прополаскиваются в бензоле с целью полного обезжирения, затем кипятятся в растворе соды. После этого они подвергаются очистке на тонкой вращающейся щетке из стальной проволоки $\varnothing$ ~0,08÷0,1 *мм*. Далее следует тонкое равномерное наложение протравы для воронения, причем надо следить за тем, чтобы не произошло образования капель. В сушильном шкафу, в к-ром поддерживается *t*° в 60—80°, деталь сушится примерно 30÷45 мин. После этого деталь переходит в паровую камеру, представляющую собой небольшую совершенно закрытую и изолированную против излучения тепла камеру, в к-рую проводится насыщенный водяной пар. В этой камере детали остаются примерно 45 мин., причем необходимо обращать внимание на то, чтобы водяной пар не конденсировался на деталях и не стекал по ним в виде водяных капель. Из паровой камеры детали затем переходят в резервуар для промывки, где они кипятятся в течение примерно 20 мин. в чистой воде. После охлаждения на воздухе до комнатной *t*° детали подвергаются обработке проволочными щетками для удаления мелкой ржавчины. Затем производят повторное смазывание протравой для воронения и тот же рабочий процесс вновь повторяется несколько раз. После окончательной обработки щетками проверяется равномерность покрытия, а затем производятся промывание в керосине с 5%-ной примесью масла и смазка путем погружения в горячее сурепное масло с *t*° примерно в 100°. Места деталей, не подлежащие воронению, смазываются при этом асфальтовым лаком. После воронения лак удаляется скипидарным маслом. Внутренность ствола закрывается



Фиг. 90.

при воронении особыми стержнями *а* (фиг. 90) с деревянными ручками *б*, снабженными медными гайками *в*.

Состав протравы для воронения содержит почти всегда азотную кислоту HNO_3, к к-рой примешиваются различнейшие вещества, являющиеся секретом фирмы. Протраву для воронения металлов, вполне себя оправдавшую, можно составить самому следующим образом: в 5 100 *г* дист. H_2O растворяют 90 *г* медного купороса $CuSO_4$. После полного растворения $CuSO_4$ добавляют 270 *г* хлористого железа $FeCl_2$ и 180 *м*³ азотной кислоты HNO_3. Когда эти вещества хорошо перемешаны, прибавляют 20 *см*³ хлористой ртути $HgCl_2$, а затем 54 *см*³ азотнокислого эфира (азотисто-этиловый эфир C_2H_5ONO). Этот состав дает очень хорошее воронение, но имеет тот недостаток, что требует большой затраты времени. В настоящее время применяются т. н. быстрые методы воронения металлов. Эти методы разработаны первоклассными фирмами и запатентованы. Данные составы также вызывают во многих случаях образование слоя закиси железа, зачастую минуя окись железа. Способ воронения, при к-ром непосредственно образуется слой закиси железа, минуя окись железа, запатентован под наименованием цитоксит. Этот способ в отличие от всех до сих пор известных требует наименьшей затраты времени и покрывает полированные части блестящим, глубоко черным и очень прочным слоем, а матовые поверхности делает матово-черными. Применение этого способа крайне просто. Детали в том виде, как они поступают из производства, т. е. не особенно обезжиренные и матовые, складываются в подогреватель, наполненный кипятком. Когда они примут *t*° кипятка, их подвешивают на 5—20 мин. в протраву для воронения, подогретую до 125—150°, затем прополаскивают в подогревателе и кипятят в чистой воде от 5 до

10 мин. После этого детали без очистки или какой-либо другой обработки смазываются парафинистым маслом. Время, необходимое для воронения, и $t°$ ванны зависят от подвергаемого воронению материала. Беспримесные мягкие стали требуют низкую $t°$ и мало времени, в то время как напр. твердая хромо-никелевая сталь требует более высокой $t°$ и большей затраты времени, чтобы принять черную окраску.

Особые трудности представляет воронение нержавеющей стали, к-рое иногда применяется при изготовлении стволов и др. деталей охотничьего и спортивного оружия. В виду высокого содержания в ней хрома или хромо-никеля образование окиси железа не так легко получается. Один из способов, путем к-рого можно воронить и эти стали, следующий: детали электролитическим путем покрываются тонким слоем железа, причем деталь из нержавеющей стали при электролитич. покрытии ее железной оболочкой служит анодом с целью отделения с его поверхности составных частей нержавеющей стали, препятствующих плотному прилеганию железного покрова. Слой железа приводится затем известным способом к окислению.

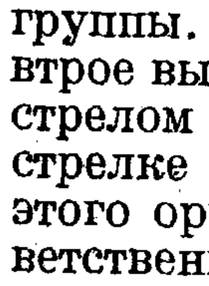
Другой способ предохранения поверхности, тоже применяемый для ружейных деталей, запатентован в США, как паркеровский процесс. Этот способ состоит в том, что детали с очищенной поверхностью подвергаются действию кипящего раствора фосфорнокислой соли, причем они медленно покрываются тонким слоем фосфата, начиная с б. или м. светлого до темно-серого цвета. Путем соответствующей последующей обработки удается достигнуть матово-черного цвета. При помощи обработки парколаком получается также и похожий на воронение наружный вид.

Метод работы, применяемый при сборке оружия, зависит гл. обр. от точности, с к-рой были изготовлены отдельные детали. В настоящее время от современного военного оружия—ружей, автоматических ружей, револьверов—требуется повсюду безусловная взаимозаменяемость деталей. Если бы это было достижимо в идеальном виде, то сборка ружья являлась бы только лишь соединением отдельных деталей, заранее полностью изготовленных, включая закалку и воронение. Исключительно трудно однако изготовить отдельные детали с необходимой для этого точностью. Кроме того конструкция многих видов оружия делает этот метод сборки невозможным, т. ч. в большинстве случаев бывает при этом необходима небольшая пригонка отдельных частей. Закалка и воронение их могут производиться лишь после пробной сборки. Для того чтобы все-таки обеспечить возможность замены деталей, они не пригоняются одна к другой, а пригоняются к особым образцовым деталям, или шаблонам.

Нормальное военное оружие собирается обыкновенно сначала по отдельным группам, как напр. прицел, затвор, спусковое приспособление (механизм),—каждая в отдельности и независимо одна от другой, и после этого лишь собирают из них готовое оружие. Закалены ли уже при этом отдельные части, зависит от того, в какой мере ожидается еще пригонка. Полностью готовыми, т. е. и воронеными, являются в большинстве случаев лишь т. н. кованые детали ложи, как то: верхнее кольцо, нижнее кольцо, антабка и т. д. После того как ствол ввинчен в ствольную коробку, вставляется затвор, и собранная т. о. группа подвергается пристрелке, т. е. испытанию на прочность. На нек-рых з-дах в эту группу включают еще магазин и подающее приспособление для патронов, на других же—эти детали собираются в отдельную группу. После этого группа опять разбирается, отдельные детали нумеруются и к стволу припаивается прицел и кольцо мушки, если она не имеет прочного основания. Клеймение производится т. о., что на главных деталях выбивается полный номер оружия, а на остальных деталях — последние две или три цифры полного номера. После этого ствол и ствольная коробка также разбираются и все еще не закаленные детали подвергаются закалке и воронению. После воронения все детали, принадлежащие к одному оружию, сортируются по номерам и кладутся в ящики, в к-рых каждая деталь имеет свое определенное место. Стволы и ложи вставляются в передвижные рамы, на к-рых после устанавливаются собранные полностью ружья. Окончательная сборка ружья начинается с привинчивания ствола к коробке, вставления затвора и постановки спускового приспособления. Т. о. собранная группа вставляется вместе с магазином и подающим приспособлением в ложу и привинчивается; прикрепляется прицел, ствольная накладка, цевье ложи насаживается и укрепляется путем натягивания нижних или соответственно верхних колец. В конце выравнивается прицел, в случае надобности прорез прицела подвергается дополнительной обработке, вставляется и выравнивается мушка. Для монтажа ружей применяют различные приспособления, конструкция которых зависит в значительной степени от модели ружья. Для свинчивания ствола и ствольной коробки применяются напр. особые тиски, в к-рых закрепляется ствол, в то время как на ствольную коробку надевается т. н. зажимная коробка, длинные плечи рычага к-рой допускают очень крепкое свинчивание обеих деталей. Напайка прицельной колодки и кольца мушки производится в специальном приспособлении, в к-ром фиксируется положение частей при спайке. Для выпрямления прицела и мушки применяется аппарат, показывающий правильное положение в отношении канала ствола. Монтаж пулеметов производится подобным же способом, с применением лишь при этом еще в бо́льших размерах приспособлений. Отдельные группы, как то: затвор, приемник и т. д., подвергаются притирке в особых приспособлениях. Далее смонтированный в готовом виде пулемет часто закладывается в особый станок, к-рый пускает его механизм в ход т. о., что он выполняет те же движения, к-рые обычно сопровождают стрельбу; этим путем пристрелка оружия значительно сокращается, и т. о. значительно экономятся патроны. При охотничьих и спортивных ружьях, изготовляющихся фабрикой в большом количестве, сборка производится так же, как и винтовок военного образца. В небольших производствах, где такое оружие изготовляется кустарным способом, сборка производится без определенного метода.

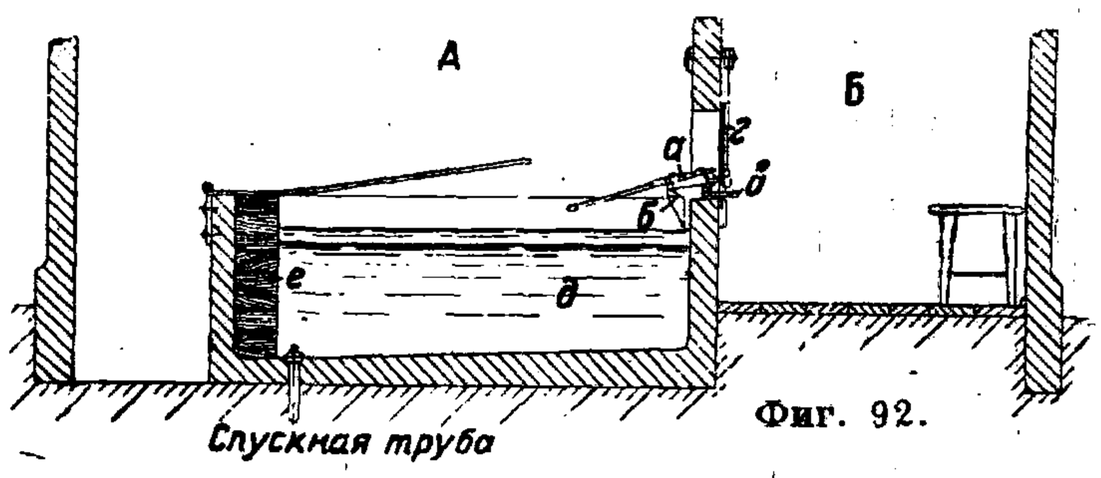
Согласно установленным законом предписаниям ручное огнестрельное оружие должно подвергаться перед поступлением в продажу официальному испытанию, т. н. обстрелу с усиленным зарядом. Это испытание производится для того, чтобы избежать несчастных случаев, происходящих из-за того, что огнестрельное оружие оказывается вследствие конструктивных дефектов или дефектов материала не в со-

стоянии выдержать возникающее при выстреле напряжение. Винтовки военного образца, пистолеты, револьверы и спортивные ружья с нарезным стволом обыкновенно подвергаются однократной пристрелке, к-рая состоит в стрельбе тремя пристрельными патронами, заряд пороха к-рых вызывает давление газа, полуторакратное по сравнению с давлением, вызываемым нормальными патронами. У револьверов производится по одному выстрелу пристрельным патроном из каждого патронника барабана. Пробная пристрелка этого оружия производится, когда ствол и затвор, т. н. группа, собраны. Поэтому испытание называют также пристрелкой группы. Охотничьи ружья, предназначенные для дробовых патронов, подвергаются двукратной пробной пристрелке, к-рая производится один раз из ствола и другой раз из собранной группы. Поэтому при этом оружии говорят о пристрелке ствола и пристрелке группы. Давление при стволь ной пристрелке втрое выше, чем давление газа, вызываемое выстрелом нормальным патроном, а при пристрелке группы вдвое выше. При пристрелке этого оружия повышается вес патрона и соответственно вес заряда дроби. Этот вес при стволь ной пристрелке в два раза больше, а при групповой пристрелке в полтора раза больше нормального веса. Стволы с нарезным отверстием и нарезные в передней своей части пристреливаются свинцовой пулей, вес которой является полуторакратным в отношении веса заряда дробью. Если на оружии, которое уже подверглось пробной пристрелке, будут производиться изменения или доделки или замена важных деталей, то такое оружие д. б. подвергнуто еще одному испытанию. После пристрелки стволы и затворы испытанного оружия снабжаются клеймом о пристрелке. Путем международных соглашений целый ряд европейских государств взаимно признал знаки пристрелки, т. ч. при ввозе оружия в эти страны отпадает необходимость новой пристрелки. Такие соглашения существуют напр. между Бельгией, Германией, Англией, Францией, Италией, Венгрией и Испанией. Фиг. 91 показывает пристрельные знаки бельгийского оружия (*I*—первая пристрелка, *II*—вторая пристрелка, *III*—пристрелка бездымным порохом, P. V.—бездымный порох). Отдельные страны указывают на оружии название мастерской для пристрелки, в к-рой оружие подвергалось испытанию. В отдельных случаях при пристрелке оружия на стволе выбивается также и соответствующий размер порохового заряда, а также калибр. В последнее время наблюдается стремление к тому, чтобы при пристрелке испытывать также и размеры отверстия ствола и патронника, т. к. от них зависит при выстреле давление газа; при этом имеется в виду поставить приемку оружия в зависимость от соблюдения определенных допусков для отверстия ствола и патронника.



Фиг. 91.

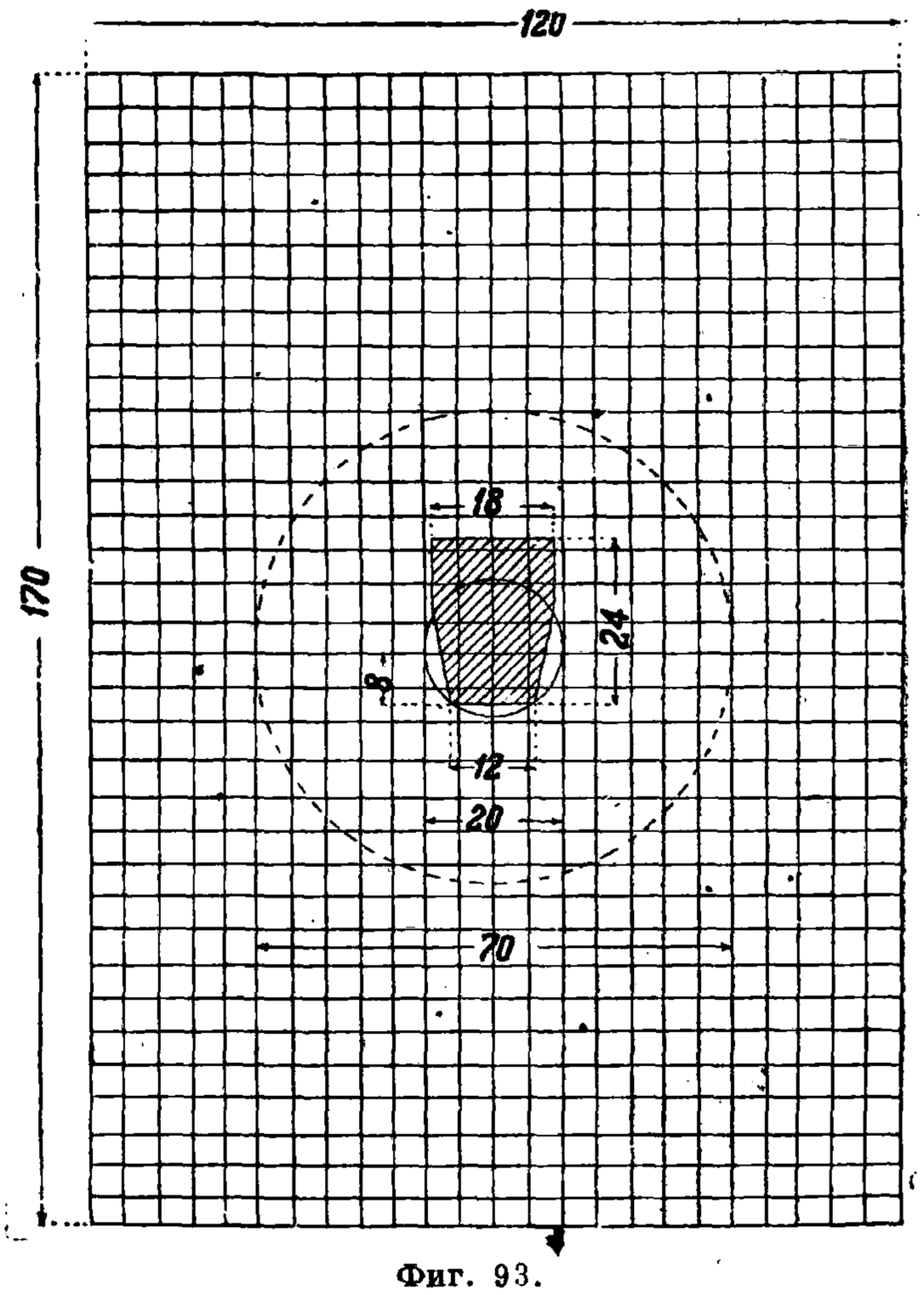
Пристрелка оружия производится в специальном помещении, расположенном т. о., что ранение рабочего, производящего пристрелку, невозможно (фиг. 92). Это помещение состоит из самого пристрелочного помещения *А* и передней *Б*, в к-рой находится рабочий. Оба помещения разделены стеной, обитой толстой листовой сталью. Заряженное оружие *а* устанавливается в приспособлении *б* в помещение для пристрела через окно, закрывающееся стальным листом *г*. Выстрел производится путем приспособления *в*, действующего из передней. Оружие направлено книзу в резервуар *д* с водой, задняя стенка к-рого защищена толстыми балками *е*. При косом проникновении пули или за-



Фиг. 92.

ряда в воду они быстро теряют скорость, полученную от пороховых газов, и падают на дно резервуара. Пули, сила которых особенно велика, застревают в балках перед задней стенкой. Если при пристрелке оружие разрывается, то обитая листовой сталью стена защищает рабочего от могущего произойти ранения оторвавшимися деталями. В передней после пристрелки производится осмотр и клеймение оружия.

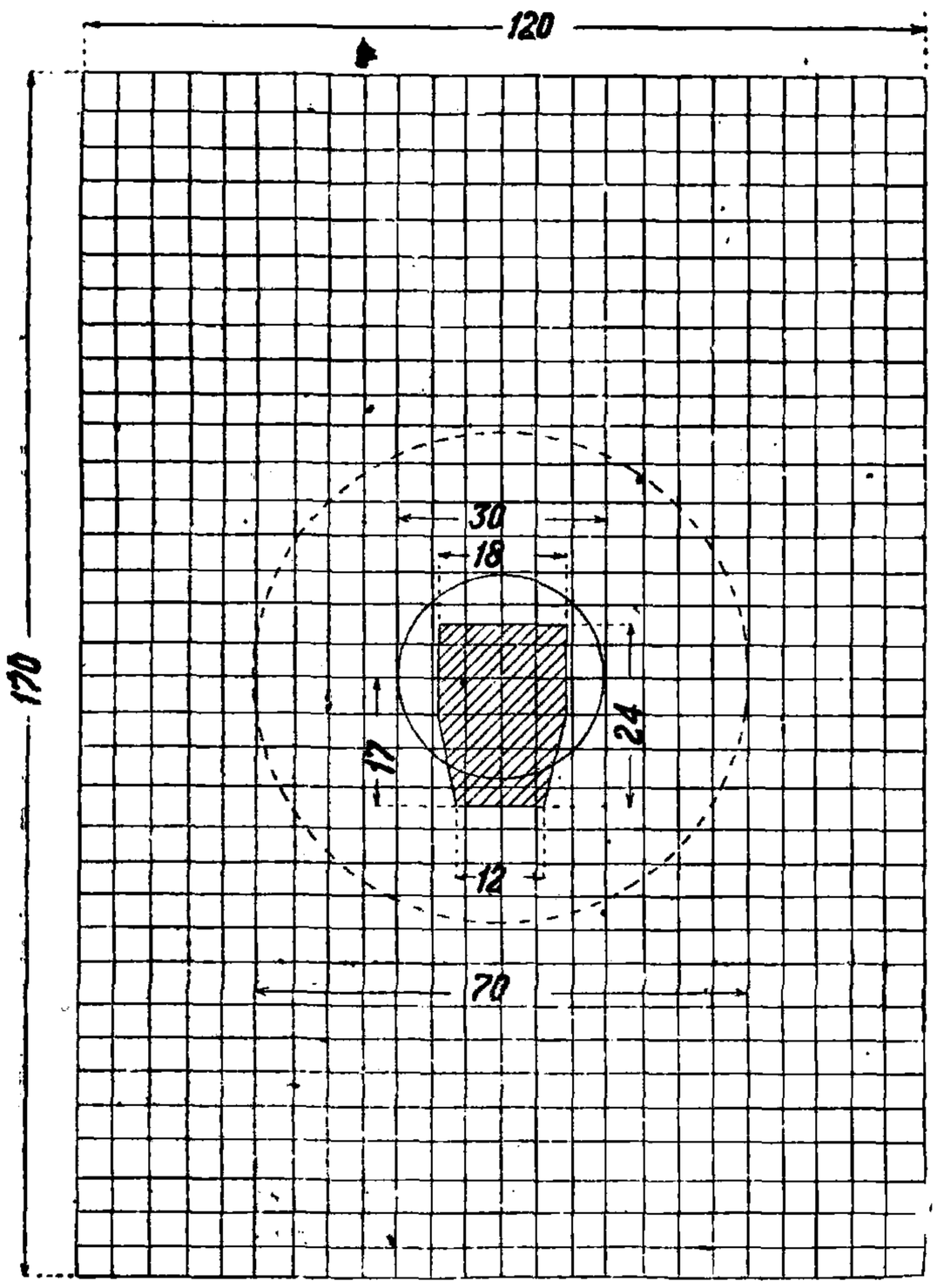
После окончания всех операций обработки и сборки оружие испытывается на кучность стрельбы. Требования, которые могут предъявляться в отношении кучности, при разном оружии естественно отличаются друг от друга. При винтовках военного образца, пулеметах, пистолетах и револьверах ставятся максимальные требования. Пехотные винтовки и карабины испытываются при стрельбе на 100 *м* хорошим стрелком в сидячем положении с упора. Фиг. 93 показывает мишень (размеры в *см*) для



Фиг. 93.

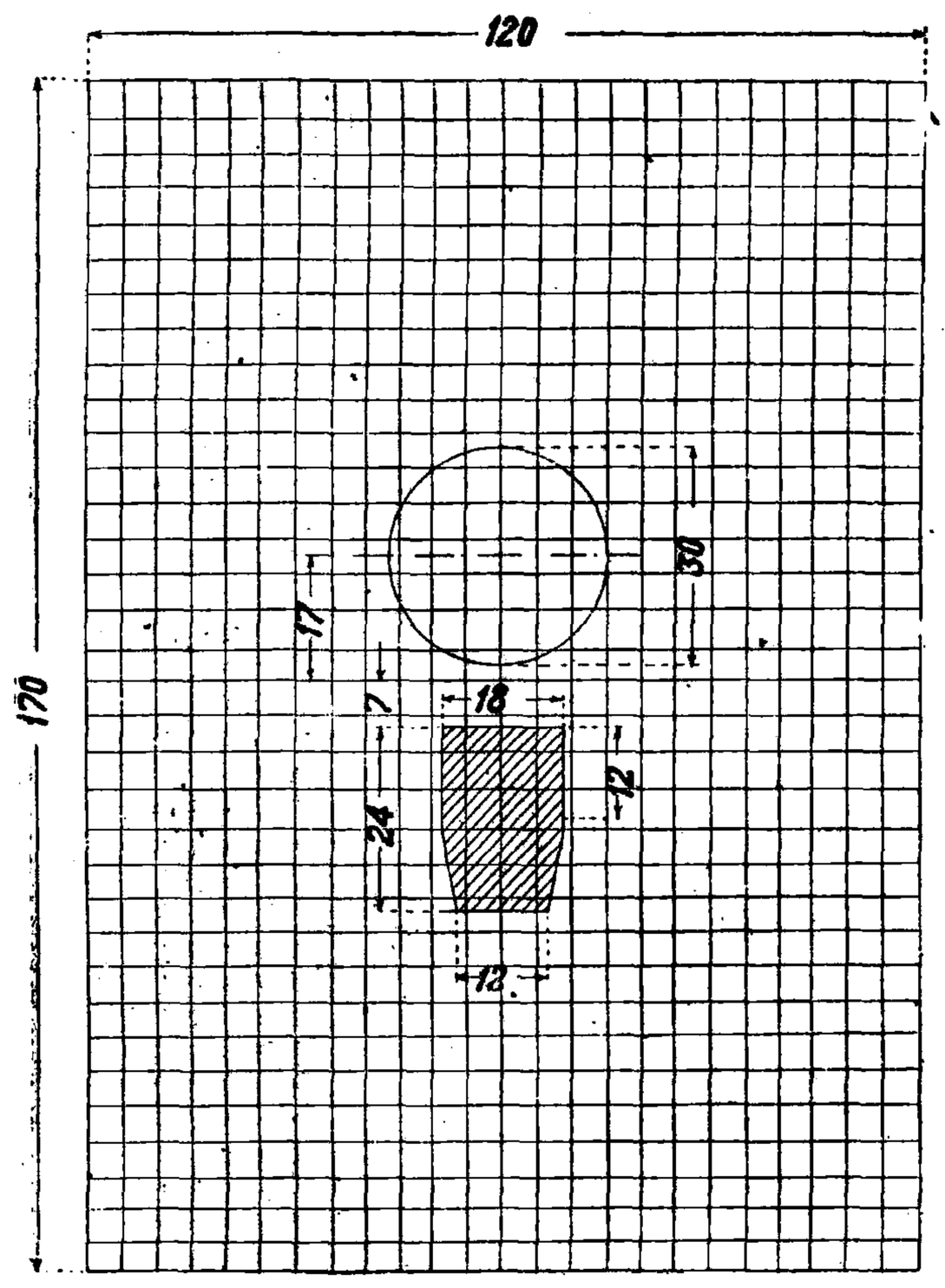
пристрелки пехотной винтовки со стволом длиною в 750 *мм*, а фиг. 94—мишень для карабина со стволом длиною в 600 *мм*. Ружья или карабины отвечают поставленным им требованиям,

если из 7 произведенных выстрелов имеются 4 попадания в пределах малого круга разме-



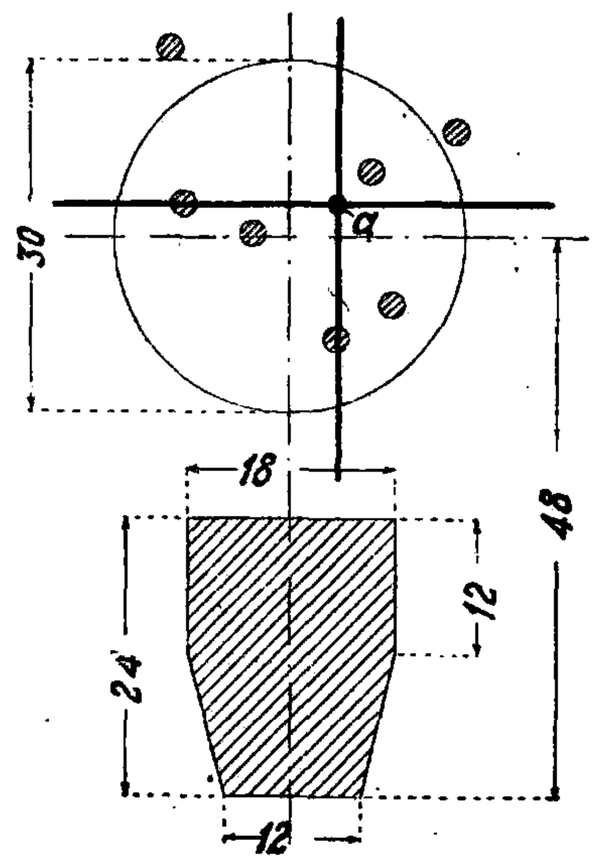
Фиг. 94.

ром в 20 или 30 *см* и если вертикальное и боковое рассеивание всех 7 выстрелов составляет



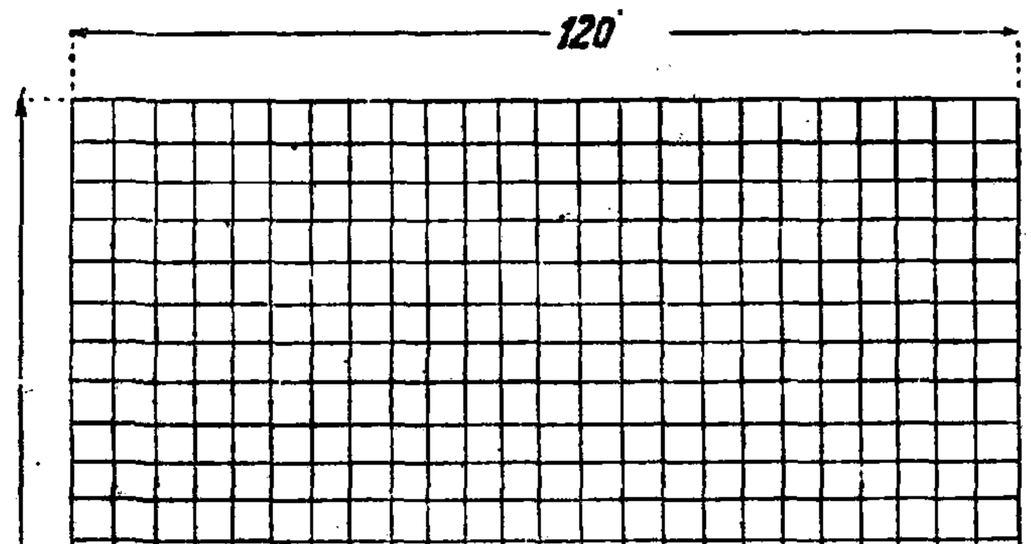
Фиг. 95.

не более, нежели 20 или 30 *см*. Пулеметы пристреливаются обыкновенно на расстоянии в 150 *м*. Разметка прицелов начинается для большинства пулеметов только на большом расстоянии. Поэтому прицел устанавливается на минимальное расстояние, и при изготовлении пристрельной мушки принимается во внимание получающееся отклонение. На фиг. 95 изображена пристрельная мишень для пулемета, прицел которого установлен на 400 *м* и пристрелка которого производится на расстоянии в 150 *м*. Пулемет отвечает поставленным ему требованиям, если центр попадания, полученный при 7 одиночных выстрелах, т. е.



Фиг. 96.

пересечение вертикальной линии, проходящей через среднее место попадания пули, с горизонтальной линией, проходящей также через среднее место попадания пули, находится в пределах круга размером 30 *см*. На показанной на фиг. 96 мишени *a* является центром



Фиг. 97.

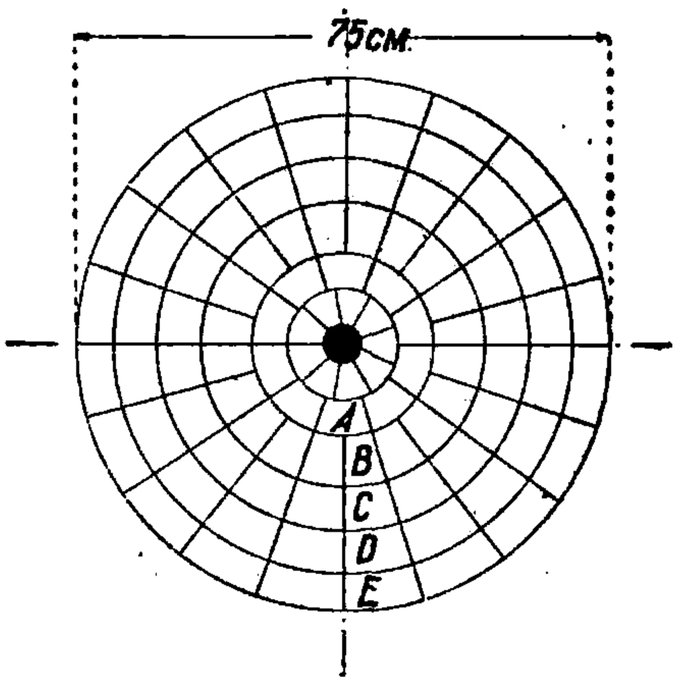
попадания, т. к. в нем пересекаются горизонтальная и вертикальная линии.

Пристрелка автоматич. револьверов производится на расстоянии в 50 *м*. Фиг. 97 показывает мишень для пристрелки *9-мм* автоматического револьвера со стволом длиною в 140 *мм*. От такого револьвера требуется, чтобы из 5 выстрелов 4 попадания находились внутри прямоугольника размером 20×40 *см*. При охотничьих и спортивных ружьях для отдельных выстрелов не ставятся требования

минимума, а ружья классифицируются по их кучности в стрельбе. Пристрелка производится обыкновенно на расстоянии в 80 *м* при 6 или 12 выстрелах из установленного ружья и с совершенно одинаковой точкой прицеливания. По диам. круга рассеивания, в пределах которого попадают пули, оценивается качество оружия. Табл. 4 показывает диам. круга рассеивания при разном оружии и исходящую из этого оценку производительности в стрельбе. Пристрелка охотничьих ружей с дробовыми стволами значительно труднее, т. к. при этом кроме расположения попаданий должны оцениваться также сила выстрела, распределение попавших дробинок и их сгущение по направлению к центру попадания. Расстояние, на которое пристреливаются ружья этого рода, зависит от калибра и колеблется в пределах между 25 и 75 *м*. Обычно применяемые мишени показаны на фиг. 98. Она подразделена на 100 отдельных участков. По количеству попавших в отдельные участки дробинок оценивают распределение и сгущение выстрела, а также места попадания. Сила выстрела определяется на отдельной мишени, снабженной силомером.

Табл. 4. — Диаметры окружности рассеивания в *см* при дистанции в 80 *м*.

Род оружия	Число выстрелов	Отлично	Очень хорошо	Хорошо	Удовлетворительно	Слабо
Спортивные ружья	6	до 4,3	4,4÷ 5,6	5,7÷ 6,9	7 ÷ 9,7	> 9,7
	12	» 5,3	5,4÷ 6,9	7 ÷ 8,5	8,6÷11,9	>11,9
Охотничьи ружья с свинцовой пулей	6	» 6,4	6,5÷ 8,5	8,6÷10,5	10,6÷13,7	>13,7
	12	» 7,9	8 ÷10,5	10,6÷12,9	13 ÷16,9	>16,9
Охотничьи ружья с пулей в оболочке	6	» 5,3	5,4÷ 6,5	6,6÷ 7,7	7,8÷10,2	>10,2
	12	» 6,5	6,6÷ 8	8,1÷ 9,5	9,6÷12,5	>12,5



Фиг. 98.

О. Зикман (Берлин).

ТЕХНИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА, см. *Научная организация труда* и *Социалистическая рационализация*.

ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ, система единиц измерения механич. величин *MKS*, в которой в качестве основных единиц приняты: 1) единица длины—1 метр (обозначение: *м*), 2) единица силы—1 килограмм-сила (обозначение: *кГ*) и 3) единица времени—1 секунда (обозначение: *сек*). Определение метра и секунды в Т. с. е. совпадает с определением этих величин в абсолютной системе единиц. Иначе обстоит дело с килограммом. В советском стандарте ОСТ 516 килограмм определен как единица массы, это же название «килограмм» с тем же сокращенным обозначением *кг* часто применяется в качестве единицы силы, что противоречит стандарту. Точное определение килограмма-силы: сила, сообщающая массе в 1 *кг* ускорение, равное 9,80665 $м/сек^2$. Действительное ускорение свободного падения тел в каждом месте земного шара имеет другое значение в зависимости гл. обр. от широты этого места и от его высоты над уровнем моря. Т. о., строго говоря, вес массы в 1 *кг* в Т. с. е. совсем не равен 1 килограмму-силе, причем отклонение в наших широтах не превышает 0,2% от измеряемой величины. В технике 19 в. ошибка в 0,2% считалась совершенно ничтожной величиной и поэтому на эту ошибку не обращали внимания, считая, что масса в 1 *кг* весит в любом месте как-раз 1 *кГ*, причем в последнем случае слово «килограмм» обозначает силу. Производные единицы в Т. с. е. следующие: 1 килограмметр (*кГм*)—работа силы в один килограмм на протяжении одного метра, 1 килограмметр в секунду (*кГм/сек*) — единица мощности, 1 лошадиная сила — 75 *кГм/сек*.

За единицу давления или механического напряжения принято давление не в 1 $\frac{кГ}{м^2}$, а давление в 10 000 раз большее, равное 1 $\frac{кГ}{см^2}$.

Хуже обстоит дело с массой. Хотя единица силы определяется в системе *MKS* при помощи международного прототипа массы, но единица массы в этой системе отнюдь не является килограммом-массой. Во всякой системе мер единица массы, будучи помножена на единицу ускорения, должна дать единицу силы. Поэтому в системе *MKS* единица массы равна массе прототипа в 1 *кг*, помноженной на 9,80665. Чтобы получить выражение для массы тела в системе *MKS*, нужно вес этого тела *G*, выраженный в *кг*, разделить на ускорение земного притяжения. Т. о. центробежная сила, испытываемая материальной точкой, вращающейся с угловой скоростью ω по окружности радиуса r, равна $\frac{G}{g} r\omega^2$. Хотя ускорение земного притяжения не влияет на центробежную силу, оно фигурирует в этой ф-ле благодаря неудачному выбору единицы силы. Зато g отсутствует в тех ф-лах, где бы ему следовало быть, напр. в ф-ле для силы трения колес поезда о рельсы. Единица массы не имеет специального названия в Т. с. е. На практике всюду, где это возможно, в технике применяют в качестве единицы массы килограмм-массу и ее кратные. Так напр., в *т* измеряют добычу угля или выплавку чугуна, в *кг*—массу расходуемого пара. Мало того, в нек-рых случаях в одной и той же ф-ле *кг* является и единицей силы и единицей массы, напр. при измерении работы, получаемой от 1 *кг* пара, когда эту работу измеряют в *кгм/кг*. Это смешение двух исключающих друг друга систем измерения затрудняет усвоение самых простых количественных соотношений механики и физики и тем самым чрезвычайно затрудняет овладение техникой для широких масс. Новый стандарт механич. единиц измерения вводит наряду с килограммом-силой единицу силы—стэн и вводит различные обозначения *кг* и *кГ* для килограмма-массы и для килограмма-силы. Т. о. новый стандарт поможет упорядочить этот вопрос.

Я. Шпильрейн.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ЖИРЫ, жиры и масла, имеющие применение в различных отраслях промышленности (в мыловарении, в производстве консистентных мазей и др.). Из животных жиров в качестве Т. ж. необходимо отметить: говяжье сало (см. *Бычье сало*), *баранье сало* (см.), *костяной жир* (см.), свиное сало, *конское сало* (см.),

оленье сало, верблюжье сало. Из растительных жиров в качестве технических обычно в технике и пром-сти применяют: 1) твердые масла—см. *Кокосовое масло*, *Пальмовое и пальмоядерное масла*, лавровый жир и растительные воски (см. *Воски*); 2) жидкие масла — а) масла группы высыхающих: *льняное масло* (см.), *перилловое масло* (см.), *конопляное масло* (см.), *маковое масло* (см.), б) масла группы полувысыхающих: *подсолнечное масло* (см.), хлопковое, рыжиковое и сурепное, в) масла группы невысыхающих: *оливковое масло* (см.), *арахидное масло* (см.), *касторовое масло* (см.). Кроме перечисленных жиров к Т. ж. следует также отнести животные масла, к-рые более близки к растительным маслам из группы невысыхающих; животные масла подразделяются на 2 группы: 1) масла—костяное, копытное и яичное и 2) масла, получаемые из морских животных,—масла рыб, масла из рыбьей печени и ворвани (см. *Ворвань*, *Дегра*). К числу Т. ж. следует отнести также и животные воски (шерстяной жир, спермацетовое масло и спермацет—см. *Воски*). Константы Т. ж. см. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 44—85.

В качестве сырья для Т. ж. имеют большое значение утильные жиры: из трупов павших животных, туш и их частей (легкие, печень, селезенка и т. д.), боенских конфискатов и различных недоброкачественных мясопродуктов, опасных в инфекционном отношении. Кроме того для этих же целей м. б. использованы трупы морских животных и рыб. Это сырье перерабатывают на утилизационных установках, причем в зависимости от метода переработки получают Т. ж., мясную и мясокостную муку и клеевой бульон (метод острого пара). Все существующие методы работы соответственно утилизационным установкам м. б. разделены на три основных типа: 1) мокрый метод, по к-рому сырье подвергается действию острого пара высокого давления (5—6 *atm*); 2) сухой метод—нагревание сырья паровой рубашкой—паром до 4 *atm* и 3) экстракционный метод. Основным требованием, предъявляемым к этим методам помимо наибольшего выхода жира, является обезвреживание получаемых продуктов в инфекционном отношении. Наиболее рентабельным с точки зрения выхода жиров является метод экстракционный. Качество получаемого утильного жира находится в зависимости от перерабатываемого сырья, напр. при переработке боенских конфискатов сало после рафинации очень мало отличается от технического сала из соответствующего сала-сырца; жир из трупов с гнилостным разложением отличается высокой кислотностью.

В связи с недостатком твердых естественных жиров техника применяет в качестве сырья искусственные твердые жиры (гидрированные, см. *Гидрогенизация жиров*), суррогаты жиров (канифоль, асидол, мылонафт) и синтетич. жиры (к-ты)—продукты окисления жидких и твердых углеводородов (минеральных масел, парафина). Практика установила, что лучший по качеству гидрированный жир получается из хлопкового и подсолнечного масла. Одним из основных суррогатов жиров в различных производствах является канифоль: при мировом производстве ее до 700 000 *m* ~ 50% поглощается мыловаренной пром-стью. Так же, как и канифоль, с давних времен известны и применяются как суррогат жиров *нафтеновые кислоты* (см.) как таковые — под названием «асидол» и в виде щелочных солей нафтеновых к-т (50%)—мылонафт (см. *Мыловарение*). Эти продукты характеризуются следующим составом: мылонафт—нафтеновых к-т до 48—50%, минерального масла 8—9%, минеральных солей 12%; асидол—минерального масла 15÷20%, минеральных солей не должно быть, остальное—нафтеновые к-ты. Свойства щелочных солей нафтеновых к-т (легкая растворимость в воде, способность образовывать пену, эмульгирующие свойства и др.) ставят их в первые ряды суррогатов жиров в ряде производств, как мыловарение, применение в приготовлении консистентных смазок (солидолы, тугоплавкие), приготовление эмульсий, где они играют роль эмульсаторов, суррогатирования олифы (в виде кальциевых солей) взамен нек-рой части соответствующего растительного масла (льняного) и др. Кроме нафтеновых кислот обладают свойствами, присущими моющим препаратам, нефтяные сульфокислоты (см. *Контакт*), как то: эмульгирующей, моющей, пенящей способностями, а также адсорбирующими свойствами, и кроме того, что весьма ценно, они устойчивы к жесткой воде. Эти свойства обеспечили широкое применение нефтяных сульфокислот в текстильной пром-сти, где они в ряде процессов заменяют как специальные жировые мыла, так и сульфожирные препараты. Эти же свойства гарантируют применение «контакта» в жировой рецептуре при мыловарении (приготовление твердых и других моющих препаратов, напр. жидкого стеаринового мыла), приготовлении эмульсии. Основным условием широкого применения контакта является улучшение его качества, гл. обр. за счет снижения содержания смол, минерального масла и серной к-ты.

Существенное значение для Т. ж. в ближайшем будущем должны приобрести т. н. синтетические кислоты, т. е. продукты, полученные окислением жидких и твердых углеводородов (минеральных масел, парафина или гача). Исходным сырьем для получения продуктов окисления в настоящее время является вазелиновый дистиллат уд. в. 0,880÷0,890, хотя для этих целей могут служить и другие дистиллаты. Вазелиновый дистиллат освобождается от содержащихся в нем нафтеновых к-т, а затем поступает на операцию сульфирования, в результате к-рой получаются контакт и вазелиновое масло уд. в. 0,873÷0,875 (иногда в зависимости от степени очистки 0,860). Последнее поступает на окисление, к-рое протекает под влиянием кислорода воздуха в присутствии катализаторов. Продолжительность процесса до 48 ч. при $t°$ 95—98° и 110—115° в зависимости от применяемого катализатора (для кальциевого 110—115°, для марганцевого 95—98°). В результате одного процесса окисления получается окисленное масло, содержащее синтетич. к-т 15—20%. Образовавшиеся синтетич. кислоты удаляются из окисленного масла щелочением раствором Na_2CO_3 и NaOH, в результате чего получаются раствор натриевых солей (мыльный раствор) и остаток масла, к-рый подвергается вторичному окислению; затем освобожденный от вновь образовавшихся к-т вторичный остаток иногда в смеси с новым количеством исходного сырья опять подвергается окислению, и т. д. Получаемые мыльные растворы в дальнейшем подвергаются облагораживанию, т. е. освобождению от сопровождающего их минерального масла, и из них затем выделяют синтетич. к-ты. Составные части к-т под маркой «С» классифицируются по Маркуссону (по их от-

ношению к нефтяным растворителям) на растворимые в бензине к-ты и нерастворимые. Первые обозначаются маркой «К» (карбоновые), вторые—маркой «О» (оксикислоты). В состав марки «С» входят также лактоны и ангидриды. С технич. точки зрения эти марки являются не равноценными. Растворимые к-ты марки «К» могут иметь основное применение в приготовлении консистентных смазок, эмульсий; марка «С»—в мыловаренной и лакокрасочной промышленности; марка «О» является наихудшим жировым суррогатом. В таблице приведены константы этих кислот.

Константы синтетических кислот.

Состав и свойства	Марка «С»	Марка «К»	Марка «О»
Кислоты растворимые (карбоновые), % .	74÷77,3	94	11÷12
К-ты нерастворимые (оксикислоты), % . .	22,7÷23	6	87÷88
Кислотное число . . .	129÷130	104	89,5
Число омыления . . .	175÷185	146,1	178,4
Неомыляемых, % . . .	7÷9	9÷12	6÷7

Основными проблемами, решающими вопрос наиболее широкого применения синтетич. к-т (жидких), являются проблемы улучшения их качества: дезодорация и максимальное освобождение от оксикислот, что сейчас производится процессами дистилляции с перегретым паром и в разреженном пространстве [как смеси к-т (марка «С»), так и непосредственно окисленного масла], причем при этом перегоняются растворимые к-ты, а оксикислоты остаются в дистилляционном пеке. Кроме того для этих же целей м. б. применены и адсорберы, а также и методы коагуляции оксикислоты растворителями. Продукты окисления твердых углеводородов (парафина или гача), представляя в значительной части твердые к-ты, несомненно также будут иметь большое значение во всех отмеченных выше направлениях, в особенности при применении жидких синтетич. к-т. Процесс окисления твердых углеводородов протекает без катализатора при значительно более высокой $t°$ (160—170°) и большей затрате воздуха и продолжается несколько часов (3—4 часа). Схема процесса примерно аналогична процессу получения жидких синтетич. кислот. При одном окислении (первичном) из 100 ч. парафина получается: непрореагировавшего парафина 50 ч., нерастворимых твердых кислот 26,5 ч., оксикислот 5,08 ч., альдегидной фракции 3,4 ч. и растворимых к-т 17,82 ч. Кислотное число нерастворимых жирных к-т 145, число омыления 200.

Лит.: Таланцев З., Технология жиров и масел, ч. 1—2, М., 1925—26; Демьянов Н. и Прянишников Н., Жиры и воска, изд. 2, М.—Л., 1928; Миркин Е. и Юрьев Р., Переработка животных жиров, М., 1931; Петров Г. и Рабинович А., Нефтяные сульфокислоты и их технич. применение, 2 изд., Л., 1932; Ubbelohde's, Handbuch der Chemie und Technologie der Oele und Fette, B. 1—4, 2 Aufl., Lpz., ab 1929; Davidsohn J., Untersuchungsmethoden der Oele, Fette und Seifen, B., 1926. **Г. Петров и А. Рабинович.**

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ, методы *измерения* (см.) различных физич. величин, применяемые в технике. В технике преимущественное значение имеют измерения, характеризующие точность и продуктивность работы, напр.: измерения размеров деталей станков, земледельческих орудий, машин, тракторов, обеспечивающие взаимозаменяемость деталей и упрощающие ремонт; правильный расчет шихт и нормальная загрузка домн; рациональная установка и экономный расход горючего, расход пара, высокий кпд силовых установок, сопротивление материалов сжатию, разрыву, нормальные условия освещенности предприятий, школ, улиц, создание для трудящихся здоровой обстановки в работе и т. д.—это все выполняется при помощи и под контролем измерительных и контрольных приборов самых разнообразных конструкций.

Измерять величины можно как непосредственно сравнением с однородной величиной, так и посредством определения других величин, хотя и неоднородных с отыскиваемой величиной, но связанных с ней законами механики или физики. Задача измерения—ч и с л е н н о е определение измеряемой величины, выраженное в каких-либо единицах. В этом случае результат измерения будет представлен как именованное число, и наименование, следуемое за числом, покажет ту единицу меры, при посредстве которой было проведено самое измерение. В технике применяют техническую систему мер, полученную из физической системы CGS. Необходимое единообразие основных мер, с которыми сличаются рабочие эталоны, в СССР обеспечивается Всесоюзным институтом метрологии и стандартов (Ленинград)—ВИМСом, где хранятся основные эталоны измерений; этими последними обеспечивается всего лучше верность Т. и. В СССР при измерениях массы, длины, поверхности и объема применяется метрическая система мер. При измерениях других величин применяются единицы, принятые международными соглашениями и утвержденные нашим правительством или им установленные. Единообразие измерений осуществляется: а) установлением единых для СССР требований, предъявляемых к приборам, применяемым при всякого рода измерениях, б) поверкой приборов согласно единым технич. правилам и в установленные сроки. Методология метрологич. работы разрабатывается ВИМСом и устанавливается Комитетом стандартизации. Объединение методов измерений является важным средством для достижения сходимости показаний измерительных приборов и инструментов. В технике величины всех мер д. б. выражены при нормальной $t°$ 20° (см. ОСТ 343), при к-рой меры д. б. верны, а приборы, применяемые для измерений, давать правильные показания. В целях получения наиболее точных результатов измерений кроме того следует указывать способы приведения показания к $t°$ 20°—таблицы поправок, коэфициенты и т. п.

Т о ч н о с т ь и з м е р е н и й в технике зависит как от точности эталонов, с к-рыми сверяются измеряемые величины, так и от применяемых при работе приемов измерений. Точность измерений зависит в большой мере от развития способности восприятия величины. Лучшим способом получения точного результата являются варьирование методов измерений и множественность измерений. Относительно методов исключения ошибок наблюдения и их разделения см. *Ошибки измерений и наблюдений.* Для увеличения точности измерения применяют самопишущие измерительные приборы, планиметрируя диаграммы к-рых получают средние значения измеряемых величин за данный промежуток времени. Представление измеренных значений величины графически также способствует как повышению точности измерения, так и его контролю. Результаты изме-

рения д. б. сообщены с таким числом цифр, чтобы предпоследняя цифра была точной; излишнее число знаков дает лишь неправильное впечатление о точности произведенных Т. и.

Измерение длины. В технич. системе мер длина измеряется в *м*. Применяемый в технике метр при $t°$ 20° должен иметь ту же длину, какую имеет международный прототип метра при температуре 0°, кроме того в странах английской культуры применяют дюймы (дм.). Значения дюйма: немецкое 25,40095 *мм*, русское 25,40000 *мм*, английское 25,39998 *мм*, американское 25,40005 *мм*. В метрологич. органах СССР имеют применение образцовые меры 1-го и 2-го классов. Первый изготовляется в форме бруска квадратного сечения, а второй—в форме жесткой полосы из стали. К мерам длины 2-го класса отнесены также стальная лента длиною 20 *м* (рулетка) и ленты длиною 30 и 50 *м*. Точные меры длины изготовляются в форме мер брусковых, линеек и в форме лент. Брусковые меры бывают в 2 *м* и меньше, линейки—разнообразных размеров, а ленты—в 50, 20, 15 и 10 *м* (для рудников 200 *м*). Допускаемые погрешности—см. *Допуски*. Для менее точных Т.и. служат обыкновенные меры длины—брусковые, складные, рулетки, рейки, усадочные меры и т. д. Погрешности для таких мер допущены особые для металлических и особые для неметаллических мер длины. В заводской практике кроме калибров широко применяются концевые меры длины из закаленной стали. Постоянно находящиеся в работе меры подвергаются износу и д. б. периодически поверяемы сличением с образцами. В Америке иногда концевые меры изготовляют со стеллитовыми мерными поверхностями, вследствие чего такие меры в пять раз меньше изнашиваются и более противокоррозийны, чем стальные: к разряду бесшкальных измерительных приборов наравне с концевыми мерами относятся также *калибры* (см.). Сличение образцовых мер длины с точностью, достижимой в науке и технике, в лабораториях метрологических органов осуществляется с помощью *компараторов* (см.). Как правило заводские лаборатории, сверяющие меры длины, д. б. располагаемы на северной стороне здания и должны иметь регулируемое отопление. В распоряжении лаборатории д. б. не менее 2 полных комплектов плиточных калибров, оптич. продольно измерительная машина (напр. Цейсса), вертикальный и горизонтальный оптиметры, проекционный аппарат и дополнительная аппаратура: термоэлемент с гальванометром для измерения $t°$ (до 0,02°), аспирационный психрометр и барометр. В помещении, где ведется сличение мер длины с точностью, не меньшей чем ± 10 μ, обязательно д. б. поддерживаема нормальная $t°$ (20°). Методов поверки образцовых мер два: 1) метод абсолютных измерений, при к-ром измеряемый калибр сравнивается с длиной световой волны, и 2) метод применяется для относительных измерений, при к-ром измеряемый калибр помощью световых волн сравнивается с эталонным калибром. Точность абсолютных измерений 0,02 μ и относительных 0,05 μ (см. также *Интерферометр*). Для измерения наружных и внутренних размеров гладких калибров применим метод контактный, когда измеряемый калибр приводится в соприкосновение с мерительными поверхностями прибора, и по шкале последнего от нулевой точки определяется или размер калибра или его уклонение от образца. Точность измерения колеблется от 0,01 *мм* до 0,5 μ. Метод микроскопа—изображение калибра, наблюдаемое в поле зрения микроскопа, измеряется микрометрическим передвижением самого калибра. Для поверки резьбовых и фасонных калибров удобен метод проекционный—увеличенное изображение измеряемого калибра или сличается путем совмещения с образцовым шаблоном, представляющим собою точное изображение теоретического профиля калибра, или по положению изображения калибра относительно нанесенных на экране индексов, отвечающих образцу,—определяется уклонение калибра от образцового. С этой целью изображение приводится в совпадение с индексами путем перемещения шаблона микрометрически. Точность измерения при 50-кратном увеличении изображения калибра 0,01 *мм* до 0,002 *мм*. Угловые калибры измеряются гониометрическим методом по способу, применяемому для определения преломляющего угла призмы. Точность измерения колеблется от 1′ до 2″. Быстро и с точностью до 0,5 μ ведутся относительные измерения при помощи горизонтального или вертикального оптиметров. Помощью горизонтального оптиметра кроме того возможно производить измерения внутренних диаметров отверстий. Точность непосредственных измерений пальмером, при хорошем выполнении, 2 μ. Микрометрами с циферблатом, толщемером и глубиномером производят измерения с точностью до 0,01 *мм*. Для измерений диаметров винтовой нарезки, шага и угла винтовых калибров универсальным прибором является компаратор Цейсса. Для измерений среднего диаметра винтовой нарезки методом трех игл применяют набор игл и комплект винтовых калибров. При точных измерениях измеряемая мера и образец должны быть выдерживаемы при нормальной температуре с точностью до 0,01°.

При определении разности высот местности пользуются нивелирными *рейками* (см.). Для точных (до 0,01 *мм*) измерений небольших деталей применяют *микрометры* (см.). Для измерения длины ткани применяют складывательные рамочные машины (см. *Мерильная машина*). Измерение длин лент, бумаги и т. д. производится при помощи роликовых мерительных машин; в бумажной пром-сти машины этого рода достигли большого совершенства (напр. машина сист. Шоппера). Толщины материи, сукна, бумаги измеряются особыми толщемерами.

В настоящее время известно точное отношение длины международного метра к длине световой волны паров кадмия при заданных условиях. Знание найденного отношения дает возможность воспроизведения эталона метра с весьма высокой точностью, превосходящей градусные измерения. Для измерения небольших изменений расстояний или разностей толщины, а также при исследовании параллельноплоскостности поверхностей калибров и при наиболее точных сравнениях длин пользуются интерференцией (см. *Интерферометр*). Измерения развертки трансмиссий выполняются при помощи оптич. прибора Кинкида с точным чувствительным нивелиром и телескопом, дающим возможность выверять валы до 200 *м* длиною. Измерения, производимые при выверке трансмиссий, показали, что например валы длиною 33 *м*, ⌀ 50—85 *мм* разверились по горизонту до 65 *мм* и в сторону свыше 30 *мм*, что вызвало чрезвычайно силь-

ное трение частей, и отмечены случаи, когда после выверки трение трансмиссии уменьшалось в пределах 10—50%.

Измерение площадей. Площади плоских фигур определяются по данным, приводимым в таблицах площадей. При измерении произвольных площадей неправильной формы часто применяют *планиметры* (см.) различных систем (см. также *Интегрирующие приборы*). Для измерения площади кож применяют особые мерные машины (см. *Кожевенное производство*).

Измерения объемов. Дрова, многие строительные материалы обмеряют мерами длины и исчисляют их количество в объемных мерах—$м^3$. Расходуемые в больших количествах жидкости и газы измеряются также в $м^3$; керосин, масла, спирт, вино, молоко и пр. в небольших количествах—в *л*. Дрова, расходуемые в количествах от 0,25 до 3 $м^3$, учитываются при помощи станков. Сыпучие тела возможно обмерить в пределах от 2 *гл* до 0,5 *л*, допускаемая погрешность измерения при этом равна 0,5—2%; жидкости в небольших количествах—мерами от 5 *дл* до 0,01 *л*, точность измерения 0,5—1%. Молоко в количестве до 20 *л* удобно отмеряется с помощью молокомеров с поплавком и без последнего. Допускаемая погрешность измерения не должна превышать 200 *мл*. При измерениях вместимости чанов, бочек и т. п. пользуются следующими приближенными формулами:

а) для чана

$$v = \frac{1}{6}\pi h\,[(2a + a_1)\,b + (2a_1 + a)\,b_1],$$

где a, b, a_1 и b_1—полуоси оснований эллипсов, а h—высота чана;

б) для бочки

$$v = \frac{1}{15}\pi H\,(2D^2 + Dd + 0{,}75\,d^2),$$

где d—диам. оснований, D—диам. среднего сечения и H—высота бочки.

Объемные измерительные сосуды и приборы. Имеют применение измерительные цилиндры с подразделениями и без подразделений, причем объем, отвечающий наименьшему подразделению на измерительных сосудах и приборах, может выражаться в следующих значениях: 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200 и 500 *мл*, и в сосудах без подразделений: в колбах наливных, в цилиндрах наливных, в пипетках наливных и в пикнометрах—от двух и более *мл*. В измерительных приборах с подразделениями: в измерительных цилиндрах наливных, в бюретках и пипетках—от 2 *мл* до 1 500 *мл*. Объем самих сосудов измеряется посредством наполнения жидкостью сухого сосуда (сосуды наливные) или посредством выливания жидкости из наполненного до черты сосуда (сосуды отливные), что и обозначается на сосудах сокращенно «н.» и «от.» рядом со штрихом на сосуде с отметкой объема сосуда. Для периодич. измерения емкости отделений измерительных баков в водомерных лабораториях и для правильной установки шкалы при водомерных стеклах таких отделений служит мерник — резервуар емкостью в 500 *л*. Мерник открыт сверху, а внизу оканчивается конусообразным дном, снабженным выпускным краном. Внутри этого бака помещен поплавок, подвешиваемый на струне через два блока, укрепленных наверху мерника, к наружному желобчатому барабану, вращающемуся на горизонтальной оси и снабженному лимбом и ноиусом. К этому же барабану прикреплена вторая струна, огибающая его по желобку в обратную первой струне сторону и натянутая подвешенным к ней грузом. При наполнении бака водою поплавок поднимается вверх, соответственно груз опускается вниз и вращает барабан в определенном направлении. При выпускании воды из бака опускается и поплавок, поднимается груз, а барабан вращается в противоположном направлении. Так как диаметр бака мерника одинаков по всей высоте, то поступательные движения поплавка, а следовательно и углы вращения барабана пропорциональны расходу жидкости; на этом основании окружность лимба градуируется непосредственно в литрах. Описанный мерник-бак выверяется взвешиванием выпускаемой из него по лимбу воды. Для измерения непрерывного расхода жидкости и газов применяют *водомеры* (см.) и *газомеры* (см.). Удельная масса жидкостей измеряется *ареометрами* (см.). Для определения концентрации растворов сахара пользуются различными *сахариметрами* (см.), а для измерения крепости спиртовых растворов—спиртомерами (см. *Алкоголеметрия*). Для определения качества молока применяют т. н. лактометры. Удобно измерять удельную массу жидкости при помощи колбочки с узким горлышком, на к-ром сделана отметка, соответствующая положению уровня жидкости, когда объем ее равен величине, обозначенной на колбочке—пикнометре.

Измерение сил. Для непосредственного измерения сил или моментов вращения применяются *динамометры* (см.) различных систем. Тормозные и торсионные динамометры измеряют момент вращения. Для измерения электрич. и магнитных величин применяют целый ряд специальных приборов (см. *Электрические измерения*). Для измерения малых деформаций применяют экстензометры, из которых заслуживают внимания мерный индикатор системы Цейса и зеркальный прибор Мартенса. При помощи названного прибора можно определять деформацию в 0,001 *мм*, что отвечает при нормальном образце длиной 200 *мм* для стали напряжению $\sigma = 1{,}0$ $кг/см^2$ (см. *Испытание материалов*).

Для измерения величин, характеризующих режим работы режущих инструментов, применяют динамометры специальных типов (см. *Резание*). Измерение работы производят путем отдельного измерения силы (помощью динамометра) и пройденного ею пути.

Измерение мощности двигателей с вращательным движением производят, определяя вращательный момент на валу помощью какого-либо динамометра и помножая полученное значение на угловую скорость вращения вала, определяемую *тахометром* (см.) или счетчиком оборотов. Мощность, развиваемую рабочим агентом в цилиндрах поршневых двигателей и машин-орудий (насосов, компрессоров, воздуходувок), измеряют при помощи *индикаторов* (см.) или особых счетчиков мощности и работы.

Измерение механических напряжений (давления, растяжения, касательного напряжения). Для измерения давлений порядка $кг/см^2$ служат приборы, называемые *манометрами* (см.). Для измерения весьма малых разностей давления применяют манометры специальной конструкции, называемые *микроманометрами* (см.). Такого же типа при-

боры в соединении с дроссельной шайбой или трубой Вентури применяются для измерения скорости потока воды, газа или пара (см. *Водомеры*, *Газомеры*, *Приборы для измерения пара*). Для измерения весьма малых давлений меньших 1 *atm abs* применяют вакуумметры. Абсолютное атмосферное давление измеряется *барометрами* (см.).

Измерение количеств. Одним из основных и точнейших методов измерения количеств является взвешивание при помощи *весов* (см.). Для автоматич. взвешивания применяют целый ряд автоматических весов (см. *Развес порционный*). В лабораториях и научно-технических институтах имеют применение для измерения количеств вещества и анализов весы аналитические и точные. Весы аналитические и разновесы к ним выверяются с особой точностью: так, погрешность аналитич. весов, напр. для нагрузок до 200 *г*, при их полной нагрузке не должна превышать 0,1—0,2 *мг*. Микровесы с микроскопом—точность показаний 0,02 *мг*. В технике часто взвешивание ведется для сортировки продукции, а также иногда в целях определения толщины особо тонких листов, не поддающихся точному обмеру. Измерение жидкостей, поступающих в производство в цистернах, ведется по весу в *т*. Измерение расходуемой жидкости ведется или в *кг* или $м^3$ в случае надобности с последующим пересчетом на весовые единицы, принимая во внимание изменения плотности жидкости от $t°$.

Измерение расхода пара в паросиловых установках производят либо посредством измерения количества конденсата, либо определением количества поданной в паровые котлы питательной воды, либо путем измерения скорости потока пара в трубопроводе при помощи *приборов для измерения пара* (см.).

Измерение времени. Единицей служат сутки—24 часа по среднему солнечному времени. Для измерения времени служат *часы*, (см.), *хронографы* (см.) и *хронометры* (см.).

Измерение скорости. Измерение поступательной скорости сводится к измерению длин и времени. При движении тела в капельно-жидкой или газообразной среде скорость относительно последней м. б. измерена, пользуясь принципами гидро- и аэромеханики (см. *Лаг*). Измерение поступательной скорости наземного транспорта стараются свести к измерению угловых скоростей, измеряемых в свою очередь *тахометрами* (см.). Измерение скоростей ветра производят *анемометром* (см.). Измерение м. б. проводимо или посредством тахометра, или электрически, или с помощью счетчика. Для измерения скоростей течения жидкостей в открытых каналах применяются различные *гидрометрические приборы* (см.).

Измерение температур производится при помощи разного рода термометров и пирометров (см. *Термометрия*). Измерение количества теплоты производится помощью различных калориметров (см. *Калориметрия*). Для определения теплотворной способности топлива пользуются: для твердых и жидких топлив—*бомбами калориметрическими* (см.), а для жидких и газообразных—калориметром Юнкерса или аналогичными ему системами.

Анализ газов. Рациональный уход за топкой возможен лишь при постоянном анализе дымовых газов на содержание в них углекислоты. Такой анализ вместе с тем побуждает к экономному расходованию горючего; поэтому необходимым подспорьем в работе кочегара являются приборы, измеряющие количество углекислоты (CO_2), так называемые газоанализаторы (см. *Анализ газов*). Газоанализаторы применяются также и для анализа продуктов, получаемых при сгорании жидкого и газообразного горючего.

Измерение влажности. Для техники имеют значение следующие гигрометрич. свойства воздуха: а) плотность водяного пара в воздухе, т. е. количество воды в *г*, содержащееся в 1 $см^3$ воздуха; б) степень насыщения, к-рая находится по таблицам; в) давление водяного пара и г) точка росы. Влажность воздуха измеряется гигрометрами-психрометрами. Степень влажности пара измеряется калориметрами или посредством отделения воды или путем мятия пара (торможения). Можно привести некоторые примеры, показывающие влияние влажности на показатели качества материалов: при изменении влажности в 70% величина разрывной длины полоски бумаги может измениться более чем в 10 раз. При влажности воздуха в 50, 65 и 80% соответственные числа перегибов бумаги на аппарате Шоппера относятся, как 50 : 64 : 87. В настоящее время разрабатываются методы быстрого определения влажности воздушно-сухого торфа-сырца. Методы определения влажности дров для отопления см. ОСТ 1461.

Измерения силы света ведутся как по линии измерения силы света отдельных источников света, так и по линии измерения освещенности. Для сравнения силы света источника с эталонной лампой пользуются фотометрами, а для измерения освещенности—люксметрами (см. *Освещение* и *Фотометрия*). Пробные наборы очковых стекол служат для измерения оптических свойств очковых стекол; они применяются для измерения рефракции сферических, цилиндрических и сферо-цилиндрических стекол; они должны давать значение вершинной рефракции в диоптриях от -20 *D* до $+20$ *D*. Приборы для измерения положения оптической оси стекла (децентрировки) должны измерять децентрировку до 15 *мм*, погрешность шкал для таких измерений не должна превышать 0,5 *мм*.

Магнитные измерения—см. *Магнитные материалы*.

Гравиметрические измерения, основанные на измерении ускорения силы земного тяготения *g*, позволяют технике обнаруживать месторождения полезных ископаемых при условии наличия требуемой разности удельных масс между ними и окружающей средой. Объектами разведок при таких измерениях могут явиться железные руды, угольные пласты, соль и—по косвенным признакам—нефтяные месторождения. При гравиметрич. измерениях не только обнаруживается залегание, но и определяются его размеры, глубина, залежи и форма. На основе измерений прорабатывается детальная геологич. карта участка с указанием слагающих слоев, их мощностей, углов падения и т. д. Радионосные промышленного значения районы устанавливаются радиометрич. методом. При измерениях леса, лесных пород применяют особые таксационные меры. Толщины деревьев обмеряют раздвижными деревянными вилками. Рудничные подземные контрольно-измерительные приборы и требования, к ним предъявляемые,—см. *Вентиляция* рудничная.

Измерительный инструмент в машиностроении и приборостроении и особенно разнообразен. Успехи современного машиностроения обусловлены высокой точностью обработанных деталей, достигаемой работой по *допускам* (см.), исключающей необходимость ручной подгонки деталей при сборке и обеспечивающей взаимозаменяемость деталей. Наиболее простыми измерительными приборами для измерений, не требующих большой точности, являются: а) для измерения линейных размеров: *циркуль* (см.), кронциркуль, *штангенциркуль* (см.), штангенрейсмасс, *микрометр* (см.); б) для измерения углов: угольник, транспортир (см. *Протрактор*), малка, угломер; в) для проверки правильности формы: линейки, тушевальные плиты, *лекала* (см.) и шаблоны. Для проверки деталей, обрабатываемых по допускам, применяются исключительно предельные калибры в форме скоб для наружных измерений и пробок, плоских калибров или штихмассов для внутренних измерений. Проверка самих калибров производится или помощью мерительных машин различной конструкции или посредством плоскопараллельных плиток (Иогансена), отполированных на рабочих поверхностях до зеркального блеска и допускающих путем прикладывания друг к другу пластинок различной толщины составление любого размера через 0,001, 0,005 или 0,01 *мм*, причем точность при измерениях длин до 30 *мм* достигает $\pm$0,0001 *мм* (для плиток наивысшего класса точности) и $\pm$0,0005 *мм* (для так наз. рабочих плиток). Еще более точным способом контроля калибров является применение оптич. приборов, основанных на принципе *интерферометра* (см.), в которых длина калибра и степень плоскости его рабочих поверхностей выражаются в частях длины световой волны. Оптич. приборы, снабженные микрометрич. окулярами и выгравированными на стекле шаблонами, применяются широко для проверки форм сложных изделий (напр. для выверки элементов винтовой нарезки). Для измерения отклонений измеряемой величины от заданных, установленных заранее размеров применяют мерные индикаторы рычажного или колесного типов; первые более точны и дают показания до 0,0005 *мм*, тогда как точность показаний последних не превосходит 0,005 *мм*. В случаях, когда непосредственным сличением с прикладыванием меры (образца) измерить нужный предмет невозможно, применяются кронциркули, нутромеры, штихмассы и пр. На изделие взятые размеры переносят при помощи разметочных инструментов: рейсмусов, кернеров, разметочных циркулей с острыми ножками и т. д. Для измерения цилиндрич. дыр пользуются дыромерами. Диаметры внутренних отверстий измеряют остроконечными нутромерами. Для измерения толщины листов и проволоки применяют калиберные дощечки; особые калибры изготовляются для измерения толщины болтов; для измерения винтов служат резьбомеры и гребенки.

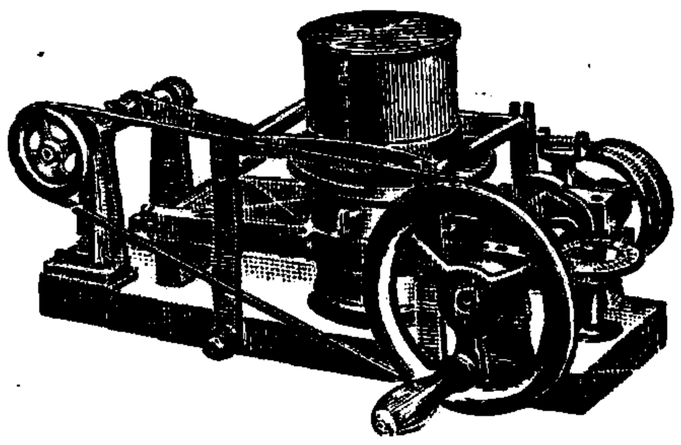
Измерение углов. Прямые углы поверяются по эталонному угольнику на пришабренной плите. Для измерения углов применяют угломерные инструменты типа протракторов (Старрет, Краузе) или оптические (Цейсса). Иногда измерение углов производится с помощью уровня: измеряют угол каждой из плоскостей угольника относительно горизонтали и находят требуемый угол как разницу обоих углов.

Измерения винтовой *нарезки* (см.) должно производить с особой тщательностью и при помощи специальных приборов. Наружный диаметр винта измеряется скобой, микрометром или штангенциркулем. Внутренний диаметр винта, больший 50 *мм*, возможно измерить с допускаемой погрешностью не свыше 0,1 *мм* посредством штангенциркуля, снабженного выступами для измерения нарезки. Измерение внутреннего диаметра производится также при посредстве специальных микрометров или особыми предельными калибрами (скобами) с гребенчатыми мерными поверхностями. Средний диаметр резьбы измеряется при помощи шаровых или гребенчатых наконечников, надеваемых на микрометр, или обыкновенным микрометром при помощи трех проволок. Угол между сторонами и форма нарезки проверяются оптическим путем, сравнением увеличенного изображения нарезки с образцом или посредством шаблона. Подъем нарезки проверяется резьбовым калибром; при этом совпадение или отклонение устанавливается по способу световой щели. Для измерения внутренней нарезки можно изготовить путем отливки из легкого металла или из серы с графитом слепки резьбы, к-рые затем промеряются, как наружная нарезка.

Испытания растворов. Растворы, применяемые в строительном деле, представляют собой смесь, составляемую из вяжущего вещества (цемент, известь и пр.), инертной составляющей (песок, гравий, щебень) и воды, отвердевающую в одно целое через некоторое время после затворения и связывающую при этом в одно целое отдельные элементы каменной (или кирпичной) кладки.

При проверке качества того или иного вяжущего вещества, входящего в состав раствора, в качестве инертной составляющей применяется так наз. «нормальный песок», представляющий собой природный кварцевый песок, добываемый из определенного карьера. Временно в качестве нормального песка для испытаний цементов признается песок из карьеров Вольского з-да близ станции Привольской Рязано-Уральской ж. д. По величине зерна нормальный песок составляется из двух сортов: первый сорт, крупный, при просеивании должен оставить не более 10% на сите с 64 отверстиями на 1 $см^2$ и пропустить не более 10% через сито с 144 отверстиями на 1 $см^2$; второй сорт, мелкий, должен оставить при просеивании не более 10% на сите с 144 отверстиями на 1 $см^2$ и пропустить не более 10% через сито с 225 отверстиями на 1 $см^2$. Для испытания цементов берется смесь из равных весовых количеств нормального песка крупного и мелкого. При испытании вяжущего вещества для составления раствора вяжущее вещество и песок берутся в следующих пропорциях по весу: для цементов 1 : 3, для воздушной извести 1 : 4, для гидравлич. извести 1 : 5. При выяснении механич. и физич. свойств самого раствора последний изготовляется из тех сортов цемента и песка и в тех пропорциях, к-рые применяются на строительных работах. Для проверки механич. свойств песка раствор изготовляется из данного песка и нормального цемента (удовлетворяющего всем требованиям ОСТ 77) и подвергается соответственным испытаниям. Отдельные составляющие растворы до их смешения подвергаются гранулометрич. анализу при помощи набора особых сит, просеивание через к-рые производится вручную или механич.

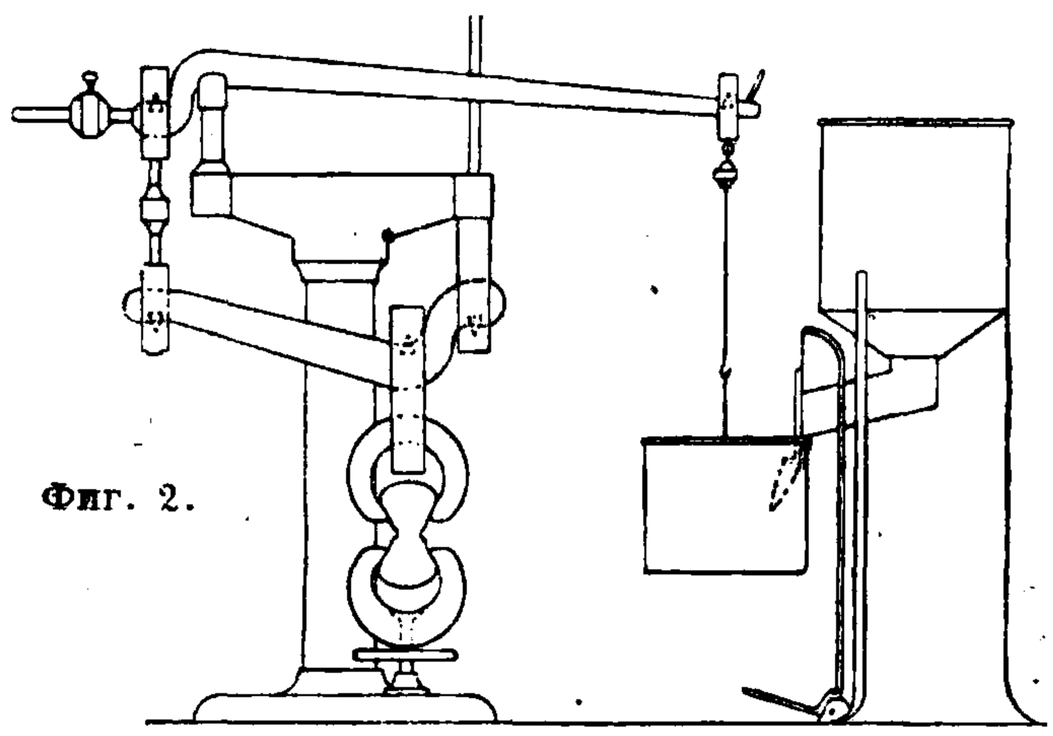
путем. Для определения тонкости помола цемента применяют сита двух видов: с 900 отверстиями на 1 *см*² и с 4 900 отверстиями на 1 *см*². Сита изготовляют из проволочной ткани (бронзовой, латунной и пр.) и укрепляют в одной общей цилиндрической коробке. На фиг. 1 показан станок с приводом для механического просеивания цемента. Зерновой состав песка определяется посредством последовательной просевки через ряд сит с величинами отверстий 7 *мм*, 3 *мм*, 1 *мм* и 0,24 *мм*. Из этих сит первые три—штампованные с круглыми отверстиями; последнее, с величиной отверстий в 0,24 *мм*,—бронзовое, тканое, имеющее 900 отверстий на 1 *см*².



Фиг. 1.

Нормальная густота раствора определяется таким количеством воды, выраженным в % от веса сухой смеси, при к-ром после определенной затраты работы на трамбование образца внизу формы, в к-рой трамбуется образец, начинает просачиваться вода. Раствор для изготовления образцов затворяется в особых мешалках (типа Вернер и Пфлейдерер или Штейнбрюк-Шмельцер) и затем помещается в кубич. формы с внутренними размерами 7,07×7,07×7,07 *см*. В этих формах раствор уплотняется и затем подвергается трамбованию на особом копре. Наиболее подходящими для этой цели являются копры с вертикально падающей бабой (по типу проф. Лахтина, Клебе и др.); допускаются также копры молоткового типа (Беме). По числу ударов бабы отмечают количество работы, затраченной на трамбование до появления воды внизу формы. За нормальную густоту цементного раствора принимается то количество воды, выраженное в % от веса сухой смеси, при к-ром появление ее внизу формы происходит при работе трамбования в 1 *кг* на 10 *г* сухой смеси. Найденное т. о. количество воды считается нормальным при изготовлении раствора для испытаний.

Механич. свойства растворов характеризуются гл. обр. сопротивлением растяжению и сжатию. Для испытания на растяжение из данного раствора изготовляются образцы в форме «восьмерки». При изготовлении образцов раствор набивается в специальные формы, в которых образцы подвергаются трамбованию при помощи вышеуказанных копров. После трамбования образцы хранятся в тех или иных условиях влажности, на воздухе или в воде, и после известного срока подвергаются испытанию на растяжение. Это испытание производится на рычажном приборе типа Михаелиса с автоматич. нагружением дробью со скоростью около 100 *г/ск* (фиг. 2). Передача усилия на образец совершается при помощи рычагов, причем отношение плеч верхнего рычага 1 : 10, нижнего 1:5; т. о. общее отношение нагрузки на конец верхнего рычага к усилию, действующему на образец, равно 1 : 50. Площадь наименьшего поперечного сечения образца в средней части равна ~ 5 *см*² (4,99 *см*²); следовательно, если на конец верхнего рычага действует нагрузка в P *кг*, то в среднем сечении образца развивается среднее напряжение, равное $\frac{P \cdot 50}{5} = 10\ P$ *кг/см*². В момент разрыва образца ведро с дробью падает на особую педаль, и приток дроби автоматически



Фиг. 2.

прекращается. Вес ведра с дробью в *кг*, увеличенный в 10 раз, даст временное сопротивление на разрыв образца в *кг/см*².

При приемке и испытании воздушной извести качество известкового раствора проверяется приемщиком сл. обр.: известковое тесто в соединении с песком в пропорции 1 : 3 должно образовать раствор такого качества, чтобы подлитые на нем 7 кирпичей по истечении 7 суток при подъеме за верхний кирпич остались все в связи между собой.

Для испытания раствора на сжатие образцы изготовляются в кубич. формах размерами 7,07×7,07×7,07 *см* с механич. трамбованием на одном из вышеуказанных копров. После трамбования образцы хранятся при определенных условиях влажности и затем подвергаются испытанию на сжатие. Для различных растворов требуются наименьшие величины временного сопротивления на разрыв и на сжатие (в *кг/см*²), приведенные в следующей таблице

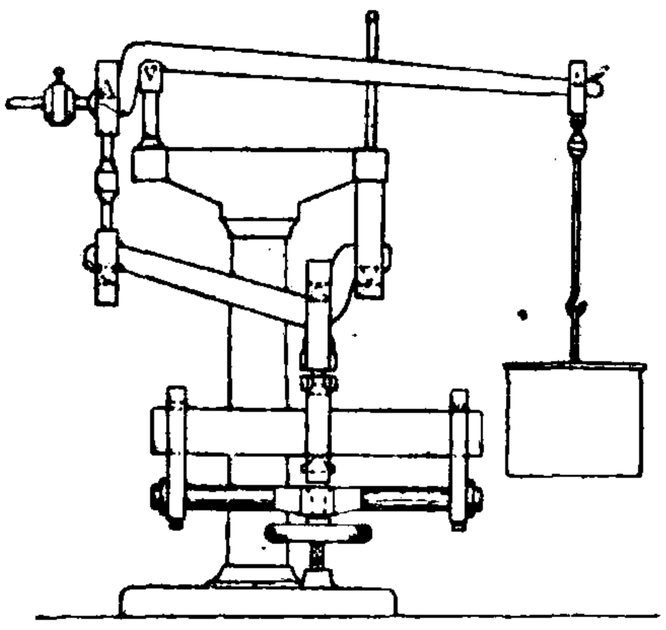
Минимальные значения временных сопротивлений для строительных растворов.

Наименование испытуемого материала	Состав сухой смеси по весу		Срок хранения (дней)	Сопротивление на сжатие в *кг/см*²	Сопротивление на разрыв в *кг/см*² при сроке хранения		
	Вяжущее вещество	Песок			4 дн.	7 дн.	28 дн.
Портланд-цемент	1	3	28	140	9	10	14
Роман-цемент . .	1	5	28	*1	—	—	*2
Шлако-портланд-цемент	1	3	28	140	9	10	14
Пуццолановый портланд-цемент	1	3	28	140	9	10	14
Воздушная известь	1	4	28	10	—	—	2
Слабо гидравлич. известь	1	5	28	30	—	—	10
Сильно гидравлич. известь . .	1	5	28	45	—	—	15
Песок при приемке	1*3	3	7 28	100 140	—	10	14

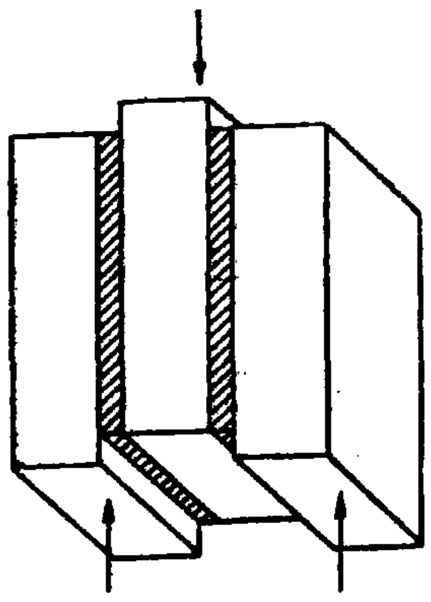
*1 При твердении в воде 32; при твердении на воздухе 48. *2 При твердении в воде 4; при твердении на воздухе 6. *3 Нормальный портланд-цемент.

Испытание на изгиб м. б. произведено на разрывном приборе Михаелиса после замены разрывных захватов приспособлениями для изгиба (фиг. 3). Испытуемый образец имеет обычно сечение 4×4 *см* и опорную длину 25,6 *см*. Действующая изгибающая сила прилагается посредине пролета. При этих соотношениях и при нагрузке *P кг* на конец верхнего рычага в образце развивается наибольшее нормальное напряжение на изгиб в крайней фибре, равное 30 *P кг/см*², условно рассчитанное по формуле простого изгиба.

Испытание раствора на скалывание м. б. произведено сл. обр.: между двумя прямоугольными камнями закладывают с небольшим выступом такой же камень с промежут-



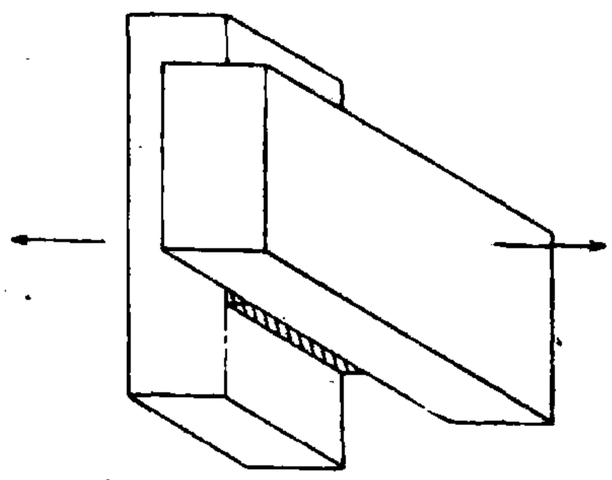
Фиг. 3.



Фиг. 4.

ками между ними по $1^1/_2$ *см*. Эти промежутки заполняют испытуемым раствором. После определенного срока твердения связанные камни подвергают действию сжимающих сил, направленных параллельно плоскости шва (фиг. 4), чем вызываются скалывающие напряжения в растворе, к-рые нетрудно подсчитать.

Для определения сцепления раствора с поверхностью камня подливают на испытуемом растворе два крестообразно положенных камня со швом толщиной около $1^1/_2$ *см*. После затвердения раствора связанные камни подвергаются действию растягивающих сил, перпендикулярных к плоскости шва, чем и определяется сила сцепления раствора с камнем (фиг. 5). Для более точных определений силы сцепления раствора с камнем или металлом применяются особые приспособления к прибору Михаелиса.

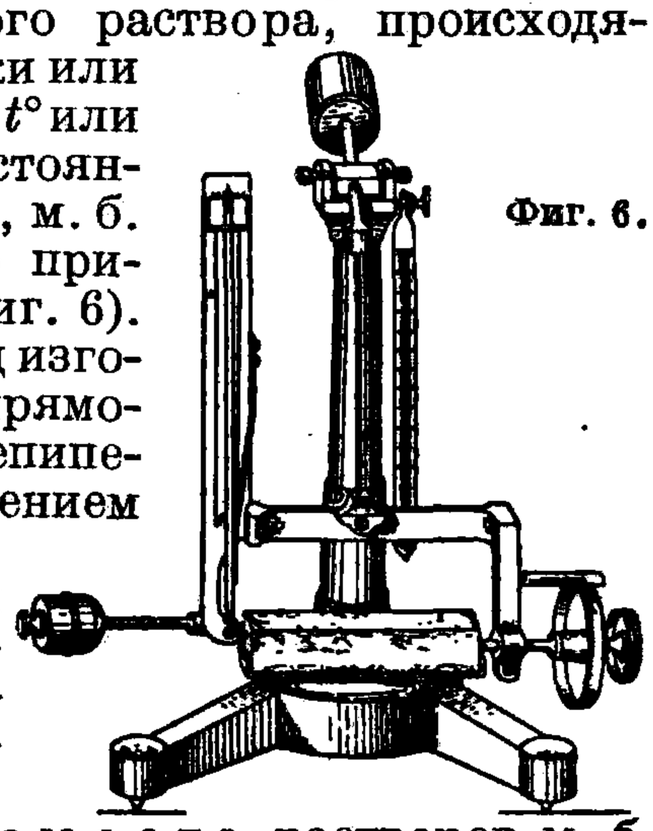


Фиг. 5.

Сопротивление раствора истиранию, или изнашиваемость, определяется или на круге Баушингера, или на истирающей машине Беме, или при помощи пескоструйного аппарата. Сущность испытания заключается в том, что затвердевший раствор в форме кубич. образца подвергается истиранию на вращающемся круге на определенном пути или подвергается действию песочной струи. По уменьшению веса после испытания можно судить о сопротивлении раствора истиранию.

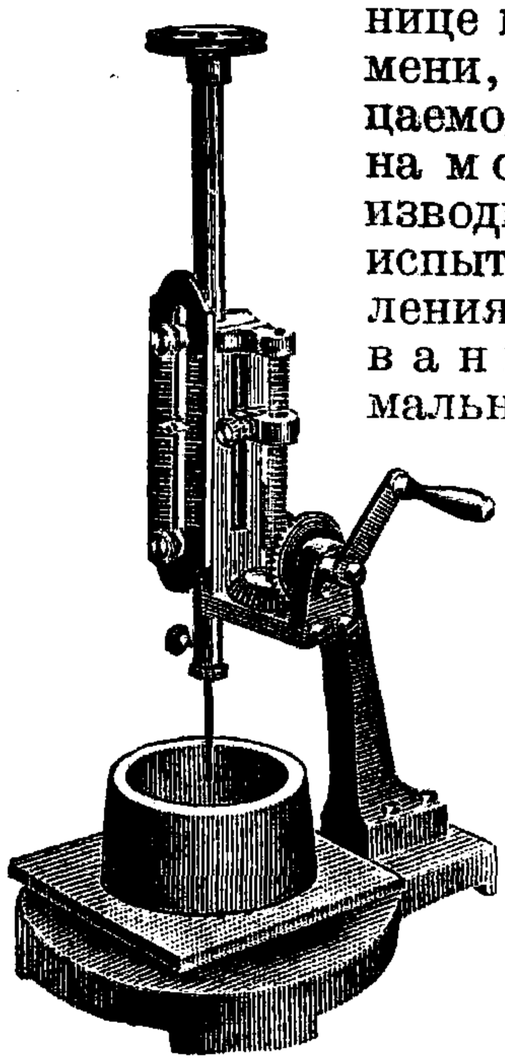
Физич. свойства раствора имеют важное значение для службы его в сооружении, поэтому должны тщательно изучаться. Для изучения упругих свойств из испытуемого раствора изготовляют особые образцы с головками для захватов испытательной машины. Эти образцы подвергаются действию растягивающих или сжимающих сил. Измерения происходящих при этом деформаций производятся при помощи зеркальных приборов Мартенса или экстензометров других систем, к-рые устанавливаются на нескольких фибрах испытуемой призмы. Выяснив зависимость между напряжениями и деформациями, нетрудно определить модуль упругости *E* или обратную ему величину коэф. упругости $\alpha = 1 : E$.

Изменения линейных размеров образцов испытуемого раствора, происходящие вследствие усадки или изменения наружной *t*° или же вследствие непостоянства объема раствора, м. б. изучены с помощью прибора Баушингера (фиг. 6). Испытуемый образец изготовляется в виде прямоугольного параллелепипеда с поперечным сечением 5 *см*² и длиной около 10 *см*. Измерения производятся с помощью микрометренного винта с точностью до $^1/_{200}$ *мм*.



Фиг. 6.

Водопроницаемость растворов м. б. изучена с помощью приборов Гетмайера, Амслера, Гари и др. Сущность всех этих приборов заключается в том, что пластинка достаточной толщины, изготовленная из испытуемого раствора, подвергается с одной стороны гидравлич. давлению. Просачивающаяся по другую сторону пластинки вода, отнесенная к единице площади и к единице времени, служит мерой водопроницаемости раствора. Испытание на морозоупорность производится аналогично такому же испытанию камней. Для определения скорости схватывания бетона применяют нормальный аппарат Вика (Vikat, фиг. 7), в котором время схватывания определяется по проникновению в бетон иглы 1 *мм*² поперечного сечения под давлением груза в 300 *г*. Для определения степени пластичности бетона, весьма важной для установления возможных методов укладки бетона, применяют способы расплывания: о степени пластичности судят по расплыванию усеченного конуса определенных размеров из бетона, помещенного на встряхиваемый с определенной силой стол.



Фиг. 7.

Перечень общих контрольно-измерительных приборов, намеченных к производству на заводах СССР. 1) Тягомер типа Крелля, 2) тягомер колокольного типа, 3) тягомер с мембраной, 4) тягомер, работающий по принципу кольцевых весов, 5) вакуумметр ртутный, работающий по принципу кольцевых весов. Для измерения расхода пара, газа и воды: 1) паромеры специального назначения, 2) паромеры, работающие по принципу кольцевых весов, 3) газомер, работающий по принципу кольцевых весов, 4) водомер типа Кенеди или иные объемные, 5) водомеры скоростные типа

Вольтмана, 6) трубка Прандтля (взята как наиболее удобная для технич. измерений и могущая быть изготовленной для различных целей промышленности), 7) микроманометр, 8) дифференциальный манометр, 9) анемометр, 10) поплавковые приборы для измерения при малых колебаниях расхода пара. Для измерения $t°$: 1) термометры, 2) пирометры ртутно-стальные, термоэлектрические, термометры сопротивления, оптические и радиационные пирометры. Для исследования работы машин: индикаторы, тахометры, тахографы, счетчики оборотов. Газоанализаторы: ручные, автоматические, работающие на химических и физических принципах, автоматические электрические.

Лит.: Велихов П., Механич. свойства строительных материалов, вып. 3, Цементные растворы, М., 1904; Дементьев К., Технология строительных материалов, Киев, 1912; Эвальд В., Строительные материалы, Л., 1928; Федорович О., Каменные работы, М., 1923; Сборник технич. условий НКПС, Москва, 1926; Хвольсон О., Курс физики, том 1, Берлин, 1923; Кольрауш Ф., Руководство к практич. занятиям по физике, пер. с нем., Одесса, 1924; Яицкий А., Курс практич. работ, ч. 1, Киев, 1912; Грамберг А., Технич. измерения при испытании машин и контроле их в производстве, ч. 1, вып. 7, М., 1926—27; Мондье А., Технич. физика, М., 1930; Доброхотов А., Весы, 2 изд., М.—Л., 1926; Гузевич Д., Как измерять изделия при обраб. на станках, М., 1925; Hütte, Справочная книга для инженеров, т. 1, М.—Л., 1931; Справочник металлиста, т. 1, М., 1931; Длугач П., Общезавод. лаборатория, т. 1, М., 1931; Адамович Н., Введение в метрологию и измерение длины, М.—Л., 1927; Кац А., Спутник слесаря, М., 1931; Богуславская Л., Работы весовой лабор., М., 1927; Прейпич И., Измерение времени Л. 1927; Мюллер В., Новые виды поверок, Л., 1927; Маликов М., Гл. Палата за 10 лет, Л., 1927; Комиссаров Р., Великанов Б., Катетометр Хилла, 2 изд., М.—Л., 1927; Тиходеев П., Фотометрич. лаб., Л., 1927; Гармсен и Ясенов, Что должен знать раб. металлист по измерениям, М., 1930; Файнглуз П., Технич. нормир., М., 1927; Комиссаров Р., Состояние ситового дела, Л., 1928; Залуцкий Л., Речь в Ленин. сов. Л., 1928; его же, Эталоны световые, Л., 1927; Правила определения температуры, Л., 1925; Бриткин А., Выверка валов трансмис., «Сист. и организация», М., 1925 *4*; Сухарев И., Контроль маш. установок, там же, 1925 *4*; Лахтин А., Конструкции измер. приб. в СССР, «Журн. точн. индустр.», М., 1931, *5—6*; Дружинин С., Испытание машин, «Труды конф. работ. повер. дела», Л., 1931, *4—6*; Сидоров И., Лукин Л., Работы по манометру, там же, Л., 1931; Власов А., Рационал. измерения, там же, Л., 1931; его же, Рацион. измерения, «Стандарт», М., 1931, *6*; Власова Е., О стандарт. аналит., там же, 1931, *7*; Зубрилин П., Лаборат. калибров ВИМС'а, «Поверочное дело», Л., 1927, *2/13*; Несговоров Д., Станд. бум. промышл., там же, Л., 1931, *4—6*; Остроумов Д., Калиберн. хоз. завод лаб., там же, 1931; Бажин А., Измерит. инструменты и приборы, там же, 1924; Семенов А., Образцовый метровый компаратор, там же, 1927, *8*; Правила для испытания таксомоторов, там же, Л., 1916, *1*; Америк. Бюро Станд., там же, Л., 1927, *12*; Правила световых измерений, там же, Л., 1925, *4*; Правила о погрешностях, там же, Ленинград, 1927, *8*; Wawrziniok O., Handb. d. Materialpr fungswesens f. Maschinen- u. Bauingenieure, 2 Auflage, Berlin, 1923; Bach C. u. Baumann R., Elastizität u. Festigkeit, 9 Auflage, Berlin, 924; Graf O., Der Aufbau d. Mörtels u. d. Betons, Berlin, 1927; Hütte, Taschenbuch d. Stoffkunde, Berlin, 926.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ И НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ ИНСТИТУТЫ. Технич. испытания по своему характеру м. б. разделены на две большие группы, между к-рыми несмотря на ряд общих моментов существует известное различие как по целям и задачам, так и по методам проведения: 1) на производственно-технич. испытания и 2) на научные исследования. Само собою разумеется, что обе эти группы технич. испытаний по своей целеустремленности в конечном итоге составляют одно единое целое, задачей к-рого являются рационализация и улучшение производства. Технич. испытания нередко имеют более узкую задачу контрольного порядка—установление соответствия готовой продукции, сырья или полуфабриката, а также и орудий производства, требуемым качественным нормам. В зависимости от задач, стоящих перед технич. испытаниями, видоизменяется метод проведения их. Методы и организация технич. испытаний находятся в полной зависимости от уровня производительных сил и социально-экономич. уклада общества. На заре промышленного капитализма технич. испытания по сути дела—явления чисто случайные, организационно не оформленные и в большинстве случаев проводятся лишь по инициативе отдельных предпринимателей или ученых, причем нельзя не отметить, что в эпоху раннего промышленного капитализма вследствие отсутствия достаточно тесной связи между научной деятельностью и пром-стью технич. испытания или проводятся без научного руководства (когда их применяет индивидуальный предприниматель с целью контроля своей производственной деятельности) или же без учета конкретных потребностей производства (когда они являются объектами научных изысканий отдельных ученых). Последние виды научных исследований являются преобладающими до возникновения крупной машинной индустрии и, хотя они и не были органически связаны с производственным процессом, все же в конечном итоге оказали значительное влияние на развитие производительных сил. Дальнейшее развитие капиталистич. производства выдвигает ряд требований к рационализации производства, особенно в связи с обострением конкурентной борьбы между отдельными капиталистич. предпринимателями, с одной стороны, и тем более благодаря развитию международных торговых и производственных связей, когда к внутренней конкуренции отдельных капиталистов присоединяется второй мощный экономич. фактор: конкуренция на международном рынке. Бешеная борьба за овладение рынком, сопровождающая развитие капиталистич. производственных отношений, периодич. кризисы настоятельно требуют от каждого капиталистич. производителя постоянного улучшения производства, т. к. в противном случае он будет уничтожен своими конкурентами. «Кроме того развитие капиталистического производства создает необходимость постоянного возрастания капитала, вложенного в данное промышленное предприятие, а конкуренция навязывает каждому индивидуальному капиталисту имманентные законы капиталистического способа производства, как внешние принудительные законы. Она не позволяет ему сохранить свой капитал, если он постоянно не увеличивает его, но увеличивать его он может лишь посредством прогрессирующего накопления» (Маркс, Капитал, т. I, стр. 467).

Концентрация, а особенно централизация капитала имеют своим последствием возникновение крупного капиталистич. предприятия, пользующегося развитой машинной индустрией, и это создает необходимую базу для технич. испытаний, с одной стороны, а, с другой,—требует все более активного участия и воздействия науки на организацию процессов производства. «Рост размеров промышленных предприятий повсюду служит исходным пунктом для более широкой организации совместного труда многих, для более широкого развития его материальных движущих сил, т. е. для прогрессивного превращения разрозненных и рутинных процессов производства в общественно-комбинированные и научно направляемые процессы производства» (Капитал, т. I, стр. 499).

Т. о. процесс централизации капитала создает материальные условия для применения научных способов организации производства, с другой стороны, расширение сферы деятельности капиталистич. производства предъявляет ряд требований к применению научно-обоснованных методов организации и ведения предприятия. Технич. испытания и научные исследования перестают быть делом отдельных индивидуумов, они все более приобретают массовый характер, подчиняются интересам пром-сти и в конечном итоге и организационно оформляются. Главными организационными формами технич. испытаний и научных (технических) исследований являются лаборатории.

Развитие лабораторий, тесно связанное по сути дела с развитием капиталистич. способа производства, организационно не всегда (особенно на первом этапе) вскрывает эту неоспоримую связь между производством и научной деятельностью, а, наоборот, завуалируя ее, буржуазия создает ложную видимость независимости науки (в том числе и лабораторной работы) от экономики и уровня производительных сил. Проповедуя идею «чистой науки», она не только использует достижения науки, но направляет, определяет пути развития и втискивает ее в рамки капиталистических интересов, всецело подчиняя себе как самые организации, так и работников лабораторий и научных учреждений.

Однако это не исключало и не исключает того, что капиталистич. способ производства как прогрессивный способ производства на известной ступени своего развития был основной движущей силой роста технич. испытаний и научных исследований. Наоборот, как выше уже отмечено, капитализм при возникновении крупных технически вооруженных предприятий создал необходимые условия для организационного оформления и укрепления технич. испытаний, он впервые установил тесную связь между научной деятельностью и производством.

Особенно важным фактором единой (уже и организационно) целеустремленности технич. испытаний и производства было создание при крупных промышленных предприятиях т. н. заводских лабораторий. Основной задачей этих лабораторий является обслуживание данного предприятия. Конкурентная борьба определяет и размеры применения результатов работы этих заводских лабораторий, поскольку не только окончательные результаты, но даже круг вопросов, их целеустремленность являются сугубо секретными и используются лишь для целей данного предприятия, обеспечивая т. о. для его владельцев получение сверхприбыли. Лаборатория общего характера при высших учебных заведениях и специальные обычно государственные научно-исследовательские ин-ты соответственно занимаются проблемами более общего порядка и целеустремленность их работы не всегда выражает с достаточной очевидностью их производственный характер, хотя в конечном итоге результаты их работы д. б. реализованы в пром-сти. Деятельность этих лабораторий и научных учреждений отличается от работы заводских лабораторий как по своему методу, так и по научной углубленности; все же их работа всецело находится в зависимости и подчинении капиталистич. экономике.

Особое положение создается для технич. испытаний и научных исследований в эпоху империализма и монополистич. капитализма. Одной из отличительных черт монополистич. капитала является концентрация производства, которая приобретает огромные размеры, сосредоточивая громадные материальные богатства в руках горсточки крупных магнатов капитала. В эпоху империализма немыслимо капиталистич. предприятие с устарелой техникой, без достаточной внутрипроизводственной организации, и это обстоятельство создает предпосылки для развития технич. испытаний и научных исследований. «Получается гигантский процесс обобществления производства. В частности обобществляется и процесс технических изобретений и усовершенствований» (Ленин, т. XIX, стр. 89). Размах развития производительных сил, переход к массовому производству предметов потребления и средств производства должны по-видимому содействовать и развитию техники и научной организованности производства. Но противоречивость, свойственная монополистич. капитализму, его загнивающий характер являются тем фактором, к-рый в свою очередь тормозит развитие науки и техники этой эпохи. «Поскольку устанавливаются, хотя бы на время, монопольные цены, постольку исчезают до известной степени побудительные причины к техническому, а следовательно и ко всякому другому прогрессу, движению вперед; постольку является далее экономическая возможность искусственно задерживать технический прогресс» (Ленин, т. XIX, стр. 151). Было бы конечно ошибочно думать, что т. о. в эпоху империализма мы не наблюдаем вовсе никакого технич. прогресса. Отмечая загнивающий характер монополистич. капитала, Ленин особо подчеркивает, что монополия не может устранить на более длительный срок конкуренцию, а, наоборот, конкуренция в эпоху империализма модифицируется и выступает уже не как конкуренция между индивидуальными капиталистами, а как бешеная борьба за рынки крупных капиталистич. объединений и империалистич. государств буржуазии. Это в конечном итоге и является определяющим и для путей развития научно-исследовательской мысли эпохи империализма. В соответствии с этим мы наблюдаем в развитии технич. исследований значительные периоды застоя, с одной стороны, а также и периоды подъема. В периоды застоя исследовательская работа в отдельных отраслях пром-сти продолжалась—хотя и в урезанном виде, — обеспечивая т. о. непрерывность технического прогресса. Особое место занимают технич. испытания и научные исследования в области военной техники, которые благодаря непрекращающимся вооружениям испытывают периоды застоя в меньшей степени, чем другие отрасли, вернее вовсе не испытывают. Всеобщий кризис капитализма и гл. обр. последний мировой экономич. кризис обусловливали небывалую регрессию в области технич. исследований и научно-исследовательской деятельности во всех капиталистич. странах. Резкое сокращение производства вызвало снижение ассигнований как государством, так и отдельными капиталистич. объединениями на научную работу, и целый ряд крупнейших научно-исследовательских учреждений прекратил свою деятельность полностью, а те, к-рые в настоящее время еще работают,—лишь с незначительной нагрузкой. Это положение вполне соответствует подхваченной за последнее время тенденции буржуазии к возврату к старым формам и организации производства. Это обстоятельство еще

резче подчеркнуло полную зависимость научно-исследовательской мысли от капиталистических общественных отношений.

Технические испытания и научно-исследовательская работа в СССР. Научно-технич. деятельность в царской России еще в большей степени отстала от передовых капиталистич. стран, чем сама промышленность. Это было, с одной стороны, логич. последствием политики иностранных капиталистов, для к-рых Россия по сути дела была лишь выгодной колонией, с другой стороны, буржуазно-феодальная система царского правительства мало интересовалась развитием техники у себя, полагаясь почти полностью на иностранную технич. помощь, поскольку это было ей выгодно. Этим объясняется, что после Октябрьской революции мы не имели достаточной научной базы, и даже та база, к-рая существовала (Академия наук, институты и лаборатории при высших учебных заведениях и др.), в основном находилась в руках старой буржуазной интеллигенции, в своем большинстве несомненно состоявшей из враждебных в этот период пролетарской революции элементов. Гражданская война вдобавок к этому разрушила или парализовала и те немногочисленные научные учреждения, к-рые существовали в России до революции. С окончанием гражданской войны и переходом к новой экономич. политике создаются первые предпосылки развертывания научных исследований, и как первое проявление научной деятельности в области хозяйственного строительства пролетариата надо отметить составление плана ГОЭЛРО и организацию научно-технич. отдела при Высшем совете народного х-ва. Здесь впервые мы наблюдаем с момента Октябрьской революции участие науки в разрешении основных задач по восстановлению народного х-ва страны. Развитие научно-технич. исследовательской деятельности приобретает у нас огромный размах в эпоху реконструктивного периода, когда задачи построения социалистич. экономики выдвигают ряд крупнейших проблем перед нашими научными учреждениями. Разрешение этих задач было тесно связано с перестройкой всей системы технич. испытаний и требовало в первую очередь решить огромную воспитательную задачу среди основных научно-технич. кадров и создать свою техническую интеллигенцию из преданных делу революции людей.

Успехи первого пятилетнего плана народного х-ва создали необходимую базу и для широкого развертывания научно-технич. исследований, а также благодаря этим успехам произошел тот необходимый перелом в психологии научно-технич. интеллигенции, без которого немыслимо было бы так широко поставить достижения науки на службу социалистич. строительства.

Социалистич. х-во предъявляет к научно-технич. исследованиям ряд требований, принципиально отличных от старой практики, и само собою понятно, что и по организационным формам социалистич. научные учреждения должны были претерпевать ряд изменений. Приближение научно-технич. исследований к нуждам пром-сти, конкретное участие науки в управлении промышленностью возможно было лишь путем создания целого ряда новых научно-исследовательских ин-тов, что и было осуществлено в годы первой пятилетки. За один 1931 год число научно-технич. исследовательских ин-тов и их филиалов возросло с 141 до 205 единиц, а за всю первую пятилетку было создано новых 400 научных учреждений.

Одновременно с численным ростом научно-исследовательских учреждений за этот же период наметилось коренное организационное изменение характера наших научно-технич. институтов. Создание ряда крупных отраслевых научно-исследовательских ин-тов обусловливало возможность разделения труда, конкретизации научно-исследовательской работы и тем самым значительное повышение эффективности ее.

Первые годы первой пятилетки создали условия для того, чтобы XVII Всесоюзная конференция ВКП(б) в феврале 1933 г. могла констатировать «1931 год был также решающим годом в деле поворота всей сети научно-исследовательских учреждений (от Академии наук СССР до отраслевых институтов) в сторону обслуживания нужд социалистического строительства и тесной увязки ее с пром-стью... При этом следует отметить наличие ряда крупнейших научно-технических достижений, реализованных в процессе технической реконструкции (ферро-сплавы, специальные стали, легкие металлы, авиация, пластические массы, новые стройматериалы, комбинированные сельскохозяйственные машины, новые виды сырья и ряд усовершенствований в технических процессах)» (Резолюция XVII Партконференции).

Методы технич. испытаний и научно-технич. исследований в Союзе ССР значительно отличаются от капиталистич. методов их проведения. Эти отличия в основном можно охарактеризовать в следующем: 1) методологич. единство руководства научными исследованиями путем укрепления диалектич. материализма во всех отраслях науки; 2) плановость проведения научно-исследовательских работ и установление теснейшей связи между отдельными научными учреждениями; 3) организационная связь между научно-исследовательскими учреждениями и пром-стью; 4) отсутствие цеховой ограниченности и замкнутости в работе наших научных изысканий; 5) сочетание развития индивидуальной инициативы с коллективным методом работы. Особо знаменательным явлением нашей социалистич. научно-технич. деятельности является участие широких трудящихся масс в проведении тех или других технич. усовершенствований или открытий, что в значительной степени ускоряет и облегчает реализацию научных достижений. Осуществление задачи догнать и перегнать в технич. отношении передовые капиталистич. страны можно было выполнить лишь путем развертывания технич. пропаганды среди трудящихся, являющейся одним из важнейших факторов технич. прогресса.

Одной из важнейших задач развертывания научно-исследовательской работы и технич. испытаний является освоение передовой техники капиталистич. стран. Изучение, критич. освоение и практич. внедрение достижений заграничных научно-технич. изысканий по сути дела являются необходимым условием дальнейшего роста советской социалистич. техники. Для осуществления этого требуется ряд организационных мероприятий, из к-рых необходимо особо выделить 1) связь с иностранными научно-технич. ин-тами, 2) организацию обработки и переводов иностранной литературы, 3) науч. командировки за границу, 4) использование иностранных специалистов и 5) участие в международных научных конференциях и съездах.

Несмотря на огромное значение изучения иностранной техники необходимо еще раз подчеркнуть, что оно даст максимальный эффект лишь в том случае, если достижения иностранной техники применяются путем максимальн. приспособления их к социалистич. экономике.

Последний период социалистич. строительства дал ряд блестящих результатов такого критич. освоения иностранной техники и одновременно показал огромное преимущество социалистич. системы над капиталистическими в области технических испытаний и научных исследований.

Организационная связь между научно-техническими исследовательскими учреждениями и пром-стью осуществлялась и осуществляется различными путями. Для разрешения наиболее важных теоретич. проблем и для методологич. руководства всей сетью отраслевых институтов и заводских лабораторий у нас созданы головные ин-ты по основным научным дисциплинам—физике, физикохимии, оптике, аэродинамике и т. д. Задачей головных ин-тов является разработка крупнейших теоретич. проблем как выдвинутых пром-стью, так и поставленных самим ходом развития науки и техники. Работая в тесной связи с такими учреждениями, как Академия наук, Комакадемия и др., они вместе с ними разрешают и крупнейшие общетеоретич. проблемы. Одной из главных задач головных ин-тов является теоретич. разработка главнейших производственных процессов и создание т. о. прочной научной базы для отраслевых ин-тов и заводских лабораторий.

Социалистич. строительство идет по линии создания гигантских предприятий: фабрик, заводов, электроцентралей и т. д., построенных и организованных по последнему слову науки. Важнейшим цехом такого предприятия является заводская лаборатория, которая становится центром освоения новой техники, внедрения в производство достижений научно-исследовательских учреждений, рационализации процессов и улучшения качества продукции.

Отраслевые ин-ты являются центрами научно-исследовательской деятельности данной и смежных отраслей пром-сти. Работая кооперированно со всей сетью фабрично-заводских лабораторий данной отрасли пром-сти, отраслевые ин-ты становятся основными научными консультантами этой отрасли пром-сти, включаются непосредственно в работу предприятий и оказывают им необходимую технич. помощь.

Планирование научно-исследовательской работы и увязка этого планирования с планами народного х-ва являются крупнейшим достижением советской научно-технич. мысли. Началом действительного планирования научной работы мы должны считать Первую всесоюзную конференцию по планированию научно-исследовательской работы, состоявшуюся в 1931 г. в Москве и разработавшую основные методологич. и методич. принципы планирования научной работы. Планирование научно-исследовательской работы приобретает особенно большое значение в связи с тем, что конкретные задачи пром-сти по социалистич. строительству со всей остротой поставили проблему разделения труда и в области научно-технических исследований. Совокупность задач по координации работ отдельных отраслевых институтов и развитие планового хозяйства были основными факторами, вызвавшими необходимость планирования научно-технических исследований.

Плановость научно-исследовательской работы способствует огромному росту эффективности научно-исследовательского труда, его оживлению, теснейшей связи с заводами, совхозами и колхозами, связи с миллионами работающих пролетариев и колхозников, с живой практикой труда. При этих условиях, вопреки всем классовым врагам пролетариата, будет осуществляться тот великий союз науки и труда, о к-ром мечтали самые светлые и благородные умы человечества. Этот союз науки и труда поможет действительному овладению техникой со стороны масс, повысит технич. культуру страны, сократит муки родов коммунистич. общества и поможет осуществить в быстрейшие сроки лозунг партии и правительства: догнать и перегнать капиталистические страны.

Имеющиеся успехи по планированию научно-исследовательской работы показывают огромное преимущество социалистич. метода научной работы над капиталистич. методом, но вместе с тем необходимо отметить, что работа в этой области лишь начинает развертываться и перед научно-технич. исследовательскими ин-тами ставятся огромные задачи по преодолению трудностей плановой работы.

Обмен научным опытом в области технич. испытаний и изысканий является значительным фактором в нашей научной деятельности. Организация обмена опытом и руководством обеспечивается путем создания специальных научно-исследовательских секторов (НИС) при наркоматах, которые (НИС) должны координировать планы и результаты работы отдельных, входящих в состав наркомата, научных учреждений. Обмен опытом в наших советских условиях не может ограничиваться лишь академич. мероприятиями, как это практикуется в большинстве научных учреждений капиталистич. стран (обмен изданиями и др.), а требует практической увязки при составлении планов, сообщения результатов исследований и их совместного обсуждения. Эти функции осуществляются в основном научно-исследовательскими секторами и научно-технич. советами.

Реализация результатов научно-технических исследований и технических испытаний в пром-сти является наиболее сложной и важной задачей, разрешение к-рой зависит от совокупности целого ряда факторов. Основным обусловливающим быстрейшую и полную реализацию разработанных проблем фактором является включение в план работы научного учреждения актуальных проблем, причем актуальность должна определяться не только на основе требований пром-сти, но и по научной ценности данной проблемы. Все же при реализации результатов технич. испытаний несомненно ведущим моментом является утилитарное значение данной работы. Кроме этого основного фактора имеется и ряд других факторов, из к-рых наиболее важное значение имеют: 1) отношение хозяйственников к научной постановке производства и 2) подтверждение результатов лабораторных опытов в заводском масштабе.

Со стороны некоторой части руководителей производством до недавнего прошлого мы наблюдали не только непонимание значения научных исследований, но и пренебрежительное отношение к достижениям науки, попытки работать «по старинке» так, как работала пром-сть несколько десятков лет назад. Такое отношение могло иметь место лишь потому, что работники

лабораторий и научно-технич. исследовательских ин-тов, сами не будучи связаны в достаточной мере с производством, не могли убедить людей, не всегда достаточно культурных, в целесообразности проведения того или другого мероприятия научного характера. Общие принципы нашей политики и конкретные указания ЦК ВКП(б) по вопросам научно-исследовательской работы создали коренной перелом в этом отношении, и хотя консерватизм части хозяйственников у нас еще далеко не изжит полностью, все же в настоящее время активного сопротивления проведению результатов технич. исследований мы не встречаем, а крупнейшие предприятия Советского Союза, организовав у себя лаборатории, в своей работе широко используют достижения научно-технич. мысли. Значительно сложнее проблема производственной проверки лабораторных испытаний. Разрыв, существующий между условиями в лабораториях и на производстве, создает известную трудность в доказательстве целесообразности того или иного мероприятия, а проведение заводского испытания лабораторных результатов не всегда увенчивается успехом из-за чисто организационных причин. Поэтому при проведении заводских испытаний необходимо обеспечить не только научное руководство испытанием, но и организационные стороны этого дела, поскольку они могут иметь решающее значение в судьбе научных проблем.

Материальная база научно-технических исследований определяется уровнем техники той отрасли пром-сти, к-рая обслуживается данным научно-исследовательским учреждением. Материальная база состоит из самих лабораторий и оборудований этих лабораторий, а также из тех финансовых и сырьевых ресурсов, к-рыми располагает данное учреждение. Значение материальной базы в проведении технич. испытаний и научных исследований огромное. Технич. вооруженность и возможность использования приборов высокого качества и точности—основные условия успешной научной работы лаборатории. Немаловажное значение имеет для работы лаборатории помещение, в к-ром проводятся технич. испытания. Помещение в смысле света, атмосферных условий, подверженности внешнему влиянию и т. д. должно быть тщательно обследовано, в противном случае непригодность помещения может парализовать всю научную работу учреждения. Планово-финансовая дисциплина и ассигнование на конкретные исследования обеспечивают максимальную четкость в работе и точность выполнения намеченных сроков. Эти вопросы научной работы тесно связаны как с самой организацией всей деятельности научного учреждения, так и с наиболее важным условием успешного выполнения задач, стоящих перед нашими научными учреждениями,—с проблемами подготовления новых научных кадров.

Исполнитель технического испытания, конкретное лицо (или коллектив работников), проводящее самостоятельно или под руководством то или иное задание, обычно является науч. работником—специалистом высокой квалификации; лишь проведение несложных технич. опытов поручается лаборантам—специалистам средней квалификации. Кадры научных работников имеют первостепенное значение для успешного выполнения технич. испытаний или научно-технич. исследований. Кроме владения знаниями, обычными для специалиста данной отрасли, научный работник должен иметь ряд специфич. способностей, из которых наибольшее значение принадлежит умению абстрактно-аналитически усвоить и конкретно применить проработанный материал. Общетеоретическая подготовка, знание конкретных условий промышленности в сочетании с индивидуальной инициативой и аналитическим мышлением являются необходимыми условиями для успешного выполнения научной работы, к-рая независимо от утилитарного или чисто теоретич. характера в конечном итоге должна опереться на последние достижения научно-технической мысли и, одновременно двигая ее вперед, оказать необходимую техническую помощь производству.

Обеспечение кадрами научно-исследовательских учреждений и повышение квалификации в данное время приобретают огромное значение в связи с тем, что создание научно-исследовательской базы в целом ряде отраслей промышленности, где до этого никакого опыта научной работы не было, повышенное требование, предъявляемое социалистич. пром-стью к технич. испытаниям, и отсев нек-рой части старой технич. интеллигенции создали несомненный разрыв между потребностью и наличием кадров. По организации подготовки новых научных кадров мы имеем за последнее время значительные количественные достижения; достижения качественного порядка тоже несомненны, но все же основные достижения эти социального порядка, в смысле же квалификации подготовка среднего звена научных работников значительно отстает от тех требований, к-рые предъявляет социалистическое хозяйство к научным работникам.

Способы обеспечения высокой квалификации научных работников чрезвычайно разнообразны и многогранны, но основными факторами являются: 1) улучшение постановки учебы в высших учебных заведениях как преддверие научной работы; 2) тщательный отбор научной аспирантуры и организация и подготовка ее на высоко научном уровне и 3) установление норм, необходимых для получения звания научного работника. Правительством Союза ССР для обеспечения высокой квалификации научных работников и специалистов были вынесены специальные постановления в 1932 г. о высшей школе и в 1934 г. об ученых степенях и званиях. Кроме этих общеизвестных постановлений другие мероприятия, напр. научные командировки, льготы, жилищные условия, дополнительные научные отпуска, декретированы правительством, что создает возможность в значительной степени улучшить качественный состав наших научных работников как в смысле их квалификации, так и по их социальному составу.

Осуществление указания т. Сталина о ликвидации обезлички и уравниловки имеет огромное значение и в проведении технич. испытаний и научно-технич. исследований. Только это может обеспечить успешное выполнение стоящих перед научной мыслью задач, охарактеризованных т. Молотовым на XVII Партконференции сл. обр.: «Мне остается лишь подчеркнуть задачи наших научных учреждений в связи с основными проблемами второй пятилетки. От Академии наук в Ленинграде и Коммунистической академии в Москве, от Научно-исследовательских институтов и втузов, а также от издательств и технических журналов мы вправе требовать для осуществления ставшей перед

страной великой задачи технической реконструкции народного хозяйства выполнения одного общего задания: техника и наука—на службу второй пятилетки».

«Должна конечно всемерно развиваться и чисто теоретическая работа в научной и технической области. Но не может быть сомнения в том, что действительное сближение работы наших научных и технических деятелей с практикой социалистического строительства поможет делу развития науки в СССР, будет толкать вперед и ее развитие» (Молотов, Доклад о директивах к составлению второго пятилетнего плана народного х-ва СССР).

Выполнение этих указаний связано с рядом конкретных организационных мероприятий по каждой отрасли народного х-ва.

Об организации технических испытаний по отдельным отраслям техники ниже даются краткие основные сведения и обширная библиография вопроса.

Лит.: Материалы Первой всесоюзной конференции по планированию научно-исследовательской работы, М.—Л., 1913 (доклады тт. Бухарина, Кржижановского, Иоффе, Фрумкина и др.); Бухарин Н., Этюды, М.—Л., 1932; Бухарин Н., Борьба двух миров и задачи науки, М., 1931; Луппол И., Наука и реконструкционный период, М., 1931; Струмилин С., Наука и производительность труда, М., 1931; Бах А., Дальнейшие пути развития научно-исследовательской работы, «Фронт науки и техники», М., 1933, *6*; Бухарин Н., Основные итоги и задачи научно-исследовательской работы, «Техника», М., 1932, *120*; Петров, Об организации научно-исследовательской работы в СССР, «Наука и искусство», М., 1926, *1*; Тихомиров, За качество подготовки, «Фронт науки и техники», М., 1932, *3*; Гринберг, Хозрасчет в научно-исследовательских учреждениях, там же, *4—5*; Сборник «Научно-исслед. сект р соц. реконструкции и научно-исследовательской работы», М., 1930; Директивы по составлению плана научно-исследовательской работы на второе пятилетие НКТП, М., 1932; Научно-исследов. ин-ты и лаборатории гос. предприятий, М., 1932; Планирование и операт. учет в научно-исслед. ин-тах пром-сти НКТП, М., 1932; Основные положения хозрасчета в научно-исследовательских учреждениях промышленности, М., 1931; Наука во вторую пятилетку, «Вестник Комакадемии», М., 1932, *7—8*; Изменение порядка финансирования и научно-исследовательские работы, Сборник постановлений и приказов, 1932, *2*; Хозрасчет в научных учреждениях, «Вестник Академии Наук», Л., 1932, *1*. **А. Фоньо.**

Технические испытания топлива производятся в том или ином масштабе в зависимости от целевого назначения (топливо для энергетического использования или технологического—как сырье, для химич. пром-сти) и задачи испытания: для чисто практических или научно-исследовательских целей. При приемке напр. угля для сжигания в пром-сти, на транспорте по последним техническим условиям Госплана (1929 г.) производятся следующие испытания: на мелочность, механич. опробование и определение балласта в виде влаги, золы, серы, выхода летучих веществ и кокса с качественной характеристикой последнего, наконец теплотворной способности (высшей, по бомбе). В характеристиках энергетич. топлив по схеме, принятой Всесоюзным теплотехнич. ин-том, приводятся в дополнение к вышеперечисленным данным технич. анализа еще: элементарный состав, низшая теплотворная способность, % разновидностей серы, $t°_{пл}$ золы (три стадии). Ассоциацией по химии топлива, затем Совещанием химиков и геологов в 1929 г., особенно при разработке новых пластов и месторождений, признано необходимым добавить: пробу на полукоксование по Фишеру с указанием % выходов первичных смолы и газа и краткой характеристикой их, установление % гуминовых кислот, битумов и анализ золы. В 1933 г. Ассоциация по топливу (секция по химии топлива) признала желательным более детальное изучение пластовых проб, введя: а) геологич. описание залегания пласта с характеристикой пород, б) технич. и элементарный анализы, в) количественную характеристику спекаемости, г) определение битумов, д) проведение пластометрич. проб, е) полукоксование с исследованием продуктов, ж) изучение макро- и микроструктуры, з) изучение изменяемости. Для топлив специального назначения, напр. кокса, производится (по Зиммерсбаху): а) технич. и элементарный анализ и определение разновидностей серы (сульфидной), фосфора, мышьяка, анализ золы, б) определение уд. веса, пористости, прочности на сброс, истирания, в) определение $t°$ воспламенения и реакционной способности. Единого труда, посвященного полному обзору всех методов испытаний твердого, жидкого и газообразного топлив, в настоящее время к сожалению не имеется. Литература, довольно скудная, сосредоточена гл. образом в трудах ин-тов, конференций, съездов, в перечисленных ниже книгах и отчасти в журналах.

Контрольные анализы топлива ведутся в промышленных предприятиях обычно в химич. лабораториях, реже в специальных топливных; на транспорте—в многочисленных ж.-д. лабораториях. Для контроля качества угля имеется специальная лаборатория в Донецком бассейне. Более сложные исследования—получение данных для маркировки и классификации, проведение испытаний на опытных установках—сосредоточены гл. обр. в индустриальных научно-исследовательских ин-тах. К февралю 1933 г. имелись: 1) Всесоюзный ин-т химии твердого топлива (Москва), 2) Всесоюзный теплотехнич. ин-т в Москве им. Феликса Дзержинского (ВТИ) с филиалом в Свердловске, 3) Теплотехнический ин-т в Ленинграде, 4) Всесоюзный научно-исследовательский ин-т по торфу (Инсторф) в Москве с филиалом в Ленинграде, 5) Ин-т материалов НКПС в Москве с филиалом в Харькове, 6) Нефтяной ин-т в Москве с филиалами в Грозном и Баку, 7) Горный ин-т, Ин-т стали в Москве, 8) Центральная научно-исследовательская лаборатория Мосхимэнергостроя в Туле, 9) Научный автотракторный ин-т в Москве, 10) Ин-т прикладной химии в Ленинграде, 11) Ин-т высоких давлений в Ленинграде, 12) Сланцевый ин-т в Ленинграде, 13) Центральная лаборатория Союзгаз в Ленинграде, 14) Центральный научный ин-т Геолого-разведочного управления с петрографич. лабораторией Ю. А. Жемчужникова в Ленинграде, 15) Угольный ин-т в Харькове, 16) Украинский углехимический ин-т, 17) Украинский ин-т прикладной химии (Харьков), 18) Углекоксовый институт в Днепропетровске, 19) Уральский углехимический ин-т в Свердловске, 20) Сибирский комбинат научно-исследовательских ин-тов и опытных установок (Новосибирск). Кроме того ведутся исследования в ряде лабораторий вузов, втузов (в Москве, Ленинграде, Киеве, Томске, Владивостоке и т. д.) и некоторых лабораториях Академии наук.

Лит.: Лясс М. и Чесноков В., Библиографич. указатель по энергетике (теплотехника) 1917—1928 гг., М., 1929; Лясс М., Библиографич. указатель по энергетике (теплотехника) с 1/IX 1928 по 1/IX 1932 г., М.—Л., 1933; Стадников Г., Анализ и исследование углей, Харьков, 1932 (В сжатом виде на 132 стр. описаны краткие методы отбора проб, технич. анализ, подробнее—специальные технич. анализы, методы определения различных составных частей углеобразователей и углей исследование составных частей углей, отдельно исследо-

вание первичн. дегтя и газа. Без литературы); Крым В., Ископаемое топливо Донецкого бассейна, его свойства, сдача и приемка, 2 изд., Харьков, 1929 (Едва ли не самое распространенное издание по данному вопросу); Штрахе-Лант, Химия угля, пер. с нем., Харьков, 1931 (Подлинника заменить не может. Перечень литературы); Стадников Г., Химия угля, 2 изд., М.—Л., 1932 (Происхождение, классификация. Вода, сухое вещество, битумы, гуминовые вещества, продукты сухой перегонки углей, окисление); Вильямс В., Основные свойства топлива и способы их определения. Топливо твердое, жидкое и газообразное, М.—Л., 1924; Шахно А., Топливо, в книге Товароведение, под ред. П. Петрова и Ф. Церевитинова, т. 2, М.—Л., 1926 (Свойства, методика исследования, виды топлива. Нефть. Применение топлива для целей отопления и освещения. Значение топлива. Литература); Шахно А., Методика исследования топлива, Исследование топлива для энергетич. целей, «Труды 2 Энергетич. конференции текстильной пром-сти», М., 1927, вып. 4; Глуд В., Шнейдер Г., Винтер Г., Производство кокса, т. 1—2, пер. с нем., Харьков, 1930—1931 (Полезные указания по методам испытаний); Келлер К., Руководство к исследованию продуктов коксования каменных углей, Л., 1930 (Анализ угля, кокса, газа, аммиачной воды, смолы и дистиллатов); Шахно А., Новые методы исследования топлива, «ЖХП», 1929, *9* и *22* (Объем и методика современных исследований); Стадников Г., Новые методы анализа углей, там же, 1925; Топливо, исследование, обработка, использование, сборник статей под ред. П. Рубина, Екатеринослав, 1925 (Приведена обширная литература и библиография); Шахно А., Швейцарская испытательная станция по топливу, «Вестн. прикл. химии и химич. технологии», М., 1916, *1* (Описание образцовой испыт. станции и методов исследования); его же, Испытательные станции по топливу в Германии и Швейцарии, «Труды 2 Всесоюзн. теплот. съезда», М., 1926, т. 1, вып. 2; Караваев Н., Испытательные станции в США и лаборатории по исследованию углей в Англии, там же; Николаи Н., Рационализация методов лабораторного испытания топлива, М.—Л., 1932; Strache H. u. Lant R., Die Kohlenchemie, Lpz., 1924; Erdmann E., Dolch M., Die Chemie d. Braunkohle, Halle a/S., 1927; Haslam R., Russel R., Fuel a. Their Combustion, N. Y., 1926; Hoskin A., A Study of Spontaneus Combustion in Storage Coal, «Experiment Station Indiana», 1928, Bull. 30; Parr S., The Analysis of Fuel, Gas, Water, N. Y., 1922; Simmersbach O. u. Scheider G., Grundlagen d. Koks-Chemie, 3 Aufl., B., 1930 (Вышел пер. в Харькове, 1933); Schwackhofer F., Die Kohlen Österreichs, Deutschlands, d. Czechoslowakei, Polens, Ungarns usw., 4 Aufl., W., 1922; Dolch M., Die Untersuchung d. Brennstoffe u. ihre rechnerische Auswertung, Halle a/S., 1932; Огромное количество интересных исследований помещено в «Трудах Мюльгеймского ин-та исследования угля», выпустившего с 1915 г. 10 томов; Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis d. Kohle, hrsg. v. F. Fischer, B. 1—10, B., 1915—32; «Brennstoff-Chemie», Essen; «Fuel»; «I. Eng. Chem.»; «Chim. et Ind.», P.; «Z. ang. Ch.»; «Glückauf», Essen; «Braunkohle», Halle a/S.; Holthaus C., Die Bestimmung d. Feuchtigkeit in Stein- u. Braunkohlen, «Arch. f. Eisenhüttenwesen», Düsseldorf, 1931, *3* (Критическое сравнительное изучение по 8 методам в 7 русских лабораториях по заранее составленному плану 4 образцов угля с диапазоном, % влаги 0,85—60. Одна из наиболее основательных работ по данному вопросу); «Glückauf Bull.», Amsterdam, 1926, *1*; Schuster F., Asche, Elementarzusammensetzung u. Heizwert d. Kohle, «Das Gas- u. Wasserfach», Mch., 1931, *27* (Литература вопроса); Bunte K., Reerink W., Schmelzvorgänge bei Brennstoffaschen, ibid., 1929, p. 832 (Кривые плавления золы. Аппарат—усовершенствованный прибор Бунте-Баума); Schuster F., «Glückauf», Essen, 1931, *49* (Прямое определение кислорода в углях 6 методами); Fieldner A. u. Selvig W., Coal Division, N. Y., 1930; Roth W., Neuere Ergebnisse thermochemischer Messmethoden, «Z. ang. Ch.», 1932, *50* (Пределы точности определений. Определение теплотворной способности бензойной стандартной кислоты дало в США, в Reichsanstalt и у Рота расхождение лишь на 0,017%); Strache H., Braude A., Die Karbonylzahl d. Kohlen u. ihre Beziehung zum Alter u. Verwitterungsgrad, «Brennstoff-Chemie», Essen, 1926, *22*; Kattwinkel, «Brennstoff-Chemie», Essen, 1930, *16* (Новый простой способ определения зоны размягчения каменных углей); «Кокс и Химия», Харьков, 1932, *2—3*; Davis J., «Eng. Chem.», 1931, *1* (Пластомер—новый аппарат для измерения пластич. свойств угля); Fuchs W., «Glückauf», Essen, 1931, *49*, p. 1462 (Новые способы исследования углей. Элементарный анализ в обычной форме не дает как правило никаких научно-полезных результатов. Следует обеззоливать угли, перед исследованием обработать спирто-бензолом для бурых, пирином и хлороформом для каменных углей; определить гуминовые к-ты титрованием, далее гидроксильное число, карбонил двойных связей): Kreulen D. J., «Brennstoff-Chemie», Essen, 1928, p. 264 (Крепость и стираемость углей); Dolch M. u. Haschek, Brennstofftechnisches Praktikum, p. 50 — 53, Halle a/S., 1931 (Определение кажущегося уд. веса кокса); Roll F., «Brennstoff-Chemie», Essen, 1931, *1* (Твердость кокса); Schachno A., Raport J., ibid., 1929 (Полукоксование подмосковных углей); Burrows, Moore, Sinnat F. S., «Fuel», 1927, p. 209, 377—557 (Поведение твердых топлив при окислении); Koppers, Das Treiben d. Kohlen bei ihrer Verkokung, «Koppers Mitteil.», Essen, 1930, *1*; Stopes M., Wheeler R., Monograph of the Constitution of Coal, L., 1910 (Классич. работа по изучению разновидностей углей Митрена, Иссарена, Дюрена и Фюрена); Seyler Edwards, The Microscop, Examination of Coal, «Fuel Res. Survey Paper», 1929, *16*; Agde G., Schmit H., Theorie d. Reduktionsfähigkeit von Steinkohlenkoks, Halle a/S., 1931; Laue O., «Brennstoff-Chemie», Essen, 1931, *12* (Лабораторная аппаратура по химии топлива. Краткий обзор выставки аппаратуры в Эссене в 1931 г. Для проб угля—простая прочная мельница, пирамида, для квартования—муфельные печи. Приборы: Бунте-Баума для изучения плавкости золы, микроскоп—для изучения явления размягчения углей, пластич. состояния, давления вспучивания и т. д.); Технические условия на поставку твердого минерального топлива, утвержденные Госпланом СССР 1/IV 1929, М., 1929 (Маркировка донецких углей, антрацита и специальных сортов подмосковных, уральских, кузнецких, черемховских. Инструкция по отбору проб и лабораторному испытанию топлива); Стандартные методы отбора проб и анализа каменного угля и кокса, пер. с америк. изд., Л., 1932; Британский стандарт отбора проб и анализа неэкспортного угля, «Труды ин-та станд. каменноуг. пром-сти», М., 1932, вып. 2; Германские стандарты испытания топлива, там же, 1932, вып. 4; Эберлин Л., К вопросу о технич. условиях на поставку угля, Механич. пробоотбиратель, Харьков, 1915; Крым В., Методы отбора средней пробы угля, «Труды 2 Всесоюзн. теплотехнич. съезда», М., 1926, т. 1, вып. 2; Горбенко В., Методы отбора средней пробы торфа, там же; Федоров В., Методы отбора средней пробы дров, там же; Тычинин Б., Методы отбора средней пробы нефти, там же; Рунов Д., Отбор средней пробы торфа, «Труды 2 Энергоконференции текстильной пром-сти», М., 1927, вып. 4; Крым В., К методике отбора средних проб очаговых остатков, «ГЖ», 1920, *10*; Ануфриев В., Проект типового оборудования отбора средних проб твердого топлива и анализа, «ИТИ», 1928, *1/34* (Описание оборудования с размерами и указанием, где что приобретать); Шахно А., Пути ускорения анализа твердого топлива, «Заводская лаборатория», Л.—М., 1933, *1* (О работе германской лаборатории по методу непрерывного потока. Ускоренные методы анализа); Гуськов В., Зависимость между удельным весом и содержанием золы в каменном угле, «Химия твердого топлива», М., 1931, *11—12*; Шахно А., О методике определения влаги в углях, «Кокс и химия», Харьков, 1932, *11* (Обзор лучших заграничных последних работ и экспериментальные данные по работам ВТИ с углями СССР); Шахно А., Жуковская М., Определение летучих веществ, «ИТИ», 1929, *7* (50), 1930, *2* (Изучено в ВТИ влияние факторов: новизны типов на 3 000 образцах углей, подогрева; сравнение нашего унифицированного метода и американского в золев. печи); Пачуков Н., О методах лабораторного испытания золы твердых топлив на химич. активность в отношении огнеупорных материалов, там же, 1928, *5/38*; Нефедьева О., Уваров В., Лабораторные испытания золы твердого топлива и топочных шлаков на плавкость, там же, 1927, *10/33* (Определение плавления топлив СССР в ВТИ); Мулерт Ф., Сера в угле, пер. с нем., Л., 1932 (Собрана литература и описаны работы по вопросам определения, использования, удаления серы); Крым В., Панченко С., О методах определения колчеданной серы в углях, «Уголь и железо», Харьков, 1929, *31* (В лабор. Донугля выработана иная модификация, чем у Поуэлля-Парра); Шифрин М., Определение разновидностей серы в углях, «ИТИ», 1933, *4* (Изучена применимость методов Поуэлля-Парра и Крыма-Панченко для углей СССР. Собрана литература по определению серы за 10 лет); Щукарев А., Испытание теплотворной способности топлива методом сожигания в сдавленном кислороде, Л.—М., 1928 (Описание приборов и методы работы с ними. Приложена подробная инструкция, утвержденная Всесоюзн. теплотехн. съездом); Шахно А. и Жуковская М., Определение теплотворной способности в калориметрах упрощенного типа, «ИТИ», 1931, *7/61* (Опыты с калориметром Парра в ВТИ); Шахно А. и Венер Р., Об определении теплотворной способности газов, «Заводская лаборатория», Л.—М., 1932, *10* (Калориметры Юнкерса, Унион, Штрахе, Леффлера, их достоинства и недостатки); Саклин П., Анализ коксового газа и его фракций, «Кокс и химия», Харьков, 1932, *4* (Определение H, CH_4 бюреткой Бунте, Расфельда и новой модификацией); Могилевская А., Аппарат системы ВТИ для полного газового анализа, «ИТИ», 1932, *4/74*; Шевченко, Литература по изучению углей и подбору шихты для коксового производства, «Кокс и химия», Харьков, 1932, *10* (Спекаемость и коксуемость. Пластич. состояние. Вспучиваемость. Давление вспучивания: методы изу-

чения углей, подбор шихты); Цейтлин Д., Шахно А., Зукеев Т., Жуковская М., Гар Л., Пентегов Д., Нянковская Р., Фридман В., Урбанович Р., Гладштейн А., Берман Л., Михайловский И., Федоров В., Войтова Е., Габинский Я., Кобцев Е., «Материалы к I Всесоюзной конференции изменяемостей углей при хранении», М., 1932; Крым В., О лабораторных методах определения склонности углей к самоокислению, «Химия твердого топлива», М., 1932, *2—3* (Проведены опыты в Сталинском институте окисления марганцовокислым калием, двухромовокалиевой солью, определения адсорбции: щавелевоаммонийной соли, метиленовой голубой, кислорода, прослежено действие кислорода при повышенной *t*°); Гаврилов Н., Вейсбрут Г., Метод определения склонности торфов к самовозгоранию по *t*° воспламенения полукокса из них, там же, 1931, *8* (Выполнено в Ин-те торфа); Шахно А. и Рапопорт И., Опыт сухой перегонки при низких температурах подмосковного угля в алюминиевой реторте Фишера-Шрадера, «ИТИ», 1927, *9/32* (Методика, опыты с курным углем и богхедом); Шахно А., О новом методе переработки ископаемого топлива—сухой перегонке при низких *t*° и мировая литература по данному вопросу, там же, 1926, *9/22*; Майер Л., Цукерман Л., Макро- и микроскопич. исследование краснодонских углей Донбасса в Угольном ин-те, «Кокс и химия», Харьков, 1932, *7*; Майер Л. и Чернышев Д., Влияние отдельных петрографич. компонентов каменного угля на реакционную способность кокса, там же, 1932, *8*; Жемчужников Ю., Микроскопич. исследование углей, «Химия твердого топлива», М., 1930, *5*; Сапожников Л. и Базилевич Л., Пластометрич. изучение процесса коксования, там же, М., 1932, *2—3* (Проведено изучение процесса коксования в аппарате, несколько отличающемся от общепринятого, с получением ряда кривых, характеризующих поведение угля. Список опечаток приложен там же, 1932, *5—6*. Выполнено в Днепропетровске в филиале Харьк. углехимич. ин-та); Сапожников Л. и Бакун Н., Определение давления вспучивания при постоянном объеме угля, «Кокс и химия», 1932, *9*; Габинский Я., Применение метода Мериса для определения спекающей способности углей СССР, «Труды исследов. кафедры металлургии и горючих в Днепропетровске», 1929; Чижевский Н. и Попутников Ф., Коксование подмосковных углей (Товарковского, Побединского и Оболенского месторождений) вместе с Донецким, Мосхимэнерго, «Химия твердого топлива», Москва, 1931, *8*; Чижевский Н., Коксование углей Кузнецкого бассейна, «Кокс и химия», Харьков, 1932, *10* (Кемеровск, Анжеро-Судженск. концентраты из кузнецких углей); Беккер Е., Исследование коксов основных коксохимич. заводов Донбасса, там же, Харьков, 1932, *8*; Гофтман М. и Сениченко С., Получение чистой серы при очистке газа от сероводорода по мокрому способу, Харьков; Кинд В., Возможность использования золы горючих сланцев для производства строительных материалов, «Химия твердого топлива», М., 1931, *1*; Корницкий С., О влиянии зольности топлива на кпд сжигания, «ИТИ», 1932, *3* (73); Черножуков Н., Гутцайт А. и Лосиков Б., Получение смазочных масел из сапропелевой первичной смолы, «Химия твердого топлива», М., 1932, *9—10*; Гиттис В., Применение сланцевых смол в двигателях внутреннего сгорания (стационарных и автомобильных), там же, М., 1931, *5*; Методы испытания нефтепродуктов, «Всес. ком-т по стандартизации», М., 1928, вып. 5; Крым В., Руководство к количественному и технич. анализу, 4 изд., Харьков, 1932 (Весовой и объемный анализ, анализ углей и кокса, газов, продуктов коксобензольного производства); Лидов А., Анализ газов, под ред. М. Кузнецова, Л., 1929 (Наиболее полное на русском языке руководство по исследованию газов); Раковский Е., Прудников М. и Худякова А., Сапропелиты Зангарья и получение из них жидкого топлива, «Химия твердого топлива», М., 1931, *3*; Грицевич Г., Полукоксование Лисичанских углей, М., 1932 (Опыты на полузаводской установке ВТИ при производительности 6 *m* в сутки. Разгонка смолы — при этом наблюдалось отравление работающих. Очистка бензина); Шишаков Н., Газификация Боково-Хрустальского антрацита АК на газогенераторе Тиссен, «ИТИ», 1932, *11—12*; его же, Опыты газификации донецких антрацитов на газогенераторе Тиссена, там же, 1932, *4/74*; Палта Р., Газификация подмосковного угля для получения водяного и генераторного газа в газогенераторе системы Ю. Пинч, там же, 1932, *4/74*.

А. Шахно.

Технические испытания руд цветных металлов. В настоящее время, после открытия нового месторождения руд цветных металлов и до начала проектирования их добычи и переработки, производятся всесторонние технич. исследования руд, начинаемые уже в ходе самих геолого-разведочных работ. Такие же исследования производятся и с рудами и полупродуктами, получаемыми из руд по разрабатываемым месторождениям с целью улучшения схемы передела, уменьшения потерь металлов и т. д. Эти исследования заключаются прежде всего в проведении полного анализа и минералогич. исследования средних проб руды, отобранных из различных частей месторождений. Делаются определения не только на ценные цветные металлы, как то: Cu, Pb, Zn, As, Sb, Ni, Cd, Co, Hg, Au, Ag, Al_2O_3 (для алюминиевых руд), но и на ряд других элементов и их соединений, имеющих решающее значение для выбора метода переработки руд, как то: S, Fe, SiO_3, Al_2O_3, CaO, MgO, BaO. В последнее время стали проверять все руды на содержание в них весьма ценных, т. н. редких, элементов: Mo, W, V, Se, Pt и т. д. После того как месторождение достаточно разведано, выявлено общее количество руд каждого сорта (окисленная, сульфидная, медно-цинковая и т. д.), установлены количество и средний состав руд каждого сорта, приступают к отбору средней пробы руды каждого сорта (с каждого отдельного участка месторождения, имеющего примерно одинаковую по характеру и ценности руду) и эту пробу подвергают технич. испытаниям, имеющим целью установить технологич. профиль будущего Комбината по добыче и переработке найденной руды. Очень часто для ускорения работ разведка и опробование месторождения ведутся параллельно с научно-исследовательскими работами по технич. испытаниям руд, проводя последние над случайно отобранными пробами, не являющимися средними пробами, характеризующими месторождение. В таких случаях всегда следует после окончания разведочных работ, оконтурования и выявления характера руд месторождения провести еще отборку средней пробы с проверкой на ней результатов, проведенных над случайными пробами научно-исследовательских работ. В настоящее время по главной массе руд цветных металлов (напр. по всем сульфидным рудам Cu, Pb, Zn, Ni) технич. испытания начинаются с опробования их обогатимости, т. е. возможности механич. отделения ценных содержащих металл минералов от неимеющих цены минералов с получением обогащенного продукта—концентрата. В случае, если руды содержат несколько ценных металлов, металлургич. разделение к-рых встречает затруднения, проблема осложняется, и наряду с простым обогащением руды следует разрешить вопрос разделения металлсодержащих минералов на разные концентраты, как говорят, разрешить проблему селективного обогащения (напр. для руд медно-цинковых, свинцово-цинковых и т. д.).

Работы по испытанию обогатимости руд, а также по опробованию и анализам проб геологические разведки у нас ведут научно-исследовательские институты Гинцветмет (Москва), Севгинцветмет (Свердловск), Сибгинцветмет (Иркутск—гл. обр. по золоту), Средазгинцветмет (Ташкент) и Механобр (Ленинград). Кроме этих ин-тов обогатительные лаборатории, производящие работы для нужд пром-сти, имеют и учебные ин-ты (втузы): Минцветмет (Москва) и Севкавцветмет (Орджоникидзе). Многие руды в результате этих работ по обогащению оказываются легко обогатимыми с получением стандартных концентратов, переработка к-рых хорошо известна. Для таких руд разрешение проблемы их обогащения дает достаточно ма-

териала для проектировки законченного комбината по получению из них металла. Но существует ряд других руд, либо не поддающихся совсем обогащению (например окисленные никелевые) либо дающих при их обогащении низкое, неудовлетворительное извлечение металла. Кроме того имеются еще руды, обогащение к-рых явно нецелесообразно (напр. почти все «богатые», т. е. с высоким содержанием ценного металла, руды, нек-рые золотые и т. д.), а также руды, дающие концентраты, метод переработки к-рых на основании одного их состава определен быть не может. Такие руды и концентраты следует подвергать технич. испытаниям, имеющим целью установить методы металлургич. переработки либо непосредственно сырых руд либо получаемых из них концентратов. Методов такой металлургич. переработки известно в настоящее время очень большое количество. Их подразделяют на две большие группы: а) гидрометаллургические, или переработка мокрым путем (выщелачивание ценных металлов с последующим выделением их из раствора), и б) пирометаллургические, или переработка огненным путем (обжиг, плавка, возгонка и т. д.). Для каждой исследуемой пробы на основе литературных данных и теоретич. соображений выбирается несколько методов металлургич. переработки и проводятся лабораторные опыты в малом масштабе или в печах малого размера. Такие технич. испытания метода металлургич. переработки руд и концентратов производят институты: Гинцветмет (Москва), Севгинцветмет (Свердловск), Сибгинцветмет (Иркутск—по золоту), а также металлургич. лаборатории при втузах Минцветмет (Москва) и Севкавцветмет (Орджоникидзе). До применения в заводском масштабе лабораторные испытания руд как по обогащению, так и по металлургич. переработке проверяются на установках большего размера, но значительно меньших, чем заводские агрегаты. Такие испытания носят название «полузаводских» и проводятся на специальных опытных установках, имеющихся при некоторых новостройках (напр. Красноуральский з-д по обогащению), а также при научно-исследовательских ин-тах (напр. при Механобре по обогащению, при Гинцветмете по обогащению и металлургии на специальном опытном з-де и т. д.). Для текущих работ по контролю производства на всех наших крупных комбинатах имеются лаборатории. Нек-рые из этих лабораторий настолько хорошо оборудованы, что производят самостоятельно технич. испытания над рудами, перерабатываемыми данным комбинатом, гл. обр. в направлении их обогащения или улучшения результатов обогащения.

Полного руководства, объединяющего все вопросы технич. испытания руд цветных металлов, в настоящее время (сент. 1933) не имеется. Но по отдельным вопросам технич. испытания имеется чрезвычайно богатая литература как на русском, так и на иностранных языках. Перечисляем главнейшие и общеупотребительные руководства на русском языке. Химический анализ. Кроме общеизвестных учебников аналитической химии Меншуткина и Тредвелла наиболее употребительной книгой является Агеенков В., Методы технич. анализа руд, 1932; Обогащение руд. Помимо основных курсов Ортина и Ясюкевича за последнее время вышел из печати ряд брошюр по исследованиям разных руд (проф. Мостовича и других и большое количество статей в журналах «Цветные металлы», «Горнообогатительное дело»), и кроме того все научно-исследовательские ин-ты накопили большой материал, состоящий из отчетов по испытанию обогатимости многочисленных проб руд цветных металлов, перечислить которые в данной статье нет возможности. Металлургическая переработка руд. Имеется обширная литература по каждому металлу, к-рую здесь повторять не будем, ибо она перечислена при статьях по соответствующим металлам (см. *Медь*, *Никель* и т. д.). Отметим только, что помимо опубликованных в журнале «Цветные металлы» статей по испытанию руд наши научно-исследовательские ин-ты располагают громадным архивом отчетов по работам над отдельными пробами различных руд. **А. Цейдлер.**

Организация научно-исследовательских лабораторий в металлургической и машиностроительной промышленности. Задачи заводских лабораторий и лабораторий исследовательских ин-тов в области металлургии и металлообработки сводятся к следующим основным положениям: 1) испытание материалов текущего производства существующими методами, разработка новых упрощенных и более показательных методов испытания материалов; 2) исследование способов улучшения качества материалов, изыскание новых сочетаний элементов в сплавах и их обработка. Лаборатория испытания металлов, рассчитанная на полное всестороннее изучение металлосплавов, должна состоять из следующих отделений. 1) Химического, предназначенного для качественного и количественного анализа элементов сплавов, исследования коррозии с подсобными отделами для испытания топлива, смазочных масел, красок и керамич. материалов; 2) механического—для испытания механич. прочности образцов металлов и целых деталей; 3) металлографического—для микроскопич. исследования структуры металлосплавов с фотографич. кабинетом; 4) термофизического—для определения критич. точек превращения дилятометрич. способом, испытания термообработкой в печах для отжига, отпуска, закалки и т. п.; 5) рентгенографического—для структурного анализа и просвечивания металла рентгеновскими аппаратами; 6) специальных исследований: технологич. испытания, магнитные свойства, электросопротивление и т. д. В современных лабораториях, обслуживающих литейные цехи, должно иметься отделение для испытания формовочных земель. Кроме того при литейных имеются т. н. экспресс-лаборатории, предназначенные для быстрых анализов на ведущие элементы в процессе плавки. Принципы серийного и массового производств, обусловливающие колоссальный выпуск продукции, требующей стандартных ускоренных методов испытания качества материала, наряду с непрерывно растущими требованиями машиностроения к металлу, в отношении прочности при многократных повторных переменного знака усилиях, сопротивления разъедающему действию химич. реагентов, стойкости при очень высоких и очень низких $t°$, магнитной проницаемости, электропроводности или, наоборот, электросопротивления, предъявляют особо жесткие требования к правильной организации лабораторий исследования материалов, применяемых в машиностроении и ме-

таллургии. Оборудование лабораторий должно быть приноровлено для подробного освещения характеристик тех свойств прочности, которые для данного фабриката являются самыми показательными.

В СССР следующие институты занимаются разработкой методики испытаний металлов, исследованием способов повышения качества термообработкой и иными способами, проектированием и изготовлением специальной аппаратуры для испытания металлов: 1) Научный автотракторный институт—НАТИ (Москва, 8, Лихоборы) — исследование металлов в автотракторной пром-сти, изучение износа деталей автомобилей и тракторов, проектирование лабораторий для автотракторной пром-сти. Исследование термообработки автотракторных деталей. 2) Центральный научно-исследовательский аэро-гидродинамич. ин-т—ЦАГИ (Москва, 66, ул. Радио, 17)—разработка методики механических испытаний частей самолетов. Исследование напряжений в металле оптич. и рентгенографич. методами. Исследование термообработки деталей самолетов. 3) Научно-исследовательский дизельный ин-т—НИДИ (Ленинград, 15, Парадная улица, 8)—исследование чугунов и антифрикционных сплавов. Оборудование лабораторий двигателей внутреннего сгорания. 4) Центральный научно-исследовательский институт машиностроения и металло-обработки—ЦНИИМАШ (Москва, 60, Симонов вал, 11). На Украине — КНИИХМ (Киев, Брестлитовское шоссе, 39)—исследования термической и холодной обработки деталей, высококачественного чугуна и твердых сплавов. 5) Ленинградский научно-исследовательский ин-т легких металлов—НИИСАлюминий (Ленинград, Васильевский остров, 20-я линия, 7)—разработка методов коррозионных испытаний цветных и легких металлов, исследование биметалла, обработки цветных металлов под давлением, изучение внутренних напряжений и методики их выявлений, процессов старения. Оборудование лабораторий механич. испытаний по цветным и легким металлам и их сплавам. 6) Ленинградский научно-исследовательский институт металлов—ЛИМ (Ленинград, 15, Госпитальная, 3/8); Уральский научно-исследовательский институт металлов—УИМ (Свердловск, Универс. площадь, 9); Днепропетровский научно-исследовательский ин-т металлов—ДИМ (Днепропетровск, Полтавская, 1)—исследование методов контроля обрабатываемости металлов, термообработки сталей, химического и механич. испытания сталей, исследование свойств различных ферросплавов. 7) Государственный научно-исследовательский ин-т редких элементов—ГИРЕДМЕТ (Москва, Кузнецкий мост, 24); Украинский научно-исследовательский институт редких элементов—УКРГИРЕДМЕТ (Одесса, улица Островидова, 4) — методы химич. анализа редких элементов (кобальт, титан, литий, рубидий, цезий, гелий, торий и др.). Исследование свойств сплавов с редкими элементами. 8) Всесоюзный научно-исследовательский ин-т сельхозмашиностроения—ВИСХОМ (Москва, 8, Лихачевское шоссе, 6)—исследование напряжений в деталях и узлах с.-х. машин, изучение методов испытания на истирание, разработка упрощенных цеховых методов испытания прочности металлов. 9) Научно-исследовательский ин-т станков и инструментов—НИИСТИ (Москва, 85, М. Калужская, 15, при заводе «Кр. Пролетарий»)—исследование материалов для инструмента и калибров. Методика испытания режущих свойств металлов. Исследование хромирования и других процессов поверхностного упрочнения металлов. 10) Научно-исследовательский институт судостроения—НИСС (Ленинград, Лоцманская, 3)—исследование методики испытания сварных соединений. 11) Центральный государственный научно-исследовательский ин-т цветных металлов—ЦГИНЦВЕТМЕТ (Москва, 17, Б. Ордынка, Пыжевский пер., 10)—исследование методики испытания цветных металлов и сплавов химич., механич., термич. и рентгенографич. способами. 12) Государственный научно-исследовательский институт химич. машиностроения—ГНИИХМ (Москва, Кузнецкий мост, 22)—исследования коррозии, жароустойчивости металлосплавов в хим. аппаратостроении. 13) Физический ин-т при Всесоюзной Акад. наук (Ленинград)—всестороннее исследование физич. свойств металлосплавов.

Лит.: Бабошин А., Термич. обработка обыкновенных и спец. сортов стали, М., 1926 (Имеется специальный раздел по оборудованию термич. мастерских и заводских лабораторий. Описание лабораторных печей и приборов для контроля $t°$, устройства металлометроскопов. Изложены принципы выбора лабораторных печей и их основные характеристики. Приведен перечень машин и приборов для механич. испытаний. Основы рентгенографич. анализа. Оценка качества металла в связи с нормализацией методов исполнения и техпич. условиями на приемку его); Длугач Л., Общезаводская лаборатория, М., 1930 (Система организации контрольных и исследовательских работ лаборатории. Современное состояние лабораторного дела в машиностроительной и металлообрабатывающей промышленности. Роль трестовских и общезаводских лабораторий. Методика испытаний, выбор и расчет помещений для лабораторий, принципы размещения оборудования. Увязка текущей работы общезаводских и цеховых лабораторий. Методика комбинированных лабораторных исследований. Персонал для лабораторных исследовательских работ. Организационные формы заводских и трестовских лабораторий, собрание правительственных приказов и инструкций по лабораторному делу. Примерная структура лаборатории крупного машиностроительного з-да. Перспективы лабораторного дела. Приведен ряд цифровых данных по подсчету рабочей площади, аппаратуры, данных по лабораториям нек-рых крупнейших з-дов); Длугач Л., Основы проектирования заводских лабораторий металлопромышленности, «Вестник металлопромышленности», Москва, 1929, *11*, стр. 132—144 (Практич. данные для расчета кубатуры помещений, расположения отделений, выбора оборудования и последовательности операций); Длугач Л., Лаборатория в сталелитейном деле, Москва, 1930 (Порядок и способы производства лабораторных испытаний и исследований. Выбор и подготовка проб. Испытания механические, химические, металлографические, теплотехнические, термические и физические. Общезаводские и цеховые лаборатории. Участие лаборатории в рационалистич. работе сталелитейных цехов); «Труды Центрального совета лабораторий металлопромышленности», вып. 1, Первая всесоюзная конференция заводских лабораторий металлопромышленности, Москва, 1930 (Собраны доклады о работах заводских лабораторий, стандартизации методов химич. и металлографич. анализа); «Материалы Первой всесоюзной конференции представителей заводских лабораторий металлопромышленности», М., 1929; Тракторный з-д им. Дзержинского в Сталинграде (проект), Л., 1928 (Структура лаборатории по испытанию материалов, план и фасад лаборатории); Прокофьев И., Лаборатория испытания материалов, «Сборник трудов лаборатории испытания материалов», Москва, 1931 (Описание лабораторий: механической, металлографической, термической и химической Тимирязевской с.-х. академии, план с размещением оборудования); Качурин Б., Технич. контроль и лабораторное дело, М., 1930; Орга-справочник, т. 2, Заводские лаборатории, М., 1927; Вавринъок О., Руководство по испытанию материалов, пер. с нем., т. 1—3, М., 1927 (Организация работ по исследованию металлов: обстоятельное описание аппаратуры и методов работы); Одинг И., Современные методы испытания металлов, 2 изд., Л., 1932 (Оборудование и методы термич. анализа, макро- и микроисследования, исследование физич. свойств: электропроводность, магнитная проницаемость, термоэлектрич. метод, рентгенографич. анализ; дилятометрия, механич. испытания, технологич. пробы); Длугач Л., Современные методы испытания качества металлов и их сплавов, Харьков, 1927 (Систематич. описание приборов и методики исследования металлосплавов. Ход испытания

металлосплавов по Брановскому. Принципы рационального выбора методов испытания качества металлов и их сплавов. Описание современной металлоиспытательной станции. В конце книги приведена обширная библиография по лабораторному делу, состоящая из 308 названий русских и иностранных трудов за период 1922—26 гг.); Зернов А., К вопросу о стандартизации методов испытания материалов, «Вестник металлопром-сти», М., 1927, *5—6*; Дубовин К., Лаборатории заводов с.-х. машиностроения, — «Коммунар» (Запорожье), «Красная звезда» (Зиновьевск), «Октябрьская Революция» (Одесса), «Из трудов УНИСХОМ'а», Харьков, 1932 (Определение типа заводской лаборатории, структуры и схемы ее управления, методология работ, детальные сметы оборудования); Болховитинов Н., Металлография и термич. обработка, 2 изд., М.—Л., 1933 (Описание большого количества приборов лабораторий машиностроительных з-дов и методов работы на них); Goerens P., Einführung in die Metallographie, 5 Aufl., Halle a/S., 1926 (Методика исследования металлов; описание основной аппаратуры лабораторий); Rosenhain W., An Introduction to the Study of Physical Metallurgy, 2 ed., London, 1919; Sachs G., Goerens P. u. Mailänder R., Plastische Verformung u. die technischen Verfahren zur Prüfung u. Untersuchen d. Metalle u. Legierungen, Handbuch d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 5, Lpz., 1930; Sauerwald Fr., Lehrbuch d. Metallkunde des Eisens u. Nichteisenmetalle, B., 1929; Sauveur A., The Metallography a. Heat Treatment of Iron a. Steel, N. Y., 1926; Дымов А., Руководство для лабораторий технического анализа металлов, М., 1931; Кабанов С., Методы технического контроля и заводские лаборатории, Ленинград, 1932; Одинг И., Прочность металлов, М.—Л., 1932 (В книге собрана библиография по различным вопросам испытания материалов и лабораторного оборудования); Guillet L., Les méthodes d'étude des alliages metalliques, P., 1923 (Методы исследования металлических сплавов); Handbook A. S. T. M., Cleveland, Ohio, 1929 (Справочник американского Об-ва по испытанию материалов); Werkstoff-Handbuch, Stahl u. Eisen, Düsseldorf, 1927 (Методика и описание литературы для испытания материалов. Многочисленные таблицы констант и свойств черных металлов); Werkstoff-Handbuch, Nichteisenmetalle, Berlin, 1927; «Заводская лаборатория» с 1932 г. (Статьи по вопросам организации лабораторий, оборудованию, использованию аппаратуры, методике исследований, описание новых приборов); Schneider et Co. (Лаборатория завода Шнейдер в Гарфлер), «Revue de Métallurgie», P., 1925 (Лаборатория национальной оружейной ф-ки в Герсталь-ле-Льеж), «Rev. de Métallurgie», P., 1923, p. 2173—307; «Mitteilungen d. deutschen Materialprüfungsanstalten», B. (Периодич. статьи по вопросам организации и проведения лабораторных испытаний); Методика механич. испытаний металлов, М., 1928, вып. 68 (Изложена классификация и методика механич. испытаний, основные величины и характеристики приборов и станков механич. и металлографич. лабораторий. Технологич. пробы); Лоренц В., Руководство по испытанию и приемке строительных материалов, Москва, 1929; Бентковский И., Шапошников Н., Яги Ю., Руководство к практич. занятиям в механич. лаборатории, Л., 1928; Давиденков Н., Динамич. испытания металлов, М., 1929 (Методика и аппаратура); Мур Г., Коммерс Дж., Усталость металлов, дерева и бетона, пер. с англ., М., 1929 (Описание методики и станков для испытания на усталость); Wazau, Новые силомеры для измерения крепости, «St. u. E.», 1922, p. 1906—07; Fremant Ch., Механические испытания проволоки, «GC», 1922, p. 129—133; Col, Опыты на сжатие металлов, «Journal of the Instit. of Metals», L., 1923, September; Tuchermann L., Измерения напряжений оптич. системами и экстензометрами, «Engineering», 1923, v. 116, p. 222; Lessels, Статистич. и динамич. испытание стали, «Proceed. of the American Society for Steel Treating», 1923, October, p. 536—545; Schapira B., Современные машины для испытания материалов, «Techn. Moderne», P., 1923, *24*, p. 801—806; Nicolau, Градуировка разрывных машин с помощью образцов, «Revue de Métallurgie», P., 1924, t. 21, p. 342—347; Бабошин А., Предел пропорциональности как мерило качества стали, «Вестн. металлопром.», М., 1924, *1—3* и *4—6* (Рефер. «Revue de Métallurgie», P., 1925, t. 25); Английские машины для испытания твердости, «Foundry Trades Journal», L., 1922; Mouillac R., Маятник Герберта для испытания твердости, «Revue de Métallurgie», P., 1925, t. 22, p. 223—238; Esnault-Pelterie R., Аппарат для измерения твердости по Герцу, ibid., 1926, t. 23, p. 553—567; Машина Амслера для испытаний на удар, «Americ. Machin.», 1922, v. 56, p. 158—160; Matsuda, Динамич. твердость бронзы, алюминиевой бронзы и латуни при высоких температурах, «Sc. Rep. Tohöna Imp. Univ.», 1925, v. 14, p. 401—411, «Revue de Métallurgie», P., 1926, *5*, p. 219; Mailänder R., Явления усталости и длительные испытания, «St. u. E.», 1924, p. 585—589, 624—629, 657—661, 684—691 и 719—721; Houda a. Jamada R., Исследование истираемости металлов, «Journal of the Inst. of Metals», L., 1925; Moser M., Методы испытания на твердость, «Kruppsche Monatshefte», Essen, 1929, Juni (Хронологич. указатель библиографии по испытанию стали на удар, доведенный до 1923); «Proc. of the Amer. Society of Testing Materials», Philadelphia, Pa., v. 22, p. 9—36; Föppl L., Fortschritte auf dem Gebiet d. spannungsoptischen Untersuchung von Konstruktionen, «Z. d. VDI», 1932, *21*; Graf O., Dauerversuche mit Schweissverbindungen, «Bautechnik», B., 1932, *10*; Schleisinger, Verschleissversuche an einer Werkzeugmaschine mit auslegierter Führungsbahn, «Giesserei-Ztg», B., 1932, *29/30*; Elektrische Werkstattmessegeräte, «Maschinenbau», B., 1932, H. 17; Guillery, Различные улучшения в испытательных машинах и их применение, «Bull. de la Société d'encouragements de l'ind. nationale», P., 1932, *6* (Описание новых конструкций прессов Бринеля, универсальных разрывных машин и других приборов механич. лаборатории); Härteprüfung, Druckversuch u. Festigkeitsprüfung von Gusseisen (Entwurf, A 103, A 106, A 108, A 109), «Maschinenbau», B., 1932, H. 13; Dauerbiegversuche, Prüfverfahren, A 113, Entwurf 2 des DVM, «Ztschr. f. Metallkunde», B., 1933, *1*; Templin R., Автоматический регистрирующий прибор для удлинений при работе на разрывных машинах, «Proceedings of the Amer. Society Testing Materials», Philadelphia, Pa., 1932, part 2, p. 783—792; Герке Ф., Руководство по химическому анализу специальных сталей весовым и объемным путем, 3 изд., М.—Л., 1932; Ледебур А., Руководство для железно-заводских лабораторий, перевод с нем., СПБ, 1909 (Подробное изложение методов химич. анализа металлосплавов); Бауер О. и Дейсс Е., Анализ железа и стали, пер. с нем., М., 1927; Bauer O. u. Deiss E., Probenahme u. Analyse von Eisen u. Stahl, B., 1922 (Описание аппаратуры и методов исследования); Пинберг С., Руководство по химич. анализу в металлургич. производстве, Л., 1931; Berl-Lunge, Chemischtechnische Untersuchungsmethoden, B. 1—4, 8 Aufl., B., ab 1931 (Капитальный труд по всестороннему исследованию металлов. Подробное описание современной аппаратуры, методов анализа; принципы организации лаборатории техно-химического анализа. Определение физич. и неорганич. включений; массовые анализы, электролиз, потенциометрич. методы, пирометрия, металлографич. исследования, оптич. методы, спектральный и рентгеновский анализы, микрохимич. исследования. Подробный именной и предметный указатель); Scott W., Standard Methods of Chemical Analysis, N. Y., 1927; Мурач Н. и Резков М., Стандарты цветных металлов и сплавов, М.—Л., 1933 (Классификация, технич. условия и методы анализа цветных металлов); Чугун, сталь, ОСТ 3199; Методы анализа, М., 1931; Сборный выпуск проектов стандартов по цветным металлам, вып. 26 (Методика химич. анализа баббитов кальциевых, мышьяково-кадмиевых, оловянно-свинцовых); Зайцев А., Типовые баббиты стандартные и новые, М.—Л., 1932 (Сравнительное лабораторное исследование); Чижевский И., К вопросу об определении азота в железе, чугуне и стали, «Revue de Métallurgie», P., 1924, t. 23, p. 114—115; Girard R., Исследования по коррозии и ржавлению стали и чугуна, ibid., t. 23, Juni, p. 361; Воскресенский П., Техника лабораторных работ, Москва—Л., 1932 (Подробное описание аппаратуры для химич. анализа и приемов работ); Коррозия металлов, «Труды Института прикладной минералогии», Сборник под ред. Н. Изгарышева, М., 1931 (Методика и аппаратура для испытания на коррозию); Коррозия металлов и борьба с ней; Сборник под редакцией М. Рубинштейна и др., по материалам III Всесоюзной научно-исследовательской конференции по коррозии 15—17/III 1932, М., 1932; Роудон Г., Предохранительное покрытие металлами, пер. с англ., 2 изд., М., 1932 (В конце приведена обширная библиография по коррозии по 1927 г.); Гейн и Бауэр, Металлография, Рига, 1915 (Краткое описание приборов и методов лабораторных исследований); Прайс Е., Практич. руководство по металлографии железа и стали, М., 1932 (Описание аппаратуры металлографич. лаборатории, приемы работ, уход за приборами); Кноблаух О. и Генки К., Точное измерение температур в технике, пер. с нем., 1931; Кащенко Г., Руководство к лаборатории металлографии, Л., 1926 (Методика термич. и металлографич. анализа); Newton J., Friend a. Williams R., Определение коэф-та линейного теплового расширения нек-рых торговых металлов и сплавов, «Journal of the Instit. of Metals», L., 1924; Chevenard P. et Portevin A., Дилятометрич. анализ сплавов, «Revue de Métallurgie», P., 1925, p. 357—374; Chevenard P., Диференциальный дилятометр с механически регистрирующим прибором, «Revue de Métall.», t. 13, 1926, p. 92—101; Essen u. Oberhoffer, Новый универсальный диференциальный дилятометр, «St. u. E.», 1926, *5*; Stöblein, Простой дилятометр для высоких температур (до 1 100°), ibid., 1926, *4*; Курнаков Н., Металлография и физико-химич. анализ, «Научно-технич. вестник», М., 1921, *3—4*; Garvin, Новая установка для металлографич. микроскопа, «Bull. de la Société Franç. Phys.», P., 1922, *175*; Бабошин А., Применение металлографич. метода к изучению службы металлич. изделий, машин и сооружений в разных областях техники, «Вестник металлопром-сти», М., 1923, *9—12*;

Hause, О микрографии, «Kruppsche Monatshefte», Essen, 1926, Apr.; Lucas F., Введение в металлографию с ультрафиолетовым светом, «Trans. of the Americ. Instit. of Min. Metall. Eng.», N. Y., 1926, p. 909; Turner H. u. Jevous J., Обнаружение напряжений в мягкой стали, разные протравители и способы, «Journ. of the Iron a. Steel Institute», L., 1925, *1* (Приведена библиография по вопросам микро- и макротравления); Greaves R. a. Others, Practical Microscopical Metallography, 2 ed., L., 1933; Kirchrath H., Hochtemperatur Laboratoriumsöfen mit Kohle als Widerstandsmaterial, «Elektrowärme», 1933, *4*; Jellinghaus W., Magnetische u. diatometrische Untersuchungen zur Stahlhärtung, «Ztschr. f. techn. Physik», Lpz., 1933, *6*; Esser H. u. Cornelius H., Gefügenuntersuchung bei Temperaturen bis 1 100°, «St. u. E.», 1933, *20*; Luerssen G., Probescheibenuntersuchung bei Analitätsstählen, «Trans. of the Amer. Soc. for Steel Treating», Cleveland, 1933, *4*; Hauser F., Neue Geräte f. die Beleuchtung mikroskopischer Objekte mit auffallendem Licht, «Zeiss-Nachrichten», 1932, *2—3*; Lester N., Радиография металлов. Испытания стального литья Х-лучами, «Chem. a. Metall. Eng.», New York, 1923; Weiss H., Спектрография рентгеновыми лучами в металлургии, «Revue de Metallurgie», P., 1925, p. 333—355, 450—460; Dejean P., Экспериментальные исследования о магнитных превращениях железа и стали, «Ann. de Physique», P., 1922, t. 18; Nicolau P., К вопросу о термомагнитном анализе, «Revue de Métallurgie», P., 1925, p. 275; Rohn W., Исследование термоэлектродвижущей силы сплавов никеля, «Z. für Metallkunde», B., 1924, B. 16; Campbell a. Withey, Лабораторный способ изготовления некоторых образцов стали, отличающихся только содержанием углерода, и влияние содержания углерода на удельное сопротивление, «Trans. of the Am. Soc. for Steel Treating», Cleveland, 1924, v. 33—50; Иоффе А., Техника физич. эксперимента, М., 1929 (Данные общелабораторной практики; электрометрия, рентгеновская техника, некоторые приемы оптики); Seemann H., Korrektionsrechnungen f. Röntgenspektrometer, «Ztschr. f. Physik», B., 1932, B. 79, *9/10*; Möller H., Ueber die Messung von Spannungen durch Röntgenstrahlen, «Z. f. techn. Physik», Lpz., 1933, B. 14, *6*; Otto A., Elektromagnetisches Verfahren zur Prüfung von Drahtseilen, «Glückauf», Essen, 1933, *21*; Pomp A. u. Zapp B., Beitrag zur akustischen Werkstoff-Herstellung von Stahlstäben, insbesondere f. die Eisenforschung, Lfg 3, Düsseldorf, 1933; Нейбургер М., Рентгенография металлов и сплавов, перевод с немецкого, Москва—Ленинград, 1932; Агеев Н., Рентгенография металлов и сплавов, Л., 1932; Глокер Р., Рентгеновские лучи и испытание материалов, перевод с немецкого, Ленинград—Москва, 1932; Ewald P. u. Hermann O., Strukturberichte, B., 1930.

П. Пименов.

Технические испытания строительных материалов. При изучении главнейших свойств естественных каменных материалов их подвергают следующим испытаниям: определению объемного веса, водопоглощения, пористости, теплопроводности, морозостойкости, твердости, прочности на сжатие, износу на кругах, истиранию, крепости на удар. Исследованиями этих материалов и их испытанием занимаются научно-исследовательские институты: ВНИИСМ, ЦИАТ, Ин-т прикладной минералогии, лаборатории испытаний материалов различных втузов.

Искусственные каменные материалы, получаемые обжигом при исследовании и изучении основных их свойств, подвергаются тем же испытаниям, что и естественные каменные материалы, но в то же время дополнительно испытываются в зависимости от рода изделия: клинкер—на изгиб, износ; гончарная черепица—на перелом, водонепроницаемость; канализационные трубы—на кислото- и щелочеупорность; огнеупорные кирпичи—на огнеупорность, устойчивость и прочность при высокой $t°$ и т. п. Исследуют и изучают их свойства и особенности ВНИИСМ, ВИОК, лаборатории испытания материалов разных втузов.

Воздушные вяжущие вещества при изучении их свойств и оценке их качества испытываются: воздушная известь—на чистоту продукта, выход теста, его пластичность, степень гашения, механич. прочность на растяжение и сжатие; гипсовые вяжущие вещества и каустич. магнезит—на сроки схватывания, равномерность изменения объема, тонкость помола, временное сопротивление на растяжение и сжатие. Изучают их ВНИИСМ, лаборатории втузов и трестов.

Гидравлические добавки при испытании подвергаются определению их химсостава, степени активности и гидравлич. способности. Изучают их ВНИЦ и ВНИИСМ.

Гидравлические вяжущие вещества при суждении об их качестве и установлении их главнейших свойств испытываются: на определение химсостава, сроков схватывания, нормальной густоты теста и раствора с песком, равномерности изменения объема, тонкости помола, временного сопротивления на растяжение и сжатие, степени устойчивости в различных водах. Изучением и исследованием их занимаются ВНИЦ, ВНИИСМ, лаборатории кафедр и испытания материалов втузов, трестов и з-дов.

Искусственные каменные безобжиговые материалы при выявлении их качества и основных свойств подвергаются следующим испытаниям: определению объемного веса, строения, пропорции составных частей, влажности, водоустойчивости, временного сопротивления на сжатие в естественном состоянии и в состоянии ускоренного твердения, морозостойкости, теплопроводности. Изучением и исследованием их занимаются ВНИИСМ, НИИЖС, лаборатории втузов, трестов и заводов.

Термоизоляционные материалы испытываются на определение объемного веса, прочности на изгиб и сжатие, теплопроводности, звукопроводности, влагоемкости, гигроскопичности, водоустойчивости. Исследуют и изучают их ВНИИСМ, НИИЖС, лаборатории трестов.

Изоляционные и кровельные материалы подвергаются испытаниям на эластичность, потерю веса при нагревании, временное сопротивление на растяжение, однородность пропитки, водонепроницаемость. Естественный и искусственный шифер—на определение объемного веса, механич. прочности, водонепроницаемости, водонасыщения, устойчивости против атмосферных влияний, теплопроводности, огнестойкости и т. п. Их исследованием и изучением занимаются ВНИИСМ, НИИЖС, лаборатории трестов.

Отделочные материалы, к к-рым принадлежат олифа, лакокрасочные материалы, строительное стекло, линолеум, обои и т. п., испытываются в научно-исследовательских институтах (Лакокрасочном, Стекла и других), лабораториях трестов и з-дов. Олифа, лаки и краски испытываются на их чистоту, устойчивость их против действия света, паров, атмосферы, щелочей, к-т. Стекло—на бесцветность, пузырчатость, волнообразность, устойчивость. Линолеум—на степень сопротивления износу истиранием. Обои—на безвредность и устойчивость красок для рисунков.

Лит.: Белявский Л., Коковин В. и Покровский В., Методы испытаний каменных пород, М., 1932; Вавринъок О., Руководство по испытанию материалов, пер. с нем., кн. 2, вып. 4, М., 1928, вып. 5, части 6, 7, 8, М.—Л., 1931; Дементьев К., Технология строительных материалов, ч. 1, Баку, 1930; Эвальд В., Строительные материалы, Л., 1932; Абрамов Н., Введение в курс механич. испытаний материалов, Новочеркасск, 1909; Hirschwald J., Handbuch d. bautechn. Gesteinsprüfung, B., 1912; ОСТ 2929,

2930, 2931, 2945. Исследования новых эффективных материалов; Петров А., Артиктуф, «Строит. матер.», М., 1930, *9—10*; Числиев Д., Артикские туфовые строит. лавы, М., 1930; Михайлов Р., Пемзовые строительные материалы, Москва, 1930; Известняк-ракушечник, «Труды ВИСМ», 1932, вып. 5; Кровельные сланцы, «Труды ВИСМ», 1933, вып. 7; Койфман, Кровельные сланцы Черноморья, «Строит. мат.», Москва, 1931, *6*; Вавриньок О., Руководство по испытанию материалов, пер. с нем., кн. 2, вып. 4, М., 1928, вып. 5, ч. 6, 7, 8, М.—Л., 1931; Августиник А., Методы контроля сырья и изделий промышленных силикатов, Л., 1931; Болленбах и Кифер, Лабораторная книга для глиняной промышленности, Л., 1931; ОСТ 2355, 3702, 4245, 4728, 4729; Лахтин Н., «СП», 1925, *3*, *4*, *6—7*, *10*; Филиппов А., там же, 1925, *1*; Лахтин Н. и Суровцев В., там же, 1926, *6—7*; Шапошников Н., «Строит. мат.», М., 1932, *7*; Таль, там же, 1929, вып. 4; Галкин П., Характеристика московского клинкера, там же, М., 1930, *3*; Бухгарц, Испытание кирпича и клинкера, пер. с нем., там же, 1930, *11—12*; ВИННОРС, вып. 1 и 3, М., 1932; Лагунов Г., Легкий кирпич, «СП», 1930, *9—10* Удальцов и Чибуновский, Производство трепельного кирпича, «Строит. мат.», М., 931, *1* и *4*; Розенталь А., Трепельные строит. материалы, М.—Л., 1932; П. Ю., Рациональные строит. материалы, М.—Л., 1931; Лахтин Н., Данные испытаний гончарной черепицы и методика, «Строит. мат.», М., 1929, вып. 1; Будников П., Керамич. технология, ч. 2, Київ — Харків, 1933; Методы исследования товаров, под общ. редакцией А. Августиника и Воскресенского, Л.—М., 1932; Lunge-Berl, Chemischtechnische Untersuchungsmethoden, 8 Aufl., B. 2, B., 1932; «Tonindustrie-Ztg», B., 1930, *51*, *52*, 1929, *28*; ОСТ 68, 89, 3688, 3689; Шамотный кирпич, «Труды центр. лаборатории укр. огнеуп.-цем. треста», Харьков, 1932; Метод определения термич. устойчивости шамотного кирпича, «Стр. мат.», М., 1930, *11—12*; Шулькин, Исследование динаса из мартена, там же, 1930, *6*; Тальковый кирпич, «Труды ВИСМ», М., 1931, вып. 3; О тальковом кирпиче, «Строит. мат.», 1931, *8*, 1932, *2*; Потапенко, О технологич. исследовании мертвообожженного доломита, «МС», 1931, *5—6*; Longcholen et Ko-Fu-Tsiang, Исследование огнеупорно-магнезит. изделий, пер. с франц., «Строит. матер.», М., 1932, *2*; Килессо С. и Чекасинов М., Производство магнезитового кирпича, там же, 1932, *7*; Футеровка для известково-обжигат. печей, «Труды ВИСМ», 1932, вып. 6; Hirsch, «Tonindustrie-Ztg», B., 1927, *46—47*; Юнг В. и Коршунова, О клинкерно-цементной футеровке, «Стр. мат.», М., 1931, 7; Алексеев, Заводские лаборатории в кирпичной промышленности, там же, 1930, *9—10*; Литинский, Лаборатории огнеупорных изделий, там же, 1931, *6*, *7*, *8*, *9* и *12*; Всесоюзн. конференции заводских лабораторий пром. строит. матер., М., 1931; Вавриньок О., Руководство по испытанию материалов, кн. 2, вып. 4, М., 1928; Дементьев К., Технология строит. материалов, ч. 1, Баку, 1930; Schoch K., Die Mörtelbindestoffe, B., 1928; Lunge-Berl, Chemischtechnische Untersuchungsmethoden, 8 Aufl., B. 2, B., 1932; ОСТ 2643, 2645, 3035; Будников П., Гипс и его исследования, Л., 1933; Nacken R. u. Fill K., Zur Chemie des Gips, B., 1931; Швецов В., Каустич. магнезит, «Строит. мат.», М., 1931, *1*; Чебуков, там же, 1930, *9—10*; Байков А., Исследования над каустич. магнезитом, М., 1913; Либерман, Каустич. магнезит из доломита, «Строит. мат.», М., 1931, *4*; Михайлов Н., Замена каустич. магнезита полуобож. доломитом, там же, 1932, *8*; «Всесоюзн. конференция заводск. лабораторий пром. строит. материалов», М., 1931; Методы испытаний кислых гидравлич. добавок, вып. 1, Комиссия по добавкам НТС, «Силик. промышленность», М., 1931; ОСТ 3042; «Труды ин-та прикл. минералогии», М., 1929, вып. 42; Философов П., Исслед. трепелов и глинотреп. пород, «Строит. мат.», М., 1931, *1*; Дружинин С., Трассы и диатомиты, там же, 1930, *6*; Кинд В., Исследование вулканич. пород Закавказья, «СП», 1926, *11*; Тагамлик В., Нальчикский пепел, «Строит. мат.», М., 1931, *5*; Александров И., Применение артиктуфа для пуццолан. цементов, там же, 1931, *4*; Орлов Е., Доменные шлаки и их использование, Харьков, 1930 (неопублик.); Михайлов Р. и Попов Н., Минеральные заполнители легких бетонов, вып. 1, М.—Л., 1932; Кинд В. и Куроцапов М., Гидравлич. свойства кислых доменных шлаков, «Строит. матер.», М., 1932, *3*; Степанов А. и Петров Ф., Гидравлич. свойства уральск. кислых доменных шлаков, там же, 1932, *6*; Kosfeld, Verwendung von Hochofenschlake zu Beton, «St. u. E.», 1929, *8*; Глебов С., Зола подмоск. угля, «Стр. мат.», М., 1930, *6*; Шемяков В., Зола кашпирских сланцев, там же, 1932, *5*; Кинд В., Использование горючих сланцев для строительных материалов, там же, 1931, *6*; Антоневич К., Гидравлические свойства каолинитовых глин, «Труды гос. научно-иссл. керамич. ин-та» (ТИКИ), 1931, вып. 32; Дементьев К., Технология строительных материало , ч. 2, Баку, 1930; Абрамов Н., Испытание строительных материалов, Новочеркасск, 1909; Материалы по стандартизации строительных материалов, «Цементная промышленность», М., 1930; Schoch K., Die Mörtelbindestoffe, B., 1928; Lunge-Berl, Chemischtechnische Untersuchungsmethoden, 8 Aufl., B. 2, B., 1932; ОСТ 79, 2640, 2641, 2642, 2644, 3709, 4862, 5036, 5157; Кинд В. и Коган Л., Гидравлич. известь Ленингр. области, «Строит. мат.», М., 1932, *11*; Кинд В. и др., Спец. свойства строительных растворов, Л., 1933; Александров И., Пуццол. цем. на основе пемзы и туфа, «Строит. мат.», М., 1932, *4*; Левтонов П., Твердение изв.-диат. растворов, «ЦНИИМ НКПС», М., 1931, сборник 13; Степанов В., Новые строит. материалы Ореховстроя, М., 1932; Глинит-цемент, Информационный сборник ВИСМО, 1932, вып. 2; Бесклинкерный шлаковый цемент, «Научно-исслед. ин-т бетонов», 1931, вып. 9; Кюль Г., Химия цемента в теории и практике, с доп. проф. В. Юнга, Л., 1931; Otzen R., Hochwertiger Zement, Charlottenburg, 1926; Пуццолановые цементы, Научно-технич. комитет НКПС, М., 1927, вып. 71; Строит. материалы, «ЦНИИМ НКПС», М., 1931, сборник 13; Пуццолановые цементы, там же, 1927, вып. 71; Всесоюзная конференция заводских лабораторий пром. строит. матер., М., 1931; Изделия из портланд-цемента и асбеста исследует Асбестовый научно-исследовательский ин-т (АНИ), методы испытаний: ОСТ 2928, 3270, 3271, 450; ОСТ 416, 800, 3043, 3163; Степанов В., Новые строительные материалы Ореховстроя, М.—Л., 1932; Костырко Е., «Сообщен. ин-та сооружений», М., 1929, вып. 1; Вутке О., Шлакобетонные стены, там же, М., 1930, вып. 5; Михайлов Р., Теплый бетон, М., 1927; Попов Н., Теплый бетон, М., 1929; Брюшков А., Газопенобетон, М., 1930; Искусств. строит. пемза (Лаборатория Ленжилтреста), Л., 1932; Кальцинирование глин, «Строит. мат.», М., 1932, *12*; Философов и Щепетов, Исследов. изв.-песч. кирпича заводов СССР, там же, 1929, вып. 4; Михайлов Р. и Попов Н., Минеральные заполнители легких бетонов, вып. 1, М.—Л., 1932; Костырко Е. и Пшеницын П., Керамзит, «Строит. мат.», М., 1931, *2—3*; ОСТ 2571, 3614, 3619, 3620; Лапшин П., Магнез. и изв. терп. фибролит, «Строит. мат.», М., 1930, *4*, 1931, *6*; Гипсолитовые диски, там же, 1929, *4*; Изоляц. плиты из торфа, М., 1932; Лапшин В., Новые строит. материалы из соломы, «Строит. мат.», М., 1930, *7—8*; Воробьев В., Битумино ные кровельные материалы, Москва—Ленинград, 1932.

В. Тарарин.

Технические исследования по аэрогидродинамике касаются гл. обр. различных приложений аэрогидродинамики и авиации. Испытания и исследования производятся на моделях в аэродинамич. трубе (см. *Аэродинамика*) или в свободном полете аэроплана. Для того чтобы по возможности соблюдать при исследованиях закон подобия, аэродинамич. трубы делаются возможно бо́льших размеров. Для лучшего соблюдения этого закона делают аэродинамич. трубы, в к-рых воздух движется, находясь под большим давлением; такие трубы называются трубами переменной плотности. Для исследования сопротивления воздуха на больших скоростях делаются специальные аэродинамич. трубы больших скоростей, в к-рых скорость потока доходит до скорости звука или превосходит ее. Для проверки тех данных, к-рые получены в трубе на моделях, производятся исследования на натуральных объектах в полете. Обстановка и аппаратура опытов в первом случае (в трубах) более удобна и проста, чем во втором, поэтому они и имеют большее распространение. Лишь при исследовании неустановившегося движения, к-рое в аэродинамич. трубах осуществить весьма трудно, прибегают исключительно только к полетным исследованиям. Аэродинамич. испытания контрольного характера производятся, с одной стороны, в аэродинамич. трубах при проектировании самолета и служат т. о. контролем предварительных расчетов, а, с другой,—над натуральным самолетом для выявления его полетных и других качеств. Контрольные испытания крыла состоят в нахождении коэф-та подъемной силы, лобового сопротивления и момента по углу атаки, для модели самолета—коэф-тов подъемной силы, лобового сопротивления и моментов тангажа и рысканья и кре-

на как с нейтральными положениями рулей, так и с отклоненными. Полетные контрольные испытания состоят в нахождении времени разбега и пробега, максимальной скорости на разных высотах, вертикальной скорости на разных высотах и соответственно барограммы полета. Контрольные испытания неустановившихся движений в настоящее время (1933 г.) вследствие большой сложности самой техники эксперимента и малой изученности его не производятся. Научные исследования по аэродинамике ведутся в специальных научно-исследовательских ин-тах, имеющих аэродинамич. лаборатории, оборудованные аэродинамич. трубами. В СССР такие лаборатории имеются в Москве—в Центральном аэрогидродинамич. ин-те, Московском авиационном ин-те, Военно-воздушной академии им. Н. Е. Жуковского, в Ленинграде—в Научно-исследовательском авиационном ин-те, в Харькове—в Харьковском авиационном ин-те, в Новочеркасске—в Новочеркасском авиационном ин-те. Эти же ин-ты проводят и контрольные испытания. Что касается полетных исследований, то они производятся только в Центральном аэрогидродинамическом институте. Контрольные полетные испытания проводятся Научно-испытательским институтом РККА, он производит и т. н. государственные приемочные испытания, а в гражданском воздушном флоте—в Научно-исследовательском ин-те (НИИ ГУГВФ), а также и при опытных заводах.

Лит.: Юрьев Б. и Лесников Н., Аэродинамич. исследования, «Труды ЦАГИ», 1928, вып. 33 (Описание методики эксперимента в аэродинамич. трубах, проводимого в лаборатории им. Н. Е. Жуковского в ЦАГИ с приведением экспериментального материала, полученного в этой лаборатории в 1924—25 гг.); Жуковский Н., Теоретич. основы воздухоплавания, М., 1926 (Классич. работа по теоретич. и прикладной аэродинамике, в к-рой имеется также описание первых аэродинамич. труб, построенных в России); Красильщиков П., О точности аэродинамич. испытаний, «Труды ЦАГИ», 1931, вып. 65 (Исследование случайных ошибок, возникающих при условии проведения одним и тем же лицом целого ряда непосредственно следующих один за другим, совершенно тождественных экспериментов, проведенных в аэродинамической трубе. Полученные результаты кроме освещения специального вопроса могут дать известное общее представление о точности аэродинамич. эксперимента вообще при не слишком сильно меняющихся условиях опыта); Красноперов Е., Экспериментальная динамика, М., 1930 (Описание основ аэродинамич. исследований, методики и аппаратуры); Каплан С., Формуляр прибора C_{mz} Т—I, «Технич. заметки ЦАГИ», М., 1933, вып. 28 (Работа дает возможность ознакомиться с техникой и методикой работы на существующем в трубе ЦАГИ центровом приборе, служащем для испытания моделей на продольную устойчивость. Кроме описания самого прибора дается методика препарировки моделей для испытаний, ведение эксперимента, обработка материала после испытания и знакомство с типичными случаями кривых продольной устойчивости), «Труды Первой всесоюзной конференции по аэродинамике», М., 1932 (Сборник статей как теоретических, так и экспериментальных по актуальным вопросам аэродинамики.) (Среди других имеются статьи: Уханов Н., Оборудование ЭАО ЦАГИ; Ушаков К., Методы регулирования скорости потока в аэродинамич. трубах; Ушаков Б., Повторные испытания металлич. крыла в трубе НК — I; Оглоблин А., Сравнительный анализ продувок дужек по данным Геттингенской лаборатории и лаборатории ЦАГИ; Кожевников А., Сравнительные испытания одного и того же металлического крыла и шара в аэродинамич. трубах СССР и за границей; Журавченко А., О методе решения задачи штопора; Минухин Б., Исследование винтов в полете; Тайц М., Снятие поляры самолета в полете; Победоносцев Ю., Методика и результаты исследования неустановившегося движения самолета; Мартынов А., Труба Т—III ЭАО—ЦАГИ; Уханов Н., Четырехкомпонентные весы трубы Т—I ЭАО—ЦАГИ; Крашенинников Ф., Труба НК старой лаборатории ЭАО—ЦАГИ; Ткаченко Я., Аэродинамич. трубы Харьковского авиационного ин-та); Ноздровский С., Термо-барокамера, «Труды ЦАГИ», 1932, вып. 119; Описание и расчет термо-барокамеры для тарировки приборов, применяемых при исследовании самолетов в нату-ру в полете; Машкевич И., Испытание на скорость, «Техника возд. фл.», 1930, *11* (Описание практич. методов определения скоростей самолета и связанных с этим тарировок указателей скоростей); Тайц М., Тарировка указателя скорости по методу четырехугольника, там же, 1931, *7* (Описание сравнительно простого метода определения скорости самолета, дающего хорошую точность); его же, Определение поляры самолета в полете, там же, 1931, *6* (Описание способа определения поляры Лилиенталя всего самолета при помощи простейших приборов); Минухин Б., Исследование винтов в полете, там же, 1931, *10* (Описание простейшего метода определения характеристик винтов в полете с приведением подробного исследования возможных ошибок); Аузан А., Испытание самолетов на скорость и скороподъемность, там же, 1932, *1* (Описание эксплоатационного метода определения основных характеристик самолета—скоростей по траектории и вертикальной скорости в зависимости от общего веса самолета); Bairstow L., Applied Aerodynamics. L., 1920 (Обширная монография по прикладной аэродинамике, где имеется обстоятельная глава с описанием методики основных экспериментов и аппаратуры); Handbuch d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 4, T. 2, Lpz., 1932 (Обстоятельное описание методов экспериментирования и аппаратуры по аэрогидродинамике); Ower, The Measurement of Air Flow, L., 1933 (Подробное описание методики и аппаратуры по определению скорости движения воздуха).

Экспериментальные исследования по гидродинамике. Эти исследования и испытания относятся гл. обр. к вопросу о протекании жидкостей по трубам, а также к судостроению и к морскому самолетостроению. Первый вопрос относится к сопротивлению протекания жидкости в ограниченных стенках и имеет большое значение в гидравлике. Эти исследования производятся в гидродинамических (где пытаются раскрыть физич. сущность явления) или гидравлических (чисто прикладных) лабораториях, оборудованных специальной аппаратурой в зависимости от характера эксперимента. Исследования судов, гидросамолетов и глиссеров обычно производятся на моделях, которые испытываются на специальной стационарной установке, так называемом гидроканале или опытовом бассейне, который представляет собой длинный прямолинейный канал, над к-рым на рельсах движется тележка, приводимая в движение электромоторами; на этой тележке укрепляется исследуемая модель на специальных весах, с помощью которых и определяется сопротивление модели. В противоположность экспериментированию в воздухе—в аэродинамич. трубе, в к-рой движется воздух, а модель стоит на месте,—в данном случае, наоборот, вода стоит на месте, а модель движется. В силу того что самый эксперимент длится короткий промежуток времени, на том участке канала, где тележка идет в равномерном движении, набрав предварительно нужную скорость, все измерения производятся самозаписывающими приборами (в аэродинамич. трубе обычно отсчеты делаются визуально). Кроме научных исследований в гидроканалах производятся также и контрольные испытания при проектировании судов, гидросамолетов и глиссеров. Все эти исследования относятся только к установившемуся движению. Для проверки исследований на моделях, а также для выяснения качеств построенного образца производятся исследования и соответственно испытания натуральных объектов. Область исследований неустановившихся движений пока относится только к исследованиям в натуру. Гидродинамические или гидравлич. лаборатории имеются при многих высших учебных заведениях, а также в научно-исследовательских ин-тах; гидроканалов в СССР имеется только три: в ЦАГИ (Москва), опытовый судостроительный бассейн УВМС (Ленинград) и в ин-те инженеров водного транспорта (Одесса). Основ-

ные данные первых двух каналов следующие: 1) канал ЦАГИ: длина 210 *м*, ширина 12 *м*, глубина 6 *м*, длина рабочего участка 65 *м*, наибольшая скорость тележки 15 *м/ск*, мощность электромоторов 600 kW; 2) ОСБ: длина 175 *м*, ширина 8 *м*, глубина 5 *м*, наибольшая скорость тележки 4 *м/ск*.

Лит.: Евреинов В., Гидравлика в лаборатории, Л., 1930 (Пособие для студентов, работающих в гидравлич. лаборатории. Описание постановки и производства основных гидравлич. экспериментов); Александров В., Технич. гидродинамика, М., 1932 (В книге имеется специальная глава, посвященная описанию методов измерения скорости движения жидкости); Handbuch d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 4, T. 3, Lpz., 1932 (Подробное описание канала и работы в нем Описание методов гидромеханич. исследований); Кохановский К. и др., Одесский опытовый бассейн системы Велленкампа, «Морское судостроение», Л., 1933, *8*; Павленко Г., Пропульсивные испытания судов, М.—Л., 1932 (Подробное описание методики испытаний судов в натуру с описанием применяемой аппаратуры).

В. Александров.

Технические испытания по двигателям внутреннего горения. Применительно к двигателям внутреннего сгорания следует отличать два типа испытаний. 1) Приемно-сдаточные испытания, имеющие целью установить соответствие данного двигателя технич. условиям заказа; они в свою очередь разбиваются на стандовые и ходовые или эксплоатационные испытания. Первые производятся или на заводских стандах или в лабораториях научных ин-тов. Лаборатории оценивают основные (оговоренные в технич. условиях заказа) показатели работы двигателя в условиях его режима, создаваемого во время испытаний в соответствии с техническими условиями. Вторые, преследуя в основном или ту же цель, что и первые, или имея целью выяснение свойств двигателя в реальных условиях его применения, определяют те показатели, которые характеризуют работу двигателя у потребителя, а именно: характер изменения нагрузки, износ отдельных деталей под влиянием режима работы, применяемого топлива или смазочного масла, охлаждения, качества охлаждающей воды и т. п. 2) Испытания, ведущиеся над двигателем в научных институтах или заводских лабораториях с целью исследования элементов рабочего процесса двигателя.

Приемно-сдаточные испытания двигателей. Испытания стационарных двигателей имеют главной целью установить соответствие мощности двигателя, удельного расхода топлива, масла и воды и степени неравномерности его вращения гарантии, данной заводом-производителем. Для этого двигатель подвергается испытанию при следующих нагрузках: полной в течение 6 час., перегрузке на 10% в течение 1,5 час., затем при нагрузке в $^3/_4$—1 час, $^1/_2$—1 час и при холостом ходе в течение 1 ч. Основные величины, подлежащие определению при этих испытаниях: эффективная и индикаторная мощность, расход топлива на 1 эфф. силочас (и 1 инд. силочас), расход охлаждающей воды, $t°$ воды при входе и выходе, $t°$ отходящих газов и их химический состав, давление пускового воздуха (при дизелях с воздушным распыливанием—давление компрессорного воздуха), для двухтактных двигателей давление продувочного воздуха, давление и $t°$ смазочного масла. Расход смазочного масла обычно определяется только при полной нагрузке двигателя, причем отдельно фиксируется расход масла на смазку рабочего цилиндра (если это допускается конструкцией смазочных устройств двигателя) и расход циркуляционного масла. Кроме того определяется барометрич. давление (если двигатель предназначается для работы в месте с пониженным барометрич. давлением, то это должно быть учтено при заказе и испытаниях).

В отношении главных судовых двигателей приемно-сдаточные испытания преследуют две задачи: установление соответствия характеристик двигателя договорной гарантии и выяснение состояния двигателя после окончания гарантийного срока плавания судна, на к-ром он установлен. В первом случае (опыты проводятся на заводском станде) производится испытание на определение времени, необходимого на пуск в ход холодного двигателя, затем испытание при полной нагрузке с нормальным числом оборотов в продолжение 8 час., испытание с 10%-ной перегрузкой с числом оборотов, равным 103% от нормального, в течение 1 часа при $^3/_4$-нагрузке и числе оборотов в 91% от нормального, при $^1/_2$-нагрузке и числе оборотов в 80 и 63% от нормального и испытание на задний ход. Продолжительность испытаний при $^3/_4$- и $^1/_2$-нагрузке 1 час, а при определении заднего хода 15 минут. В заключение производится испытание действия регулятора при сбрасывании полной нагрузки. По окончании гарантийного срока плавания судна его двигатели подвергаются (если это предусматривалось условиями поставки) вторичному испытанию их при нормальной нагрузке в течение 24 час., затем при числе оборотов, равном 103 и 91% от нормального, и при минимальном устойчивом числе оборотов. Кроме того определяется расход воздуха на пуск и реверс, число пусков и реверсов, возможных без пополнения пусковых баллонов воздухом, и минимальное давление воздуха, достаточное для пуска в ход, и производится определение способности двигателя к маневрированию путем определения времени, необходимого для выполнения различных маневров. Во время испытания главных условий судовых двигателей определяются те же показатели, что и при испытании стационарных двигателей, за исключением того, что эффективная их мощность определяется только при испытании на станде-да; при судовых же испытаниях определению подвергается лишь индикаторная мощность.

Лабораторные исследования двигателей. Т. к. двигатель внутреннего горения является комплексом 4 основных типов процессов—химико-физических, тепловых, гидродинамических и механических,—то лабораторные исследования ограничиваются в зависимости от своего назначения исследованием какого-либо отдельного элемента из указанных процессов. Сам характер таких исследований, преследующих в каждом отдельном случае какую-либо конкретную цель, не позволяет дать общие нормы, и методика исследования должна вырабатываться каждый раз применительно к цели исследования. Из указанных 4 групп процессов можно выделить следующие вопросы, наиболее часто подвергающиеся исследованиям: в области химико-физич. процессов—исследования процессов горения, механизма распада молекул топлива, явлений детонации, влияния состава рабочей смеси, скорости горения, применения утяжеленных сортов топлива или топлив не нефтяного происхождения (торфяные и сланцевые

смолы); из тепловых процессов наибольший интерес привлекают вопросы распределения $t°$ в деталях двигателей, количественное определение тепловых нагрузок и распределение теплообмена в стенках двигателя. В последнее время большие работы поставлены в области гидродинамики двигателей, гл. обр. в отношении исследования процессов продувки двухтактных двигателей, явлений истечения из форсунок, явлений в топливопроводах, процессов в топливных насосах, процессов во всасывательных и выпускных органах двигателей. Из процессов механич. характера наибольшее внимание уделяется ныне вопросам крутильных колебаний, особенно в многоцилиндровых двигателях, и исследованиям «демпферов» для гашения их. В последнее время особый интерес вызвали исследования в области применения «заменителей», т. е. сплавов, заменяющих обычные антифрикционные сплавы, содержащие олово. Если выработка общей методологии таких исследований по указанным причинам невозможна, то представляется возможным все же подвести под всю разновидность перечисленных исследований следующие общие положения: для всех исследований по существу более или менее общей является их цель—изыскание методов повышения цилиндровой мощности двигателя и повышения числа оборотов, что является основной тенденцией современного двигателестроения. Бóльшая часть указанных исследований с каждым годом все больше и больше начинает объединяться общей экспериментальной методикой, характеризующейся отказом от применения механической экспериментальной аппаратуры и переходом на электрические методы исследования как дающие единственную возможность проникнуть в сущность процессов, совершающихся в очень короткие промежутки времени (Kurzzeitforschung); в последнем отношении особенно большие успехи достигнуты в Германии и Америке. Работы по созданию новой методики исследования процессов в двигателях внутреннего горения и выработка соответствующей электрической аппаратуры начаты в последнее время под руководством автора в Научно-исследовательском дизельном институте.

Сеть научных институтов и лабораторий. На сентябрь месяц 1933 года в СССР имелись следующие научные учреждения по двигателям внутреннего горения. 1) Научно-исследовательский дизельный ин-т в Ленинграде, где сконцентрирована бóльшая часть работ по исследованию дизелей и газовых двигателей всех типов, опытно-конструкторская работа и стандартизация дизелей и газовых двигателей. 2) Научный автотракторный ин-т в Москве, являющийся основным ин-том, исследующим автомобили, тракторы и ведущим конструкторскую работу в этой области, равно как и работу по автотракторным дизелям. 3) Центральный научный ин-т авиамоторов в Москве. 4) Научный ин-т гражданского воздушного флота в Москве. 5) Украинский научный ин-т двигателей внутреннего горения в Харькове. 6) Лаборатория тепловых двигателей Московского машиностроительного института. 7) Лаборатория тепловых двигателей Ленинградского машиностроительного ин-та. 8) Лаборатория двигателей Ростовского ин-та инженеров транспорта. 9) Лаборатория Киевского машиностроительного ин-та. 10) Всесоюзный теплотехнический ин-т в Москве. 11) Лаборатория Азнефти в Баку. 12) Лаборатория Грознефти в Грозном. 13) Государственный научный нефтяной ин-т в Москве. 14) Лаборатория двигателей Томского ин-та. 15) Научно-исследовательский ин-т судостроения в Ленинграде. 16) Центральный научно-исследовательский ин-т водного транспорта в Ленинграде.

Лит.: Нормы испытания стационарных дизелей; Нормы испытания судовых дизелей (Разработаны Научно-исследовательским дизельным ин-том в 1932 г. и дают основные материалы, касающиеся приемочных и сдаточных испытаний для указанных двигателей); Сороко-Новицкий В., Методика испытаний автомобильных двигателей, М., 1932 (Ч. 1 является наиболее полной на русском языке книгой, посвященной изложению теории измерительных приборов, применяющихся при исследованиях и испытаниях двигателей, гл. обр. легкого быстроходного типа); Staus, Der Indikator u. seine Hilfseinrichtungen, B., 1911 (Приведен материал по разным типам индикаторов, методам их градуировки, неправильностям индикаторных диаграмм); Gramberg A., Maschintechnisches Versuchswesen, B. 1, Technische Messungen bei Maschinenuntersuchungen u. zur Betriebskontrolle, 5 Aufl., B., 1923, B. 2, Maschinenuntersuchungen u. das Verhalten d. Maschinen im Betriebe, 3 Aufl., B., 1924 (1-й том посвящен подробному описанию отдельных приборов, применяющихся при испытаниях тепловых двигателей, 2-й том содержит технич. правила проведения испытаний паровых котлов, паровых турбин, паровых машин, двигателей внутреннего горения, насосов, вентиляторов, компрессоров, холодильных машин. В конце каждого отдела приводятся результаты типовых испытаний); Haeder H., Der Indikator u. die Kraftanlagen, 3 Aufl., B., 1928 (Содержит описания индикаторов, разбор неправильностей индикаторных диаграмм и методов испытания двигателей); Normen für Leistungsversuche an Verbrennungsmotoren, B. (изданные Союзом германских инженеров); Gasolin Engine Testing Forms, (изданные Society of Automotive Engineers), New York; Diesel Engine Testing Forms, 1928 (изданные той же ассоциацией, дают общую методику испытаний и пересчетов мощности двигателей при разных методологич. условиях); Joudge, Dobbie Farnboro Indikator, «Automobile Engineer», 1923; Jouhasz, Jouhasz Indikator, ibid., 1925; Kluge u. Linck, Piezoelektrische Messungen von Druck u. Beschleunigung, «Z. d. VDI», 1929 (Дает описание пьезокварцевого индикатора); Brand & Vichmann, DVI-Glimmlampen Indikator, «Autotechnische Zeitschrift», 1933; Wawrziniok, Druckanstieg d. Gasgeschwindigkeit, ibid., 1933 (Дает методы электрич. записи мгновенных изменений давлений газовых смесей); Naegel, Versuche an Schnellaufenden Dieselmotoren, «Z. d. VDI», 1932 (Посвящен описанию новых электрич. методов исследования рабочих процессов дизелей); Obata, Electrical Indikator f. High Speed Engines, «Engineering», 1926; Schnauffer, Verbrennungsgeschwindigkeit von Benzin—Benzol Luftgemischen, «Dieselmotoren», Berlin, 1932, H. 5 (Посвящен новым методам определения скоростей горения); Yoachim, Forschung über Dieselmotoren in Amerika, «Z. d. VDI», 1932 (Дает описания методов исследований процессов дизелей, применяемых в крупнейших лабораториях Америки).

В. Гиттис.

Технические испытания авиационных двигателей. К современному авиационному мотору предъявляются следующие основные требования: а) малый удельный и полетный вес (соответственно чистый вес мотора и вес мотора вместе с его агрегатами, горючим и смазочным, поделенный на его мощность); б) надежность работы; в) экономичность расходования топлива и смазочного; г) «высотность», т. е. сохранение мотором своей земной мощности до предельной высоты; д) наименьшие габариты в целях уменьшения лобового сопротивления самолета и удобства «центровки» весов на самолете. Научно-исследовательские и лабораторные работы в области авиационных двигателей развиваются в направлениях, обеспечивающих выполнение следующих основных требований. 1) Собирание и обработка разного информационного материала по испытанию, эксплоатации и производству иностранных и отечественных образцов авиамоторов. 2) Разработка наиболее удобных и точных методов расчета теплового, динамического и на прочность. 3) Испытание мотора на станке (балансирном или жестком с помощью гидротормоза или

электрич. пендель-динамомашины) с целью: а) снятия характеристики двигателя, установления расхода топлива и работы трения в зависимости от числа оборотов двигателя; б) определения среднего эффективного давления при различных давлениях и температурах всасываемого в цилиндр воздуха, при постоянных и переменных оборотах двигателя; в) подбора топлива и смазки; г) проверки тепловой и динамической напряженности двигателя, его надежности и рациональности конструкции; д) снятия искусственным путем «высотной» характеристики двигателя, создавая искусственное разрежение на впуске воздуха в карбюратор или же на впуске и выпуске из мотора (более надежная высотная характеристика снимается в специальных герметически закрытых «высотных» камерах, где создаются требуемые атмосферные условия эксперимента); е) правильной регулировки карбюратора и обеспечения равномерного распределения смеси по цилиндрам. 4) Испытания мотора в полете с целью: а) проверки правильности подбора винтомоторной группы и установки ее на самолете; б) замера мощности и расхода топлива (при наличии специальной динамометрич. втулки). 5) Лабораторные исследования отдельных цилиндров или их групп на специальных установках с целью: а) установления мощности, экономичности, коэф-та наполнения, удельного расхода топлива, количества тепла, отдаваемого в стенки, в масло и уносимого с выхлопом; б) подбора топлива и смазочного, наивыгоднейшей степени сжатия, оборотов, фаз распределения, угла опережения, зажигания топлива, смазки; в) проверки рациональности конструкции и тепловой напряженности цилиндра и отдельных его элементов (головка, цилиндр, поршень, поршневые кольца, клапаны и т. д.); г) определения величины необходимой скорости обдува цилиндров, воздушного охлаждения, коэфициентов теплопередачи ребристых поверхностей, условия капотирования двигателя; д) изыскания прочих способов повышения литровой мощности двигателя и его экономичности. 6) Лабораторные динамич. испытания на специальных установках: а) коленчатых валов с целью снятия резонансной кривой и последующего определения по ней критич. чисел оборотов, коэфициента затухания и напряжений в коленчатом вале; исследования напряжений коленчатого вала с помощью торзиографа; крутильной жесткости коленчатых валов и отдельных элементов с целью определения приведенных длин и расчетов на крутильные колебания; проверки эффективности глушения крутильных колебаний с помощью демпферов; б) клапанных пружин с целью получения форм вибрации и последующего расчета критических чисел оборотов; в) отдельных трущихся элементов для замера баланса работы трения в двигателе и последующего получения методики расчета подшипников. 7) Лабораторные исследования агрегатов двигателя на специальных установках: а) нагнетателей—с целью определения их гидравлического и эффективного кпд или создаваемого ими напора в зависимости от расхода воздуха; проверки рациональности конструкции и выработки наилучших, создания новых типов нагнетателей, обладающих наиболее совершенной регулировкой, эффективностью, наименьшим весом и габаритами; б) карбюраторов—с целью снятия характеристик расхода топлива в зависимости от количества воздуха, перетекающего через карбюратор при различных положениях дросселя, и снятия высотной характеристики, т. е. расхода топлива в зависимости от положения высотного крана при заданном положении дросселя; исследования процесса карбюрации, отдельных элементов конструкции, создания новых типов карбюраторов; в) водяных, масляных и топливных помп, всасывающих патрубков и других агрегатов мотора с конечной целью проверки их работы и отыскания наилучших типов. 8) Лабораторные испытания на специальных установках и научные исследования факторов детонации и способов борьбы с нею; скорости распространения пламени и волн давления; периода индукции у распыливаемого топлива с целью разработки наиболее совершенного рабочего процесса других типов двигателей: а) двигателей внутреннего сгорания на тяжелом топливе; б) двухтактных бензиновых и нефтяных двигателей; в) паровых машин; г) паровых и газовых турбин; д) ракетных двигателей и т. д. 9) Совместные с соответствующими специальными организациями и самостоятельные исследования в области: а) сталей—получение сталей с высшими механич. качествами, специальных жароупорных сталей для клапанов, лопаток, турбокомпрессоров и т. п., изыскание способов получения высокой поверхностной крепости (азотация, хромирование, цементация и т. д.); б) легких металлов—получение легких алюминиевых, магниевых, берилиевых сплавов в литом, кованом и катаном виде с высокими механическими (и жароупорными для нек-рых марок) свойствами, методики тонкостенного литья, его обработки; в) цветных металлов—высококачественные баббиты и прочие специальные сплавы, допускающие большие удельные нагрузки на вкладыш при высоких окружных скоростях и при условии надежной работы шейки вала; г) топлив—проверка удельного веса, перегонки по Энглеру, элементарного и химич. состава, теплопроизводительности, кислотности, упругости паров, статич. и динамич. испаряемости, стабильности, $t°$ вспышки и замерзания, запаха, цвета, антидетонационных свойств; д) масел—проверка уд. веса, $t°$ вспышки по Мартенс-Пенскому и Бренкину, вязкости, индекса вязкости, содержания смол, коксового числа, стабильности, зольности, кислотности, омыливания, иодного числа, $t°_{заст.}$; е) специальных жидкостей для охлаждения цилиндров—определение $t°_{кип.}$, замерзания, теплоемкости, действия на сталь и алюминий, резину, текучести при высоких $t°$; ж) специальных шариковых подшипников с большими числами оборотов (до 25 тыс. об/м. и выше); з) специальных легких пластич. масс—проверка уд. в., крепость при нормальной и повышенной темп-ре. 10) Конструирование, испытание и доводка до серийного производства на основе всех указанных работ новых типов авиационных двигателей. В 1933 г. научно-исследовательской и лабораторной работой по авиамоторам занимались следующие организации: 1) Центральный научно-исследовательский институт авиационного моторостроения (ЦИАМ), Москва; 2) Научно-исследовательский ин-т Военно-воздушных сил (НИИ ВВС); 3) Военно-воздушная академия им. проф. Н. Жуковского, Москва; 4) Научно-исследовательский ин-т Управления гражданского воздушного флота (НИИ ГУГВФ), Москва; 5) Киевский филиал

НИИ ГУГВФ, Киев; 6) Харьковский филиал НИИ ГУГВФ, Харьков; 7) Московский авиационный ин-т (МАИ), Москва; 8) Харьковский авиационный ин-т; 9) Новочеркасский авиационный институт; 10) Казанский авиационный институт; 11) Рыбинский авиационный институт; 12) Учебный комбинат гражданского воздушного флота, Ленинград; 13) Серийные з-ды авиамоторостроения ГУАП.

Лит.: Авиационные двигатели, Общий курс, кн. 1, под ред. А. Заикина и др., М.—Л., 1932; Авиационные двигатели тяжелого топлива, под ред. А. Чаромского, М., 1932; Квасников А., Тепловой расчет двигателей внутреннего сгорания, М.—Л., 1932, Нейман И., Динамика и расчет на прочность авиационных моторов, «Труды ЦИАМ», М.—Л., 1932, вып. 2; Островский А., Курс конструкций и расчетов авиационных моторов, ч. 1, М., 1932; Розенфельд А., Испытание моторов воздушного охлаждения на мулинетках, «Техника возд. флота», М., 1929, *1*; его же, Камера низкого давления Ин-та авиационного моторостроения, там же, 1932, *1*; Шереметев, Об установках для испытания моторов с воздушным охлаждением, там же, 1930, *1*; Левин М., Сравнительные испытания карбюраторов Зенит 55 ТУ и Триплекс серия III на моторе Юпитер, там же, 1930, *3*; Лебедев А., Исследование системы водяного охлаждения мотора Либерти, там же, 1930, *2*; Суслов М., Исследование бензиновых помп, М., 1932; Минкевич И., Свойства, тепловая обработка и назначение стали и чугуна, М., 1932; Кантарович И., Хромистая сталь и применение ее в авиамоторостроении, там же, 1933, *4*; Лугаськов, Магниевые сплавы, их изготовление и применение, М., 1933; Сборник исследовательских работ Технологич. отдела, I—Антифрикционные сплавы, «Труды НАТИ», М., 1931, вып. 14; Панютин П., Стандартизация методов исследования моторных топлив, «НХ», 1932, *2*; Яковлев Н., Стандартизация методов исследования моторных топлив, там же, 1932, *5*; Панютин П. и Ирисов А., «Труды НАТИ», М., 1931, вып. 12, 19 и 21; Пархоменко В., Авиационные смазочные масла, «Нефть», М., 1933, *12*; Шереметев Л., Опыты по охлаждению авиамоторов высококипящими жидкостями, «Техн. возд. флота», М., 1930, *2*; Таблица физич., механич. и химич. свойств пластич. масс, М., 1932; Ricardo H., High Speed Internal Combustion Engines, L.—Glasgow, 1931; Judge A., The Testing of High Speed Internal Combustion Engines, L., 1932; Miller H., Determining Horse Power from Flight Tests, «Airway Age», N. Y., 1930, October; Mucklow G., Experiments with a Supercharged Single Cylinder Unit, «Aeronautical Research Committee Reports a. Memoranda», Wsh., *1932*, *1460*; Shey O., Comparative Performance of Superchargers, «National Advisory Committee Aeronautica (NACA)», Report, 1931, *384*; Shey O., Comparative Performance of Power Tlay Vane Type Supercharger a. NACA Roots Type Supercharger (NACA), Reports, 1932, *426*; Kearton W., Turboblowers a. Compressors, L., 1926; Ostertag P., Kolben a. Turbokompressoren, Theorie u. Konstruktion, B., 1923; Holzer H., Die Berechnung d. Drehschwingungen, B., 1921; Stieglitz A., Der Torsiograph, ein Drehschwingungsmessgerät f. Fahrzeugmotoren, «Deutsche Versuchsanstalt f. Luftfahrt», B. — Adlershof, 1931, *2*; Versuche an Kapsel u. Zahnradpumpen, «Motorwagen», 1927; Hayes O., Induction System, «Automobile Engineer», L., 1932, *293, 294, 295*; Klüssener O., Versuche über den Einfluss von Saug- u. Auspuffrohrlänge auf dem Liefergrade, «Automobiltechnische Zeitschrift», B., 1932, *12*; Gawthrop D., Photograph of the Disturbance which Propagates Detonation to a Charge of Explosive, «Journal of the Franklin Institute», 1932; Buggen N., Hahson D., Heat Treatment a. Annealing of Alluminium a. Its Alloys, L., 1932; Weidinger H., Versuche mit Heisskühlung am Flugmotor, «Ztschr. f. Flugtechnik u. Motorluftschiffahrt», Mch., 1931, *18, 20*; J. R., Routine Testing of Synthetic Plastic Mouldings, «Machinery», L., 1933, v. 42.

Е. Урмин.

Технические испытания в текстильной промышленности. Советская текстильная пром-сть располагает в настоящее время целой системой научно обоснованных и проверенных на производственной практике методов испытания употребляемого в производстве сырья, полуфабрикатов и готовых изделий. Методы эти охватывают все элементы качества исследуемых объектов, свободны от субъективности оценок, присущих старым ручным способам испытания, и дают результаты в форме точных числовых величин. Текстильное сырье (хлопок, шерсть, лубяные волокна, шелк, искусственный шелк разных видов, котонин и пр.) испытывается на зрелость, засоренность, влажность, длину штапеля, тонину волокна, номер, разрывное напряжение, крепость и удлинение при разрыве. Испытания ведутся на специально сконструированных приборах по научно разработанным методич. указаниям. Здесь применяются: микроскоп для определения зрелости—извитости—тонины волокон, кондиционные аппараты для определения влажности, динамометры разнообразных конструкций для измерения крепости—растяжимости—упругости, специальные приборы для измерения длины и тонины, метрического номера и пр. Текстильные полуфабрикаты (пряжа) подвергаются специальным испытаниям на номер, крепость, крутку, ровноту, растяжимость, упругие свойства, влажность, засоренность. Готовые изделия (ткани и трикотаж) исследуются на: размерность, вес, строение, крепость—растяжимость—упругость, истирание, продавливание, ломкость на складках, усадку и на ряд санитарно-гигиенических свойств (например теплопроводность, воздухопроводность, гигроскопичность, водопроницаемость). Технич. ткани имеют свои особые испытания на водоупорность, огнестойкость, газопроницаемость и пр. Каждое специальное испытание имеет свою аппаратуру и методику испытания. Кроме этих физико-механич. испытаний готовые изделия подвергаются многочисленным текстильно-химич. испытаниям: на химич. повреждения волокна в процессах обработки, на прочность окрасок к действию света, стирке, трению, теплу (утюжению), поту, щелочам, к-там, морской воде и пр. Общетехнич. испытания производятся в фабричных и трестовских лабораториях. Испытания повышенного типа и разработка методики и аппаратуры для испытания текстильных материалов ведутся преимущественно в НИТИ и его филиалах (в Иванове, Серпухове, Ленинграде, Ташкенте), в лабораториях по испытанию материалов текстильных втузов и техникумов, а также в научно-исследовательских учреждениях НКЗема и ГОСХИ (Гос. хлопков. инспекция). Лаборатории по исследованию волокнистых материалов имеются: в Москве (при НИТИ, Текстильном ин-те, Текстильном техникуме, Московском текстильном тресте, трестах Пестроткань, Союзтехноткань, Новлубинституте, Инженерно-экономич. ин-те); в Ленинграде (при ЛОНИТИ, Текстильном ин-те, Ниточном тресте); в Иванове (при ИВНИТИ, Ивановском текстильном ин-те); в Серпухове (СЕРПНИТИ); в Ташкенте (при Среднеазиатском НИТИ и селекционных хлопковых станциях); в Харькове (Украинская научно-исследовательская текстильная лаборатория); в Киеве (Текстильный ин-т); в Костроме (Текстильный ин-т и ф-ка им. Ленина); при Ореховском, Калининском, Ногинском текстильных трестах, на ф-ке «Красный Перекоп» в г. Ярославле. Для нек-рых видов испытания имеются стандартные методы, изданные в форме обязательных общесоюзных стандартов (ОСТ), напр. методика механич. испытания хл.-бум. пряжи (ОСТ 5035); длина хлопка-волокна и крепость хлопка-волокна (ОСТ 3757, 3758); методы испытания хл.-бум. тканей (ОСТ 654). В развитие этих стандартов НИТИ выпустил «Инструкцию и правила испытания хлопкового волокна, пряжи и ткани» (1932 г.), предназначенную для руководства фабричных лабораторий и хлопковых з-дов. Советская литература по текстильным испытаниям пока еще немногочисленна и касается

гл. обр. хл.-бум. изделий. Кроме книжной литературы, указанной ниже, много материала по текстильным испытаниям можно найти в специальных журналах («Известия текстильной пром-сти и торговли», «За реконструкцию текстильной пром-сти», «Известия хлопчато-бумажной пром-сти», «Шерстяное дело», «Шелк», «Льнопенько-джутовая пром-сть», «Искусственное волокно», «За новое волокно», «Бюллетени Серпнити», «Бюллетень Ивнити» и др.). Иностранная литература, книжная и журнальная, по текстильным испытаниям в большей части относится к послевоенному периоду и по качествам своим и широте охвата не стоит вообще выше современной советской литературы в этой области. Среди иностранных источников нужно отметить научно-исследовательские статьи, помещаемые в журнале английского текстильного ин-та (Journal of the Textile Institute), издаваемом в Манчестере с 1910 г. Текстильные научно-исследовательские издания имеются в Германии: Textil-Forschung—орган Дрезденского исследовательского ин-та текстильной пром-сти, труды других текстильных ин-тов (в Карлсруэ, Крефельде и др.), в США (Textile Research—орган американского текстильного ин-та, издаваемый с 1932 г.); научные статьи по текстильным испытаниям помещаются также в журнале американского Бюро стандартов—Bureau of Standards Journal of Research.

Лит.: Бобров Ф., Теория и практика испытания тканей и других волокнистых материалов, Киев, 1916 (В 1-й части намечены главные вехи теории товароведения и дан очерк основных положений учения о сопротивлении строительных материалов, на к-ром автор базирует свои выводы по теории текстильных испытаний); Федоров В., Методика качественной оценки текстильных материалов, математич. введение, М., 1930 (Основы вариационной статистики и теории вероятностей в применении к разработке результатов текстильных испытаний); Архангельский А., Руководство по товароведным исследованиям, ч. 1, М.—Л., 1929 (Главы 4—7 посвящены описанию способов испытания волокнистых материалов, пряжи, шпагата, верёвок и канатов и исследованию тканей); Методы исследования товаров, под ред. Августиника и Воскресенского, Л.—М., 1932 (Ч. 3 содержит очерк Лукашевского В., Текстильные товары); Геерман П., Механич. и физико-технич. текстильные исследования, пер. с нем., М., 1930 (Перевод сделан со 2-го издания 1923 г., в 1931 г. вышло новое, 3-е издание, значительно переработанное и дополненное); Сборник НИТИ, Основные свойства хлопкового волокна и методы их определения, М., 1933 (В сборнике статьи Зотикова В. и Федорова В., дающие теоретич. обоснование методов испытания хлопкового волокна); Шемшурин Н. и Соловьев А., Исследование хлопкового волокна, М., 1933; Федоров Н., Практика испытаний хл.-бум. тканей, М., 1933; Горбунков В., Контроль качества пряжи и ткани, 2 изд., М., 1932; Позднияков Б., Физико-механич. методы испытания трикотажных изделий, М.—Л., 1932; Соловьев В., Контроль качества в льняной пром-сти, М., 1932; Николаев А., Шерсть и методы ее исследования, М.—Л., 1930; Труды и материалы комиссии по стандартизации шерсти, под ред. Н. Канарского, М., 1928 (Описаны методы определения основных свойств шерстяного волокна); Труды комиссии для переработки описаний, условий приемки и кондиций поставки тканей в интендантство, т. 2, М., 1913 (Помещены доклады специалистов по методам технич. испытаний тканей); Сим В., Испытание шелка-сырца и его кручение, пер. с англ., М., 1932 (В 1-й части описаны методы и приборы для испытаний шелка-сырца на крепость, согласность и чистоту); Архангельский А., Искусственное волокно, его свойства и методы испытания, М.—Л., 1931; Архангельский Н., Швейные материалы, М., 1929 (Описаны методы испытаний тканей и швейных ниток); Закащиков Д., Текстильная микроскопия, Ташкент, 1931; Магитт М., Микроскопия лубяных растений, 2 изд., М., 1932 (ОСТ 283, 654, 1478, 1997, 2158, 2308, 3757, 3758, 5035); Инструкция и правила испытания хлопкового волокна, пряжи и ткани, М., 1932; Heermann P. u. Herzog A., Mikroskopische u. mechanisch-technische Textiluntersuchungen, 3 Aufl., B., 1931 (Обширный сводный труд, охватывающий все виды физико-механич. испытаний текстильных материалов и изделий, 1-я ч. книги посвящена текстильной микроскопии. Имеется перевод второго издания 1923 г.); Heermann P., Färberei u. textilchemische Untersuchungen, 5 Aufl., B., 1929 (Исследования текстильно-химич. процессов и испытания прочности окрасок); Dubran M., Untersuchungen von Garnen u. Stoffen, B., 1932; Williams J., Textiles on Test, L., 1931, Curtis H., The Testing of Yarns a. Fabrics, L., 1930; Smith G., Testing Strength of Materials (Cotton a. Linen), L., 1922; Lawrie L., Textile Microscopy, L., 1928; Skinkle S., Elementary Textile Microscopy, N. Y., 1930; Hayen G., Mechanical Fabrics, N. Y., 1932 (Испытания технич. тканей, преимущественно авто- и аэротканей); American Society for Testing Materials, Specifications a. Methods of Test for Textile Materials (Перевод издан Оргтекстилем: Нормы и методы испытания текстильных материалов, М.—Л., 1932); A Handbook of Hosiery Testing, Prepared by the U. S. Testing Company, 1930; Германский проект стандарта на методику испытаний волокон, пряжи, ниток и тканей см. в журн. «Melliand Textilberichte», Heidelberg, 1932, *11* u. f. В качестве справочника по текстильным материалам и их механическим, химическим и структурным свойствам и методам испытаний можно рекомендовать книгу Matthews J., The Textile Fibers, 4 ed., N. Y., 1924 и ее немецкую переработку: Matthews J., Die Textilfasern, B., 1928.

Н. Ануфриев.

Научно-исследовательские институты по химии. (Химико-технические испытания см. *Анализ химический.*) Химич. пром-сть является одним из отстающих и в то же время одним из наиболее интенсивно строящихся участков хозяйственного фронта СССР. Это вызвало необходимость высоко поднять у нас научно-исследовательскую работу по химии. В настоящее время эта работа ведется в широкой сети химических научно-исследовательских институтов и лабораторий и объединяется научно-экспертным органом ЦНИС НКТП СССР—Химической научно-исследовательской ассоциацией (НИАХИМ). Эта ассоциация в различных формах осуществляет тесную взаимную связь науки и пром-сти; в частности, ассоциация организует съезды, планирует научно-исследовательскую работу, внедряет законченные исследовательские работы в пром-сть и т. д. Ассоциация имеет секции: 1) неорганич. химии, 2) органич. химии, 3) аналитич. химии, 4) физич. химии, 5) электрохимии. Председателем ассоциации является акад. А. Н. Бах. В химическую ассоциацию входят: Академии наук (Украинская и СССР) с Ин-том физико-химич. анализа и двумя лабораториями, шесть головных ин-тов (Ин-т физич. химии им. Карпова, Ленинградский ин-т хим. физ., Днепропетровский физ.-хим. институт, Уралфизхим, Оптический ин-т, Ленинградский физ.-тех. ин-т), вузовские научно-исследовательские ин-ты и лаборатории (числом 21), отраслевые ин-ты НКТП СССР (числом 52, в том числе 4 института прикладной химии), ведомственные научно-исследовательские ин-ты (12), заводские лаборатории (23), хозяйственные органы (16) и проектирующие организации (5). Кроме того персонально входят 8 академиков и 34 профессора. Учреждения, объединяемые ассоциацией, представляют собой основную массу химических исследовательских учреждений Союза. Бо́льшая часть из них возникла уже после Октябрьской революции. Особенно выросли в этом отношении национальные республики. Напр. недавно Научный химич. ин-т учрежден в Туркмении. На Украине до 1917 г. было 7 научных хим. учреждений, а в 1930 г. их было уже 41. Стержневые проблемы в химич. пром-сти, к-рые будут разрешаться в течение второй пятилетки в химич. исследовательских учреждениях Союза, следующие: высококачественные сложные удобрения, синтетич. каучук, пластич. массы, применение электролиза (азот, алюминий). В области физич. химии—проблемы: природа химич. сил и химич. связи,

строение молекул и более сложных систем, механизм химич. реакций и др. Эти проблемы должны явиться ведущими звеньями в цепи научно-исследовательских работ в ближайшие годы. Большую роль в организации научно-исследовательской работы в Союзе играет Научное инженерно-техническое об-во химиков (НИТОХИМ). Это общество, возникшее в 1931 году, является одним из самых крупных и активных НИТО и объединяет свыше 10 000 научных и производственно-исследовательских работников-химиков. Основной работой НИТОХИМ является постановка и разрешение научно-исследовательских и научно-технич. проблем, выдвигаемых практикой химзаводов. Так, ячейка НИТО Березниковского химкомбината рационализировала работу электролитич. ванны и удвоила ее производительность. Ячейки научно-исследовательских ин-тов организуют литературную и научно-пропагандистскую работу. В ноябре 1933 г. по постановлению VI Менделеевского съезда основано Всесоюзное Научное химич. об-во им. Менделеева.

Следующим организующим началом химич. работы в Союзе является деятельность Химиздата и др. издательских органов. Из химич. журналов, издающихся в Союзе, главные следующие: Химич. журнал (сер. А—«Журнал общей химии», сер. Б—«Журнал прикладной химии», сер. В—«Журнал физической химии»), «Успехи химии», «Украинский химич. журнал», «Известия Украинского научно-исследовательского ин-та физической химии» (Днепропетровск), «Известия Ин-та физ.-химич. анализа» (Ленинград), «Заводская лаборатория» (Ленинград), «Минеральное сырье» (Москва), «Химический рефератный журнал», «Химич. аннотационная картотека», «Журнал химич. пром-сти», «Химстрой», «Калий», «Новости химич. технологии». Кроме того издаются журналы химич. характера по различным отраслям пром-сти, общим числом свыше 120 журналов и трудов ин-тов на русском и украинском языках. С 1934 г. в Харькове начинает издаваться журнал физич. химии на немецком языке (часть статей будет печататься на английском и французском языках). Большое число работ советских химиков печатается за границей. Так, из работ, опубликованных в 1930 г. в «Ztschr. f. phys. Chemie» (Германия), 10% принадлежит советским ученым. В качестве примера организации работы химич. научно-исследовательского ин-та можно привести головной Ин-т физич. химии им. Л. Карпова. Ин-т имеет 10 отделов и самостоятельных лабораторий, в которых изучаются следующие проблемы: 1) Отдел поверхностных явлений: электродные процессы, двойной слой и поверхностные явления на металле, активизированная адсорбция, активация угля, явления смачивания и флотации. 2) Отдел коллоидной химии: лиофильные и лиофобные коллоиды. 3) Рентгенографич. лаборатория: рентгенография и электронография коллоидных и комплексных систем. 4) Лаборатория аэрозолей. Конденсация паров и коагуляция туманов. 5) Отдел катализа: органич. катализ, гетерогенный катализ, химич. кинетика, биологич. катализ. 6) Отдел строения вещества: электрич. свойства молекул, комплексные молекулы, чрезвычайно твердые сплавы. 7) Отдел неорганич. химии: химич. связь, технич. получение окиси и хлорида алюминия из глин, растворы в сжиженных газах (аммиаке), термохимия. 8) Лаборатория фотохимии: фотохимич. реакции и научная фотография. 9) Отдел технич. электрохимии: наращивание металлов и сплавов, оксидирование алюминия, электроотложение редких элементов, структура электроосажденных металлов, хромирование. 10) Лаборатория реакций в распыленном состоянии. 11) Аналитическая лаборатория: разработка методов анализа, методов контроля производств, стандартизация, арбитражные анализы. В ин-те в 1933 г. работало 156 чел. научных сотрудников, 25 аспирантов и 200 чел. обслуживающего и вспомогательного персонала и администрации. 75% научных сотрудников занято экспериментально-теоретич. работами, а 25%—прикладными работами. Бюджет ин-та составил 1,6 млн. руб. (без капитальных затрат). Ин-т совместно с Ин-том химич. физики (Ленинград) издает «Журнал физической химии», периодически созывает конференции по отдельным вопросам физич. химии (на к-рые приезжают иностранные ученые), посылает представителей на съезды за границу.

Лит.: Пятнадцать лет советской химии, Москва—Ленинград, 1932; Каталог выставки мировой химической периодики на VI Менделеевском съезде, Харьков, 1932.

Б. Кабанов.

Технические испытания в области физической химии. Физическая химия — наука, пограничная между физикой и химией, изучающая химич. явления физич. методами. Часто эта наука называется также теоретич. химией (Нернст) и общей химией (Оствальд). Физич. химия была создана как отдельная наука в конце 19 в., когда к химич. явлениям была применена термодинамика (Гиббс и др.) и кинетич. теория газов. В 1887 г. начал выходить журнал «Zeitschrift für physikalische Chemie», самый распространенный журнал по физич. химии. В это же время начал свои знаменитые исследования растворов Вант-Гофф. В последние годы физич. химия растет чрезвычайно интенсивно, используя не только методы классич. физики, но и развивающиеся в последние годы новые методы и отделы физики (экспериментальные, напр. разложение атома, и теоретические, напр. волновую механику). Современная физическая химия основана на представлении о прерывистом строении материи (атомы), электричества (электроны) и энергии (кванты) и в теоретич. построениях пользуется методами кинетич. теории материи, термодинамики и статистики. Физич. химию можно разбить на ряд отделов: 1) учение об атомах и молекулах, 2) учение об агрегатном состоянии (жидком, твердом и газообразном), 3) коллоидная химия и поверхностные явления (адсорбция и пр.), 4) химическое равновесие, 5) термохимия, 6) *электрохимия* (см.), 7) химич. кинетика и катализ и 8) *фотохимия* (см.). В последние годы выделилась новая наука, весьма близкая к физич. химии,—химич. физика. Все отделы физич. химии имеют очень тесную связь с различными областями техники и производства—с металлургией, с химической технологией, пищевой, текстильной пром-стью и т. д. В качестве примера укажем на широкое распространение, особенно в последние годы, адсорбционных методов в промышленности: флотация (при обработке руд), создавшая революцию в металлургии, крашение (в текстильной пром-сти), рекуперация (при обработке газов), адсорбция в военной химии, в аналитич. химии, адсорбционное обесцвечивание в пищевой пром-сти и т. д. Другим примером может служить способ Габера для синтеза аммиака, основанный на применении

термодинамики. Искусственные удобрения, получаемые этим методом, дали увеличение урожая хлеба в Европе, равное всей продукции хлеба в Канаде.

В Советском Союзе под влиянием запросов быстро развивающейся пром-сти физич. химия получила особенно сильное развитие. Основан ряд специальных физико-химич. научно-исследовательских ин-тов. Из них главные: 1) Ин-т химич. физики, Ленинград (вопросы кинетики химич. реакций и катализа, газовые взрывы, поверхностные явления, строение молекулы, электрохимия), 2) Ин-т физич. химии им. Л. Я. Карпова, Москва, с филиалом в Свердловске (вопросы поверхностных явлений катализа, электрохимии, коллоидной химии, строение вещества и волновая механика, строение химич. соединений и др.), 3) Ин-т физико-химического анализа при Академии наук СССР, Ленинград (разрабатываются общие методы определения отношения между составом и измеримыми свойствами равновесных химич. систем и способы применения названных методов к планомерному исследованию металлич. сплавов, жидких, твердых и других растворов), 4) Днепропетровский физико-химич. ин-т (катализ, кинетика химич. реакций, электрохимия и пр.). В ряде химич. вузов основаны кафедры физической химии, при к-рых ведется научно-исследовательская работа (в Москве, Ленинграде, Харькове, Свердловске, Иванове, Одессе, Киеве, Днепропетровске, Перми, Ростове, Воронеже, Томске); кроме того широко развернулась научно-исследовательская работа по физич. химии в многочисленных отраслевых и ведомственных научно-исследовательских ин-тах (всего ок. 40 ин-тов) и в лабораториях ряда (ок. 20) з-дов. В СССР издаются журналы физической химии, один на русском языке («Журнал физической химии»), один на украинском и предполагается выпустить новый журнал на немецком языке. Многие научные работы печатаются за границей. Так, из работ, опубликованных в 1930 г. в «Zeitschrift phys. Chemie» (Германия), 10% принадлежит советским физико-химикам. В организационном отношении имеется секция физической химии при НИТО химиков, а также Ассоциация научно-исследовательских институтов по физикохимии.

Лит.: Эггерт Дж., Учебник физич. химии в элементарном изложении, пер. с нем., 2 изд., М., 1931 (Учебник для вуза и в то же время книга для повышения квалификации связанных с производством химиков и физиков. Изложение сжатое и целостное, гармонично сочетает классические и новые представления. В конце даны 4 ценные дополнительные статьи крупных специалистов); Эйкен А., Основные начала физич. химии, т. 1—2, М.—Л., 1929—30 (Сделан упор на физич. сторону науки. Изложение сравнительно более подробное); Котюков И., Физич. химия, Томск, 1930 (Конспективное изложение лекций, читанных в вузах, содержит теорию, упражнения и описание экспериментов); 2 изд., Томск, 1933, т. 1 (издано с внешней стороны очень плохо); Каблуков И., Основные начала физич. химии (Вузовский курс), вып. 1, М., 1912; вып. 2, 2 изд., М., 1922; вып. 3, М., 1910 (Первый и третий вып. несколько устарели); Оствальд В., Основы физич. химии, пер. с нем., СПБ, 1910 (Изложение ясное, простое, без высшей математики. Материал несколько устарел); Тимофеев В., Физич. химия, 1923; Бродский А., Физич. химия, т. 2, Харьков, 1933 (Химич. термодинамика и статистика, электрохимия и фотохимия); Уоккер Дж., Введение в физ. химию, пер. с англ., 3 изд., М.—Л., 1926 (Книга имеет целью подготовить студента к проработке таких основных курсов, как Эйкен, Нернст и т. п.); Джонс Г., Основы физич. химии, пер. с нем., Одесса, 1911; Керридж Ф., Основы физич. химии для медиков, пер. с англ., 2 изд., М.—Л., 1932; Плотников В., Введение в изучение физич. химии, 1910; Фаянс К. и Вюст И., Физико-химич. практикум, пер. с нем., Л., 1931; Тиль А., Физико-химич. практикум, пер. с нем., М.—Л., 1933; Вознесенский С. и Ребиндер П., Руководство к лабораторным работам по физич. химии, М.—Л., 1928; Кистяковский В., Прикладная физич. химия, ч. 1, Л., 1926; Курбатов В., Введение к изучению и к практич. занятиям по физич. химии, ч. 1, Л., 1926; его же, Физико-химич. теории и приложение их в технике, ч. 2, Л., 1929 (Книга является введением к серии монографий по отдельным вопросам физич. химии, издающейся в настоящее время, и рассчитана на технич. работника, незнакомого с физ. химией); Современные физико-химич. методы химич. анализа, Сборн. статей под ред. С. Щукарева, вып. 1, Л., 1932; Сборн. рефератов по химии, под ред. В. Кондратьева и К. Мищенко, вып. 2, физич. химия и химич. физика за 1930 г., ч. 1, Л., 1931, ч. 2, Л., 1932 (Даны рефераты большинства физико-химич. работ мировой научной литературы за указанные годы. Печатается следующая часть за 1932 г.); Справочник физич., химич. и технологич. величин (Приложение к Т. Э., тт. I—X); Ostwald W., Grundriss d. allgemeinen Chemie, 6 Aufl., Dresden, 1920 (Классический, легко и хорошо изложенный учебник для вузов); Nernst W., Theoretische Chemie (vom Standpunkte der Avogadroschen Regel u. der Thermodynamik), 15 Aufl., Stg., 1926 (Классич. математич. изложение основ физич. химии, имеющийся перевод на русском языке устарел); Taylor H., A Treatise on Physical Chemistry, v. 1—2, 2 ed., L., 1931 (Коллективный труд группы физико-химиков); Jellinek K., Lehrbuch d. physikalischen Chemie, B. 1, 2 Aufl., Stg., 1928 (Основные принципы физич. химии. Учение о жидком агрегатном состоянии чистых веществ), B. 2, 2 Aufl., Stg., 1928 (Учение о твердом агрегатном состоянии чистых веществ, учение о разбавленных растворах), B. 3, 2 Aufl., Stg., 1930 (Учение о статике химич. реакций в разбавленных растворах), B. 4, 2 Aufl., Stg., 1933 (Учение о статике химич. реакций в разбавленных растворах, окончание. Учение о концентрированных смесях. Учение о фазах); Fortschritte d. Chemie, Physik u. physikalischen Chemie, hrsg. v. A. Eucken, serie A u. B (21 т. до 1932 г. вкл.); Handbuch d. allgemeinen Chemie, hrsg. v. W. Ostwald, P. Walden u. C. Drucker, Lpz., 1914—1931 (Вышло 8 томов, 8-й том в двух частях. Справочная настольная книга. Весьма полно собрана литература); Ergebnisse der angewandten physikalischen Chemie, hrsg. v. M. Blanc, B. 1, Lpz., 1931; Eucken A., Suhrmann R., Physikalisch-chemische Praktikumsaufgaben, Lpz., 1928; Ostwald W. u. Luther R., Handb. u. Hilfsbuch zur Ausführung physiko-chemischer Messungen, 5 Aufl., Lpz., 1931 (Хорошее пособие для лабораторной работы по физич. химии); Landolt S., Börnstein R., Physikalisch-chemische Tabellen, 5 Aufl., B. 1, 2, B., 1923, p. 1695, Erster Ergänzungsband, 1927, 2 Ergänz., 1931 (Справочник физич., химич. величин); International Critical Tables of Numerical Data, Physics, Chemistry a. Technology, v. 7, 1926—1930 (Справочник физич., химич. величин, в 7 томах, на англ., нем., франц. и итальянск. языках).

Б. Кабанов.

Технические испытания древесины производит ряд научных учреждений [напр. Центральный аэрогидр. ин-т (Москва), Ин-ты лесного хозяйства и промышленности (Москва — Ленинград), Лесотехническая академия (Ленинград)] и промышленных предприятий (напр. нек-рые деревообделочные фабрики).

Лит.: Савков Е., Методы физико-механич. испытаний древесины, «Труды ЦАГИ», 1929, вып. 37; его же, Исследование физико-механич. свойств древесины сосны, там же, 1930, вып. 62; Чулицкий Н., Исследование физико-механич. свойств древесины сосны, там же, 1931, вып. 73; Сидорин М. и Голубев И., Смолистость сосны и ели и количественное определение смолы в древесине хвойных, там же, 1931, вып. 89; Сафронов Г. и Флаксерман А., Исследование физико-механич. свойств древесины ясеня, березы и клена, там же, 1931, вып. 79; Савков Е. и Мухин Г., Исследование модуля упругости древесины сосны, там же, 1931, вып. 107; Чулицкий Н., Исследование основных физико-механич. свойств древесины дуба, там же, 1932, вып. 121; его же, Исследование водопроницаемости и водопоглощаемости древесины различных пород, там же, 1932, вып. 122; его же, Исследование основных физико-механич. свойств древесины лиственницы, там же, 1933, вып. 148; Чулицкий Н., Определение влажности древесины методом измерения ее электропроводности, «Лесопиление и деревообработка», М., 1932, *6*; Симинский К. и Серенсен С., Упрощенный способ испытания дерева посредством сверления, «Гос. Научно-экспериментальн. ин-т сооружений», М., 1932; Чулицкий Н., Контроль состояния материала при камерной сушке, «Лесопромышленное дело», М., 1930, *9—10*; его же, Исследование режима сушки древесины авиационной сосны, ч. 1, «Труды ЦАГИ», 1932, вып. 120; Сафронов Г., Исследование многослойной березовой фанеры, там же, 1931, вып. 93; Шапиро Д., Исследование свойств еловой стружки для упаковки яиц, «Труды Ленинградской лесотехнич. академии», Л.,

1929, вып. 2; Forsaith C., The Technology of New York State Timbers, New York State College of Forestry, 1926; Koehler A., Properties a. Uses of Wood, N. Y., 1924; Garatt G., Mechanical Properties of Wood, N. Y., 1931, Koehler A., Practical Value of the Botanical Classification of Wood, «American Lumberman», Chicago, 1931. Nov. 7; Stamm A., Density of Wood Substance, Adsorption by Wood a. Permeability of Wood, «Journal of the Physical Chemistry», Baltimore, 1929; Stamm A., The Fiber-Saturation Point of Wood as Obtained from Electrical Conductivity Measurements, «I. Eng. Chem.», 1929, Apr. 15; Stamm A., An Electrical Conductivity Method for Determining the Effective Capillary Dimensions of Wood, «The Journal of Physical Chemistry», Baltimore, 1932, *1*; Hawley L., Wood-liquid Relations, «U. S. Department of Agriculture», Wsh., 1931, Technical Bull. *248*; Stamm A., An Electrical Conductivity Method for Determining the Moisture Content of Wood, «I. Eng. Chem.», 1930, July 15; Suits C. a. Dunlap M., The «Blinker», an Instrument for Determining Moisture Content of Wood, «Southern Lumberman», Nashwille, Tenn, 1930, July 15; Wilson T., Strengthmoisture Relation for Wood, «U. S. Department of Agriculture», Wsh., 1932, Technical Bull. *282*; Newlin J. a. Wilson T., The Relation of the Shrinkage a. Strength Properties of Wood to Its Specific Gravity, «U. S. Department of Agriculture Bulletin», Wsh., 1919; Bienfait J., Relation of Mahner of Pailure to Structure of Wood under Compression Parallel to the Grain, «Journal Agricultural Research», 1926, July 15; Standard Methods of Testing Small Clear Specimens of Timber, «Proc. of the American Society for Testing Materials», N. Y., 1927; Standard Methods for Conducting Static Tests of Timbers in Structural Sizes, ibid., 1927; Newlin J. a. Trayer G., A Method of Calculating the Ultimate Strength of Continuous Reams, «National Advisory Committee for Aeronautics», Wsh., 1930, Report *347*; Markwardt L., Mechanism of Nail Holding, «Wood Working Industries», N. Y., 1931, August; Koehler A. a. Pillou M., Effect of High Temperature on the Mode of Fracture a. Certain Physical a. Mechanical Properties of a Softwood, «Southern Lumberman», Nashwille, Tenn, 1925, Dec. 19; Pillow M., Effect of High Temperature on the Mode of Fracture a. Other Properties of a Hardwood, «Wood Working Industries», N. Y., 1929, Oct.; Longhborough W., Greenhill W., Lakglonds J., Exessive Kiln Temperatures Cost Heavily in Degrade, «Wood Working Industries», N. Y., 1932, March; Mathewson J., Air Seasoning of Wood, ibid., Wsh., 1930, *174*; Truax T., Gluing of Wood in Aircraft Manufacture, «U. S. Department of Agriculture», Wsh., 1930, Technical Bull., *205*; Browne F., Bouse D., «I. Eng. Chem.», 1929, Jan.; Hunt G., Effectiveness of Moisture-Excluding Coatings in Wood, «U. S. Department of Agriculture Circular», Wsh., 1930, *128*; Manual for the Inspection of Aircraft Wood a. Glue for the U. S. Navy, «Forest Products Laboratory», Wsh., 1928; Martley J., Moisture Movement through Wood, The Steady State, ibid., L., 1926, *2*; Monnin M., L'essai des Bois, «International Congress Testing Materials, Advance Paper», Zürich, 1931; Schlyer R., Researches into Durability a. Strength Properties of Swedish Conference Timber, «International Congress Testing Materials, Advance Paper», Zürich, 1931; Gabel E., Hoeffgen H., Versuch über die Festigkeit von rotweisskernigen Rotbuchenholz, «Z. d. VDI», 1931, B. 75, *14*; Graf O., Die Festigkeitseigenschaften d. Hölzer u. ihre Prüfung, «Maschinenbau», B., 1929, B. 8, H. 19; Graf O., Ueber wichtige technische Eigenschaften d. Hölzer, ibid., 1930, B. 9; Stamer J., Die Kugeldruck-Härteprüfung von Holz, «Mitteilungen d. deutschen Materialprüfungsanstalten», B., 1930, *14*; Baumann R., Die bisherigen Ergebnisse d. Holzprüfungen in d. Materialprüfungsanstalten d. technischen Hochschule, Stg.—B., 1922; Kraemer O., Dauerbiegversuche mit Hölzern, «Luftfahrtforschung», Mch., 1930, B. 8, H. 2; Prodehl A., Zur Holzbiegetechnik, «Z. d. VDI», 1931, B. 75, *39*; Hasselblatt, Der Wasserdampfdruck u. die elektrische Leitfähigkeit des Holzes, «Ztschr. f. anorg. u. allg. Chemie», Lpz., 1926, *154*; Warlimont P., Über das Arbeiten des Holzes, «Maschinenbau», B., 1931, B. 10, H. 2; Warlimont P., Künstliche Holztrockung, ibid., 1929, B. 8, H. 9.

Н. Чулицкий.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ—растения, применяемые в качестве исходного сырья в пром-сти. Технич. растения делятся на следующие.

Прядильные — джут, канатник, кенаф, кендырь, конопля, крапива, лен, манильская пенька, новозеландский лен, рами, сансевьерия, сизаль, сунн, хлопчатник, юкка и др. Подробно см. *Банановое волокно*, *Вата*, *Волокна прядильные*, *Джут*, *Лен*, *Линтер*, *Льнопрядение*, *Пенька*, *Рами*, *Рафия*, *Хлопкопрядение*, *Хлопок*.

Красильные растения — *гуммигут* (см.), ива, *кампешевое дерево* (см.), куркума, *марена* (см.), *сумах* (см.) и др. См. также *Красящие вещества* естественные.

Дубильные растения—*бадан* (см.), *вяз* (см.), *дуб* (см.), ива, *кермек* (см.), маклюра, *ольха* (см.), *сумах* (см.) и др. См. также *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 110.

Каучуконосы—см. *Балата* (балатовое дерево), *Гвайюла*, *Каучук*, *Тау-сагыз*, *Хондрилла*.

Камедистые и смолистые растения—см. *Акаэю*, *Акароидная смола*, *Акациевые камеди*, *Аммиачная смола*, *Асафетида*, *Бделлий*, *Гальбан*, *Гуммигут*, *Даммар*, *Живица*, *Канифоль*, *Мирра*, *Оппопонакс*, *Осмол*, *Подсочка*, *Скипидарно-канифольное производство*, *Смолы*, *Эвфорбий*.

Растения, дающие различные химические вещества: а) лекарственные вещества, например камфору, кокаин, кофеин, опий, стрихнин, хинин и пр. См. *Алкалоиды*, *Лекарственные растения*, *Наркотические растения*, *Опий*, *Табак*; б) технические вещества, напр. воски (карнауба, мирика, сумах). См. *Воски*.

Растения масличные, см. *Масла растительные*, *Арахидное масло*, *Бегеновое масло*, *Бобовое масло*, *Буковое масло*, *Горчичное масло*, *Какао-масло*, *Касторовое масло*, *Клещевина*, *Конопляное масло*, *Кунжут*, *Льняное масло*, *Маисовое масло*, *Маковое масло*, *Миндальное масло*, *Оливковое масло*, *Ореховое масло*, *Пальмовое и пальмоядерное масла*, *Перилловое масло*, *Рапсовое масло*, *Соя*.

К числу технич. культур следует отнести и такие растения, как пшеница, рожь, кукуруза, свекла, чайное дерево и т. п., дающие сырье, к-рое перерабатывается в различные пищевые продукты и технич. фабрикаты. См. *Виноградарство*, *Виноделие*, *Винокурение*, *Зерно*, *Картофель*, *Крахмал*, *Патока*, *Сахарное производство*, *Соя*, *Топинамбур*, *Чайное дерево*, *Экзоты*.

В этой статье даются дополнительные материалы о кенафе и кукурузе.

Кендырь (Apocynum sibiricum Pall.) принадлежит к семейству кутровых (Apocynaceae). Растение многолетнее, стебли его достигают 4—4$^1/_2$ *м* длины при средней толщине 5—6 *мм*. Сильно развиты корни, расположенные горизонтально на различной глубине в зависимости от почвенных соотношений (см. *Волокна прядильные*).

Население Узбекистана и Таджикистана издавна использует кендырное волокно (кабык и турку) на приготовление веревок и сетей. Сети из кендыря славятся своей особой доброкачественностью, уловистостью, т. к. кендырное волокно имеет большой уд. в. (в 1,5 раза больше уд. в. хлопка), оно крепче многих других волокон (кендырное волокно дает разрывную нагрузку 60÷70 *кг/мм*^{2}) и при обычных условиях пектиновому брожению не поддается. Кендырем в научном и текстильном мире начали интересоваться с конца 19 в. В 1926 г. ВСНХ СССР при Главхлопкоме было организовано Кендырное бюро, которому было поручено изучение возможности промышленного использования кендыря. В результате 3-летней работы Кендырного бюро было установлено, что: 1) дикие заросли кендыря промышленного значения иметь не могут; 2) кендырь поддается культивированию в полевой обстановке; 3) задача получения из стеблей волокна и прядение этого волокна на хл.-бум. агрегатах особых затрудне-

ний не представляет и м. б. организовано в промышленном масштабе.

Способы разведения кендыря можно подразделить на две группы: семенные и вегетативные. К первой группе принадлежит разведение непосредственно семенами и корнями рассады. Ко второй группе—разведение отрезками корней, черенками ветвей и стеблей и отводками. Практически в настоящее время широко применяется разведение корнями рассады. По мере расширения площади под кендырем повидимому в большей мере будут применяться способы разведения семенами в грунт и отрезками корней.

Участок под кендырный рассадник д. б. с хорошим, ровным рельефом, имеющим небольшой уклон. Почвы под рассадник выбирают легкие, достаточно аэрируемые, без склонности к образованию корней. Норма высева 7—10 *кг* семян 100%-ной с.-х. годности на 1 *га*. Ширина грядок рассадника берется обычно 30—40 *см*; арычки между грядками поверху имеют 60—65 *см*. Срок посева определяется с 10/IV по 10/VI в зависимости от района. После посева дается непрерывный полив в течение 8—10 суток. Гидромодуль питомника можно считать равным 10—11 тыс. $м^3$. Через $2^1/_2$—3 мес. растение готово к пересадке на плантацию; в этот момент оно имеет 11—13 пар листочков. С 1 *га* питомника в среднем можно получить материала для засадки 25—30 *га* плантаций. На 1 *га* плантации высаживается 70 000 штук корней. На плантации ширина междурядий принимается в 60—65 *см* при расстоянии в ряду между корешками 20—25 *см*. Посадка может производиться весной и осенью. Глубина заделки при весенней посадке 7—9 *см*, при осенней 12—14 *см*. Примерный гидромодуль для первого года жизни плантации равен $2^1/_2$—3 тыс. $м^3$, для второго года 2—$2^1/_2$ тыс. $м^3$. Помимо поливов в первый и второй год жизни плантации необходимо время от времени производить обработку междурядий с целью удаления сорняков и рыхления верхнего слоя почвы. Первый урожай, годный для переработки, кендырная плантация дает в конце второго или третьего года времени ее закладки. Примерный урожай определяется в 5 *т* воздушно-сухих стеблей с 1 *га*. Лучшим моментом для уборки кендыря считают конец цветения—начало завязывания листовок.

Стебли кендыря содержат 30% листьев, 15% луба, 55% древесины. Стебли кендыря обычно сильно ветвисты. Волокна в лубе стеблей по своему качеству значительно выше (имеют более равномерный штапель и бо́льшую длину), нежели волокна в лубе веточек.

В обычных условиях кендырные стебли мочке не поддаются. Это и явилось причиной нахождения других, более совершенных методов первичной обработки кендыря. Стебли подвергают сначала обработке на декортикаторах для отделения луба от древесины и части эпидермиса. Луб, полученный из декортикатора, освобождается от остатков древесины на трясилке и бреккер-карде. Кардованный луб (15% от веса стеблей) поступает в котонизационную машину. В качестве последней служит переконструированная шерстомоечная машина (сист. Петри-Макнот или Кранц). В котонизационной машине луб проходит через ванны с горячим (80°) щелочным раствором (0,5—1,0% NaOH) при условии отношения материала к воде 1 : 40, затем через ванны с теплой водой (40°) и через ванны с эмульсией (1% машинного масла). Освобожденный от пектиновых веществ и эпидермиса материал рыхлится на волчке (сист. Гартман), сушится в сушилке ленточного типа (сист. Бенно-Шильде) и вновь рыхлится на волчке (сист. Виллов). Обычно после котонизации луб теряет 40÷50%. Кендырь-сырец прочесывается на ватных машинах и в зависимости от сорта кендыря идет в прядение по вигоневому, кардному или гребенному способу. Элементарное кендырное волокно отличается большой длиной. Есть сорта, имеющие среднюю длину волокна, равную 50—55 *мм*. Штапель кендырного волокна неоднороден. Диаметр волокна в среднем колеблется 12 ÷ 22 μ. Ткани из кендыря отделываются без затруднений. Кендырный луб может котонизироваться и биологич. способом. Кендырный луб содержит недостаточное количество азотистых веществ, могущих служить для питания бактерий, ведущих пектиновое брожение. Добавляя к мочильной жидкости мочевину, можно заставить процесс пектинового брожения проходить нормальным образом. В случае биологических способов котонизации аппаратура котонизационного предприятия состоит из следующих предметов оборудования: мочильные бассейны, промывные машины (шерстомойные ванны), прессы для отжима, рыхлительные волчки и сушилки ленточного типа.

В последнее время проделана большая работа по выяснению возможности утилизации отбросов кендыря. Кендырные листья содержат большое количество каучука и м. б. использованы для его получения. Кендырная костра м. б. использована для получения *фурфурола* (см.), для приготовления бумаги, строительных и изоляционных материалов, а также служить в качестве топлива. См. также *Волокна прядильные*.

5 декабря 1929 г. ЦК ВКП(б) вынес особое постановление о разведении и использовании кендыря; согласно этому постановлению Кендырное бюро было выделено из Главхлопкома и реорганизовано в самостоятельный трест «Кендырь-Рами». По годам темп роста посевов кендыря был установлен следующий: 1929/30 г.—5 000 *га*, 1930/31 г.—45 000 *га*, 1931/32 г.—145 000 *га*, 1932/33 г.—300 000 *га*. В августе 1930 г. трест «Кендырь-Рами» был соединен с акц. об-вом «Кенаф», и работы по разведению и использованию кендыря ведутся с этого времени получившейся в результате слияния организацией—«Новлубтрестом».

Лит.: Беляев А., Библиография кендыря, «Кендырь-рами», М., 1930, *3—4*; Русанов Ф., Кендырь в долине реки Или, М.—Алма-Ата, 1930; Берлянд С., Кендырь, М.—Л., 1931; Авиром С., Стебель и элементарное волокно кендыря в связи со сроками уборки, «Кендырь-рами», М., 1930, *3—4*, стр. 32; Галкин В., О декортикации кендыря, там же, стр. 126; Геккер П., Биологическая котонизация лубяных растений, Опыты биологич. котонизации луба кендыря и рами при использовании лучистой энергии, там же, стр. 61; Потапов А., Прядение кендыря на бумагопрядильных машинах, «Бюллетень Кендырного бюро», Москва, 1928; Троицкий Б., Химический состав кендыря в связи с процессами бактериальной мочки, там же; Год опытной работы над кендырем, там же, 1927, *2*; Галкин В. и Крагельский, Конвейерный процесс промышленной котонизации, «За новое волокно», Москва, 1931, *1—2*; «Бюллетень Кендырного бюро», М., 1927—1929; «Кендырь-рами», Москва, 1930; «За новое волокно», Москва, 1931.

В. Галкин.

Кукуруза, Zea mays, однолетнее травянистое растение. Этот вид делится на 8 разновидностей, к-рые в свою очередь подразделяются на сорта, число к-рых в настоящее время достигает 2 000. Наибольшее распространение и промышленное использование имеют следующие пять разновидностей кукурузы: зубовидная, кремнистая, мягкая (или крахмалистая), сахарная и лопающаяся (см. табл. 1).

Кукуруза принадлежит к наиболее распространенным зерновым культурам, занимая в мировой зерновой продукции равное место с пшеницей, хотя и уступает ей по размерам посевной площади. Доминирующая роль в мировом производстве кукурузы принадлежит США, где ежегодно занято под ее посевами ок. 40 млн. *га* (свыше 50% всех мировых посевов кукурузы). По сборам роль США еще больше: в среднем они составляют 60% мировой продукции.

В мировой продукции кукурузы СССР занимает четвертое место по размерам посевной площади под кукурузой. Культура кукурузы является сравнительно новой для многих райо-

нов СССР, где возможно успешное ее возделывание. До сих пор кукуруза занимает второстепенное место в полеводстве Союза, хотя посевная площадь под нею быстро возрастает с довольно значительными колебаниями по отдельным годам (в тысячах *га*): 1913 г.—1 417; 1922 г.—2 552; 1925 г.—3 231; 1929 г.—3 519; 1930 г.—3 918. Средний сбор кукурузы за период 1909—13 гг. в пределах СССР был равен 13 350 тыс. *ц*, а сборы за 1926—29 гг. уже выражались в след. цифрах (в тыс. *ц*): 1926 г.—32 663, 1927 г.—33 983, 1928 г.—33 790, 1929 г.—42 100. До 1930 г. посевы кукурузы сосредоточивались в единоличном секторе (95—98% всех посевов). В связи с перестройкой всей системы ведения с. х-ва и расширением посевной площади под кукурузой в коллективных х-вах и совхозах уд. в. единоличного сектора в посевах кукурузы стал резко снижаться (так, в 1930 г. уже снизился до 53,5%). По размерам урожайности кукуруза в $1^1/_2$—2 раза превосходит все другие зерновые культуры, колеблясь в среднем для всего СССР в пределах от 6—7 *ц/га* (в неурожайные годы) до 13,5 *ц/га* (в урожайные). По отдельным районам урожайность кукурузы в полевых посевах достигает 26,2 *ц/га* (совхоз им. Сталина), а в отдельные годы и выше этой цифры.

Зерно кукурузы в зависимости от сорта составляет 30 ÷ 55% веса всего растения и состоит из трех главных частей, различимых невооруженным глазом: 1) наружной тонкой оболочки и кончиков, к-рыми зерно прикрепляется к стержню початка, 2) эндосперма, представляющего смесь крахмала и протеина, и 3) зародыша. Химич. состав зерна наиболее распространенных в СССР сортов кукурузы определяется средними данными (на абсол. сухом веществе), приведенными в табл. 2 (в %).

Стебель кукурузы в зависимости от сорта составляет 40 ÷ 60% веса всего растения и имеет высоту 45 *см* ÷ 5,2 *м* в зависимости от сорта, климатических и почвенных условий. Обычная высота стебля в основных кукурузных районах СССР 1—2 *м*. Химич. состав зрелого кукурузного стебля характеризуется однородностью физически различных его частей и выражается (по Веберу) следующими средними данными, представленными в табл. 3 (в %).

Пектина и пектиновой кислоты в кукурузном стебле не обнаружено. Кочерыжка представляет собою стержень початка, на к-ром укреплены зерна кукурузного растения. Кочерыжка составляет 20—25% по весу початка и 7—10% по весу всего растения; она состоит из трех резко различающихся по внешнему виду частей: костры, составляющей 23—25% веса кочерыжки, деревянистой части, на которую приходится 73,5—75,5%, и сердцевины, составляющей 1,5—1,7% веса кочерыжки. Состав воздушно-сухой кочерыжки близок к составу стеблей.

Промышленное использование кукурузы. Зерно кукурузы является первоклассным видом сырья с.-х. происхождения для многочисленных и различных между собой промышленных производств. Кукуруза как индустриальное сырье характеризуется следующими свойствами: 1) кукуруза очень транспортабельна; 2) при нормальной влажности зерна (13—15%) может храниться без потерь неопределенно долгое время; 3) вследствие этого кукуруза допускает без затруднений непрерывное в течение всего года производство; 4) кукуруза представляет выдающийся концентрат крахмала (до 70%); 5) транспортабельность и хорошая сохраняемость кукурузы вместе с высокой степенью концентрации в ее зерне крахмала допускают организацию производства в чрезвычайно крупном масштабе, недостижимом для других видов сезонного, объемистого, скоропортящегося с.-х. сырья; 6) почти все производства на кукурузе не имеют потерь,

Табл. 1.—Разновидности кукурузы и их характеристика.

Разновидность	Сорта, культивируемые в СССР	Вызреваемость	Районы СССР	Примечания
Зубовидная	Лиминг, стерлинг, миннезота 13, миннезота 23, броунконти, чикко и-кинг	Позневызревающая	В районах с теплым климатом	Стебель достигает 180—520 *см*, початок 15—30 *см*
Кремнистая	Бессарабка (молдаванка), грушевская, чиквантино-оранжевая, северно-дакотская, белая розенбергская, спасовская, безенчугская	Скороспелая	В большинстве кукурузных районов (с более суровым климатом)	Повышенное содержание протеина (до 14,5%), высота растения до 100—300 *см*
Мягкая или крахмалистая	Айвори-кинг	Скороспелая	С. Кавказ, ЦЧО, Нижнее Поволжье	Повышенное содержание жира
Сахарная	Золотой бентам, ранняя жемчужина, вечнозеленая Стоуэлла, сельский джентльмен, нуэтта	Скороспелая	Все кукурузные районы	Хороша для консервирования и для продовольственных целей в недозрелом виде
Лопающаяся	Белая рисовая, красная рисовая, белая перловая, желтая просовидная	—	Южные кукурузные районы	Хороша для производства крупы, низкий % содержания крахмала, высокий % протеина, мелкое зерно

Табл. 2.—Химический состав зерна кукурузы (пяти разновидностей).

Сорта	Гигроскопич. вода	Зола	Сырой протеин	Жир	Крахмал
Кремнистые	14,87	1,32	12,28	4,85	65,50
Зубовидные	15,40	1,35	11,28	4,23	66,20
Крахмалистые или мучнистые	11,23	1,20	11,90	5,68	65,30
Сахарные	13,56	1,44	12,57	8,10	60,77
Лопающиеся	15,50	1,11	14,23	4,60	59,18

Табл. 3.—Химический состав кукурузного стебля.

Состав	Наружная оболочка	Волокна	Сердцевина	Во всем стебле
Пентозаны	25,9	26,4	27,7	27,6
В том числе в целлюлозной массе	16,6	13,1	12,2	11,2
Лигнин	33,5	35,2	32,0	34,3
Целлюлозная масса	55,9	50,2	50,1	52,6
В том числе целлюлозы	39,3	37,1	37,9	38,4

вследствие чего выход продукции, считая по весу переработанного зерна, равен почти 100%. Промышленное применение имеют также стебель и кочерыжки; они идут на производство целлюлозы, бумаги, картона, изоляционных досок, продуктов сухой перегонки, фурфурола, клея, пластич. масс и пр. 7) Получаемые при переработке кукурузы отходы являются превосходными концентрированными кормами с содержанием протеина до 26—27%. Масло, получаемое из кукурузных зародышей, имеет высокую технич. и пищевую ценность (см. *Маисовое масло*). 8) Кукуруза—наиболее дешевая зерновая культура, что в связи с перечисленными ее свойствами как индустриального сырья обусловливает очень низкую себестоимость всех продуктов ее переработки (нек-рые из отраслей кукурузной индустрии приобрели в США гигантские размеры и мировое значение).

1. Крахмально-паточное и кукурузно-сахарное производства по их размерам и значению занимают первое место в кукурузной индустрии. Процесс производства кукурузного крахмала и декстрина аналогичен процессу производства этих продуктов из картофельного сырья (см. *Крахмал* кукурузный и картофельный и *Декстрин*). Производство патоки и сахара из кукурузного крахмала имеет в основе тот же процесс гидролиза, каким получается патока и сахар из картофельного крахмала, с той лишь разницей, что для осахаривания крахмала вместо H_2SO_4 применяют HCl.

Кроме того осахаривание производится обязательно под давлением обычно в медных или бронзовых конвертерах. Давление в конвертере поддерживается острым насыщенным паром при $t°$ 130÷140°, чему соответствует давление 2—2,5 *atm*. Во все время нахождения в конвертере крахмальное молоко находится в состоянии кипения. Характерной особенностью кукурузно-паточного и кукурузно-сахарного производства является удаление жира из сиропа. Последующие операции фильтрации и упаривания сиропа тождественны с таковыми же, применяемыми при производстве патоки и сахара из картофельного крахмала. Процесс производства кукурузного сахара в основном происходит по схеме производства патоки и на той же аппаратуре, за исключением кристаллизации и рафинирования, представляющих специфич. особенности кукурузно-сахарного производства. Кроме того осахаривание крахмала в конвертере ведется значительно дольше, чем при производстве патоки, с расчетом, чтобы получилось возможно больше сахара. Профильтрованный и уваренный в вакуум-аппарате сироп охлаждается в холодильнике до 45° и затем перекачивается в кристаллизаторы, в к-рых оставляется 25—30% утфеля от предыдущей кристаллизации. Это необходимо для лучшей кристаллизации сахара и для получения кристаллов крупного размера и нужной кристаллографич. формы, обусловливающей в дальнейшем нормальное отделение кристаллов от межкристальной жидкости при рафинировании на центрифугах. При кристаллизации выделяется значительное количество теплоты, вследствие чего кристаллизаторы имеют водяную рубашку, в к-рую поступает холодная вода, охлаждающая кристаллизующуюся массу. Однако $t°$ этой воды д. б. ниже $t°$ массы в кристаллизаторе не более чем на 8—8,5°, иначе из-за переохлаждения массы возможно выпадение множества мелких, т. н. ложных, кристаллов, к-рые затруднят последующее центрифугирование. Кристаллизация утфеля первого продукта продолжается около 3 суток. По окончании кристаллизации утфель поступает в перемешиватель, а оттуда для пробелки в центрифугу. Кристаллы сахара в центрифуге отделяются от маточного раствора, называемого зеленой патокой, к-рая идет на производство желтого сахара. Из центрифуг сахар выходит с 17—20% кристаллизационной и гигроскопической воды. Для удаления гигроскопич. воды, составляющей ~$^1/_2$ влажности сахара, выходящего из центрифуг, сахар направляется в сушилку, в к-рой он сушится при $t°$ не выше 60°, т. к. при более высокой $t°$ возможно плавление кристаллов сахара. Хорошо пробеленный на центрифугах сахар должен содержать не менее 99,5% чистого сахара (при пересчете на абс. сухое вещество). Уваренная в вакуум-аппарате зеленая патока охлаждается в холодильнике до 45° и направляется в кристаллизатор второго продукта, где смешивается с 25—30% утфеля предыдущей кристаллизации. Утфель второй кристаллизации для отделения желтого сахара поступает в центрифуги. Из центрифуг второго продукта получается желтый сахар и оттек (гидрол) с содержанием 70—72% сахара, используемый обычно для производства кормовых смесей и дубления кож, хотя возможно его использование для получения этилового спирта. Желтый сахар, полученный на центрифугах, растворяют в горячей воде или в белой патоке, получаемой при фуговании первого продукта, а затем направляют на угольную фильтрацию и оттуда на выпарку. Выход продуктов как основных, так и побочных колеблется в зависимости от сорта и качества перерабатываемого зерна. Так напр.,

СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА КРАХМАЛОПРОДУКТОВ ИЗ КУКУРУЗЫ



Фиг. 1.

американские заводы получают в среднем из кукурузного зерна: крахмала 58,0%, глютеновой муки 16,1%, мезги (оболочка кукурузного зерна) 12,5%, замочной воды 7,1%, жмыха 3,6%, кукурузного масла 2,7%. Производство крахмалопродуктов из кукурузы имеет место почти во всех странах, возделывающих кукурузу. Кукурузная крахмалопромышленность США характеризуется резко выраженным процессом концентрации производства на предприятиях очень крупного масштаба, полным использованием всех отходов производства и очень низкой себестоимостью продукции (фиг. 1). До 1923 года производившийся из кукурузы сахар не отличался достаточной чистотой и белизной и почти не имел пищевого применения. В 1923 г. Newkirk (США) нашел способ производства кукурузного рафинированного сахара, оказавшийся рентабельным в заводском масштабе. Высо-

кие пищевые достоинства нового продукта и его дешевизна позволили ему быстро завоевать рынок несмотря на длительное перепроизводство и сильную конкуренцию тростникового и свекловичного сахара. Кукурузный рафинированный сахар нашел разнообразное применение в различных отраслях пищевой промышленности. Кукурузный рафинированный сахар при одинаковой питательности с тростниковым и свекловичным сахаром примерно процентов на 30 менее сладок, что делает его менее приторным и допускает соответственно увеличивать норму его потребления. Продукты, приготовленные на кукурузном сахаре, отличаются более приятным вкусом, чем приготовленные на тростниковом или свекловичном сахаре. Ценится также свойство кукурузного сахара не заглушать аромата и вкуса других составных частей изделий, например сливок, ягод, фруктов. После войны 1914—18 гг. стала создаваться крупная кукурузная крахмалопром-сть в Германии, Италии, Англии, Голландии и Франции. В СССР кукурузная крахмалопром-сть была представлена до 1914 г. четырьмя небольшими полукустарными з-дами: 1 в Одессе и 3 на Сев. Кавказе (2 в сев. Осетии и 1 в Ингушетии). В 1923 г. был переоборудован для работы на кукурузе крупнейший в СССР паточный з-д «Красный профинтерн» близ Ярославля, перерабатывающий в настоящее время ок. 40 тыс. *m* кукурузы в год. В 1928/29 г. пущен в ход новый кукурузнокрахмальный завод в Кабардино-Балкарской области с возможностью переработки 16 тыс. *m* кукурузы в год. В конечном итоге уд. в. кукурузных крахмалопродуктов с 1% до 1914 г. поднялся в СССР до 25—30% всей крахмально-паточной продукции. Со вступлением в эксплоатацию комбината при ст. Беслан, рассчитанного на переработку 58 тыс. *m* кукурузы ежегодно, и особенно после осуществления намеченного кукурузносахарного комбината на переработку 400 тыс. *m* кукурузы в год советская кукурузная крахмально-паточная пром-сть займет второе место в мировом производстве кукурузных крахмалопродуктов. Вместе с тем и в общем балансе производства крахмалопродуктов в СССР удельный вес кукурузного сектора поднимается до 75—80%.

К у к у р у з н о е м у к о м о л ь н о-к р у п я н о е п р о и з в о д с т в о—очень давнего происхождения. Мука и крупа из кукурузы принадлежат к числу наиболее дешевых, а по своему составу очень мало отличаются от состава муки и крупы, получаемых из других зерновых культур. Химич. состав и калорийность кукурузы, кукурузной муки и крупы и других злаков даны в табл. 4.

Обычно муку выпускают двух видов: а) простого помола, часто без предварительного удаления зародышей кукурузного зерна, и б) тонкого помола с обязательным предварительным удалением зародышей. Каждый из этих видов делится на сорта в зависимости от чистоты, тонкости помола и пр. Основной особенностью кукурузного мукомолья является операция по удалению зародыша, являющегося причиной плохой сохранности кукурузной муки и крупы вследствие разложения жирных к-т жира, содержащегося в зародыше. Отделение зародышей производят на д е г е р м и н а т о р а х или при помощи обыкновенных вальцовых станков, приспособленных для указанной цели соответствующим изменением нарезки вальцов. Остальные процессы кукурузного мукомолья

Т а б л. 4.—Х и м и ч. с о с т а в (в %) и к а л о р и й н о с т ь п р о д у к т о в и з к у к у р у з ы и д р у г и х з л а к о в.

Продукты	Влажность	Протеин	Жир	Углеводы	Минер. вещества.	Cal
Кукуруза (целое зерно)	10,8	10,0	4,3	73,4	1,5	3 720
Пшеница (целое зерно)	10,6	12,2	1,7	73,7	1,8	3 600
Кукурузная мука, простой помол, просеянная	12,0	8,9	4,9	73,2	1,0	3 720
Кукурузная мука крупичатая	12,5	9,2	1,9	75,4	1,0	3 550
Кукурузная мука, тонкий помол	12,6	7,1	1,3	78,4	0,6	3 530
Пшеничная мука	12,0	11,4	1,0	75,1	0,5	3 540
Кукурузная крупа крупнозернистая	10,8	8,3	0,5	80,1	0,3	3 580
Кукурузная крупа мелкозернистая	11,0	9,4	0,7	78,6	0,3	3 580

тождественны с процессами, применяемыми для других видов зерна (см. *Мукомольная промышленность*). Переработка кукурузы в муку и крупу в СССР до 1926 г. имела место только в Закавказьи, в нек-рых районах УССР и в национальных областях Сев. Кавказа, причем производство это носило резко кустарный характер. Наркомторг организовал с 1926/27 г. перемол кукурузы в широком масштабе, для чего в первую очередь было приспособлено несколько мельниц на Сев. Кавказе, чем и положено основание промышленному кукурузному мукомолью в СССР. В 1928/29 г. были построены специальные кукурузные мельницы в г. Нальчике (Кабардино-Балкарск. обл.) и при ст. Назрань (Ингушетия). Строительство в этом направлении интенсивно развивается.

П р о и з в о д с т в о э т и л о в о г о с п и р т а. Кукурузное зерно—широко распространенный материал для винокурения. Обычно в парники Генца поступает цельное зерно и варится в них под давлением 4—4,5 *atm* в течение ок. часа. Из генцев масса давлением пара выдувается в заторный чан, и далее процесс винокурения идет обычным способом, применяемым к другим видам винокуренного сырья. Выход спирта в среднем 44—45° из 16 *кг* сухих припасов. Для кукурузного винокурения особенно применим амиловый способ, или с п о с о б ч и с т о г о б р о ж е н и я. Отличительной особенностью этого способа является осахаривание крахмала бактериологич. путем, причем весь процесс ведется в стерильных условиях. При этом способе осахаривание производят культурой плесневых грибков: Amilomyces-*β* или Mucor Delimar, вырабатывающих диастатич. энзимы. Процесс осахаривания и брожения ведут в закрытом чане. Распаренную массу припаса выдувают в чан и охлаждают до 35—40° при одновременном продувании стерильного воздуха. Осахаривание при продувании воздуха и работе мешалки продолжается ок. 20 час. Следует заметить, что мукоровые дрожжи дают сравнительно слабое сбраживание, а потому по достижении осахаривания прибавляют настоящих дрожжей (при *t*° 30°). При амиловом способе избегается ряд потерь и увеличивается выход спирта до 52° из 16 *кг* сухого припаса с содержанием крахмала в 60%, что является рекордным выходом при современном состоянии винокуренной техники. Зародыш кукурузного зерна является балластом при винокурении, понижающим производительность оборудования и ухудшающим качество спирта. В условиях еди-

ного планового хозяйства СССР возможно снабжение винокуренных з-дов вместо цельной кукурузы грубо дробленой на мельницах, с предварительным удалением зародышей, которые могут быть использованы для получения масла. Барда кукурузного винокурения отличается хорошими кормовыми достоинствами. Винокуренные заводы обычно являются базами откорма мясного скота на барде, что в значительной мере повышает доходность предприятия. В СССР ежегодно перекуривается ок. 200 000 *т* кукурузы с довольно значительными колебаниями в ту или другую сторону по отдельным годам. Удельный вес кукурузного спирта достигал у нас в отдельные годы 40% и не спускался ниже 20% от общей спиртовой продукции, тогда как в довоенное время (1913—1914 гг.) он равнялся только 15%.

Ацетоно-бутиловое производство, основанное на сбраживании крахмала кукурузного зерна, возникло во время войны 1914—18 гг. под влиянием быстро возраставшей потребности в ацетоне для производства бездымного пороха (кордита). Ацетон до 1914 года гл. обр. производился в Австрии, во время войны 1914—18 гг. его производство было налажено в Англии (способ Фернбаха, усовершенствованный Х. Вейцманом). Опыт Англии в производстве ацетона по способу Вейцмана был перенесен в США, где в 1919 году образовалось специальное об-во (Commercial Solvent Corporation) для эксплоатации ферментативного способа получения ацетона из кукурузы. В 1923 г. тем же об-вом был пущен з-д в Пеории (Иллинойс)—самый крупный з-д в мире по производству ацетона и бутилового спирта. Процесс делится на четыре главные стадии: 1) приготовление муки и кашки, 2) развитие культуры брожения, 3) ферментация и 4) дистилляция. В начале целью производства был ацетон, к-рый один шел в дело, а бутиловый спирт, получавшийся в двойном количестве по сравнению с ацетоном, считался отбросом. Кроме того терялось большое количество водорода и углекислоты, вес к-рых в $1^1/_2$ раза больше веса смеси при ферментации. В настоящее время бутиловый спирт имеет широкое применение как первоклассный растворитель нитроцеллюлозных лаков, употребляемых в автомобильной и авиационной отраслях пром-сти. Весь водород и часть углекислоты превращаются в синтетический метанол согласно реакции: $CO_2+3H_2 = CH_3OH+H_2O$, а остающаяся углекислота находит себе применение как «сухой лед». Выход продукции при ацетоно-бутиловом сбраживании кукурузы определяется в среднем в 24% и состоит из ацетона, бутилового спирта и метилового спирта при соотношении 6 : 3 : 1. Первый в СССР кукурузный ацетоно-бутиловый з-д работает в Грозном. Ацетоно-бутиловое производство представляет большой интерес также в связи с расширением технич. применения алкоголя, в частности в качестве горючего для моторов. По калорийности продукты ацетоно-бутилового брожения эквивалентны этиловому спирту, получаемому из того же количества кукурузы. Но по сравнению с этиловым спиртом они имеют существенные преимущества, а именно: 1) смесь продуктов ацетоно-бутилового брожения совершенно непригодна для питьевого употребления из-за неприятного вкуса и запаха и 2) она обладает большей калорийной ценностью, считая на единицу объема. Барда, получаемая при ацетоно-бутиловом производстве, по своей питательности равноценна барде, получаемой при выработке этилового спирта.

2. Кукурузное пивоварение. Кукуруза может замещать в пивоварении ячмень, причем максимум замены, установленный опытом, не превышает 35—40% во избежание ухудшения вкуса и аромата пива. Широкое применение при изготовлении так наз. венского и богемского пива кукуруза находит в ряде стран (Канада, США, Франция, Бельгия и др.). Для пивоварения применяется обезжиренная кукурузная крупа, в к-рой содержание жира не должно превышать 1%. Допускаемый предел содержания жира в кукурузной крупе м. б. повышен при уменьшении % примеси кукурузы к ячменю. Т. к. белковые вещества кукурузы не только не образуют экстракта, но и мешают образованию его из крахмала, то для пивоварения наиболее подходящими сортами кукурузы являются те, к-рые содержат наименьшее количество белковых веществ. Применение кукурузы в пивоварении удешевляет производство, т. к. кукуруза дешевле ячменя. Кроме того пиво, приготовленное с примесью кукурузы, более чисто и светло, чем при пользовании другими примесями. Предпочитаются обыкновенно белые сорта кукурузы.

3. Производство кукурузных «хлопьев» принадлежит к числу производств т. н. готовых завтраков, имеющих очень широкое применение в США в виду большого их удобства, усвояемости и питательности. Состав (в %) и калорийность хлопьев определяются следующими средними данными:

Влажность	7,3	Углеводы	78,4
Протеин	10,1	Минерал. вещества	2,4
Жир	1,8	Калорийность, Cal	3 700

Для производства «хлопьев» употребляют белые сорта кукурузы. Кукурузное зерно подвергается обычной предварительной очистке, после чего оно дробится на вальцах. Зародыши отделяются, а дробленое зерно просевается на цилиндрич. бурате с целью удаления шелухи и мелких частиц, идущих в отход (используемый в качестве корма). Предназначенный для дальнейшей обработки продукт варится в течение $2^1/_2$ час. в сиропе, состоящем из отвара солода с прибавлением сахара и соли. Пропитавшаяся в должной мере раствором крупка затем высушивается до содержания влаги 10—12% и после этого идет на вальцы для расплющивания в лепестки (пересушенную крупку во избежание дробления распаривают в течение ок. 30 мин. и после этого пускают на плющильные вальцы). Вальцы работают при давлении до 40 *кг/см²* и во время работы охлаждаются изнутри водой. Диам. вальцов ~ 500 *мм* и длина ~ 600 *мм*. Во избежание прилипания расплющиваемой массы к вальцам они вращаются с разной скоростью (75 и 60 об/м.). Расплющенная в тонкие листы кукурузная крупка поджаривается в жаровне, откуда выходит в виде тонких желтоватого цвета хрустящих лепестков, упаковываемых в картонные коробки разной величины для розничной продажи. Кукурузные «хлопья» вырабатывают также и в Англии, но по несколько упрощенной схеме, дающей больший выход продукции, но более низкого качества. В Москве имеется большой завод по производству хлопьев.

4. Консервирование кукурузы в промышленном масштабе в США развилось в значительную отрасль, по размерам продукции занимающую равное место с томатным произ-

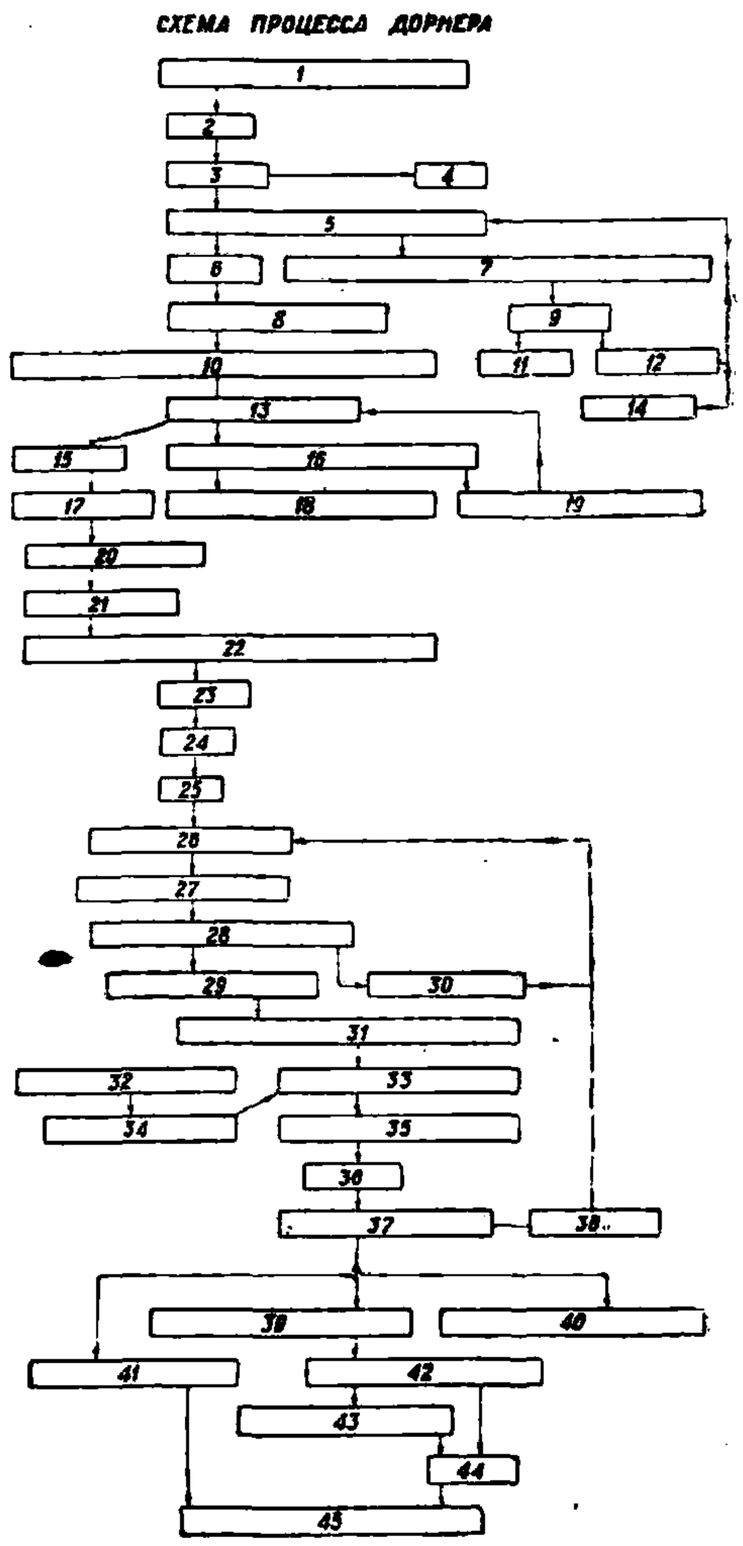
водством. Для консервирования применяются исключительно сладкие сорта кукурузы (Кросби, вечнозеленая Стоуэлла, Золотой Бентам, Жемчужина, Сельский джентльмен). Консервируется сахарная кукуруза в недозрелом виде, в стадии восковой спелости. Консервы из кукурузы производятся двух видов: 1) консервы из целых зерен и 2) консервы из кукурузной кашицы. Для получения консервов хорошего качества необходимо, чтобы применяемая для рассола вода была мягкой и содержала возможно меньше извести и магния, так как большое их содержание затрудняет проникновение рассола в зерна кукурузы. Точно так же соль д. б. чистой от примесей. Отходы кукурузно-консервного производства (обертки, кочерыжки) являются хорошим сочным кормом в свежем виде и превосходным материалом для силосования. Поэтому многие америк. консервные з-ды имеют силосные башни для силосования как получающихся производственных отходов, так и стеблей, свозимых с поля. В СССР производство консервов кукурузы началось в 1930 г.

5. Производство кормов из кукурузы является значительной отраслью промышленности, имеющей большое народнохозяйственное значение. Зерно кукурузы является отличным дешевым углеводистым кормом, но с недостаточным содержанием протеина и минеральных солей, необходимых для образования мускулов и костяка животного. Поэтому для получения надлежащих результатов при скармливании кукурузы, особенно молодым растущим животным, необходима примесь других кормов, богатых протеином и минеральными солями. Этот результат достигается применением комбинированных кормов.

6. Кукурузное масло. См. *Маисовое масло*. Получающийся при производстве кукурузного масла жмых или шрот обычно смешивается с другими отходами основного (кукурузнокрахмального, мукомольно-крупяного, комбикормового и др.) производства для получения наиболее полноценного корма. Нек-рая часть кукурузного жмыха размалывается и поступает в продажу под названием жмыховой муки.

7. Целлюлозно-бумажное производство, основанное на использовании в качестве сырья кукурузных стеблей, возникло в 1927 году (США), хотя возможность получения высококачественной бумаги из кукурузных стеблей была известна уже в 17 веке. Ряд попыток промышленного производства бумаги из кукурузных стеблей однако не имел прочного успеха вследствие конкуренции дешевой древесины. Вопрос о применении кукурузных стеблей для производства бумаги получил положительное решение после открытия Б. Дорнером (Венгрия) способа, оказавшегося рентабельным в заводской практике. Этот способ был усовершенствован инженерной опытной станцией Айовского колледжа (США). Процесс производства дан на схеме (фиг. 2, где *1*—кукурузный стебель в тюках, *2*—резка, *3*—циклон, *4*—пыль, *5*—вращающийся промыватель, *6*—волокно, *7*—пыль и растворимые в холодной воде вещества, *8*—крошильная машина, *9*—фильтр, *10*—выщелачивание противотоком горячей воды, *11*—осадок, *12*—фильтрат, *13*—фильтр Оливера, *14*—выпарка, *15*—волокно, *16*—фильтрат с растворенными веществами, *17* — взвешивание, *18*—выдача готового продукта после выпарки, *19*—чан для обратного приема, *20*—варочный котел, *21*—спускной чан, *22*—промыватель Оливера и обезвоживатель, *23*—волокно, *24*—била, *25*—чан, *26*—ротационное сито, *27*—пульсирующее сито, *28*—обезвоживатель Оливера, *29*—бумажная масса, *30*—чистая вода, *31*—закром для неотбеленной массы, *32*—чан с белильным раствором, *33*—отбельная установка, *34*—белильный раствор, *35*—промыватель Оливера, *36*—сборник, *37*—бумажная машина, *38*—чистая вода, *39*—размельченная бумажная масса, *40*—резка бумажной массы на листы, *41*—сушилка для бумаги, *42*—сушилка для бумажной массы, *43*—упаковка в тюки, *44*—пресс, *45*—склад).

При производстве целлюлозы по способу Б. Дорнера выход целлюлозы колеблется в пределах 38—40% при выработке 70%-ной альфа-целлюлозы, считая на воздушно-сухое вещество. Выход 90%-ной альфа-целлюлозы равен ~33%. Кукурузная целлюлоза—высокого качества и в америк. условиях значительно дешевле древесной. Производившиеся в СССР опыты в лаборатории Института бумажной промышленности и затем заводские варки бумаги из кукурузных стеблей доказали целесообразность налаживания кукурузно-бумажного производства в Союзе ССР (в кукурузных районах). Кукурузные стебли в большинстве являются отбросом при возделывании кукурузы, и промышленное рациональное их использование является большой народнохозяйственной задачей.



Фиг. 2.

8. Производство изоляционных досок из кукурузных стеблей очень схоже с процессом производства картона, чем они в сущности и являются, большей или меньшей плотности и толщины в зависимости от назначения. Кукурузные доски легковесны, нетеплопроводны, незвукопроводны, очень прочны и легко поддаются внешней отделке (штукатурка, покраска). Эти свойства кукурузных досок делают их отличным строительным материалом для самых разнообразных целей. Горят кукурузные доски значительно медленнее древесины и кроме того могут быть пропитываемы огнестойкими веществами. Средний выход досок по данным проф. O. R. Sweeney равняется 77%, считая на сухое вещество стеблей. Если считать, что 1 *га* кукурузы в кукурузных районах СССР дает в среднем ~ 2 *т* стеблей, то это обеспечивает возможность ежегодного получения с каждого *га* посевов кукурузы 1,5 *т* изоляционных досок.

9. Сухая перегонка кукурузных кочерыжек не имеет пока промышленного

применения, однако лабораторные исследования установили, что по выходам уксусной и муравьиной кислот и метилового спирта и по процентному их содержанию в подсмольной воде кукурузные кочерыжки могут служить хорошим материалом для получения указанных выше продуктов. Значительное количество легкокипящих альдегидов, кетонов и эфиров, а также легких масел, которые получаются при перегонке отстойной смолы, обусловливает возможность получения ряда ценных побочных продуктов.

10. Для производства *фурфурола* (см.) на основании исследовательских работ, проведенных в СССР и США, могут быть использованы кукурузные кочерыжки. Выход фурфурола из кукурузных кочерыжек при заводском производстве равен в среднем 10% от веса сырья, что составляет около половины теоретич. выхода. Отброс, составляющий не менее $^3/_5$ веса исходного материала и состоящий из слегка обугленной клетчатки, м. б. использован для получения из него активированного угля (работы А. С. Сипягина).

11. Кукурузный клей получается из пентозанов кукурузной кочерыжки и обладает хорошей клеящей способностью, немногим уступающей таковой мездрового клея. Недостатком кукурузного клея является его легкая растворимость в воде. Основным процессом при получении клея является разваривание кочерыжек под давлением 8—10 *atm* в течение около 20 минут. Вода, диффундируя в клетки тканей кочерыжки, извлекает из них наибольшее количество растворимых в ней пентозанов. После этой операции кочерыжка, ставшая темной и совершенно мягкой, отделяется от жидкой фазы и прессуется. Из 1 000 *кг* воздушно-сухой кочерыжки, содержащей 10% влаги, получается 280 *кг* абс. сухого клея (31,1%). Установившегося метода получения клея из кукурузной кочерыжки еще нет, и все это дело не вышло из исследовательской стадии. Анализ получавшихся образцов клея: 63,0% пентозанов, 15,8% редуцирующих веществ, 3,45% протеина сырого, 1,85% золы.

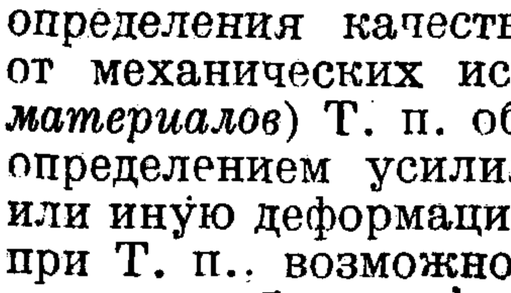
12. Различные второстепенные виды промышленного использования кукурузных стеблей и кочерыжек довольно многочисленны, но все они незначительны по размерам и в большинстве не имеют установившихся методов производства. Наиболее значительным и установившимся надо считать производство в США из кукурузных кочерыжек курительных трубок, известных под названием миссурийских. Большой интерес представляет возможность получения из кукурузных кочерыжек суррогата каучука типа бакелита. Размельченная кукурузная кочерыжка, обработанная соляной кислотой и фенолом, образует массу, близкую по своим свойствам к каучуку и допускающую отливку в любую форму. Измельченные кукурузные кочерыжки также применяются с успехом при изготовлении линолеума как заменитель пробковой муки. При обработке кочерыжки под давлением разведенными минеральными к-тами получается раствор ксилозы, могущей служить для питания диабетиков. Сироп ксилозы м. б. брожением переведен в уксусную, молочную и янтарную к-ты и спирт. Мелко размолотая кукурузная кочерыжка дает муку, применяемую при изготовлении эвбиолита, в качестве примеси к пище диабетиков и во всех случаях, где применяется древесная мука. При варке кочерыжки с каустич. содой получается масса, к-рая после пропуска ее через шаровую мельницу и просушки дает майцолит—продукт, схожий с вулканизованной фиброй. Майцолит хорошо поддается механич. обработке и употребляется для различных мелких поделок. Он очень крепок и обладает хорошими электроизолирующими свойствами. В производстве свинцовых белил кукурузная кочерыжка заменяет дубильную кору. Обработка кочерыжки азотной к-той дает щавелевую к-ту, причем около 80% азотной к-ты м. б. регенерировано.

Лит.: Батыренко В. и Войтчишин Н., Сорта кукурузы в отношении химич. состава зерна, Харьков, 1927; Бендин В., Культура кукурузы, М., 1912; Казинцев А., О химическом составе местных и др. сортов кукурузы из различных пунктов Сев. Кавказа, Днепропетровск, 1930; Кожухов И., Руководство к аппробации кукурузы, Л., 1930; Меркер-Дельбрюк М., Винокуренное производство, пер. с нем., Тверь, 1907; Мирик Г., Кукуруза, пер. с англ., М., 1913; Монтгомери Е., Возделывание кукурузы, пер. с англ., Прага, 1923; Никитинский Я., Крахмальное производство, М., 1899; Паншин Б., Сахароносные растения технич. значения, Л., 1929; Чекотилло А. и Каган Б., Кукуруза, ее значение в реконструкции и рационализации народного хоз-ва СССР, М., 1930; Чекотилло А. и Богаевский Г., Использование кукурузы, М., 1931; Аджер Д., Производство крахмала, глюкозы и побочных продуктов из кукурузы, «Русский мельник», П., 1915, *7*, *8*, *11*; Захаров П., Добывание масла из кукурузы, «Америк. техника», Нью Иорк, 1928, *8*; Ислентьев П., Применение маисового крахмала в текстильной пром-сти, «Известия текстильной пром-сти и торговли», М., 1927, *13*, *14*; Литкенс Е., Фитин и его производство на Волжском паточно-химич. з-де «Красный профинтерн», «Пищевая пром-сть», М., 1926, *9—10*; его же, Выбор сырья для кукурузно-крахмального производства, там же, М., 1928, *2*; Логинов А., Новый упрощенный способ стерильного винокурения, там же, М., 1929, *4*; Острозецер Б., Опыт переработки кукурузы в муку и крупу, «Советское мукомолье и хлебопечение», Л., 1927, *8*; Соляков А., О помоле кукурузы и использовании кукурузного зародыша, там же, М., 1928, *6*; Чайка В., Опыты винокурения из кукурузы Айвори-кинг, «Совхоз», М., 1928, *4*; Шустов А., Кукурузно-крахмальная пром-сть на Кавказе, «Пищевая пром-сть», М., 1924, *10*; Ярошевский М., Чистый и смешанный помол кукурузы, «Советское мукомолье и хлебопечение», М., 1928, *6*; Чекотилло А., К вопросу о выборе сорта кукурузы для промышленной переработки, «Пищевая пром-сть», М., 1925, *4—5*; его же, Обзоры крахмало-паточной промышленности США, там же, М., 1925, *6—7*, *11—12*; 1928, *12*; 1929, *7*; его же, Кукурузная индустрия и ее научно-исследовательские задачи, «Социалистич. реконструкция сельского х-ва», М., 1930, *12*; его же, Производство целлюлозы из кукурузных стеблей, «Бумажная пром-сть», М., 1929, *4—5*; Allen P., Industrial Fermentation, N. Y., 1926; Arnold L., The Utilisation of Agricultural Wastes, Ames Iowa, 1928; Auden H., Starch and Starch Products, L., 1922; Cross C. and Bevan E., Cellulose, N. Y., 1916; Lane I., Starch, Its Chemistry, Technology and Uses, 1928; Henry W. and Morrison F., Feeds and Feeding, Chicago, 1928; Moffet G., The Manufacture of Cornstalk, N. Y., 1928; Parow R., Handbuch der Stärkefabrikation, B., 1928; Rommel G., Farm Products in Industry, N. Y., 1928; Sherman H., Food Products, N. Y., 1925; Sweeney C., The Commercial Utilization of Cornstalks, Ames Iowa, 1930; Sweeney O. and Arnold L., Cornstalks as an Industrial Raw Material, Ames Iowa, 1930; Sweeney O. and Emley W., Manufacture of Insulating Board from Cornstalk, Wsh., 1930; Schorger A., The Chemistry of Cellulose and Wood, N. Y., 1926; Anon, Manufacture of Anhydrous Coctalling Dextrose, «Chem. Age», L., 1923, *31*; Arnold L., Refined Dextrose and the Sugar Industry, «Fact about Sugar», N. Y., 1926, *21*; Bryant A., Manufacture of Corn Starch, Corn Sirup and Corn Sugar, «Amer. Food Journal», 1927, *12*; Gabriel C. and Grawford, Development of the Butyl-Acetonic Fermentation Industry, «Ind. Erg. Chem.», 1930, November; Hartford C., Making Boards from Cornstalks at Dubuque, «Paper Trade Journal», 1930, October; Hartford C., «Ind. Erg. Chem.», 1930, December; Peterson C. a. Hixon, Chemical Examination of the Tissue of the Cornstalks, ibid., 1929; Rossman J., Cornstalks in Paper Makirg, «Paper Trade Journ.», 1930, December; Roger A., Kamm O., Marvel C., Furfural, «Bul. University of Illinois», *43*; Woodruff J., Synthetic Metanol and Ammonia from Butyl Fermentation Gases

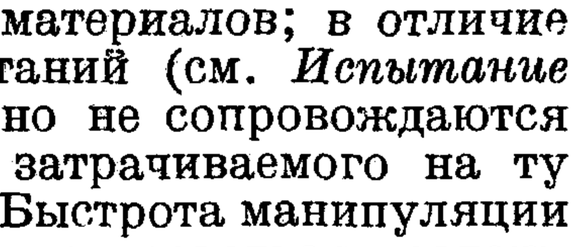
«Ind. Eng. Chem.», 1927, Octob.; Webber H., Cellulose from Cornstalks, там же, 1929, 3; Davidson J. and Gollins E., Harvesting Cornstalks for Industrial Uses. «Bul. Iowa State Col.», 1930, Nov. **А. Чекотилло.**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЫ, испытания, выявляющие способность металлов и металлосплавов подвергаться определенным деформациям (упругим и пластическим) или иным внешним воздействиям, подобным тем, которые материал должен испытывать при обработке и в условиях дальнейшей службы в виде изделий. Т. п. являются упрощенным методом определения качества материалов; в отличие от механических испытаний (см. *Испытание материалов*) Т. п. обычно не сопровождаются определением усилия, затрачиваемого на ту или иную деформацию. Быстрота манипуляции при Т. п., возможность пользоваться несложными приборами и наглядность получаемых результатов позволяют широко применять Т. п. в производстве для массового контроля качества материала и целых деталей. Т. п. применяются для проверки ковкости, упругости, ломкости при различных $t°$, свариваемости, обрабатываемости инструментом. Т. п. подразделяются на следующие категории: испытание загибом; испытание закручиванием; испытание расплющиванием; испытание выдавливанием; испытание на развертывание; испытание на двойной кровельный замок; испытание на раздачу, обжатие и бортование труб.

Фиг. 1.

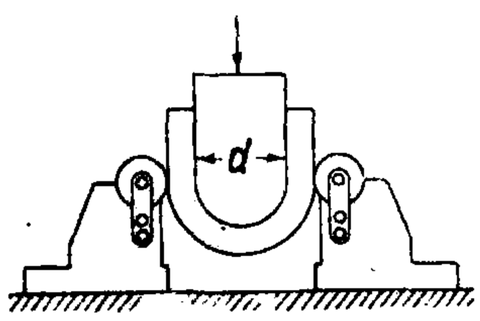


Фиг. 2.

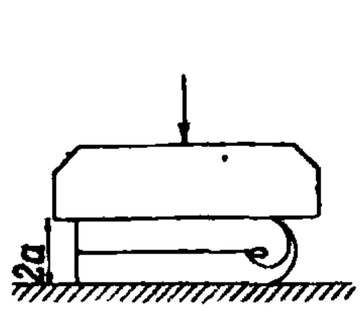


Испытания производятся как с холодным, так и с нагретым до разной $t°$ металлом. Т. п. особо важны в сталелитейном деле, когда суждение о качестве металла необходимо иметь в самом процессе получения и требуется быстрый и наглядный метод испытания.

I. Гибочные пробы. 1) Испытанием на загиб определяется способность материала давать больший или меньший угол изгиба без появления трещин. Проба на загиб в холодном или нагретом состоянии берется согласно общесоюзному стандарту (ОСТ 1683), причем размеры и форма образца для пробы устанавливаются в зависимости от рода материала, а именно: 1) для листового материала всех размеров, фассонного (уголки, швеллеры и т. п.) всех размеров и полосового (прямоугольного сечения) шириной $\geqslant 100$ *мм* толщина образца a д. б. равна толщине материала

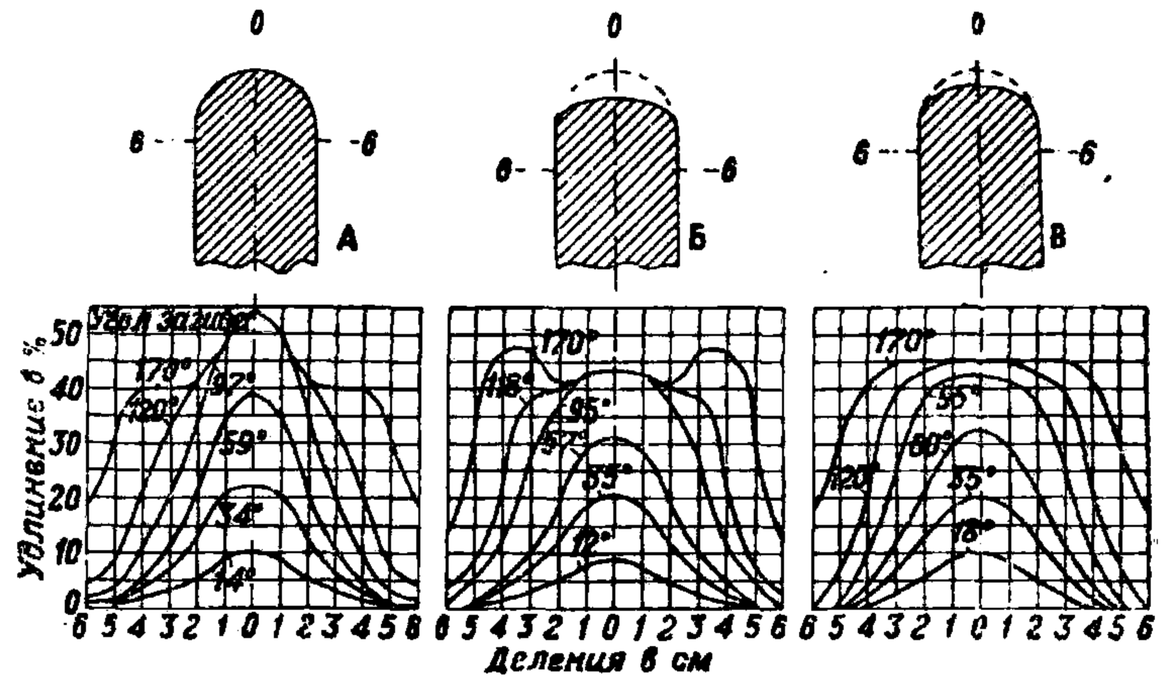


Фиг. 3.



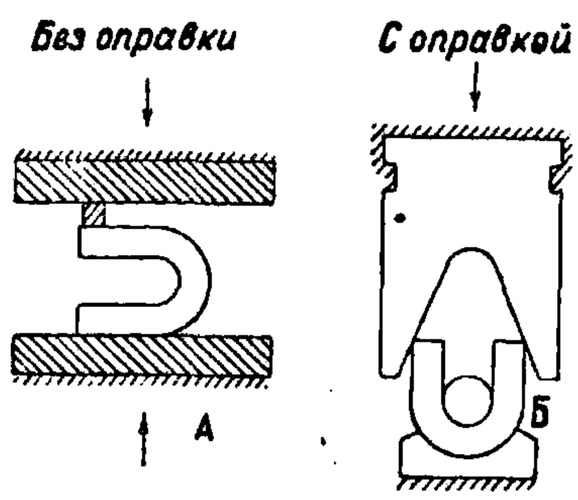
Фиг. 4.

(т. е. сохраняется поверхностный слой), ширина образца $b = 2a$, но не менее 10 *мм*, длина образца $L \cong 5a + 150$ *мм*; 2) для полосового металла (прямоугольного сечения) шириной <100 *мм* и пруткового (круглого, квадратного и т. д.) поперечное сечение образца д. б. равно поперечному сечению материала, а длина образца $L \cong 5a + 150$ *мм*, где a—толщина образца. Для поковок, отливок и труб размеры образцов оговариваются в соответствующих технич. условиях. Проба на загиб материалов толщиной >30 *мм* производится лишь в случаях, особо оговоренных в соответствующих технич. условиях на поставку материалов, причем д. б. детально оговорена методика испытаний. Полосы (заготовки) для изготовления образцов



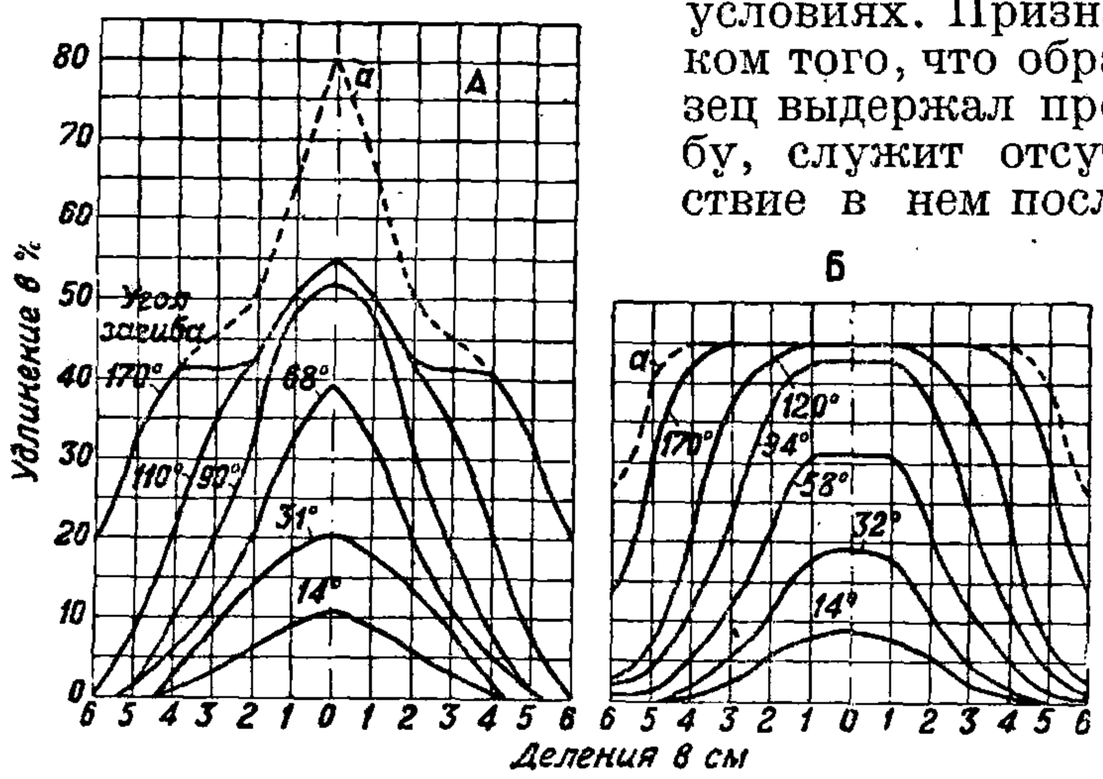
Фиг. 5.

берутся как правило от краев листов и от концов полос или прутков и м. б. вырезаны любым способом (также и автогенным) при условии, что линия разреза должна находиться от края готового образца на расстоянии, не меньшем толщины материала, и во всяком случае не ближе 10 *мм*. В средней трети образца не допускается никаких меток и марок, нанесенных зубилом, штампом, кернером и т. п. инструментом, а также отпечатков (наминов) от ударов молотком. Образцы должны вырезаться в холодном состоянии при помощи пилы, фрезы, резца или сверла. Острые ребра образца д. б. опилены, но не более чем на 2 *мм*. Выпрямление образцов производится лишь в случаях крайней необходимости и непременно в холодном состоянии при помощи плавного давления. Проба состоит в загибе образца закругленным штемпелем толщиной d между двух роликовых опор (фиг. 1), причем различают следующие три вида загиба. 1) Загиб до определенного угла α (фиг. 2). 2) Загиб вокруг оправки до параллельности сторон (фиг. 3); в этом случае толщина оправки d должна соответствовать указаниям технических условий, а длина должна превышать ширину образца; расстояние между опорными роликами берется равным $d + 2{,}1a$ с округлением до 1 *мм* в бо́льшую сторону. 3) Загиб вплотную, т. е. до соприкосновения сторон образца (фиг. 4) с образованием естественной в этом случае петли в месте загиба. Тот или иной вид загиба д. б. оговорен в технич. условиях. Для производства пробы на загиб употребляются прессы, специальные машины, тиски с закругленными губками и т. п., причем обязательным условием при производстве пробы является плавность нарастания усилия на образец. Для загиба вплотную, после предварительного загиба образца согласно фиг. 3, дальнейший загиб производится также плавно нарастающим



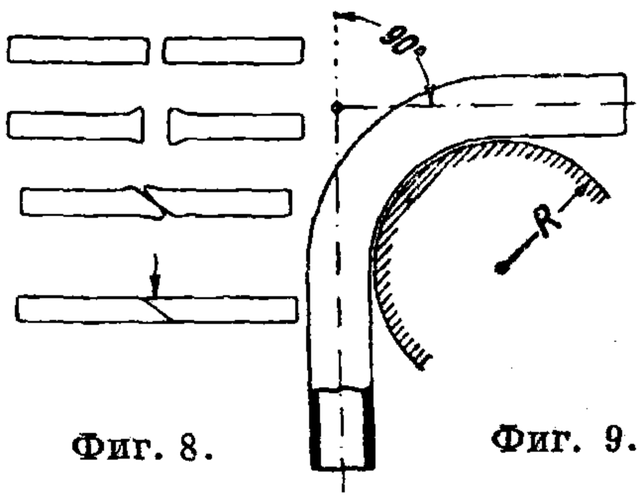
Фиг. 6.

усилием между параллельными плоскостями, длина к-рых д. б. не менее сложенного образца. Проба загибом производится как в холодном, так и в нагретом состоянии. Степень нагрева д. б. указана в соответствующих технич. условиях. Признаком того, что образец выдержал пробу, служит отсутствие в нем после



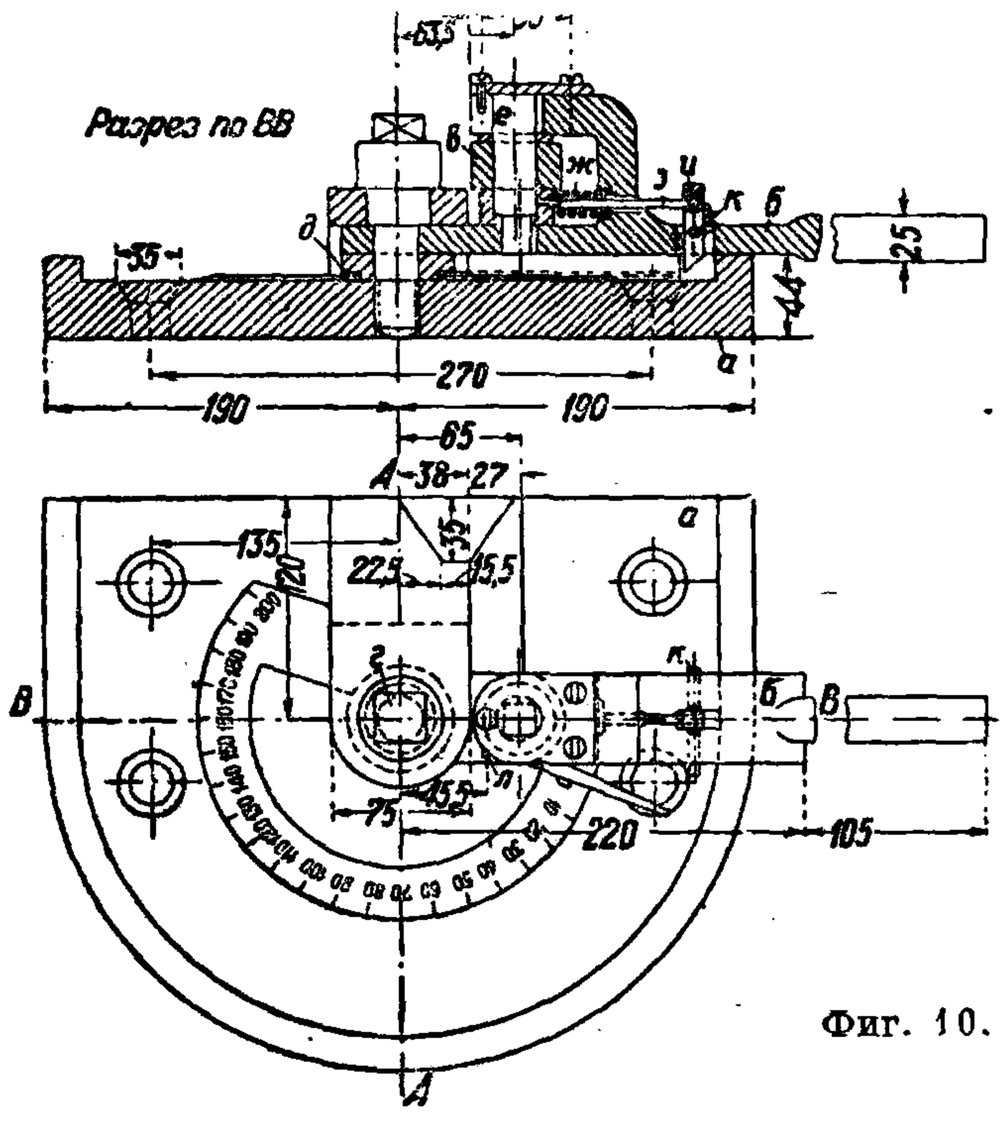
Фиг. 7.

загиба трещин, надрывов, расслоений или излома. В целях уничтожения местных чрезмерных перенапряжений М. Мозером [1] предложено изменить особым образом форму штемпеля. На фиг. 5 приведены графики распределения удлинений в различных точках поверхностного слоя образцов при разного рода штемпелях (А, Б, В) и различных углах загиба. Фиг. 5, В дает форму штемпеля для загиба по окружности без перенапряжений. Подгиб концов образца до их соприкосновения производят без оправки (фиг. 6, А) или с круглой оправкой (фиг. 6, Б) во избежание перенапряжения в вершине. На фиг. 7, А, Б показано распределение удлинений при обоих указанных на фиг. 6 способах испытаний; пунктирные кривые *а* указывают удлинения при соприкосновении концов. Такая проба особенно рекомендуется



Фиг. 8. Фиг. 9.

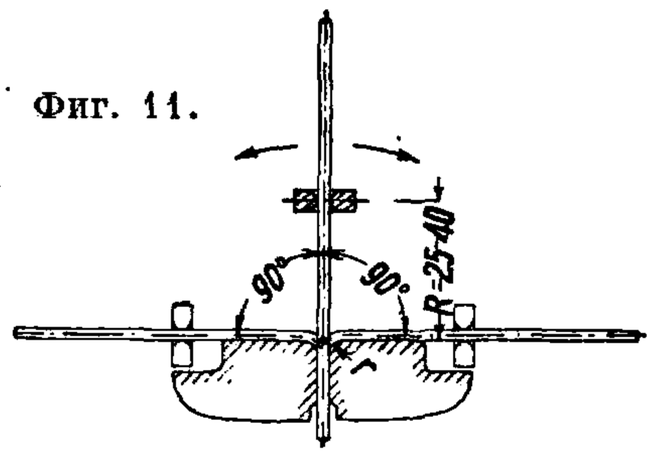
при испытании сварочных работ. Аналогичным образом производят пробу на незакаливаемость. Она служит для определения способности металла принимать заданный по размерам и форме загиб после резкого изменения $t°$. Форма, размеры и приспособления те же, что и в предыдущем случае. Образец перед пробой на загиб нагревается до темного вишневокрасного каления (650—700°) и охлаждается в воде $t°$ 20—30°. Признаком доброкачественности материала служит отсутствие на образце после загиба каких-либо трещин, расслоений, надрывов или излома. Проба загибом на свариваемость служит для определения способности металла принимать заданный по размерам и форме загиб по месту сварки (горновой—кузнечной). Образцы, взятые по способу, указанному в предыдущем случае, разрубают или разрезают поперек, по середине его длины, на две части. Концы разреза осаживают и сваривают внахлестку горновой сваркой (фиг. 8). Трубы на загиб испытываются для характеристики способности материала принимать заданный по размерам и форме загиб; эти Т. п. распространяются на трубы с внешним диаметром не свыше 115 *мм*. Образец берется длиной, равной десятикратному диаметру трубы, но не менее 200 *мм*. Проба заполняется сухим песком или заливается канифолью и загибается на 90° вокруг оправки, радиус закругления которой R указывается в технич. условиях (фиг. 9). Размер допустимой при загибе овальности также обусловливается технич. условиями. Проба на загиб образцов стального литья. Для характеристики чистоты, однородности и пластичности стального литья полезно применять пробу на загиб стального бруса, отливаемого вместе с деталями. На фиг. 10 представлен чертеж прибора инж. Ю. А. Томина и Н. И. Пухальского для технического испытания на перегиб брусков. Прибор состоит из плиты *а* с укрепленным на ней градуированным на 200° сектором. Рычаг *б* огибает пробный образец роликом *в* вокруг колонки *г*, при этом стрелка *д* отмечает угол загиба. Ось ролика *е* может перемещаться в пазах рычага в радиальном (относительно оси колонки) направлении примерно на 3 *мм*. В нерабочем состоянии ролик пружинкой *жс* поджимается к внутреннему краю паза. Пробный образец вставляется в прибор между круглой головкой колонки *г* и роликом *в*. При вращении рукоятки испытуемый образец, сопротивляясь загибу, оттягивает ролик *в* вправо, сжимая пружинку *жс*. Стерженек пружины *з* шарнирно связан с зацепкой *и*, поворачивающейся на оси *к*. При оттягивании пружины вправо нижний конец зацепки *и* отходит влево и захватывает свободно сидящую на циферблате стрелку, увлекая ее за собой. В момент излома образца давление, оказываемое им на рамку и пружинку, исчезает, и пружинка уводит ролик влево, освобождая одновременно зацепкой и стрелку на циферблате. Стрелка остается на месте, фиксируя истинный угол загиба в момент разрушения образца, хотя рычаг с образцом по инерции еще несколько продвинутся дальше. При вращении рычага в обратную сторону стрелка

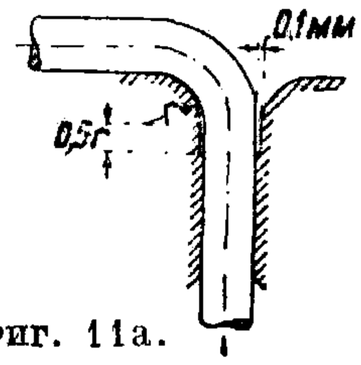


Фиг. 10.

захватывается другой зацепкой *л* и возвращается в исходное положение. Проба на загиб с перегибом применяется для суждения о способности материала выдерживать повтор-

Фиг. 11.





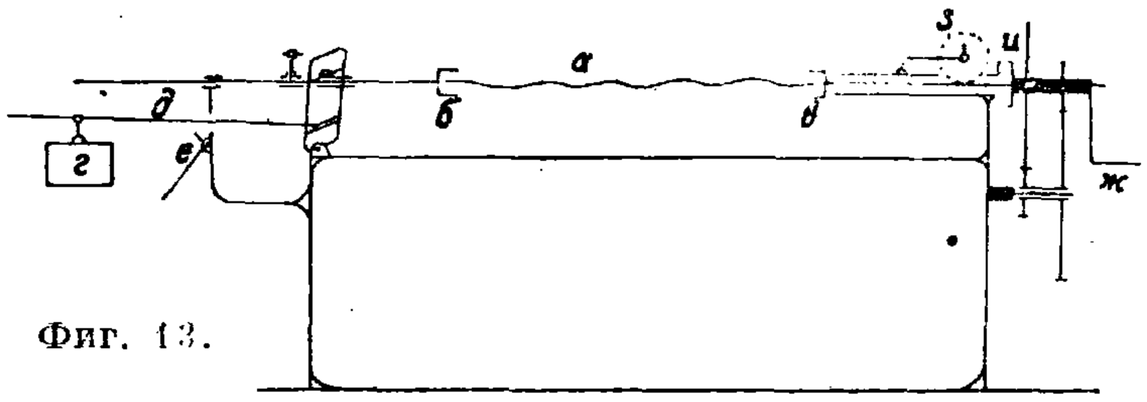
Фиг. 11а.

ный загиб и разгиб и применяется для круглой проволоки (и прутков) диам. $\leqslant 10$ *мм*, для проволоки (и прутков) фасонного сечения площадью $\leqslant 120$ *мм*^{2}, для полосового и листового материала толщиной $\leqslant 5$ *мм*. Образец берется длиной около 150 *мм*, причем в испытуемом сечении д. б. сохранен поверхностный слой. Испытание заключается в загибе и разгибе образца в плоскости, перпендикулярной к линии взаимного касания губок прибора, в к-ром образец зажимается в вертикальном положении. Загиб образца производится попеременно в правую и левую сторону на 90° со скоростью не более 60 полных перегибов в мин. Число перегибов обусловливается качеством материала по технич. условиям. Поворачивание проволоки в месте закрепления не допускается, иначе теряется сравнимость показаний отдельных испытаний. За один перегиб считается загиб на 90° и разгиб на 90° (т. е. возвращение образца в исходное положение). Радиус закругления *r* зажимных губок прибора (фиг. 11) выбирается по технич. условиям на поставку материалов из числа следующих — 2, 4, 6, 8 и 10 *мм*. Рекомендуемая форма губок показана на фиг. 11а. Производится испытание только в холодном состоянии. После заданного числа перегибов образец считается удовлетворительным, если на нем не обнаружено расслоений, отслаиваний, надрывов, трещин или излома как самого материала, так и его покровного слоя (оцинковка, полуда и т. п.). Для массового испытания проволоки применяются специальные приборы с регистрирующими число перегибов устройствами. На фигуре 12 представлен станок Амслера с пружинящим зажимом *а* для поддержания тонкой проволоки в натянутом состоянии во время перегибов, *б*—неподвижная рама, укрепляемая болтами к столу, *в*—счетчик перегибов, *г*—поворотная щечка зажима, *д*—сменные губки, *е*—рукоятка. Проба на двухсторонний загиб чрезвычайно полезна для определения ломкости проволок и тонких листов как результат обработки их различными к-тами. Этот вид ломкости обусловливается воспринятием металлом водорода. Правильный отжиг несколько улучшает свойства загрязненного водородом металла, напр. в электролитич. железе. Поэтому целесообразно испытание на перегиб проводить как над материалом в состоянии поставки, так и после его отжига.



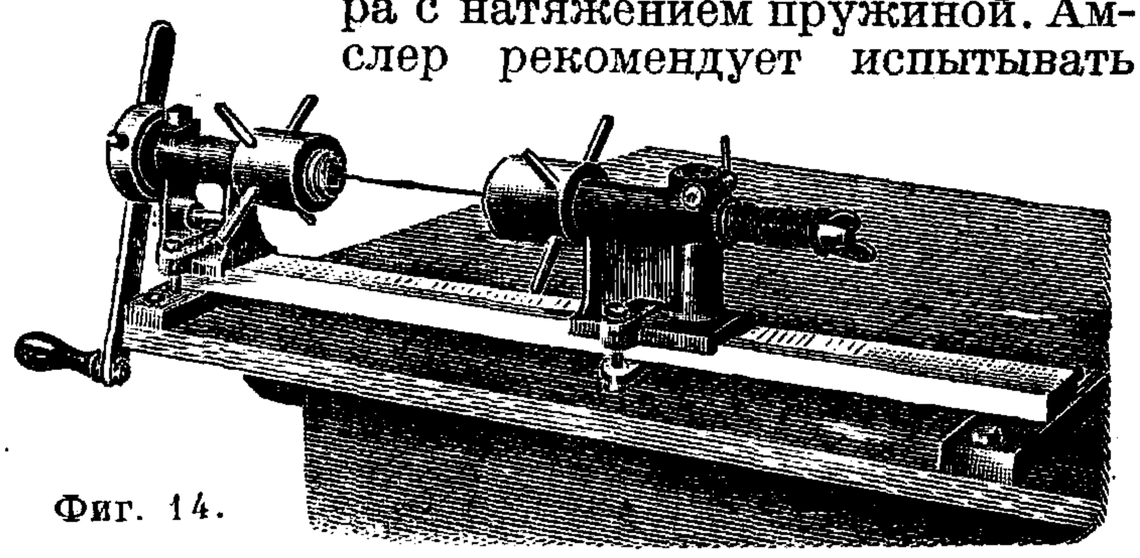
Фиг. 12.

II. Пробы закручиванием. Проба на скручивание служит для определения способности металла принимать заданное кручение. Однородность материала определяется равномерным распределением скручиваний по всей длине образца. Качественной мерой является число оборотов (360°) до разрушения образца. По ОСТ 1696 эта проба принимается для проволок до 6 *мм*. Проба производится при помощи особых приборов, обеспечивающих возможность натяжения образца постоянным усилием, вызывающим в нем растягивающие напряжения: при временном сопротивлении разрыву $\leqslant 40$ *кг/мм*^{2} напряжение 0,5 *кг/мм*^{2}; при 40 — 80 *кг/мм*^{2} — 1 *кг/мм*^{2}; при $\geqslant 80$ *кг/мм*^{2} — 2 *кг/мм*^{2}; возможность удлинения и укорочения образца во время производства пробы; возможность отсчета как целых, так и долей оборотов; возможность зажима образцов без повреждений. Скорость скручивания образца д. б. ок. 30 оборотов проволоки в мин. Для получения сравнимых характеристик проволок разных диаметров рекомендуется определять число закручиваний, отнесенное к длине, равной 100 *d*, где *d*—диам. проволоки. На фиг. 13



Фиг. 13.

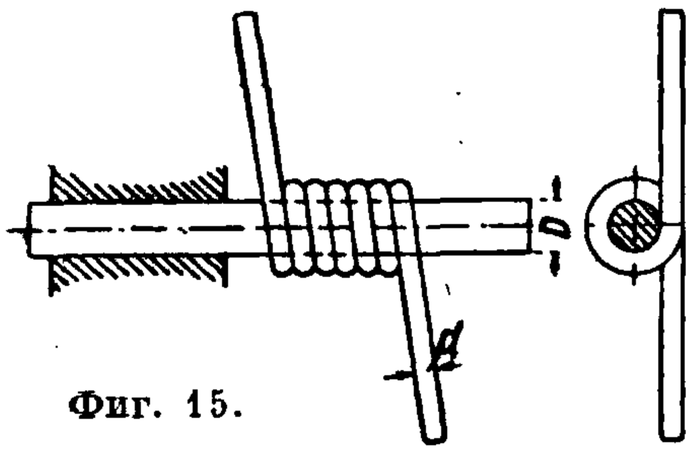
представлена схема наиболее распространенного прибора для Т. п. на перекручивание. Образец проволоки *а* зажимается в головках *б* и *в* посредством клиньев с насечками. Натяжение осуществляется передвижным грузом *г* на рычаге *д*. Кулачковый рычаг *е* позволяет выключать груз *г* при установке образца в невращающейся головке *б*. Вращение головки *в* производится рукояткой *жс*, к-рая м. б. переставлена на зубчатую передачу для уменьшения числа оборотов. Диск *з* регистрирует числа оборотов, а *и* показывает доли оборота. На фиг. 14 показан упрощенный прибор Амслера с натяжением пружиной. Амслер рекомендует испытывать



Фиг. 14.

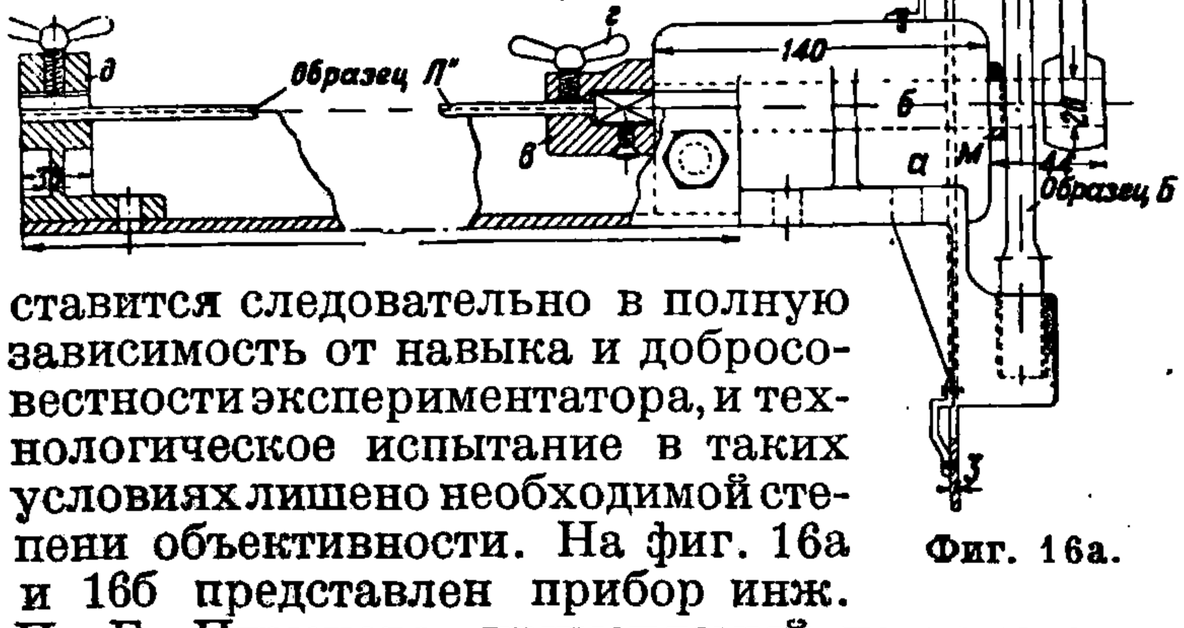
материал повторным скручиванием в ту и другую сторону на 180°. На фиг. 23 показан характерный излом после повторного перекручивания. Проба на навивание относится к этого рода испытаниям и служит для определения способности металла принимать заданное навивание в холодном состоянии. Проба заключается в наматывании испытуемой проволоки плотно прилегающими витками по винтовой линии на цилиндрич. оправку определенного

в соответствующих технич. условиях диам. *D* (фиг. 15). В нек-рых случаях проволока навивается на самое себя. Образец сгибается U-образно и зажимается в тиски со свинцовой прокладкой (для проволоки из цветных металлов).



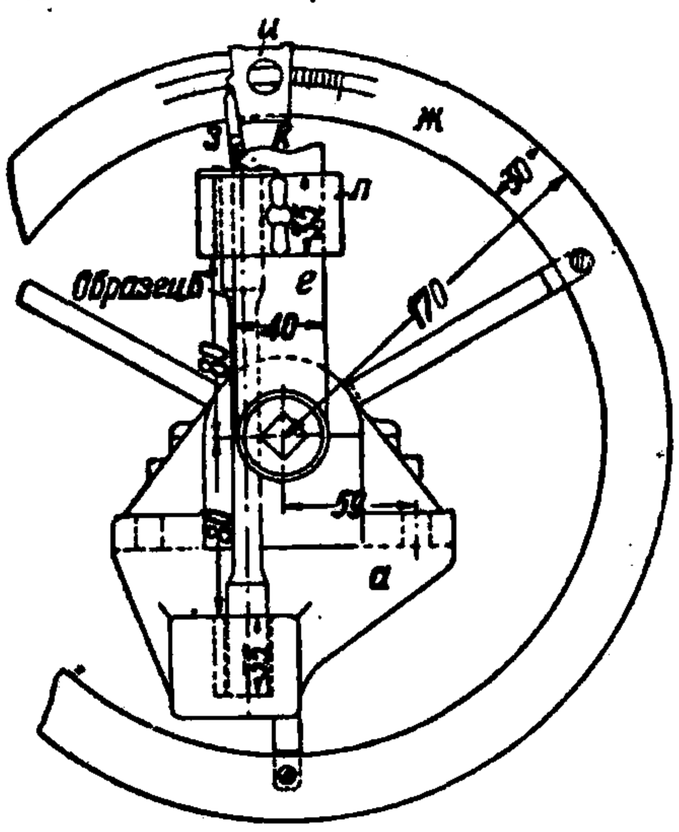
Фиг. 15.

Один конец проволоки навивается вокруг выступающего из тисков другого конца. Число винтов делается 5—10. Для испытания пробных брусков ковкого чугуна на перегиб (круглого сечения типа Б) и перекручивание (плоский тип Л по ОСТ 580) широко распространен способ зажима одного конца образца в тиски и закручивания или перегиба другого коловоротом или газовой трубой, промеряя угол деформации на-глаз или по транспортиру. Такой метод страдает большой неточностью: перекосы образцов при испытании часто совершенно искажают характеристику истинных свойств ковкого чугуна. Определение полного угла поворота



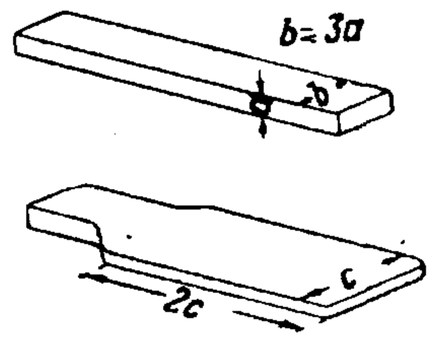
Фиг. 16а.

ставится следовательно в полную зависимость от навыка и добросовестности экспериментатора, и технологическое испытание в таких условиях лишено необходимой степени объективности. На фиг. 16а и 16б представлен прибор инж. П. Г. Пименова, применяемый на некоторых заводах ковкого чугуна, который позволяет испытывать образцы *Б* или *Л* в сравнимых условиях. Прибор состоит из чугунного корпуса *а* (фиг. 16а), в котором пропущен стальной валик *б*, имеющий по обоим концам квадраты; слева на квадрате валика укреплена насадка *в*, в прямоугольном вырезе к-рой винтом *г* зажимают один конец образца *Л*, другой конец образца закрепляют в неподвижной опоре *д*. При вращении рукоятки *е*, насаженной на правый конец валика, образец скручивается, причем угол скручивания отмечается на циферблате *жс* стрелкой *з*. Окружность циферблата разделена на 360°. По его кольцу перемещается индекс *и*, ведомый стрелкой *з* (фиг. 16б) и задерживаемый в любом положении на диске плоской легкой пружинкой к. Станина *а* имеет снизу впадину, куда вставляется один конец образца *Б*, на другой конец к-рого надвигается скользящая по рукоятке стальная головка *л*, в крышку к-рой упирается верхний



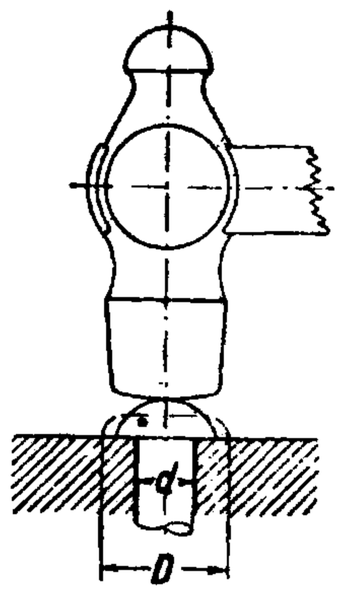
Фиг. 16б.

конец образца. Образец изгибается вокруг стального ролика с полукруглой канавкой, надеваемого на валик между втулкой ручки и упорным кольцом *м*. Изгиб производится на максимальный угол 165°, при каковом положении головка *л* упирается в выступ кармашка. Практически этот угол изгиба вполне достаточен, т. к. для I класса по ОСТ угол загиба указан в 120°, а в действительности он почти всегда меньше. Для испытания же образцов *Л* головка *л* поднимается несколько выше, чтобы при вращении не задевала за выступ кармашка, а стрелка *з* повертывается вниз. При испытании образцов *Л* упорное кольцо *м* ослабляется, а ролик снимается, чтобы создать возможность осевого перемещения валика при сокращении длины образца *Л* во время перекручивания. Этот прибор позволяет одновременно получать количественные характеристики упругих свойств материала по углу отдачи, соответствующему разности между углом, отмеченным подвижным индексом, и стрелкой рычага в свободном состоянии.

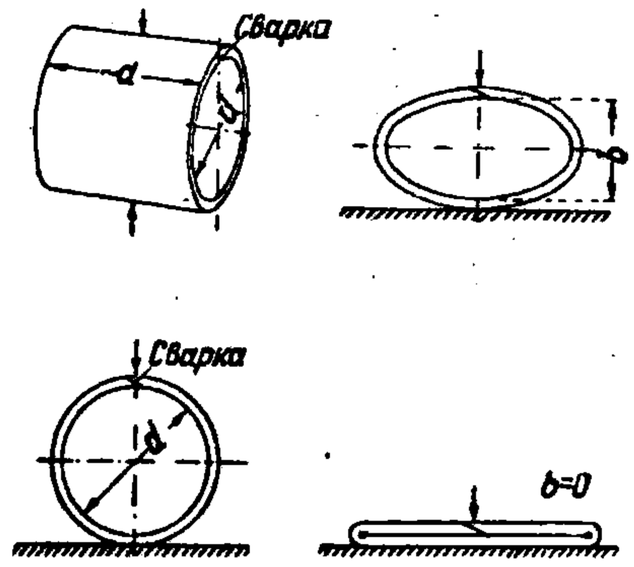


Фиг. 17.

III. Испытание расплющиванием. 1) Проба на расплющивание применяется для характеристики способности металла принимать заданное расплющивание в холодном или горячем состоянии; применяется для прокатного металла полосового, пруткового, листового и для заклепочных головок. Образцы вырезаются в холодном состоянии, острые ребра слегка опиливаются. Прокат испытывается расплющиванием образца ручником, кувалдой или механич. молотком. На

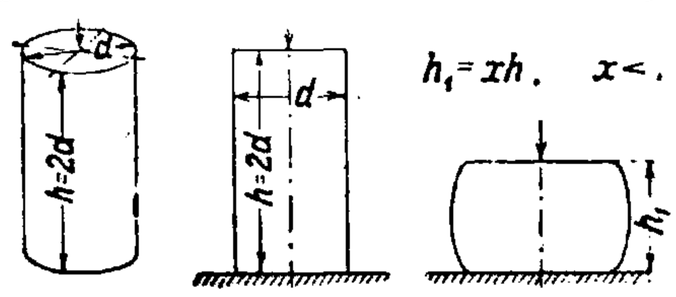


Фиг. 18.



Фиг. 19.

фиг. 17 представлены нормальные соотношения размеров образца для расплющивания; ширина расплющивания определяется технич. условиями. Головки заклепок (фиг. 18) расплющиваются при испытании до пределов, заданных отношением D/d, указанным в технологич. условиях. Удары ручника д. б. направлены по оси заклепки. 2) Проба на сплющивание труб (фиг. 19) служит для определения способности металла подвергаться деформациям, имеющим место при сплющивании труб в холодном или горячем состоянии до определенного размера. Длина пробы берется равной внутреннему диам. трубы *d*. Сплющивание производится ручником до размера *b* согласно техническим условиям. При сплю-

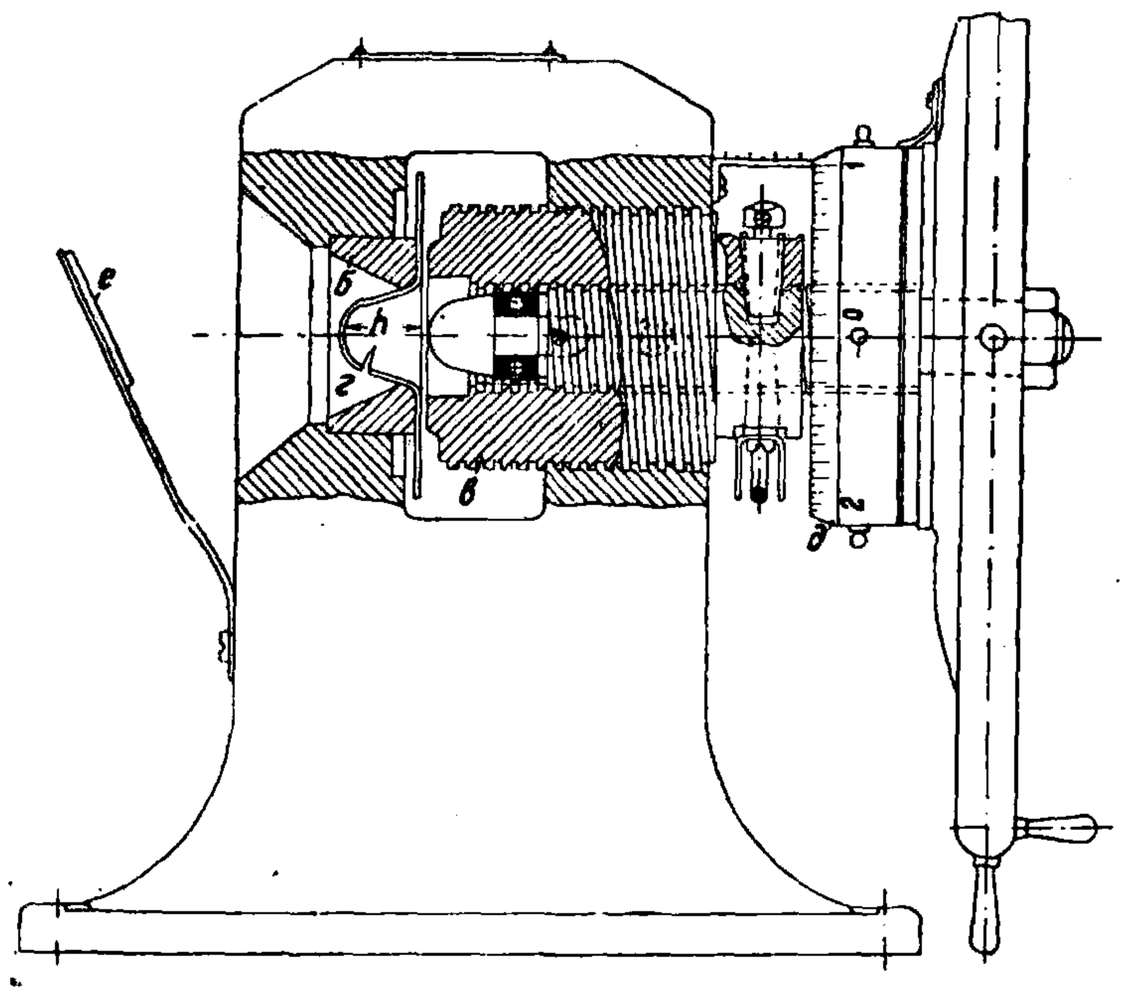


Фиг. 20.

щивании вплотную допустима петля диам. 0,25 S, где S—толщина стенки трубы. 3) Проба на осадку (фиг. 20) применяется для круглого болто-заклепочного материала диаметром $\leqslant 30$ *мм*. Образец обычно берется диаметром, равным диам. исследуемого материала, и высотой, равной двойному диам. Осаживание производится вхолодную молотком или кувалдой при $d \leqslant 15$ *мм* и под прессом при $d > 15$ *мм*. Характеристикой осадки служит величина x (фиг. 20):

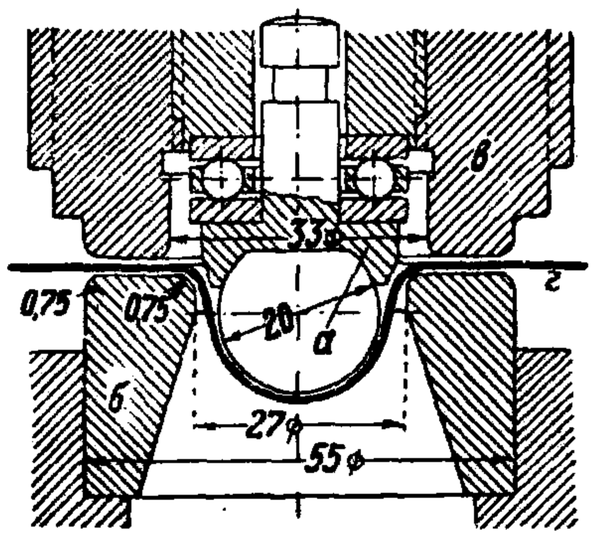
$$x = \frac{\text{высота образца после осадки}}{\text{высота образца до осадки}} = \frac{h_1}{h}.$$

IV. Испытание выдавливанием. Проба выдавливанием применяется



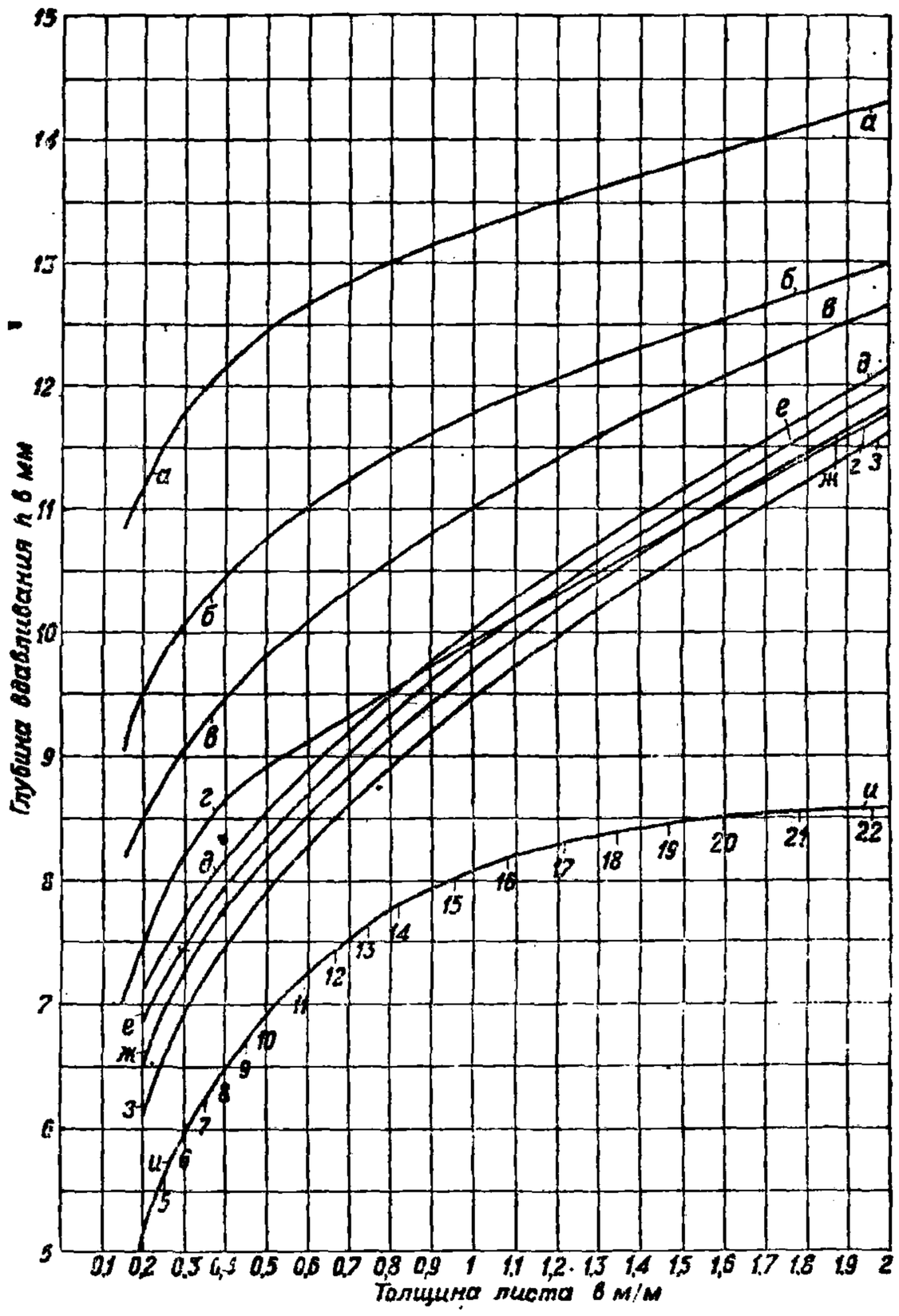
Фиг. 21а.

для характеристики пластичности листового и полосового материала в отношении способности его к выдавливанию (штамповке), вытяжке и образованию фланцев. Применяется гл. обр. в ламповом, гильзовом производствах и электротехнической пром-сти. Классическим прибором для определения этого свойства является прибор Эриксена (фиг. 21а и 21б) для листов до 2 *мм* толщиной. В патроне $а$ закреплен стальной тщательно отполированный и закаленный шарик ⌀ 20 *мм*, являющийся рабочим органом. Иногда вместо шарика применяется пуансон со сферич. головкой. Матрица $б$ имеет внешний диам. 55 *мм* и отверстие 27 *мм*. Борты деталей, соприкасающиеся с рабочей частью образца, закруглены радиусом 0,75 *мм*. Прижим $в$ имеет закаленную упорную поверхность с внешним диам. 55 *мм* и внутренним 33 *мм*. По герм. нормам (DIN A 101) рекомендуется пробы брать шириной минимально 70 *мм*. Удобнее всего брать квадратные листы 70 × × 70 *мм*, дающие наиболее надежные результаты. Образец $г$ помещается на матрицу и зажимается прижимом $в$. Перед каждым испытанием полезно шарик слегка смазать вазелином. Между пробой и держателем для всех проб устанавливается зазор в 0,05 *мм* (нулевая точка). После этого вращением рукоятки



Фиг. 21б.

шарик плавно вдавливают в пробу со скоростью 0,1 *мм/сек*. Глубина измеряется ходом штемпеля от нулевой точки до начала растрескивания. Проба считается разрушенной, как только обнаружится хоть одно место пересекающихся трещин. Отсчет хода производится по лимбу $д$ с точностью 0,1 *мм*, а момент разрушения улавливают наблюдением за образцом в зеркале $е$. Характеристикой материала служит глубина вдавливания h до начала появления трещин на образце. Прибор Эриксена одновременно дает предварительный критерий оценки структуры материала по величине зернистости в месте трещин после испытания. Диаграмма фиг. 22 показывает характеристику вдавливаемости для листов различной толщины из наиболее употребительных металлов: $а$—латунь для давильных работ, $б$—медь, $в$—тонкое полосовое чистовальцован-

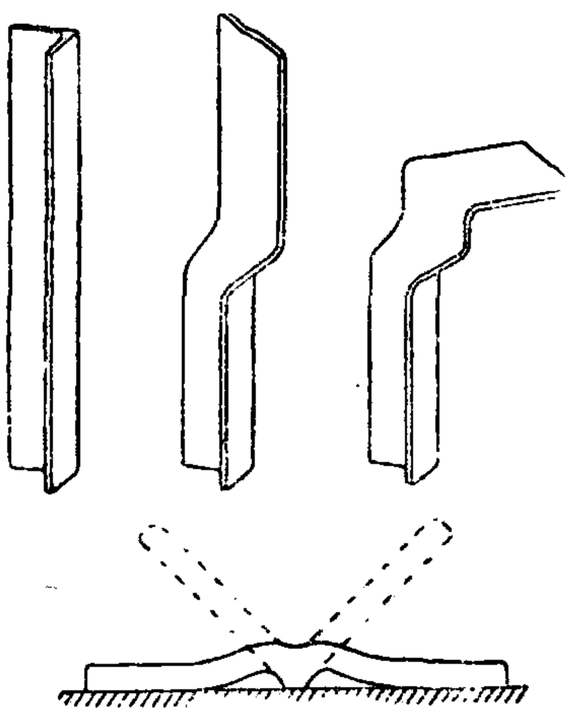


Фиг. 22.

ное железо, $г$—алюминий, $д$—сименс-мартеновская сталь для глубокой вытяжки, $е$—дважды декапированная черная жесть для штамповки, $ж$—то же, но однажды декапированная, $з$—обыкновенная черная и белая жесть, $и$—цинк; цифры на кривой $и$ обозначают №№ по силезскому калибру. Амслер для испытания выдавливанием выпускает дополнительное приспособление (Einbeulapparat) к универсальным разрывным машинам, дающее возможность испытывать листы до 5 *мм* толщиной и рассчитанное на максимальное давление 5 000 *кг*. Проба выдавливанием по Эриксену не является полным подобием процесса штамповки, поэтому установление какой-либо эмпирич. ф-лы, обусловливающей зависимость между основными размерами матрицы, пуансона и испытуемого материала представляется затруднительным.

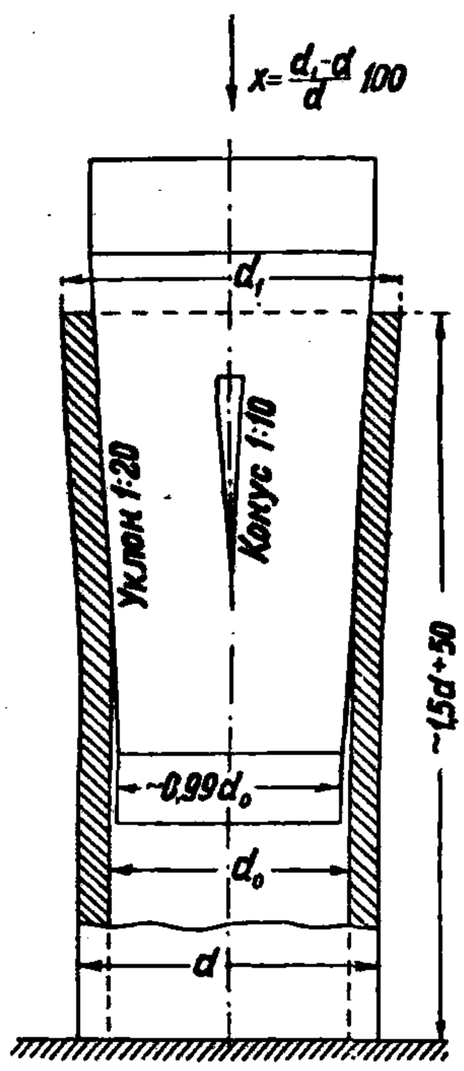
Получаемые пробой цифровые значения имеют исключительно сравнительное значение.

V. Проба на развертывание служит для определения способности фасонного материала подвергаться развертыванию и применяется гл. обр. для обнаружения порочных мест в угловом железе. Проба состоит в разворачивании ударами ручника или молота угла фасонного материала в плоскость с последующим загибом в холодном или нагретом состоянии (фиг. 23). Образцом может служить любой длины отрезок.

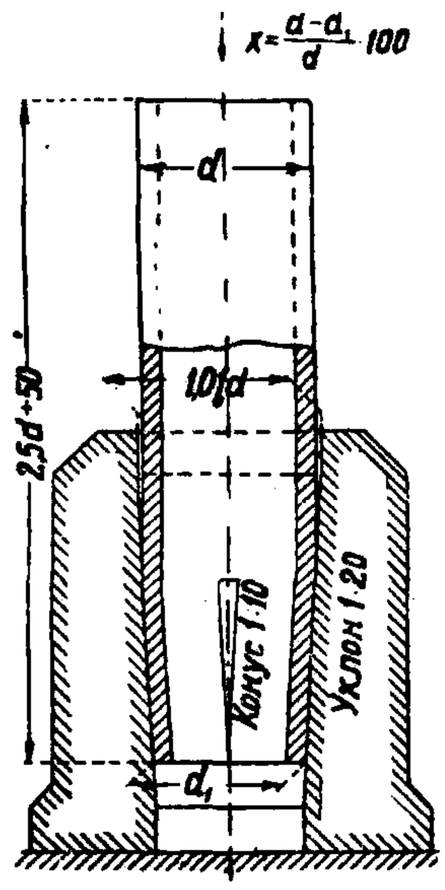


Фиг. 23.

VI. Проба на двойной кровельный замок. Эта проба применяется для определения способности листового металла принимать заданную по размерам и форме деформацию и применяется для листов толщиною менее 0,8 *мм*. Проба состоит в соединении двух кусков листа вплотную двойным замком с последующим загибом по линии, перпендикулярной к линии замка, на угол, определенный в соответствующих технич. условиях, но не больше 45°, и разгибом в плоскость. Загиб



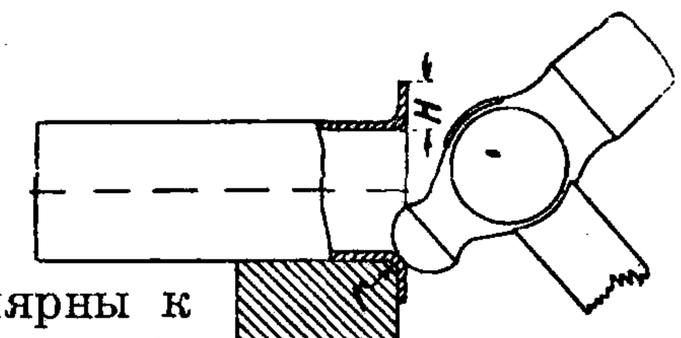
Фиг. 24.



Фиг. 25.

и разгиб в холодном состоянии производятся при помощи киянки на деревянной подкладке.

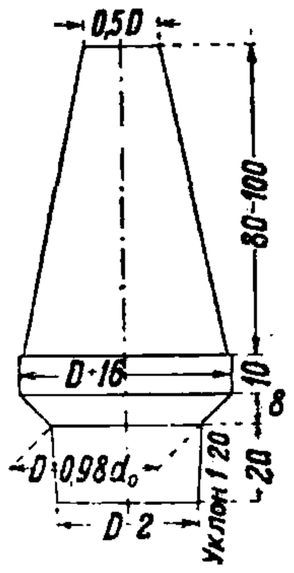
VII. Пробы на раздачу, обжатие и бортование труб. 1) Проба на раздачу производится с куском трубы, имеющим размеры, указанные на фиг. 24. Плоскости отреза д. б. перпендикулярны к оси трубы. Проба заключается в раздаче трубы в холодном или нагретом виде при помощи вколачивания в нее ударами молотка или нажатием под прессом конич. оправки. Величина раздачи x в процентах, определяемая при невынутой оправке, равняется

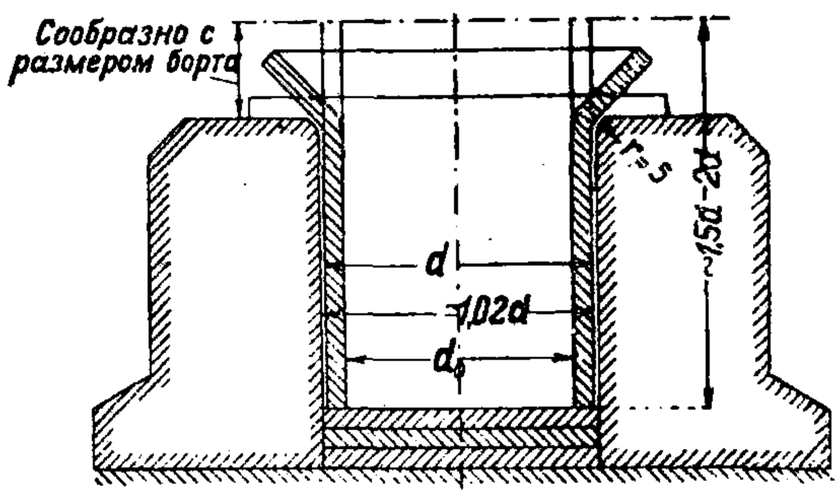


Фиг. 26.

$$x=\frac{d_1-d}{d}\cdot 100.$$

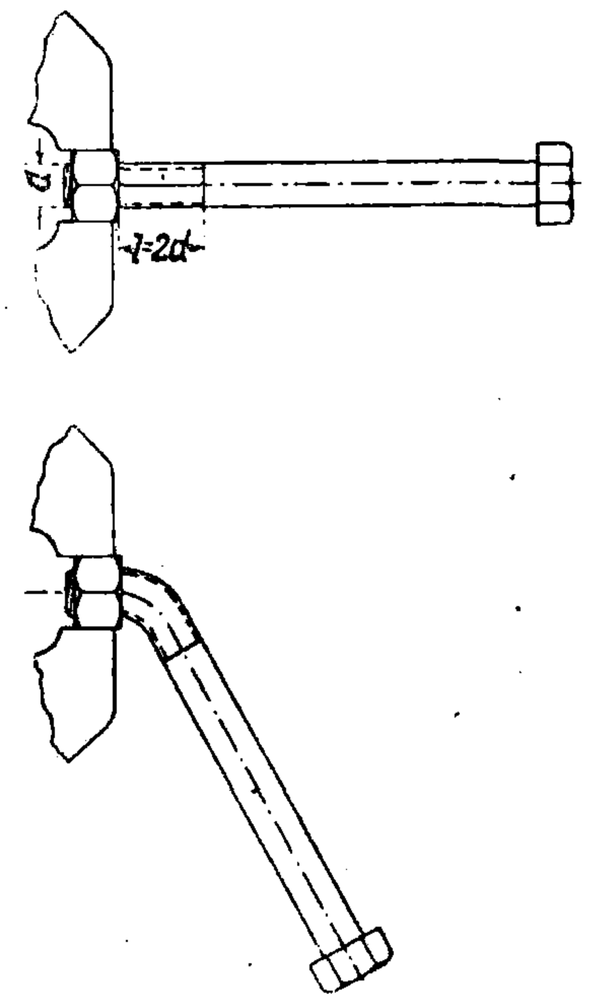
Для обеспечения испытания оправку смазывают. 2) Проба на обжатие производится аналогичным образом, но здесь сама труба





Фиг. 27.

загоняется в конич. оправку (фиг. 25). Сверху для центрирования действующего усилия вставляется в трубу металлич. пробка. 3) Проба на бортование характеризует способность материала к деформированию, соответствующему отгибанию стенок труб на 90°, и применяется исключительно для труб с внутренним диам. от 30 *мм* и выше. Проба производится в холодном и горячем состоянии. Эскизы процесса бортования и форма молотка и оправки указаны на фиг. 26. Ширина H борта и радиус закругления r указываются в технич. условиях; перед бортованием производят отгиб борта на 45° посредством особой конич. оправки (фиг. 27).



Фиг. 28.

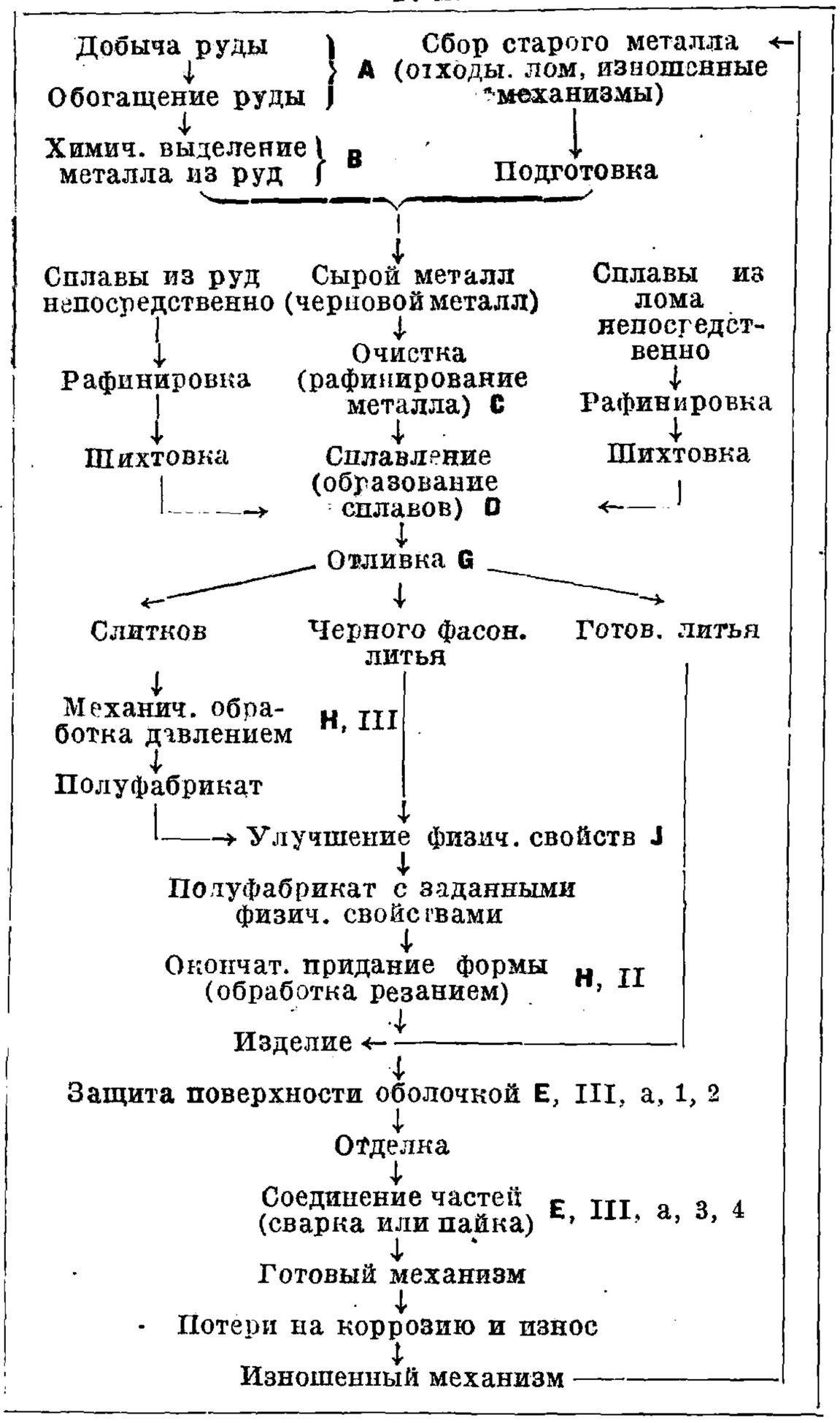
К Т. п. относят иногда разного рода испытания специального назначения, характеризующие какое-либо особое свойство материала в детали, напр. сбрасывание якорей на металлическую плиту, загиб болтов для проверки вязкости в месте нарезок (фиг. 28), проба на обрабатываемость сверлением чугунных деталей. Эти пробы носят специфич. характер, твердому нормированию еще не подвергнуты, а неопределенность характеризуемых ими свойств материала ставит под сомнение целесообразность их применения.

Лит.: Сборник технич. условий на материалы и изделия из них, изготовляемые для нужд НКПС, под ред. А. Макшейфеля, М., 1926; Полный свод технич. условий, принятых во флоте, под ред. В. Виктер, Л., 1925; Одинг И., Современные методы испытания материалов, Л., 1927; Вавринъок О., Руководство по испытанию материалов, пер. с нем., книга 1, вып. 3, М., 1927; Лоренц В., Руководство по испытанию и приемке строительных материалов, М.—Л., 1929; ОСТ 1682—1697; Пименов П., О методах испытания ковкого чугуна, «Сел.-хоз. машина», 1931, *6*; Томин Ю., Контроль производства стали в малых конвертерах, «Литейное дело», 1931, *11—12*, стр. 13—17; Werkstoff-Handbuch, Stahl und Eisen, Düsseldorf, 1927; Kummer H., Untersuchungen an den Blechprüfapparat von Erichsen, «Maschinenbau», 1926, p. 657; Moser M., Errichtungen einer stetigen Krümmung bei der technologischen Biegeprobe, «St. u. E.», 1932, H. 17, p. 409—411.

П. Пименов.

ТЕХНОЛОГИЯ МЕТАЛЛОВ, комплекс дисциплин, изучающих практич. применение научных данных физики, химии и механики в области получения, обработки и применения металлов. Систематический ход процессов Т. м. схематически м. б. представлен табл. 1. Как можно заключить из этой схемы всего технологич. процесса, только часть металла полу-

Табл. 1.—Схематический ход процессов Т. м.



чается из руды, значительная же часть совершает круговорот и либо распыляется и теряется (см. *Коррозия*) либо поступает обратно в переработку в виде отходов и устаревших или изношенных изделий (см. *Лом металлический*, *Скрап*). По мере насыщения страны металлич. изделиями необходимо обратить особое внимание на этот путь переработки сырья и не терять его безвозвратно в виде неиспользованных, подвергнувшихся коррозии отбросов. В табл. 2 систематизированы процессы Т. м. с указанием смежных дисциплин и приведены главные физико-химич. основы соответствующих процессов, на которых базируется практика таковых, а также основное оборудование. В этой таблице в самом сжатом виде показаны только главные пути, по к-рым развивается Т. м. Подробности об отдельных процессах—см. соответствующие статьи Т. Э. Как видно из раздела **J**, научной базой всей Т. м. является широко развившаяся за последнее время на основе последних исследований строения атома физическая химия.

Процессы Т. м. тесно связаны с конструктивным проектированием механизмов и изделий. Решения задачи изготовления механизма как с точки зрения конструкции, так и с точки зрения технологич. процесса м. б. самые разнообразные. Наиболее удачно бывает разрешена задача, когда сочетается удачная конструкция с удобным технологич. процессом. Задача конструктора—дать при наименьшей стоимости максимум прочности (в том или ином смысле) в изделии, а задача решения технологического процесса—при наименьшей затрате материалов и энергии найти наиболее простое и дешевое исполнение конструкции, отвечающей своему назначению. В этой части Т. м. пользуются гл. обр. процессами, обозначенными в табл. 2 под лит. **G**,**H** (II и III) и **J**, тогда как для изготовления самого материала (на основе данных под лит. **J**)—процессами **A**, **B**, **C**, **D**, **F**. Развитие Т. м. идет параллельно с развитием пром-сти; эти факторы находятся во взаимодействии; в связи с этим и к конструкциям и к материалам предъявляются все новые требования, создаются новые сложные конструкции, изобретаются сплавы со специфич. свойствами. Первоначально конструкции обладали большим уд. в. (напр. хорошая стационарная паровая машина в 100 HP имела вес 5÷10 *m*, т. е. ~ 100 *кг*/HP, в настоящее же время от двигателей в нек-рых случаях требуется вес машины на 1 HP менее 1 *кг*). Главными материалами были дерево, бронза, чугун, технологич. процессом—литье или вырезка деталей горячим или холодным способом из целого куска (слитка). Улучшение шло по линии применения более надежных литейных сплавов (сталь, улучшение качеств бронз), улучшения процессов ковки (см. *Кузнечное производство*), применения прокатки. С течением времени явилась необходимость в массовом изготовлении одинаковых изделий (например снаряды, автомобили, гвозди, винты и т. д.) и в изготовлении очень крупных изделий (турбогенераторы, мостовые фермы и т. д.). Эти задания Т. м. решает постановкой массового производства деталей и целых изделий (штамповка, автоматич. станки) и комбинированием сравнительно несложных элементов (например прокатанных листов или даже крупных отливок) в очень крупные агрегаты. В связи с этим стремятся получить, во-первых, более прочный материал (легированные железо и сталь, специальные сплавы), а, во-вторых, пользуясь новыми видами соединений частей конструкций, применять методы, обозначенные под лит. **E**, причем малостойкие на воздухе сплавы защищать от разрушения разными методами, указанными под лит. **E**, III. Удачную иллюстрацию применения современных технологических процессов представляет собой изготовление например корпуса цеппелина или большого аэроплана. Облегчение веса получено вследствие применения очень легких сплавов (дуралюмина с уд. сопротивлением* ок. 16 и электрона с уд. сопротивлением около 19) в виде сваренных решетчатых ферм; кроме того многие детали изготовляются из стальных листов, которым придается холодной штамповкой наиболее прочная форма (плоскости делаются из волнистого жесткого листа часто толщиной 0,2—0,3 *мм*), из легких и сверхлегких металлов (дуралюмина, электрона), отлитых под давлением в закрытые металлич формы, и т. п. Работающие и сильно изнашивающиеся части крупных машин делаются составными (например лопатки турбогенератора и т. п.). Так. обр. в настоящее время в Т. м.

* Уд. сопротивление $Z_E = \frac{K_Z}{\text{уд. в.}}$; для стали $Z_E = \frac{100\ кг/мм^2}{7{,}8} \cong 13$, для дуралюмина $Z_E = \frac{41}{2{,}8} \cong 16{,}4$, для электрона $Z_E = \frac{35}{1{,}83} \cong 19$.

Табл. 2.—Систематика процессов технологии металлов.

Подразделение процессов	Теоретические обоснования		Практич. применение и типы аппаратуры и оборудования	
	общие	частные	общие случаи	частные случаи
Исходный путь	Геология Минералогия Рудное дело Рудные запасы	Соображения о формах залегания руд в земной коре Сопоставление важнейших залежей Сопоставление металлов по период. системе	Взятие проб	
А.— Добыча и обогащение Вспомогательные операции	Характеристика металлич. веществ Значение физических свойств и химич. состава руды для выбора метода ее переработки	Соображения об образовании смешанных и сложных кристаллов натуральн. руд— сульфиды, окислы, силикаты и т. д. Строение важнейш. руд	Добыча руд открытыми и подземными разработками	Добыча железн. руд (Урал, Кривой Рог), марганцевых руд (Чиатуры), полиметаллич. руд (Кузнецкий р-н) и т. д.
1. Отсеивание	Теория падения тел в струе воздуха		Отсеивающие устройства	
2. Электростатич. обогащение	Теория электростатич. разделения веществ		Установки Котрелля и Хеффа	
3. Электроосмос			Электроосмотич. установки	
4. Дробление	Теория различных дробящих усилий		Дробилки, грохоты. Сортировка после дробления	
5. Обогащение мокрым путем	Теория падения тел в воде	Соображения об уд. в.	Сита, промывные машины и т. п.	Золотопромывные устройства (см. *Золото*)
6. Флотация	Теория взаимодействия молекулярных сил поверхностных натяжений жидкостей, твердых частиц и газов	Соображения о смачиваемости минералов водой, маслом и др. жидкостями	Флотационные устройства Элмора, Грёндаля и т. д.	Флотация сульфидных руд и др.
7. Магнитное разделение	Теория действия магнитного поля на вещества с различной магнитной проницаемостью	Магнитная проницаемость различных минералов	Магнитный сепаратор	Обогащение магнитных руд
В.— Получение металлов химич. путем	Теория фаз и агрегатного состояния Общие законы химич. статики и кинетики (рассматриваются только кристаллич. вещества)	Обзор химич. соединений, перерабатываемых в металлургич. производствах Сравнение существующих окислов, сульфидов и др. соединений металлов. Их образование и определение	Средства для фазового разделения	
I. Выделение металлов химич. путем: A. Из кислых растворов металлов	Законы равновесия гомогенных и гетерогенных систем Химия водных растворов металлич. солей	Соображения о растворимости и гидратации	Аппараты для осаждения, растворения, отстаивания, выщелачивания	Осаждение цементного Ag. Цианирование (Au) Растворение в кислотах Обработка руд кислотами
B. Из ртутных растворов (амальгам)			Амальгамационные установки	Амальгамация Au, Ag и др.
II. Выделение металлов электрохимич. путем из кислых растворов	Электрохимия водных растворов Электрохимич. эквиваленты и выходы Напряжения разложения Потенциал растворимости	Соображения об электролитич. потенциале растворимости Сравнение электрохимич. эквивалентов	Установки для электролиза с нерастворимыми анодами	Получение путем электролиза Ag, Cu, Na, Zn, Pb и др.

Подразделение процессов	Теоретические обоснования		Практич. применение и типы аппаратуры и оборудования	
	общие	частные	общие случаи	частные случаи
III. Получение металлов путем химич. реакций из расплавленных сплавов	Термохимия Теория электропечей Соображения о преимуществе работы с металлом в расплавленном состоянии	Теплопроизводительная способность применяемого топлива Равновесие $CO_2 \rightarrow CO + O$; $C + H_2O \rightleftarrows CO + H_2$ Сопоставление огнеупорных веществ и их важнейших свойств	1. Получение высоких $t°$ сжиганием топлива: а) твердое, жидкое, газообр. топливо б) топки в) воздуходувки 2. Получение высоких $t°$ электрич путем 3. Огнеупорные материалы 4. Измерения $t°$	
A. Получение новых состояний металлов путем высокого нагрева 1) Разложение на сплав и газообразные соединения	Термохимия и температурные условия диссоциации в расплаве и парах	Соображения об условиях давления и нагрева разлагаемых металлич. соединений	Плавильные печи: 1. Ванные 2. Пламенные 3. Обжигательные 4. Конвертеры 5. Электроплавильные 6. Приспособления для термитных реакций	Возгонка мышьяка из шпейзы Получение Hg из реагирующих масс
2) Разделение несмешивающихся сплавов	Теория распада на металл, шлаки и штейн Объяснение сущности образования штейна, шпейзы и др.	Соображения о взаимной растворимости металлич., окисных, сульфидных, мышьяковистых и пр. сплавов		Переплавка обожженных руд Cu, Pb и т. п. на металл, штейн, веркблей и шлак Отделение неметаллич. веществ от металла переплавкой
3) Разделение на сплавы и кристаллы	Теория равновесия между сплавами и кристаллами	Соображение о темп-ре затвердевания исследуемых веществ		Выплавка Pb из твердых реагирующих масс Процесс зейгерования Pb и т. п.
B. Перевод в металлич. или иное состояние химич. соединений	Теория химич. превращения в 3-фазных и более высоких системах Знание действия термитных реакций Вычисления термохимич. данных для них	Последовательн. сродства расплавленных металлов к O, S, Cl, Fe, C и т. д. при разных температу н. условиях Точка плавления реагирующих веществ и баланс тепла термитных реакций	Приспособления для термитных реакций	
1) Путем реакций между окислами металла и восстановителем	Теория восстановительных процессов	Диаграммы равновесия: Me + O + N, Me + O + C, Me + Me + O в жидком состоянии	Доменные печи Плавильные печи для выплавки цветных металлов Аппаратура для алюмино-термич. (термитной) плавки	Выплавка Fe, Pb, Zn, Cu, Sb и т. д. из их окислов Восстановление окисей металлов при помощи Na, Ca, Al, Mg, Cu Получение ферросплавов и специальных сталей из смеси окислов и C или из C-Fe и метал. окисл. Термитные реакции
2) Путем реакций между сульфидами металлов и окислами	Теория окислительной плавки на штейн	Диаграмма равновесия Me + O + S в жидком состоянии		Переплавка сульфидов с окислами
3) Путем реакций между сульфидами и другими обессеривающими веществами (кроме O)	Теория превращений металлич. сульфидов при помощи реакций с другими металлами	Диаграмма равновесия Me + Me + S в жидком состоянии		Выделение Pb из PbS железом
4) Путем реакций между металлогалоидами и третьим металлом	Теория превращения металлогалоидов с другими металлами	Диаграммы равновесия Me + Me + Cl; Me + Me + F, и т. д.		Получение металлов из их галоидных солей прибавлением др. металлов

Подразделение процессов	Теоретические обоснования		Практич. применение и типы аппаратуры и оборудования	
	общие	частные	общие случаи	частные случаи
IV. Получение металлов путем электрохимич. процессов из расплавленных сплавов	Теория электролиза расплава Соотношения между напряжением разложения и химич. сродством	Обзор электрохимич. эквивал., как в **B**, II Соображения о $t°_{пл.}$ применяемых расплавленных электролитов, их напряжении разложения, электропроводности	Электролизно-плавильные печи. Печи с Hg-катодом. Печи с расплавленным Pb-катодом	Получение Al и Al-Si Получение Mg Получение Ce и его сплавов Получение Ca, Sr, Ba, Be Получение Pb, Na, K, Si
V. Получение металлов путем химич. процессов *при нагревании* металлич. соединений в твердом состоянии	Особенности работы при высоких $t°$, теория горения Преимущества работы с металлами в твердом состоянии	См. **B**, III	Получение высоких $t°$, см. **B**, III	
A. Перевод в металлич. или другое состояние только нагревом	Термохимия и зависимость изменений равновесия от термич. условий при диссоциации металлич. соединений на кристаллы и пар	Соображения о зависимости диссоциации разлагаемых металлич. соединений (окислов, сульфидов, карбонатов, гидратов и т. д.) от $t°$ и p	Разнообразные типы печей, классифицируемые по назначению, по форме и по роду обслуживания	Разложение $Ni(CO)_4$ Частичное обессеривание $FeS_2 \rightarrow FeS + S$ Разложение $ZnCO_3$, $CaCO_3$
B. Перевод в металлич. или другое состояние химич. реакциями	Теория обратимых химич. реакций между твердыми и газообразными веществами Термохимич. основы экзотермич. реакций	Последовательность сродства металлов к O, S, Cl, F, C и т. д. при нагреве и изменениях их		
1) Путем реакций между окислами металла и восстановителем	Теория восстановления смесей окислов Теория взаимных превращений твердых металлов и их соединений (обратимые реакции)	Диаграммы равновесия: Me + O + H, Me + O + C, Me + Me + O в твердом состоянии Последовательность сродства C и H к Me и O		Получение Zn из ZnO Восстановление окислов металлами Na, Ca, Mg, Al, Co и т. д. Восстановление $CuSO_4$, $BaSO_4$ Нагрев науглероженного железа с его окислами
2) Путем реакций между сульфидами и кислородом	Теория образования окисла металла и сульфата из сульфида в тройной системе Me + O + S	Диаграмма равновесия: Me + O + S (а также As и Sb) в твердом состоянии Теплота реакций при процессах обжига		Обжиг Cu_2S, PbS, ZnS, HgS, Ag_2S, MnS_2, Sb_2S_3 $CuFeS_2$; (Ni-Fe-Cu)S
3) Путем реакций между сульфидами, окислами и Cl (хлорирующий обжиг)	Теория хлорирующего обжига	Диаграммы равновесия: Me + O + Cl, Me + S + Cl в твердом состоянии Теплота реакций		Хлорирующий обжиг Cu_2S, Ag_2S, V_2O_3
C. — Рафинирование металлов	См. **B**	См. **B**		
I. Рафинирование металлов химич. путем в кислых растворах	См. **B**, I	См. **B**, I	См. **B**, I	Химич. очистка благородных металлов
II. Электрохимич. рафинирование металлов в кислых растворах	Электрохимия анодного растворения и катодного выделения Электрохимич. эквиваленты и расход тока	Соображения о потенциале растворимости металлов Сопоставление электрохимич. эквивалентов	Электролиз и его применение с растворимым анодом	Электрохимич. рафинировка Cu, Ni Электролит. разделение благородных металлов
III. Огненное рафинирование расплавленных металлов A. Разложение на составные части простым нагревом	См. **B**, III	См. **B**, III	Получение высоких $t°$, см. **B**, III	

Подразделение процессов	Теоретические обоснования		Практич. применение и типы аппаратуры и оборудования	
	общие	частные	общие случаи	частные случаи
1) Разложение на сплав и пар	Теория дистилляции смеси	Давление паров чистых металлов As, Zn, Cd, Hg и их сплавов	Дистилляционные устройства для получения дистиллата Улавливание дымов и их переработка	Дистилляция Zn » Cd » Hg Выделение As
2) Разложение двух несмешивающихся расплавов	См. **B**, III, A, 2	См. **B**, III, A, 2		Выделение Zn из соединений Pb Выделение Pb из соединений Cu
3) Выделение кристаллич. составных частей из расплава	См. **B**, III, A, 3	См. **B**, III, A, 3		Выделение Cu, Ag, Bi, Zn из соединений Pb
B. Разложение химич. путем	См. **B**, III	Ряд химич. сродства жидких металлов к O, S, Cl, F, C и теплота реакций		
1) Восстановление	Теория восстановительных процессов		См. **B**, III	
2) Окисление атмосферным воздухом и др. газами	Теория последовательного окисления металлич. смесей Теория реагирования между расплавами металла и шлака	Равновесие между металлич. и окисленным расплавом Диаграммы состояния шлаков Соображения о $t°_{пл.}$ шлаков и других важных их свойствах		Бессемерование и т. д. стали Рафинирующие переплавки Cu, Ni, Ag и т. п. Удаление Zn из Pb парами воды
3) Окисление разными солями и химикалями	Теория обмена между сплавами и их солями в расплавленном состоянии	Соображения о равновесном состоянии металлов с их солями Ряд химич. сродства металлов и металлоидов		Очищение металлов переплавкой с добавками Процесс Харриса
IV. Рафинирование электрохимическим путем	См. **B**, IV	См. **B**, IV	См. **B**, IV	Получение Al из Al-Cu-Si
V. Рафинирование нагревом в твердом состоянии	См. **B**, V	См. **B**, V	См. **B**, V	Рафинировка стали Пудлингование Ковкий чугун
D.—Синтез сплавов Сплавление	См. **B**	См. **B**		
I. Образование химич. соединений в водных растворах (выделение сплавов химич. путем)	См. **B**, I	См. **B**, I	См. **B**, I	Получение сплавов введением одного металла в раствор другого, например осаждение цементированным железом
II. Электрохимич. осаждение сплавов из кислотных растворов	см. **B**, II и **C**, II Законы, связующие состав и потенциал растворения сплавов	Сопоставление ряда электролитич. потенциалов растворения сплавов	См. **B**, II и **C**, II	Прямое получение сплавов, см. **B**, II
III. Получение сплавов в расплавленном состоянии	Кинетика металлич. систем в расплавленном состоянии Сродство металлов между собой Термохимия	$t°_{пл.}$ и $t°_{кип.}$ металлов	Получение высоких $t°$ в печи, см. **B**, III Предохранительный покров (шлака)	
A. Прямой синтез металлов (включая метод соприкосновения)		Соображения о растворимости, скорости растворения и диффузии металлов одного в другой	Применение предварительных сплавов, ферросплавов, сплавов Cu Шихтовка	Амальгамация благородных металлов

Подразделение процессов	Теоретические обоснования		Практич. применение и типы аппаратуры и оборудования	
	общие	частные	общие случаи	частные случаи
B. Чисто химич. превращения	См. **B**, III, B			
1) Превращения в металлич. системах	Теория статики и кинетики в многолегированных системах	Соображения о взаимном сродстве металлов между собой		$FeSi + Mg \rightarrow MgSi + Fe$ $FeMn + Cu \rightarrow CuMn + Fe$
2) Превращения в полуметаллич. системах	Теория, см. **B**, III, B	См. **B**, III, B	См. **B**, III	Образов. амальгам из сернистых руд
3) Термитные и аналогичные им реакции	Теория, см. **B**, III, B	См. **B**, III, B		Получение сплавов Al из Al и металлич. солей, сплавов Pb (со свинцовым катодом)
IV. Электрохимич. процессы	Теория, см. **B**, IV	См. **B**, IV	См. **B**, IV	Получение амальгамы Ba и др. См. **B**, II, C
V. Процессы при высоких $t°$ в твердом состоянии A. Прямой синтез (сухое спекание)	Теория реакций твердых веществ между собой и газами Отделение твердой фазы от жидкой на основании учения о состояниях сплавов Влияние $t°$ и p		Печи и приборы для спекания	Получение сплавов трудноплавких металлов, как то: Mo, W и т. п.
Б. Цементация	Теория процессов диффузии в кристаллич. состоянии	Соображения о скоростях диффузии твердых металлов одного в другой	Печи для цементации	
Е.—Покрытие и наплавление	Теория Значение и коэф. прилипания металлов Травление	Соображения о средствах травки	Приспособления для травки	
I. Путем химич. реакций в кислотных растворах	Теория получения покрытия из кислотных растворов Преимущества и недостатки сравнительно с горячими способами			Позолота, омеднение, посеребрение, никелировка, хромирование, кобальтирование
II. Путем электрохимич. процессов в кислотных растворах (гальванопластика)	См. **D**, II	См. **D**, II	Гальванопластич. установки и аппаратура	
III. Путем процессов с расплавленным металлом A. Прямой синтез	См. **D**, III, A	См. **D**, III, A		
1) Покрытие погружением	Теория сродства металлов между собой	Структура оболочки Соображения об устойчивости оболочки и возможности гальванич. воздействия между металлами	Цинковальни, лудильни и их оборудование	Оцинковка, лужение, освинцование, покрытие латунью
2) Обрызгивание			Машины для обрызгивания и подсобные аппараты	Лужение, освинцование, омеднение покрытие латунью и алюмин.
3) Пайка	Теория Значение химич. сродства между припоем и подкладкой Определение и разграничение сварки от пайки	Структура слоя пайки Соображения о $t°_{пл.}$ припоя Соображения о средствах пайки	Паяльный инструмент	Пайка благородных металлов Твердые припои для Fe, Cu и аналогичных металлов и сплавов Мягкие припои для белых металлов Флюсы для белых и других сплавов

Подразделение процессов	Теоретические обоснования		Практич. применение и типы аппаратуры и оборудования	
	общие	частные	общие случаи	частные случаи
4) Сварка	Требования, предъявляемые к процессу сварки	Соображения о структуре сваренного шва	Аппаратура и машины для газовой и электр. сварки	Твердая, мягкая сварка Флюсы
B. Покрытие, сопровождаемое химич. реакциями				Напр. покрытие Al медью из расплава соли меди
1) Покрытие расплавленным металлом				Безуспешно до сего времени
2) Пайка			Напайка массы металла	Мало применяется
3) Сварка			Термитная сварка	В большом ходу для стали
IV. Путем электрохимич. процессов с расплавленными металлами				Мало развито
V. Путем нагревания металлов в твердом или пластическом состоянии 1) Плакировка	Теоретич. данные Реакции между подкладкой и оболочкой	Соображения о $t°_{пл.}$ металла и сплава	Способ плакировки	Позолота, серебрение, хромировка, покрытие Mo, W
2) Сварка под молотом			Аппаратура и машины для сварки в пластич. состоянии	Сварка Al, Fe (горновая)
3) Обработка металлов парами и газами		Соображения о скорости диффузии газов в твердые металлы		Шерардизация, цементация, силицирование, алитрирование, нитрирование
F.— Выделение металлов из сплавов	См. C	См. C		
I. Химич. выделение в водных растворах	См. C, I	См. B, I	см. B, I	Разделение благородных металлов при помощи к-т
II. Электрохимич. разделение в водных растворах	См. C, II	См. C, II	Аппараты для электролитич. осаждения металлов	Разложение сплавов Cu, Ag или Pt с анодным растворением
III. Химич. выделение из расплавленных сплавов	См. B, III	См. B, III	См. B, III	
A. Прямое выделение 1) Расплавлением и испарением	См. C, III, A, 1	См. C, III, A, 1		Разделение Cd - Zn
2) В двух разделяющихся слоях сплава	См. C, III, A, 2	См. C, III, A, 2		Разделение Pb-Zn, Bi - Zn. Pb - Cu
3) Разделение на основании ликвации	См. C, III, A, 3	Равновесное состояние амальгамы Диаграммы равновесия Pb-Ag, Pb - Bi, Pb-Zn и др.		Выделение высокоплавких металлов из белых металлов Разложение амальгам

Подразделение процессов	Теоретические обоснования		Практич. применение и типы аппаратов и оборудования	
	общие	частные	общие случаи	частные случаи
B. Химич. разделение 1) Сплавление в чистометаллич. системах (выделение металлов металлами)	Теория равновесия и выделения в многофазных системах См. **C**, III, B, 1	Сообразование с соответствующими диаграммами равновесия многофазных систем	См. **C**, III, A, B	Разделение Ag-Pb при помощи Zn; выделение Sn и Sb из их сплавов с Bi и Pb при помощи Fe. (FeMn) + Cu → → (CuMn) + Fe
2) Выделение при помощи газов или паров	См. **C**, III, B, 2	См. **C**, III, B, 2		Разложение сплавов частичным окислением
3) Выделение расплавленными солями или другими химикалями	См. **C**, III, B, 3	См. **C**, III, B, 3		Переработка старого металла с реагентами $Zn + SnCl_2 = Sn + ZnCl_2$; $Pb + SnCl_2 = Sn + PbCl_2$
IV. Электрохимич. выделение из расплавов	См. **C**, IV	См. **C**, IV	См. **C**, IV	Мало применяется
V. Разделение в горячем состоянии в твердом виде	См. **C**, V	См. **C**, V		
A. Прямое выделение, частью испарением	Теория распадения сплавов на кристаллич. и газообразные фазы	Соображения о диссоциации в зависимости от p и $t°$ соответствующих кристаллич. сплавов	См. **B**, III, A, 1	Разложение амальгам Отделение Zn от Ag Удаление Cd из сплавов
B. Химич. выделение при помощи паров или газов	Теория равновесия между кристаллич. сплавами и неметаллич. парами	Соображения о равновесии и сродстве между твердыми металлами и парами металлоидов		Продувка Cu-Zn, Cu-Sn
G. — Придание формы металлу в жидком состоянии	Знание свойств металлов	Соображения о правильной конструкции отливок		
A. Формовка			Подготовка земли и формовка Машинное формовочное оборудование	
B. Расплавление	Теория смешиваемости жидких металлов Термохимия металлич. систем Значение растворимости газов в разливаемых металлах	Соображения: о смешиваемости жидких металлов, о $t°_{пл.}$, скрытой теплоте плавления и смешения металлов, о растворимости газов в чистых и легированных металлах	Плавильные печи, тигли; защитные устройства	Литье из чугуна, стали и никеля Монель-литье Медное литье Бронзовое » Латунное » Литье белых металлов Алюминиевое литье Магниевое литье Литье под давлением Sn, Zn, Pb, Al и т. д. и их сплавов
C. Разливка	Теория застывания расплава, образования центров кристаллизации и скорости кристаллизации Значение изменения объемов при кристаллизации Образование усадочных раковин, сегрегация и ликвация Значение $t°$-ного интервала застывания	Соображения о диаграмме застывания литейного сплава, о плотности и расширении, усадке и ликвации литейных сплавов и металлов	Литейные для отливки в формовку, в кокиль и под давлением или в вакууме Машинные литейные установки	
D. Очистка			Обрубочн. машины. Очистка песком. Травление	
E. Выдавка нитей		Соображения о давлении истечения металлов и сплавов	Приборы для выдавки металлич. нитей	Выдавка W нитей и т. д.

Подразделение процессов	Теоретические обоснования		Практич. применение и типы аппаратов и оборудования	
	общие	частные	общие случаи	частные случаи
H.—Придание формы металлу в твердом состоянии	Значение механических свойств Раздавливаемость и пластичность металлов			
I. Изготовление порошков			Машинные установки	Порошки Al, Cu, Fe и т. д.
II. Обработка режущими инструментами: сверление, обточка, строгание, фрезеровка	Обрабатываемость режущими инструментами Теория резания Методы испытаний	Цифровые данные по обработке режущими инструментами Соображения о наивыгоднейших формах инструментов и параметрах резания	Станки для обработки металлов	Механическая обработка деталей из всяких металлов
III. Деформирование	Теория деформации, ее влияние на свойства Упрочнение Горячая и холодная обработка давлением	Цифровые данные о деформации, давлении истечения, степени упрочнения в некоторых металлах и сплавах	1. Нагревательные печи с индивидуальным или методич. подогревом 2. Специальные механизмы: молоты, прессы и т. п.	
A. Ковка, штамповка, процесс Маннесмана	Теория ковки Испытание течения металла Значение $t°$	Структура кованого изделия	а) Молоты б) Ковочные механизмы в) Стан Маннесмана	Изготовление отдельных частей из стали, железа, латуни и легких сплавов
B. Прокатка (листов, фасонная)	Теория прокатки Учение о течении металла	Структура прокатного металла	Прокатные станы Калибровка для сортового и листового металла	Изготовление листового крупного профильного черного и цветного металла и металлич. катаных труб
C. Волочение	Теория протяжки Исследование протягиваемости	Структура протянутого металла	Волочильные станы для проволок, труб, штанг и т. п.	Изготовление круглой и фасонной проволоки, волоченых труб и штанг из черных и цветных металлов
D. Выдавливание	Теория истечения Испытания истечения металла		Прессы Дика	Изготовление труб и мелкого сложного профильного цветного металла Вольфрамовые нити
E. Изгиб	Теория изгиба Распределение напряжений Изучение изгиба		Гибочные машины (бульдозеры) Машины для проволочных изделий	
F. Изменение структуры деформацией	Теория изменения структуры в зависимости от деформации			Улучшение качеств проковкой, волочением и т. д.
G. Изменение физич. и механич. свойств от деформации	Законы влияния деформации на свойства металла			
I. —Улучшение физических и механич. свойств термич. обработкой	Теория термич. обработки Условия и связь с диаграммами состояния	Диаграммы равновесия и состояний обрабатываемых сплавов	Печи для термообработки Охладительные устройства Закалочные устройства Отпускные ванны	

Подразделение процессов	Теоретические обоснования		Практич. применение и типы аппаратов и оборудования	
	общие	частные	общие случаи	частные случаи
I. Старение	Теория выпадения структурно свободной фазы при атмосферн. $t°$			Старение дуралюмина
II. Закалка	Теория распадения твердого раствора при критических $t°$			Закалка стали
J.— Учение о состоянии металлов и сплавов				
I. Чистые металлы A. Структура литых металлов B. Структура деформированных металлов	Теория строения кристаллов чистых металлов Полиморфизм, аллотропия, $t°$ превращения	Цифровые данные о $t°_{пл.}$, $t_{кип.}$, $t°$ превращения (см. *Пр. ТЭ*, т. II)	Основа всей Т. м. и всего металловедения	
II. Двойные сплавы A. Структура литых сплавов B. Структура деформированных сплавов	Теория состояния металлов на основе гетерогенной статики Теория кристаллизации на основе гетерогенной кинетики Теория структуры деформированного сплава	Диаграммы состояния и особые соображения о двойных сплавах		
III. Тройные сплавы	То же	То же о тройных сплавах		
IV. Многократные сплавы	То же	То же о многократных сплавах		

крупное значение имеют: а) прокатка листов (очень тонкие 0,1÷0,5 *мм*); б) применение листовой штамповки (умение хорошо конструировать такие штампованные изделия); в) штамповка с очень малыми припусками, доводка до точных размеров холодной прессовкой—чеканкой; г) изготовление холодной обработкой очень чистых поверхностей (грубо обработанная рабочая поверхность обладает меньшей выносливостью на усталость; холодная обработка с неравномерным снятием стружки по обрабатываемой поверхности должна избегаться); д) отливка под давлением без дальнейшей обработки; е) умение манипулировать с большими массами металла (100 250 *т* в штуке) при нагреве, охлаждении и других технологических процессах; ж) правильная термическая обработка; з) выбор надлежащего сплава для изделия.

Лит.: см. при соответствующих статьях ТЭ. К общему циклу Т. м.—Die metallische Werkstoff, hrsg. v. W. Guertler, B. 1, Lpz., 1929. **К. Грачев.**

ТИГЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС, тигельное производство, производство тигельной стали, процесс получения стали путем плавки ее в небольших сосудах (горшках), или *тиглях* (см.), изготовленных из особой высокоогнеупорной массы. Т. п. является наиболее древним из всех существующих способов получения стали в жидком (расплавленном) виде, или т. н. литой стали.

Промышленное получение тигельной стали началось в половине 18 века в Англии (Шеффильд), быстро распространилось в других государствах и достигло своего наибольшего развития в начале прошлого века. Однако это производство никогда не имело большого масштаба и ограничивалось получением только наиболее дорогих и ответственных сортов инструментальной стали, оружия, предметов военной обороны, ответственных машинных частей и фасонных отливок. С развитием других более дешевых способов получения литой стали (бессемеровской, томасовской, мартеновской) и особенно с развитием производства электростали Т. п. начинает терять свое значение и в настоящее время постепенно сходит со сцены.

Особенности Т. п. Плавка в тиглях дает возможность получить все виды самой ответственной углеродистой и специальной (легированной) стали за исключением мягких малоуглеродистых сортов. Преимущества Т. п.: 1) отсутствие окислительной атмосферы дымовых газов, воздействующих непосредственно на металл; 2) восстановительное действие углеродистого вещества, входящего в состав массы тигля (графит, кокс); 3) особый состав шлака (низкое содержание окислов железа, высокое содержание SiO_2 и Al_2O_3); 4) возможность получения более полного равновесия между шлаком и металлом; 5) невозможность сильно перегреть и окислить металл. Недостатки Т. п.: 1) малый масштаб производства вследствие малого объема тигля (емкость тигля 25—35 *кг* стали); 2) громоздкость производства; 3) большое число периодически задалживаемых рабочих (подноска тиглей, разливка стали); 4) тяжелые условия работы (посадка и вынимание тиглей); 5) кропотливая работа по сортировке, резке и навеске шихты; 6) низкая производительность труда; 7) отсутствие процессов рафинировки (удаления вредных примесей) и необходимость работы на чистых и однородных шихтовых материалах (дорогая шихта); 8) невозможность свободно управлять процессом варки стали и необходимость работать по заранее установленной строгой и кропотливой рецептуре для получения стали заданного состава; 9) неоднородность состава стали в отдельных тиглях; 10) малая стойкость тиглей (1—2—3 плавки); 11) большой расход топлива; 12) затруднительность получения круп-

ных отливок; 13) затруднительность выплавки мягких сортов малоуглеродистой стали вследствие науглероживающего воздействия вещества тигля; 14) как следствие всего вышеперечисленного—высокая стоимость производства тигельной стали.

Состав огнеупорной массы тиглей. Материал, идущий на изготовление тиглей, должен удовлетворять особенно строгим требованиям. Тигель д. б. достаточно огнестоек при высоких темп-рах, достаточно устойчив против химич. воздействия шлака при высоких $t°$ и достаточно прочен в механич. смысле (для выдерживания внутреннего давления металла и внешних усилий, например при вынимании тигля из печи); состав массы большой партии тиглей д. б. одинаков для того, чтобы влияние состава тигля на ход плавки и состав металла не вызывали бы необходимости менять установленную рецептуру шихтовки на отдельные сорта стали. По составу массы тигли можно разбить на графитные и шамотные. Первые являются более дорогими и применяются гл. обр. в Америке. Графитные тигли изготовляют из огнеупорной глины с добавкой 20÷75% графита. Шамотные тигли готовятся из огнеупорной глины, шамота (обожженной глины) или боя старых тиглей («череп») с добавкой графита или кокса. Такой состав представляется значительно более дешевым, особенно если принять во внимание, что тигель выдерживает обычно не больше двух плавок, а на самые ответственные сорта стали предпочитают для каждой плавки брать свежий тигель. Состав огнеупорной массы тиглей различных з-дов приводится в табл. 1.

Табл. 1.—Химический состав тиглей (в %).

Тигли	C	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO+MgO	Влажн. и летуч. вещества
Шамотные *1	—	53,92	40,57	—	5,28	5÷0,23
То же с графитом *2	12,13	50,80	29,78	1,42	1,97	3,57
То же *3	10÷13	49÷51	32÷33	3÷4	сл.	—
То же *4	18,5	50,0	29,0	2,5	—	—
Шамотные с коксом *5	18,6	53,2	25,8	1,0	1,0	—
Графитные *6	25,30	43,08	23,04	2,13	0,71	5,77
То же *7	30,00	43,10	23,00	2,30	0,50	—
То же *8	31,00	39,85	18,80	4,05	0,76	6,00
То же *8	40,43	24,63	27,89	1,78	—	—

*1 Опыты А. Брандта. *2 Завод б. Парвиайнен. *3 Завод Марлье, обыкн. *4 Завод Марлье, высшего качества. *5 Вестфальский з-д. *6 Златоустовский завод. *7 Обуховский завод. *8 Пермский завод.

Табл. 2.—Изменение состава массы тигля (в %).

Проба		C	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	P	S
Тигель новый		22,93	42,42	31,30	0,30	2,41	0,75	0,10	0,019
Тигель после 1-й плавки	Средний состав	20,95	44,90	32,30	0,90	2,45	0,36	0,09	0,04
	Внутренний слой	23,13	44,48	32,36	0,39	0,91	0,45	0,09	0,05
	Наружный слой	3,71	62,70	30,59	1,93	0,60	0,36	0,045	0,043
Тигель после 2-й плавки	Средний состав	13,72	53,06	32,28	1,42	1,00	0,40	0,07	0,02
	Внутренний слой	17,27	48,32	32,19	1,01	1,82	0,35	0,09	0,04
	Наружный слой	1,05	59,76	35,77	1,03	1,00	0,47	0,05	0,049

Толщина стенки тигля 25 *мм*; тигли шамотные с добавкой кокса.

Понятие об изменении состава массы тигля на внутренней и наружной поверхности его после одной и двух плавок дается в табл. 2. Состав шихты для тигельной массы различных заводов приводится в табл. 3.

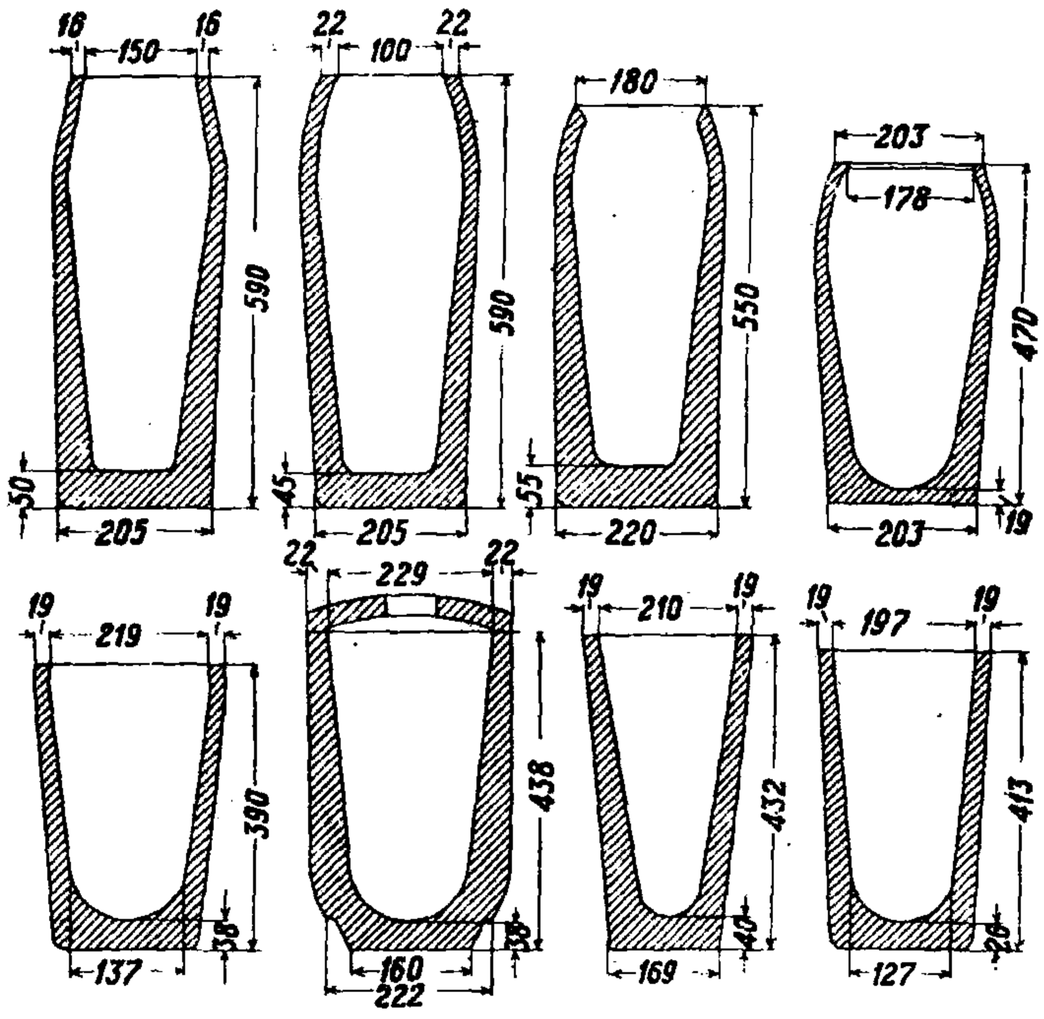
Для изготовления хороших и стойких тиглей предпочтительно употреблять цейлонский графит пластинчатого строения. Однако такой графит очень дорог. Поэтому он заменяется другими более дешевыми сортами. Нек-рые заводы вместо графита применяют кокс. Тигли из основного материала (магнезита) не получили применения вследствие плохой их огнестойкости, т. е. потери прочности при высоких $t°$, несмотря на их огнеупорность.

Изготовление тиглей. От тщательности изготовления тиглей в значительной степени зависит успех работы и производственные показатели тигельной мастерской. Сырые материалы тщательно сортируют, размалывают, просеивают, смешивают в определенной

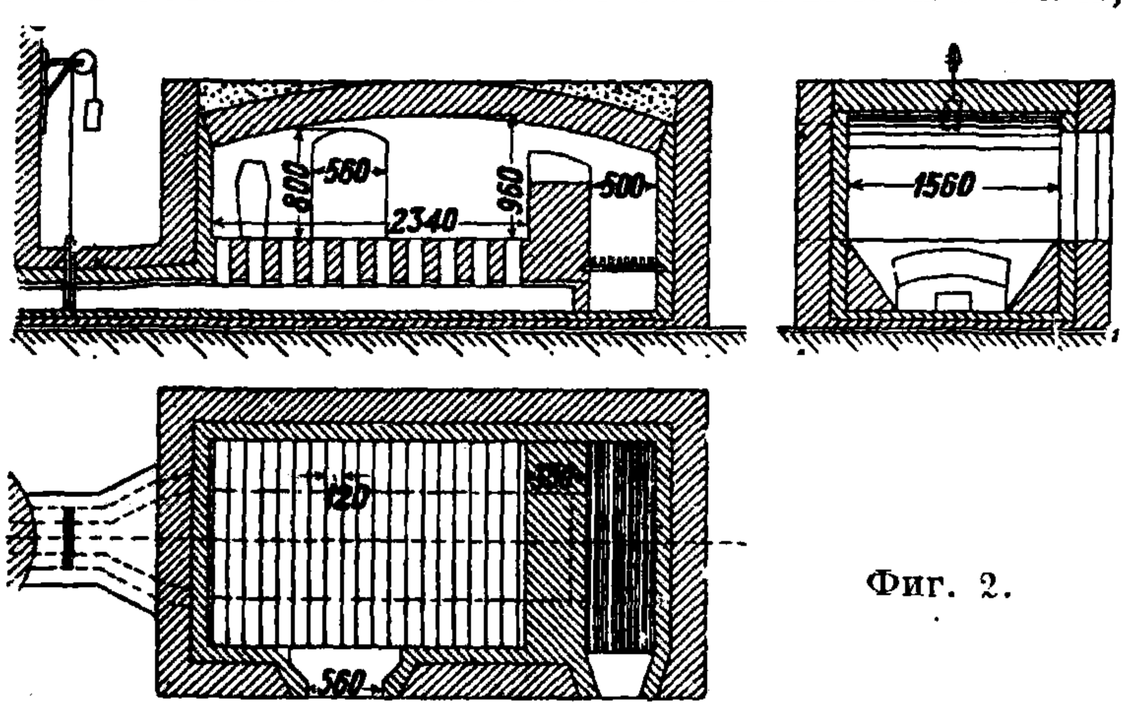
Табл. 3.—Состав шихты для тигельной массы.

Наименование завода	Марка	Состав массы (в % по весу)						Емкость тигля в *кг* стали	Влажность массы в %
		графит	кокс	древесн. уголь	череп тигельн.	глина огнеупорная	шамот		
Обуховский	О	25	—	—	28	25	22	36	16
»	П	23	—	—	37	25	15	—	16
Пермский	З	27	—	5,8	—	33,6	33,6	26	25
Златоустовский	И	17,5	—	2	38,5	36,5	5,5	33	29
Ижевский (1907 г.)	I	—	20	—	—	40	40	—	22,5
Путиловский	Б	5,8	0,9	—	12,8	40	40,5	25	—
З-д б. Парвиайнен	—	16	2	—	—	41	41	29,5	—
» » »	—	6	1	—	13	40	40	—	—
» » »	—	22	1	—	—	38	39	—	—
» » »	—	—	5	—	12	41,5	41,5	—	—
Дюйсбургский	—	33	—	—	—	58,7	8,3	—	—
Гессенский	—	33	—	—	—	33	33	—	—
Бирмингемский	—	50	—	—	—	33	17 (песок)	—	—
Франц. департ. Луары	—	21	5,2	—	5,2	31,8	36,8	—	—
Капфенберг, бр. Белер	—	33	—	—	—	33	33	—	—
Вестфальский	—	—	10	—	—	42	48	—	—
Шведский Эстерби	—	—	0,5	—	—	100 англ. бел. глин.	—	—	—

пропорции, полученная масса иногда в ы д е р ж и в а е т с я (в ы л е ж и в а е т с я) в специальных помещениях в течение нескольких недель для получения большей пластичности при формовке и большей прочности после обжига. Ф о р м о в к а тиглей производится или вручную или на приводных прессах (винтовых или гидравлич.). При тщательной работе ручная прессовка графитных и шамотных тиглей дает иногда даже лучшие результаты, чем формовка на механич. прессах. Размеры и формы тиглей приводятся на фиг. 1. Последующая операция сушки тиглей ведется весьма медленно и особенно осторожно в специальных помещениях с постоянной $t°$ и достаточно влажной атмосферой. Постепенно тигли переносят в более нагретые отделения сушильного помещения, и в конце сушки $t°$ их доводят до 55 —70°. Весь процесс сушки занимает от 3 до 4 месяцев (не менее 90 дней). Вес сухого тигля в среднем можно принять равным 50 % веса его металлической садки. О б ж и г шамотных тиглей производится непосредственно перед плавкой в особых о б ж и г а т е л ь н ы х п е ч а х,



Фиг. 1.



Фиг. 2.

или к а м и н а х (фиг. 2), откуда тигли пересаживают в плавильные печи без охлаждения. Нагрев тиглей в каминах происходит в течение 5—9 ч. до $t°$ 900—1 200°. Обжиг графитных тиглей производится при $t°$ 1 300—1 400°.

Ш и х т о в ы е м а т е р и а л ы т и г е л ь н о й п л а в к и. Для возможности удобной загрузки в тигли шихтовые материалы должны подаваться в кусках размером не более 20—50 *мм*, длиной до 100 *мм*. С этой целью сырые материалы Т. п. подвергают предварительной операции измельчения, или резке. Иногда применяют круглые заготовки особой формы, отлитые из основной мартеновской стали. В этом случае бывает выгодно придавать заготовкам форму внутренней полости тигля, что дает более выгодное заполнение его объема. В случае работы на заготовке из сварочного железа или же мягкой мартеновской стали их прокатывают в виде полос и режут специальными ножницами на мелкие куски, или т. н. т и г е л ь н у ю р е з к у. Чугун, добавочные материалы и ферросплавы разбивают на мелкие куски вручную или на особых небольших копрах. По своему химич. составу шихтовые материалы д. б. очень однородны, не должны содержать вредных элементов (фосфора, серы, мышьяка, олова и т. д.), а также тех случайных примесей, к-рые, вообще говоря, не являются вредными, но которые м. б. нежелательными при производстве тех или иных сортов высококачественной стали. К числу таких примесей относятся никель, медь, хром и т. д. Наличие марганца в тигельной шихте также нежелательно по соображениям лучшей стойкости тиглей. При заметном содержании марганца в шихтовых материалах значительная часть его окисляется во время периода плавления, и образующийся жидкий марганцовистый шлак сильно разъедает шамотные стенки тигля. Поэтому содержание марганца в шихте Т. п. стараются иметь не выше 0,2—0,3%.

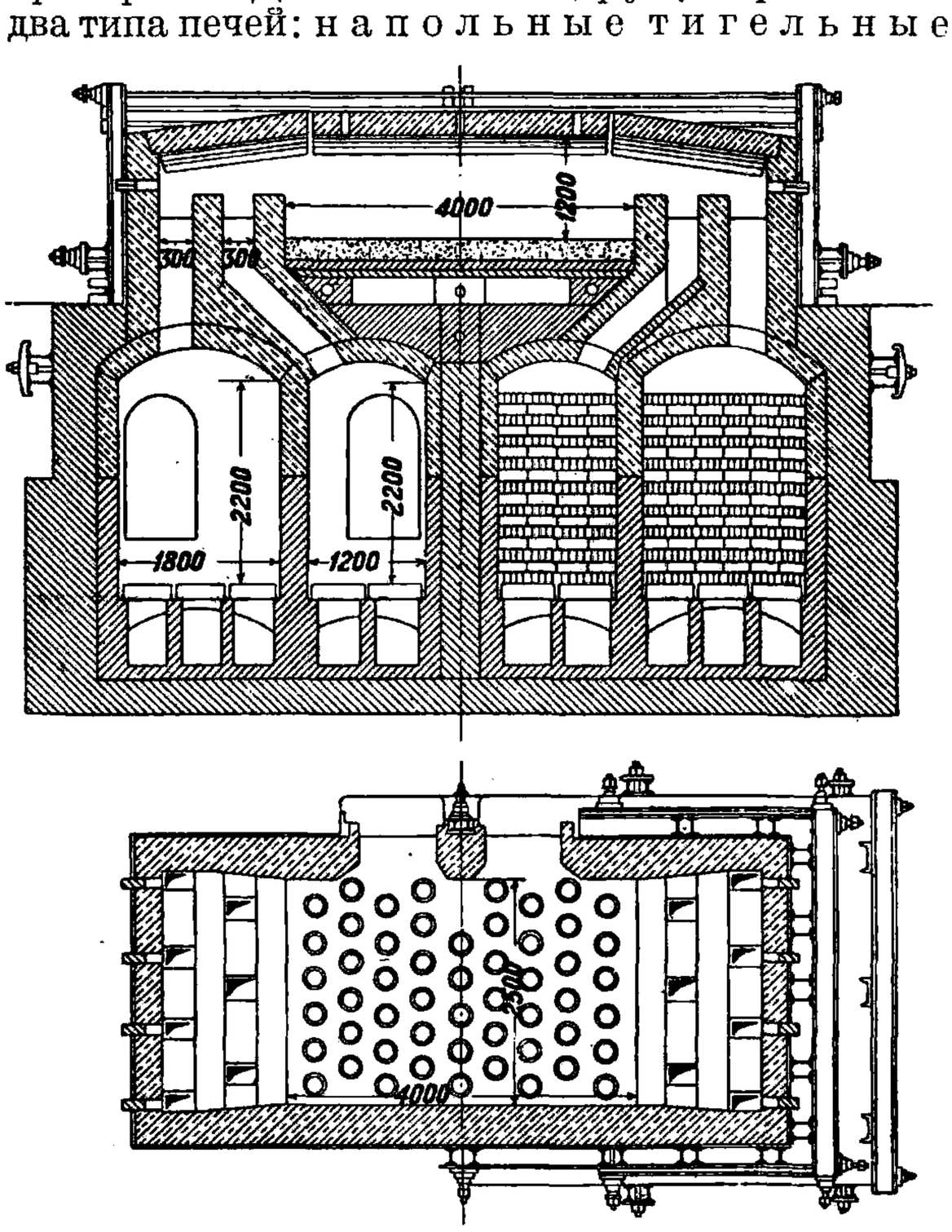
В прежнее время для Т. п. обычно пользовались чистой кричной заготовкой. Для этой цели куски кричного железа или стали прокатывали (или проковывали) в полосы, сортировали по содержанию углерода и пускали в плавку в виде нарезанных или надрубленных ломаных кусков. Хорошие результаты получались при работе на т. н. ц е м е н т н о й с т а л и с содержанием углерода до 1,0—1,5%. Наиболее дешевым и однородным шихтовым материалом для Т. п. в настоящее время следует считать чистую мартеновскую заготовку, прокатываемую из стальных слитков, специально выплавляемых для этой цели в основных мартеновских печах. Кроме мягкой мартеновской заготовки иногда пользуются основной мартеновской сталью с б. или м. значительным содержанием углерода (до 0,50—1,00%), с низким содержанием вредных примесей, а также с пониженным содержанием марганца. Мартеновскую заготовку для Т. п. предпочтительно получать из чистых чугунов путем их первого передела, без значительных количеств скрапа, т. к. в этом случае получается «первородный» материал, наименее «зараженный» различными посторонними примесями, постепенно концентрирующимися в скрапе и других отходах производства. Хорошую тигельную заготовку давал Аша-Балашевский завод (Юж. Урал). Чугун применяется в Т. п. в очень ограниченных количествах. Он д. б. чист в отношении вредных примесей (серы и фосфора) и должен содержать возможно меньше кремния и марганца. Этим требованиям удовлетворяют в полной мере только нек-рые сорта шведских чугунов. Для применения в Т. п. чугун отливается в виде довольно тонких плит с глубокими перпендикулярными насечками (бороздами), позволяющими легко разбить плиту на отдельные мелкие куски (кубики). Химич. состав наиболее типичных плавильных материалов Т. п. дан в табл. 4. Кроме указанных шихтовых материалов в Т. п.

Табл. 4.—Химический состав шихтовых материалов Т. п. (в %).

Наименование и происхождение материала		C	Si	Mn	P	S
Чугун	шведский	3,5÷4,5	0,15÷0,50	0,10÷0,50	0,03	0,03
	штирийский	4,0	0,11÷0,24	0,8 ÷2,40	0,07	0,02
	уральский	3,75÷4,20	0,20÷0,50	0,5 ÷1,50	0,01	сл.
Кричное железо	шведское	0,06÷0,10	0,01÷0,08	0,06÷0,10	0,005÷0,03	сл.÷0,004
	уральское	0,10	сл.	0,02	0,04	0,007
Пудлинговое железо		0,07÷0,10	0,04	0,10	0,010÷0,015	0,002
Пудлинговая сталь	немецкая	0,80÷1,10	0,06÷0,12	0,13÷0,24	0,015÷0,020	—
	уральская	0,46	0,30	0,30	0,02	сл.÷0,007
Цементная сталь	шведская	0,88÷1,22	сл.÷0,02	0,02÷0,04	0,01 ÷0,02	сл.
	уральская	0,85	0,08	0,06	0,04	0,01
Мартеновская заготовка	мягкая	0,10	0,01	0,20÷0,30	0,004÷0,02	0,005÷0,01
	твердая	0,49	0,48	0,20	0,027	0,008

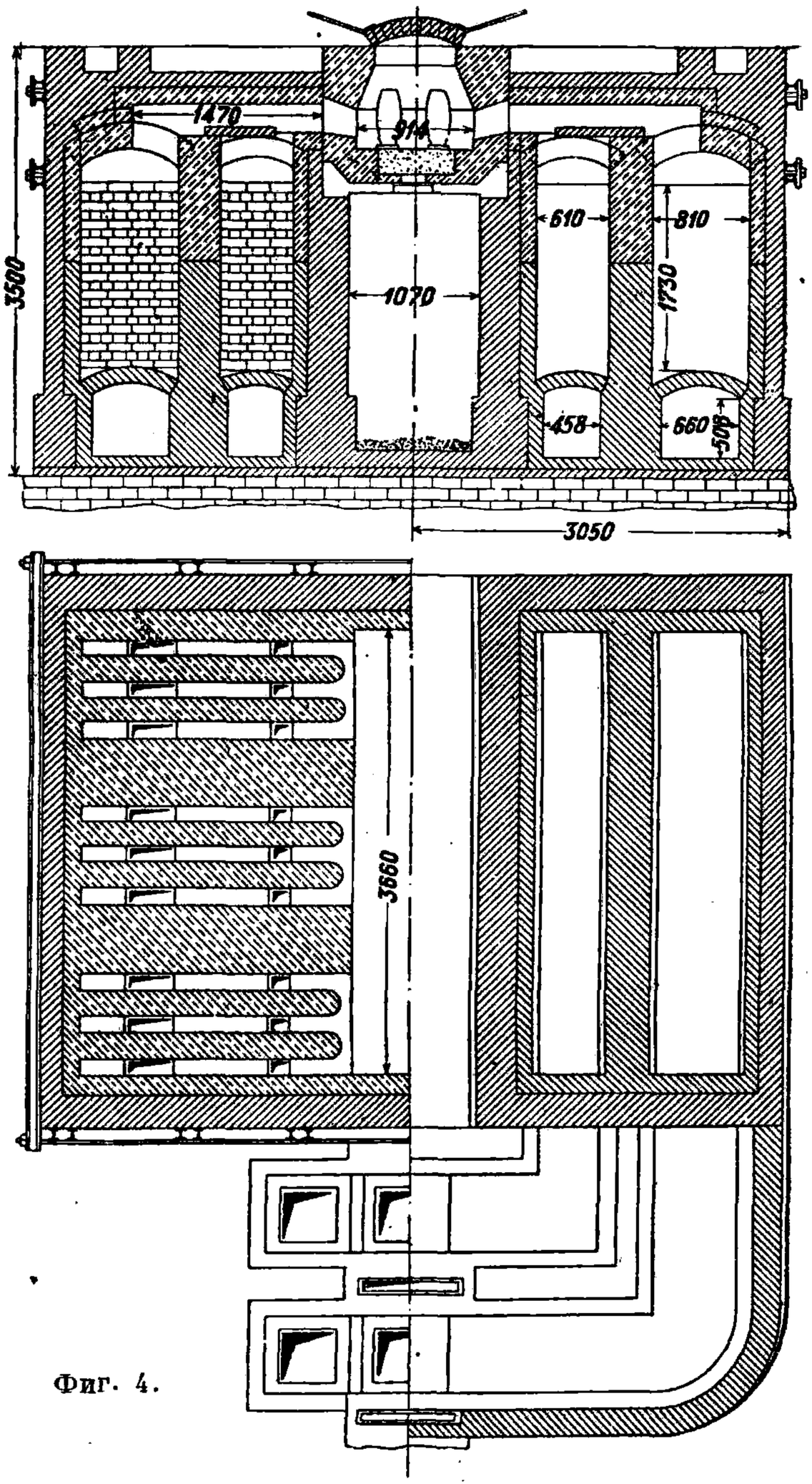
иногда приходится пользоваться отходами тигельной стали и ломом стали инструментальной (углеродистой и легированной). Эти отходы должны тщательно сортироваться по химическому составу (искровая проба и др.). Ферросплавы, применяемые в Т. п. (ферроманган, феррохром, феррованадий, ферромолибден, ферроникель и т. д.), должны быть чисты от содержания вредных и посторонних примесей.

Печи для Т. п. Наиболее простым и дешевым устройством для ведения Т. п. является плавильный горн. В настоящее время тигельные горны уже давно не работают на з-дах СССР, но в Англии они до последнего времени еще были в действии. Газовые регенеративные пламенные печи во всех отношениях являются более совершенными плавильными приборами. Для Т. п. чаще других применяют два типа печей: напольные тигельные



Фиг. 3.

печи, или печи нем. типа (фиг. 3), и печи колодцевые, или печи франц. типа (фиг. 4). Оба типа печей имеют регенеративные камеры и отапливаются генераторным газом из каменного угля или дров; расход каменного угля, сжигаемого в газогенераторах при работе тигельных печей, составляет 100÷150% от веса стали. Печи нем. типа представляются более удобными, т. к. позволяют избежать тяжелой ручной работы по выемке тиглей и дают возможность легко заменить опасный для здоровья труд вынимальщиков сравнительно простыми механическими устройствами для выемки и посадки тиглей через боковые рабочие окна. Печи этого типа имеют больше места для посадки тиглей и больше свободного объема для развития реакций горения, чем отчасти и объясняется значительно меньший расход топлива в них (100÷115%) против печей франц. типа (150÷180%). Печи нем. типа дают больше удобств для наблюдения за тиглями, позволяют вести более равномерный и интенсивный нагрев



Фиг. 4.

тиглей, но не допускают возможности производить завалку шихты в тигли, стоящие в печи, как это имеет место при печах франц. типа. В печах нем. типа металлическая шихта каждого тигля предварительно загружается в т. н. «бураки» (тонкостенные железные цилиндры небольшого размера) и нагревается одновременно с тиглями в каминах, затем нагретые материалы засыпаются в горячий тигель при посадке его в печь. В печах франц. типа шихта загружается холодной в горячие тигли, стоящие в печи. На америк. заводах применяют графитные тигли большого размера (36÷56 *кг* стали) и предпочитают работать в печах колодцевого типа. Тигли выдерживают 12—15 плавок. Расход топлива в америк. печах колодцевого типа приближается к расходу в печах нем. типа. Главными недостатками печей франц. типа являются: повышенный расход топлива, значительно более тяжелые условия труда (горячий пол мастерской, необходимость вынимать из пылающей печи тигель общим весом более 50 *кг*), малый объем рабочего пространства (опасность сжечь тигель, ближний к факелу пламени), более трудный надзор и уход за печью. В рабочем пространстве тигельных печей помещается от 30 до 60 тиглей емкостью 20÷45 *кг* (обычно 25÷35 *кг*). Продолжительность плавки достигает обычно 4—5 ч., а в исключительных случаях—8 ч. Выход годного металла от веса металлич. шихты составляет 95—97%. В печах нем. типа на каждый тигель приходится ок. 0,14 $м^2$ площади пода и ок. 0,23—0,27 $м^3$ объема рабочего пространства. В печах франц. типа относительный объем свободного рабочего пространства будет значительно меньше. Объем регенеративных насадок для тигельных печей можно принять равным 2,5—3 $м^3$ на 1 $м^3$ свободного объема рабочего пространства. Рабочее пространство этих печей выкладывается из динасового кирпича, а под набивается из кварцевого песка с добавкою огнеупорной глины. Под печей делается с небольшим уклоном (для возможности спуска стали, вытекающей из лопнувших, или т. н. б е г л ы х, т и г л е й), тигли устанавливают на невысокие подставки из шамотного кирпича для устранения их приваривания к подине и накрывают шамотными крышками с небольшим отверстием вверху.

Х и м и ч е с к и е р е а к ц и и Т. п. При обычных способах работы Т. п. является процессом физическим по преимуществу (переплавка металла); химич. реакции играют в нем подчиненную роль и имеют весьма ограниченное развитие. Весь процесс тигельной плавки можно разбить на три периода: 1) плавление, 2) кипение, 3) успокоение, или процесс «уварки стали». В течение первого периода наряду с плавлением металла идет образование шлака за счет плавления неметаллических частей шихты (флюсов), огнеупорной массы тигля и окислившихся примесей металлич. садки. Для ослабления разъедающего действия шлака на стенки тигля и для получения определенного количества шлака в шихту обычно вводят нек-рое количество флюсов (песка, шамота, глины, стекла, доменного шлака и т. д.). Для уменьшения окислительных процессов, происходящих в начале плавки под влиянием кислорода воздуха, а также окалины, ржавчины и шлаковых включений, содержащихся в металлич. шихте, в тигель добавляется нек-рое количество углеродистых восстановителей (древесный уголь, кокс и т. д.). В начале Т. п. идут реакции:

I. $Fe + Fe_3O_4 = 4FeO$;

II. $Mn + FeO = MnO + Fe$;

III. $Si + 2FeO = SiO_2 + 2Fe$;

IV. $C + FeO = CO + Fe$.

Окислы железа и марганца в шлаках Т. п. образуют соединения типа бисиликата ($FeO \cdot SiO_2$ и $MnO \cdot SiO_2$), к-рые при высоких $t°$ только частично диссоциированы на FeO, MnO и SiO_2, а потому концентрация с в о б о д н ы х о к и с л о в ж е л е з а в тигельных шлаках будет очень н е в ы с о к а. При усиленном восстановлении в конце периода кипения идут реакции:

$$nFeO \cdot SiO_2 = FeO + SiO_2 + (n-1)FeO \cdot SiO_2,$$

$$FeO + C = CO + Fe.$$

V. $nFeO \cdot SiO_2 + C = CO + Fe + SiO_2 + (n-1)FeO \cdot SiO_2$;

шлак при этом становится кислее, а содержание свободных окислов железа еще больше понижается, поэтому шлак усиленно начинает растворять глинозем из стенок тигля. В отличие от темных (железистых) «сырых» шлаков начала процесса шлаки к концу второго периода приобретают другой вид и консистенцию сообразно с изменением их химич. состава. Такие стекловидные шлаки светлого цвета называются с п е л ы м и. Получение их при надлежащей $t°$ обеспечивает хорошую раскисленность тигельной стали. Наряду с восстановлением окислов железа при повышении $t°$ и при усиленном поглощении углерода из стенок тигля начинают развиваться реакции восстановления кремния и марганца:

VI. $SiO_2 + 2C = Si + 2CO$,

VII. $MnO + C = Mn + CO$.

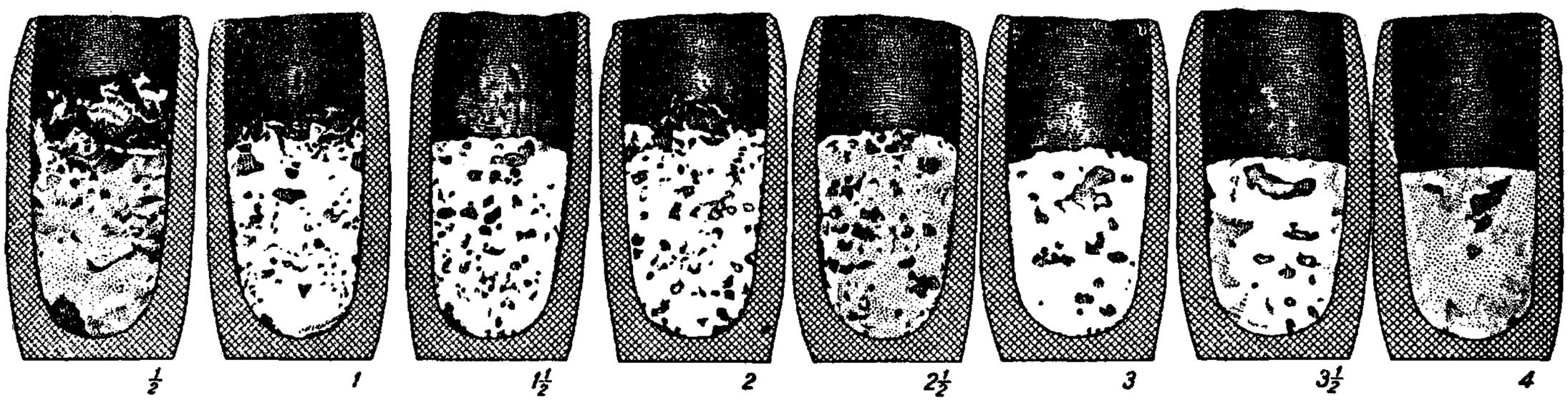
Последняя реакция (восстановления марганца) может получить очень небольшое развитие, т. к. шлаки Т. п. достаточно кислы (обычно значительно кислее бисиликата, содержащего 45% кремнекислоты), и концентрация в них свободной закиси марганца незначительна. Поэтому восстановление марганца при Т. п. наблюдается очень редко. Восстановление же кремния из кислых шлаков в присутствии металлич. железа идет сравнительно легко, и количество восстановленного кремния будет тем больше, чем выше будет $t°$ и чем значительнее будет содержание углерода в огнеупорной массе тигля. Усиленное восстановление кремния происходит также во время раскисления после прибавки в тигли ферромангана. Оно идет по реакции:

VIII. $3SiO_2 + 2Mn = Si + 2MnO \cdot SiO_2$.

Указанная реакция идет с небольшим положительным (почти с нулевым) тепловым эффектом. В течение третьего периода производится выдержка стали при несколько пониженной $t°$ для лучшего отстаивания металла от газовых и шлаковых включений и для достижения более полного равновесия между шлаком и металлом в целях получения лучшей его раскисленности. Последовательный ход Т. п. можно видеть по представленным на фиг. 5 разрезам тиглей и застывшего в них металла в различные периоды процесса. Цифрами обозначено время (в час.) от начала плавки.

С о с т а в ш л а к о в Т. п. имеет весьма важное значение, и им гл. обр. определяется высокое качество тигельной стали. Особенно благоприятным в этом отношении следует считать высокое содержание глинозема, резко отличающее шлаки Т. п. от шлаков всех

других способов производства стали. Высокое содержание глинозема (до 25—30%) позволяет иметь значительно более низкое содержание окислов железа в шлаках Т. п. по сравнению с кислыми шлаками других производств. В табл. 5 приводятся составы шлаков Т. п. и для более наглядного сравнения типичные составы шлаков: пудлингового, бессемеровского, кислого и основного мартеновского и др.



Фиг. 5.

Состав и назначение тигельной стали. Изменения состава стали, происходящие во время Т. п., зависят не только от состава исходных шихтовых материалов и $t°$-ных условий плавки, но и от состава огнеупорной массы тигля. Последний фактор сказывается различно в зависимости от состава стали. Так напр., при плавках на малоуглеродистую сталь в тиглях графитных и шамотных (с добавкой кокса) содержание углерода в стали увеличивается (иногда на 0,20%) против заданного состава шихты. При плавках на сталь высокоуглеродистую содержание углерода увеличивается не так сильно, а иногда даже несколько понижается. Тигли графитные и шамотные дают различный «пригар» и «угар» углерода. Тигли новые и старые также оказывают различное влияние. Подобное же влияние оказывают перечисленные выше факторы и на изменение содержания кремния. Графитовые и коксовые тигли дают заметное увеличение содержания кремния в металле (от 0,10 до 0,30%); в тиглях шамотных при невысоких $t°$ конца плавки кремний не восстанавливается, а выгорает. Содержание марганца обычно уменьшается, т. к. его обратное восстановление сильно затрудняется составом шлака (см. выше). Поэтому в качестве раскислителя тигельной стали обычно применяется ферроманган, к-рый вводится или непосредственно в каждый тигель перед выпуском (при работе в печах франц. типа) или расплавляется предварительно в особом тигле и постепенно примешивается к металлу при выливании его из тиглей в разливочный ковш (при работе в печах немецкого типа). Для тигельной стали весьма характерным обстоятельством является возможность получить очень низкое содержание марганца (0,2—0,4%), что в нек-рых случаях следует считать довольно важным фактором при получении высоких качеств инструментальной и специальной (легированной) стали. Фосфор и сера при Т. п. не выгорают, наоборот, их содержание может даже несколько увеличиться за счет нек-рого угара (окисления) металлич. шихты и за счет поглощения небольших количеств серы и фосфора из материала тигля.

Табл. 5. — Химический состав шлаков тигельной плавки (в %).

Характеристика шлака	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	Cr_2O_3	P_2O_5
Шлак конца плавки	41,40	28,80	—	1,08	21,01	1,27	сл.	—	—
» из ковша	56,50	19,80	10,30		9,00	2,10	?	2,60	—
» из нового тигля	45,60	31,20	11,60		5,00	2,80	?	3,80	—
» из старого тигля	48,30	15,80	26,00		3,50	2,80	?	2,90	—
» хромистой стали	51,70	32,10	4,70		6,80	0,10	?	4,40	—
» спелый	57,15	22,10	6,81		8,17	5,07	?	?	—
» неспелый	53,69	9,60	17,53		7,61	4,92	?	?	—
» из старого тигля	55,03	29,97	0,60	2,60	9,47	1,15	0,61	0,32	0,23
» углеродистой стали	61,10	24,13	7,20		3,72	1,93	0,45	сл.	0,06
» хромо-никелевой стали	65,17	20,19	6,95		0,77	1,98	0,14	3,52	0,06
» бессемеровский	48÷53	1÷2,5	10÷35		10÷30	0,5	0,2	—	—
» кислый мартеновский	48÷53	1÷2	0,5÷1,0	20÷30	8÷15	1,5÷8	0,5÷1,0	—	—
» основной мартеновский	15÷22	1,5÷3,5	8÷17		8÷17	35÷48	7÷12	—	1÷7
» пудлинговый	15	2,5	8	61	2	0,5	1,0	—	4
» томасовский	6÷12	1÷3	8÷15		5÷10	44÷50	3÷6	—	18÷22
» из электропечи	8÷20	2÷3	0,5÷1,5		0,2÷0,5	55÷62	6÷12	—	—

Все выше сказанное дает возможность судить о том, какую сложность представляет собой шихтовка Т. п., какое важное значение имеет опытная разработка правильной рецептуры на различные сорта стали с учетом всех факторов с их переменчивым влиянием и какое важное влияние оказывает постоянство состава тиглей и однородность металлич. шихты на состав и качество стали. Металл, получающийся в отдельных тиглях, довольно резко разнится по составу. Колебания процентного содержания углерода, кремния и марганца могут достигать 0,10—0,15%. Эта разница несколько сглаживается во время разливки, вследствие того, что обычно тигли сначала «сдваиваются»; т. е. металл из каждого второго тигля переливается в предыдущий для уменьшения числа подач тиглей при разливке.

Разливка стали производится через особые разливочные воронки (при печах французского типа) или из обычных разливочных ковшей (при печах нем. типа). В последнем случае металл лучше перемешивается, и состав его выравнивается. Однако для этого необходима более высокая температура стали, с меньшим риском получаемая в печах немецкого типа.

Громоздкость тигельного производства лучше всего иллюстрируется на примере отливки крупных 20—40-*т* слитков, которые в свое время производились из тигельной стали на заводах Круппа. Для выполнения этой задачи требуется к строго установленному сроку подготовить 15÷30 тигельных печей с одинаковым составом стали в 900—1 800 тиглях; от 450 до 900 сдвоенных тиглей непрерывной вереницей в определенной строго установленной последовательности должны подаваться вручную к месту разливки с таким расчетом, чтобы струя стали не прерывалась ни на одну секунду; на производство такой операции одновременно на короткий срок задалживалось по два рабочих на каждый сдвоенный тигель только для подноски его или всего 1 000÷2 000 чел. В настоящее время из тигельной стали льются слитки сравнительно небольшого развеса (100—1 500 *кг*), причем сама сталь предназначается на наиболее ответственные изделия. В число продуктов Т. п. входит: углеродистая инструментальная сталь (с содержанием 0,50÷1,40% С), быстрорежущая самозакаливающаяся сталь с высоким содержанием хрома, вольфрама и других примесей, хромистые и высокохромистые стали, сверхтвердые сплавы и специальные высоколегированные стали разных марок и назначений (магнитные, немагнитные, нержавеющие, огнестойкие, кислотоупорные и т. д.). Химические составы наиболее типичных тигельных сталей даны в табл. 6. Содержание вредных примесей в тигельных сталях не должно превышать следующих пределов (табл. 7).

Табл. 6.—Состав и назначение тигельной стали.

	Сорт стали	Химический состав (в %)
Инструментальная	Углеродистая инструментальная *1	C 0,50÷1,40; Si 0,15÷0,30; Mn 0,2÷0,3; P<0,03; S<0,03
	Быстрорежущая *2	C 0,55÷0,75; Cr 5÷6; W 16,5÷18,5; V 0,1÷0,35
	Самозакалка *2	C 0,55÷0,65; Cr 3,5÷4; W 10÷12; V 0,2÷0,3
	Вольфрамовая *3	C 1,20÷1,35; W 4,0÷5,0
	Хромистая *4	C 1,20÷2,00; Cr 1,2÷2,5
	Сверхтвердые сплавы *5	C 0,5÷4,0; Cr 25÷35; W 12÷25
Спец. поделочно-конструкционная	Вольфрамовая	C 0,5; Cr 0,35; W 5÷6 *6; C 0,7; Cr 1,5÷3,0; W 5÷9; Co 30÷40 *7
	Хромо-ванадиевая *8	C 0,5; Cr 1,35; V 0,2
	Хромистая *9	C 0,1÷0,7; Cr 12÷14
	Хромо-кремнистая *10	C 0,45; Cr 9÷10; Si 2÷3; Mo до 1,0
	Хромо-вольфрамовая *11	C 0,10; Cr 16÷20; W 7÷8
	Хромо-никелевая *12	C 0,25; Mn 0,50; Cr 1,0; Ni 3,0
	Хромо-молибдено-никелевая *13	C 0,10; Cr 0,5; Ni 4,0; Mo 0,50
	Никелевая *14	C 0,15; Cr 1,5; Ni 25
	Никелевая *15	C 0,10; Ni 33
	Кремнистая *16	C 0,75; Si 14÷16
	Кремнистая *17	C 0,15; Si 2,0; W 0,3

Назначение стали: *1 Крупный и мелкий ударный и режущий инструмент. *2 Резцы и фрезеры для больших скоростей резания. *3 Резцы для закаленной стали и чугуна. *4 Шарикоподшипники, резцы, волочильные доски. *5 Особенно твердый быстрорежущий инструмент, наконечники для буров. *6 Постоянные магниты. *7 То же особо высокого качества. *8 Автомобильные рессоры, коленчатые валы, кривошипы, шестерни. *9 Нержавеющая (нетемнеющая) сталь для ножей, хирургич. инструментов, покровная и т. д. *10 Жароупорная (неокисляемая) для клапанов и частей авиамоторов. *11 Кислотоупорная (неокисляемая) для ножей, частей турбин, насосов и т. д. *12 Коленчатые валы. *13 Бронебойные снаряды. *14 Немагнитная, большое удлинение; для клапанов, моторов, болтов и частей авиамоторов. *15 Инвар (почти не расширяется при нагревании). Части изделий для точных инструментов. *16 Кислотоупорная (тантироп). Части для аппаратов добычи азота из воздуха. *17 Большая упругость. Пружины высшей марки.

Табл. 7.—Наибольшее допустимое содержание вредных примесей в тигельной стали.

Сорт тигельной стали	Наибольшее допустимое содержание в %				
	P	S	Cu	As	*
Высококачеств.	0,015	0,015	0,015	—	0,05
Качественная	0,022	0,022	0,030	—	0,08
Повышенного качества	0,035	0,032	0,050	0,008	0,135
Обыкновенная	0,050	0,040	0,100	0,010	0,220

* Сумма примесей.

В наиболее развитых промышленных странах современное производство тигельных сталей за последние годы достигало 0,2—0,5—1% от всего количества выплавляемой стали. Т. п. вследствие своей громоздкости и высокой стоимости производства испытывает сильную конкуренцию как со стороны мартеновского процесса (см. *Мартеновское производство*), так особенно со стороны производства электростали. Выплавка тигельной стали медленно, но неуклонно падает с каждым годом, уменьшаясь и абсолютно и относительно. Особенно важную роль в деле отмирания тигельного производства д. б. сыграть т. н. бессердечниковые индукционные печи, успешно распространяющиеся за последние годы и широко известные под названием электрических печей высокой частоты. Работа в этих печах по целому ряду своих особенностей напоминает металлургич. особенности Т. п., вследствие чего изучение этого отмирающего производства представляет не один только историч. интерес, а имеет вполне актуальное значение.

Лит.: Липин В., Металлургия чугуна, железа и стали, т. 2, СПБ, 1911; Данилов Н., Производство тигельной стали, «Рабочий техникум на дому», кн. 7, ч. 5, Л., 1929; Ledebur A., Handbuch d. Eisenhüttenkunde, Lpz., 1908 (имеется библиография); Harbord F. a. Hall J., The Metallurgy of Steel, v. 1, L., 1923; Osann B., Lehrbuch d. Eisenhüttenkunde, 2 Aufl., B. 2, Lpz., 1926 (имеется библиография); Camp J. a. Francis C., The Making, Shaping a. Treatirg of Steel, Pittsburg, Pa., 1925. **М. Пильник.**

ТИГЛИ, специальные сосуды из различных материалов, применяемые в металлургии для плавки металлов (см. *Тигельный процесс*) и в лабораториях для плавки и прокаливания анализируемых веществ. В металлургии применяют *графитовые тигли* (см.), шамотные и тигли из огнеупорной глины. Главным сырьем для изготовления шамотных Т. служат огнеупорная глина и шамот, обожженный по возможности из той же глины. Огнеупорная глина д. б. жирной, пластичной, не сильно усыхающей и с огнеупорностью не ниже SK30, возможно чистой и не содержащей соединений железа; роль глины—связывать зерна шамота, обусловливать прочность и вязкость и способность Т. выдерживать резкие перемены $t°$. Из таких глин известны: в СССР—латнинская и часов-ярская, в Германии—кассельская (гроссальмеродская) и нек-рые другие.

Зерна шамота д. б. различного размера—от мелкой муки до 3 *мм* в поперечнике, причем

зерен крупнее 1 *мм* не более 25% и мельче 0,5 *мм* ок. 50%. Шамота берут ок. 60% и остальное дополняют соответствующей огнеупорной глиной. В специальных огнеупорных Т. допускают надбавку кварца, который хотя и обусловливает меньшую чувствительность к резким колебаниям $t°$, но дает уменьшенную огнеупорность и сопротивляемость воздействию расплавленного металла и основных силикатов. Шамот и глина тщательно смешиваются (см. *Тигельный процесс*) сначала насухо, затем с водой—для получения теста в механич. мешалке; тесто вылеживается в течение 1—$1^1/_2$ месяца, а затем поступает на формовку вручную на гончарном круге или при помощи формы или же механически—путем прессования или отливки разжиженной массы с добавлением воды и электролитов (щелочи). Отформованные шамотные Т. подвергаются равномерной и медленной сушке, продолжительность которой колеблется от 15 дней до 2 и более месяцев при $t°$ сначала 25—30° и под конец 40—50°. Высушенные шамотные Т. идут в обжиг. К шамотным Т. можно отнести и стекловаренные горшки, к-рые представляют собственно большие Т. своеобразной формы для расплавления стеклянной массы (см. *Стекло*). Т. н. гессенские Т. изготовляются из массы, содержащей значительное количество зерен кварца. Кроме того для плавки металлов, сплавов и силикатов с высокими $t°_{пл.}$ применяют Т. из особых керамич. масс, выдерживающих высокие $t°$. В состав этих масс входит известь, магнезия, корунд, алунд, карборунд или окись циркония.

Ф а р ф о р о в ы е Т. являются химич. лабораторной посудой, предназначенной для нагревания до высоких $t°$ различных веществ и осадков. Они готовятся из высшего сорта твердого фарфора, богатого глиноземом, бедного флюсами и обжигаемого при высокой $t°$. Основным сырьем для изготовления фарфоровых Т. являются: отмученный каолин, полевой шпат и кварц. От степени чистоты указанного сырья зависят и свойства этих Т.: чем чище оно, тем выше свойства изделий. К нежелательным примесям в каолине относятся: Fe_2O_3, TiO_2, Mn_2O_3, K_2O и SO_3. Они допускаются в десятых долях процента. Полевой шпат и кварц также д. б. чисты и не содержать Fe_2O_3. Соответственно подобранные сырые материалы поступают в сортировку и обработку. Каолин подвергается отмучиванию, полевой шпат—промыванию и кварц—отсортировке. Затем полевой шпат и кварц обжигаются при $t°$ ок. 900°, дробятся, перемалываются и в виде уже тонкой и однородной муки смешиваются механически с отмученным каолином в смесительном чане с 65—70% воды. Получаемая жидкая масса процеживается, очищается от присутствия мелких частиц железа при помощи электромагнитов и подвергается обезвоживанию (⩽25% воды) на фильтрпрессах. Эта масса вылеживается продолжительное время (недели и даже месяцы), после чего поступает в мятье, а затем и на формование. Формование промятой однородной массы производится или на гончарном круге или в гипсовых формах при помощи шаблона. В новейшее время формование тиглей выполняют методом отливки; при этом фарфоровая масса должна иметь ок. 40% воды, а для большего разжижения ее и других целей добавляют 0,1—0,25% соды. Отформованные Т. идут в сушку или в камерных (а также и других систем) сушилках или на стеллажах у обжигательных печей. Высушенные отформованные фарфоровые Т. подвергаются предварительному обжигу при $t°$ около 900°, придающему им прочность, пористость и неразмываемость в воде. Предварительно обожженные Т. покрываются глазурью, по составу близкой к самой фарфоровой массе и имеющей тот же коэфициент расширения, что и масса. Составляется глазурь из каолина, полевого шпата, кварца, мрамора (мела), молотого обожженного порошка фарфора.

Покрытые глазурью фарфоровые Т. поступают во второй обжиг при более высокой $t°$ ок. 1 400—1 500°, причем самый обжиг осуществляется в *капселях* (см.). Фарфоровая масса должна быть во время обжига доведена до спекания, а глазурь оплавлена. Обожженные фарфоровые Т. принадлежат к изделиям высокосортного твердого фарфора и представляют спекшуюся основную массу, заключающую в себе кристаллы муллита и кристаллы кварца; муллит обусловливает требуемую твердость. Готовые Т. должны обладать малой чувствительностью к резким изменениям $t°$, не деформироваться от действия высоких $t°$ и не изменяться от действия щелочей и к-т.

В лабораторной практике применяют Т. фарфоровые, платиновые, железные и Т. из плавленого кварца. Ценные платиновые Т. применяют для самых ответственных лабораторных работ, требующих нагревания до весьма высокой $t°$. Платина является из всех металлов наиболее стойким и менее всех подвергающимся изменениям, $t°_{пл.}$ 1 770°. На изготовление железных Т. применяют нержавеющую сталь, кислотоупорную сталь и электролитическое железо. В последнее время взамен платиновых Т. стали применять металлич. Т. (из разных металлов), покрытые гальванич. путем платиной (см. *Платинирование*). Т. из плавленого кварца в ближайшем будущем должны явиться заменителем платиновых Т. во многих анализах. Т., приготовленные из плавленого кварца, отличаются тугоплавкостью и малым коэф-том расширения: при $t°$ от −191° до +16°—$256 \cdot 10^{-9}$, а от +16° до +1 000° — $540 \cdot 10^{-9}$. $t°_{пл.}$ кварца 1 625°. О химич. свойствах плавленого кварца см. *Кварцевое стекло*.

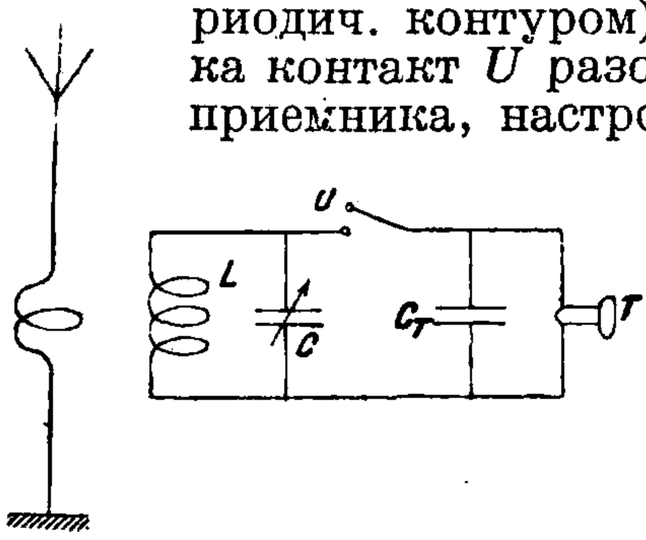
Лит.: Б у д н и к о в П., Керамическая технология, ч. 2, Харьков—Киев, 1933; С о л о в ь е в А., Приготовление фарфоровых и фаянсовых масс, М.—Л., 1932; Е г о р о в А., Технический контроль фарфоро-фаянсового производства, М.—Л., 1932; К а ч а л о в Н., Фарфор и его изготовление, М.—Л., 1927; W e r n i c k e F., Die Herstellung der feuerfesten Baustoffe, B., 1921; G r a n g e r A., Die industrielle Keramik, B., 1908; P u k a l l W., Grundzüge d. Keramik, Coburg, 1922; S e a r l e A., Refractory materials, L., 1924; U l l m a n n F., Enzyclopädie der technischen Chemie, B. 10, B.—Wien, 1932; R i c k e R., Das Porzellan, Lpz., 1928; L a r c h e v ê q u e M., Fabrication industrielle des porcelaines, P., 1928; «Керамика и стекло», «Keramische Rundschau», «Ceramic Society», «Revues des Matériaux de Constructions et de travaux publics», «Sprechsaal».

В. Тарарин.

ТИК, очень плотная и прочная льняная или полульняная, а также и хл.-бум. ткань саржевого (3-ремизного 2/1) или атласного (5-ремизного) переплетения. Тик имеет большие разновидности: чаще всего он выпускается с полосатым пестротканым рисунком, но бывает суровым или беленым. Рисунок Т. в полосы обыкновенно образуется употреблением крашеной основы, часто с применением различных переплетений (саржевого, атласного и их разновидностей). Тик вырабатывается также фасонным с применением крашеного утка. Широкое назначение Т. в отношении его применения обусловливает и большую его разновид-

ность: Т. полотенчатый, брючный, мешочный, одежный, постельный, мебельный и т. п. Из типичных видов хл.-бум. Т., относящихся к стандартным сортам, приводим следующие: Т. пестротканый вырабатывается при ширине в готовом товаре в 67 и 82 *см*, Т. наволочный в готовом товаре 82 *см* вырабатывается из основы № 32, Т. жаккардовый вырабатывается при ширине в готовом товаре в 82 *см* из основы № 32. Т. полульняной обыкновенный при ширине в готовом товаре 65 *см* вырабатывается из основы № 32 или № 24 (цветной) при утке № 24.

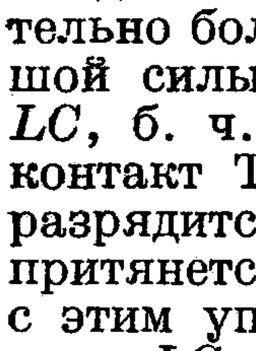
ТИККЕР в радиотехнике, особый прерыватель, предложенный Паульсеном [1], дающий перемежающийся контакт, равномерно замыкающий и размыкающий цепь телефона определенное число раз в 1 ск. Одна из наиболее применявшихся схем приема с Т.—с замкнутым колебательным контуром (м. б. и с апериодич. контуром) дана на фигуре. Пока контакт *U* разомкнут в контуре *LC* приемника, настроенном в резонанс с антенной, возникают колебания, амплитуда к-рых постепенно возрастает и по истечении нек-рого промежутка времени, в зависимости от *затухания* (см.) контура, достигает нек-рой достаточно большой величины. Если в этот момент контакт Т. *U* замкнуть, то параллельно переменному конденсатору *C* включается «тиккерный» конденсатор C_T; т. к. емкость последнего значительно больше *C*, то в C_T направится ток большой силы, и энергия, запасенная в контуре *LC*, б. ч. перейдет в конденсатор C_T. Затем контакт Т. *U* снова размыкается, причем C_T разрядится через телефон *T*, в результате чего притянется мембрана телефона. Одновременно с этим упавшая амплитуда колебаний в контуре *LC* начнет возрастать, достигнет своего максимума к новому замыканию *U*, причем вновь повторится заряд C_T и т. д. Конструктивно [2] Т. выполнялись в форме вращающихся, электромагнитных и т. д. Вместе с тональным колесом Гольдшмидта [3] тиккерный метод осуществлял до введения в практику электронных ламп прием главным образом незатухающих колебаний.



Лит.: 1) «Jahrb. d. drahtl. Telegraphie u. Telephonie», 1907, B. 1, p. 144, 1911, B. 4, p. 317, 547; Kiebitz F., «ETZ», 1912, B. 33, p. 132; 2) Zenneck J. u. Rukop H., Lehrbuch d. drahtl. Telegr., Stuttgart, 1925; 3) Goldschmidt R., «Electrician», 1911, v. 68, p. 464.

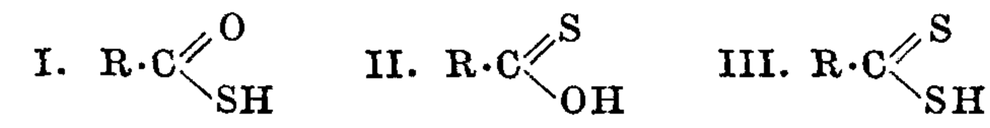
В. Баженов.

ТИМОЛ, $C_{10}H_{14}O$, изопропил-*м*-крезол (см. *Фенолы*); добывается из *эфирных масел* (см.) некоторых растений (Thymus vulgaris, Th. capitatus, Ocimum viride и др.); искусственно получается различными путями, напр. из диазораствора 3-амино-1,4-метилизопропилбензола обработкой 35%-ной серной к-той при 135—140°. Тимол—бесцветные прозрачные кристаллы гексагональной системы с $t°_{пл.}$ 51,5°, $t°_{кип.}$ 232,1°, D^{15} 0,9760, малорастворимые в воде; применяется Т. в медицине как слабый антисептик (в производстве зубных порошков, туалетных мыл и т. п.).



ТИОСОЕДИНЕНИЯ, химич. соединения, характеризуемые присутствием в молекуле двувалентной серы, замещающей кислород в соответствующих кислородных соединениях. Сера способна замещать кислород из различных групп (карбонильной, гидроксильной и др.); поэтому Т. охватывают многочисленную группу соединений, к-рую можно классифицировать аналогично кислородным соединениям (тиокислоты, тиоальдегиды, тиокетоны, тиоспирты и т. д.). Т. обладают некоторыми общими физич. свойствами: так, б. ч. это—жидкости с отвратительным запахом, с $t°_{кип.}$ ниже, чем у соответственных кислородных соединений. Ниже рассмотрены важнейшие типы Т.

Тиокислоты можно рассматривать как происшедшие из карбоновых к-т, в к-рых кислород карбоксильной группы замещен серой. Теоретически возможны 3 группы тиокислот согласно ф-лам:



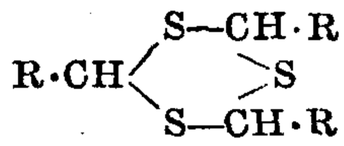
первые по женевской номенклатуре называются тиоловыми, вторые—тионовыми, третьи—дитиокислоты—тионтиоловыми; свободные к-ты существуют только в одной (очевидно таутомерной) форме; соли соответствуют тиоловым к-там; алкильные формы известны для первых двух форм. Получаются тиокислоты действием пятисернистого фосфора на карбоновые к-ты или действием спиртового раствора сульфгидрата калия на сложные эфиры фенола:

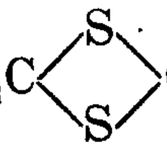
I. $5CH_3·COOH+P_2S_5=5CH_3·CO·SH+P_2O_5$,

II. $CH_3·CO·OC_6H_5+KSH=CH_3·COSK+C_6H_5OH$.

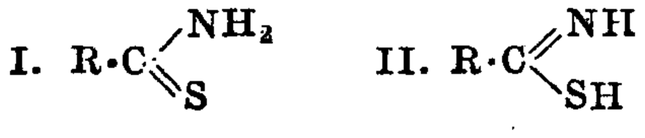
Свободные тиокислоты—бесцветные жидкости отвратительного запаха, легко образующие соли; соли щелочных металлов легко растворимы в воде и хорошо кристаллизуются; соли тяжелых металлов легко разлагаются с выделением сульфида металла. Известны их ангидриды и сложные эфиры, например $(CH_3COO)_2S$ и $CH_3·CO·S·CH_3$. При замещении двух атомов кислорода карбоновых кислот получаются дитиокислоты.

Тиоальдегиды и тиокетоны (тиолы и тионы) легко получаются при действии H_2S на водные растворы соответственных кислородных соединений в присутствии крепкой соляной к-ты (реакция протекает большей частью сложно, через ряд промежуточных соединений). Тиоальдегиды—тела твердые, хорошо кристаллизующиеся, растворяющиеся в спирте, эфире, уксусной к-те. Судя по плотности пара, определенной для низших членов ряда, это полимеризованные (б. ч. тримолекулярные) соединения общей ф-лы:



ацетону соответствуют: тиоацетон $CS(CH_3)_2$—очень летучая, в высшей степени зловонная жидкость, крайне легко полимеризующаяся, дитиоацетон $(CH_3)_2C$  , желтое нерастворимое в воде масло с $t°_{пл.}$ 183—185°, и тритиоацетон $[(CH_3)_2CS]_3$; известен также тиоацетофенон $CH_3·CS·C_6H_5$—маслообразная жидкость голубого цвета, легко полимеризующаяся.

Тиоамиды кислот существуют в двух таутомерных формах:



первые—амиды тиоловых к-т, вторые—изотиоамиды. Из тиоамидов жирного ряда известны тиоацето- и тиопропионамид.

Тиоспирты, или *меркаптаны* (см.). Тиогликоли отвечают по составу гликолям, в к-рых один или оба гидроксила замещены сульфгидрилом SH. Соответственно этому различают моно- и дитиогликоли с общими ф-лами $C_nH_{2n}(OH)(SH)$ и $C_nH_{2n}(SH)_2$; первые получаются при действии сульфгидрата калия на хлоргидрины гликолей:

$$CH_2(OH)\cdot CH_2Cl+KSH=CH_2(OH)\cdot CH_2SH+KCl;$$

дитиогликоли получаются из соответственных бромистых соединений:

$$CH_2Br\cdot CH_2Br+2KSH=CH_2(SH)\cdot CH_2(SH)+2KBr;$$

тиогликоли аналогичны меркаптанам и отличаются свойствами, обычными для Т.,—азотной к-той окисляются в ди- и оксисульфокислоты.

Тиофенолы, ароматич. соединения, в к-рых один или несколько атомов водорода бензольного ядра замещены сульфгидрилом SH; они являются производными фенолов, аналогично меркаптанам (из спиртов), с к-рыми они сходны по химическим свойствам. Получают тиофенолы различными путями, напр. исходя из диазосоединений, к-рые обрабатывают раствором ксантогеновокислого калия; образующийся при этом эфир разлагают спиртовым раствором едкого кали:

I. $$C_6H_5\cdot N\cdot NCl+K\cdot S\cdot CS\cdot OC_2H_5=C_6H_5\cdot S\cdot CS\cdot OC_2H_5+N_2+KCl;$$

II. $$C_6H_5\cdot S\cdot CS\cdot OC_2H_5+KOH=KO\cdot CS\cdot OC_2H_5+C_6H_5SH.$$

По химич. свойствам они — слабые кислоты, обладающие восстановительными свойствами, т. к. легко отдают один атом водорода и сами при этом переходят в дисульфиды:

$$2C_6H_5SH=C_6H_5S\cdot SC_6H_5+H_2.$$

Простейший тиофенол $C_6H_5\cdot SH$—бесцветная жидкость отвратительного запаха с $t°_{кип.}$ 169,5°.

Тиоэфиры, соединения общей формулы $(C_nH_{n-1})_2S$; их можно рассматривать как происшедшие из сероводорода от замены двух атомов водорода на углеводородный остаток или из простых эфиров, в которых атом кислорода замещен серой. Тиоэфиры жирного ряда $(C_nH_{2n+1})S$ получаются действием щелочных сульфидов (или сернистого фосфора) на сложные эфиры или галоидные алкилы: $2C_2H_5J+K_2S=(C_2H_5)_2S+2KJ$; они бывают простые и смешанные; последние легче получаются действием галоидных алкилов на натриевые производные меркаптанов:

$$C_2H_5SNa+CH_3J=NaJ+C_2H_5\cdot S\cdot CH_3.$$

Тиоэфиры—жидкости, не смешивающиеся с водой, отвратительного запаха, с $t°_{кип.}$ более высокой, чем у отвечающих им тиоспиртов; с увеличением мол. в. $t°_{кип.}$ повышается. В химическом отношении они—тела индиферентные. Известны ди- и политиоэфиры. Нек-рые галоидозамещенные тиоэфиры обладают очень высокой токсичностью и специфическим действием на кожу, почему они и приобрели большое значение в качестве средств химич. борьбы (см. *Иприт*).

Тиоугольные кислоты. Тиопроизводными угольного ангидрида CO_2 являются *сероуглерод* (см.) CS_2 и сероокись углерода COS (см. *Серы соединения*). Углекислота H_2CO_3 может дать 5 видов Т.: монотиоугольным кислотам соответствуют два типа строения: $SH\cdot CO\cdot OH$ и $OH\cdot CS\cdot OH$; оба типа известны лишь в виде эфиров и солей; эфиры получаются при действии хлоругольных эфиров на меркаптиды:

$$C_2H_5\cdot O\cdot COCl+NaS\cdot C_2H_5=C_2H_5O\cdot CO\cdot S\cdot C_2H_5+NaCl;$$

при действии щелочей они распадаются на спирт, меркаптан и углекислоту. Соли получаются пропусканием COS в спиртовой раствор щелочи:

$$COS+C_2H_5OH+KOH=C_2H_5\cdot O\cdot CO\cdot SK+H_2O.$$

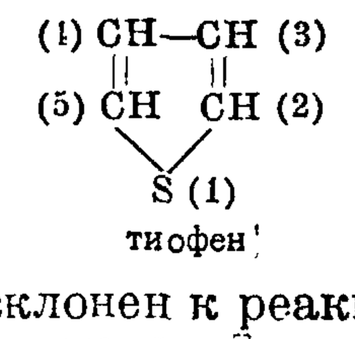
Дитиоугольным кислотам соответствуют два типа строения: $CO(SH)_2$ и $SH\cdot CS\cdot OH$; к-та второго типа известна лишь в виде эфиров, кислых эфиров и их солей. Кислые эфиры $R\cdot O\cdot CS\cdot SH$ носят название ксантогеновых к-т (по желтому цвету осадка, получаемому в растворах медных солей); их соли и эфиры применяются в пром-сти и в химич. анализе (см. *Ксантогенаты*). Тритиоугольная к-та, единственная известная в свободном состоянии, получается в виде красно-оранжевого тяжелого маслянистого слоя при осторожном действии разбавленной соляной к-ты на растворы солей тиоугольных к-т; она легко разлагается на CS_2 и H_2S. Щелочные ее соли образуются при действии CS_2 на щелочные сульфиды в растворе: $K_2S+CS_2=K_2CS_3$; они легко растворяются в воде, мало—в спирте; $CaCS_3$ получается при действии H_2S на известковое молоко—оранжевые иглы, мало растворимые в воде. K_2CS_3 применяют как средство от филоксеры. *Эфиры тиоугольных к-т*, *метиловый* $CS(CH_3S)_2$ и этиловый $CS(C_2H_5S)_2$, получаются нагреванием иодистых алкилов со спиртовым раствором тиоуглекислого калия; жидкости неприятного запаха, нерастворимые в воде.

Из отдельных Т., не входящих в общие группы, можно назвать тиомочевину (см. *Мочевина*), тиоиндиго (см. *Индиго*), тиоциановые эфиры (см. *Роданистые соединения*) и др.

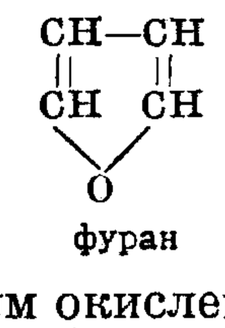
Лит.: Meyer V. u. Jacobson P., Lehrbuch der organischen Chemie, 2 Auflage, B. 1, T. 1, Berlin—Leipzig, 1922.

Н. Ельцина.

ТИОФЕН, представитель группы гетероциклических соединений, наиболее сходных по физическим и химич. свойствам с ароматич. углеводородами. Т.—бесцветная жидкость со слабым запахом, с $t°_{кип.}$ 84°; уд. в 1,066; по строению молекулы аналог фурана (ф-лы их строения см. ниже).



тиофен



фуран

Т. мало склонен к реакциям окисления и присоединения по двойным связям и способен к реакциям замещения (галоидированию, сульфированию и нитрованию); Т. более реакциеспособен, чем бензол; для него характерна реакция меркурирования: его ртутные производные легко получаются напр. при действии на него уксуснокислой ртути

$$C_4H_4S+Hg(CH_3COO)_2=C_4H_3S\cdot HgO\cdot CO\cdot CH_3+CH_3\cdot COOH.$$

Этим свойством Т. пользуются для его получения нагреванием сырого (загрязненного тиофеном) бензола с уксуснокислой ртутью. Т. и его гомологи находятся в каменноугольном дегте, причем Т. обычно сопровождает бензол (в продажном бензоле обычно содержится 0,15 ÷ 0,5% Т.), откуда его и добывают промыванием бензола серной кислотой (2% дымящей H_2SO_4 или 3% 60%-ной к-ты); из получен-

ных т. о. сульфокислот Т. его и выделяют. Кроме того Т. и его производные получаются при сухой перегонке сланцев, содержащих серу; легко образуются Т. при пирогенетич. разложении органич. веществ в присутствии серы или сернистых соединений и находятся в некоторых сортах нефти и в дегте бурого угля. Синтетически Т. получают различными путями: напр. исходя из ацетилена или жирных альдегидов, действуя на них сероводородом в присутствии окиси алюминия как катализатора. Для открытия Т. пользуются его характерной реакцией с изатином: при нагревании их смеси в присутствии серной к-ты получается интенсивно синее окрашивание (индофенинова я реакция).

Гомологи Т. находятся вместе с Т. в каменноугольном дегте; α- и β-метилтиофены, так наз. тиотолены, сопровождают толуол; это жидкости с $t°_{кип.}$ 112—113° и 114°; тиоксен, 2,5-диметилтиофен (с $t°_{кип.}$ 134°), сопровождает там же ксилол. Производны е Т. аналогичны производным бензола: известны α- и β-тиофенкарбоновые к-ты, получаемые окислением тиотоленов, тиофеновый альдегид с $t°_{кип.}$ 192°, обладающий характером ароматич. альдегидов, и кетон. Из продуктов замещения известны нитротиофен, кристаллич. тело с $t°_{пл.}$ 440°, с запахом нитробензола, аминотиофен, получаемый восстановлением нитротиофена, т. н. тиофенин, аналог анилина, соединение, менее прочное, чем последний. Галоидирование Т. дает α-бром- и α-иодтиофен. Сульфирование Т. проходит хорошо при действии крепкой серной к-ты на Т., разбавленный петролейным эфиром или ароматич. углеводородами; в противном случае серная к-та его разрушает. Сульфокислоты гомологов Т., получаемые обработкой серной к-той продуктов сухой перегонки нек-рых сланцев, применяются в медицине в виде аммонийных солей под названием *ихтиола* (см.).

Лит.: Meyer V. u. Jacobson P., Lehrbuch der organischen Chemie, 1—2 Auflage, B. 2, T. 3, Berlin—Leipzig, 1920.

Н. Ельцина.

ТИОФЕНОЛЫ, см. *Тиосоединения.*

ТИПОГРАФСКОЕ ДЕЛО, см. *Типографское оборудование.*

ТИПОГРАФСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. Определение типов оборудования, потребного для типографского (вернее полиграфического) производства, тесно увязывается с типизацией предприятий полиграфич. пром-сти и в особенности с характером производимой ими продукции. Продукция полиграфич. пром-сти, общая стоимость к-рой по данным за 1931 г. выразилась в сумме 278,9 млн. руб. (см. *Полиграфическая промышленность*), в основном м. б. подразделена сл. обр.

1) Газеты всех видов—печатная продукция, характеризующаяся небольшим объемом (числом страниц), большим форматом, в нек-рых случаях очень крупными тиражами («Правда», «Известия» и др.) и всегда срочностью выхода, в большинстве ежедневного. Кроме того газетная продукция характеризуется еще и тем, что она выходит из печатной машины в готовом виде, не требуя какой-либо дополнительной обработки. Все это, в особенности срочность выхода, предъявляет к оборудованию для выполнения газетных работ специальные технич. требования. 2) Журналы и книги. Первые, подобно газетам, также требуют своевременного и регулярного, хотя и менее частого (обычно 1, 2, 4 раза в месяц), выхода, меньшего формата страниц, но большего их количества, что в большинстве случаев требует по отпечатании еще дополнительной обработки—брошюровки. Нек-рые виды журналов приближаются по оформлению и характеру обработки к книжной продукции. Как эта последняя, так и журналы обычно выполняются на одном и том же оборудовании, и лишь в редких случаях выполнение журнальной продукции может потребовать специального оборудования. Книжная продукция требует после печати наибольшей дополнительной обработки (брошировка и переплет). 3) Художественная продукция, в большинстве многокрасочная (репродукции с картин, плакаты, учебные пособия, вкладки в учебные и научные книги, частью торговые этикеты и т. п.), требует специальных, часто весьма сложных приемов обработки и специального же оборудования. 4) Картографическая продукция, имеющая целью печатание географических карт различного назначения. Наконец 5) значительная отрасль полиграфии занята выполнением продукции для обслуживания потребностей все развивающейся промышленности транспорта и прочих отраслей советского народного х-ва. Это—преимущественно т. н. бланочная, иначе акцидентная, продукция, в отдельных случаях массового производства требующая специального оборудования.

Требования к полиграфич. оборудованию для выполнения перечисленных выше видов продукции определяются гл. обр. характером печатной формы, т. е. высоким, плоским или глубоким способами печати (см. *Печатные машины* и *Репродукционные процессы*). Применение того или другого вида печатной формы в свою очередь предопределяется характером продукции (количеством и типом иллюстраций, объемом и тиражностью продукции). Условиями концентрации в предприятиях групп продукции того или иного рода и характера обработки ее определяется типизация или (в отдельных случаях) даже специализация предприятий по виду продукции и способу обработки, иначе сказать технологич. и технич. облик предприятия, т. е. характер оборудования и организация самого производства, его построение. Т. о. оба эти момента неотделимы друг от друга и должны рассматриваться совместно. В условиях полиграфич. производства объем и тип предприятия зависят кроме того в значительной степени от размера и значения области или района, от их населенности, политического значения этих административных единиц и т. д., т. к. этими именно факторами и определяются наличность, характер, объем и размер тиражности той или иной из перечисленных выше групп полиграфич. продукции. Исходя из этих предпосылок, на период второй пятилетки ориентировочно намечаются в СССР следующие типы полиграфич. предприятий.

1) Типизированная газетная типография большого масштаба в столице и особо крупных центрах (республиканских и областных) со включением лишь сравнительно незначительного количества других видов продукции, преимущественно журнальной (полная специализация является чрезвычайно редкой). 2) Универсальные полиграфические предприятия для выработки различных видов продукции—журнал, книга, акциденция (см. *Акцидентные работы*), а также газеты в республиканских и областных центрах меньшего масштаба. 3) Такие же универсальные предприятия для обслуживания больших районов, а также крупных фабрично-заводских центров (Бобрики, Магнитогорск и т. п.). 4) Миниатюрные низовые типографии при политотделах МТС и крупных совхозах для обслуживания в «кустовом» порядке колхозов и более мелких совхозов малоформатными и малотиражными газетами, в отдельных случаях и мелкой бланочной продукцией узко местного значения. 5) Типизированные книжные типографии большого масштаба в столице и крупнейших республиканских и областных центрах для выполнения массовых книжных работ, в том числе и учебников (частично и журнальных работ). 6) Типизированные типографии для выполнения массовой бланочной продукции в крупных центрах СССР и местах сосредоточения такой продукции с частичным выполнением и книжно-журнальных работ. 7) Специализированные литографии и офсет-печатни в столице и особо крупных центрах для обработки художественной и этикетной продукции. 8) Специальные картографич. предприятия, располагаемые в пунктах наибольшей потребности в данной продукции.

Значительным большинством предприятий 1, 2, 3, 5 и 6-го типов применяется только один типографский (высокий) способ печати, т. е. подготовка печатной формы осуществляется путем ручного или машинного набора (см. *Набор*

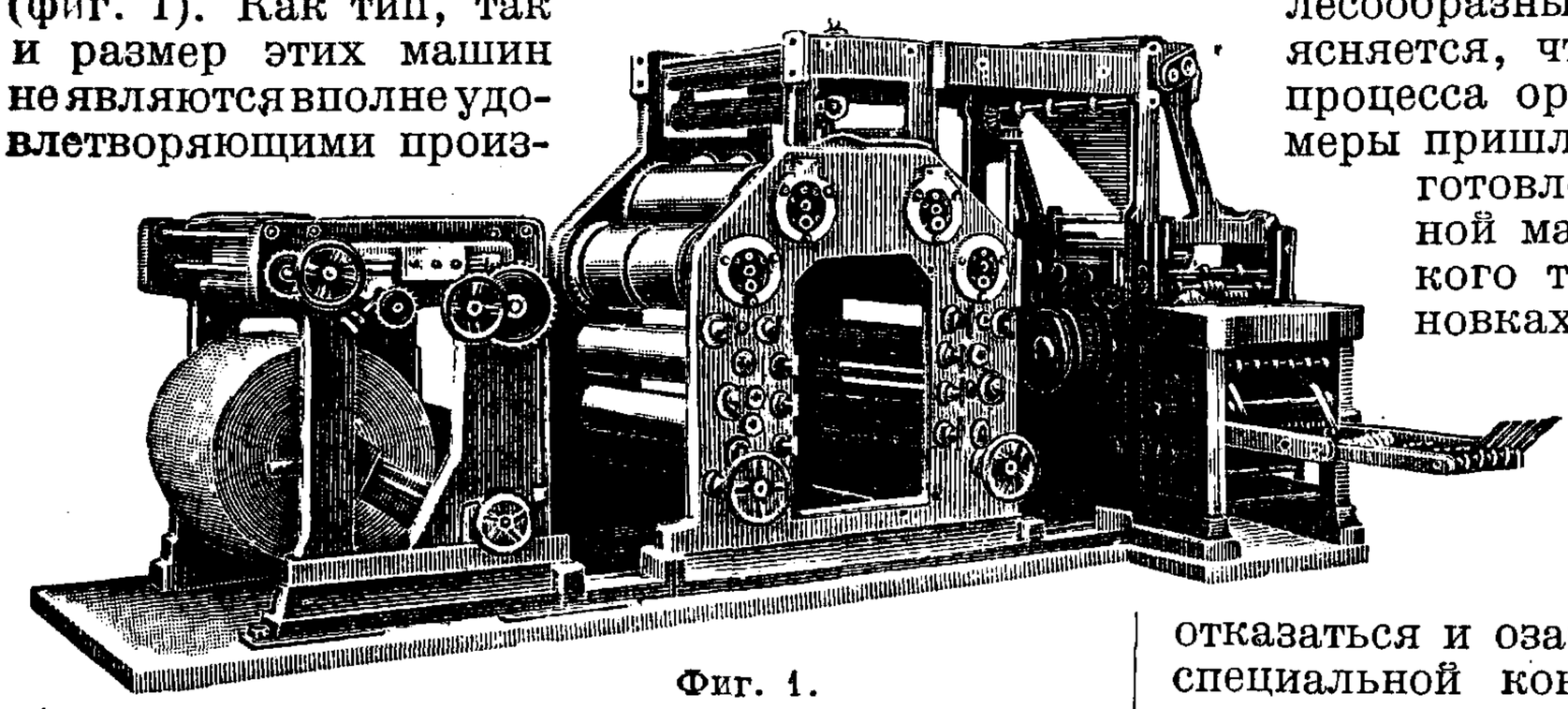
типографский и *Наборные машины*) со включением в него металлич. (преимущественно цинковых) клише для иллюстраций (см. *Автотипия* и *Репродукционные процессы*). Предприятиями 1, 2 и 5-го типов применяется часто и плоский способ печати (литография или офсет). В предприятиях 1-й и 5-й групп кроме того не исключается применение и глубокого способа печатания—тифдрук, меццо-тинто (см. *Репродукционные процессы*), поскольку предприятия этих типов принадлежат обычно издательствам, имеющим тяготение к обслуживанию своих издательских потребностей всеми видами печати. Но современная техническая тенденция стоит за специализацию отдельных способов печати, и повидимому в течение второй пятилетки в отношении глубокой печати это будет осуществлено, т. е. все оборудование для тифдрука будет сосредоточено в специальных предприятиях. Специальные литографско-офсетные и картографич. предприятия базированы исключительно на плоском способе печати (см. *Литография* и *Офсет*). Описанная выше типизация полиграфич. предприятий по роду изготовляемой ими продукции в таких тиражах и той степени качества, к-рые диктуются современными требованиями, определяет и потребность полиграфии в технически совершенном оборудовании при соответствующей постановке производственного процесса, каковой в надлежащем виде м. б. осуществлен лишь во вновь проектируемых предприятиях, т. к. старые типографии во многих отношениях являются далеко не удовлетворительными. При этом как типы потребного оборудования, так и детали производства значительно изменяются (в особенности в газетных предприятиях) в связи с их локализацией, политич. условиями и вытекающими отсюда характером продукции и требуемой мощностью предприятий. Поэтому и влияние всех этих факторов д. б. принято во внимание при рассмотрении в отдельности каждой группы оборудования, с учетом конкретных условий СССР и заданий второй пятилетки. В связи с этим ко всем видам вновь устанавливаемого оборудования предъявляются следующие требования: 1) достаточное технич. совершенство, обеспечивающее наивысшую производительность при высоком качестве продукции и наибольшей простоте обслуживания; 2) соответствие оборудования особенностям советской продукции, почему взятый за образец иностранный тип оборудования не должен рабски копироваться, а подвергаться соответствующим изменениям и усовершенствованиям; 3) ограничение каждого типа оборудования возможно меньшим числом моделей; 4) соблюдение размерных стандартов; 5) участие в конструировании советских инженеров и изобретателей. Эти условия и положены в основу программы строительства оборудования, которое должно обслужить советскую полиграфию со всеми ее особенностями.

Оборудование наборных в условиях СССР является наиболее отсталой частью типографских предприятий. В то время как в З. Европе (и особенно в Америке) ручной набор почти вышел из употребления, механизация набора у нас едва достигает 25%. Поэтому задачей второй пятилетки является доведение механизации набора по крайней мере до 40—50%. Заграничная полиграфия пользуется следующими видами наборных машин: строкоотливными (большое количество моделей, из к-рых наиболее употребительны 3—линотип, интертип, типограф) и буквоотливными, из которых наиболее распространенным является монотип; все 4 системы применяются и у нас. Для обслуживания заголовочного и акцидентного набора Америка (а за последние годы и З. Европа) широко применяет наборно-отливную машину сист. Лудлов. И наконец в перспективе намечается как-будто близкая к разрешению проблема фотонабора, возможное практическое осуществление к-рого грозит коренным образом переместить уд. веса отдельных видов печати в сторону ликвидации типографского металлического набора (основа высокой печати) и более широкого применения плоской (офсет) или глубокой (тифдрук) печати. Учитывая состояние заграничной наборной техники в данный момент (1933 г.), для периода второй пятилетки нельзя рассчитывать на возможность применения фотонабора, проблема которого несмотря на значительные успехи в этой области остается все же практически еще не разрешенной. С другой стороны, известные строкоотливные и буквоотливные наборные машины обладают высоким техническим совершенством. Т. о. вполне целесообразно остановиться для механизации наборного дела в СССР на строкоотливных наборных машинах типа линотип трех различных моделей (примерно №№ 8, 11 и 12), могущих в этой или подобной комбинации обслужить все потребности текстового набора, от простейшего до самого сложного, не прибегая к применению монотипа. При этом модель № 8—по желанию одно-, двух- или трехмагазинная, т. е. имеющая до шести гарнитур книжных шрифтов,—одна может обслужить все градации (по сложности) текстового набора; модели же № 11 и № 12, снабженные дополнительными боковыми магазинами, дают возможность выполнять сложнейший словарный и заголовочный наборы. Наборная машина по типу модели № 8 уже выпущена з-дом им. М. Гельц в Ленинграде. Потребности акцидентного набора с успехом м. б. обслужены матриценаборной и отливной машиной типа Лудлов.

Строительство наборных машин в СССР потребует параллельной организации производства матриц для всех видов наборных машин; матриц же понадобится огромное количество, т. к. каждая наборная машина должна будет обслуживаться каждый год не менее чем 3—4 комплектами матриц, каждый же нормальный комплект включает свыше 1 300 матриц. К организации этого сложного дела, требующего специального оборудования, почти полностью механизирующего производство, уже приступлено на том же з-де им. М. Гельц. Намечаемая сравнительно значительная механизация набора не освободит еще страну от производства ручного шрифта, а следовательно и от заботы об обновлении оборудования словолитен. Поэтому придется строить и словолитные машины какого-либо из новейших типов (см. *Словолитное дело*), а также и отливную машину типа «Эльрод», необходимую для самоснабжения пробельным материалом (см. *Набор типографский*) тех типографий (группы 2, 3, 5 и 6), которые по разным причинам не смогут еще осуществить 100%-ную механизацию набора. Для обслуживания наборных, в частности ручных понадобится кроме указанных основных машин и некоторое количество разных видов мелкого вспомогательного оборудования (специальные

циркулярные пилы и фрезеры, корректурные станки и пр.).

Печатное оборудование типографий при определении потребных для обслуживания полиграфии типов печатных машин д. б. подразделено в первую очередь на плоские и ротационные (газетные и книжно-журнальные) печатные машины, конечная продукция к-рых в условиях книжно-журнальной работы почти одинакова, отличаясь лишь бо́льшими размерами тиражей, обрабатываемых на ротационных машинах, и возможностями получения иллюстрированной книжной продукции более высокого качества на плоских печатных машинах, что при известных условиях не исключается и для ротационных книжно-журнальных машин (см. *Печатные машины*). Лишь в специализированных типографиях первой группы плоские печатные машины теряют свое значение; в предприятиях же 2, 3, 5 и 6-й групп типографская печать в советских условиях базируется гл. обр. на плоских печатных машинах двух основных систем (стоп-цилиндровой и двухоборотной), диференцируя лишь в зависимости от характера обрабатываемой продукции потребные размеры машин. Последние согласно установкам, выработанным органами стандартизации и утвержденным Всес. комитетом стандартизации, определяются следующими форматами обрабатываемых на плоских печатных машинах бумажных листов: 84 × 119, 77 × 109, 59,5 × 84, 42 × 59,5, 29,7 × 42 *см*. Производство плоских печатных машин освоено в СССР Рыбинским механич. з-дом им. т. Ягоды, к-рым строится стоп-цилиндровая машина «Пионер № 1» не стандартного размера 76 × 113 *см* (фиг. 1). Как тип, так и размер этих машин не являются вполне удовлетворяющими производство. Поэтому в настоящее время указанным з-дом производится работа по конструированию двухоборотных плоских печатных машин двух размеров: 84 × 119 и 59,5 × 84 *см*, из к-рых последняя предположена к выпуску с з-да в 1934 г. и явится основной плоской печатной машиной для типографий 2, 3, 5 и 6-й групп, в результате чего она потребует массового изготовления (в период второй пятилетки около 500 машин). Часовая производительность этой машины будет порядка 2 500 оттисков. В меньшем количестве потребуется двухоборотная же машина 84 × 119 *см* с производительностью 2 000 оттисков в час, назначением к-рой будет обслуживание гл. образом крупных типографий 5-й группы для печатания иллюстрированных книжных и журнальных работ. Машины указанных типов и размеров для использования полностью их производительности должны строиться непременно с самонакладчиками (предпочтительно пневматич. типа). ОСТ 5255 предусматривает еще временно задержанную выпуском машину размера 77 × 109 *см* (тоже двухоборотного типа). В этой системе размеров машины указанных трех форматов предназначены для печатания листов книжно-журнальной продукции; при многотиражной печати обложек, по нескольку на листе, каждая из указанных машин обслуживает (с учетом толщины корешка) следующий нисходящий формат или же, при незначительных тиражах, обложки печатаются на малых машинах (42 × 59,5 и 30 × 42 *см*). Учитывая, что тиражи изданий в течение всей второй пятилетки будут лимитироваться бумагой, печатание обложек на малых печатных машинах будет, как и в настоящее время, обычным явлением; останется конечно и ряд мелких акцидентных работ. В связи с этим возникает вопрос о наиболее целесообразном типе малых печатных машин. В отношении формата 30 × 42 ясно одно, что отжившая свой век тигельная машина—«американка»—не должна иметь места. Ее должна заменить быстроходная машина с производительностью до 3 000—3 500 оттисков в час типа полных автоматов. Так называемую *американку* (см.) для целей общей полиграфии целесообразно строить лишь тяжелого типа и в небольшом количестве для использования в крупных книжных предприятиях на иллюстрационных и специальных работах.



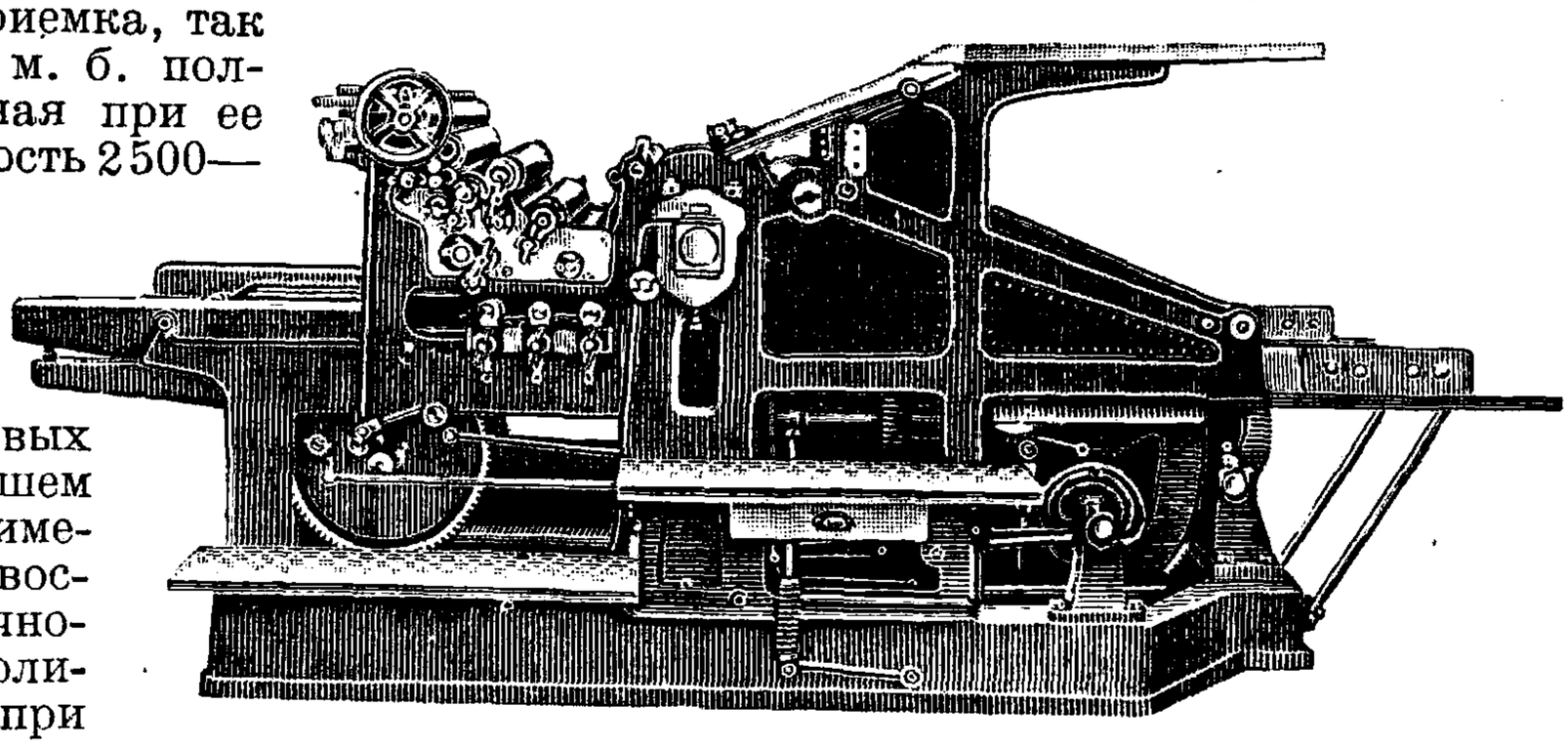
Фиг. 1.

Постановление ЦК партии о развитии низовой газетной сети, а в связи с этим об организации огромного количества типографий при политотделах МТС и крупных совхозах ставит советскую полиграфию перед чрезвычайно трудным вопросом снабжения этих типографий целесообразным оборудованием. Этим объясняется, что, идя по линии ускорения процесса организации, в виде временной меры пришлось вначале прибегнуть к изготовлению такой мало совершенной машины, как американка легкого типа. В первоначальных установках по типографиям МТС машина этого типа может быть и удовлетворяла ряд отдельных ячеек. При расширении издательской программы политотделов МТС от американки пришлось отказаться и озаботиться изысканием машины специальной конструкции. Расширенная издательская программа предусматривает в каждом пункте издание двух, а в отдельных случаях и трех ежедневных газет стандартного формата A_3 (смотри ОСТ 5255), следовательно в формате развернутого листа газеты 42 × 59,5 *см*. Такое задание при незначительных предусматриваемых им тиражах 500—1 500 экземпляров для каждой газеты исключает применение в данном случае даже малой ротационной машины системы советских инженеров Готмана и Михина (см. *Ротационные машины*) и заставляет остановиться на плоской печатной машине по возможности малого размера (порядка 42 × 59,5 *см*), так как машина следующего, двойного, размера (84 × × 59,5 *см*) будет чрезмерно громоздкой для этих небольших типографий. Но при этом размере машины и установленном формате газет A_3 каждую газету придется печатать с двух сторон разновременно, т. е. пропускать на машине ежедневно 2—6 форм, в силу чего машина д. б. достаточно быстроходной. При

этом, учитывая условия работы этих типографий, неподготовленность кадров и пр., машина должна обладать максимальной простотой обслуживания и по возможности наименьшей металлоемкостью, что имеет особо большое экономическое значение при огромной потребности в машинах этого типа для одних только низовых типографий. Но потребность в них еще более увеличится, если учесть, что машины этого формата м. б. использованы в качестве вспомогательной машины и в типографиях общей полиграфии. Задача конструктора будущей машины осложнится еще следующими положениями: 1) необходимо дать в машине варианты механич. и ручного приводов, т. к. в нек-рых пунктах ее применения нет механич. двигательной энергии; 2) конструировать машину с таким расчетом, чтобы в отдельных случаях использования машины для целей общей полиграфии к ней могли быть приспособлены самонакладчик и самоприемка, так как лишь при этих условиях м. б. полностью использована возможная при ее малом формате производительность 2 500—3 000 оттисков в час, что конечно немыслимо при ручном накладе. Соблюсти все эти условия представляется чрезвычайно трудным, — необходимо внесение в конструкцию новых принципов, которые в новейшем строительстве печатных машин имеются. Возможно, что ими и воспользуется конструктор—Научно-исследовательский институт полиграфической промышленности при НКЛП СССР.

Для следующего этапа механизации низовых типографий этого типа, в случаях дальнейшего их развития по линии увеличения числа газет и в особенности их тиражности, что может иметь место в условиях укрупнения обслуживаемого типографией района или концентрации типографий, в отдельных случаях м. б. целесообразна установка упомянутой уже малой ротационной машины системы Готмана-Михина, дающей до 10 тыс. оттисков в час 4-страничной газеты формата A_3. При всех условиях набор в этих типографиях должен будет производиться ручным шрифтом, так как постановка даже самой простейшей модели наборной машины при относительно высокой их стоимости будет экономически невыгодной, тем более что и ручной набор в условиях подобных типографий не представит технических затруднений. Потребное количество шрифта в простейших условиях должно определяться количеством от 300 *кг*. Помимо мелких принадлежностей для машины и набора, а также незначительного количества наборной мебели (2 — 3 реала и несколько наборных касс) этим может быть исчерпано оборудование типографий этого типа. Лишь в отдельных случаях особых местных условий, связанных с исполнением некоторого количества акцидентных работ, типографии может быть придана американка легкого типа и минимального размера бумагорезательная машина.

Ротационные типографские печатные машины предназначены для выполнения всех видов многотиражной продукции—газет, журналов, книг и бланочной продукции (см. *Печатные машины*). В связи с колоссальным развитием в СССР газетной печати наибольшее требование будет предъявляться на ротационные машины газетного типа, потребность в к-рых определяется на период второй пятилетки в 150 ролей. ОСТ 5256 предусматривает 3 размера газетных машин по ширине роля бумаги и окружности печатного цилиндра. Наиболее ходовой из них—АрО при ширине роля 84 *см* и объеме цилиндра 119 *см*. Машина этого формата оригинальной советской конструкции уже строится Рыбинским механич. з-дом им. тов. Ягоды (фиг. 2) и дает при одном роле следующие печатные возможности (см. табл. 1). К однорольной машине в случае надобности м. б. присоединена вторая такая же машина, в результате чего получается одна двухрольная машина, дающая возможность при двух фальцах и двух выходах получить различные комбинации газет (одну газету формата A_2 в 16 стр., 2 восьмистраничные разные газеты, 1 восьмистраничную газету в двойной производительности, 6-страничную газету A_2, 2 газеты форм. A_3 по 4 стр. и т. п.), что делает машину чрезвычайно гибкой для использования в предприятиях 1, 2 и 3-й групп. Примерно та же машина м. б. построена и в виде многорольной машины-агрегата с последовательным размещением ролей, с зарядкой бумагой в нижней части машины и печатным устройством во втором этаже ее. Технич. преимущества машин агрегатного типа—см. *Печатные машины*. Такой 4-рольный агрегат уже построен для Ленинградского филиала газеты «Правда». По такому же конструктивному принципу Рыбинским з-дом м. б. построена машина для ролей двойной ширины 168 *см*, дающая двойную продукцию; назначение подобной машины—обслуживание больших газетных типографий 1-й группы для печати многотиражных газет. Предприятиями 3-й группы (районными и крупными фабрич-



Фиг. 2.

Табл. 1. — Характеристика газетной машины.

Газета	Размер страницы, *мм*	Формат развернутого листа, *мм*	Ширина роля, *мм*	Число фальцев	Число страниц	Часовая производительность
A_2	420×595	840×595	840	2	8	15 000
A_2	420×595	840×595	840	2	4	30 000
A_3	297×420	594×420	840	1	8	30 000
A_3	297×420	594×420	840	1	4	60 000
A_3	297×420	594×420	420	1	4	30 000

ными центрами) при формате газетной продукции т о л ь к о A_3 (развернутый лист 420 × × 594 *мм*) может с успехом применяться малая ротационная машина конструкции советских инж. Готмана и Михина (подробное описание см. *Ротационные машины*). Но при отсутствии у этой машины возможностей дать газету в формате A_2 или 8-страничную газету в формате A_3 установка ее в ряде случаев может стеснять издательские и полиграфич. планы или (в типографиях еще меньшего масштаба) по стоимости может быть экономически невыгодной. Все эти факторы должны быть тщательно взвешены и подсчитаны при проектировании оборудования новой типографии или при переходе, вызываемом обыкновенно увеличением тиражей изданий, от печатания на плоских машинах к работе на ротационных машинах.

Определение наиболее целесообразного типа к н и ж н ы х ротационных машин является чрезвычайно сложным, т. к. рентабельность ротационной печати книжно-журнальной продукции зависит от ряда технич. и экономич. факторов. По данным специального исследования, проведенного в 1932 г. Научно-исследовательским ин-том ОГИЗа, установлено, как видно из диаграммы (фиг. 3), что рентабельный (отправной) тираж для переноса печатания книжно-журнальных работ с плоских на ротационные машины начинается с 18 тысяч экземпляров. Экономическая часть исследования базирована на отпускных ценах «Ценника» 1932 г. Полиграфкниги ОГИЗа и Мосполиграфа и сравнительном параллельном учете всех процессов, могущих быть произведенными на книжных ротационных машинах, до фальцовки включительно. Все перспективные соображения о размере будущих тиражей книжно-журнальной продукции, в особенности в связи со стабильными учебниками, говорят за значительное превышение в огромном числе случаев указанного отправного тиража (18 000 экземпляров), т. е. за необходимость постройки книжно-журнальных ротационных машин. В СССР такая машина еще только запроектирована, и тем же ин-том выработаны следующие главнейшие технич. условия, к-рые должны лечь в основу будущих конструкций: 1) машина книжно-журнальная, однорольная, постоянного формата, с окружностью цилиндра по печатной форме 1 190 *мм* при ширине бумажного роля в 840 *мм*; 2) размеры сфальцованной продукции: 149 × 210 *мм*, 210 × 297,5 *мм* и 297 × 420 *мм*; 3) при числе оборотов печатного цилиндра в 8 000 в час машина должна обладать часовой производительностью в 32 000 экземпляров 16-страничных листов формата (в сфальцованном виде) 149 × 210 *мм* при двух поперечных сгибах и 16 000 экз. таких же листов формата 210 × 297,5 *мм* при одном поперечном и одном продольном сгибах; 4) машина должна иметь специальные приспособления против отмарывания краски, что особенно важно при иллюстрационном печатании, и ряд технич. деталей, проработанных на основе новейших достижений современной техники полиграфич. машиностроения. Эти же технич. условия относятся и к машине формата 77 × 109 *см*, к-рая является преимущественно журнальной машиной. Здесь разумеется тип книжно-журнальной ротационной машины, которыми д. б. вооружены гл. обр. предприятия 5-й группы. При дальнейшем развитии в СССР собственного строительства ротационных машин книжного типа, к-рые по целому ряду деталей сложнее газетных ротаций (см. *Печатные машины*), возможно будет наладить производство различных специальных типов ротационных машин, также во многих случаях необходимых при выполнении в массовых тиражах особенных видов печатной продукции (бланочной, билетной и т. п.).



Фиг. 3.

С т е р е о т и п н о е о б о р у д о в а н и е. Роль стереотипного оборудования чрезвычайно выросла в современных условиях широкого развития газетной и книжной ротационной печати, где стереотипия приобрела значение самостоятельного технического процесса. Требования к стереотипному оборудованию весьма различны в зависимости от условий его применения—для целей плоского или ротационного газетного или книжного печатания. В общем оно делится на оборудование для изготовления матриц, для отливки стереотипов и для их отделки. Последнее более многообразно и сложно (см. *Стереотипия*). Для производства матриц применяются быстро работающие матричные прессы, из которых более совершенными являются гидравлические с электронагревательными приборами для подсушивания матриц во избежание деформации под давлением. Наиболее целесообразными из них являются матричные прессы типов MAN или VOMAG. При конструировании пресса советской конструкции отдельные преимущества указанных типов должны быть учтены. Отливные приспособления для обслуживания газетной и книжной ротационной печати тесно связаны с самими ротационными машинами и в наших условиях будут производиться автоматич. и полуавтоматич. типов; отливные станки последнего типа уже производятся Рыбинским заводом параллельно со строящимися им ротационными машинами. Отливными полуавтоматами этого типа будут снабжены все газетные ротационные машины предприятий 2-й и 3-й групп. Грандиозные же газетные установки предприятий 1-й группы (типа газеты «Правда»), где в течение двух-трех часов приходится отливать сотни стереотипных полос, будут снабжаться полными отливными автоматами типа Винклер, отливающими в минуту две полосы, почти не требующие последующей отделки. Конструкция отливочной машины этого типа уже прорабатывается Рыбинским з-дом. Кроме отливочных станков для окончательной отделки круглых стереотипов требуются еще два станка (для внешней и внутренней отделки), точно припасованные к размерам печатных цилиндров соответственной ротационной машины. Приспособления для отливки и последующей отделки плоских стереотипов в общем довольно просты не только в наших, но и в заграничных условиях и составляют т. н. к о м п л е к т д л я п л о с к о й с т е р е о т и п и и, необходимый в разных видах потребности и состава его всем типографским предприятиям 1, 2, 3, 5 и 6-й групп. Комплект этот состоит из 1) котла для плавки и отливки металла, 2) сушильного пресса для выколачивания ручным способом (с помощью щетки) и последующей сушки матриц, 3) отливной

формы для плоской стереотипии с принадлежностями, 4) пилы и рубанка для распилки и боковой строжки стереотипов (делаются также комбинированными), 5) фрезерного станка для отделки печатной поверхности стереотипа, 6) строгального станка для точной выверки высокого стереотипа на рост шрифта—$66^3/_4$ типографских пункта (см. *Набор типографский*). Для самых малых предприятий, где по характеру продукции стереотипирование применяется редко, изготовляется переносный отливной котел, комбинированный с прессом для сушки матриц и отливной формой, избавляющий предприятие от затрат на установку отдельных довольно дорогих котла, сушильного пресса и отливной формы.

О ф с е т н о е о б о р у д о в а н и е. Специальные предприятия 7-й и 8-й групп—литографии для выполнения художественной продукции и картографич. предприятия—в основной массе базированы на старом литографском процессе и печати с камня на литографских машинах—способе, почти отжившем в массовом производстве западной полиграфии. Между тем совершенно четко определилось уже превосходство офсета над литографией во всех отношениях: и в отношении возможностей, которые дает офсет в подготовке печатной формы, когда 10—12 красок литографской печати заменяются (с применением фототехники) 4—6 прогонами офсета, и в отношении скорости самих печатных машин, дающих на офсетах 2—4 тыс. листов в час, в сравнении с 700 отисками на машинах, печатающих с камня. Помимо более выгодного использования офсета в условиях лито-художественной печати чрезвычайно рентабельным д. б. при рациональной постановке и применение офсета для выполнения книжно-журнальной продукции, в особенности при печатании повторных изданий, где набор может быть заменен фотопереводом на офсетный цинк (см. *Офсет* и *Репродукционные процессы*). Поэтому скорейший переход к массовому введению еще слабо развитой у нас офсетной печати совершенно необходим. Одним из препятствий к этому до настоящего времени являлась высокая стоимость импортного офсетного оборудования. В связи с этим настоятельно необходимо скорейшее развитие в СССР собственного строительства офсетных машин. З. Европа и Америка обладают огромным выбором типов флатовых и ролевых офсетных машин (см. *Печатные машины*), из которых типом флатовых машин, наиболее оправдавшим себя в наших практич. условиях, являются машины Дрезденского машиностроительного завода «Планета-Терция»—однокрасочная и «Планета-Квинта»—двухкрасочная. Рыбинский машиностроительный з-д в настоящее время приступил к проработке собственной конструкции офсетной машины с таким расчетом, чтобы отдельные элементы ее могли быть комбинированы в различные потребные виды офсетных машин, что конструктивно-техническая природа офсета в некоторой степени допускает. Созданная на этих основаниях будущая советская офсетная машина послужит базой массового введения офсетной печати и полной замены в будущем ставшего уже архаическим литографского процесса. Общее потребное количество офсетных машин, запроектированное планом второй пятилетки, выражается цифрой 80, при наличном количестве офсетов ок. 50 машин. Кроме основных офсетных машин понадобится еще и производство вспомогательного оборудования к ним, в общем несложного.

Т и ф д р у к—г л у б о к а я п е ч а т ь (см. *Репродукционные процессы*)—является вторым из новейших способов печати, мало культивируемых в СССР, между тем как использование богатейших художественных и производственных возможностей тифдрука имеет достаточную почву хотя бы в одной лишь журнальной продукции, где он более всего и применим в наших условиях. Опыты, проведенные в 1-й Образцовой типографии по печатанию на тифдруке учебников в массовых тиражах и трехцветной художественной книги, показали полную целесообразность применения его и для этих видов продукции. Более широкое введение тифдрука тормозится отчасти еще недостаточностью его производственного освоения, связанного с некоторой капризностью самого технологич. процесса тифдрука (в особенности в многоцветной печати), с высокими требованиями к материалам для него, отчасти недостатком кадров и оборудования. Последнее в З. Европе имеется в большом количестве разнообразных моделей как для флатовой, так и для печати с ролевой бумаги, в особенности для последней; в этом применении особенно ценен тифдрук как способ чрезвычайно производительный (ротационные машины для тифдрука печатают со скоростью до 15 000 отисков в час почти без затраты времени на предварительную работу над печатной формой на машине—приправку). Более широкое освоение тифдрука связано с объединением всего наличного оборудования в специальном предприятии, в связи с чем должно получить развитие и собственное строительство оборудования для тифдрука, к-рое в общем не сложнее уже освоенных нашими з-дами плоских и ротационных печатных машин.

Ф о т о- и г а л ь в а н о т е х н и к а в п о л и г р а ф и и. Ряд производственных потерь несет полиграфич. пром-сть от слабого развития и недостаточного применения фототехнич. и гальванотехнич. процессов. В первом случае производственные потери идут по линии офсета и тифдрука (недостаточное использование последнего и затраты излишнего времени и потери на качестве в подготовке печатной формы для офсета без применения фототехники). Недостаточное внедрение в производство гальванотехнич. процессов (г а л ь в а н о с т е г и и для покрытия гартовых стереотипов и г а л ь в а н о п л а с т и к и в применении к созданию иллюстрационной типографской печатной формы) дает также потери во времени и качестве в типографской (высокой) печати. Причины: недостаточность культуры этих процессов, кадров и оборудования, до сего времени бывшего импортным. Возможность широкого развития строительства этих видов оборудования для полиграфич. производства на ближайший период—еще в перспективе (детали оборудования—см. *Гальванотехника* в п о л и г р а ф и и и *Репродукционные процессы*). Отмечаем два производственно ценных момента, связанных с возможностью осуществления строительства соответствующих видов оборудования, рационализирующих производство. Первый—целесообразен и легко возможен для осуществления теперь же, это—комплект фотооборудования для облегченного производства цинкографских клише в условиях низовой печати. Второй—перспективного характера, так наз.

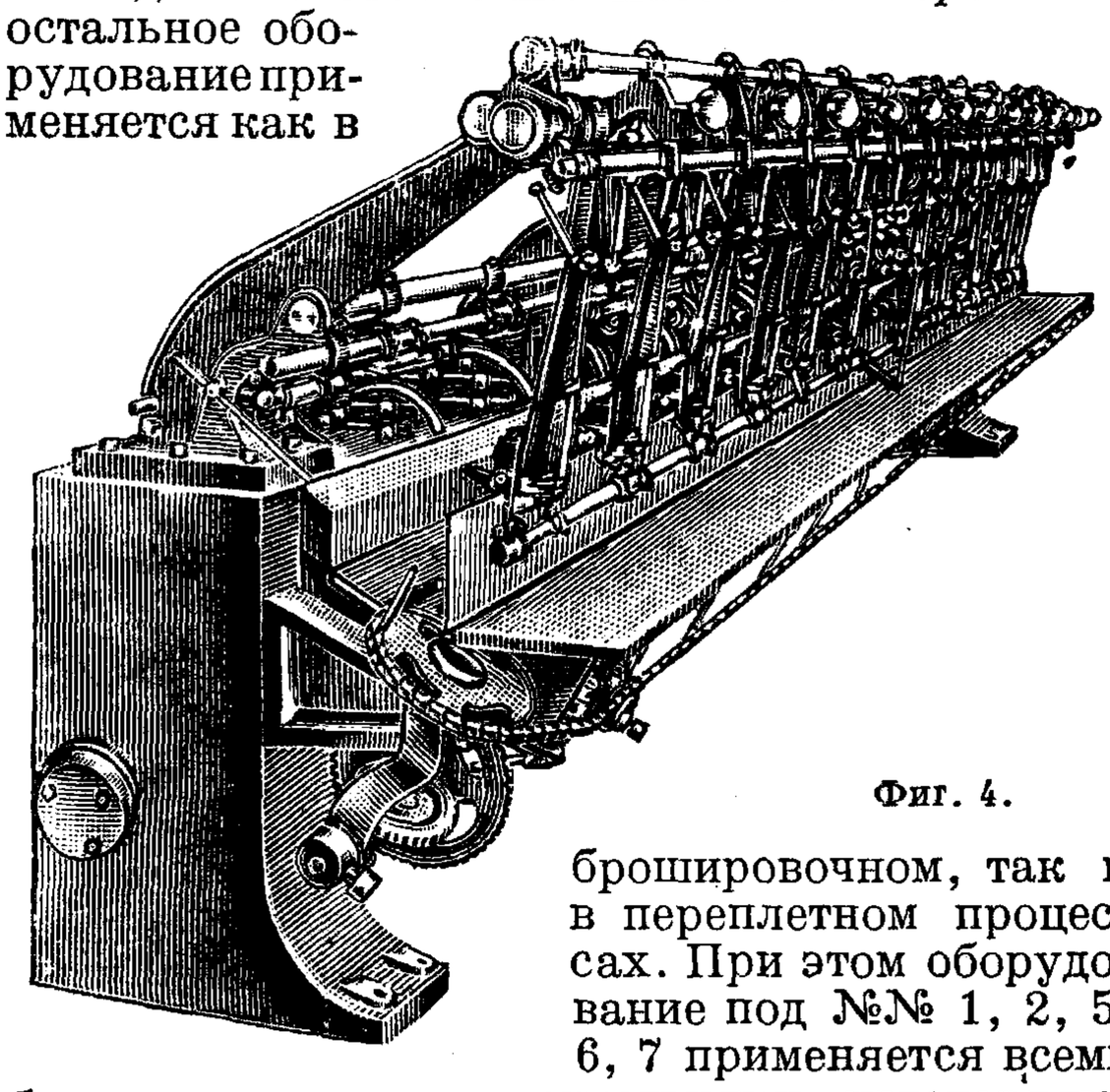
процесс Клейбурна, практикуемый в Америке способ точной юстировки (выверки) гальванопластически изготовленных иллюстрационных печатных форм и самих печатных машин, дающий в результате возможность печатания на типографских печатных машинах почти без приправки, на что в наших условиях при иллюстрационном печатании затрачивается масса времени. Способ этот связан с большим количеством дорогого и сложного оборудования и упоминается лишь как пример высокого технич. достижения зарубежной полиграфии, целесообразного для переноса на почву СССР.

Переплетно-брошировочное производство включает два по существу различных отделочных процесса, обслуживающих преимущественно книжно-журнальную, в некоторой части и акцидентную продукцию (изготовление квитанционных и канцелярских книг и т. п.), и в современных условиях массового производства д. б. максимально механизировано. Брошировочный раздел, более простой по характеру технологич. процесса, является на данный момент более механизированным, нежели более сложный переплетный процесс—изготовление массового переплета, в который нек-рые части брошировочного процесса входят в виде начальной стадии (см. *Броширование* и *Брошировочные машины*). Начиная с поступления отпечатанных листов из типографии по ходу технологич. процессов обоих разделов производства, определяется следующая потребность в оборудовании, к-рое в общем м. б. разделено на оборудование основное и вспомогательное (табл. 2).

Табл. 2.—Оборудование переплетно-брошировочного производства.

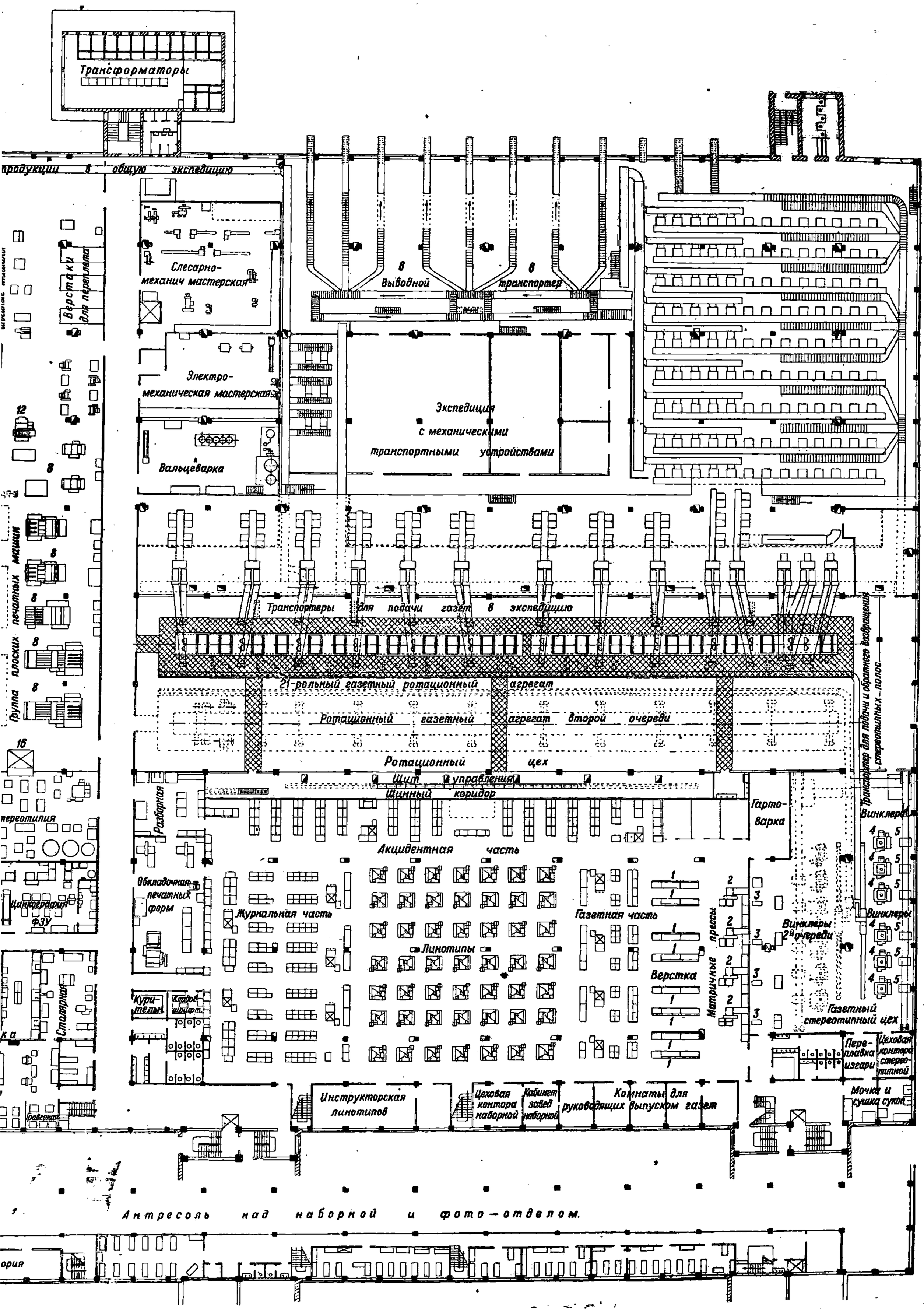
Номенклатура	Тип	Назначение
Бумагорезательная машина	Одноножовая для линейного разреза	Для разреза и подрезки поступающих из типографии листов и для обрезки готовой сброшированной продукции
Фальцевальная машина	Трех- и четырехсгибная без швейного аппарата, по германскому образцу	Для фальцовки (складки) отпечатанных листов книжной и журнальной продукции
Фальцевальная машина	Двухсгибная малая машина, по германскому образцу	Для фальцовки (складки) частей книжн. листа (1/2, 1/4 л.)
Подборочная машина (фиг. 4)	На потребное число листов оригинальной конструкции	Для подборки книжных листов в порядке следования в книге
Проволокошвейная машина	Тачалка, по германскому образцу	Для сшивки книжной, преимущественно же журнальной, продукции проволокой вразъем листов и вкрай
Проволокошвейная машина	Пятиаппаратная, по германскому образцу	Для сшивки книг проволокой на марле или тесьме под брошюру и переплет
Ниткошвейная машина	По германскому образцу	Для сшивки книг нитками под брошюру и переплет
Бумагорезательная машина	Трехножовая, германского образца	Для одновременной обрезки с трех сторон книг или журналов в процессе брошировки или переплета
Картонорезательная машина	Роликовая с круглыми ножами, германского образца	Для резки картона на переплетные крышки
Кантовочная машина	По германскому образцу	Для приклейки корешка к картонным сторонкам и прочих приклеек
Крышкоделательная машина	По американскому образцу	Для обклейки крышек переплетов тканевым материалом

Заграничная практика применяет еще два вида машин: для крытья книг обложкой и вставки переплетов в готовые книги. В наших условиях от них временно можно отказаться, т. к. эти процессы и в ручном виде не столь трудоемки. Из данного в табл. 2 основного оборудования №№ 2, 3, 4, 5 обслуживают только брошировочный процесс, №№ 9, 10 и 11—специфически переплетные машины, применяемые для изготовления массового переплета; остальное оборудование применяется как в

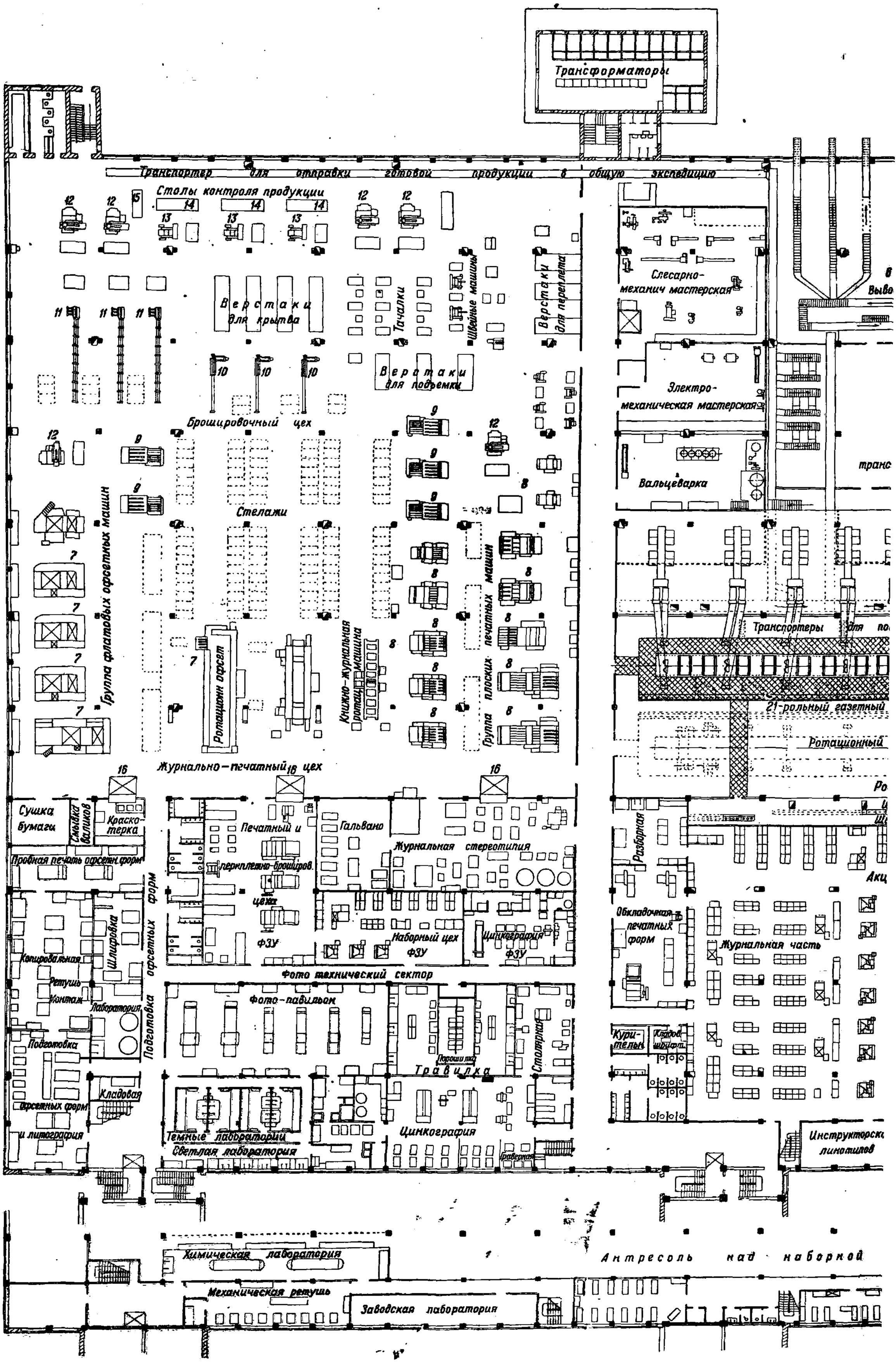


Фиг. 4.

брошировочном, так и в переплетном процессах. При этом оборудование под №№ 1, 2, 5, 6, 7 применяется всеми без исключения предприятиями, изготовляющими книжно-журнальную продукцию, такое же оборудование, как подборочная машина № 4, трехсторонняя резательная машина № 8 и специальные машины для изготовления переплетных крышек являются достоянием главным образом предприятий 5-й группы, изготовляющих массовую книжную продукцию в переплетенном виде, что получило особенное значение в связи с декретом о выпуске стабильных учебников в переплетах. В отдельных случаях массового переплетно-брошировочного производства не исключается применение и других видов специального оборудования, не вошедших в программу нашего машиностроения, напр. подборочно-швейных машин для массовой журнальной и брошюрной продукции, применяемых некоторыми крупнейшими предприятиями, напр. комбинатом «Правды», где они положены в основу поточного брошировочного процесса. Большое значение в механизированном переплетно-брошировочном процессе имеет и вспомогательное, чрезвычайно разнообразное оборудование, подготовляющее, связывающее или заканчивающее отдельные технологич. моменты. Таковы: клеемазательные машины, фаскоспускальные, паковочные прессы или такие машины, как нумеровальные, перфорировальные, алфавитные машины и т. п., вспомога-



7. Типография газетно-журнального комбината газеты «Правда».

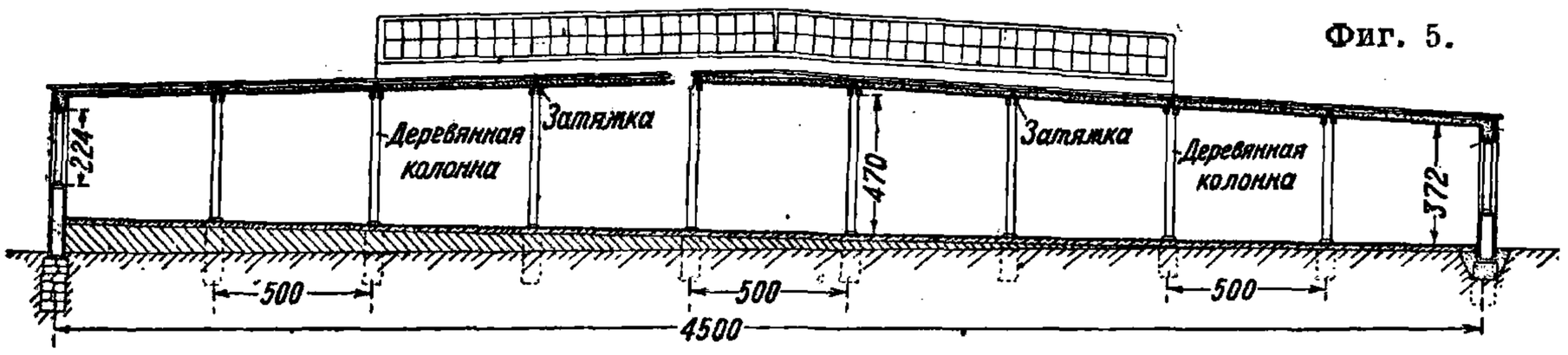


Фиг. 7. Типография газетно-журнального комбината газ

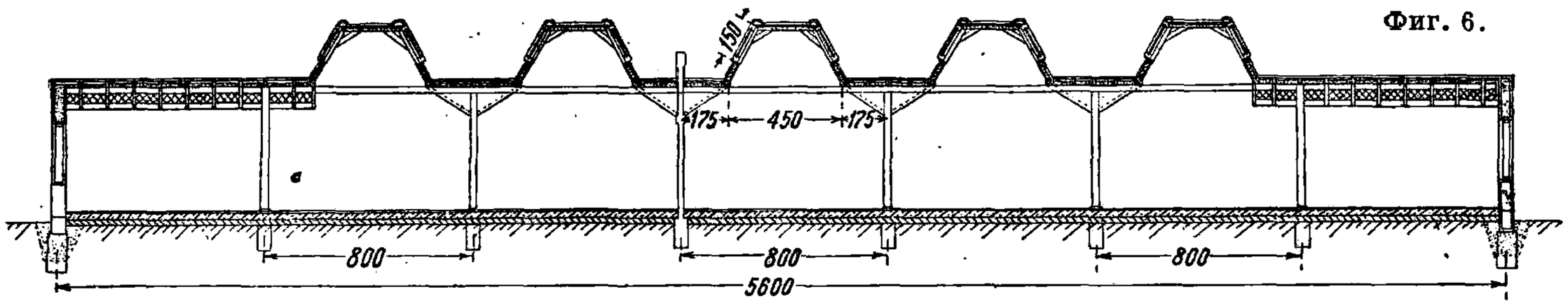
тельная роль которых весьма значительна в предприятиях, изготовляющих акцидентную продукцию, или в специальных предприятиях 6-й группы для обработки массовой «бланочной» продукции. Для последних случаев впрочем имеются приспособления и иного, более рационального характера, напр.: вставляемые в набор, автоматически под давлением цилиндра печатной машины работающие нумеровальные аппараты, подобные же перфорировальные приспособления и прочие, вплоть до специальных машин, вырабатывающих в массовом порядке например ордерные книжки отпечатанными, отнумерованными, перфорированными и сброшированными. В связи с унификацией бланков отчетности возможно, что в ближайшие годы и в СССР явится потребность в подобного рода специализированных автоматах.

Организация производственного процесса. Современные полиграфич. предприятия, вооруженные оборудованием в значительной части автоматическим, работающим с большими скоростями, выкидывающим в кратчайшие сроки огромные массы вполне или почти законченной продукции, естественно должны значительно отличаться от типографий старого типа также и совершенно иной организацией производственного процесса. В основу последнего д. б. положены: новые технологич. принципы, поточность рабочего процесса и отсутствие возвратных движений в нем, замена ручной рабочей силы механизмами везде, где это возможно, при наибольших достижениях в области охраны труда и гигиенич. условий работы; все это в особенности должно иметь место в предприятиях, вырабатывающих массовую продукцию, каковыми являются крупные газетные типографии и типографии, вырабатывающие массовую книжную продукцию. Таковыми и запроектированы новейшие полиграфич. предприятия, в строительном отношении в большинстве новых проектов также сильно отличающиеся от старых типографских зданий. Большинство новых проектировок последних двух лет относится к типографиям в центральных городах национальных республик и лишь сравнительно незначительное число новостроек и крупных реконструкций падает на Москву и Ленинград. Необходимость возможно экономичного отношения к дефицитным строительным материалам—железу и бетону—и наличность в большинстве случаев достаточно свободной земельной площади в республиканских центрах создали условия для проектирования непривычного для типографских предприятий типа одноэтажного производственного здания с верхним светом (фиг. 5 и 6); почти как правило к нему примыкает многоэтажное здание издательских и административных помещений. И лишь немногие полиграфические предприятия в крупных городах СССР в связи с недостатком земельной площади запроектированы многоэтажными.

Фиг. 5.

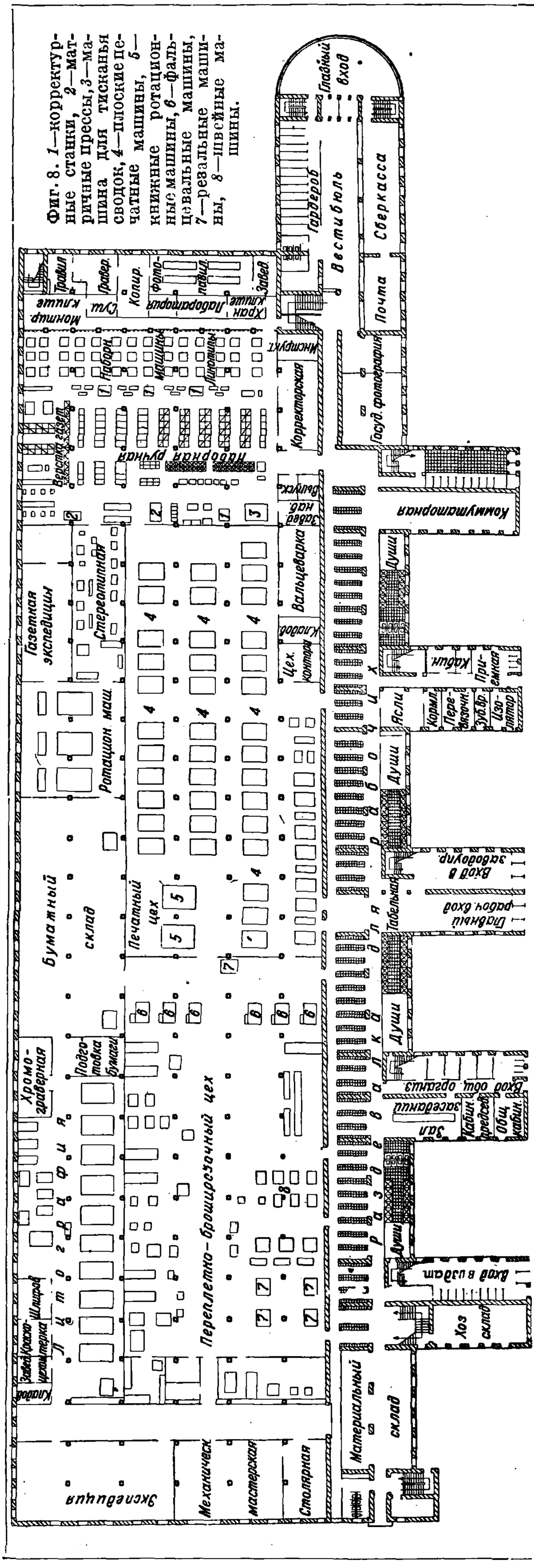


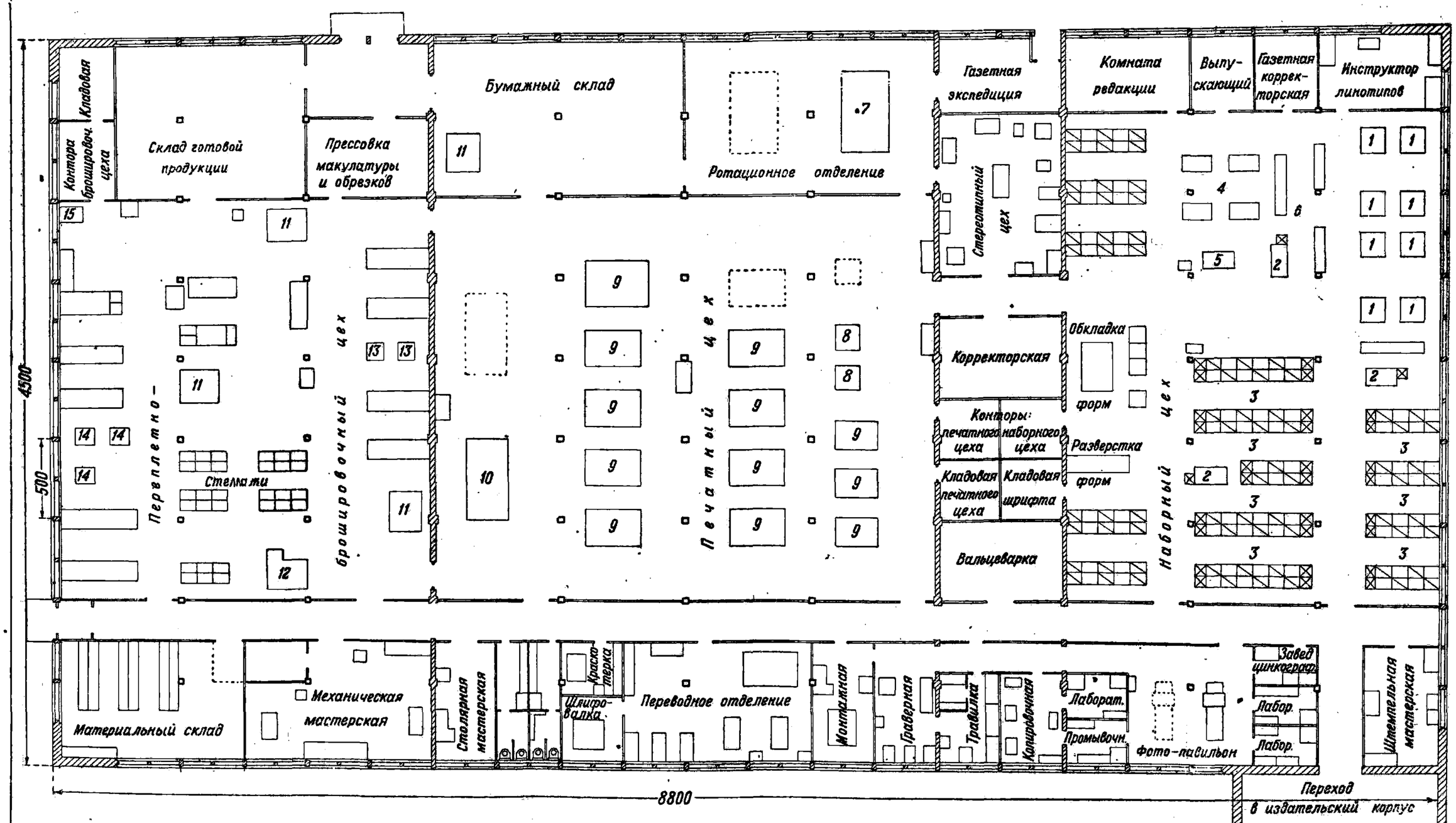
Фиг. 6.



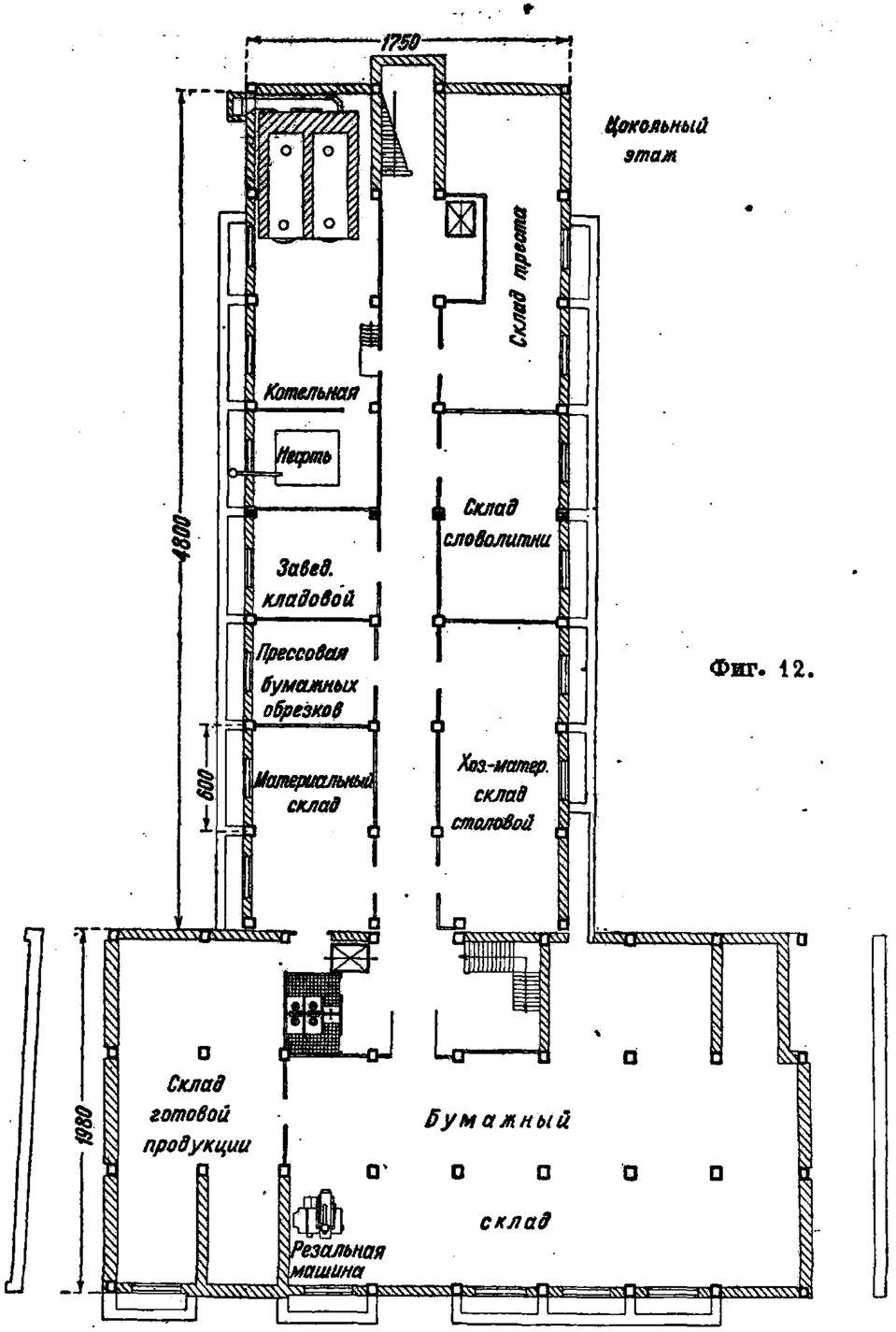
Но в том и другом случае постепенно совершенствовавшаяся практика большого числа новых проектировок выработала почти стандартный тип расположения производства, полностью отвечающий вышеуказанным основным требованиям новой организации производственного процесса. Само собой разумеется, что все новые проектировки предусматривают и все виды технических и санитарных устройств и охраны труда: вполне совершенные вентиляцию и отопление производственных помещений, пожарную безопасность, достаточную освещенность, гигиенические раздевалки, души для мужчин и женщин, комнаты для принятия пищи, для матери и ребенка, медпункт и т. п. Производственные мощности новых предприятий обычно рассчитаны по данным, предусматриваемым второй пятилеткой, с перспективой некоторого дальнейшего расширения, более или менее легкая возможность к-рого предусматривается в технологич. и строительном проектах. Ориентировочная средняя стоимость кубометра новых одноэтажных производственных зданий, чаще кирпичных с деревянными перекрытиями, в зависимости от местных условий и характера санитарных устройств колеблется от 20 до 35 руб. за кубометр.

Крупнейшим из строительств нового типа является газетно-журнальный комбинат газеты «Правда», представляющий многоэтажный издательский корпус, тремя переходами соединенный с одноэтажным (с цокольным этажом) производственным корпусом с верхним и боковым освещением (последнее в виду огромной производственной площади—ок. 17 000 м² имеет ограниченное местное значение). Пожарным коридором, проходящим через все здание, оно делится на две неравные части. Правая—бо́льшая—отведена под газетное, левая—под журнальное производство и общее обслуживание фототехникой. Расположенные в середине наборного зала площадью 2 300 м² 49 линотипов снабжают окружающие их с трех сторон газетный, журнальный и акцидентный отделы потребным количеством набора. Помещение заведующего наборным цехом связано пневматическим транспортом с экспедицией рукописей в издательском корпусе; рукописи по наборным машинам распределяются также механизированными путями, увязанными кроме того и особой сигнализацией. Корректорские, сообщающиеся с наборной механич. транспортом, отделение механич. ретуши и химическая лаборатория расположены на антресолях над соответствующими отделами наборной и пинкографии. С верстальных столов *1* (фиг. 7) полосы набора поступают на матричные прессы *2*, подсушенные в сушильных барабанах *3* матрицы тут же передаются для отливки стереотипов на 6 отливных автоматов типа Винклер *4* и после охлаждения и обработки на пропускных станках *5* специальным роликовым транспортером направляются

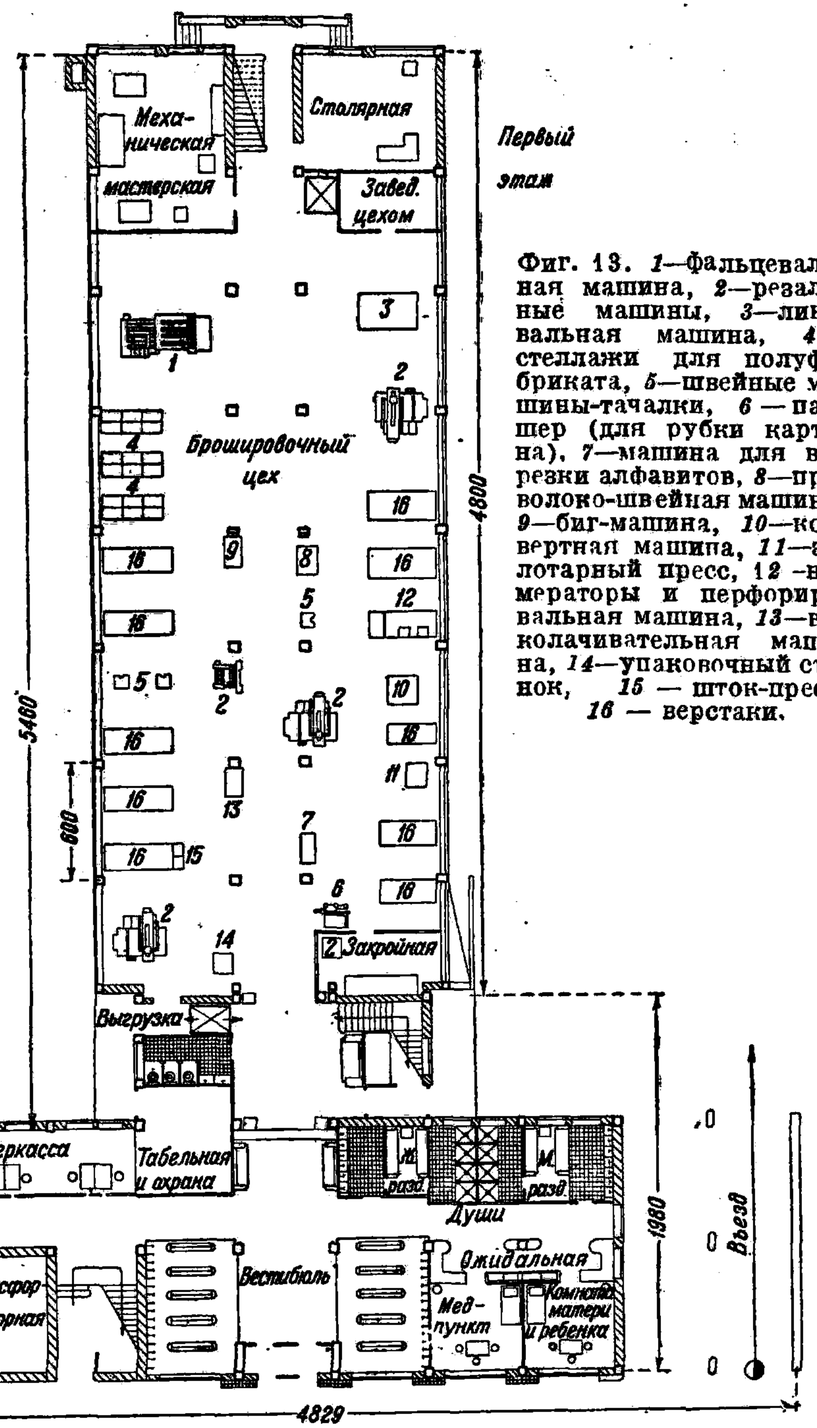

Главный вход
Вестибюль
Сберкасса
Почта
Гардероб
Телефон
Граверн.
Граверн.
Копир.
Фотопавильон
Завед.
Корректорская
Верстка газет
Наборная рубрики
Машинистки
Линотипы
Наборная
Коммутаторная
Душ
Ясли
Кормл.
Перевязочн.
Зуб.вр.
Изолятор
Приемная
Кабин. зубного врача
Общ. кабин.
Душ
Душ
Душ
Табельная
Вход в душевые
Выход в душевые
Выход
Выход в цехи
Выход в цехи
Выход
Выход
Выход



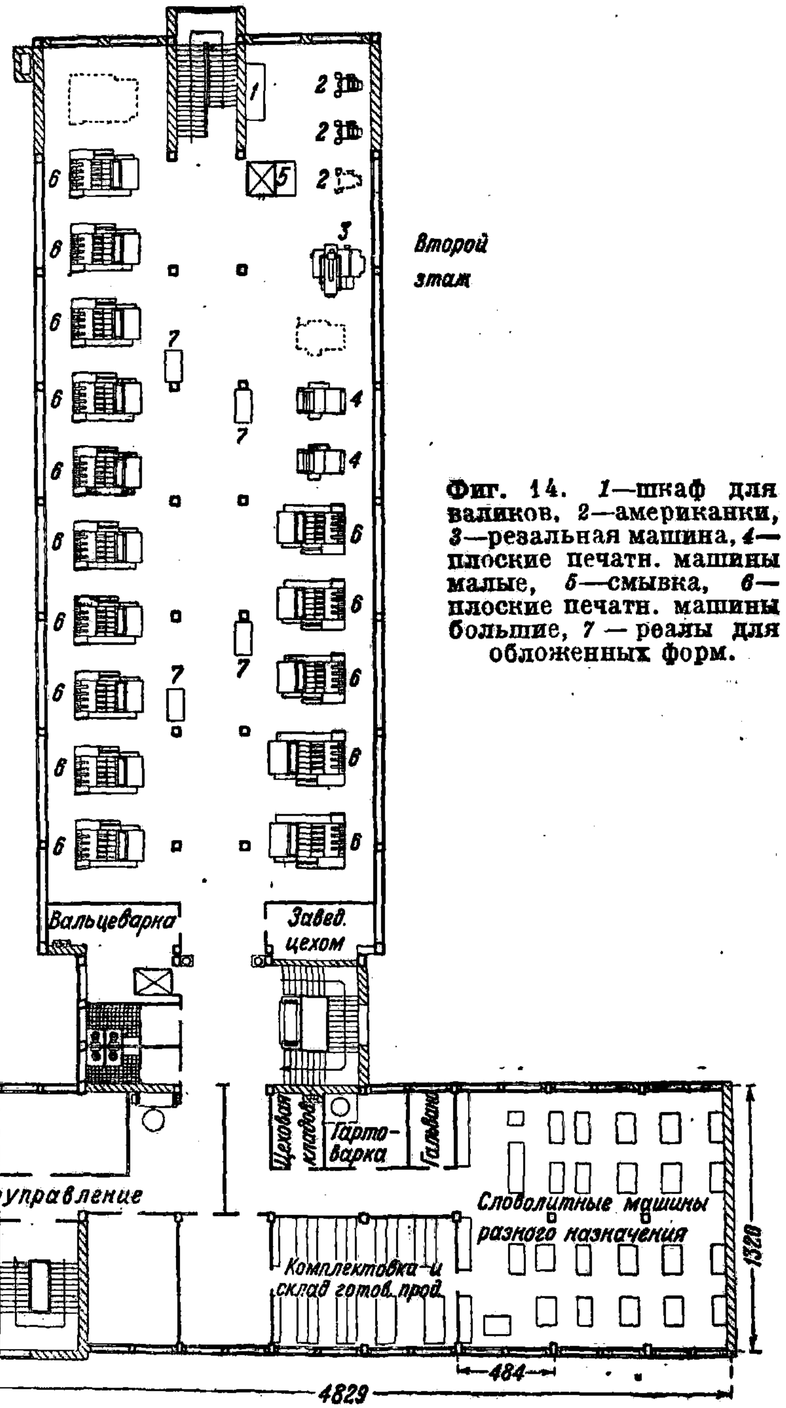
Фиг. 9. *1*—наборные машины линотип, *2*—корректурные станки, *3*—наборные реалы, *4*—талеры для верстки газет, *5*—матричный пресс, *6*—стол для правки корректур, *7*—газетная ротац. машина, *8*—американки, *9*—плоские печатные машины, *10*—офсет-машина, *11*—резальные машины, *12*—фальцевальная машина, *13*—швейные машины-тачалки, *14*—нитко-швейные машины, *15*—паппер (для рубки картона).



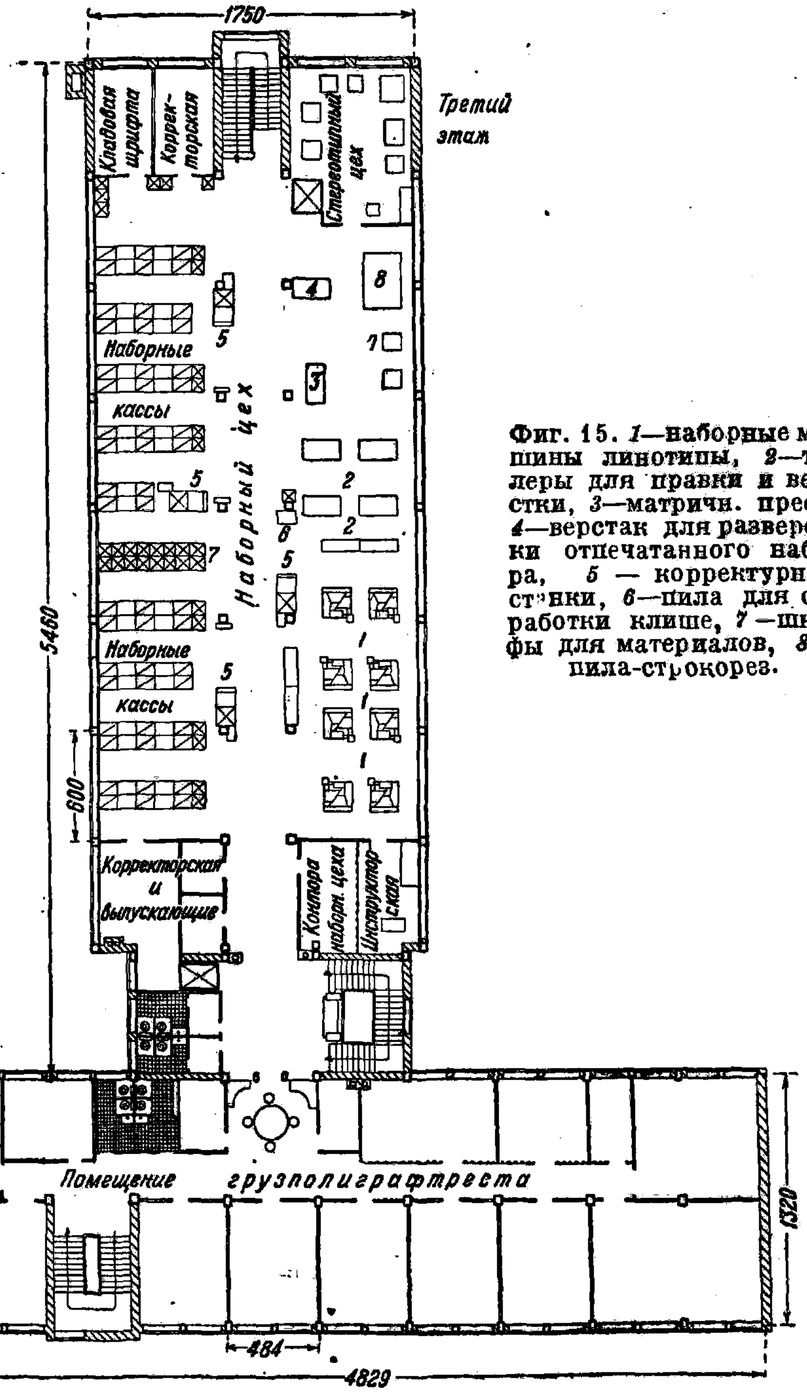
Фиг. 12.



Фиг. 13. *1*—фальцевальная машина, *2*—резальные машины, *3*—линевальная машина, *4*—стеллажи для полуфабриката, *5*—швейные машины-тачалки, *6*—папшер (для рубки картона), *7*—машина для вырезки алфавитов, *8*—проволоко-швейная машина, *9*—биг-машина, *10*—конвертная машина, *11*—золотарный пресс, *12*—нумераторы и перфорировальная машина, *13*—выколачивательная машина, *14*—упаковочный станок, *15*—шток-пресс, *16*—верстаки.

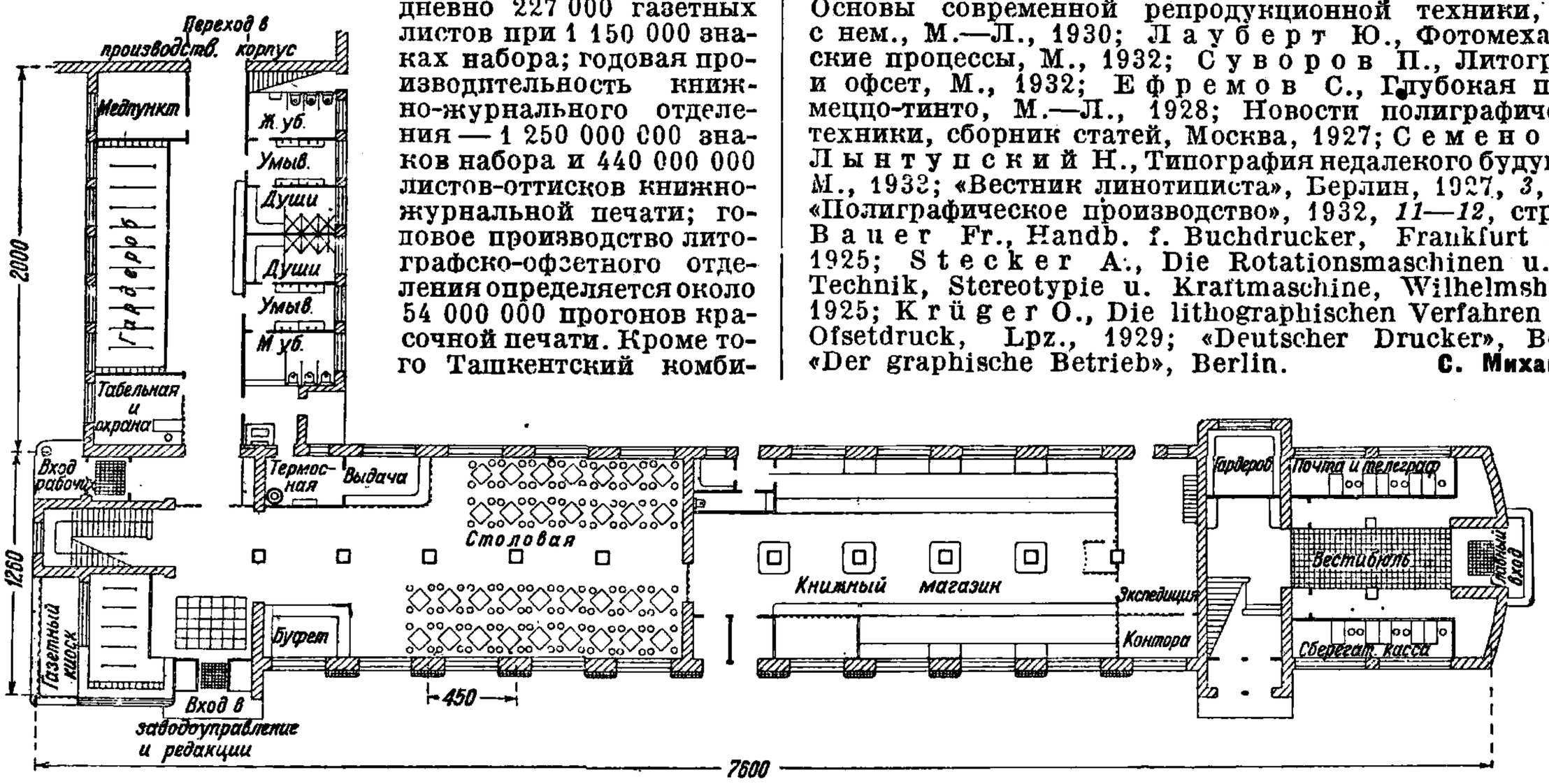


Фиг. 14. *1*—шкаф для валиков, *2*—американки, *3*—резальная машина, *4*—плоские печатн. машины малые, *5*—смывка, *6*—плоские печатн. машины большие, *7* — реалы для обложенных форм.

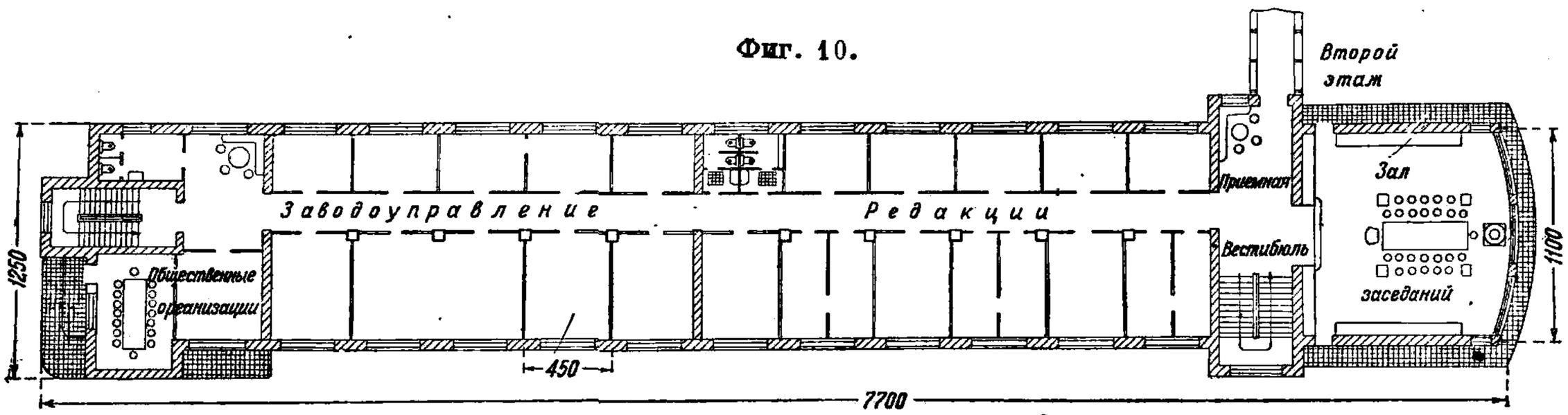


Фиг. 15. *1*—наборные машины линотипы, *2*—талеры для правки и верстки, *3*—матричн. пресс, *4*—верстак для разверстки отпечатанного набора, *5* — корректурные стенки, *6*—пила для обработки клише, *7* —шкафы для материалов, *8*—пила-строкорез.

частей предприятия и издательской части комбината. Общая площадь его по производственному корпусу около 15 000 м². Запроектированная производственная мощность предприятия (ориентировочно) следующая: ежедневно 227 000 газетных листов при 1 150 000 знаках набора; годовая производительность книжно-журнального отделения — 1 250 000 000 знаков набора и 440 000 000 листов-оттисков книжно-журнальной печати; годовое производство литографско-офсетного отделения определяется около 54 000 000 прогонов красочной печати. Кроме того Ташкентский комбинат включает еще билетное и переплетно-брошировочное производства, а также производство тетрадей и беловых товаров для нужд края.



Фиг. 10.



Фиг. 11.

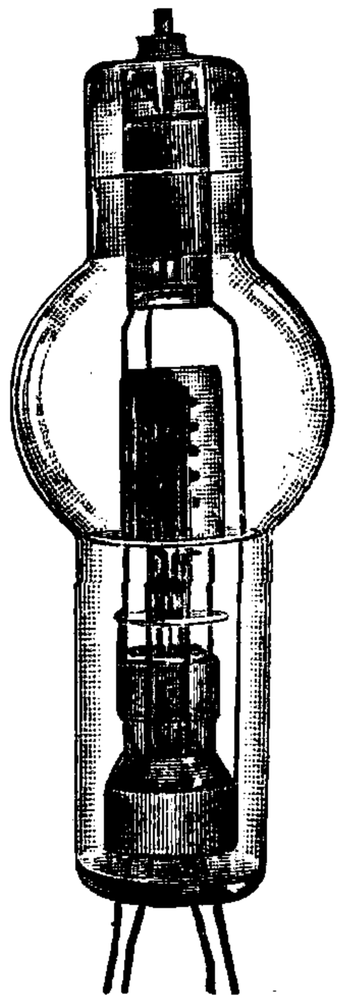
Образцом проектирования универсальных предприятий 2-й группы может служить также типография в г. Энгельсе (Республика Немцев Поволжья). Здесь производственный корпус связан с издательским переходным перешейком, в к-ром расположены санитарные устройства и к-рый связывает производство со столовой, имеющей отдельный вход, и с заводоуправлением и издательством. В производственном корпусе, типичном по расположению для ряда типографий подобного типа, вполне целесообразно распределены все рабочие процессы. Разделительная огнестойкая зона использована для таких вспомогательных отделений, как стереотипная, вальцеварка. Остальное не требует дополнительных пояснений, т. к. ясно из фиг. 9, 10, 11. Запроектированное расположение цехов дает возможность в случае необходимости расширить производство без больших строительных работ, почти не изменяя общего хода производственного процесса, лишь при наличии свободного участка. Подобные же типографии районного разреза и крупных фабричных центров проектируются по такому же образцу, отличаясь лишь меньшим масштабом производства. И наконец примером вертикального расположения производства может служить преимущественно акцидентная типография в Тифлисе (фиг. 12, 13, 14, 15).

Такие производственные гиганты, как типография «Правды», пока еще в основном оборудованы преимущественно импортными машинами (ротационный агрегат англ. з-да Хо), но на смену им уже идет наше собственное полиграфич. машиностроение, хотя во многом еще и базированное на заграничных образцах, но уже несущее в себе творческую печать советских конструкторов и инженеров, что совместно с новым капитальным строительством еще в течение второй пятилетки создаст лицо новой полиграфии с новыми технологическими процессами и новыми приемами работы.

Лит.: Мельников Д., Линотип и работа на нем, М., 1931; Попов В., Фотонаборные машины, М., 1933; Унгер А., Типографские печатные машины, М., 1932; Винник М., Типографское дело, М., 1930; Русс Р., Основы современной репродукционной техники, пер. с нем., М.—Л., 1930; Лауберт Ю., Фотомеханические процессы, М., 1932; Суворов П., Литография и офсет, М., 1932; Ефремов С., Глубокая печать меццо-тинто, М.—Л., 1928; Новости полиграфической техники, сборник статей, Москва, 1927; Семенов С., Лынтупский Н., Типография недалекого будущего, М., 1932; «Вестник линотиписта», Берлин, 1927, *3, 4, 9*; «Полиграфическое производство», 1932, *11—12*, стр. 50; Bauer Fr., Handb. f. Buchdrucker, Frankfurt a/M., 1925; Stecker A., Die Rotationsmaschinen u. ihre Technik, Stereotypie u. Kraftmaschine, Wilhelmshaven, 1925; Krüger O., Die lithographischen Verfahren u. d. Ofsetdruck, Lpz., 1929; «Deutscher Drucker», Berlin; «Der graphische Betrieb», Berlin. **С. Михайлов.**

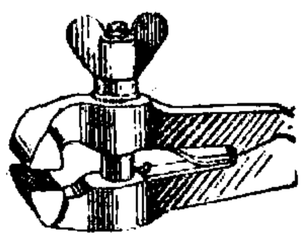
ТИПОГРАФСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО, см. *Типографское оборудование.*

ТИРАТРОН, наименование, введенное фирмой Дженераль Электрик К°, для того типа ионных приборов, в которых контролирование тока между основными электродами производится за счет изменения потенциала на третьем контролирующем электроде, аналогичном сетке обычного *триода* (см.). Т. содержит пары (обычно ртути) или инертные газы при малом давлении; когда напряжение между электродами тиратрона под влиянием приложенного к сетке напряжения (соответствующей величины и фазы) превышает ионизационный потенциал (около 15 V для ртути), наступает ионизация, влекущая за собой нейтрализацию поля пространственного электронного заряда (см. *Объемный заряд*). Такая нейтрализация вызывает следующие результаты: 1) требуемое для токопрохождения через тиратрон напряжение составляет только ок. 10—20 V при 1 А, причем это напряжение практически не зависит от силы тока; 2) нет необходимости конструировать катод открытым, как в электронных лампах; в Т. катод устраивается закрытым с несколькими отверстиями, через к-рые и проходят электро-



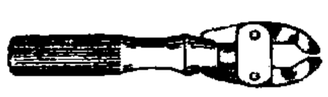
ны. Поэтому вместо обычной для открытых катодов отдачи порядка сотни mA на W в Т. горячий катод, окруженный тепловыми изоляцией и рефлекторами, дает ток более 1 А на каждый ватт. Действие Т. практически мгновенно: ионизация происходит в нем в течение ~10 *мск*, деионизация — нескольких сот *мск*. Наиболее частым применением Т. является использование его как управляемого выпрямителя переменного тока, причем управление происходит часто путем изменения фазы напряжения на аноде. На фигуре изображен Т. для тока силой до 64 А и напряжением до 15 kV. В СССР Т. выпускает з-д «Светлана» в Ленинграде. Особый тип Т., наполненных аргоном, разработан Центральной радиолабораторией Главэспрома.

ТИСКИ, приспособление для зажима обрабатываемого изделия и закрепления его на рабочем столе машины или верстаке или же для удержания в руках. Т. бывают трех типов: ручные, слесарные и машинные. Конструкция их проста и в основном состоит из двух губок: одной—подвижной, прижимаемой винтом или эксцентриком к другой неподвижной губке.



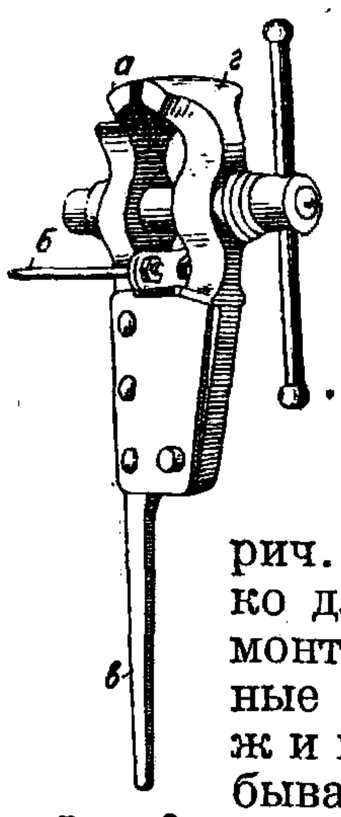
Фиг. 1.

Р у ч н ы е Т. состоят из двух губок, соединенных шарниром и стягиваемых зажимным винтом и гайкой (фиг. 1) или конусом, ввинчиваемым между качающихся щек (фиг. 2). Размеры их определяются длиною 80—260 *мм* щеки весом 0,13—5,2 *кг*.

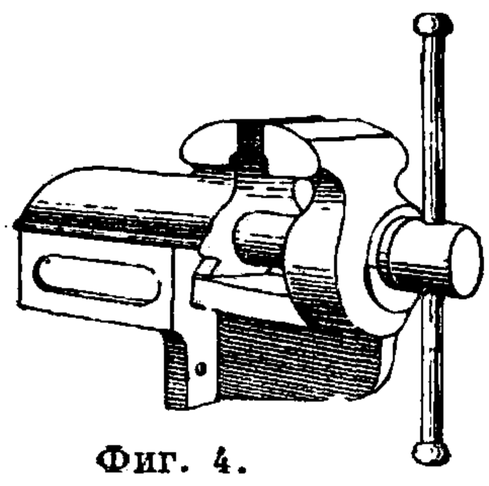


Фиг. 2.

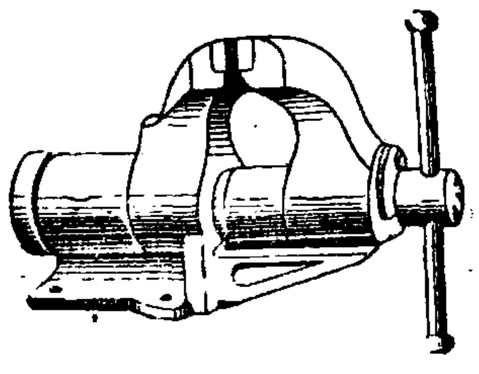
С л е с а р н ы е Т. всегда привертываются к верстаку и бывают: 1) с качательным движением щек, 2) с поступательным движением щек и 3) специальные—для зажатия труб. На фиг. 3 изображены Т. первого типа (кузнечные, или стуловые, Т.). Они состоят из неподвижной губы *а*, прикрепляемой к верстаку лапой *б* и опирающейся на пол хвостом *в*, и качающейся на шарнирном болте губы *г*. Осевое давление зажимного винта воспринимается подвижной щекой через сферич. шайбу. Эти Т. применяются только для грубой работы в кузнице, ремонтных мастерских и т. п. Слесарные Т. с п а р а л л е л ь н ы м з а ж и м о м (п а р а л л е л ь н ы е Т.) бывают двоякого рода в зависимости от того, выдвигается ли подвижная губа назад (фиг. 4) или вперед (фиг. 5). Т. первого типа удобнее тем, что рабочий всегда стоит на одном и том же расстоянии от Т. независимо от толщины зажимаемого изделия.



Фиг. 3.

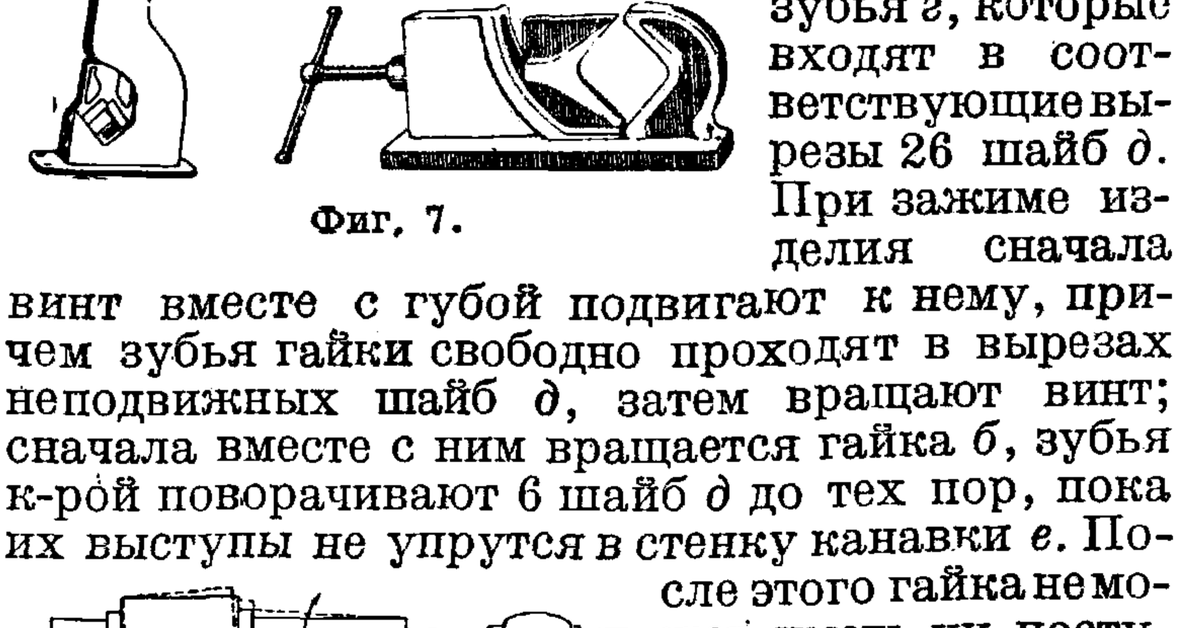


Фиг. 4.

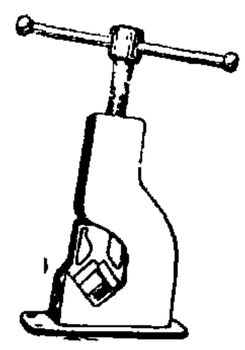


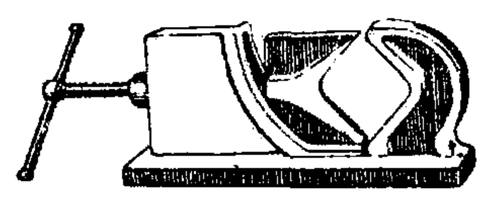
Фиг. 5.

Неподвижная губа отливается заодно с корпусом Т., к-рый имеет солидные направляющие для подвижной губы: у тисков первого типа в форме ласточкина хвоста, а у Т. второго типа в виде круглой или квадратной втулки, в к-рой ходит хвостовик подвижной губы. Винт связан с передней щекой, а гайка с задней у Т. обоих типов. Так как разжим губок иногда требует большого количества оборотов винта, а следовательно и времени, то применяются т. н. б ы с т р о з а ж и м а ю щ и е Т., разрез к-рых изображен на фиг. 6. Они выполняются с выдвигаемой вперед губой. Винт *а* своей прямоугольной резьбой входит в гайку *б*; чтобы он не мог вывинчиваться из нее, на нем закрепляется штифтом кольцо *в*. По наружному диам. гайка имеет зубья *г*, которые входят в соответствующие вырезы 26 шайб *д*. При зажиме изделия сначала винт вместе с губой подвигают к нему, причем зубья гайки свободно проходят в вырезах неподвижных шайб *д*, затем вращают винт; сначала вместе с ним вращается гайка *б*, зубья к-рой поворачивают 6 шайб *д* до тех пор, пока их выступы не упрутся в стенку канавки *е*. После этого гайка не может иметь ни поступательного, ни вращательного перемещения в виду смещения прорезей в шайбах; тогда в нее ввинчивается винт, и происходит зажим изделия. Аналогично происходит и разжим изделия: сначала винт вывинчивается из гайки, затем гайка поворачивается вместе с шайбами, и губа может быть отодвинута. Для зажима или разжатия изделия требуется примерно один оборот винта. Т. для труб м. б. причислены к параллельным Т.; на фиг. 7 изображены т. н. о т к р ы т ы е Т.: у них корпус с одной стороны сделан с вырезом, благодаря чему длинные трубы м. б. введены в Т. сбоку.

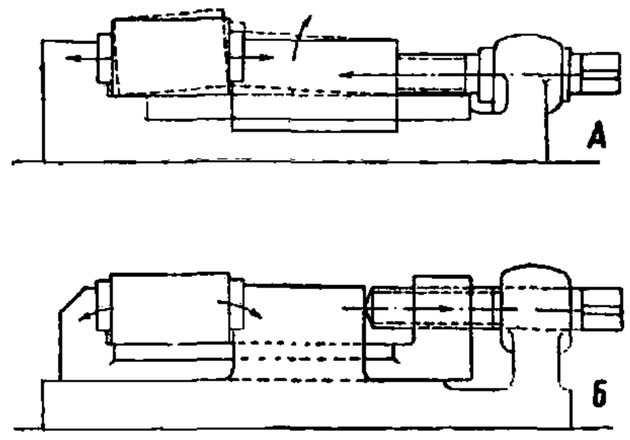


Фиг. 6.



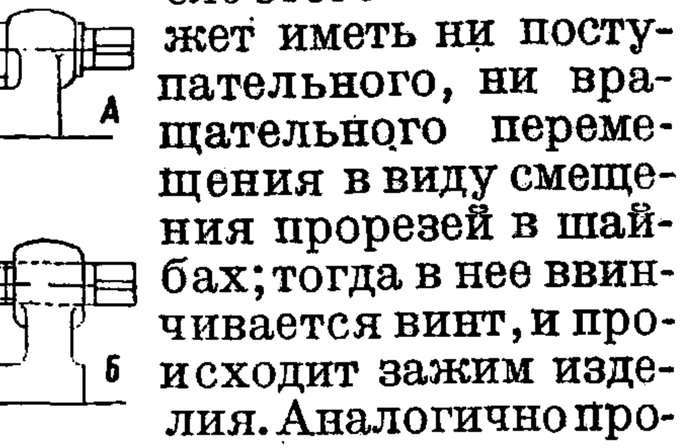


Фиг. 7.



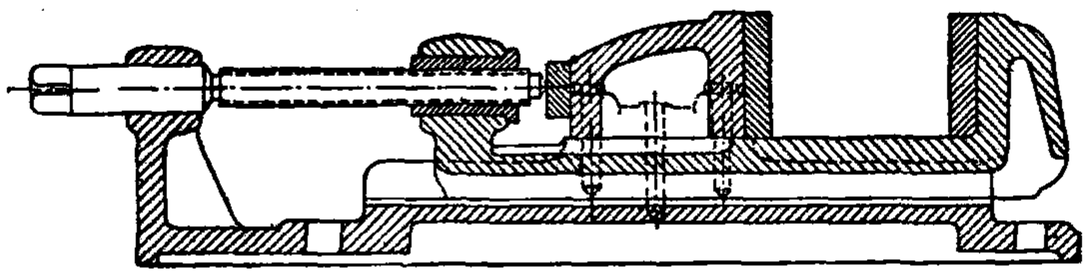
Фиг. 8.

М а ш и н н ы е Т. применяются при фрезеровании, сверлении и строгании небольших изделий и бывают простые, универсальные и специального назначения. Машинные Т. делаются двух родов: с нажимными (фиг. 8, А) и затяжными (фиг. 8, Б) щеками. Основным неудобством первых является неизбежный подъем подвижной губки после установки изделия под влиянием затяжки, вследствие чего оно поднимается с подпорки и нарушается правильность установки. У Т. второго типа изгибу щек вниз мешает жесткость нижней плиты Т. и скрепленного с ней стола станка. На фиг. 9 изображено конструктивное оформление машинных Т. первого типа, а на фиг. 10—второго. На



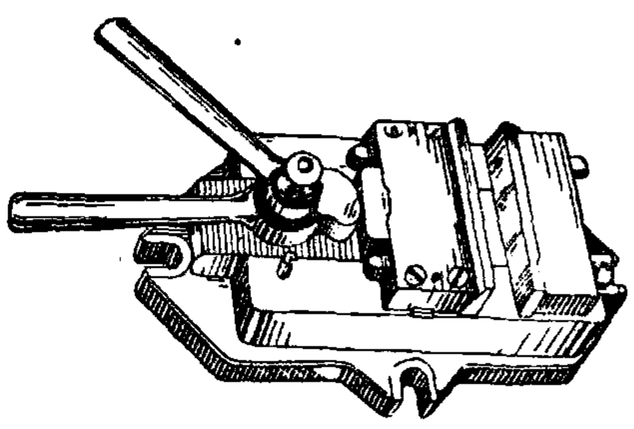
Фиг. 9.

фиг. 11 изображены Т. с зажимом помощью эксцентрика, связанного с рычагом и сидящего на пальце, закрепленном на затяжной



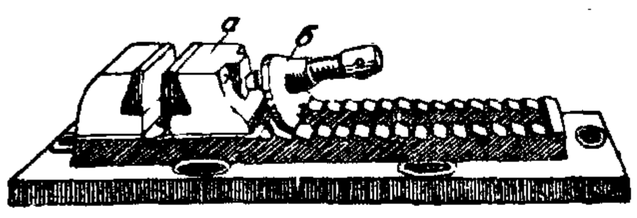
Фиг. 10.

щеке. Эксцентриковые Т. допускают лишь весьма небольшой диапазон зажатия и т. о. пригодны главным образом в условиях серийного производства. На фиг. 12 показаны быстро переставляемые тиски без винтового шпинделя; подвижная губа *а* и колодка *б* с гайкой нажимного винта перемещаются по Т-образному пазу вручную, и зажим производится после упора колодки в один из зубьев плиты.

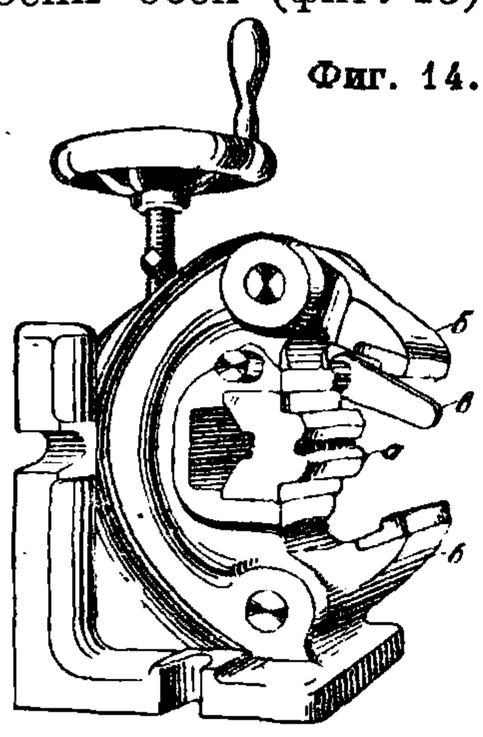


Фиг. 11.

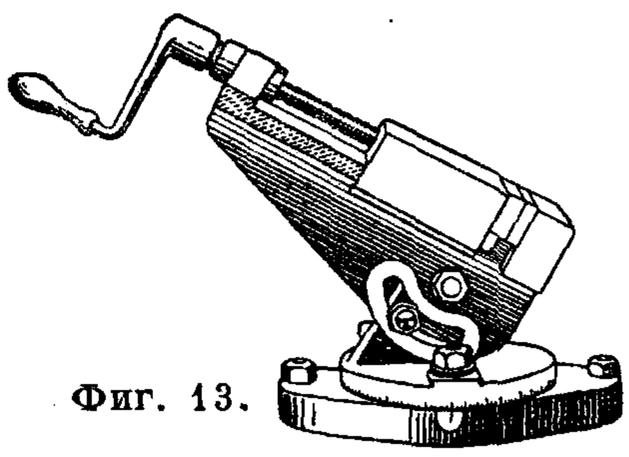
Универсальные машинные Т. отличаются от простых тем, что они имеют основную плиту, относительно которой Т. могут поворачиваться: вокруг одной вертикальной или горизонтальной или вокруг обеих осей (фиг. 13). На фиг. 14 изображены самоцентрирующие машинные Т. для зажимания валов. Т. имеют призму *а*, к которой изделие при-



Фиг. 12.

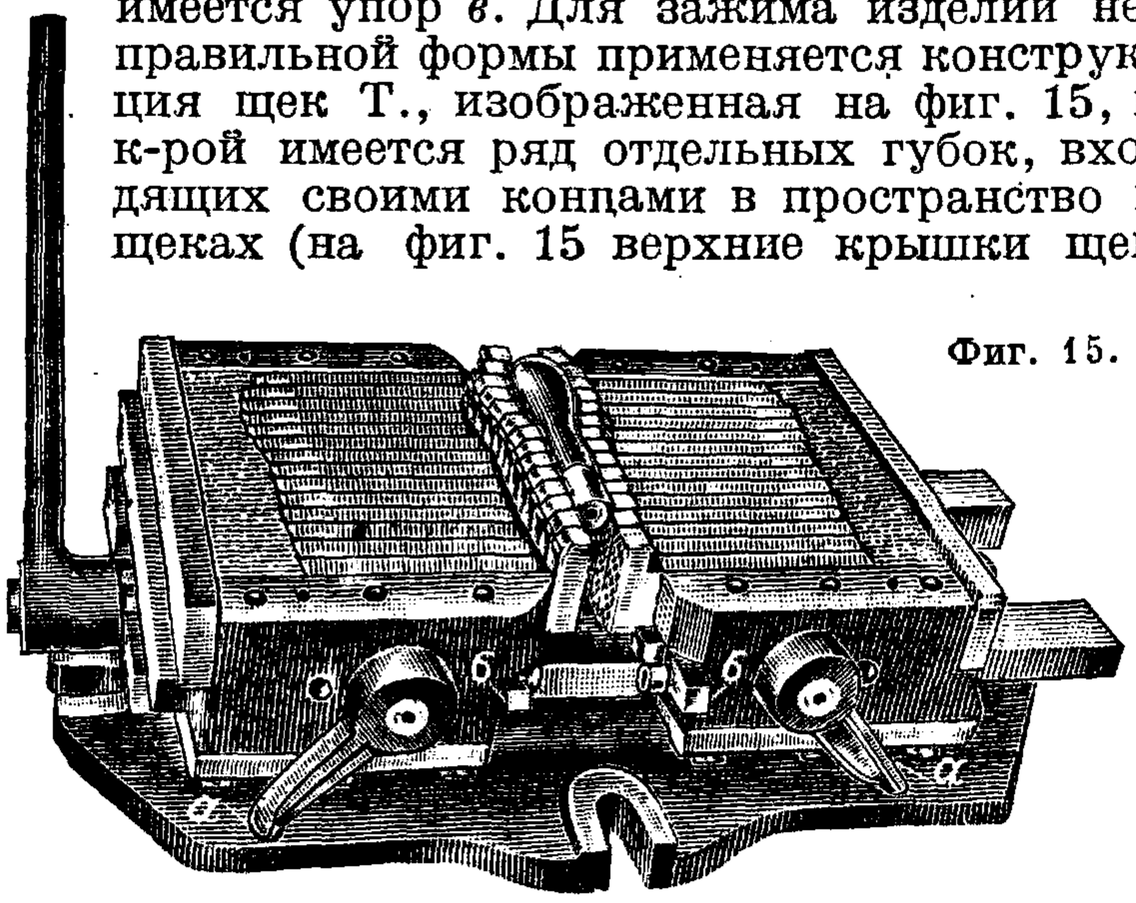


Фиг. 14.



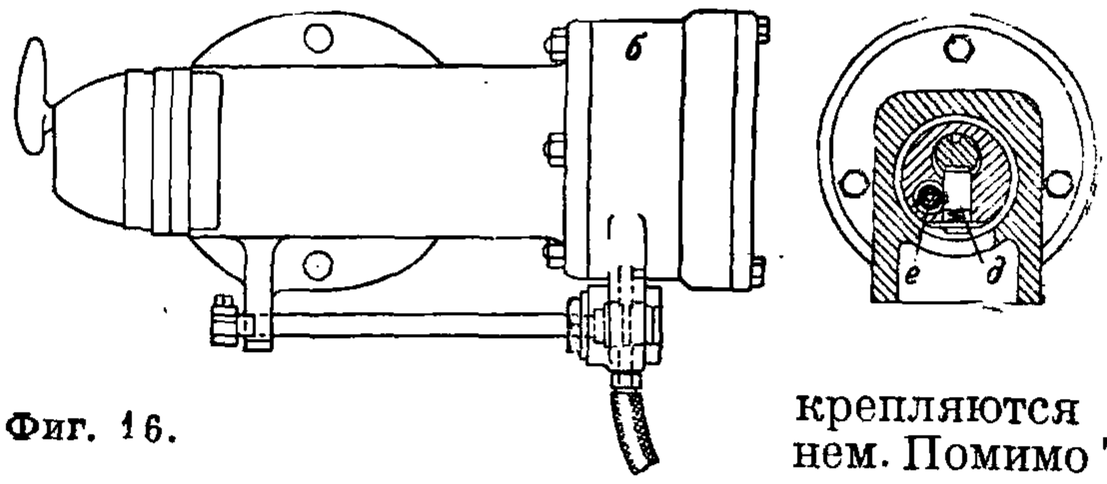
Фиг. 13.

жимается двумя качающимися губками *б*; для установки изделия в продольном направлении имеется упор *в*. Для зажима изделий неправильной формы применяется конструкция щек Т., изображенная на фиг. 15, в к-рой имеется ряд отдельных губок, входящих своими концами в пространство в щеках (на фиг. 15 верхние крышки щек



Фиг. 15.

сняты), заполненное т. н. механической жидкостью, т. е. мелкими стальными шариками. Благодаря наличию механич. жидкости отдельные губки устанавливаются по контуру изделия и надежно его зажимают. Этими же Т. можно работать как Т. с параллельными губками; для этого рычагами *аа* губки приводятся в параллельное положение и шпонками *бб* за-



Фиг. 16.

крепляются в нем. Помимо Т. с зажимом винтом или эксцентриком существуют как машинные, так и слесарные Т., где закрепление детали происходит сжатым воздухом: поршень *а* (фиг. 16), приводимый в движение сжатым воздухом, помещен в цилиндре *б* и через шток *в* перемещает подвижную щеку *г*. Для установки подвижной щеки шток поршня снабжен кремальерой, с к-рой сцепляется палец *д*, поднимаемый и опускаемый рычагом с валиком *е*.

Лит.: Мюллер О., Приспособления для холодной обработки металлов, перевод с немецкого, Москва, 1932, стр. 123—130; Гольденштейн К., Имеющиеся в продаже зажимные приспособления, «Труды общества германских инженеров производственников», т. 3, Режущий инструмент, перевод с немецкого, Москва, 1927; Compressed Air-Operated Vice, «Machinery», London, 1932, v. 40, *1025*.

М. Шестаков.

ТИСС, негной (Taxus baccata L., сем. Taxaceae), произрастающее в Европе, на Кавказе и Закавказьи, Гималаях, на Дальнем Востоке СССР, в Китае, Японии, США и Канаде дерево; достигает высоты 20 *м* при диам. до 100—130 *см*; обладает весьма густой и плотной кроной, спускающейся почти до земли. Ствол довольно сбежистый, покрыт в молодости гладкой красновато-серой корой, впоследствии отслаивающейся пластинками. Хвоя плоская, 20—30 *мм* длины и 2 *мм* ширины, с окончанием, вытянутым в острие, сверху темнозеленого цвета, снизу немного светлее, располагается спирально, но в силу смещения на побегах имеет вид двурядный. Хвоя Т. ядовита; ее долговечность 5—6 лет. Дерево двудомное. Возраст возмужалости Т. наступает в 30 лет. Цветет ранней весной, хотя мужские соцветия закладываются с осени; плоды—ложные костянки—созревают осенью в год цветения, шаровидной формы, сверху открытые. Семена в виде мелких орешков съедобны, всходят через 1—3 г. после посева. Т. размножается также отводками, черенками и дает обильную поросль, сохраняя до глубокого возраста способность порослеобразования. Т. отличается высокой долговечностью, до 2 000—3 000 лет, медленным ростом; очень теневынослив, предпочитает известковые плодородные, достаточно влажные почвы; выносит, особенно под пологом бука и других пород, очень низкие темп-ры; на Кавказе поднимается в горах до 1 500 *м* над уровнем моря. При сплошных рубках тиссовых древостоев естественного возобновления Т. не происходит, и в настоящее время эта порода вследствие ее хищнич. истребления является вымирающей. Древесина Т. тонкослойная, без смоляных хо-

дов, упругая и прочная, с красноватым ядром и белой узкой заболонью, прекрасно полируется, трудно колется, при протравливании с известью приобретает пунцово-фиолетовую окраску (к р а с н о е д е р е в о), от времени темнеет, становясь похожей на ч е р н о е д е р е в о. Объемный вес 0,72—0,84. По технич. свойствам древесина Т. обнаруживает повышенные качества по сравнению с таковыми всех хвойных пород, произрастающих в СССР.

Древесина Т. высоко ценится в столярном, токарном и граверном производствах, идет на отделку внутренних частей в кораблестроении. Т. образует чрезвычайно много мелких форм (48), используемых в декоративном садоводстве и озеленительных работах. Медленность роста Т. несмотря на исключительно высокие качества древесины этого дерева выводит эту породу из разряда лесных пород, переводя ее в разряд декоративных пород. В США и в Канаде встречается T. canadensis Wild. и T. brevifolia Nutt. (Тихоокеанский Т.). О физич. и механич. свойствах древесины Т. см. *Спр. ТЭ*, т. IV, стр. 36.

Лит.: С у к а ч е в В., Лесные породы, систематика, география и фитосоциология их, ч. 1, Хвойные, вып. 1, М., 1928; З а к л и н с к и й Н., Леса Абхазии, Л.—М., 1931; М е д в е д е в Я., Деревья и кустарники Кавказа, 3 изд., Тифлис, 1918; П е н ь к о в с к и й В., Деревья и кустарники как разводимые, так и дикорастущие в Европ. России, на Кавказе и в Сибири, ч. 1, Херсон, 1901. **Н. Кобранов.**

ТИТАН, Ti, химич. элемент четвертой группы периодич. системы (аналог циркония, гафния и тория). Ат. в. 47,90; порядковое число 22. Изотопы не выяснены окончательно. Элементарный Т.—парамагнитный металл уд. в. 4,49, серого цвета, напоминающий по внешнему виду сталь. На холоду он хрупок, при $t°$ красного каления ковок. В очень чистом виде он уже при обычной $t°$ отличается нек-рой вязкостью. Аморфный Т.—серо-черный порошок; $t°_{пл.}$ ок. 1 800°; при $t°$ вольтовой дуги Т. перегоняется. В виду большого сродства Т. к ряду элементов (см. ниже), в том числе напр. к углероду, алюминию и азоту, получить его в чистом виде можно лишь с большим трудом, напр. путем восстановления четыреххлористого Т. натрием:

$$TiCl_4+4Na=4NaCl+Ti.$$

В черной и цветной металлургии часто применяются (как раскислители и т. д.) сплавы Т. с железом (ферротитан, см. *Железосплавы*), медью и марганцем, получаемые путем восстановления двуокиси Т., напр. углем или алюминием в присутствии железа или соответствующих металлов. При низких $t°$ Т. на воздухе стоек. При красном калении он сгорает с образованием двуокиси при большом выделении тепла:

$$Ti+O_2=TiO_2 \quad +218\ Cal;$$

при $t°$ свыше 800° соединяется с азотом с образованием нитрида (образующегося поэтому и при горении титана на воздухе). С хлором соединяется уже при 300°, с фтором—при 150°. При высоких $t°$ соединяется с рядом металлоидов, причем образуются соединения, химически очень стойкие. Важнейшие из них: с и л и ц и д Т. $TiSi_2$, н и т р и д Т. TiN, к а р б и д Т. TiC и образующийся часто в доменных печах при плавке титанистых железных руд т. н. ц и а н о н и т р и д Т. Ti_5CN_4. Аморфный Т. легко абсорбирует водород (ок. 400 $см^3$ на 1 ч. Т.). С многочисленными металлами Т. образует сплавы, представляющие собой частично твердые растворы (напр. с железом) и частично соединения (например с алюминием). В кислотах Т. растворяется труднее, чем железо; в разбавленной соляной к-те напр. растворяется при нагревании с образованием треххлористого Т. $TiCl_3$. Азотная к-та окисляет Т. (как олово) с образованием нерастворимой м е т а т и т а н о в о й кислоты. Хорошо растворяется Т. и большинство нерастворимых его соединений в плавиковой кислоте. В соединениях Т. бывает двух-, трех- и четырехвалентным. Наименее стабильны соединения низшей степени валентности; за ними следуют соединения трехвалентного Т., к-рые также легко окисляются на воздухе до очень стабильных соединений четырехвалентного титана. В соединениях первых двух степеней валентности титан играет роль основания. Соли трехвалентного титана несколько напоминают по свойствам аналогичные соединения ванадия и хрома.

Т р е х о к и с ь Т. Ti_2O_3 получается в виде черного порошка при восстановлении двуокиси водородом. Т р е х х л о р и с т ы й Т. $TiCl_3$ получается при воздействии газообразного HCl при высоких $t°$ на металлич. Т. или при энергичном восстановлении растворов $TiCl_4$. В безводном виде это фиолетовый порошок, образующий с водой фиолетовые и зеленые гидраты и фиолетовый раствор. Является сильным восстановителем, на чем основано его применение в аналитич. практике и в текстильной пром-сти (беление). Аналогичными свойствами обладает с е р н о к и с л а я з а к и с ь титана $Ti_2(SO_4)_3$, получающаяся путем восстановления растворов двуокиси Т. в серной к-те; с щелочными сульфатами образует хорошо кристаллизующиеся двойные соли, в том числе и квасцы. Применяется как треххлористый Т. Д в у х х л о р и с т ы й Т. $TiCl_2$ получается при термич. расщеплении высших хлоридов Т.; на воздухе окисляется с воспламенением до двуокиси. Д в у о к и с ь Т. TiO_2 встречается в природе в виде минералов р у т и л а, б р у к и т а и а н а т а з а. В виде рутила применяется в керамической пром-сти. Для получения двуокиси Т. из и л ь м е н и т а (титанистого железняка) последний подвергают обычно при нагревании обработке конц. серной к-той. Образующиеся сульфаты железа и Т. выщелачиваются водой. Из раствора выделяют путем охлаждения главную массу сернокислого железа, а потом подвергают раствор гидролизу, во время к-рого выделяется водная двуокись Т. Последнюю тщательно отмывают и прокаливают. В патентной литературе описывается очень много других способов извлечения TiO_2 из ильменита. Из них следует здесь отметить: 1) сплавление руды с щелочными сульфидами, в результате которого получаются сернистые железо-натрий и щелочные титанаты, из которых кислотами выделяют TiO_2; 2) хлорирование руды (обычно в смеси с углем); получающийся $TiCl_4$ подвергается гидролизу; 3) хлорирование карбидов Т., получаемых путем нагревания в электрических печах смеси ильменита с углем. Двуокись титана добывается в относительно больших количествах, так как является исходным веществом для получения соединений титана и применяется непосредственно в малярном деле (см. *Белила*), где пользуются обычно смесями двуокиси Т. с сернокислым барием или кальцием, окисью цинка и т. д. Кроме того TiO_2 применяется как наполнитель в производстве резины и пластических масс, в керамич. и стекольной пром-стях и иногда как катализатор.

Двуокись Т. обладает амфотерными свойствами: она образует с щелочами титанаты, к-рые очень легко гидролизуются и поэтому трудно растворяются даже в растворах щелочей и карбонатов. Кристаллизованные титанаты не могут поэтому быть получены из растворов. Несколько сильнее выражены щелочные свойства двуокиси Т. С серной к-той Т. образует ряд продуктов общего состава $TiO_2 \cdot nSO_3 \cdot mH_2O$, из к-рых хорошо известен напр. сернокислый титанил $TiO \cdot SO_4$, в к-ром роль основания играет двухвалентный катион $TiO^{\cdot\cdot}$. Четыреххлористый Т. $TiCl_4$ получается при обработке хлором при высоких $t°$ двуокиси Т. или ильменита, лучше всего смешанных с углем; бесцветная, чрезвычайно гигроскопичная, сильно преломляющая свет жидкость уд. в. 1,75 с $t°_{кип.}$ 136°. На воздухе очень сильно дымит вследствие гидролиза паров с образованием TiO_2. Применяется вследствие этого в военном деле как дымообразователь (см. *Дымы и туманы*). Применяется также иногда как сырье для получения двуокиси Т. и в органич. синтезе как конденсирующее вещество. Т. образует ряд хорошо растворимых двойных солей с щавелевокислыми щелочами. Например щавелевокислый титан-калий $TiO(KC_2O_4)_2 \cdot 2H_2O$ и аналогичная соль аммония применяются в качестве протравы при крашении тканей, кожи и дерева. Для тех же целей применяется иногда хорошо растворяющийся и кристаллизующийся фтористый титан-калий $K_2TiF_6 \cdot H_2O$ или аналогичная соль аммония.

Содержание Т. в земной коре определяется цифрой 0,58%. Т., называемый иногда необоснованно «редким» элементом, т. о. является более распространенным, чем напр. хлор, фосфор или марганец. В природе Т. встречается всегда в виде двуокиси или ее производных (простых или сложных)—титанатов. Важнейшие промышленные минералы Т.: ильменит, рутил, титанистые железняки, в частности титаномагнетит. Весьма вероятно, что в СССР будет также иметь промышленное значение сфен (или титанит), титаносиликат кальция $CaTiSiO_5$, большие залежи которого найдены в Хибинской тундре. Сырьем для добычи двуокиси Т. могут возможно служить также и титанистые шлаки (до 40% TiO_2), получающиеся при выплавке чугуна из титаномагнетитов Урала. Следует также упомянуть: перовскит, титанат кальция $CaTiO_3$, псевдобрукит, титанат железа $Fe_4(TiO_4)$, брукит и анатаз, две модификации двуокиси титана TiO_2. Кроме того Т. входит в менее значительных количествах в состав многочисленных минералов, а в особенности содержащих ниобий, тантал, торий и редкие земли. Пахотная земля содержит в среднем 0,5% Т.

Лит.: Шеллер В. и Поуэлл А., Анализ минералов и руд, содержащих редкие элементы, Л., 1928; Мур Р., Химический анализ редких технических металлов, Л., 1931; Сырокомский В., Титан, «НИ», т. 3, Л., 1927; Тринклер Г., Титан, Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1925/26 г., Л., 1927; его же, Титан, там же, 1926/27 г., Л., 1928; Thornton W., Titanium, N. Y., 1927; Robinson A., Titanium, Dep. of Mines, Ottawa, Canada, 1922; Youngman E., Titanium, «U. S. Bureau of Mines», Wsh., 1930, Inform. Circular 6365; Youngman E., Deposits of Titanium Bearing Ores, ibid., 1930, Inform. Circ. 6366.

Е. Кронман.

ТИТАНИСТЫЕ РУДЫ, титансодержащие минералы, как то: рутил (TiO_2), ильменит ($FeTiO_3$), титаномагнетит ($FeTiO_3 \cdot Fe_3O_4$), сфен ($CaTiSiO_5$) и перовскит ($CaTiO_3$). Из всех этих минералов рутил, ильменит и титаномагнетит являются основными титанистыми рудами.

Рутил (см.) представляет собой двуокись титана; две другие модификации двуокиси титана — анатаз и брукит — встречаются значительно реже. Анатаз, бесцветный красный или синий минерал с металловидным блеском; твердость 5,5—6; уд. в. 3,8—3,95. Кристаллизуется так же, как рутил, в тетрагональный сингонин. Анатаз в последнее время применяется как детектор. Брукит, коричнево-красноватый минерал, кристаллизуется в ромбич. сингонин и представляет только минералогич. интерес. Ильменит содержит 40÷60% двуокиси титана. Иногда часть железа замещается магнием или марганцем. Цвет—от бурого до железночерного. Блеск полуметаллический. Твердость 5,5; уд. в. 4,5—5. Образует плотные массы, включения, зерна. Встречается в изверженных породах. Месторождения ильменита известны в Скандинавии, Северной Америке и в СССР на Урале. Вследствие высокого содержания титана ильменит применялся для изготовления нек-рых особо высокосортных сортов стали и чугуна. Кроме того он идет на изготовление титанистых белил, в настоящее время вытесняющих свинцовые и цинковые белила, и четыреххлористого титана, применяющегося в военном деле. Титаномагнетит, механич. смесь ильменита и магнитного железняка. Применяется так же, как и ильменит (см. *Титаномагнетиты*). Сфен, или титанит, с содержанием TiO_2 35÷40%. Цвет—коричневый, серый, зеленый. Блеск стеклянный. Твердость 5—5,5; уд. в. 3,4—3,6. Встречается в изверженных породах и в кристаллич. сланцах. Месторождения известны на Урале и в Хибинских горах. Практически интересных залежей в СССР пока не разведано. Перовскит—очень редкий минерал, встречающийся в контактах; единственное месторождение известно на Юж. Урале, в Чувашской степи, близ Златоуста. Твердость 5,5; уд. в. 3,9—4. Цвет черный или бурый. Блеск алмазный.

Лит.: Тринклер Г., Титан, Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1926/27 г. (имеется библиография); Сырокомский В., Титан, «НИ», т. 3, Л., 1927 (имеется библиография).

Н. Федоровский.

ТИТАНОМАГНЕТИТЫ, руды железа и титана, представляют собой механич. смеси двух минералов: магнетита (см. *Железные руды*), проросшего ильменитом (см. *Титанистые руды*). Содержание в них окиси титана сильно колеблется. Т. образуют неправильные массы или резко ограниченные полосы в основных породах (габброноритах). Месторождения Т. известны в Скандинавии, Финляндии, США, Канаде, Индии и в СССР (Урал и Карелия). На Урале известно большое число месторождений Т. Все они приурочены к полосе выходов основных пород на восточном склоне Урала. Наиболее значительные из них следующие: а) Кусинское месторождение с рудником Магнитным на р. Магнитке в Назямских горах. Руда залегает в виде жилообразной массы в габбровых породах. Запас руды по кат. A_2 4 930 тыс. *т*, по кат. A+B+C 60 000 тыс. *т*. В руде содержится 80,14% окиси железа, 15,88% двуокиси титана, 1,85% кремнекислоты, 0,84% окиси марганца, 0,48% окиси магния, 0,53% окиси кальция. В связи с условиями залегания, мощными запасами, большим содержанием двуокиси титана и возможностью одновременной эксплоатации с железными рудами данное месторождение—крупнейшее в мире. б) Первоуральское месторождение на горе Магнитной в 45 *км* к северу от Свердловска;

Т. образуют залежи среди габбровых и горнблендитовых пород. Запасы крупные—по кат. В+С 6 000 тыс. *т*, по кат. C_2 4 000 тыс. *т*; содержание закиси и окиси железа 80 ÷ 89,8%, двуокиси титана ок. 5,1%. в) Гора Качканар—одно из крупных месторождений Т. на Урале; в центральной части горы залегают жилообразные рудные тела среди габбровых пород; рудные тела вкраплены также и в окружающие гору породы. Разведанные запасы кат. В 1 000 тыс. *т*, кат. C_2 30 000 тыс. *т*. Руда содержит 2% двуокиси титана, 21 ÷ 59% железа, 0,02 ÷ 0,03% P_2O_5. г) Капанское месторождение в 12 *км* от ст. Тундуш Самаро-Златоустинской ж. д. с запасом по кат. В 1 500 тыс. *т*, по кат. С 4 500 тыс. *т*, по кат. C_2 10 000 тыс. *т*. Среднее содержание в руде: $FeO+Fe_2O_3$—51,5%, TiO_2—14,1%, P_2O_5—0,63%. Еще в недавнее время Т. почти не находили себе применения в пром-сти благодаря своей тугоплавкости. Руды железа, содержащие более 1% титана, металлургами 19 в. браковались. Но широкое распространение Т. и отсутствие в них серы, мышьяка и фосфора заставили обратить на них внимание. В самое последнее время на уральских з-дах произведены опытные плавки Т. в доменных печах, причем плавки эти проведены по двум способам: с применением как топлива соленого кокса (с введением в шихту известняка) и обыкновенного кокса (с введением в шихту доломита). Плавки прошли с положительным результатом. По первому способу получался хромованадиевый чугун и титанистый шлак, причем в шлак переходит до 95% титана, а в чугун—до 90% ванадия и хрома из находящихся в руде; шлак является искусственной богатой ванадиевой рудой (7÷10% пятиокиси ванадия); шлак кроме того содержит небольшое количество (2 ÷ 2,5%) окиси натрия. По второму способу получены чистые по сере чугуны (0,02 ÷ 0,03%) с содержанием фосфора в среднем 0,6 ÷ 0,8%, ванадия 0,5 ÷ 0,65%, хрома 0,7 ÷ 0,8%, титана 0,5 ÷ 0,6% и кремния 0,3 ÷ 0,7%. Шлаки содержали 25 ÷ 30% окиси титана, извести и магнезии в сумме 30 ÷ 35%. Чугун, выплавленный из титаномагнетитовых руд, будет перерабатываться в качественную бессемеровскую и мартеновскую хромованадиевую сталь, а шлаки—для извлечения окиси титана, изготовления титановых белил и для производства титанистого цемента.

Лит.: Сырокомский В., Титан и его соединения, «Материалы для изучения естественных производительных сил при Академии наук СССР», Л., 1926, *56*; Обручев В., Рудные месторождения, ч. 2, М.—Л., 1929; Федоровский Н., Проблема титаномагнетита, «Труды ин-та прикладной минералогии», М., 1932; его же, Рудо-минеральное сырье в черной металлургии, там же, М., 1933; Шманенков И., Плавка уральских титаномагнетитов, М.—Л., 1932. **Н. Федоровский.**

ТИТР в химическом анализе, см. *Анализ химический* и *Титрование*. Т. в технологии жиров, см. *Жиры и масла* и *Мыловарение*.

ТИТРОВАНИЕ, основной метод объемного количественного анализа (см. *Анализ химический*), заключающийся в приливании к определенному (отмеренному при помощи пипетки) количеству жидкости из калиброванной (разделенной на доли *см*³) бюретки точно количественно приготовленного титрованного раствора химич. реагента. Содержание этого реагента в одном *см*³ раствора называется титром раствора. Окончание Т. определяется чаще всего переменой окраски прибавляемого к титруемой жидкости *индикатора* (см.). В зависимости от объекта, подвергающегося исследованию, различают: ацидиметрическое, алкалиметрическое, оксидиметрическое, иодометрическое, манганометрическое, аргентометрическое и другие виды Т. Особый вид Т. представляет собою Т. по каплям (Tüpfelanalyse). Для определения константы диссоциации кислот и щелочей, растворимости солей, потенциалов электродов, окислительно-восстановительных потенциалов и других физико-химич. констант пользуются кондуктометрическим и потенциометрическим Т. (см. *Концентрация водородных ионов*). Для получения точных результатов нет необходимости пользоваться при Т. строгими титрованными растворами, например нормальным, децинормальным, сантинормальным и т. д. Можно производить Т. и эмпирическими растворами; в этих случаях количество вещества, содержащегося в использованном для Т. числе *см*³, приходится перечислять при помощи поправки, соответствующей данному раствору. Посуда и приборы, применяемые для Т. (бюретки, пипетки, измерительные колбы и т. д.), должны быть прокалиброваны и снабжены соответствующими поправками. Их объем всегда относится к определенной темп-ре; для других темп-р имеются таблицы поправок. Для точности отсчет титрованного раствора из бюретки производится по нижней касательной к мениску вытекающей из нее жидкости, причем при точной работе имеет существенное значение также и время, протекшее от момента истечения последней капли до момента отсчета по бюретке. Внутренняя задняя стенка бюретки часто снабжена цветной узкой полоской (полоса Шельбаха) на молочном стекле; благодаря параллаксу на этой полоске создается кажущееся заострение этой полоски сверху и снизу, к-рое и является меткой для отсчета при Т. вместо нижней касательной к мениску. При Т. непрозрачных жидкостей иногда пользуются разного типа поплавками, облегчающими отсчет уровня жидкости. При исследовании часто приходится пользоваться кривыми Т., в к-рых на одной из координат откладывается число прибавленных *см*³ раствора реагента, а на другой—соответствующая физико-химич. константа: концентрация водородных ионов, водородный показатель (P_H), окислительно-восстановительный потенциал или другие величины. Часто в этих случаях кривые обнаруживают скачки в своем ходе, по к-рым можно сделать важное заключение о совместном присутствии нескольких к-т в растворе, о постепенной диссоциации многоосновных к-т и т. п.

Лит.: Шилов Н., Объемный анализ, М., 1931; Тредвел Ф., Курс аналит. химии, т. 2, кн. 2—Объемный и газовый анализ, пер. с нем., 6 изд., М., 1931; Kolthoff I., Die konduktometrischen Titrationen, Dresden, 1923; Müller M., Die elektrometrische (potentiometrische) Massanalyse, 4 Aufl., Dresden, 1926; Kolthoff I. a. Furman N., Potentiometric Titration, N. Y., 1926. **Б. Беркенгейм.**

ТИФДРУК, немецкое название способа «глубокая печать», вошедшее в нашу полиграфич. терминологию рядом со словами гелиогравюра и меццо-тинто.

Т., так же как и гелиогравюра и меццо-тинто, является способом глубокой печати с медной гравюры, на к-рой печатное изображение лежит ниже уровня гладкой полированной поверхности печатной формы в виде микроскопич. квадратных углублений (колодцев) различной степени глубины.

Отличительная особенность и преимущество перед высокой и плоской печатью Т., как и предшествовавших ему глубоких способов пе-

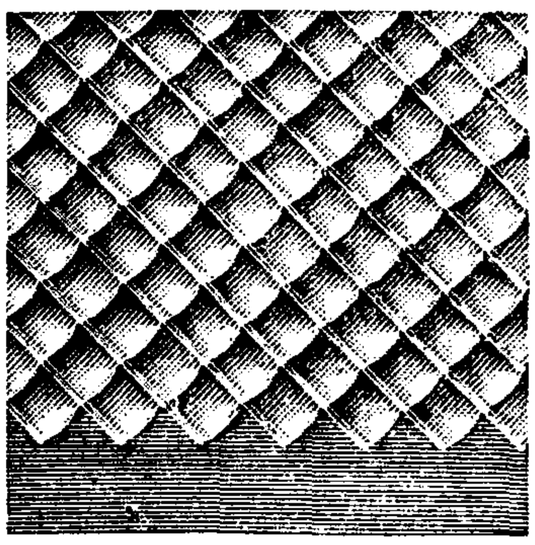
чати—офорт, гелиогравюра, меццо-тинто,—заключается в его способности передавать полутоновое изображение не как сочетание различной величины одинаковой плотности печатных элементов (точек растра, линий, штрихов, пунктиров, как в автотипии и гравюре на дереве), а как сочетание одинаковой величины, но различной плотности квадратиков. Вследствие этой особенности Т. имеет значительно большую разрешающую способность передавать на печатном оттиске полутоновое изображение. В процессе печати квадратики (колодцы) печатных элементов изображения на форме, будучи различной глубины, заполняются различным количеством жидкой краски. Проходя между резиновым печатным цилиндром и медным цилиндром печатной формы, бумага воспринимает на себя различной плотности наслоения краски.

Преимущества глубокой печати можно формулировать сл. обр.: 1) способ обеспечивает высокое качество; 2) стоимость $см^2$ иллюстрационной формы дешевле, чем клише; 3) высокая скорость и большая дешевизна ротационной иллюстрационной печати (отсутствие приправки, меньше приладки, меньше времени на смывку формы); 4) возможность использования для высококачественной печати более дешевых сортов бумаги; 5) стоимость печатных машин дешевле машин для других видов печати. Недостатки: 1) невозможность печатать со скоростью современной газетной печати; 2) отсутствие возможности быстрого и дешевого производства стереотипных форм при тиражах, превышающих 100 тыс.; 3) при преобладании текста на форме стоимость формы дороже типографско-цинкографской; 4) текст способом глубокой печати уступает в четкости типографскому способу печати.

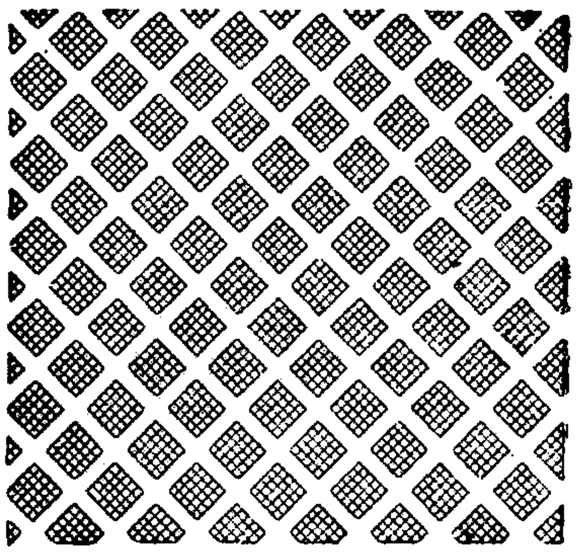
Процессы производства печатной формы для способа Т. 1) С оригиналов в камере производят полутоновые негативы. 2) После ретуши контактным путем или в камере же производят диапозитивы. Диапозитивы должны иметь перевернутый вид, поэтому для производства диапозитивов контактным путем негативы снимаются через призму. При производстве диапозитивов в камере негативы могут иметь нормальный—обратный вид, т. к. при проекции в камере негатив можно ставить не только эмульсионной стороной, но и стеклянной стороной к пластинке. 3) Текст воспроизводится в форме забронзированных черных оттисков со сверстанного набора на прозрачном листе целлофана или пелюра, иногда для текста применяют мокроколлодионный фотографич. процесс. 4) Оформленные диапозитивы текста и рисунков (ретушь, окантовка, обрезка по размеру и пр.) укрепляются по макету на зеркальное стекло в соответствующем порядке в форме т. н. монтажа. 5) Монтаж из рисунков и текста копируется на дневном или искусственном свету на очувствленную сатинированную пигментную бумагу в пневматич. копировальной раме. Очувствление производится в 3—4% растворе двухромокислого натрия в продолжение 2—3 минут при $t°$ раствора 10—20°. Сушка пигмента и его сатинировка производятся так же, как и обычная сатинировка бромосеребряных отпечатков на обезжиренном и тальком протертом зеркальном стекле. Продолжительность сушки при вентиляторе и $t°$ в 18° в сушильном шкафу или комнатке составляет в среднем $1^1/_2$—3 ч. 6) Копирование на пигментную бумагу производится 2 раза: сначала с растра, а потом с монтажа диапозитивов. 7) Откопированная пигментная бумага путем предварительного общего смачивания (мокрый способ) или постепенного смачивания в переводном станке (сухой способ) приглаживается или прикатывается к обезжиренному отполированному медному цилиндру. 8) От проявления в горячей воде (40—45°) бумажная подкладка отделяется от пигментного слоя, остающегося прилипшим к поверхности цилиндра. При дальнейшем проявлении в теплой воде происходит растворение желатины пигментного слоя и тем более и глубже там, где пигментный слой оказался наименее задубившимся. Т. о. наибольшему растворению подвергаются те части пигментного слоя, к-рые при копировании находились под наиболее непроницаемыми плотно зачерненными местами диапозитивов, и, наоборот, наименьшему растворению подвергаются части, пришедшиеся под наиболее прозрачные, наименее зачерненные места диапозитивов. Если принять наибольшую плотность диапозитивов по фотометру за 2,5, а наименьшую за 0,5, то на проявленном пигментном слое образуется рельеф, характеризующийся нек-рой кривой координаты от 0,5 через различные градации до 2,5. Характеристич. кривая проявленной пигментной копии зависит гл. обр. от характеристики кривой плотностей на диапозитивах. Медный цилиндр подвергается травлению при помощи полуторахлорного железа через проявленный и равномерно подсушенный пигментный слой. Процесс травления идет по ф-ле

$$Cu+2FeCl_3=CuCl_2+2\,FeCl_2.$$

Кривая рельефа травления на цилиндре находится в обратно пропорциональной зависимости от кривой рельефа проявленного пигментного слоя копии. Травление производится обычно четырьмя или пятью ваннами раствора хлорного железа (плотность растворов обычно 42, 40, 38, 36, 35 при $t°$ 16—18°). Проницая толщину пигментной желатины по принципу набухания и диффузии, хлорное железо производит травящее действие на медь. Чем больше времени ушло на травление плотными ваннами и меньше—жидкими, тем больше диапазон контраста между наиболее глубокими и наиболее мелкими частями на цилиндре, тем больше контраст между крайними пределами света и тени на печатном оттиске с данной формы. Глубина травления обычно не превышает 0,08 *мм*, поэтому для травления с нового оригинала использованный в печати цилиндр подвергается шлифованию и полированию. Толщина медного слоя на цилиндрах обычно ок. 1 *мм*. Сработанный слой меди можно снова нарастить электролитич. путем. На фиг. 1 и 2 даны микрофотографии (увеличение в 20 раз) с вытравленной тифдручной негативной формы (вид углубленных квадратиков-колодцев в тенях).

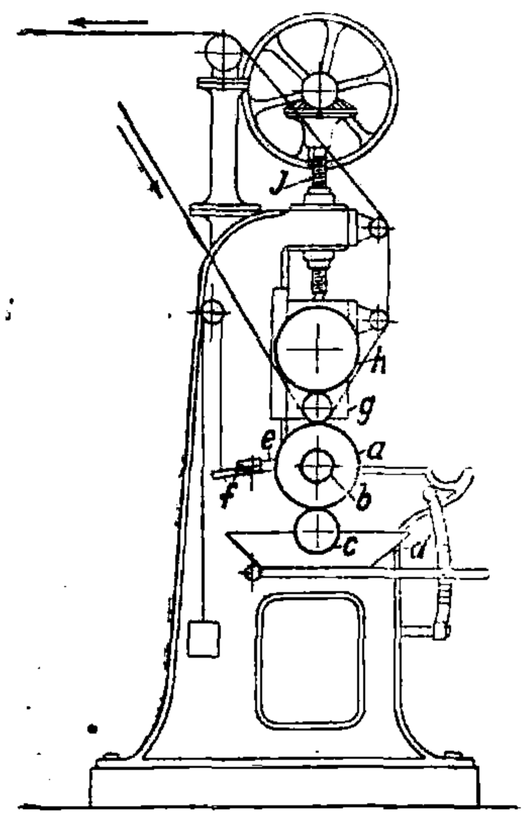


Фиг. 1.

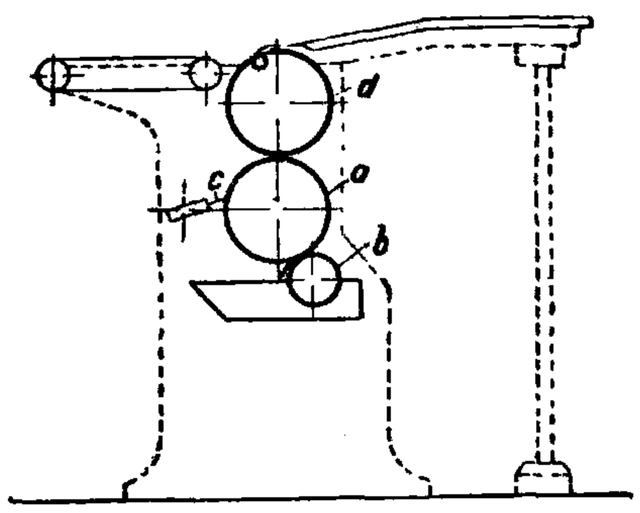


Фиг. 2.

Процесс печати Т. в принципе состоит в следующем: цилиндр обильно покрывается жидкой краской, состоящей из красителя, протертого каким-нибудь смолистым лаком и растворенного в бензине, бензоле, ксилоле или скипидаре. При вращении его полированная поверхность тщательно очищается от краски, оставляемой лишь в углублениях (колодцах различной глубины), с помощью эластичной тонкой стальной пластинки, называемой р а к л е м. Бумага ролевая или флатовая приводится в контакт с цилиндром при помощи специального резинового валика, контактируемого в свою очередь с печатным цилиндром, обусловливающим давление, необходимое для принятия краски из углублений формы. По принятии печатного оттиска с цилиндра бумага движется на сравнительно большое расстояние до приемки. На своем пути она обдается воздухом, и в приемке оттиск уже сухой. Современные машины делятся в основном на машины, печатающие с флатовой бумаги, и на машины,—с ролевой бумаги. Схематически машины, печатающие с ролевой бумаги, имеют в основных чертах следующий вид (фиг. 3). Цилиндр *a* движется на своей оси в оправе *b* и покрывается краской при помощи красочного валика *c*, вращающегося в корыте с жидкой краской *d*. Краска перед моментом печати снимается с полированной поверхности раклем *e*. Ракль держится в стальной оправе *f* и приходится в параллельном положении в отношении оси цилиндра и имеет небольшой наклон (20, 30°) вверх. Бумага проводится к цилиндру через ведущие ролики, резиновый ролик *g*, который состоит из стального стержня, покрытого твердой резиной. В контакте с этим роликом находится печатный цилиндр *h*, осуществляющий давление при помощи винтов *j*. Максимальная оборотоспособность современных ротационных машин 20 000 об/ч., однако в журнально-газетной печати осуществляется скорость лишь в 8—10 тыс. об/ч. с одного цилиндра, а для цветной высококачественной печати не больше 3 тыс. Машины, печатающие с флатовой бумаги, схематически можно представить в следующем виде (в общих чертах). На фиг. 4 медный цилиндр *a* вставлен в оправу. Краска на цилиндр наносится массовым валиком *b*, ракль *c* здесь, так же как и в машине для печати с ролевой бумаги, имеет параллельное положение к оси цилиндра. Давление ракля на поверхность цилиндра осуществляется регулирующими винтами или рычагами. Печатный цилиндр *d*, осуществляющий давление во время печати, покрыт резиновым полотном. Эксплоатационная способность машин, печатающих с флатовой бумаги, при ручной накладке в среднем 1 500 оттисков, а при самонакладке—до 5 000 оттисков в час. Однако даже при самонакладке для цветной печати средняя оптимальная скорость этих машин 2 000—3 000 в час. За последние годы Т. получил исключительно высокое развитие в пределах полиграфич. пром-сти. Его удельное значение продолжает возрастать с каждым годом как конкурента высокой печати.



Фиг. 3.



Фиг. 4.

Лит.: Е ф р е м о в С., Глубокая печать меццо-тинто, М.—Л., 1928; Л а у б е р т Ю., Фото-механические процессы, пер. с нем., М.—Л., 1931; «Deutscher Drucker», B., 1928, *12*; «Deutscher Drucker», B.; «Penroses Annual», L., 1926, *32*; «Process Engravors Monthly», L. **П. Мадор.**

ТКАНИ, текстильные изделия или фабрикаты, состоящие из одной или двух систем нитей, расположенных и соединенных (переплетенных) между собой различными способами для получения взаимной связи. Способы расположения и соединения между собой нитей, а также и способы производства Т. разнообразны. Т. предназначаются для удовлетворения троякого рода потребностей. 1) О д е ж д ы, нательной (нижнее белье) и верхней. Для нательной и верхней одежды находят применение волокнистые материалы всякого рода (шерсть, хлопок, лен, шелк натуральный и искусственный и т. п.). 2) Д о м а ш н и х п о т р е б н о с т е й (быта): занавески, столовое белье, одеяла и покровы всякого рода, предметы убранства жилищ, на что идут шерсть, пенька, лен, шелк, джут, хлопок и т. п. 3) Т е х н и ч е с к и х п о т р е б н о с т е й—брезенты, передаточные ремни, пожарные рукава, сита, прессовые салфетки, мешки, наконец простейшие предметы — канаты и веревки. На эти изделия идут волокнистые материалы всякого рода, преимущественно крепкие, хотя бы и грубые,—пенька, верблюжья шерсть, конский волос и т. п. Главнейшие или типичные группы следующие. 1) П л е т е н ы е и з д е л и я из одной системы нитей (прошивки, тесьма, кружева, нек-рые бахромные изделия и пр.). 2) Т ю л е в ы е и г а р д и н н ы е и з д е л и я: т ю л ь г л а д к и й (п р о с т о й), представляя прозрачную ткань, образуется из двух систем нитей; т ю л ь у з о р ч а т ы й (г а р д и н н ы й) образуется из нескольких систем нитей, при которых нити одной системы располагаются прямолинейно, нити другой системы (узорчатые) идут наклонно (зигзагообразно). 3) В я з а н ы е, и л и т р и к о т а ж н ы е, и з д е л и я образуются одной или несколькими нитями, идущими правильными петлеобразными рядами, один над другим так, что петли одного ряда входят в петли следующего ряда. Если ряды петель, образованные одной нитью, идут поперечно к краям изделия, то изделие называется у т о ч н о-в я з а л ь н ы м. Если же петли, образованные одной нитью, идут продольно и входят направо и налево в петли соседних нитей, то изделие называется о с н о в о-в я з а л ь н ы м. 4) С е т и образуются способом вязки нитей т. о., что нити, идущие диагонально, при пересечении своем с нитями другого направления связываются с последними при помощи особого рода узлов. Такой способ вязки применяется при изготовлении и более тонких изделий, напр. косынок, накидок и т. п., и называется филетовым или филейным (см. *Сети рыболовные* и *Вязально-трикотажное производство*). Т. в узком понятии называют изделия, к-рые получаются путем т к а н ь я. Всякого рода и вида Т., будучи изготовленной на ткацком станке, состоит из двух взаимно переплетающихся систем нитей—основы и утка (см. *Переплетение*

тканей). Основные нити определяют длину куска Т., а уточные нити—ширину. В виду того что всякого характера, рода и вида Т. существует громадное количество, для удобства их производства, учета, распределения, изучения и т. п. последние приходится подразделять—*классифицировать—по особым признакам*. Наиболее существенными (главными) признаками, по к-рым различаются между собою Т., являются следующие: 1) род материала пряжи, из к-рого Т. выработаны, и номера пряжи, 2) характер материала, 3) род переплетения, 4) плотность и другие признаки (вес, длина, ширина и т. п.), зависящие от четырех первых, 5) вид наружной поверхности Т. и характер ее отделки, 6) назначение Т. и т. д.

Т. по роду пряжи и виду волокнистого материала, из к-рого они изготовлены, подразделяются на: 1) хлопчатобумажные, 2) льняные, 3) пеньковые, 4) джутовые, 5) шерстяные (суконные и камвольные), 6) шелковые и 7) Т. из искусственных волокон. Они м. б. **чистые**, когда основа и уток состоят из одного волокнистого материала (напр. основа и уток—хлопок или шерсть), и **смешанные**, когда основа и уток состоят каждый из разных волокнистых материалов (основа—шерсть, а уток—хлопок, или наоборот). Цель изготовления смешанных Т. состоит гл. обр. в удешевлении их стоимости за счет введения в состав Т. одного рода пряжи (основы или утка) из более дешевого и другого рода пряжи из более дорогого волокнистого материала при условии сохранения надлежащего внешнего вида, а также и качества Т. Смешанные Т. обычно принято называть по названию того волокнистого материала пряжи, входящей в состав Т., к-рая является наиболее ценной в данной Т.; поэтому смешанные Т. подразделяются на **полульняные**, **полушерстяные** и **полушелковые**. За последнее время, в связи с экономией более ценных волокнистых материалов, начинает широко практиковаться способ производства Т. из пряжи, изготовляемой из смеси двух и более материалов, напр. из хлопка и шерсти, шерсти и угаров натурального и искусственного шелка. Такого рода Т. являются также смешанными и м. б. смешанными не только по волокну, входящему в состав каждого вида пряжи, но и по роду самой пряжи: В ткачество пряжа поступает или в том состоянии, как она получается из прядения (суровой—простой или крученой), или предварительно отбеленной, окрашенной, отделанной, фасонной и т. п. Суровым товаром, или суровьем, называют Т., поступившие с ткацкого станка; они обычно бывают грязноватого, серовато-желтого цвета, грубы и жестки наощупь, могут содержать в себе естественные и искусственные засорения, имеют матовую поверхность, мшистость от выступающих волокон и т. п. Единицей суровья (суровой Т.) считается кусок, длина к-рого различна для каждого рода Т. Суровые Т. различаются по ширине и длине, номеру пряжи, по своему весу, плотности, характеру переплетения, по применению особой пряжи для утка и основы (Т. ворсовые с начесом и угарные), по признаку их назначения и т. п. Суровье, выходящее с ткацких ф-к, в большинстве своем еще не является готовым продуктом, поступающим на рынок; чтобы придать суровым Т. надлежащий вид, чистоту, мягкость и прочие качества, они должны подвергнуться дальнейшей обработке различного рода, как то: белению, крашению, набивке, отделке и т. п. Изготовление Т. всех родов из пряжи, подвергнутой дальнейшей обработке (отбелка, крашение, набивка и т. п.), применяется при выработке пестротканых и готовых товаров, сработанных разными или одинаковыми по окраске основой и утком (туальденор, сарпинка, шотландка и т.п.) или просновкой основы и утка полосками пряжи других цветов (оксфорд, кретон, зефир, тик и т. п.), из набивной основы и сурового утка или набивного утка (ткани Шине), меланжевых, гл. обр. одежных, Т. из пряжи крашеного хлопка (сукна меланжевые), из пряжи, крашенной в шерсти и ленте гребенной шерсти, и т. п. Такого рода Т. относятся к лучшим по прочности и качеству сортам.

Все Т. в зависимости от конструкции своего переплетения подразделяются на следующие группы (см. *Переплетение тканей*). 1) **Гладкие** Т. Эту группу представляют Т. с простейшими видами переплетений (гроденаплевым, саржевым и атласным), т. н. гладкого, или главного, класса переплетений. Т. этой группы несложны по своей конструкции и названы гладкими потому, что их поверхность не выявляет б. или м. заметного рисунка переплетения. Класс переплетений, об'единяющий данную группу Т., назван еще главным в виду того, что громадное число Т., входящих в другие группы, является по сути дела видоизменениями или усложнениями трех указанных представителей Т. гладкой группы. Гладкие ткани представляют главную массу наиболее вырабатываемых и употребляемых тканей всех родов с присвоенными им собственными произвольными наименованиями. 2) **Мелкоузорчатые**, или **армюрные**, Т. Эта группа включает в себя самое большое количество всевозможных видов и родов Т. (с присвоенными им собственными и произвольными наименованиями), поверхность к-рых представляет собой мелкие узоры в виде бороздок, прямоугольничков, клеток и т. п. 3) **Сложные** Т. Эта группа объединяет ткани со сложными конструкциями переплетений. Т. этой группы (с присвоенными им собственными и произвольными наименованиями) могут иметь поверхность, выявляемую переплетением, начиная от гладкой, мелкоузорчатой и крупноузорчатой (жаккардовой) и кончая различными однотонными и цветными эффектами в виде ворса, петель, вышивок и т. п. Наиболее типичными представителями данной группы являются ткани двойные, многослойные, ворсовые или бархатные, махровые, газовые или барежевые и т. п. 4) Эту группу составляют Т. крупноузорчатые (жаккардовые), включающие в себя Т., имеющие крупный тканый узор, выполненный с помощью машины Жаккарда.

По своей плотности Т. подразделяется на три группы: редкие, средней плотности и плотные сорта, или густой плотности (число нитей на 1 *см*, 1 дм. и т. п.). Плотность различается по основе и утку. При правильной выработке Т. плотность последней бывает одинаковой на протяжении всего куска. От плотности и толщины нитей — номера основы и утка — зависит степень прозрачности Т. Соответственно перемене плотности происходит изменение прочности и качества или добротности Т. Плотность не всегда одинакова во всех видах, группах и сортах Т., она применяется в зависимости от материала—пряжи, ее номера, сортов, назначения Т. и т. п. Т. вырабатываются в виде **ординар-**

ных, двойных и тройных кусков в зависимости от того, какую длину Т., учитывая ширину, номер пряжи и т. п., позволяет накатывать на себя товарный валик ткацкого станка при выработке Т. Хл.-бум. Т. в зависимости от ассортимента имеют обычно ширину в готовом виде 60—80 *см*, а длину куска 35—42 *м*; для одежных Т. ширина доходит до 142 *см*.

Ширина готовой льняной Т. бывает 80—84 *см* при длине куска в 35,5 *м*. Грубошерстные Т. суконные при ширине Т. в 133 *см* длину куска имеют в 35 *м*; триковые при ширине 133—142 *см*—длину куска в 35 *м*; драповые при ширине 142 *см*—длину куска в 35 *м*. Тонкошерстяные камвольные Т. имеют ширину 86—142 *см* при длине куска в 40 *м*. Шелковые Т.—узкие имеют ширину 51—52 *см* и широкие 105—107 *см*; длина куска 30—40 *м*. По весу Т. распределяются обычно на три группы: легкие, средние и тяжелые. Для определения веса одной квадратной единицы Т. путем расчета нужно иметь данные о плотности Т. по основе и утку, о номере пряжи, степени уработки и усадки. Вес Т. является характерным признаком, имеющим большое значение в двух направлениях: 1) он указывает на количество материала (пряжи), затраченного на Т. определенного размера, и при прочих равных условиях дает возможность судить о ее достоинствах, стоимости и т. п. и 2) является показателем для выбора одежды, когда Т. служит материалом для последней. Существенным признаком является наружный вид Т., к-рый зависит от отделки (аппретуры, отбелки, окраски и набивки), а также от того, остается ли поверхность Т. открытой, т. ч. видно переплетение отдельных нитей основы и утка, или она покрыта начесом (ворсована), напр. в бумазее, байке и других Т., или покрыта стоячим ворсом (бархат, плис, нек-рые сорта ковров и т. п.), или же Т. подверглись валке (сукно и т. п.).

Хлопчатобумажные ткани. Вследствие разнообразного своего назначения (белье, платье, одежда, предметы быта, технич. нужды и т. п.) хлопчатобумажные Т. вырабатываются в большом ассортименте по сравнению с льняными, шерстяными и другими тканями, и производство их занимает первое место. Все хлопчато-бумажные Т., выпускаемые фабриками в СССР, подразделяются для удобства распределения и учета по определенным признакам на следующие группы и подгруппы (сюда входят 430 стандартных сортов): 1) ситцевая, 2) бязевая, 3) бельевая: а) бязевая подгруппа, б) миткалевая подгруппа, в) специальная подгруппа, 4) сатиновая, 5) плательная: а) демисезонная подгруппа, б) летняя, 6) одежная: а) гладкокрашеная подгруппа, б) набивная подгруппа, в) меланжевая и пестротканая подгруппы, г) зимняя подгруппа, 7) подкладочная, 8) пестротканая, 9) специальная, 10) восточная, 11) ворсовая, 12) суровая, 13) платочная, 14) штучная. Преобладающими переплетениями при производстве хл.-бум. Т. являются гладкие переплетения (гроденаплевое, саржевое и атласное). Т. с другими видами переплетений в настоящее время составляют очень незначительную часть производства. С переплетениями гладкого класса вырабатывается главная масса всех хл.-бум. Т. В этом отношении на первом месте стоит миткаль. Соответствующие сорта миткаля после требуемой отделки, напр. отбелки, выпускаются как бельевая Т. под названием мадеполам, муслин, нансук, батист, шифон и т. п., после набивки и крашения миткали выходят под названием ситца, головных набивных платков и т. п. Бязь в отбеленном виде предназначается как простынная и бельевая Т.; набивная и гладкокрашеная—как плательная, рубашечная и т. п. Сатины набивные и гладкокрашеные имеют широкое применение; из отделки выходят со своим собственным наименованием. Ткани саржевого переплетения выпускаются набивные и гладкого крашения, как плательная, подкладочная и рукавная ткани; саржевая ткань с начесом идет под названием бумазеи набивной и гладкого крашения, предназначаемой на платье, подкладку и т. п.

Шерстяные Т. В отношении своего значения применительно к одежде за шерстяными Т. остается такое же первенствующее положение, как и за хл.-бум. Т. Но по своему разнообразию и числу сортов, по количеству вырабатываемой продукции и стоимости, потреблению и т. п. шерстяные Т. занимают следующее место за хл.-бум. Т. Шерстяные Т., равно как и хл.-бум., подразделяются также на соответствующие группы и классы. В основу классификации шерстяных Т. прежде всего кладется производственный признак, гл. обр. способ прядения пряжи, из к-рой сработана Т., и его особенности, а также признак качества шерсти. А затем классификация шерстяных Т. идет по группам назначения—применения. По способу прядения все шерстяные Т. подразделяются на следующие три группы, или класса: 1) класс суконных Т., в который входят Т., сработанные из пряжи аппаратного прядения, 2) класс камвольных Т., включающих в себя Т. из пряжи камвольного прядения, 3) класс комбинированных Т., содержащий в себе Т., сработанные одновременно из пряж аппаратной и камвольной. Суконные Т. в свою очередь подразделяются на два вида: 1) тонкосуконные, сработанные из тонкой мериносовой, метисной и высших сортов грубой шерсти (мягкие сукна, трико и драпы), и 2) грубосуконные, сработанные из грубой шерсти (грубое сукно, байка, бобрик). Т. из пряжи камвольного прядения подразделяются на 3 подкласса: 1) камвольные Т. из пряжи франц. прядения, 2) камвольные Т. из пряжи англ. прядения и 3) Т. из пряжи полукамвольного прядения. Каждый класс и подкласс подразделяются в зависимости от состава пряжи на 3 вида Т.: чистошерстяные, полушерстяные и смешанные. Отличительной особенностью Т. суконного класса является сильная увалка их и присутствие на их поверхности б. или м. плотно свалянного слоя волокон, к-рый вполне или отчасти закрывает переплетение нитей в Т. Разница между грубо- и тонкосуконными Т. состоит как в качестве шерсти и мягкости Т., так и в их весе. Суконные Т. вырабатываются гроденаплевым (суконным) переплетением из пряжи, отличающейся мшистостью, неровностью и сравнительно слабым кручением. Номера пряжи для различных сортов сукон неодинаковы, они находятся в зависимости от вырабатываемого сорта сукна. Сукна красятся и в шерсти и в ткани. Суровая суконная Т. не похожа на готовое сукно; она тоньше, шире, не имеет ворса, в ней видны нити основы и утка. Сукно при отделке подвергается целому ряду операций: мытью, карбонизации, промывке, сушке и валянью. Из Т. суконного класса первое место занимает сукно, затем идут драпы, байки, касторы и т. п. Камвольные Т. по назначению подразделяются на следующие

группы: группа плательная шерстяная, группа плательная полушерстяная, группа костюмная, группа подкладочная (полушерстяная) и платки. В группе камвольных тканей наиболее употребительными переплетениями являются саржевое, диагональ и др. Из группы плательных шерстяных Т. следует отметить рень, вырабатываемую из саксонской основы и утка 40/1; муслин—из саксонской шерсти основы 51/1 и утка 64/1. К костюмным дамским Т. принадлежит габардин: шерсть саксонская, основа 70/2 и уток 40/1. Из группы костюмных мужских является коверкот, из основы—шерсть саксонская мулине 52/2 и утка—шерсть саксонская цветная 24/1, и т. п.

Льняные и пеньковые Т. Среди льняных первое место занимает полотно—Т. гроденаплевого переплетения, к-рая вырабатывается различной ширины, плотности и № пряжи. По своему виду полотно подразделяется на суровое, полубелое и белое. Из наиболее ценных полотен по своим качествам считается голландское полотно и ярославские полотна; к более толстым полотнам относятся фламское и холст. Из переплетений в льняных Т. применяются гл. обр. гроденаплевое (полотняное), жаккардовое и махровое. С жаккардовым переплетением вырабатываются гл. обр. скатерти, салфетки, полотенца (штучный товар), а махровым переплетением—купальные простыни и полотенца. Кроме того льняные Т. имеют одежные сорта (коломенка суровая, вареная, полубелая и белая; рогожка суровая и вареная, полубелая и белая; сарпинка пестротканая; полотно цветное и т. п.). Из мебельных Т. следует отметить тик матрацный, чехольную Т. К грубым сортам льняных и пеньковых Т. относится мешковая и паковочная Т.

Шелковые Т. Благодаря высоким природным свойствам шелка при изготовлении шелковых Т. применяются почти все виды переплетений, начиная от простых и кончая сложноузорчатыми, за исключением переплетений, не свойственных шелковым Т. Разнообразие сортов шелковых Т. вызывается теми же основными причинами, о к-рых было сказано много раз. По материалам шелковые Т. подразделяются на чистые и смешанные. Чистые шелковые Т. в свою очередь подразделяются на 2 главных сорта: на Т., изготовляемые из сырцовых шелковых греж, и Т., изготовляемые из крученого шелка. Это подразделение Т. дает возможность вырабатывать их в различных сортах и по различным ценам. Шелковые Т. красятся полотном и шелком. Высшие сорта шелковых Т. изготовляются преимущественно из шелка крученого, предварительно вареного и окрашенного. Из шелковых Т. с гроденаплевым (тафтяным) переплетением известны: тафта, чесуча, канаус, фай, фанза; с атласным переплетением—разнообразные либерти, атласы и сатины; с ворсовым переплетением—плюш и бархат. Из типа Т. саржевого переплетения известны саржа подкладочная, радоме, сюра; из жаккардовых—дама. По шелковым Т. в настоящее время установлена также номенклатура, регулирующая выработку Т. по определенным сортам и техническим или заправочным данным.

Угарные Т. Проблема замены натуральных волокнистых материалов, в частности хлопка, более дешевыми суррогатами возникла давно, с момента начала крупного бумагопрядильного производства. Недостаток основного вида сырья (хлопка) поставил перед бумагопрядильным производством вопрос полной утилизации угаров в пряжу и выработки из этой пряжи ткани соответствующих видов или типов. Т., сработанные из пряжи, изготовленной из хлопковых угаров, угаров с примесью хлопка или других текстильных материалов в их натуральном виде, называются угарными. В том случае, когда к угарам или хлопку прибавляют шерсть, сработанную пряжу и Т. называют вигоневыми. Нередко угары или хлопок в крашеном виде смешивают с некрашеными угарами или хлопком, и вырабатываемую пряжу и Т. называют меланж. Одновременно с этим передтекстильной пром-стью встал также вопрос об утилизации шелковых, льняных и шерстяных угаров, дешевой шерсти и т. п. Т., сработанные из угарной пряжи, представляют довольно значительную группу одежных Т. Эта группа играет значительную роль, заменяя собой дорого стоящие шерстяные ткани, используя низкие сорта хлопка и угаров. Выработка этого типа ткани достигла большого совершенства, приближая их по виду к шерстяным. Т. этого типа вырабатываются из ровных номеров основы (24; 16/2; 32; 32/2) и низких номеров утка (3,5; 6; 8; 10; 12); они очень плотны, обычно саржевого, диагонального или сатинового переплетения. Наиболее ходовыми Т. являются: бумажные сукна; тяжелые одежные молескины, сработанные из цветной пряжи серого или темносерого цвета, получаемого при смешивании хлопка или угаров, окрашенных в черный цвет с бо́льшим или меньшим количеством неокрашенных угаров или хлопка; одежноплательные (фланели с двусторонним начесом, крашеные бумазеи с односторонним начесом, крашеные и набивные двусторонние буксины и т. п.); Т., сработанные дешевым угарным утком; бумазеи и диагональ угарные, колумбия, вигонь, сукно-вигонь угарное, трико брючное и т. п. Наиболее типичные сорта этой группы вырабатываются сл. образом: диагональ из разных номеров пряжи основы и утка: основа 24 и уток 20 или основа 24 и уток 6, в гладком крашении, костюмная и одежная Т. Сукно вигоневое—из основы 24 и вигоневого утка 9; молескин сукно угарное—из основы 24 и 6 или утка 8. Бумазея—основа 24 и уток 8, саржевого переплетения, начесана с изнанки, фланель—из основы 24 и утка 4, начесана с двух сторон, набивная. Из шелковых угарных Т. следует упомянуть Т., изготовленные из пряжи бурдесуа или шапп, сработанной из брака шелковых коконов и разных шелковых угаров. Вследствие высоких природных качеств шелка Т., сработанные из угарной пряжи, также очень высокого качества. Угарная пряжа поступает в ткачество в двух видах: крученом и некрученом; первая называется бурдесуа, а некрученая—шапп. Т., выработанные из угарных основы и утка или только одним угарным утком, следующие: полотно—из основы бурдесуа 200/2 суровой и утка бурдесуа 200/2 сурового, кашемир—из основы гренадин 28/30 и утка бурдесуа 200/2; сатин—основа 28/30 крашеная привесная и уток бурдесуа 200/2 крашеный привесной. Флорентин—основа грежа 13/15 сырец, уток бурдесуа 200/2 суровый.

Штучные Т. представляют собой довольно большое разнообразие всевозможных хл.-бум., льняных, шерстяных и шелковых Т., составляющих группу штучных изделий, в к-рую входят носовые и головные платки, простыни и полотенца, скатерти и салфетки, одеяла и пле-

ды и т. п. Тканые изделия этой группы вырабатываются различными переплетениями (гроденаплевым, саржевым, атласным, мелкоузорчатым, сложным и жаккардовым); в суровом, отбеленном, цветном и набивном видах, с каймами и бахромой, различных размеров—длины и ширины. Изготовление штучных Т. производится в двух видах: 1) из специальных сортов суровья и 2) в виде определенных изделий. Из хл.-бум. штучных Т. главное место занимают головные платки. Головные платки (набивные) вырабатываются из миткаля шириною 89; 95,5; 100; 106,5; 124 *см* в суровье при № 32 основы и № 38 утка с плотностью основы 52, 64, 72, 80 и утка 48, 64, 72 и 80 нитей на 1 дм. Полотенечная Т. вафельная (отбельная) вырабатывается из суровья в 64,5 и 49,5 *см* ширины, из основы № 24 и утка № 8 при плотности 62 и 58,5 нитей по основе и 42 и 48 по утку на 1 дм. Бязь отбельная простынная изготовляется из бязи в 142 и 172 *см* шириной в суровье, из № 24 по основе и № 16 по утку, при основной плотности 64 и уточной 60 нитей на 1 дм. Одеяла как самостоятельная Т. вырабатываются байковые с каймой и без каймы, пикейные и т. п. длиной и шириной в готовом товаре 200×140 *см* из пряжи—по основе № 32 и утку № 38 и 3 при различной плотности. Наиболее разнообразный ассортимент штучных Т. представляют льняные изделия; из них скатерти и салфетки цветные вырабатываются из пряжи—основа № 20, 24, 30 и утка № 20, 24, 36, при основной плотности 40, 45, 55 и уточной—45, 50, 65 нитей на 1 дм. С такими же расчетами вырабатываются скатерти и салфетки белые, подножные, скатерти и салфетки белые камчатные. Полотенца махровые длиной 1,78 *м*, шириной 47 *см*, вырабатываются из пряжи—основа № 24/2 бумажная и 24/2 льняная, уток № 3 льняной, при плотности по основе 22 нити в первом случае и 44—во втором и утка 55 нитей и т. п. Из шерстяных штучных Т. следует отметить шерстяные платки под набивку: Т. для платков вырабатывается кашемировым переплетением при ширине готовой Т. в 83, 98 и 152 *см*, из основы—шерсть саксонская № 45/1 при плотности основы на 1 *см* 20,0; 19,2 и 19,0 нитей. Из утка—шерсть саксонская № 50/1 при плотности на 1 *см* 22,0 нити и т. п.

Т. специального назначения—см. *Ткань техническая*.

Около 40 лет назад перед текстильной пром-стью выдвинулся новый вопрос—о производстве из дерева (целлюлозы—клетчатки) пряжи и Т. взамен хлопка, льна, джута и других волокон. Эта проблема большого экономич. значения и производственного интереса уже решена положительно и практически. Наука и техника выработали два главных типа методов получения пряжи и Т. из клетчатки: 1) растворение целлюлозы или ее производных в разных жидкостях и вытягивание нити, осушая растворы, и 2) прядение узких полосок бумаги, полученных на писчебумажной самочерпательной машине, полученных не обрезом, а формированием на этой же машине. Первый метод дал блестящие результаты: получилось волокно, названное искусственным шелком, довольно крепкое, красивое и блестящее. Второй метод дал хорошие результаты и дает большие надежды. По этому методу получился новый вид пряжи и Т.—бумажномассные Т.

Т. из искусственного шелка. На производство Т. из искусственного шелка идут следующие виды этого шелка: шелк шардоне, медно-аммиачный, вискозный и ацетатный шелка. По степени распространения и применения на первом месте стоит вискозный шелк. В настоящее время ткани из искусственного шелка стали доступны в такой же степени, как из хлопка, шерсти и т. п. Производство Т. из искусственного шелка получило довольно широкое развитие. Искусственный шелк сравнительно мало эластичен, Т. из него благодаря гладкой поверхности не задерживают пыль и долго остаются чистыми, что указывает на необходимость выбора искусственного шелка, соответствующего назначению Т. Из искусственного шелка вырабатываются Т. как в чистом своем виде, так и в сочетании с натуральным шелком, хлопком и шерстью; в чистом виде вырабатываются всякого вида подкладочные Т. для пальто, рукавов, головных уборов; он служит также материалом для выработки мебельных Т. большой плотности типа «дамасе», к-рые идут для занавесей и обивки мебели. Искусственный шелк в соединении с хлопком применяется в жаккардовых хл.-бум. Т. с крупным узором в виде утка; в виде утка искусственный шелк также применяют при выработке Т. типа крепа и др. Кроме того целый ряд хл.-бум. Т. с рисунками в полоску по основе вырабатывается с просновками этих полос рисунка также из искусственного шелка. Блеск искусственного шелка в соединении с тусклым волокном хлопка создает особый эффект Т. Что же касается недостаточной прочности искусственного шелка в мокром состоянии, то в сочетании с хлопком он обнаруживает сравнительно большую прочность. В шерстяных Т. искусственный шелк применяется в виде вистры, к-рая смешивается с натуральной шерстью и идет на приготовление пряжи для Т. разного назначения. Соединение искусственного шелка с натуральным нашло в настоящее время широкое применение; натуральный шелк дополняется в Т. искусственным как для цвета, так и для усиления блестящего эффекта.

Бумажномассные Т. изготовляются из ксилолиновой и сильвалиновой пряжи. Производство ксилолиновой и сильвалиновой пряжи происходит по двум различным способам, но в общем они сводятся к получению писчебумажных ленточек, к-рые крутятся и превращаются в особый род пряжи. Иногда для крепости вместе с писчебумажной ленточкой сучится и хл.-бум. нить для получения более крепкой писчебумажной пряжи. Бумажномассные Т.—продукт пром-сти, совершенно молодой, новой. Ее зарождение надо считать с 1902 г. когда появились из этих Т. первые изделия. Бумажномассное волокно дает пряжу от 3 до 13 метрич. номера. Бумажномассные Т. не отличаются особой гибкостью; перед тканьем пряжа не шлихтуется; затруднений при обработке пряжи никаких не встречается. Нити совершенно гладки, без узлов и потому в работе не рвутся. Окраска пряжи ведется в ролах, когда материал пряжи—целлюлоза—еще находится в виде полумассы. Т. этого рода хорошо набиваются цветными узорами подобно хл.-бум. Т. Бумажномассные Т. при сильном намокании теряют свою крепость, к-рая впрочем после просушки восстанавливается. Т. просеивают лучше, чем Т. джутовые при той же основной и уточной плотности. Ткани не имеют никакого запаха, что представляет значительное преимущество. Бумажномассные Т. изготов-

ляются или в чистом своем виде или в сочетании с хлопком, джутом и льняными очесами при грубых и декоративного характера Т. Т. вырабатываются с гроденаплевым, саржевым и мелкоузорчатым переплетениями. Из грубых Т., чистых или смешанных, изготовляются: упаковочные Т., рогожки, маты, коврики, драпировочные Т., Т. для обивки от холода, дешевые шторы, обивка мебели перед покрытием ее хорошей Т., подкладочная Т., кульки для бакалейных товаров и т. п. Кроме грубых Т. изготовляются и более тонкие Т. как самостоятельные, так и с хл.-бум. волокном при хл.-бум. основе. Тонкие Т. идут для изготовления летних костюмов и т. п. Бумажномассные Т., пропитанные асфальтирующими лаками, употреблялись Германией для различных военных потребностей. В настоящее время бумажномассные Т. вошли уже в практику во многих изделиях, напр. портьерах; они значительно дешевле шерстяных и джутовых.

Лит.: Федоров С., Об испытании пряжи, М., 1897; Лапин А. и Шелихов Н., Хлопчатобумажная мануфактура и торговля ею в кооперативах, ч. 1—2, 2 изд., М., 1920; Хлопчатобумажные товары, под ред. Шеханова, М., 1925; Мельников Н., Производство пряжи и ткани из дерева (целлюлозы), СПБ, 1905; Пфуль Э., Бумажно-массные пряжи, пер. с нем., Рига, 1904; Архангельский А., Руководство по товароведным исследованиям, ч. 1, 3 изд., М.—Л., 1929; Товароведение, под ред. Я. Никитинского и П. Петрова, т. 3, М.—Л., 1924; Промышленность и техника, т. 8, Обработка волокнистых веществ, 3 изд., СПБ, s. a.; Номенклатура изделий текстильной пром-сти, вып. 1—4, М., 1920; Schradin G., Garne u. Stoffe, 8 Aufl., Stg., 1927; Naupert A., Textile Warenkunde in Wort u. Bild, B., 1927; Hough W., Encyclopedia of Cotton Fabrics, 4 ed., Manchester, 1927; Berson M., Dictionnaire général des tissus, Lyon, 1856.

С. Молчанов.

ТКАНЬ ТЕХНИЧЕСКАЯ, одна из составных частей механизмов или приборов, применяемая в пром-сти и в с. х-ве. Специальные требования к качеству и специфичность назначения Т. т. определяют ее структуру и состав. В зависимости от назначения Т. т. вырабатывается из хлопка, шерсти, шелка, льна, асбеста и пр. С целью предохранить Т. т. от быстрого разрушения или для придания ей необходимых свойств последнюю подвергают химич. обработке, пропитывают или покрывают соответствующим слоем.

Т. т. применяются почти всеми отраслями пром-сти: текстильной (саржа для кардоленты, технич. сукна), писчебумажной (технические сукна), электротехнической (изоляционный кембрик, шланги, асбестовая лента), авиационной (парашютная лента, корд, ткань для крыльев, ангарная палатка), автомобильной (корд, дерматин, шнуры, прокладки, тормозная лента), металлообрабатывающей (бесконечные ремни, шнуры), химической (фильтровальные хлопчатобумажные и асбестовые ткани), резиновой (бельтинг), сахарной, фарфоровой и производством пластических масс, фильтроткани, полиграфической (клеенка), банно-прачечным хозяйством (асбестовая ткань), рыболовным хозяйством (снасть), пожарным хозяйством (рукава, брезент, асбестовые ткани), в медицине (клеенка), в военном деле (различные ленты, непромокаемые ткани и пр.), в обувном деле (стабилиновая ткань, дерматин), в чертежном деле (калька), в с. хозяйстве (сноповязальная ткань, лента, мешечная ткань); всеми видами транспорта, угольной, металлургической, стекольной промышленностью и в особенности с. хозяйством употребляются различные хл.-бум., шерстяные, льняные ремни, транспортерные ленты и пр.

В противоположность тканям широкого потребления Т. т. просты по внешнему виду и несложны по переплетению, к ним предъявляются повышенные требования в отношении точности соблюдения различных технич. условий. Технич. условия предъявляются не только к тканям в готовом виде, но и к полуфабрикатам, идущим на изготовление Т. т. Разделяются Т. т. на 2 группы: 1) ткани тяжелого типа, сработанные из крученой пряжи (автокорд, корд-бреккер, автопнев, чефер, бельтинг, сноповязальное полотно, палатка, приводные ремни, прессукно, транспортеры, брезент, пожарный рукав и пр.); они требуют для своего изготовления специального крутильного и ткацкого оборудования; 2) ткани легкого типа из однониточной или с небольшим числом концов в крутке пряжи перерабатываются на обычном оборудовании, но по сравнению с тканями широкого потребления имеют измененную заправку; сюда относятся кембрик, саржа, молескин, доместик, перкаль, технич. батист и пр. Вследствие небольшой плотности Т. т. тяжелого типа, выработанных из пряжи низких номеров, потребление пряжи на 1 ткацкий станок повышается и доходит до 450 *кг* (автокорд) за 21 час работы против 8 *кг* при выработке гражданских тканей. Ф-ка по выработке Т. т. тяжелого типа характеризуется сравнительно небольшим количеством ткацких станков тяжелого типа, небольшим количеством прядильных веретен, весьма значительным приготовительным к ткачеству отделом, а также большим потреблением сырья и полуфабриката. При процессе обработки хлопка необходимо предусмотреть в прядении следующие основные положения: тщательную сортировку по длине, крепости и сорности волокна, равномерность смески, усиленное разрыхление и очистку от посторонних примесей без физич. повреждения волокна. Указанные операции достигаются установкой четырех питателей типа Сакко-Лоуель, работающих на одну падающую решетку, автоматич. питателя, соединенного с перкупайнером, имеющим барабан типа Шерли, затем располагают 1—2 вертикальных опенера (Крейтона), выключаемых в отдельности или оба сразу для подачи хлопка непосредственно из перкупайнера к горизонтальному чистителю (Клинер) типа Сакко-Лоуель. После пыльной коробки идет подача к конденсатору, затем на дистрибютор Мортона с питателями однопроцессных трепальных машин. Распределяющие желобки дистрибютора автоматически связаны с уравнительной доской питателей трепальных машин. Однопроцессная трепальная для низких номеров 7—10—12 состоит из: автоматич. питателя, одного барабана Буклей, одного трепала, промежуточного питателя и трепала со скатывающим прибором. В чесальном отделе применяется кардмашина типа Шерли, ленточные, банкаброши (толстые, перегонные и тонкие); в прядильном отделе—исключительно кольцевые ватеры с большой паковкой, для пряжи № 7—12 — кольцо ⌀ 3″, подъем 9″, расстояние между веретенами $4^1/_2$—$5^1/_8$″, скорость веретен 6 500—7 000 об/м.; ватеры снабжаются подвижными нитеводителями с целью уменьшения обрывности от больших баллонов при больших паковках. Прядение—из толстой ровницы с применением приборов высокой вытяжки Казабланка. Пряжи №№ 16—23—на кольцевых ватерах, кольцо ⌀ 2—$2^1/_4$″, подъем $7^1/_2$″, расстояние между веретенами $3^1/_4$—$3^1/_2$″, скорость веретен 8 000—8 500 об/м., ватеры с приборами Казабланка. Размотка на быстроходных машинах типа Лиссона № 60 с линейной скоростью 500 об/м. Крутка на крутильных кольцевых ватерах типа Сакко-Лоуель (табл. 1).

Смазка колец постоянная, автоматическая помощью смачивающего фитиля. Кручение производится с крейцшпуль, чем достигается равномерность натяжения нитей—одно из главных

Табл. 1.—Крутка пряжи для технических тканей.

Порядок крутки	Диам. кольца	Высота подъема	Расстояние между веретенами	Скорость веретена, об/м.
Первая	$3^1/_2''$	7''	$5^1/_2''$	4 500—5 000
Вторая	$5^1/_2''$	8''	7''	2 600—3 000

условий кручения пряжи для технич. целей. Шлихтовка крученых основ для тяжелых Т. т. не применяется, основы однониточные для легких Т. т. шлихтуются обычным порядком. Сновка производится на специальных сновальных машинах тяжелого типа с фрикционной передачей движения навою; обычная сновальная с барабанной передачей движения сновальным валиком не обеспечивает равномерного и нормального натяжения нитей. Для уменьшения % угара сновку ведут непосредственно со шпулярника на ткацкий навой, с расчетом сновки полного количества нитей основы. Ускорение заправки основы в бердо достигается путем применения открытых гребней по типу сновальной машины Барбер и Кольман. Подходящим типом сновальной машины следует считать тип Холла со скоростью сновки в среднем 50 об/м. Ткачество тяжелых тканей производится на замочных станках тяжелого типа Паркера. Увеличение длины основы на станке достигается введением нескольких сновальных валиков, увеличение длины накатки готового товара (автокорда до 350 *м*, бельтинга до 150 *м*) достигается применением индивидуальных головок, что поднимает кпд ткацкого станка и при пропитке каучука ведет к значительной экономии последнего. Уток подается перемотанным на шляукопсы. При работе тяжелых тканей применяются автоматы со сменой челноков с утком больших паковок типа завода Карльтон и Ноульс. Число ударов станков тяжелого типа при выработке тяжелых тканей 90—115 в мин., станков легкого типа для легких технических тканей—150—225 в мин.

К числу хл.-бум. Т. т. тяжелого типа относятся: а) автокорд—ткань для покрышек шин автомобилей. Условия, предъявляемые к шине, следующие: шина $32\times4''$ держится под давлением 60 англ. фн.; при нагрузке в 1 200 англ. фн. она сдавливается на $^3/_4''$. Корд при проходе 16 тыс. *км* сгибается свыше 6 млн. раз; шины, катящиеся со скоростью 40 миль в час, нагреваются на 42°; повышенная прочность на сопротивление сдвигу требует высоких качеств пряжи. Основа корда—хл.-бум. пряжа № 23/5/3. Обработка корда производится так: куски корда со скоростью 100 *м/мин* поступают в сушильный барабан, оставаясь в нем 9—10 мин. при 80—90°, затем высушенный корд поступает на 4-вальцовый каландр, где промазывается слоем резины при односторонней промазке на 0,48 *мм*, при двусторонней—на 0,21 *мм* с каждой стороны; затем корд режется под углом 45° (угол работы корда в шине) на диагонально-резательной машине; разрезанный корд скатывается в свертки с прокладкой ткани доместик, наконец размеряется точно согласно размеру покрышки и склеивается внахлестку. Пробег нормальной автошины по плохому шоссе, мощеному щебнем,—до 3 175 *км*, по асфальтированной дороге—до 36 095 *км*. Основа для менее ответственного автокорда изготовляется из хл.-бум. пряжи № 15/3/3 или № 7/2/2. б) Бельтинг идет на изготовление шитых хл.-бум. ремней больших мощностей, употребляется: в прорезиненном виде, пропитанным озокеритом или прокрашенным суриком. Бельтинг, идущий для изготовления прорезиненных ремней, изготовляется шириной 112 и 80 *см* из основы и утка № 7/6. Бельтинг, идущий под пропитку озокеритом или прокраску, изготовляется шириной 75 и 107 *см* из пряжи—основы и утка № 7/6. Для изготовления ремней или транспортерных лент бельтинг складывается в зависимости от передаваемого усилия (число слоев 3—14) и прошивается хл.-бум. пряжей на специальных швейных машинах тяжелого типа долевыми строчками на расстоянии 1 *см* друг от друга. В прошитом виде ремни пропитываются. в) Фильтроткань идет для цели фильтрования в сахарной, маслобойной, фарфоровой и других пром-стях. г) Сноповязальный холст—ширина 76,2 *см*, основа пряжи № 12/4, уток 12/3. д) Хлопчатобумажный тканый ремень имеет назначение приводного ремня, изготовляется различных размеров: 25—150 *мм* ширины—ординарный и 75—300 *мм*—двойной. Как для основы, так и для утка применяется хл.-бум. пряжа крученая с большим числом концов. Ткань обладает большой плотностью по основе и утку, отличается многослойностью, вырабатывается на станках тяжелого типа (Р. Холл, О. Мешлер и др.) с числом ремиз 12 и 16. Для изготовления узких размеров (25—29 *мм*) за границей применяют многоручейные станки. В СССР проектируется специальный тип многоручейного станка. Основные технич. данные:

	Ординарные ремни	Двойные ремни
Ширина в *мм*	25—150	75—300
Количество слоев	6	
№ основы и число концов	24/6	24/6
№ утка » » »	16/12	16/14
Плотность по основе на 1 *см*	154	220
» » утку » »	40	50
Крепость на разрыв на 1 $см^2$ сечения в *кг*	300	300

е) Кирза шириной 80 *см* по хл.-бум. основе и утку № 60/4. К легким технич. тканям относятся: а) молескин шириною 125 *см*, основа и уток № 16 (идет в качестве подкладки для изготовления клеенок); б) кембрик шириной 125 *см*, основа 32, уток 24 или 38 (идет как подкладка под клеенку); в) дук шириной 115 и 123 *см*, основа 24/2, уток 16/1 (идет как подкладка под дерматин).

Шерстяные Т. т. бывают чисто шерстяные по основе и утку—прессовое сукно для маслобойных з-дов, и смешанные ремни—шерстяная основа, хл.-бум. уток. Шерстяным сырьем служит гл. обр. верблюжья грива, верблюжья шерсть и овечьи полугрубые шерсти камвольного типа; производят опыты по применению козьей шерсти и человеческого волоса. Все виды шерсти обрабатывают по англ. камвольному способу прядения: из козьей шерсти № 4—5, из верблюжьей и овечьей № 6—7. Шерсть проходит смеску, трепание на американках, замасливание, кардочесание на двух прочесных кардмашинах, ряд гильбоксов со сложением и вытяжкой, гребнечесание на гребенных машинах Нобль (редко Гейльман), снова ряд гильбоксов, затем через приготовительный отдел с числом переходов 5—7 и ряд банкаброшей. Ровницу прядут на кольцевых или рогульчатых прядильных ватерах. Кручение производится как для ремневой, так и для суконной пряжи сл. обр.: № 7 в 7 концов, № 6

в 6, № 5 в 5 концов и т. д. а) Прессукно ткут на станках тяжелого типа, оно бывает двойное и ординарное, переплетение—саржа обычная, саржа рассыпная, дюрабль. Назначение прессового сукна—образование пакета с мязгой, помещаемой в пресс, в дальнейшем при прессовании служит дренажирующим слоем, удаляющим масло из мязги. После окончания прессования сукно отдирается от жмыха и снова служит для той же цели. Работа прессукна происходит при крайне тяжелых условиях давления 350—500 *atm* и *t*° 80—150°. От сукна требуется большая эластичность. Прессукно опаливается для придания поверхности гладкого вида. Технич. данные приведены в табл. 2.

Табл. 2.—Технические данные для прессукна.

Показатели	Для открытых прессов			Для полузакр.	Для закрыт.	Допуски, %
	Тип 1	Тип 2	Тип 3	Тип 1	Тип 3	
Число прядей в основной нити	7	6	5	6	5	—
Число нитей в утках на число прядей в нити	6×7	5×6	5×5	5×6	3×5	—
Число нитей на 100 *мм* по утку	27	30	26	23,5	50	±5
Число нитей по основе	141	165	190	288	235	±3
Крепость полоски 50×200 *мм* в *кг*:						
а) по основе	550	520	610	850	710	−10
б) по утку	510	510	420	350	491	−10

б) Шерстяные ремни для работы в сырых помещениях; их ткут на специальных ткацких станках типа Мешлер (8 и 10 ремизок). В шерстяных ремнях преимущественно из верблюжьей шерсти (иногда овечьей, козьей для менее ответственных целей) скрепление слоев достигается с помощью хл.-бум. крученого прижима; основа верблюжьей шерсти № 7/6, хл.-бум. уток № 16 или 24 в 24 конца, хл.-бум. прижим № 24/24. Плотность по основе 33,6; 53; 66 в зависимости от ширины ремня, а по утку 3,2 на 1 *см*. Ремни после ткачества вытягивают и пропитывают раствором сурика, затем отжимают и просушивают, после чего снова вытягивают. в) Шерстяные технические сукна изготовляют из аппаратной шерстяной пряжи и употребляют в качестве бесконечных полотен в бумажной, текстильной и других видах пром-сти.

Асбестовые Т. т.: а) автотормозные тканые ленты шириной 25—100 *мм* из крученой пряжи. Асбест отличается высоким коэф-том торможения и при повышении *t*° не горит. Пряжа для основы и утка № 20 изготовляется с примесью хлопка (10—16%), необходимого в целях увеличения прядильных свойств смески; пряжа крутится с латунной проволокой 0,20 *мм*. б) Асбестовую ткань подобно тормозной ленте ткут из крученой асбестовой пряжи № 20—30, но без проволоки, асбестовую ткань (занавеси в театрах, одежда и пр.) применяют в целях противопожарных. Прядение асбеста производят так: асбест волокна длиной 4—16 *мм* (иногда до 40 *мм*) пропускают через бегуны для разделения на волокна, затем он проходит через крейтон для разрыхления; разрыхленный асбест идет в смеску с хлопком, потом в волчок для перемешивания массы, затем в 2-прочесную кардмашину с выходом ровницы того же номера, что и пряжа, т. к. вытяжки асбестовая пряжа не допускает, потом ровница идет на ватер с дополнительной подкруткой. Пряжу крутят в несколько концов вместе с латунной проволокой для тормозной ленты или без нее (для ткани) на специальном крутильном ватере.

Льняные Т. т. Пожарные рукава—из льняной пряжи обычно сухого прядения; рукава, идущие для прорезинения,—из льняной пряжи мокрого прядения. б) Стабилиновая ткань—ткань, пропитанная стабилином (род клея, применяемого в обувном производстве), шириной 125 и 115 *см* из основы № 6 или 10 и утка № 16 сухого оческового прядения. в) Ремни Пасса служат для целей транспортирования, изготовляются 100—400 *мм* ширины, 6 *мм* толщины из основы № 8/4 сухого оческового прядения. г) Мешковина,

Табл. 3.—Характеристика мешковины.

Название и назначение	Ширина в *см*	Вес 1 *м*² в *г*	№ пряжи, число нитей на 1 *см*			
			Основа	Уток	Основа	Уток
Джутовая полотнян. переплетения для соли, тростникового сахара, искусств. удобрений	101,5	150—550	8—7	6—16	3—5	3—7
Двойная джутовая полотнян. переплетения для муки, цемента	114,3	375—700	8—7 3,63—4,14	5—22 5,8—1,32	8,5—10	4—6
Джутовая ниперного переплетения для шерсти, кофе, муки	121,9	630—900	8	10	3—4	18—48
Паковочная редина	106	186	3,63	3,63	3,6	3
Паковочная	106	227	4,84	3,63	5,3	4
Ткань для мешков для соли	109	231	7,25	3,63	6,7	4,8
	125	234	7,25	3,63	6,7	4,8
Ткань для универс. мешков	109	311	7,25	4,84	9,6	8
	134	314	7,25	4,84	8,4	8,8
Ткань для полугрубых мешков	110	363	6,05	4,84	9,6	8,4

см. табл. 3. д) Парашютная лента (лямки): ширина 4 *см*, основа льняная № 20/5, уток хл.-бум. № 7/6. е) Парус-брезент: ширина в большинстве случаев 73,5 *см* из основы № 8, 9, 10, 12 и 14 льняного или оческового сухого или мокрого прядения и утка № 5, 6, 8, 10, 12 и 14 в большинстве оческового сухого прядения. ж) Двунитка—ткань шириной 71 и 106,5 *см* из оческовой пряжи, основа № 12, уток № 5. К водонепроницаемым и непромокаемым тканям техническим относятся:

палатка шириной 89 *см* из льняной пряжи мокрого прядения, основа № 20 и уток № 22 и аэропланная ткань шириной 89 *см* из льняной пряжи мокрого прядения, основа № 46 и уток № 50. **Д. Баскаков и А. Пашинцев.**

ТКАЦКИЕ СТАНКИ служат для приготовления тканых изделий (см. *Ткани*). В зависимости от материала, назначения, строения ткани и других условий станки бывают разнообразны по своей конструкции. Но все они представляют собой совокупность приспособленных для отдельных случаев деталей простого станка, употребляемого при выработке самых простых по переплетению тканей, осложняемую различными добавочными приборами. Детали простого станка разделяются на группы: 1) служащие для движения основы в продольном горизонтальном направлении, 2) для движения основы в вертикальном направлении, 3) для движения утка, 4) предохранительные механизмы, имеющие назначением при известных обстоятельствах предохранять машину от поломок, ткань от порчи и работающих в ткацком отделении от поранений.

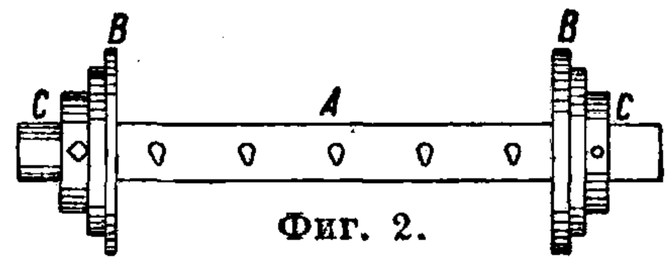
Схема Т. с. представлена на фиг. 1. Основа с навоя A, приготовленного в шлихтовальном и проборном отде-



Фиг. 1.

лениях и помещенного внизу станка, направляется скалом B на определенную высоту, удобную для обслуживания ткачом, затем проходит цены C_1, C_2, глазки ремизок D_1, D_2, уже в виде готовой ткани шпарутки E, грудницу F и через посредство вальяна G навивается на товарный валик H. Все вышеперечисленные детали перемещают основу и потом готовую ткань в продольном направлении. Вертикальное же движение ей сообщается ремизками D_1, D_2, движущимися особым механизмом, зевообразователем, одна—вверх, другая—вниз, в результате чего между основными нитями получается отверстие — зев. В этот зев пропускается челнок K, оставляющий за собой уточную нить, после чего ремизки все или частью меняют свои места, заставляя соответственно рисунку ткани переплетаться основу с утком. Челнок в своем движении направляется брусом L батана M. Последний представляет собой два рычага, качающиеся около оси O, на к-рых закреплен брус L и еще вершник P, а между ними помещается бердо N. Бердо при подходе батана к шпаруткам присоединяет введенную уточину в виде нового элемента к готовой ткани, навиваемой в конце-концов на товарный валик H. Все части станка получают свое движение от его главного вала (коленчатого), называемого часто просто коленом. Т. о. за каждый оборот колена все названные части должны совершить свое действие, чтобы преобразовать нити в ткань; все они необходимы для этой цели и потому имеются на каждом станке, изменяется только их конструкция в зависимости от сорта приготовляемого товара.

Движение основы в продольном направлении. Подача и натяжение основы. Ткацкий навой, на который навивается основа, представляет собой чаще всего железную или чугунную трубу A (фиг. 2) с фланцами B и с тормозными шайбами C, иногда и отсутствующими. В некоторых случаях навой устраивают деревянным сплошным или полым, как у тяжелых широких станков, для облегчения веса. Механизмы движения навоя разделяются на активные и пассивные. Активные (или основные) регуляторы производят самостоятельное, независимое вращение навоя; пассивные, или тормоза, только регулируют величину подачи основы, оказывая надлежащее сопротивление ее сматыванию, которое происходит от навивания готовой ткани.



Фиг. 2.

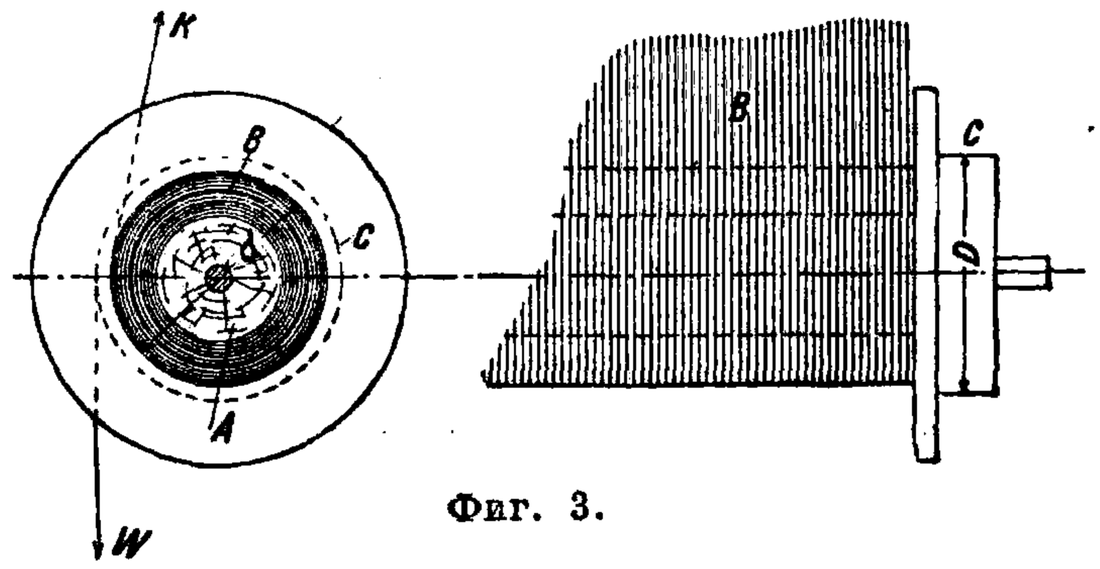
Основные тормоза. Общая схема устройства тормоза такова (фиг. 3): с ткацкого навоя A с основою B сходит основа под натяжением K; к шайбе C, закрепленной на навое, приложена сила сопротивления. Равенство моментов сил движущей и сопротивления дает

$$K \cdot \frac{d}{2} = W \cdot \frac{D}{2},$$

откуда

$$K = W \cdot \frac{D}{d}. \qquad (1)$$

Здесь D—$\varnothing$ шайбы, d—$\varnothing$ навоя с основой в рассматриваемый момент. Для правильного строения вырабатываемой ткани является необходимым условием сохранение во все время работы постоянного натяжения K основы. Т. к.



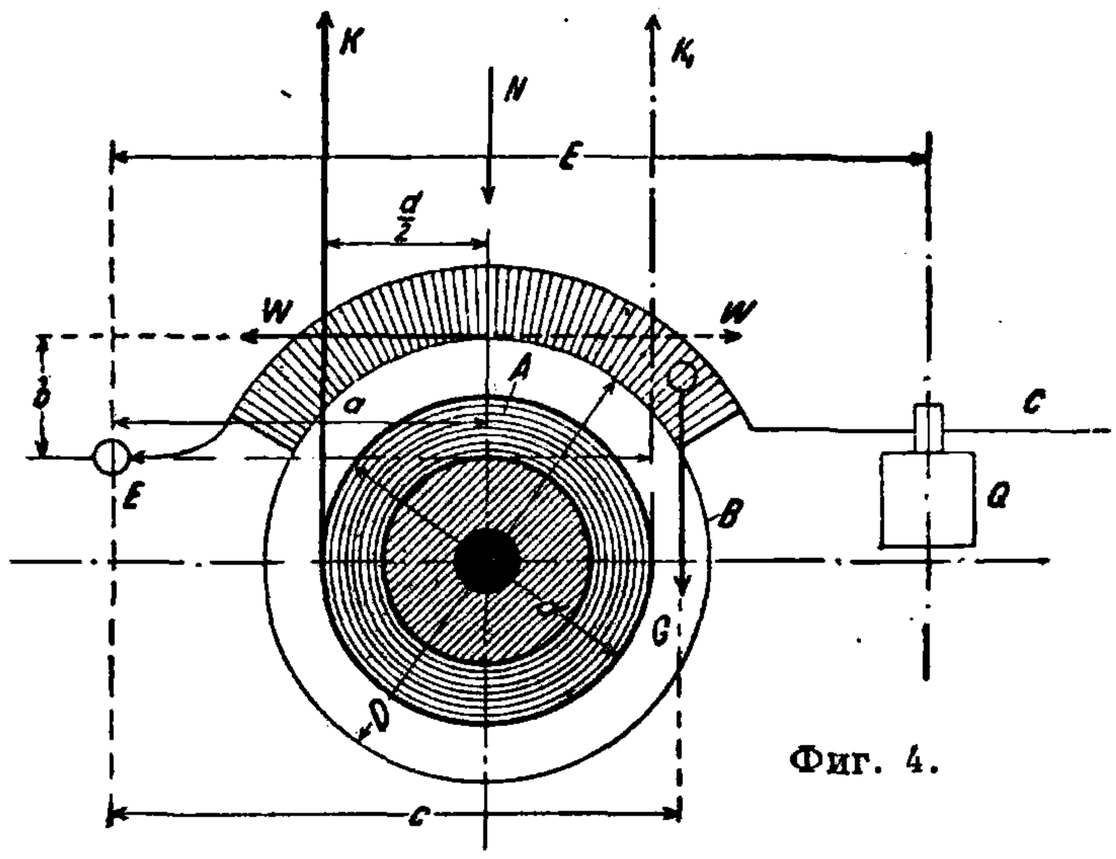
Фиг. 3.

D постоянно, а d уменьшается по мере свивания основы, то W д. б. переменным, так чтобы

$$\frac{W}{d} = \text{Const}. \qquad (2)$$

Изменение сопротивления W может производиться или вручную или автоматически (тормоза ручные и автоматические). В зависимости от применяемой силы сопротивления тормоза делятся на тормоза веса, трения, комбинированные и специального назначения. Фиг. 4 дает схему тормоза трения: A—навой, B—шайбы на каждом конце его, к к-рым прижимаются рычаги C с тормозными колодками, нагруженные передвигающимися грузами Q. Для простоты заменим собственный вес обоих рычагов одним G, грузов—одним Q. Основа может сходить по направлению K или K_1. Определим K. Под влиянием сил G и Q появится равнодействующая N давления колодки рычага на шайбу, к-рая вызовет сопротивление ее вращению—силу трения W. Для равновесия рычага C введем реакции со стороны шайбы в

виде N и W с противоположным направлением. Действующие силы будут Q, G и N, W; их плечи соответственно: E, c, a, b. Условие равновесия дает, если пренебречь незначительным сопротивлением в цапфах:



Фиг. 4.

$$QE + Gc - Na + Nfb = 0,$$

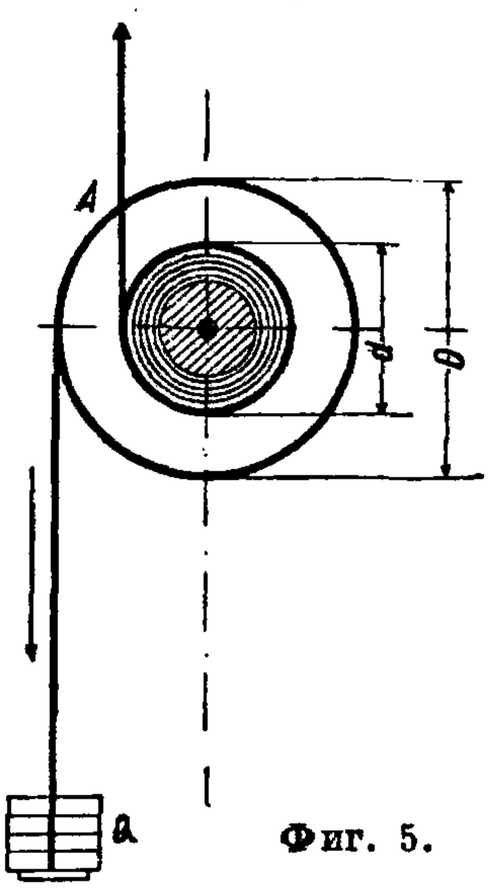
т. к. $W = Nf$, где f—коэф. трения колодки о тело шайбы. Отсюда

$$N = \frac{QE + Gc}{a - bf};$$

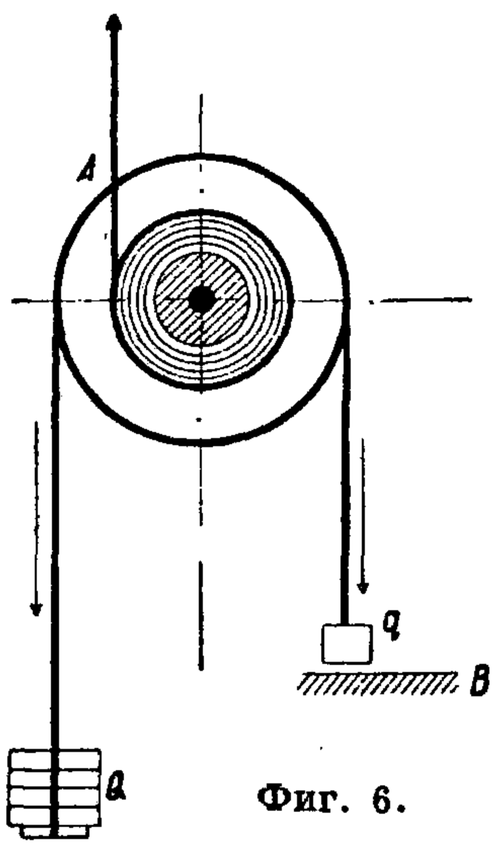
пользуясь ф-лой (1), имеем:

$$K = W\frac{D}{d} = (QE + Gc)\frac{D}{d} \cdot \frac{f}{a - bf} \cdot \qquad (3)$$

С изменением d здесь меняют Q (или чаще E), передвигая груз по рычагу C. Из рассмотрения выражения для K можно установить следующие свойства тормоза трения. 1) Т. к. натяжение основы сильно зависит от коэф-та трения, значительной величины к-рого технически также можно достигнуть, то такой тормоз является мощным и пригодным для употребления на тяжелых станках при тяжелых тканях. 2) В виду того что коэф. трения может легко изменяться от различных случайных причин, в особенности в фабричной обстановке (влажность, пыль, масло и др.), то величина натяжения основы не всегда будет соответствовать заданной. 3) Затрачиваемая работа при подаче основы превращается в тепло, и такой тормоз не имеет «игры» во время зевообразования, т. е. при нем основа



Фиг. 5.



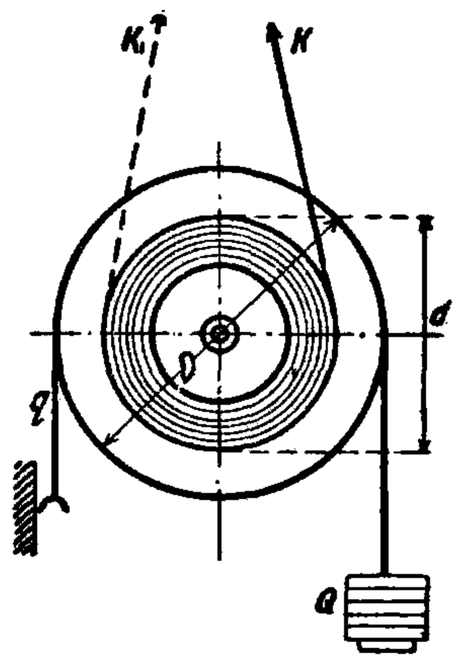
Фиг. 6.

при закрытии зева, когда ее натяжение значительно уменьшается, не может обратно навиться на навой; в результате натяжение основы при нем вообще колеблется. 4) Он не требует зарядки и всегда готов к работе. Фиг. 5 дает схему тормоза веса. На шайбе A закрепляется один конец веревки, к другому концу к-рой прикрепляется груз Q. Условие равновесия для него будет $K\frac{d}{2} - Q\frac{D}{2} = 0$, откуда

$$K = Q\frac{D}{d}. \qquad (4)$$

Для постоянства K надо с изменением d изменить Q. Сравнивая выражения (3) и (4), можно установить следующую разницу тормозов трения и веса: 1) в тормозе веса натяжение не подвержено случайным причинам, а потому его величина близка к заранее вычисленной; 2) в момент закрытия зева груз может опускаться, отчего получается «игра», и натяжение здесь более равномерно; 3) от игры навоя прибой при таком тормозе будет мягкий; 4) тормоз веса требует зарядки, когда при поднятии груза Q достигает фланца навоя.

Для самозарядки есть несколько конструкций. Одна из них приведена на фиг. 6. Здесь веревка не закрепляется на шайбе, а на другой ее конец вешается меньший груз q. Как только последний ляжет на упорку B, нарушится бывшее равновесие между натяжениями Q и q концов веревки, и груз Q опустится, т. е. произойдет зарядка. На фиг. 7 показана схема комбинированного тормоза. Здесь шайбу также обвивает веревка, но один ее конец прикреплен к неподвижному крючку, а на другой повешен груз. Действующие силы будут: K—натяжение основы, причем последняя может быть направлена и по K и по K_1, и натяжения концов веревки Q и q. Условие равновесия дает $K\frac{d}{2} + Q\frac{D}{2} - q\frac{D}{2} = 0$, откуда



Фиг. 7.

$$K = (Q - q)\frac{D}{d}. \qquad (5)$$

Соотношение между Q и q при равновесии, как известно, выражается $Q = q \cdot e^{\alpha f}$ (f—коэф. трения веревки о материал шайбы, α—угол обхвата веревки, e—основание неперовых логарифмов). Поэтому

$$K = \left(Q - \frac{Q}{e^{\alpha f}}\right)\frac{D}{d} = Q\frac{D}{d} - Q\frac{D}{d \cdot e^{\alpha f}} = Q\frac{D}{d}\left(1 - \frac{1}{e^{\alpha f}}\right). \qquad (6)$$

Выражение (6) показывает, что: 1) первый член зависит только от веса, а второй главным образом от трения, почему этот тормоз комбинированный; 2) влияние члена $e^{\alpha f}$ при изменении f или α очень значительно. Но изменяясь очень быстро, последний скоро достигает предела, близкого практически к 0, и тогда тормоз превращается в тормоз веса. Если принять за этот предел для практических целей 0,01, то получится $\frac{1}{e^{\alpha f}} = 0{,}01$; $e^{\alpha f} = 100$; $\alpha f \lg e = \lg 100 = 2$; $\alpha f = \frac{2}{\lg e} = 4{,}6$.

При числе u оборотов веревки $\alpha = 2\pi u$, и тогда $2\pi u f = 4{,}6$,

$$uf = \frac{4{,}6}{2\pi} = 0{,}73; \qquad (7)$$

ф-ла (7) дает возможность при данном f определить число оборотов веревки, больше к-рого обвивать ею шайбу нет смысла.

Фиг. 7 представляет схему тормоза с прямой передачей, фиг. 8—с непрямой. Для него

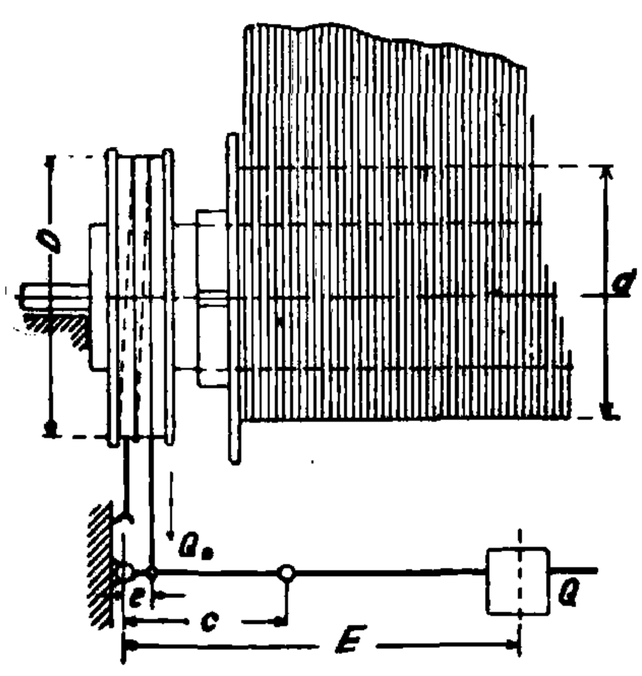
вместо Q надо взять уже, при обозначениях на фиг. 4,

$$Q_0 = \frac{QE + Gc}{e},$$

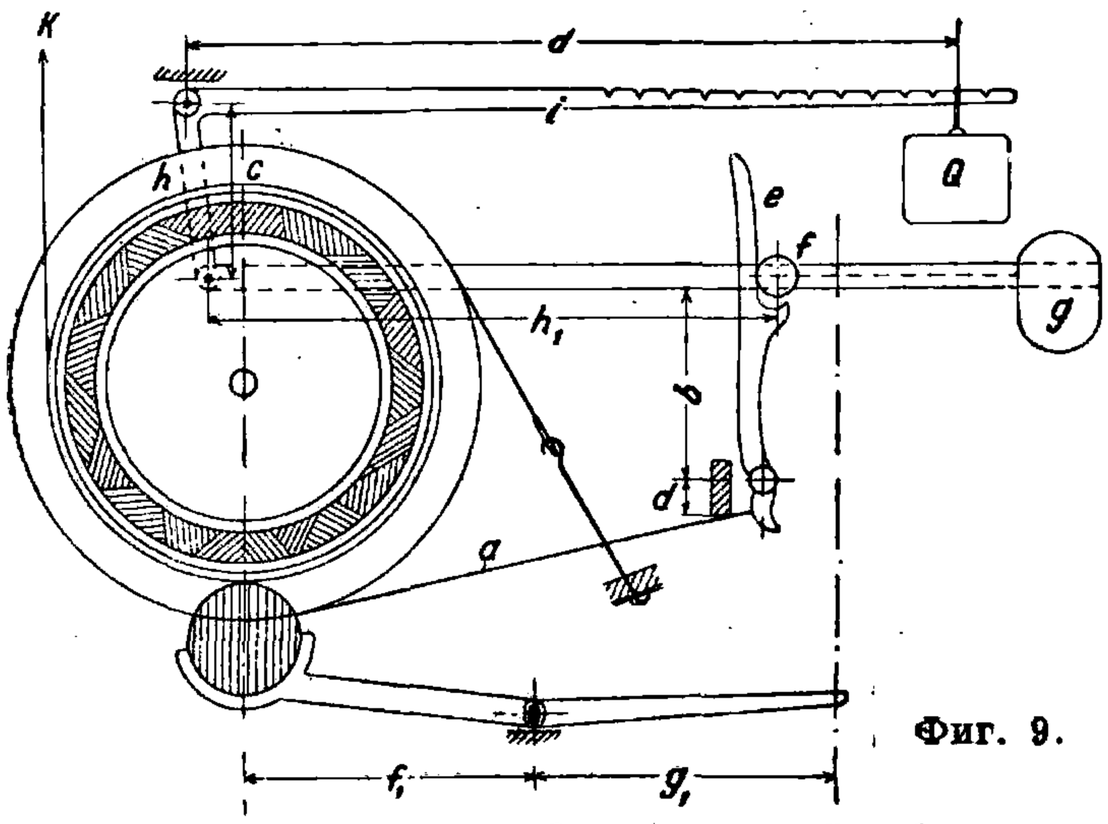
и следовательно

$$K = \frac{QE + Gc}{e} \cdot \frac{D}{d}\left(1 - \frac{1}{e^{af}}\right), \qquad (8)$$

т. е. такое устройство будет обладать большей мощностью. Отсюда имеем: 1) тормоз веса—наименьшей мощности, он применяется для легких тканей, например шелковых; 2) комбинированный веревочный тормоз с непрямой передачей—средней мощности, для средних тканей, наиболее распространенный, причем по мере увеличения натяжения основы употребляется последовательно веревка, цепь и стальная лента; 3) тормоз трения—мощный, для тяжелых тканей, напр. брезентов, сукон (Г. с. сист. Шенгера) и др. Все они ручные; на фиг. 9 дана схема автоматич. тормоза. Тормозную шайбу обхватывает стальная лента, один конец к-рой неподвижен, а другой прикреплен



Фиг. 8.



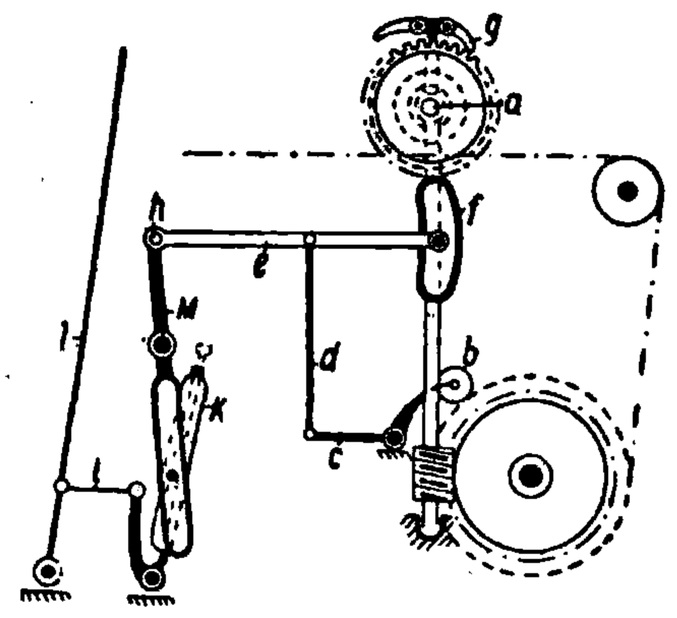
Фиг. 9.

к двуплечему рычагу de, на к-рый сбоку опирается ролик f, сидящий на тяге h_1; последняя соединена с двуплечим рычагом hi, причем на плече i помещается передвигающийся груз Q. С другой стороны тяга h_1 штангою соединяется с рычагом f_1g_1, а на его плече f_1 имеется ролик, называемый прижимным, к-рый все время под влиянием груза g тяги h_1 прилегает к основе навоя. Действие тормоза заключается в следующем. При уменьшении диаметра навоя ролик f опускается, плечо b рычага de уменьшается, в результате уменьшается и натяжение ленты. Для натяжения K основы в выражении (6) для комбинированного тормоза надо вместо Q взять, принимая во внимание рычажную передачу, $Q\frac{d \cdot b}{c \cdot a}$ и тогда

$$K = Q\frac{d \cdot b}{c \cdot a}\left(1 - \frac{1}{e^{af}}\right)\frac{D}{d}. \qquad (9)$$

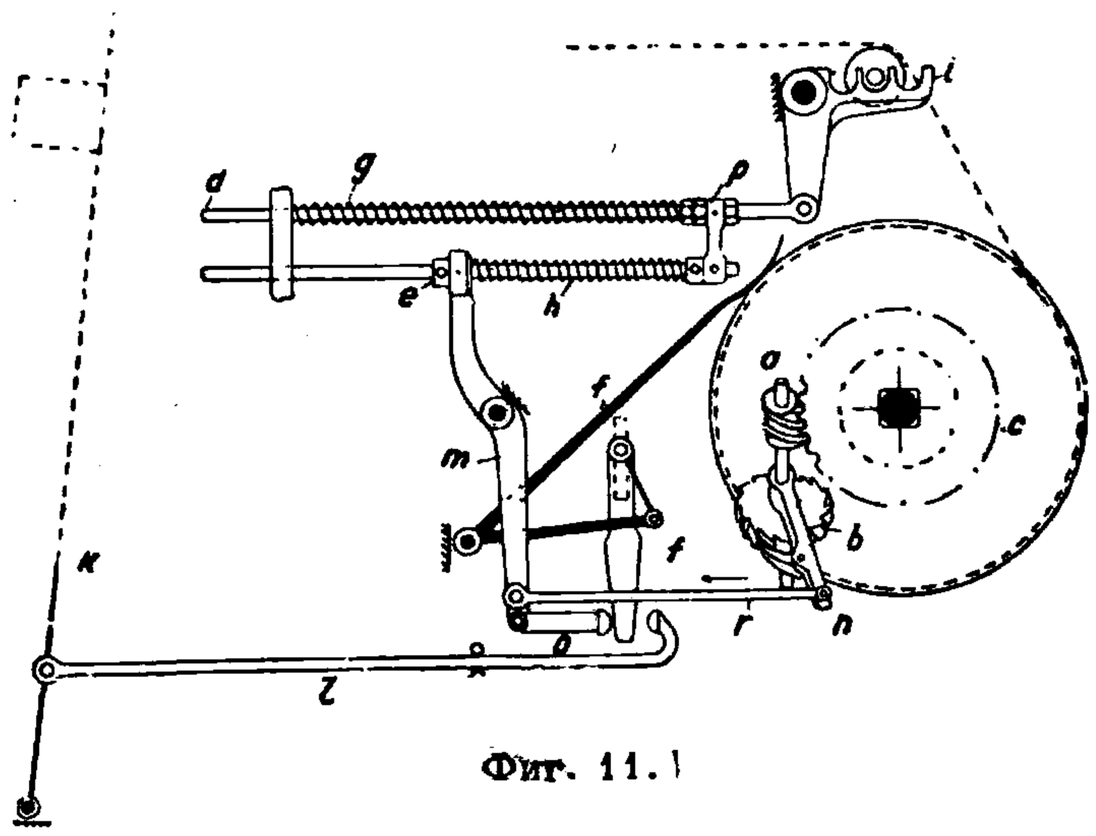
Автоматич. тормоз является уже более сложным устройством, требует для выполнения своего назначения большего к себе внимания и ухода и потому применяется редко.

Основные регуляторы представляют собой механизмы, приводящие основный навой во вращение непосредственно, и разделяются на позитивные и негативные. Если навой подает основу во все время работы на одну и ту же величину независимо от ее расхода и натяжения, то регулятор — позитивный; если же подача производится в зависимости от натяжения, то регулятор — негативный. При негативных регуляторах, которые должны соразмерять подачу с натяжением, скало всегда устраивается подвижным в отличие от позитивных. Примером позитивного регулятора может служить изображенный на фиг. 10 (завода Шенгера). От лопасти батана l тягой i качается рычаг k, который передает свое движение двуплечему рычагу M, а последний тягою e рычагу f, свободно посаженному на ось a. На другом плече f помещена собачка g, к-рая за каждый оборот станка поворачивает храповик и ось a. От оси a через конич. шестерни и червячную передачу получает вращение ткацкий навой. Т. к. угол поворота навоя с уменьшением его диаметра при условии постоянной подачи должен увеличиваться, то здесь введен валик b, к-рый рычагами d и c связан с тягой e; с перемещением валика b тяги e он переместится, повернувшись около точки h, в результате чего изменится размах качания рычага f, а вместе с ним и скорость вращения оси a и связанного с ней червячного вала, в результате чего изменится угол поворота навоя.



Фиг. 10.

Из негативных регуляторов часто применяется регулятор типа з-да Рюти (фиг. 11). На оси

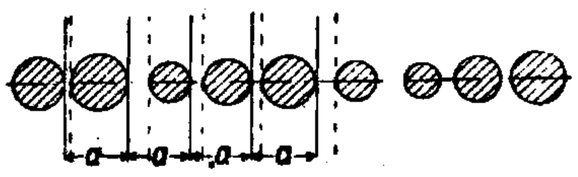


Фиг. 11.

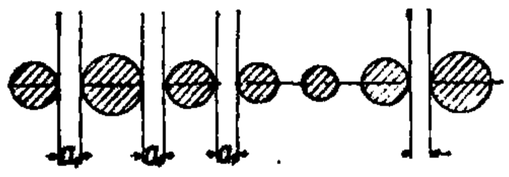
ткацкого навоя закреплена винтовая шестерня c, сцепляющаяся с червяком a, а на его оси посажен наглухо храповик b и свободно рычаг n с собачкой. При переднем ходе батан k при помощи тяги l через посредство вращающегося клина f и прилива o поворачивает нижнее плечо рычага m, к-рый в свою очередь тягою r вращает рычаг n с собачкой и следовательно подает за каждый оборот станка определенную, одну и ту же длину основы. Подшипники скала помещаются в рычагах i, один из к-рых имеет плечо, соединенное с тягою d. На ней надета пружина g, одним концом упирающаяся в неподвижную часть станка, а другим в гайку, закрепленную в зависимости от желае-

мого натяжения пружины в определенном месте; т. о. натяжение пружины g устанавливает определенную степень натяжения основы. Затем при помощи пальца p тяга d соединяется с тягой e. На последней закреплено кольцо, к нему прилегает верхнее плечо рычага m под влиянием пружины h, надетой на e и упирающейся в палец p, через к-рый тяга e проходит свободно. При таком устройстве во время переднего хода батана пружина h сжимается, а при обратном, растягиваясь, возвращает m в первоначальное положение. Но если почему-либо окажется, что постоянной величины подачи мало, ее натяжение увеличивается, нижнее плечо рычага i ведет d, p, e и верхнее плечо m влево, а нижнее плечо — вправо, отчего расстояние между o и концом тяги уменьшается, ее действие на o в следующий оборот станка будет продолжительнее, в результате чего храповик повернется на больший угол, подаст бóльшую длину основы, и ее первоначальное натяжение восстановится. Кроме того во время образования зева скало благодаря пружине g будет иметь «игру» и выравнивать натяжение основы и в течение одного оборота станка. Наконец рычаг f_1 при уменьшении диаметра основы опускает клин f, тем самым уменьшает свободное расстояние между l и o и заставляет навой вращаться на больший угол.

Навивание товара. Товарные регуляторы. Так называются механизмы, к-рые навивают или отводят готовую ткань, передвигая вперед натянутую основу; работа их тесно связана с работой подающих механизмов, и в результате их совместного действия получается определенная уточная плотность ткани (число уточных нитей на единицу длины) и известное расположение утка в ней. Последнее м. б. двояким—или делается одинаковым по всей длине ткани расстояние a между касательными, проведенными с одной и той же стороны (правой или левой) к двум соседним нитям (фиг. 12), или проведенным с разных сторон a_1 (фиг. 13). При первом способе



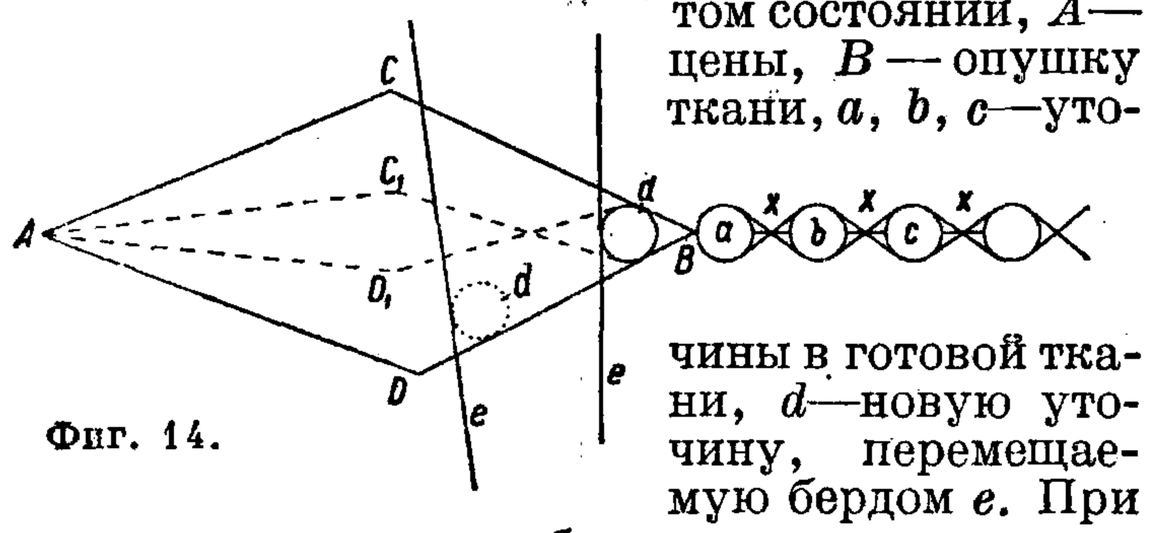
Фиг. 12.



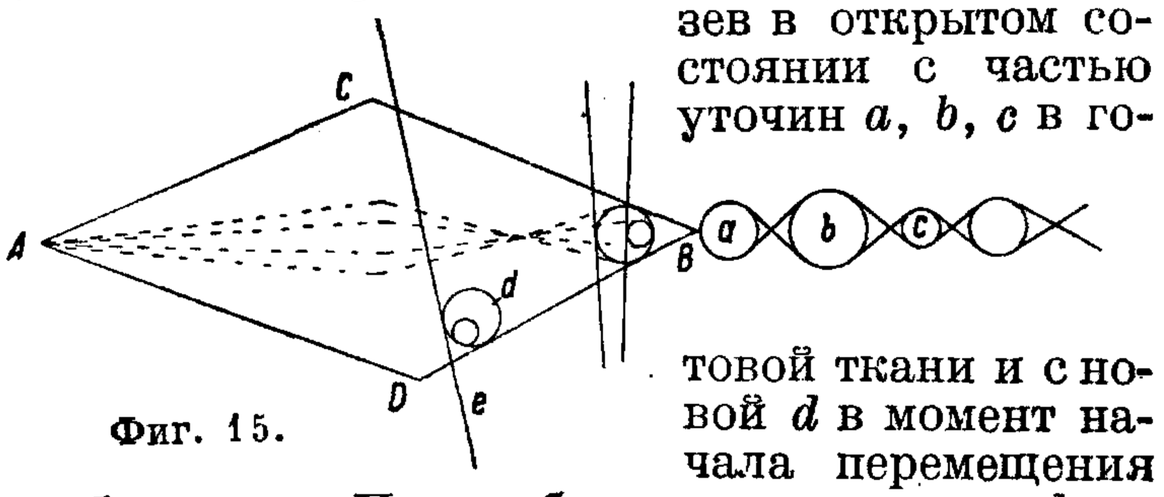
Фиг. 13.

каждая уточина занимает в любом месте по длине товара одну и ту же длину, поэтому получается одинаковая уточная плотность, причем это будет и при одинаковом диаметре утка и при различном, но просветы между соседними уточинами в последнем случае сделаются разными. При втором способе при равномерном по диаметру утке получается то же самое явление, а при неравномерном плотность неодинакова, а просветы одинаковы. Что касается просветов, то влияние различных размеров их сказывается в особенности неблагоприятно при гладких (по переплетению) тканях, нарушая их однообразный внешний вид как бы «недосеками» и «забоинами». При узорчатых же переплетениях важнее равномерная плотность в том отношении, что тогда не искажаются размеры рисунков в различных местах ткани. Поэтому первый способ, к-рый называется расположением утка с равномерным распределением, применяется при более равномерной по толщине уточной пряже, при узорчатых переплетениях и при таких, где играет большую роль точная калькуляция, т. е. при дешевых сортах; второй же способ, к-рый можно назвать расположением с равномерным прибоем, более пригоден для неравномерного утка (напр. угарной хлопчатобумажной, суконной, шерстяной, шелковой пряжи), гладких, однообразных переплетений.

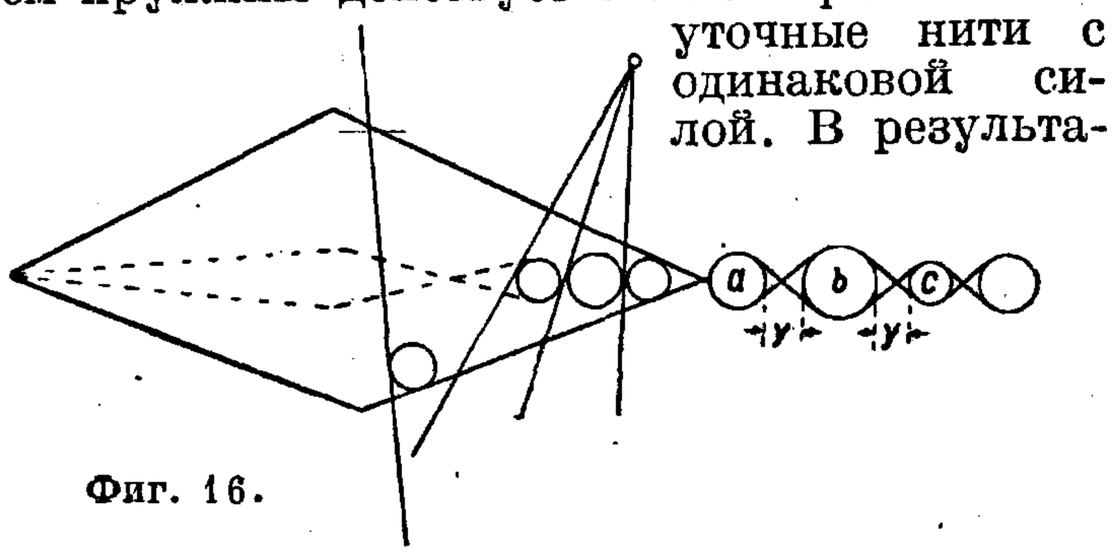
Для того чтобы получить тот или другой случай расположения утка, поступают сл. обр.: пусть на фиг. 14 $ACBD$ изображает зев в открытом состоянии, A — цены, B — опушку ткани, a, b, c — уточины в готовой ткани, d — новую уточину, перемещаемую бердом e. При конечном положении берда, когда оно отходит от нити в обратную сторону и происходит «заступ», в силу чего зев примет вид AC_1BD_1, при действии товарного регулятора для навивания ткани по всей длине ткани расстояние x будет оставаться постоянным, т. е. получится расположение утка с равномерным распределением. На фиг. 15 $ACBD$ изображает также зев в открытом состоянии с частью уточин a, b, c в готовой ткани и с новой d в момент начала перемещения ее бердом e. Пусть бердо перемещает d до тех нор, пока уточина не заклинится в зеве так, что получится сила трения между нею и нитями основы достаточно большой величины, чтобы бердо через посредство уточины d подвинуло и основу и готовый товар, к-рый тотчас же будет навит товарным регулятором. Наконец можно ввести сначала в ткань несколько уточин a, b, c (фиг. 16) и только потом переместить ткань сразу на их длину товарным регулятором. Для этой цели бердо делают вращающимся около вершника, и оно под влиянием пружины действует на все прибиваемые уточные нити с одинаковой силой. В результате каждая уточина придвинется к предыдущей, в зависимости от своей толщины, так что расстояния y по всей длине будут приблизительно одинаковы, и опять является расположение с равномерным прибоем. Различие последних двух способов образования ткани заключается в том, что в первом для получения большой силы трения между основой и утком требуется сильно шероховатая пряжа, шерстяная, а во втором для более легкого передвижения утка по основе—гладкая пряжа, шелковая.



Фиг. 14.



Фиг. 15.



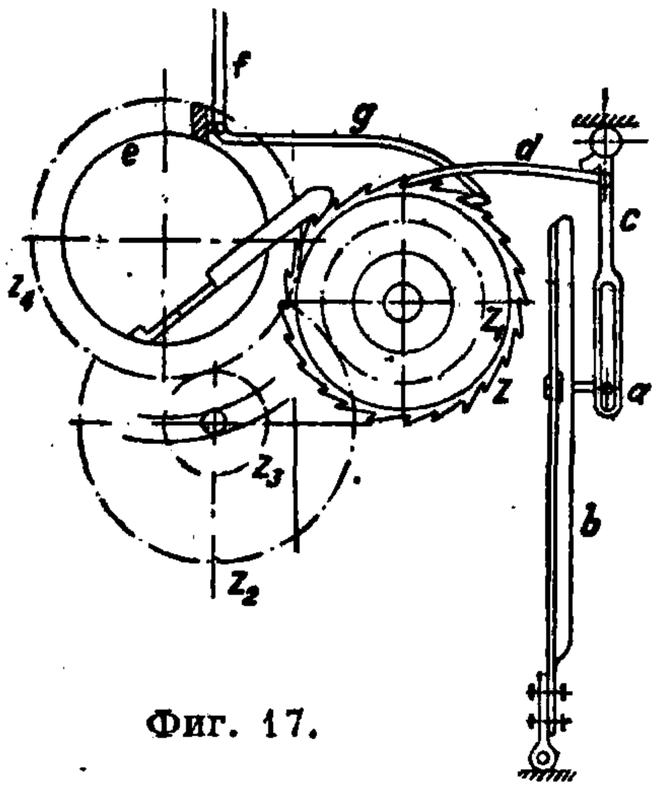
Фиг. 16.

Соответственно сказанному конструкции товарных регуляторов делятся на три сл. группы: 1) с принужденным движением, действующие постоянно, 2) с принужденным движением, действующие не постоянно, или компенсирующие, и 3) действующие от силы (с принужденным действием). Примером 1-й группы является товарный регулятор типа Платта (фиг. 17). От лопасти b посредством штифта a, к-рый может перемещаться в прорезе рычага c, последний приводится в качательное движение. От c собачкою d получает вращательное движение храповик z, а от него зубчатою передачей z_1, z_2, z_3, z_4 вращается товарный вальян e. Если наматывать готовый товар прямо на товарный валик, то диаметр его постепенно увеличивается, отчего необходимо изменять и его угловую скорость. Чтобы избежать этого, чаще всего в товарный регулятор вводят промежуточный валик—товарный вальян, к к-рому снизу грузом или каким-либо другим способом прижимается товарный валик A (фиг. 18), который т. о. будет иметь постоянную окружную скорость и соответственно диаметру переменную угловую скорость. Когда товарный регулятор снабжен вальяном, то его называют с н е п р я м ы м д е й с т в и е м, без него—с п р я м ы м д е й с т в и е м. Поверхность вальяна для избежания скольжения делают шероховатою. Иногда вальяну сообщается движение не от лопасти, а от коленчатого вала; иногда также вместо цилиндрич. передачи часто вводят винтовую. Рассматриваемые регуляторы за каждый оборот станка навивают одну и ту же длину ткани и дают равномерное расположение утка (уточная плотность). Для изменения уточной плотности изменяют число зубов храповика z и шестерни z_1 по ф-ле

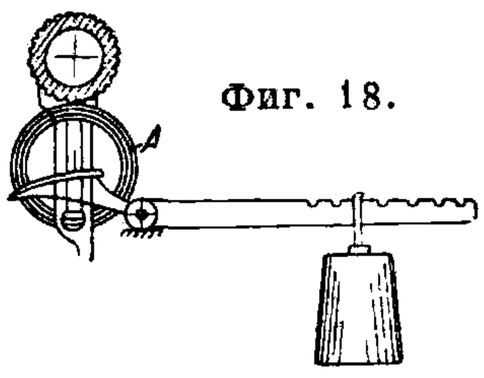
$$\frac{z}{z_1} = S\pi D \frac{n \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4}, \qquad (10)$$

где S—уточная плотность на 1″, D—⌀ вальяна, n—количество зубов храповика, на к-рое подает собачка за один оборот (здесь $n=1$), z_2, z_3, z_4—сменные шестерни (на станках Платта, наиболее распространенных в хл.-бум. промышленности СССР, $z = 140$ зубам, $z_3 = 12$ и $z_4 = 64$ зубам), $D = 5''$ или $\pi D = 15{,}71''$. Число зубов храповика z обычно принимают кратным 10. После снятия с валика ткань укоротится; в среднем это укорочение для чаще всего вырабатываемых товаров составляет 2—2,5%; на эту величину увеличится и плотность.

В регуляторе кроме собачки имеется еще контрсобачка g (фиг. 17); если бы ее не было, то сколько бы товара при прямом ходе собачки ни намоталось на вальян, столько же под влиянием натяжения при обратном ходе смоталось бы. При обрыве уточины механизм уточной вилки переводит ремень с рабочего шкива на холостой и одновременно отклоняет рычаг f и приподнимает контрсобачку g; тогда собачка будет сообщать вальяну только переменно-вращательное движение, без навивания товара. После действия уточной вилки станок по инерции сделает 1—3 оборота, в силу чего на ткани получится пустая полоса—«недосека». Для исправления этого недостатка при пуске станка надо вручную повернуть вальян в обратную сторону. Для автоматизации этого применяют третью собачку—недосечную (фиг. 19), состоящую из двух частей a и b, в ней имеется прорез для болта c. Установив последний на соответственном месте, можно изменить величину возможного перемещения b по a. Эту собачку помещают в регуляторе наклонно с установкой для перемещения b на 2 зуба (среднее из 1—3).
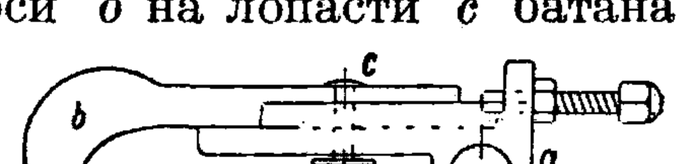


Фиг. 17.

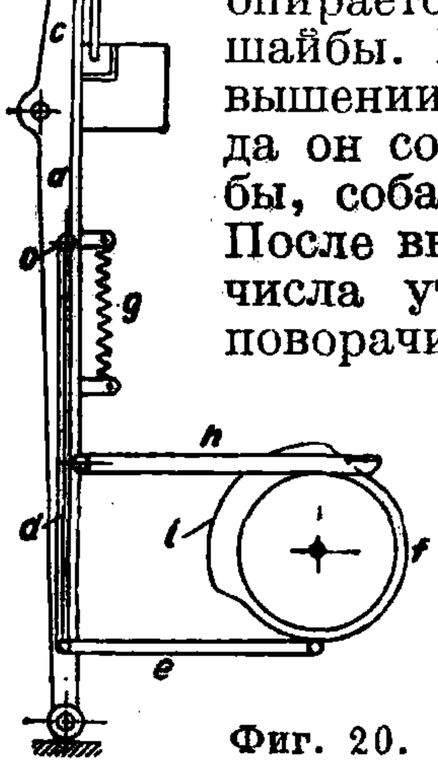


Фиг. 18.

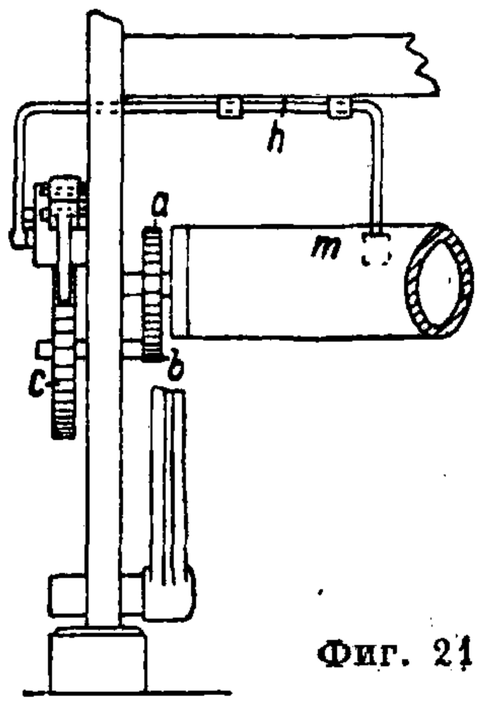
На фиг. 20 дана упрощенная схема компенсирующего регулятора. Бердо b помещается в пазу батана, в специальной раме рычага a, вращающегося около оси o на лопасти c батана и в нижней своей части d соединенного с тягой e. Пружина g одним концом прикреплена к третьему плечу рычага ad, а другим—к приливу у лопасти c; под влиянием ее бердо прижимается к опушке ткани. Тяга e соединена с шайбой f, имеющей на боковой поверхности возвышение i и свободно сидящей на оси, на к-рой закреплен храповик. Собачка h соединена с лопастью и посредством болта опирается на боковую поверхность шайбы. Если болт находится на возвышении i, собачка не действует; когда он сойдет на малый диаметр шайбы, собачка поворачивает храповик. После ввода в ткань определенного числа уточин бердо отклоняется и поворачивает шайбу f так, что болт собачки сходит с возвышения i, и происходит подача основы, а при следующем обороте бердо прижимается к брусу батана, отчего шайба опять подойдет под собачку своим возвышением. В действительности конструкция такого регулятора, например типа з-да Рюти, очень сложна и благодаря этому употребляется в шелковом производстве очень редко. В результате его действия получается расположение утка с равномерным прибоем.

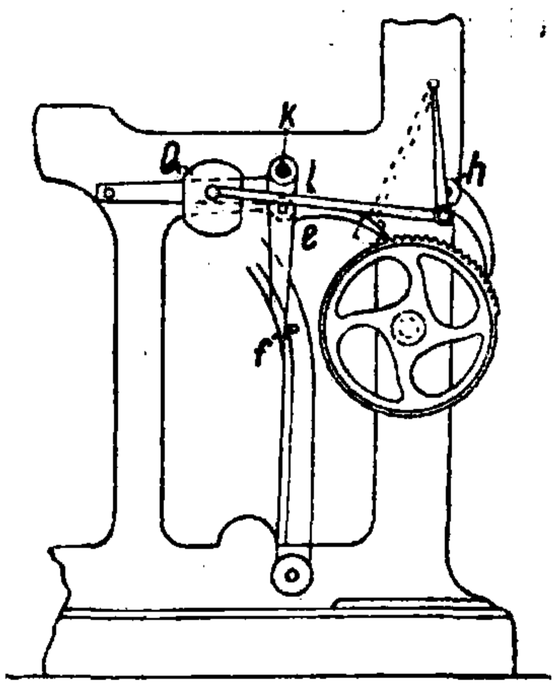


Фиг. 19.



Фиг. 20.

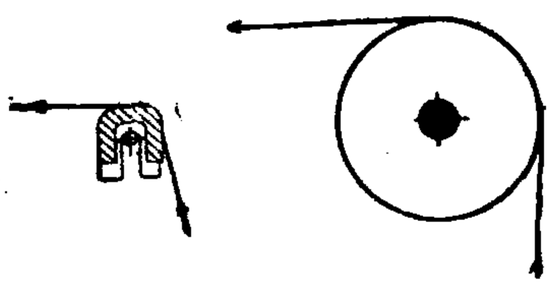




Фиг. 21.

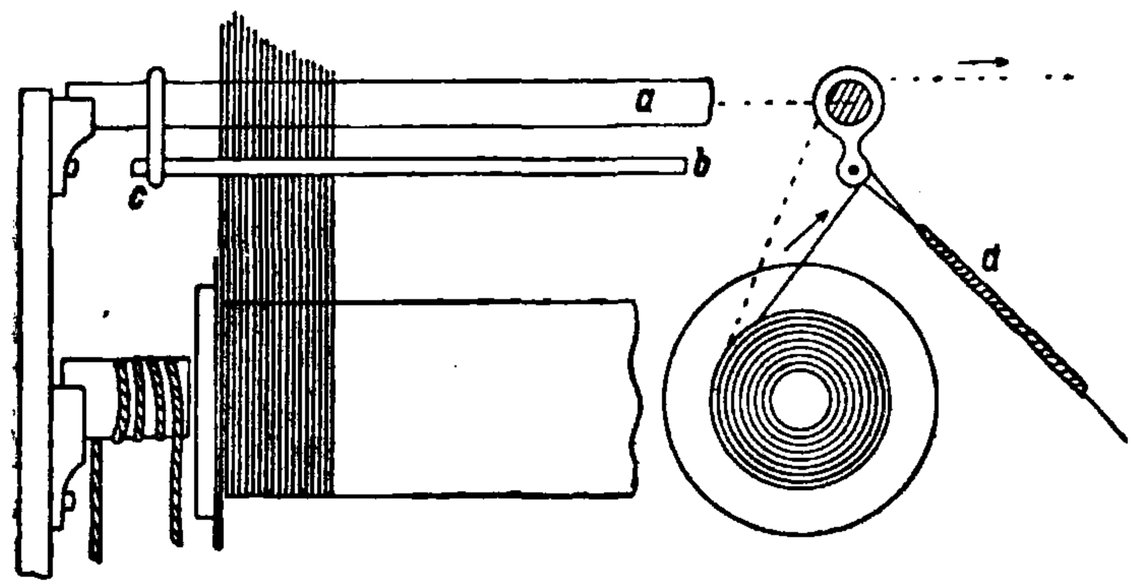
На фиг. 21 показана конструкция регулятора с действием от силы типа завода Шенгера. На оси товарного валика посажена шестерня a,

передающая движение b, на валу к-рой закреплен храповик c. На него действует собачка e с осью вращения на вертикальном плече двуплечевого рычага. По горизонтальному плечу этого рычага может перемещаться груз Q, под влиянием которого собачка e все время стремится повернуть храповик в направлении навивания ткани, но этому оказывает сопротивление ее натяжение. Когда последнее будет преодолено, то храповик повернется, ткань навьется, а груз Q опустится. Уменьшение же натяжения ткани происходит, как указано выше, при перемещении ее вместе с основой бердом под действием заклинивающейся в зеве уточной нити. Груз опускается до определенного положения, в к-ром штифт f (на лопасти батана) при помощи особого приспособления устанавливает его в первоначальное состояние. Так как ткань навивается непосредственно на товарный валик, диаметр которого при этом увеличивается, то необходимо изменяется и момент сопротивления навиванию, который равен $Z \cdot \frac{d}{2}$, где Z — величина натяжения, но $Z \cdot \frac{d}{2} = Qq$, где q—плечо действия груза, отсюда для постоянства натяжения Z д.б. $\frac{q}{d} = \text{Const}$. Поэтому q при изменении диаметра d валика должно также изменяться. С этой целью к товарному валику все время прижимается валик m, от к-рого к грузу Q идут две штанги h и i, отодвигающие Q от оси вращения рычага k. Регулятор с действием при помощи силы дает расположение утка с равномерным прибоем.



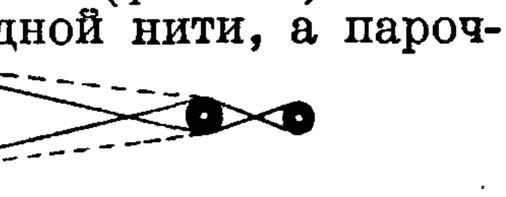
Фиг. 22а. Фиг. 22б.

Скало, цены, шпарутки и грудница. Непосредственное назначение скала—направить основу на требуемую для удобства работы высоту в почти горизонтальном положении и сохранить это положение несмотря на изменяющиеся диаметры основы и товара.



Фиг. 23.

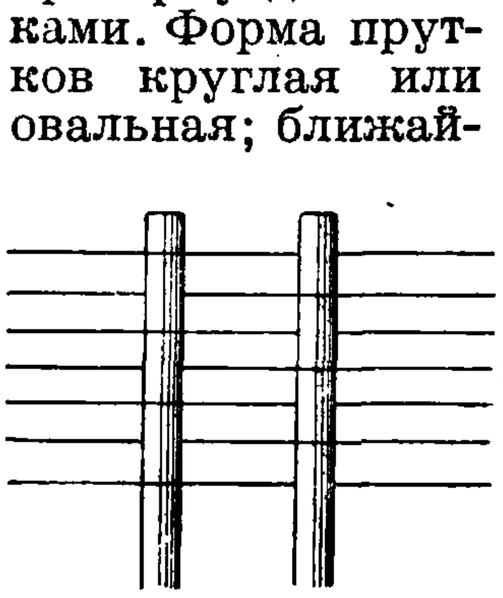
Нередко кроме этого на скало возлагается еще задача сохранить постоянным натяжение основы во время зевообразования. Скала по конструкции делятся на неподвижные и подвижные. Неподвижное скало имеет форму или чугунного бруска или же валика (фиг. 22а и 22б). Подвижное скало, кроме рассмотренных при негативных основных регуляторах, устраивается часто след. обр. (фиг. 23). Скало представляет собой чугунный валик a, к к-рому посредством хомутиков c подвешивается прут-ток b—подскальник. Хомутики соединены пружинами d с лопастью батана. Подскальник помещается сверху основных нитей. Когда образуется зев и натяжение основных нитей увеличивается, батан идет к скалу, действие пружин, а следовательно и подскальника на нити уменьшается; при обратном движении батана подскальник изгибает основные нити, увеличивая тем самым их уменьшающееся во время закрытия зева натяжение. Вместо описанного устройства иногда применяется устройство (фиг. 23а), где скало a помещается в рычаге, качающемся от эксцентрика b.



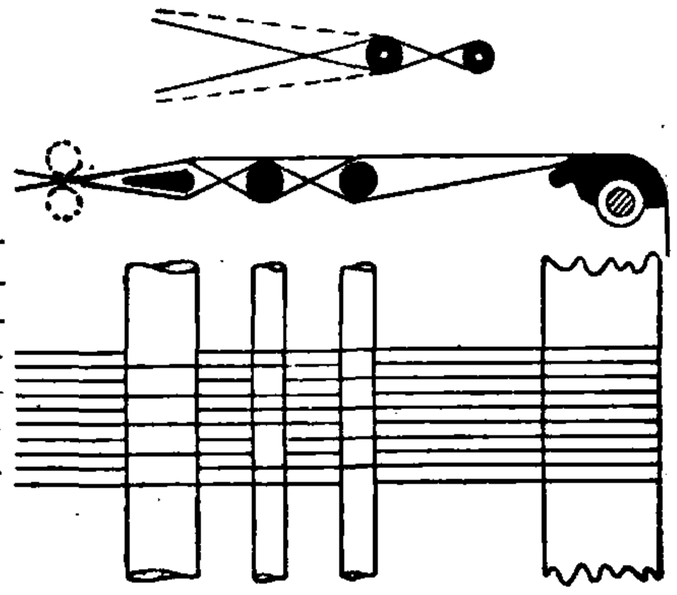
Фиг. 23а.

Цели, к-рые преследуются введением цен, следующие: 1) отделение друг от друга основных нитей, склеившихся во время шлихтовки, 2) облегчение розыска оборвавшихся нитей и правильная заводка в бердо вновь привязываемых, 3) фиксирование длины задней части зева и 4) приглаживание волосиков сильно шероховатой пряжи, напр. шерстяной. Цены представляют собой прутки из дерева; обыкновенно берут две цены, иногда три и при очень шероховатых основах доходят даже до четырех.

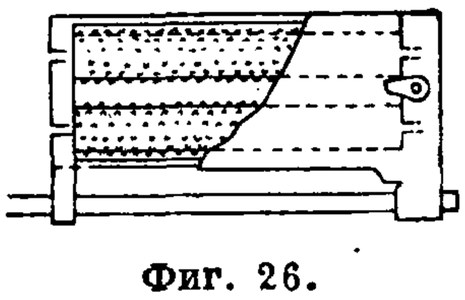
При двух ценах проборка нитей через них производится вперекрест: одну нить направляют внизу, следующую вверху первой цены, а на второй поступают обратно (фиг. 24). Часто проборку делают не по одной нити, а парочками. Форма прутков круглая или овальная; ближайшему к ремизке прутку лучше придавать форму, показанную на фиг. 25, чтобы уменьшить разницу в длине нитей, идущих во время зевообразования. Для поддержания должной ширины в начале готовой ткани ставят с каждой стороны шпарутки. Шпарутки бывают ручные и механические; последние в свою очередь—валичные и кольцевые. Валичные шпарутки имеют один или два валика (фиг. 26), к-рые сверху прикрываются крышкой, концентричной с их формой. Благодаря ей ткань огибает половину верхней поверхности валиков и захватывается их иглами, расположенными винтообразно. Внизу в футляре делаются отверстия для удаления пуха. Валики бывают цилиндрические, реже конические; оси их параллельны или пересекаются. Длина валиков 75—150 *мм*, ∅ $12^1/_2$—19 *мм*. Материалом для них может служить сталь, железо, медь, изредка дерево. Валичные шпарутки пригодны для легких и средних по плотности товаров. Для тяжелых, широких и плотных тканей требуются более сильные шпарутки—кольцевые.



Фиг. 24.



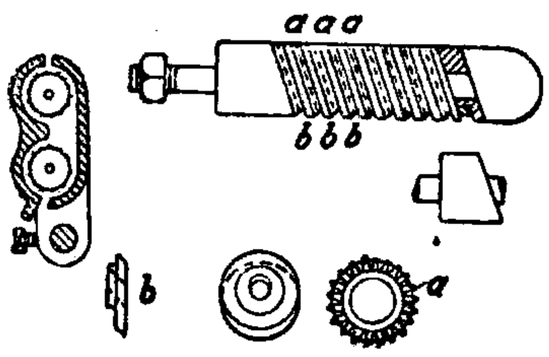
Фиг. 25.



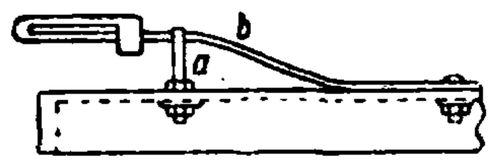
Фиг. 26.

Кольцевая шпарутка состоит из ряда параллельных медных колец a (фиг. 27), снабженных по окружности иглами. Кольца отделены друг от друга шайбами b, имеющими эксцентриковые выступы, на к-рые и сажаются кольца. Отверстия в шайбах просверлены под углом к оси.

Все части собираются на общий шпиндель. Шайбы устанавливаются т. о., чтобы наиболее удаленные части их выступа находились вверху. Тогда кольца будут прочно удерживать своими иглами ткань, а при вращении книзу иглы будут легче отделяться от ткани. В зависимости от строения ткани число колец применяется 1—20. Укрепляют шпарутки б. ч. болтом *a* (фиг. 28). Такой способ позволяет переместиться прутку *b* со шпарутками к грудинце и предохранить ткань от порчи, если



Фиг. 27.



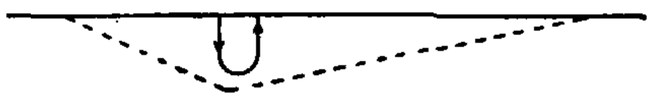
Фиг. 28.

челнок задержится почему-либо в зеве. Грудница в большинстве случаев представляет собой чугунный брус, служащий для направления готового товара к низу станка и одновременно для связи боковых рам. Линия схода ткани иногда не прямая, а имеет посредине выступ для выравнивания натяжения средней и кромочных частей ее.

Движение основы в вертикальном направлении. 1. В и д ы з е в а. Нити основы на станке натягиваются приблизительно в горизонтальной плоскости между скалом и грудницей. Этот уровень их расположения называется средним; для того чтобы ввести между нитями основы уточную нить, их при каждом обороте станка разделяют на две части, соответственно переплетению—вверх и вниз; между ними образуется отверстие, называемое зевом, в к-ром и помещается уточная нить. Для сообщения такого перемещения основные нити пропускаются (пробираются) в петли или колечки (глазки) шнурков, закрепленных в особых приборах—ремизках (см. *Ремизное производство*), число к-рых выбирается в зависимости от рисунка ткани. Механизмы же, служащие для движения ремизок, называются зевообразователями. В ткачестве применяется несколько видов зева. Их разделяют, во-первых, на неполные и полные. Неполный зев, верхний или нижний, получается, когда от среднего положения нити перемещаются только вверх или вниз, давая соответственно неполный верхний или неполный нижний зев (фиг. 29 и 30). Путь, проходимый нитью во время образования зева, равен двойной высоте зева и в сравнении с другими видами зева он является бо́льшим и вызывает большее напряжение в основе; такой зев применяется на тихоходных станках при работе с толстой, прочной или обладающей большими упругими свойствами основой.



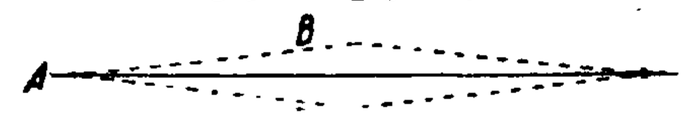
Фиг. 29.



Фиг. 30.

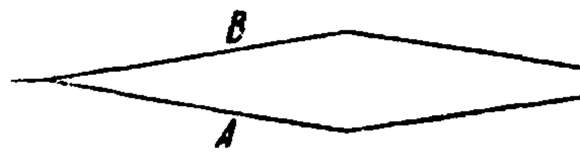
Большое преимущество верхнего зева заключается в том, что его нижняя часть спокойна и тем способствует правильному пролету челнока. Полный зев в свою очередь м. б. закрытый, или центральный, открытый и полуоткрытый. Закрытым зевом называется такой, при к-ром за каждый оборот станка в среднее положение на один уровень приходят все нити основы. В нем часть нитей (фиг. 31) откло-

няется в верхнюю часть зева *B*, другая—в нижнюю *C*, а затем все собираются в среднее положение *A*. Здесь перемещение нити равно половине высоты зева и в два раза меньше, чем при неполном зеве; натяжение ее также меньше. Это обстоятельство позволяет работать при нем с большей скоростью. Поднимающиеся и опускающиеся нити до известной степени уравновешивают друг друга, что вызывает уменьшение расхода энергии. Натяжение всех нитей остается в каждый момент зевообразования одинаковым, что позволяет применять в этом случае подскальник. *Недостатком закрытого зева является* то, что все нити находятся в движении, и это вредно отражается на правильности полета челнока. Применяется этот зев на простом миткалевом станке, при приборах Вудкрафта и у нек-рых типов кареток.

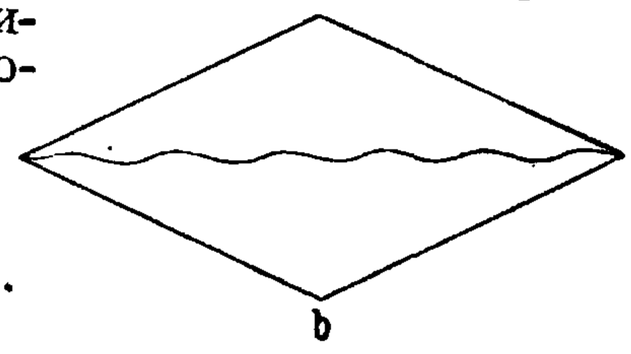


Фиг. 31.

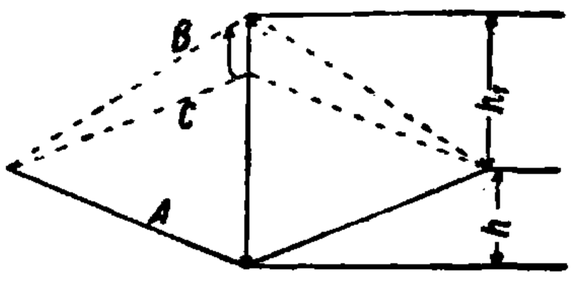
Открытым зевом называется такой, при котором во время закрытия в среднее положение приходят не все нити основы (фиг. 32). В нем из крайних положений *A* и *B* перемещается часть нитей, а другая, которая и в следующее зевообразование д. б. вверху или внизу, остается неподвижной. В сравнении с закрытым зевом путь и натяжение нитей одинаковы, но так как часть нитей не изменяет своего положения, излишнего перемещения их нет, а потому их состояние вообще спокойнее и для правильного полета челнока условия благоприятнее. Поднимающиеся и опускающиеся нити и здесь уравновешивают друг друга. Недостатком же открытого зева является то, что нельзя все нити привести на один уровень при надвязке оборвавшихся. В противоположность закрытому здесь натяжения нитей в различные моменты зевообразования будут различны. Открытый зев употребляется на каретках Ноульс (Knowles) и на нек-рых каретках Добби и Жаккарда. Вид закрытого зева *a* и открытого *b* в момент его закрытия показан на фиг. 33. В полуоткрытом зеве (фиг. 34) нижняя часть основы ведет себя вполне одинаково с открытым; те же



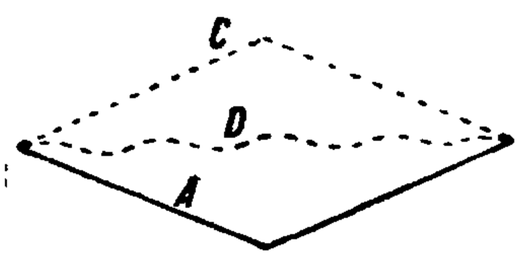
Фиг. 32.



Фиг. 33.



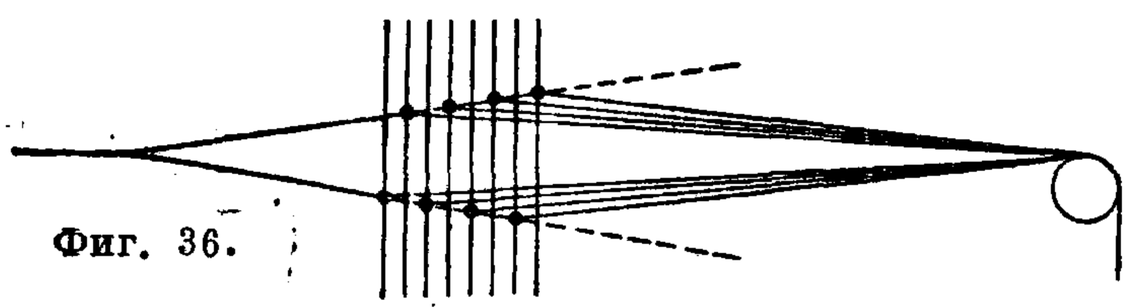
Фиг. 34.



Фиг. 35.

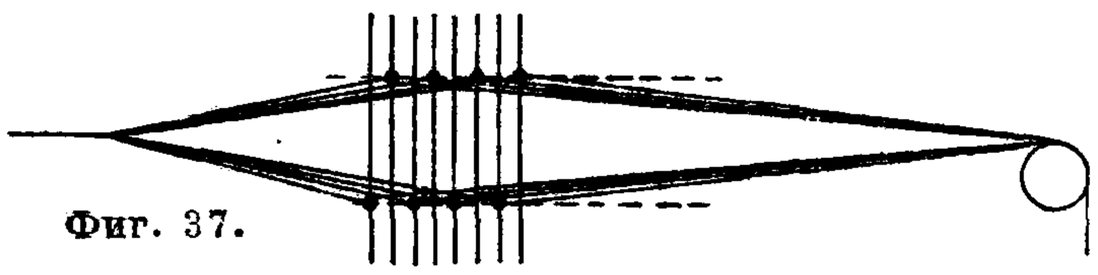
ремизки *B*, к-рые должны остаться вверху подряд больше одного оборота станка, сейчас же после подъема опускаются вместе с остальными на нек-рую высоту и затем остаются на этом уровне *C* до прихода сюда поднимающихся снизу, вместе с к-рыми они доходят опять до крайнего внешнего положения, где остаются уже все в продолжение всего нового выстоя.

Такой способ зевообразования выравнивает несколько натяжение уровней A и B сравнительно с средним D при скрещивании; тем более первоначально зев устраивают несимметричным, делая отклонение нижней части от средней h меньше отклонения h_1 у верхней. Полу-



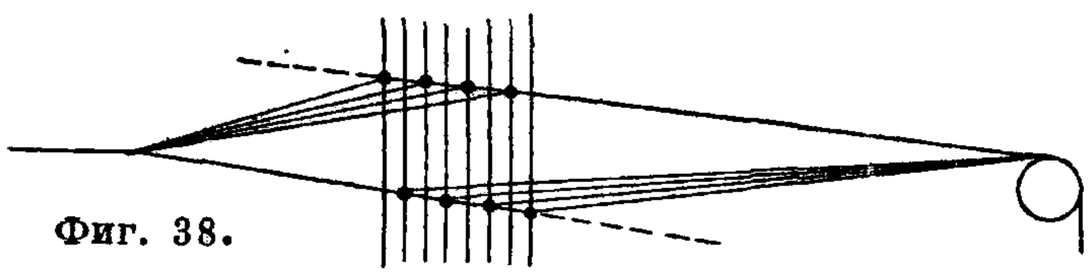
Фиг. 36.

открытый зев употребляется преимущественно в двухподъемных каретках Добби. Из фиг. 31 видно, что в момент закрытия у закрытого зева все нити—на среднем уровне и их натяжение можно сделать значительным, а у открытого (фиг. 35) нити, находящиеся в среднем положении, имеют натяжение малое. Различают еще чистый зев (фиг. 36) и нечистый (фиг. 37). У чистого зева при полном открытии



Фиг. 37.

как верхние, так и нижние нити расположены соответственно в одной плоскости, у нечистого—в разных плоскостях. У чистого высота в различных ремизках различна, увеличиваясь по мере удаления от опушки, причем увеличивается натяжение нитей, у нечистого она везде одинакова. Но для правильного полета челнока сохранение общего уровня, хотя бы в одной нижней части, необходимо. Поэтому прибегают



Фиг. 38.

иногда к смешанному (фиг. 38), где сохранен общий уровень внизу и нарушен вверху, но уменьшена несколько разница в высоте.

Эксцентриковые механизмы для образования зева. Зевообразователь должен выполнять две задачи: с одной стороны, произвести самое отклонение нитей, преодолевая при этом сопротивление (натяжение основы, трение, нагрузка, живая сила), а, с другой,—необходимо, чтобы соответственно рисунку при образовании зева определенные группы нитей поднимались, другие же опускались. Обе задачи могут исполняться или одним органом станка, или же зевообразователь может состоять из двух частей, из к-рых одна (подъемный механизм) служит исключительно для перемещения нитей, а вторая (прибор рисунка) должна распределять их вверх или вниз. К первой группе относятся эксцентрики, ко второй—каретки, переборные и Жаккарда. Для каждой вновь вводимой уточины на окружной поверхности эксцентрика д. б. или возвышение или углубление над окружностью среднего радиуса его. Число эксцентриков зависит от раппорта по основе, будучи в общем случае равно ему. На фиг. 39 дана схема эксцентрика с раппортом, равным 4, где A—окружность среднего радиуса; она разделена на 4 части: одному обороту коленчатого вала будет соответствовать $^1/_4$ оборота эксцентрика или угол поворота в 90°—I, II, III, IV. По этой окружности в каждом углу штриховкой обозначены возвышения B, D и углубления C, E для примера в перемежающемся порядке. Более точная форма эксцентрика определяется следующими условиями движения ремизки. При пролете челнока ремизки с нитями основы д. б. неподвижны или, как говорят, у них д. б. выстой, иначе челнок может вылететь из зева. Для большей правильности движения челнока продолжительность выстоя желательна бо́льшая, т. к. тогда скорость этого движения м. б. взята меньшая, с другой стороны, при большом выстое остается мало времени для перемещения нитей, что влечет за собой увеличение обрывности их. Чаще всего его берут равным $^1/_4$—$^3/_8$ оборота колена, доводя иногда до $^1/_2$ и даже выше, в зависимости от рода волокна



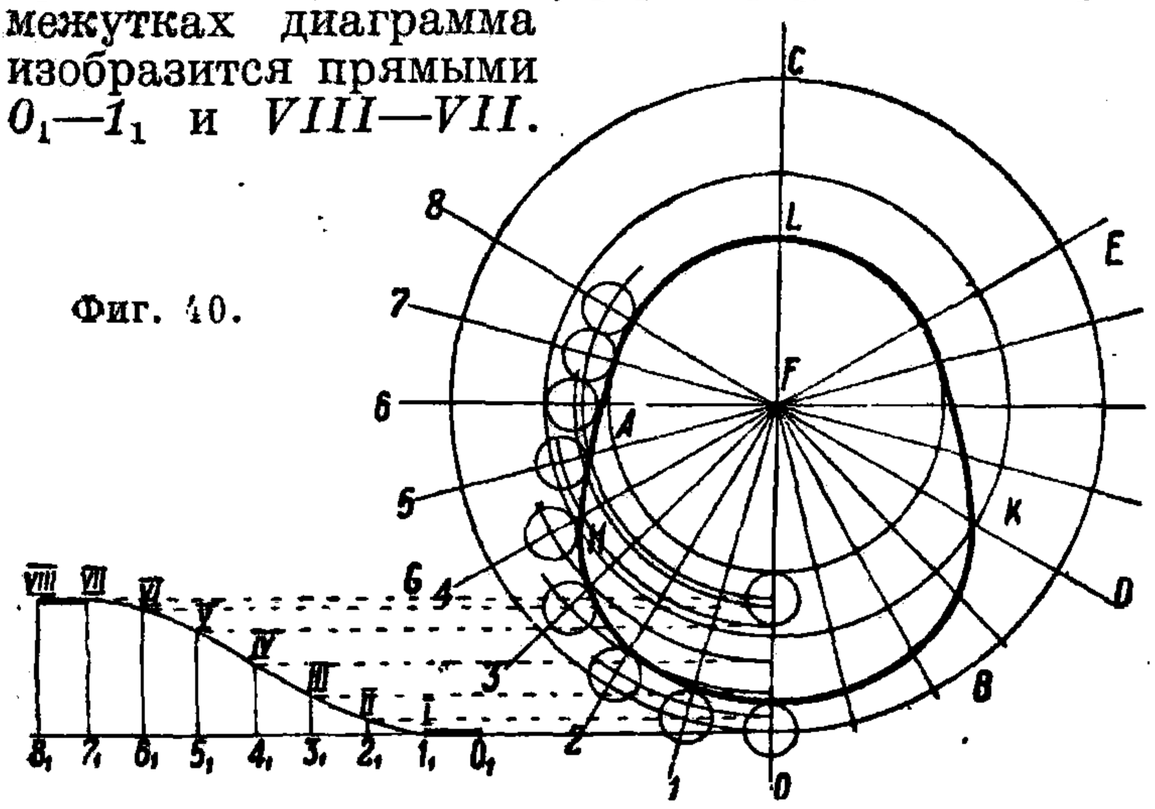
Фиг. 39.

пряжи, ее номера, упругих свойств и др.; во время выстоя на форме эксцентрика д. б. дуга круга наибольшего или наименьшего радиуса, длиной соответственно выстою. В нашем примере выстой равен $^1/_4$ угла поворота эксцентрика в $22^1/_2°$.

Остальные части (переходы от возвышений к углублениям и обратно) служат для перемещения ремизки и потому должны иметь форму, соответствующую характеру этого движения. Чаще всего от крайнего положения, когда зев открыт и нити имеют наибольшее натяжение, ремизкам сообщают для ослабления их напряжения равномерно ускоренное движение до среднего положения, когда их натяжение самое малое; а затем при дальнейшем отклонении в крайнее положение перемещение делают равномерно замедленным. Третье условие, которое должно определять форму эксцентрика, это—вид зева.

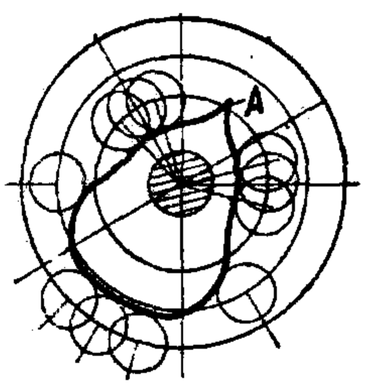
На основании этих условий форму эксцентрика можно построить лучше всего, взяв часть, соответствующую половине возвышения и половине углубления, и состоящую из $^1/_2$ выстоя + переход от возвышения к углублению + $^1/_2$ выстоя, т. к. эта часть дает возможность построить форму эксцентрика в любом ее месте. На фиг. 40 для примера приведено построение эксцентрика для раппорта, равного 3, с выстоем в $^1/_4$ оборота главного вала, с неравномерным движением ремизок и с открытым зевом. A—окружность наименьшего радиуса, B—наибольшего радиуса + радиус каточка. Берем угол $0F8 = \frac{360}{3} = 120°$ и делим его на несколько равных частей, напр. 8, т. к.

эксцентрик вращается равномерно. Часть окружности B, соответствующую этому углу, развертываем в прямую 0_1—8_1, и на последней строим диаграмму движения ролика, т. е. ремизки. Выстой в $^1/_4$ оборота (2 деления) распределяем по концам $0_1 1_1$ и $7_1 8_1$; в этих промежутках диаграмма изобразится прямыми 0_1—1_1 и *VIII*—*VII*.



Фиг. 40.

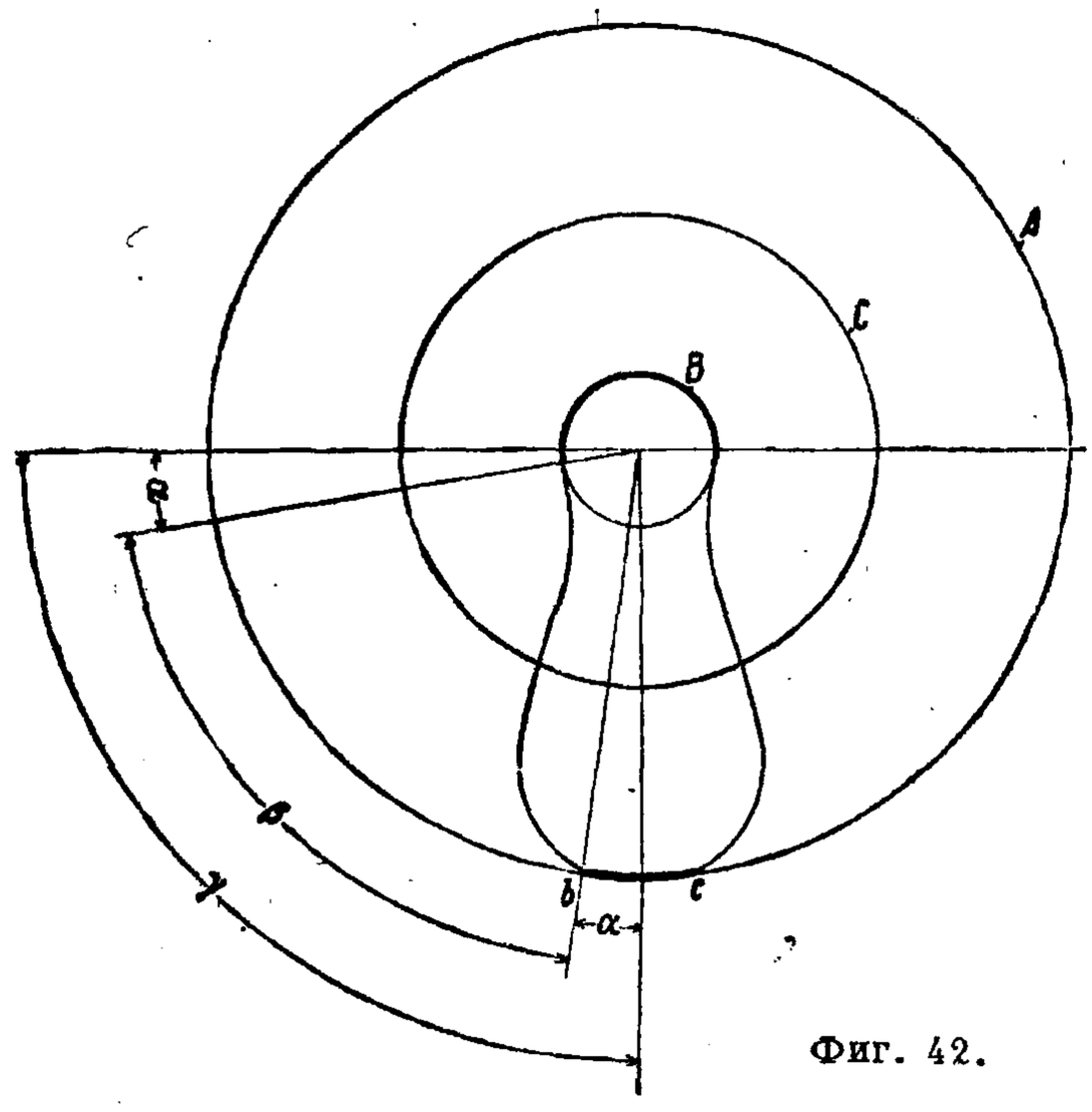
Остальные ординаты определяем из условия, что ремизка до середины поднимается равномерно-ускоренно, а затем до конца равномерно-замедленно, и следовательно ее пути должны относиться, как 1 : 3 : 5 : 5 : 3 : 1. Поэтому получаем $2_1 II = {}^1/_{18} h$, $3_1 III = {}^1/_{18} h + {}^3/_{18} h = {}^4/_{18} h$ и т. д. Все эти ординаты проектируем сначала на вертикальный радиус, а потом полученные точки дугами переносим на соответствующие радиусы, зачерчиваем ролики, проводим обхватывающую кривую к этим положениям ролика и получаем треть формы эксцентрика. Далее принимаем, что порядок чередования состоит из одного возвышения и двух углублений, и строим остальную часть формы. Очевидно, что закрытие зева должно совершаться при действии радиусов эксцентрика, делящих пополам углы $0F8$, $8FE$, $EF0$, соответствующие одному обороту коленчатого вала, т. е. FG, FC, FD. В эти моменты длина радиуса эксцентрика д. б. равна его среднему радиусу, если зев закрытый, так как в этот момент все ремизки должны быть на среднем уровне. На фиг. 40 радиусы действия эксцентрика FH и FK действительно удовлетворяют этому условию, между тем как LF показывает, что ремизка в этот момент остается в крайнем положении, поэтому данная форма дает открытый зев. Чтобы получить закрытый зев, достаточно точку L перенести на среднюю окружность, прибавив к форме соответствующий прилив A (фиг. 41).



Фиг. 41.

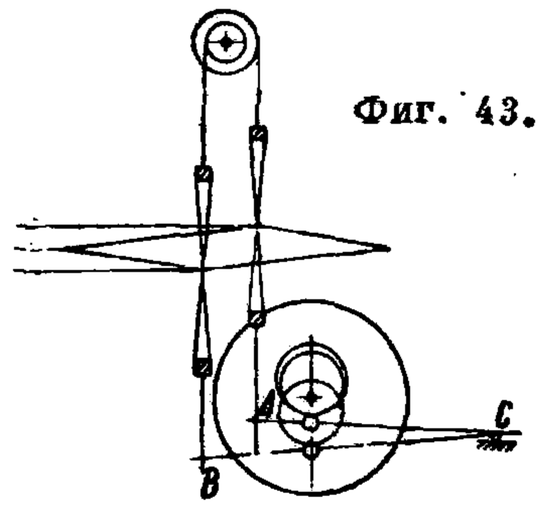
Часто приходится решать обратную задачу: по форме эксцентрика определить его раппорт. На основании предыдущего ее можно разрешить сл. обр. Пусть дана форма эксцентрика (фиг. 42). Проведем окружности наибольшего A, наименьшего B и среднего радиусов C. Мы имеем здесь очевидно одно возвышение над средней окружностью и подряд несколько углублений. Часть bc, совпадение формы эксцентрика с окружностью A, соответствует выстою ремизки. Определяем угол α, равный $^1/_2$ этого выстоя; затем определяем β, на протяжении к-рого происходит перемещение ремизки из одного крайнего положения в другое. Сумма $\alpha + \beta + \alpha = \gamma$ даст угол, соответствующий одному обороту коленчатого вала. Отложив его дугу по какой-либо окружности, получим, что она содержится в данном случае ровно четыре раза; поэтому раппорт этого эксцентрика равен 4.

Движение ремизок. По способу приведения в движение ремизок эксцентриковые зевообразователи делятся на две группы: 1) с зависимым движением и 2) с независимым движением. В первом случае движение одной ремизки вызывает перемещение всех или части остальных; во втором—каждая ремизка получает свое собственное движение. В свою очередь каждая группа дает две подгруппы: 1) внешнее движение и 2) внутреннее движение, в

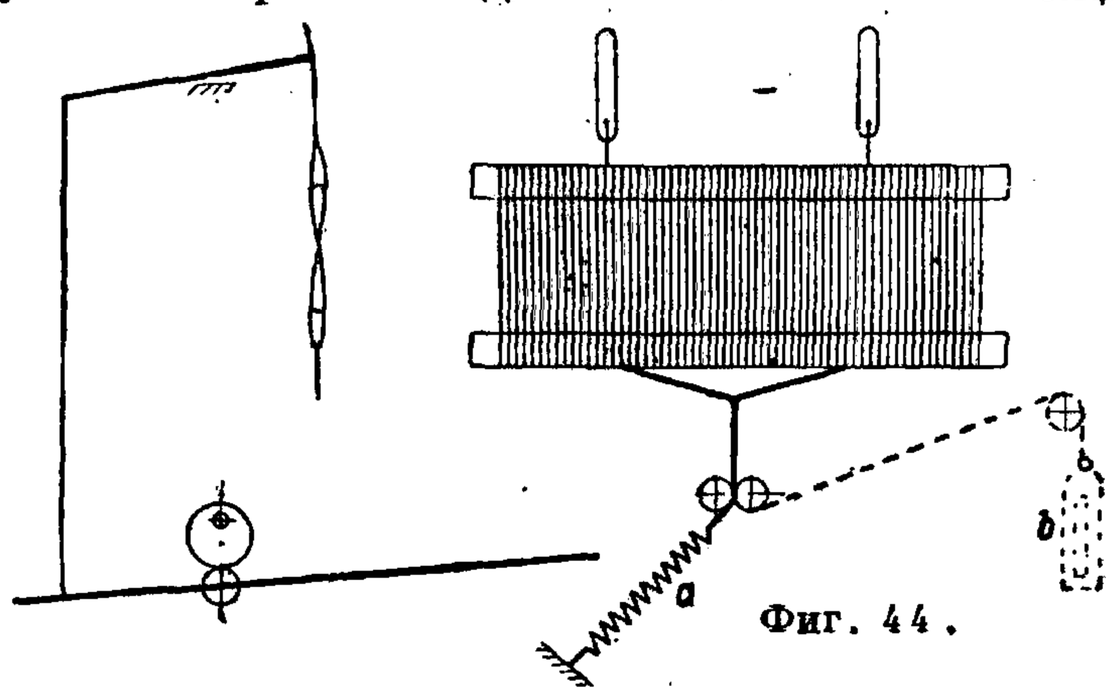


Фиг. 42.

зависимости от того, где располагаются эксцентрики—внутри или вне станин станка. Фиг. 43 дает схему устройства внутреннего зависимого движения для двух ремизок. Как видно, здесь зависимость устанавливается при посредстве верхних роликов, на ободе к-рых закрепляются концы веревочек, идущих к верхним частям ремизки, а нижние их части соединяются веревочками же с проступными рычагами AC и BC. При этом для того чтобы получить чистый зев, необходимый для правильной работы, радиусы этих роликов должны относиться между



Фиг. 43.

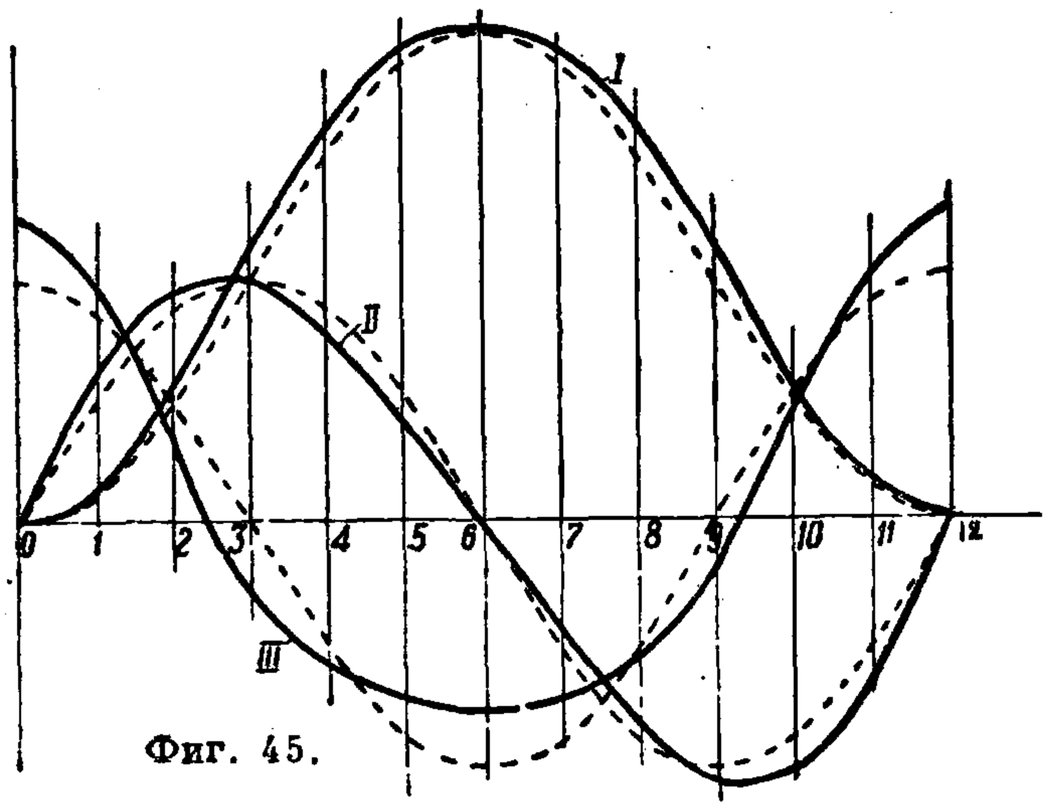


Фиг. 44.

собой, как высоты ремизок или их расстояния от опушки ткани. При независимом внешнем движении (фиг. 44) каждый проступной рычаг связывается тягой с верхним рычагом, который веревочками соединяется с верхней

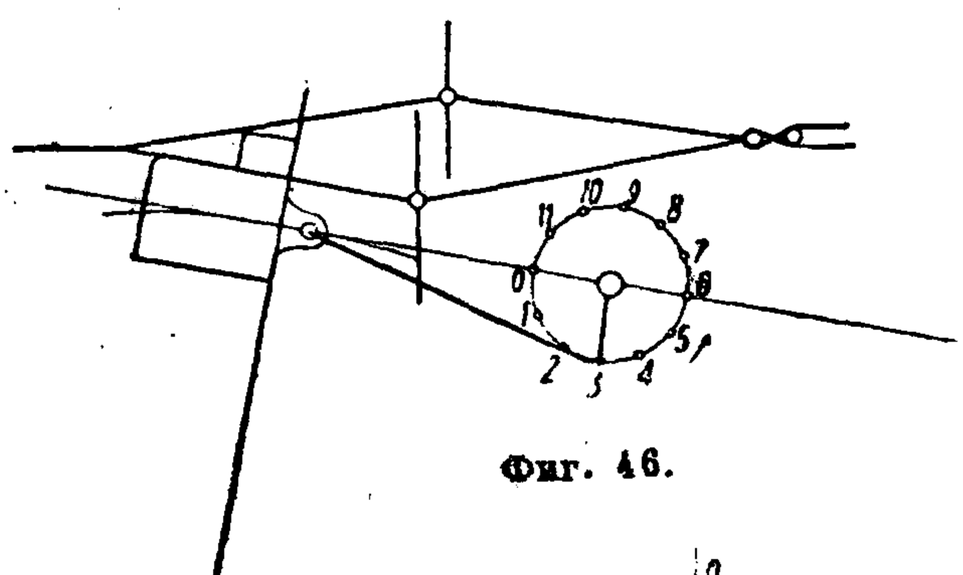
частью ремизки (см. *Ремиз*), а на нижнюю ее часть действует пружина *a* или груз *b*. Иногда проступные рычаги располагают не горизонтально, а вертикально.

Движение утка. Батан и его движение. Движение утка, введение его в зев, а потом присоединение к готовой ткани совершаются посредством *батана* (см.) и механизма для боя. Перемещения батана д. б. плавны,

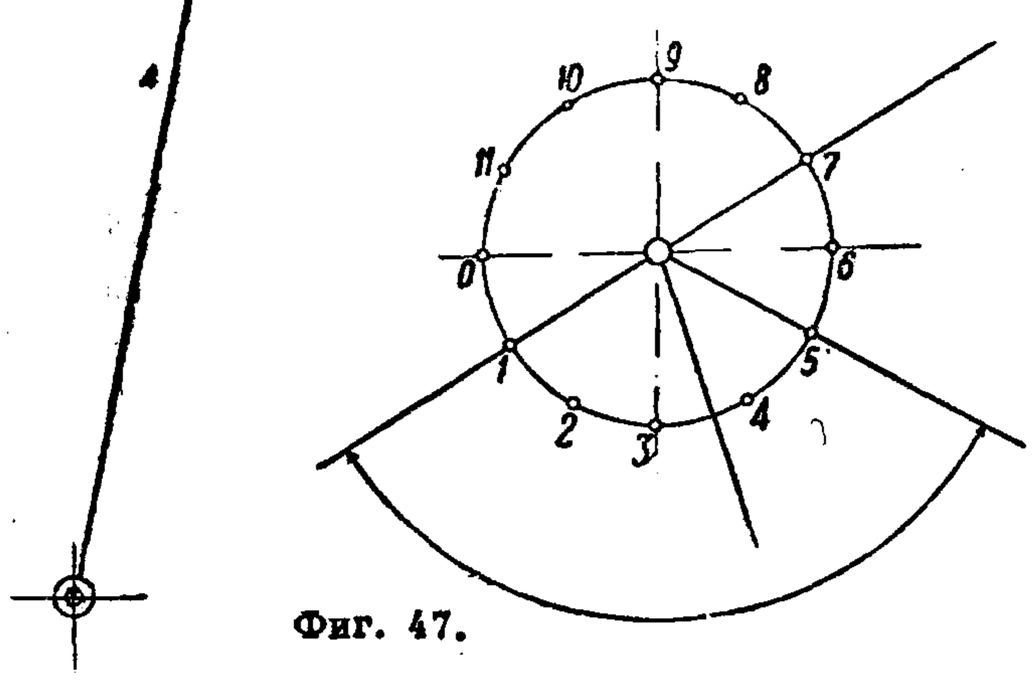


Фиг. 45.

без толчков, к-рые вредно будут отзываться как на полете, так и на прочности частей машины и нитей основы. В этом отношении будет иметь значение однообразие условий при ходе батана в ту и другую сторону относительно опушки ткани. Наконец прибивание утка бердом должно производиться не ударом, а давлением, но более или менее энергичным, в зависимости от строения ткани. Чтобы определить и исследовать условия движения батана при разных конструкциях передачи ему движения от главного вала, удобнее всего воспользоваться графиками (фиг. 45, где *I*—перемещения, *II*—скорости, *III*—ускорения батана). На фиг. 46 изображены цапфы лопасти батана при условии отношения длины поводка к радиусу колена, как 4 : 5, и расположения оси колена на продолжении хорды, соединяющей крайние положе-

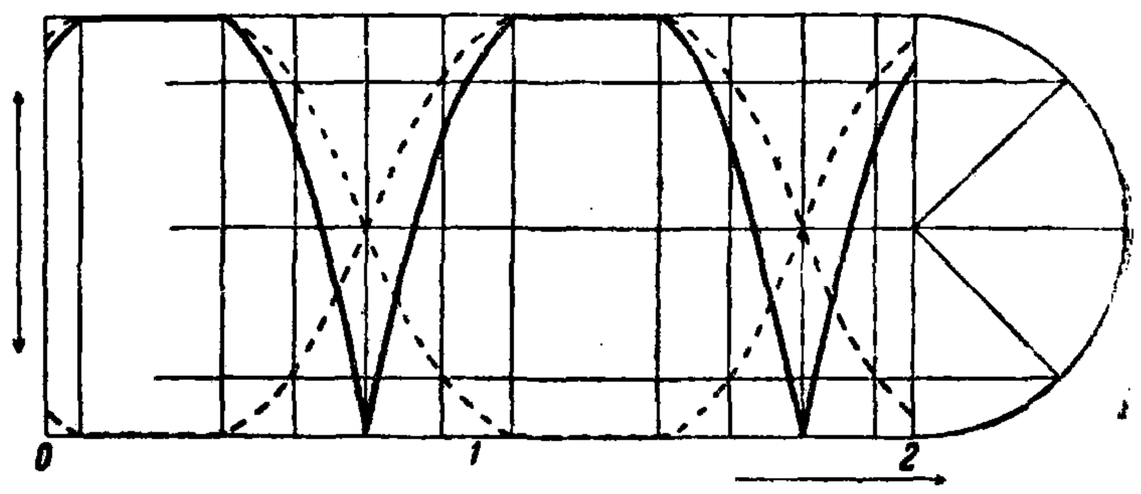


Фиг. 46.



Фиг. 47.

ния цапфы (фиг. 47). При этом сплошные линии на фиг. 45 соответствуют точному определению рассматриваемых величин, а пунктирные—в предположении гармонич. движения. Из рассмотрения кривых можно заключить, что разница между точными и приближенными незначительна. Конструкция батана (фиг. 46) взята типа станка Платт при установке его частей для выработки миткаля. Вообще принято различные моменты ткачества, действия отдельных частей станка относить к положению колена. Для этого на фиг. 47 путь его разделен на 12 частей и на диаграмме отмечены: начало *1* и конец выстоя ремизок *5*, моменты входа *3*, *5* и выхода из зева челнока *7*. При принятом выстое *1—5* момент среднего положения ремизок, «заступ», очевидно будет в положении *9*, т. к. скорость подъема и опускания их одинакова. Из фиг. 45 видно, что при данной конструкции батана ордината кривой скорости, соответствующая абсциссе $3^1/_2$, т. е. входу челнока в зев, имеет б. или м. значительную величину, к-рая затем до положения *6* уменьшается, а потом, переменяя направление, увеличивается до *7*, поэтому первое условие выполняется здесь в небольшой степени. В промежутках *11—12* *0—1* кривая перемещений плавная и не особенно крутая, что свидетельствует о нормальном прибое. От положения *0* до $2^1/_2$ кривая ускорения показывает, что оно положительно; поэтому на этом пути сила инерции челнока как противоположная по знаку будет направлять челнок от оси колена к опушке,

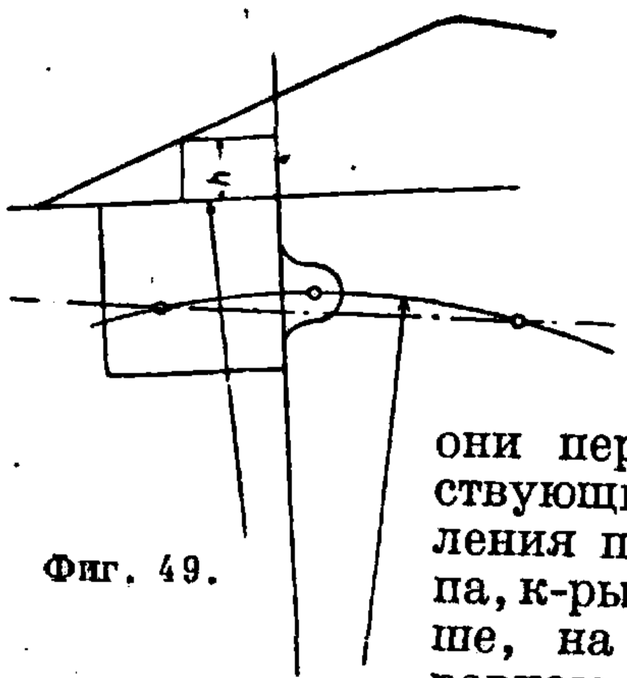


Фиг. 48.

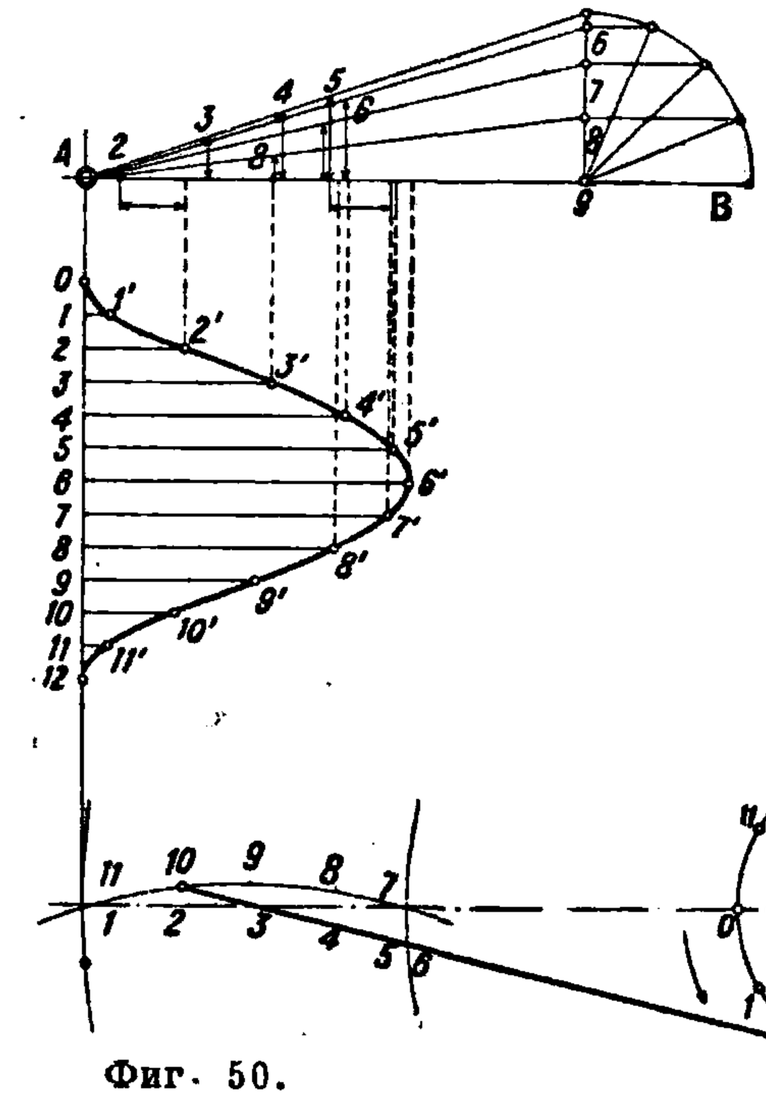
т. е. он будет прижиматься к передней стенке челночной коробки. После $2^1/_2$ до *6* ускорение батана меняет свой знак, и челнок в поперечном направлении бруса сначала переходит от передней стенки коробки к берду, затем будет прижиматься к нему, причем по мере удаления от $2^1/_2$ сила прижатия увеличивается и только в *6—7* несколько уменьшается. Челнок входит в зев в положении $3^1/_2$, и этот момент очень ответственный, т. к. в этом месте челнок, получивший известное направление от боевого механизма, может его изменить, если основные нити окажут ему какое-либо сопротивление. Нормальная длина поводка (ок. 5 радиусов колена) дает не вполне удовлетворительные условия движения батана; диаграмма показывает, что в этот момент челнок перемещается поперек бруса, и поэтому является опасность его вылета. Тем не менее эта конструкция благодаря своей простоте очень употребительна.

Т. о. с движением батана тесно связано изменение высоты зева, к-рая в свою очередь определяет возможную продолжительность нахождения челнока с определенными размерами в зеве, а следовательно и его скорость и степень безопасности полета. Высота зева у глазка ремизки легко определяется графически при предположении, что она движется гармонически (фиг. 48). Две пунктирные кривые *1* и *2*—пути движения двух ремизок, одна из к-рых перемещается снизу вверх, другая обратно. При отложении по ординатам их разности для обеих

ремизок получаются две сплошные кривые, к-рые представляют собой высоту зева у глазка ремизок. Важнее для безопасного движения челнока высота челнока h у передней стенки челнока (фиг. 49). Ее можно определить, как показано на фиг. 50. Внизу засечками получены положения цапфы лопасти батана; они перенесены на соответствующие ординаты точек деления пути пальца кривошипа, к-рые спроектированы выше, на линию AB, длиною равною расстоянию от опушки ткани A до глазка ремизки B. У B построена половина высоты зева, на ней описана четверть окружности, разделенная на равные части. Точки ее деления спроектированы на радиус, и проекции соединены с опушкой A. В таком случае отрезки между AB и проведенными линиями в соответствующих положениях пальца лопасти определяют высоту зева у берда. Чтобы получить высоту у передней стенки, от точек берда отложена ширина челнока. Эти высоты, увеличенные вдвое, вынесены соответственным образом на отдельную фиг. 51 и дают диаграмму искомой высоты. Проводя здесь на расстоянии высоты h челнока от оси абсцисс прямую, параллельную ей, можно определить продолжительность возможного нахождения челнока в зеве 4—7 без задевания последнего нитями основы. Перемещение и скорость батана во время полета челнока при коротком поводке меньше, что значительно улучшает условия пролета. Челнок к моменту входа в зев будет раньше и сильнее прижиматься к берду, и его полет совершится правильнее и безопаснее. Как показывает фиг. 52, возможное время полета увеличивается почти на 20%; AC соответствует 108°, BD—90°. Это позволяет сделать бой раньше, а потому или уменьшить скорость челнока, или уменьшить выстой ремизок, или увеличить скорость станка. Прибой получается более энергичный.



Фиг. 49.



Фиг. 50.

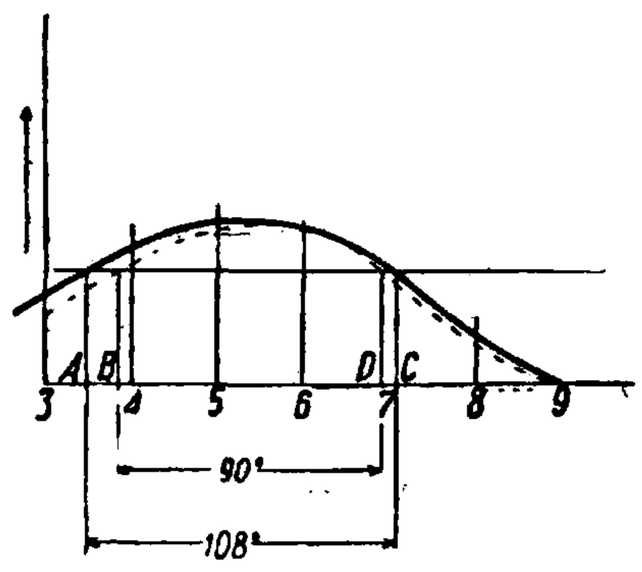


Фиг. 51.

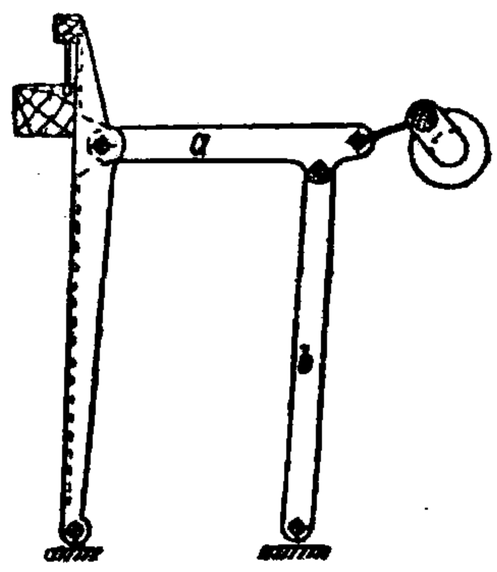
Все перечисленные условия движения батана с коротким поводком являются в значительной степени положительными. Ускорение j пальца лопасти батана в мертвых точках колена

$$j \cong \pm \frac{v^2}{2}\left(1 + \frac{r}{a}\right),$$

где v—скорость пальца кривошипа, r—его радиус, a—длина поводка батана, и при коротком поводке от увеличения $\frac{r}{a}$ резко увеличивается величина силы инерции, появляется сильное раскачивание станка, которое вредно влияет и на машину и на здание, поэтому они несмотря на все благоприятные условия для полета челнока применяются только на тихоходных, тяжелых, широких станках солидной конструкции; они также встречаются на станках с легким батаном. Примером устройства короткого поводка может служить схема



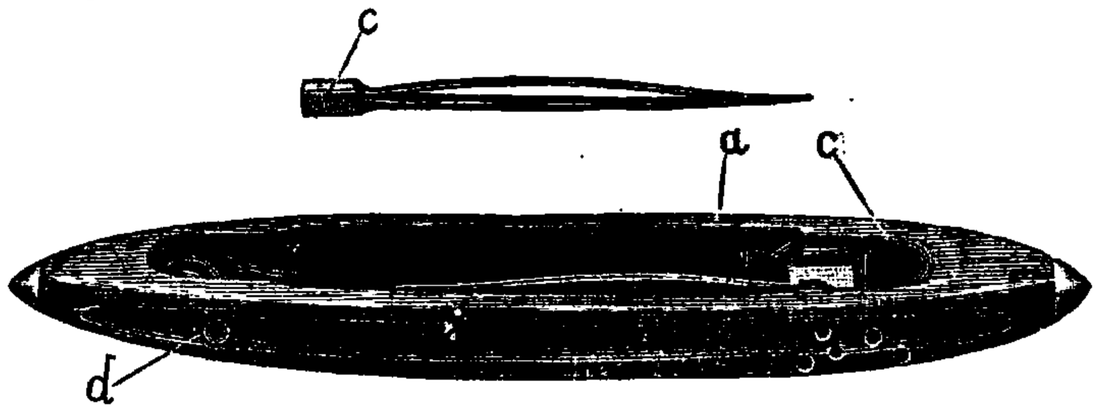
Фиг. 52.



Фиг. 53.

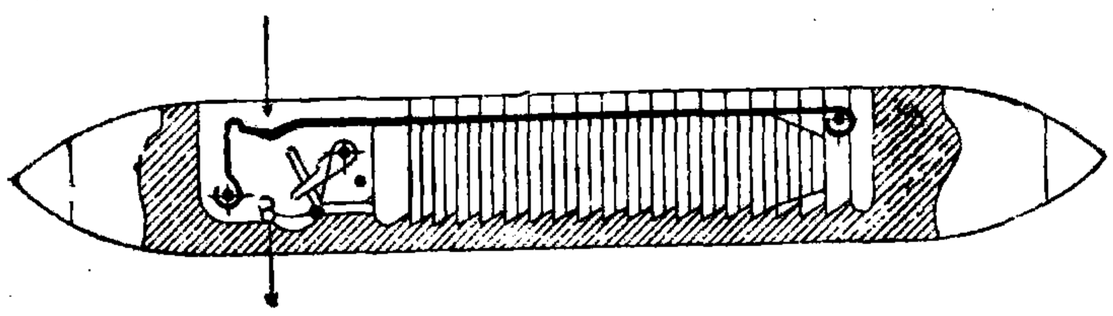
фиг. 53, к-рая нередко осуществляется на шелковых станках. Здесь длина поводка немного более радиуса колена; при этом приходится ввести дополнительные рычаги a и b.

Устройство челнока и его движение. Чтобы пропустить уток через зев, его помещают в челнок, к-рый чаще всего посредством удара или каким-либо другим способом заставляют пролетать через зев и на пути выпускать уточную нить. Челнок представляет собой коробку лодкообразной формы, б. ч. из дерева. В зависимости от формы утка и номера пряжи челноку придают различные размеры. Вообще стараются поместить в челнок возможно больше пряжи, но в то же время его размеры ограничиваются допустимой в каждом случае высотой зева, которая в свою очередь должна соответствовать главным образом номеру пряжи и природе волокна основы. На фиг. 54 дан челнок для миткалевого станка. Он снабжен «шпрынкой» a, на которую надевается початок с пряжей. Для закрепления початка на шпрынке имеется пружина. Шпрынка свободно вращается на оси c и удерживается в горизонтальном или вертикальном положении посредством другой пружины. При надевании початка шпрынку ставят вертикально, потом нажимают на нее, и она автоматически принимает горизонтальное положение.



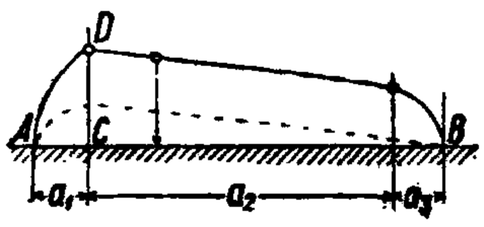
Фиг. 54.

Для выхода пряжи челнок снабжается «глазками» d, в которые вставляются фарфоровые трубочки. По выходе из челнока нить ложится



Фиг. 54а.

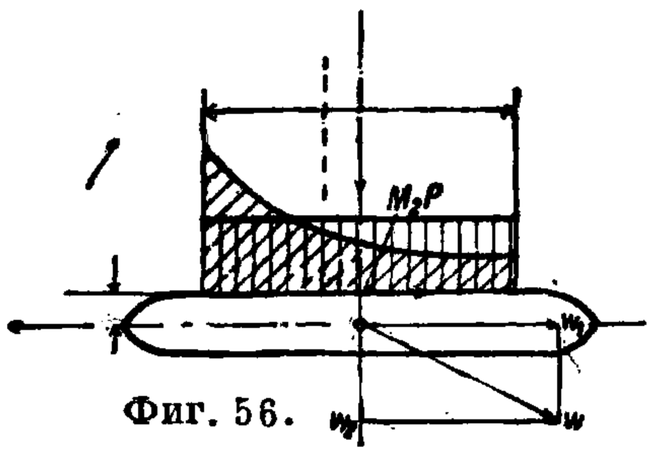
чаще всего сбоку в особый паз. Фиг. 54а показывает челнок для шерстяных и льняных «копсов» (форма початка, при к-ром нить сходит с него изнутри). Здесь нет шпрынки, а початок удерживается в челноке крышкой. Движение челнока совершается чаще всего под влиянием удара (фиг. 55, где AB—полный путь челнока, a_1 и a_3—длины коробок, a_2—длина шлюза). От точки A до точки C скорость его доводится от 0 до v_1 (изображена ординатой CD); в точке C действие удара прекращается, и челнок проходит путь a_2 под влиянием живой силы, преодолевая различные сопротивления (трение, сопротивление воздуха и др.), отчего при входе в другую коробку его скорость v_2 становится меньше. В конце пути a_3 искусственным торможением в коробке скорость челнока сводится к нулю.



Фиг. 55.

Ударный способ является несовершенным во многих отношениях, но благодаря простоте и компактности своего устройства очень распространен. С точки зрения механики движение челнока было бы совершенным, если бы оно происходило беспрерывно, т. к. тогда движение было бы равномерным. Для этого надо его путь устроить по окружности. Отсюда появились к р у г л ы е с т а н к и, где основа и ткань расположены по цилиндру или конусу. Такие конструкции находятся еще в стадии усовершенствования и пока широкого практич. применения не получили.

Движение челнока — сложное (вдоль берда и вместе с качающимся батаном); путь челнока лежит на поверхности цилиндра, описываемого брусом батана. Силами, действующими на него во время полета, будут: сила боя и сила сопротивления (трение, сопротивление воздуха, действие уточной нити и др.). Наиболее важным и по величине и по значению является трение челнока о бердо. Графоаналитич. методом доказывается, что сила давления челнока на склиз или нижние нити основы немного отличается от его веса, а давление на бердо равно mj_1, где m—масса, а j_1—ускорение батана при заднем мертвом положении его. Полная же величина сопротивления от этих двух сил м. б. принята приблизительно равной весу челнока при 200—220 оборотах колена и при 100—110 оборотах—половине веса. Кроме непосредственного замедления рассматриваемые силы давления челнока на бердо и склиз (или, обратно, этих частей на него) могут оказывать на его движение еще следующее влияние. Фиг. 56



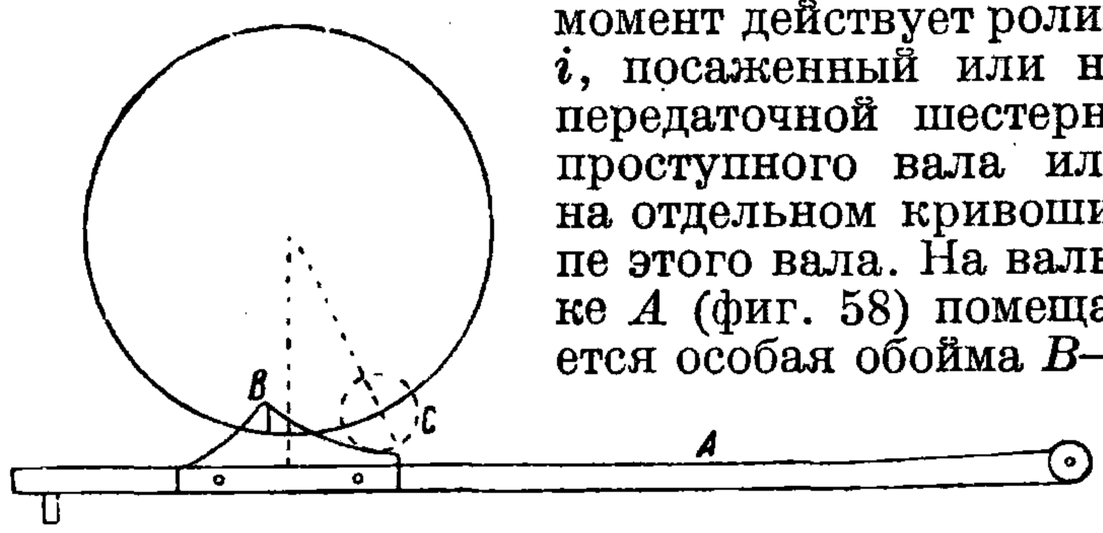
Фиг. 56.

изображает вид сверху на челнок и бердо. Силы взаимодействия между челноком, бердом и склизом будут: $M_2 \cdot P$, причем M_2—коэф. трения челнока о бердо, а P—давление на него со стороны берда, и $W = M_1 \cdot Q$, где M_1—коэф. трения челнока о нижние нити основы, а Q—давление челнока на них. Эти силы вращают челнок при его полете, в результате чего появляется усиленное изнашивание концов задней и нижней стенок его.

М е х а н и з м ы д л я д в и ж е н и я ч е л н о к а. Из всех таких механизмов наибольшее распространение имеют нижний и верхний *бой* (см.). На фигуре 57 представлен нижний бой. Челнок a во время покоя помещается в челночной коробке батана. Движение ему передается прежде всего гонком b, который имеет вид открытой сверху и снизу коробки из ремня или сыромятной кожи. Со стороны челнока гонок снабжается отверстием для принятия мыска челнока. Через внутреннее отверстие его проходит деревянная планка c—погонялка, для прохода к-рой через батан в брусе сделана щель. Внизу погонялка прикрепляется к чугунному башмаку d, шарнирно соединенному с муфтой e, к-рая закреплена на батанном валу. На башмак действуют две пружины f и g, причем g сильнее и стремится всегда отклонить погонялку к концу бруса. На отростке башмака лежит рычаг h—«валек», на к-рый в определенный момент действует ролик i, посаженный или на передаточной шестерне проступного вала или на отдельном кривошипе этого вала. На вальке A (фиг. 58) помещается особая обойма B—



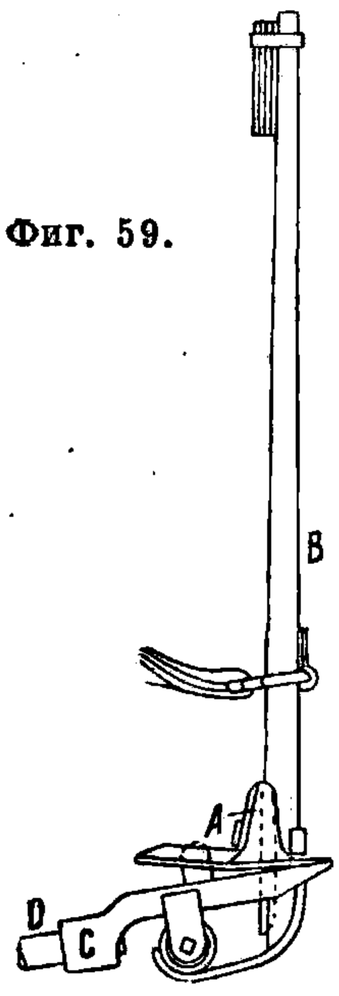
Фиг. 57.



Фиг. 58.

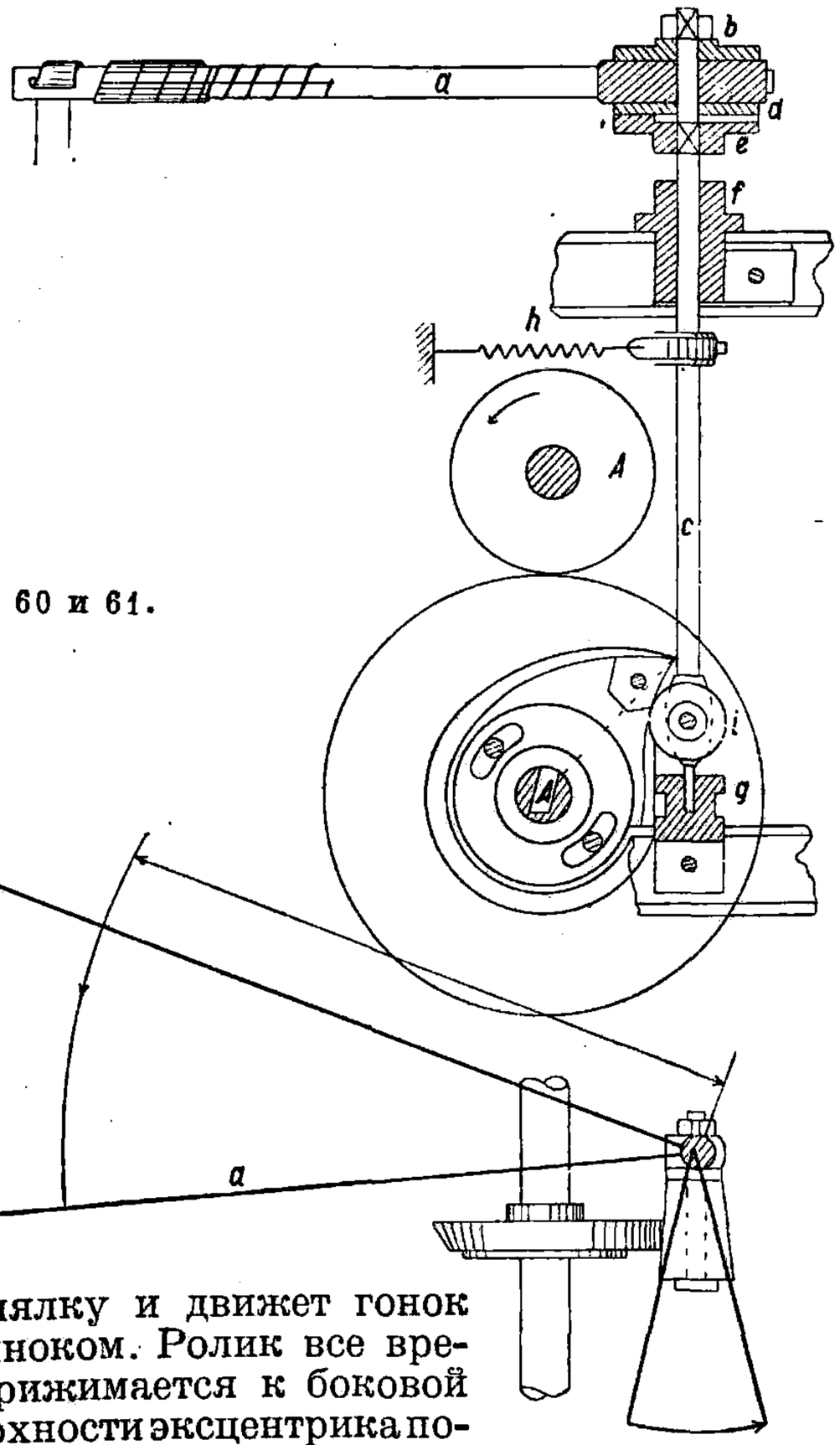
«горка», через посредство которой он под влиянием боевого ролика C быстро опускается, отчего погонялка при помощи гонка и сообщает резкий удар челноку при большом расходе энергии и усиленном шуме. Промежуток времени для сообщения ускорения челноку составляет ок. 20° оборота коленчатого вала, перемещение конца погонялки вместе с гонком и челноком за это время равно 6—10 *см*; движение гонка б. ч. равноускоренное; форму горки определяют подобно построению формы эксцентрика. Начало и сила боя регулируются: первое—удалением или приближением боевого ролика к горке, второе—чаще всего поднятием шпинделя, на к-ром вращается валек. Конец погонялки описывает дугу, поэтому гонок имеет стремление вращаться, вследствие чего может

получиться неправильная кидка и быстрое его изнашивание. Для устранения этого недостатка существуют конструкции, при к-рых башмак *A* погонялки *B* (фиг. 59) опирается своей нижней поверхностью на кронштейн *C*, закрепленный на батанном валу *D*. Соприкасающимся поверхностям *A* и *C* придают такую форму, что верхний конец погонялки *B* движется прямолинейно.



Фиг. 59.

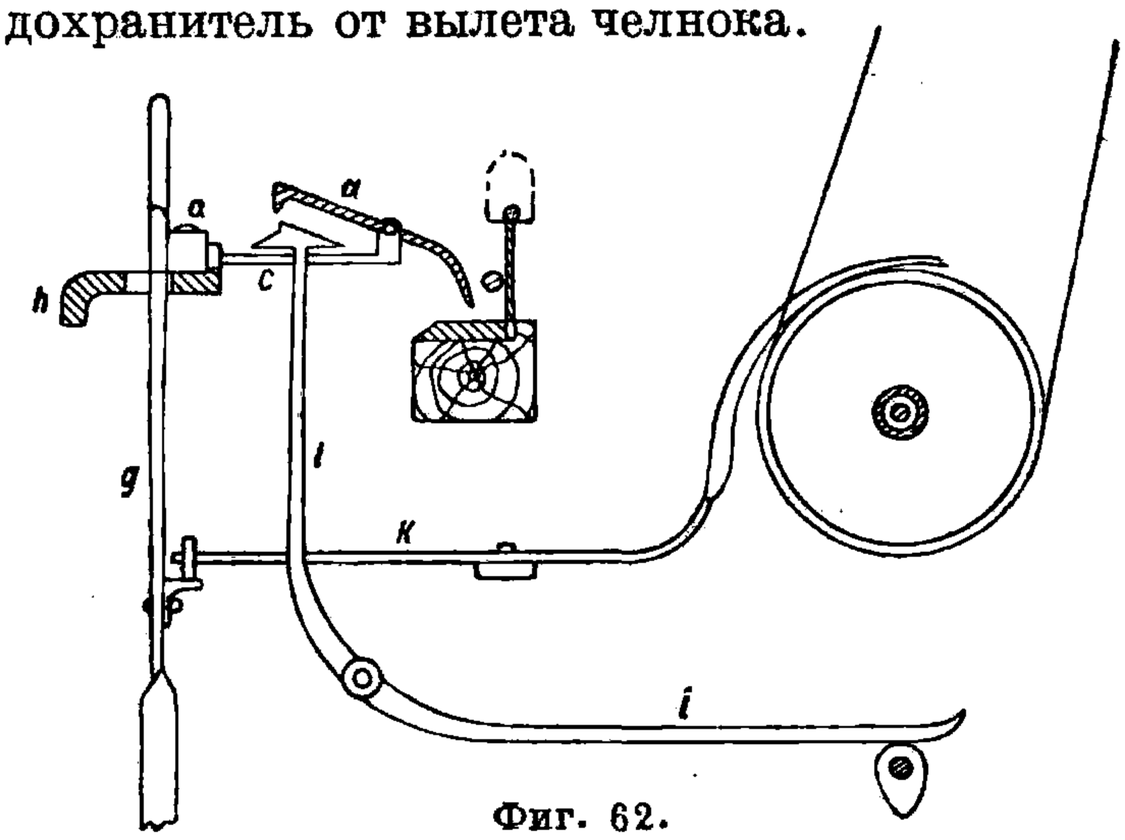
На фиг. 60 и 61 приведено устройство верхнего боя: *c*—вертикальный боевой вал с подпятником *g* внизу и шейкой *f* в станине станка. На нем сверху станины закреплена погонялка *a* посредством дисков *b*, *d* и *e* под определенным углом к боевому ролику *i*, к-рый помещается на стояке снизу станины. Погонялка соединяется ремнем с гонком, который имеет здесь другую форму и перемещается в челночной коробке по особому прутку. На проступном валу *A* (фиг. 60) закрепляется эксцентрик, в определенный момент он вращает последовательно боевой конический ролик *i*, стояк *c*, погонялку и движет гонок с челноком. Ролик все время прижимается к боковой поверхности эксцентрика посредством пружины *h*, надетой на стояк. Форму эксцентрика строят, исходя из закона движения челнока в коробке, которое б. ч. выбирают также равномерно ускоренным. Но т. к. здесь все время меняется угол между осями боевого ролика и эксцентрика, то внешнюю поверхность последнего приходится еще скашивать для постоянного соприкосновения их друг с другом, что сильно осложняет приготовление его. Т. к. и путь и время действия гонка на челнок при верхнем бое больше, чем при нижнем, и благодаря постепенному натяжению погонялочного ремня происходит предварительно постепенное нажатие гонка на челнок, то получается более спокойный и мягкий удар и более правильный полет челнока, но перенос точки первоначального действия механизма кверху неблагоприятно влияет на устойчивость станка. В результате верхний бой целесообразно применять на тихоходных станках. Регулируется сила боя сближением или удалением друг от друга эксцентрика и боевого ролика, изменением длины погонялки и удлинением носика эксцентрика, к-рый с этой целью делается приставным к телу эксцентрика.



Фиг. 60 и 61.

Существует несколько конструкций специального устройства боя: для многочелночных ткацких станков, где предусматривается предохранительное приспособление на случай неправильной смены коробок для произвольного порядка боя с той или с другой стороны, а не по очереди справа и слева. На старых тихоходных суконных станках встречается пружинный бой, где сила удара заменяется растяжением пружины. В последнее время появились конструкции *бесчелночного станка* (см.), например Габлера

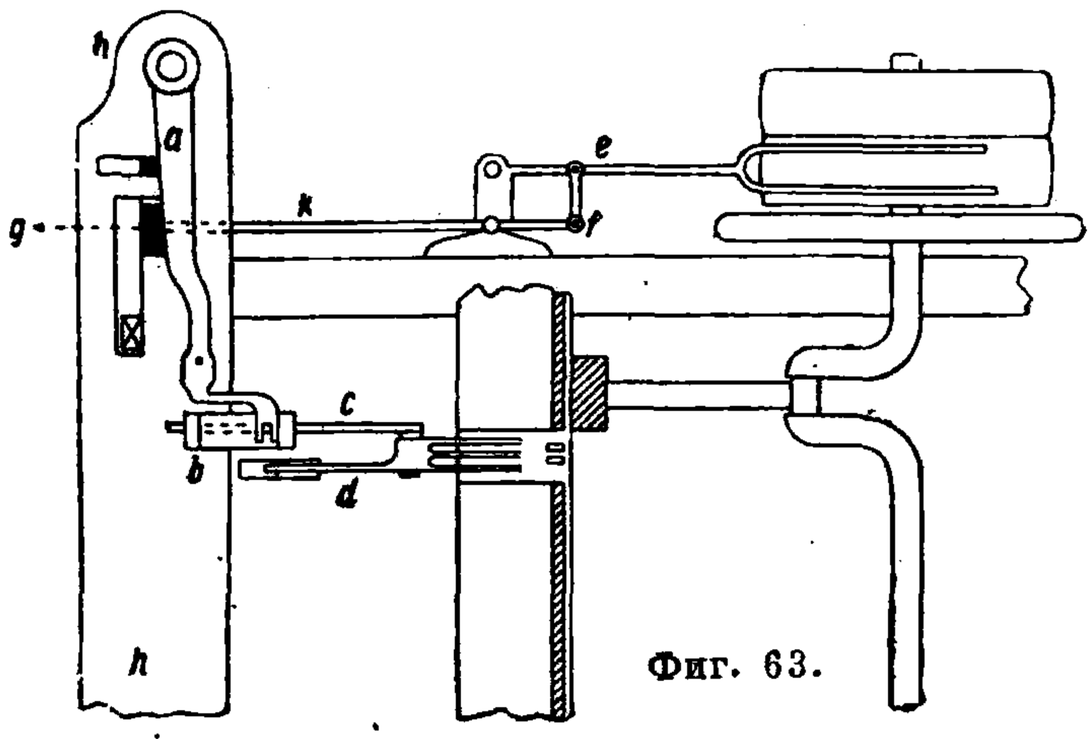
Предохранительные приспособления механич. Т. с. могут быть разделены на следующие группы: 1) для автоматич. останова станка при обрыве уточной нити—уточный предохранитель; 2) для автоматического останова станка при обрыве основной нити — основный предохранитель, или основонаблюдатель; 3) для автоматич. останова станка при недолете челнока до коробки—челночный предохранитель от недолета челнока; 4) для предотвращения вылета или для ослабления силы этого вылета челнока со станка—челночный предохранитель от вылета челнока.



Фиг. 62.

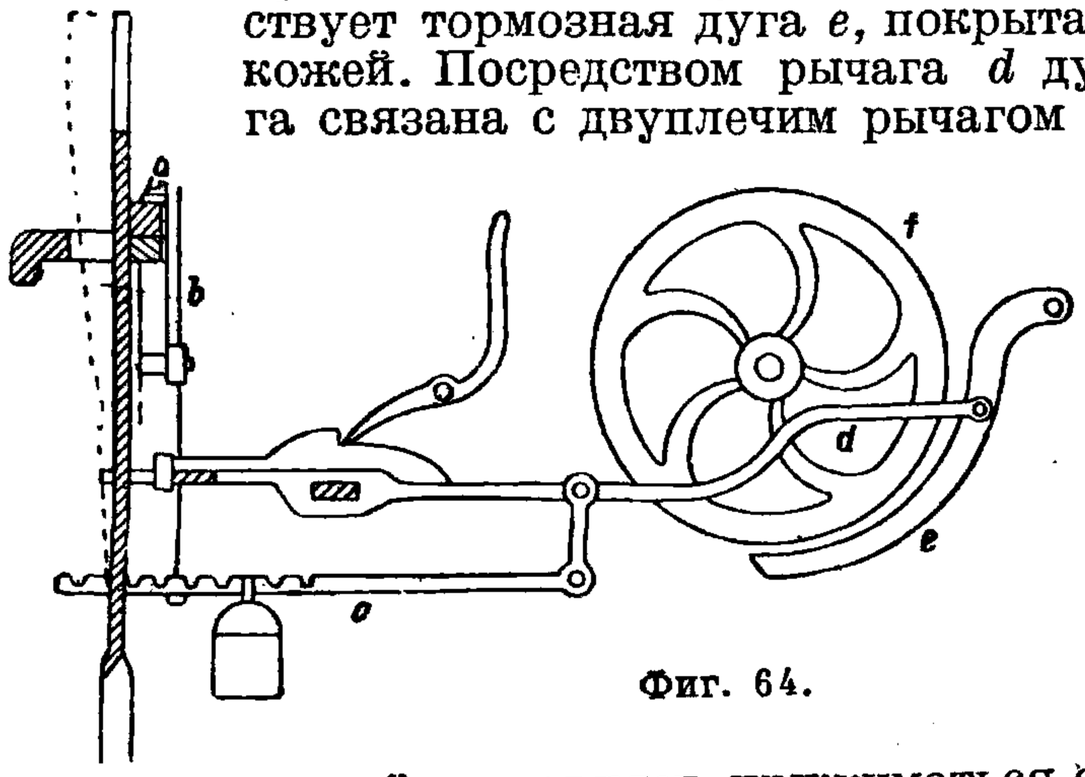
Устройство уточного предохранителя показано на фиг. 62 и 63 в боковом виде и плане. Ременная вилка прикреплена к рычагу *e*, а он посредством серьги *f* соединен с рычагом *k*, который находится под действием отводной ручки *g*. Она представляет собой внизу пружину, а вверху пропущена через грудницу *h*. В ее прорезе имеется боковое гнездо, куда и заводится ручка при пуске станка в ход. На груднице может вращаться рычаг *a*, соединенный с прутком *c*, для к-рого прикреплены направляющие *b*. Пруток *c* несет на себе вращающийся рычажок *d*, имеющий на одном конце форму вилки и потому называемый уточной вилкой. Конец с вилкой у него легче противоположного. Против вилки в батан вставляется особая рамка, между зубьями к-рой и направ-

лены три отростка вилки. Под вилкой находится рычаг *i*. Вертикальное плечо последнего имеет особую форму—«молоточек», а на горизонтальное действует эксцентрик на проступ-



Фиг. 63.

ном валу—«огурчик». Если уточная нить идет правильно, то во время прибоя она нажимает на зубцы вилки, приподнимает левый конец ее, и молоточек проходит под ней свободно. Если же уточина оборвалась, левый конец опустится и своим крючком захватится молоточком, тогда повернется рычаг *a* и вытолкнет из гнезда отводку *g*, отчего ремень перейдет с рабочего шкива на холостой; но под влиянием инерции части станка могут продолжать свое движение, и станок остановится не сразу. Чтобы ускорить прекращение действия станка, вводят тормоз (фиг. 64); на главном валу закреплен маховик *f*. На него действует тормозная дуга *e*, покрытая кожей. Посредством рычага *d* дуга связана с двуплечим рычагом *c*



Фиг. 64.

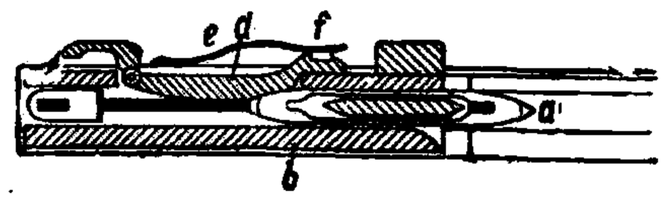
с грузом, который заставляет прижиматься ее к ободу маховика. Рычаг *c* соединяется в свою очередь тягой с рычагом *b*, вертикальный отросток к-рого в виде крючка опирается на рычаг *a*. Отводная ручка имеет выступ, посредством к-рого при пуске и заводке ее в гнездо он поднимает *b* и *c* и отодвигает от маховика дугу. Но как только оборвется уточина, *a* перемещает ручку, *b* делается свободным от *a*, отчего груз прижимает дугу к маховику, и происходит затормаживание. Встречаются другие конструкции уточного предохранителя, но гораздо реже. Основный предохранитель применяется почти исключительно при автоматической смене утка, поэтому он будет описан при разборе утка.

Челночный предохранитель от недолета челнока. При неправильном бое челнок может не долететь до соответствующей коробки. Это происходит или от слабого удара или от неожиданно встретившихся на его пути препятствий, напр. в виде оборвавшихся и спутавшихся между собой основных нитей. В таком случае при подходе берда к опушке ткани нити, лежащие на челноке, разорвутся, и кроме того могут произойти поломки в частях самого станка. Для предотвращения этого и служит челночный предохранитель. На фиг. 65, 66 и 67 показан «замок». В задней стенке челночной коробки делается вырез и в него помещается клапан *d*, нагруженный пружиной *e*. На клапан опирается двуплечий рычаг *f*. Челнок *a* влетает в коробку, отжимает *d* и



Фиг. 65.

вместе с тем отодвигает у *f* верхнее плечо, а нижнее приподнимает. Если же челнок не долетел до коробки, то нижнее плечо *f* опущено и, подходя к опушке, батан встретит упорку *b* — «щеколду», батан приостановится, а стержень *c* щеколды вытолкнет ручку отводки, станок остановится, батан не дойдет до опушки ткани, основные нити и бердо не попортятся. Рычагов *f* два, по одному с каждой стороны, оба они закреплены на общей оси, а стержень *c* имеется только у одной щеколды со стороны отводки. Челнок попадает в коробку при верхнем положении колена, а



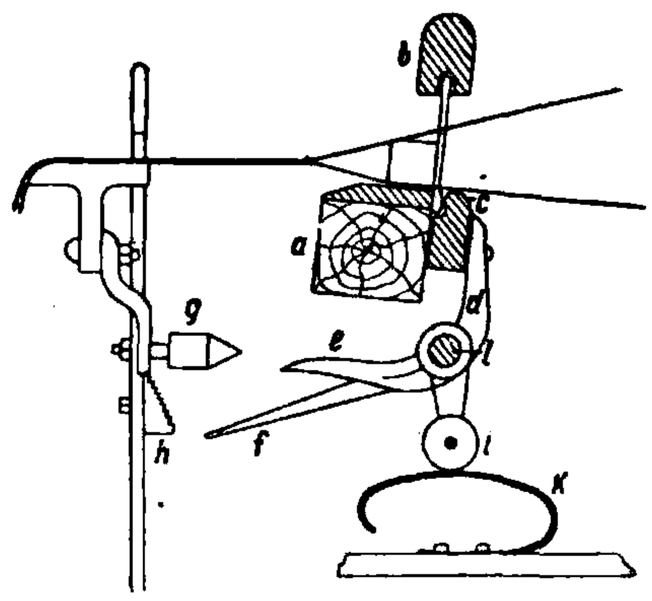
Фиг. 66.



Фиг. 67.

начало боя происходит при нижнем; следовательно замочный предохранитель должен совершить свою работу в течение $^1/_2$ оборота колена. При быстроходных станках этого промежутка времени нехватает, и замок действует неправильно: или не останавливает при недолете или останавливает при влете в коробку челнока. Кроме того удар рычагов *f* в щеколду в таком случае получается сильный, что вызывает значительные сотрясения в станке, а нередко и поломку его рам. Поэтому замок применяется при тихоходных станках, где конструкция и рам и других частей солиднее.

Для быстроходных более подходящим оказалось другое устройство — откидное бердо (фиг. 68). Бердо не закреплено в батане, а помещается вверху свободно в пазу вершника *b*, а внизу в зазоре между брусом *a* и планкой *c*, прикрепленной с каждой стороны станка к рычагу *d*. Оба эти рычага закреплены на общей оси *l*, на к-рой имеется еще с каждой стороны по рычажку с роликом *i*, по пальцу *e* и на стороне с отводкой палец *f*. При движении батана ролики *i* скользят по пружинам *k* и прижимают бердо к брусу. Если челнок

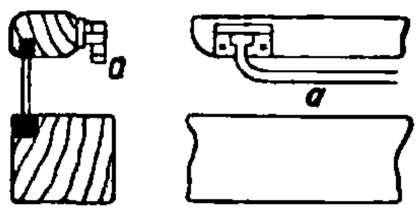


Фиг. 68.

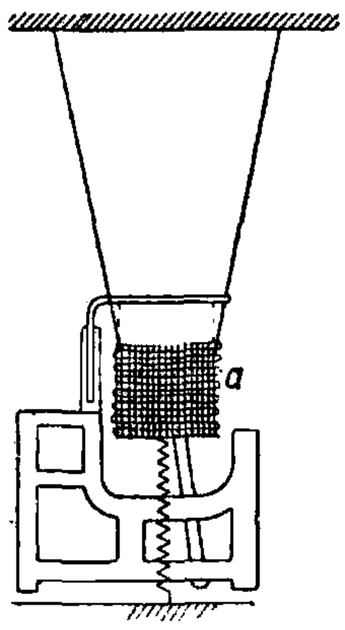
долетел до коробки, то бердо остается в покое, пальцы *e* встретят нижние грани упорок *g*, прикрепленных к груднице, к-рые как бы закрепят для прибоя бердо в батане. Если же челнок остановится почему-либо в зеве, то при приближении батана к опушке, он отклонит бердо, поставит *e* на верхние грани *g* и в то же время палец *f* ударит по «лесенке» *h* на

отводке, вытолкнет последнюю из гнезда, и станок остановится. При этом повреждения основных нитей или не будет совсем или будет в незначительной степени. Есть и другие конструкции, но описанные механизмы являются самыми распространенными.

Челночный предохранитель от вылета челнока. Иногда челнок настолько отклоняется от правильного пути или на нем встречает такие препятствия, к-рых он не может преодолеть, когда вылетает из зева, что он кроме поломки частей станка может причинить повреждения и находящимся вблизи рабочим. Имеющиеся предохранители от вылета челнока можно разделить на две группы: одни преследуют цель вообще предотвратить вылет, другие—уменьшить по возможности вредное действие вылетающего челнока. Предохранители первой группы обладают тем существенным недостатком, что осложняют устройство станка; на фиг. 69 приведен самый простой прибор из них. Он состоит из прутка *a*, к-рый на концах неподвижно прикрепляется к вершнику батана и проходит по всей свободной длине шлюза приблизительно на половине высоты берда. Этот пруток и задерживает вылет челнока.



Фиг. 69.

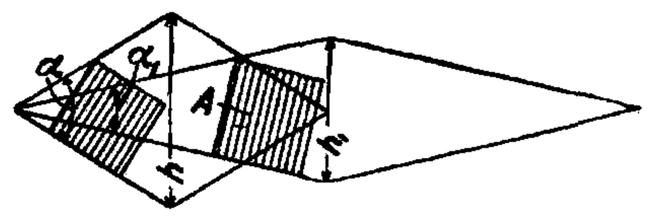


Фиг. 70.

Чтобы он не мешал заводке основных нитей, его делают подвижным, заставляя опускаться только при пролете челнока. Очень распространенным типом второй группы является металлич. решетка, или сетка, *a* (фиг. 70), повешенная свободно на прутке с каждой стороны станка. Челнок при вылете ударяется в нее, и т. к. она от удара челнока может отклоняться, он теряет свою энергию и падает где-либо недалеко от нее.

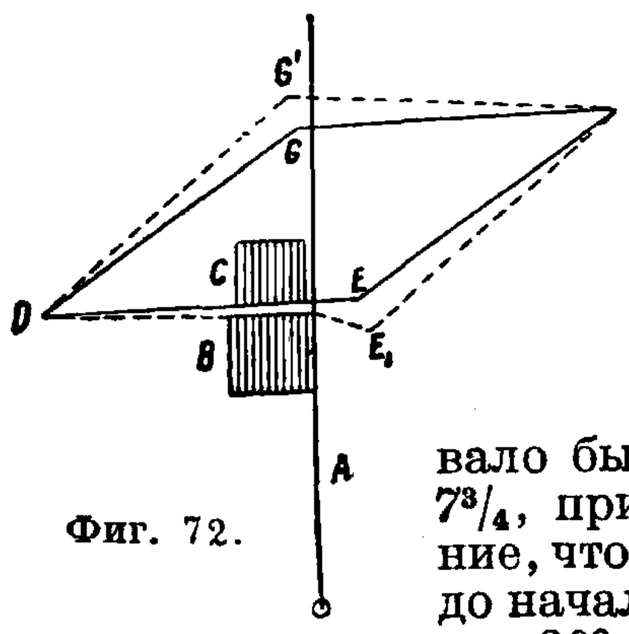
Наладка станка. Под наладкой станка в полном смысле подразумевают, с одной стороны, правильную установку и действие каждой части его, а с другой—согласованность различных моментов действия отдельных частей друг с другом. Самой важной и в то же время трудной задачей является наладка правильного полета челнока, или, как говорят, боя, т. к. в это же время происходит и движение батана и нитей основы, связанных с боем.

Бой приходится устанавливать б. или м. самостоятельно, приноравливая к нему установку других частей, иногда даже в ущерб целесообразности в отношении согласованности. Как было указано выше, батан выполняет две задачи: 1) сообщает правильный и безопасный путь челноку и 2) присоединяет, или «прибивает», новую уточину к готовой ткани. Т. к. зев можно образовать только на нек-ром расстоянии от опушки ткани, то для прибоя батану необходимо возвратно-поступательное (качательное) движение, чтобы он имел возможность переместить к опушке товара введенную в зев уточину и при этом развить известной величины, зависящей гл. обр. от плотности ткани, силу, к-рая заставит уточину занять вполне определенное место. Для безопасности же движения челнока перемещение батана д. б. как можно меньше по своей величине. Естественно, что эта величина будет тем меньше, чем меньше радиус колена. В то же время зев должен иметь достаточную высоту, чтобы получился свободный проход для челнока. А эта высота определяется величиною отклонения батана от опушки (фиг. 71). Здесь видно, что для помещения челнока *A* одних и тех же размеров при большем отклонении батана угол зева α_1 становится меньше α, а следовательно высота h_1 может быть сделана менее h. С высотою же зева связано напряжение основных нитей, которое может увеличиваться только до определенного предела, зависящего от природы волокнистого материала, способа прядения, скорости станка и др. Отсюда практика выработала для каждого волокна вообще допустимые размеры зева и установила радиус колена для хл.-бум. тканей 63—70 *мм*.



Фиг. 71.

Во время перемещения батана нити *E* основы не должны ложиться на его склиз, а тем более изгибаться около него (фиг. 72), так как тогда они перетирались бы и рвались. Но они не должны и отходить от склиза дальше известного расстояния пути для челнока. Поэтому для использования возможной высоты зева при данном радиусе колена пролет челнока выгоднее всего производить около заднего мертвого положения колена. Далее из диаграммы движения батана (фиг. 45) можно усмотреть, что наименьшее перемещение и скорость батана приходятся на положении *6*, которое является самым удобным для пролета челнока. Для пролета через зев требуется 90—105—120° оборота колена; для быстроходных станков чаще всего 105°. Естественнее всего на основании предыдущего этот промежуток времени было бы распределить симметрично около положения *6*. Тогда при 105° время прохождения челнока через зев соответствовало бы положениям $4^1/_4$ и $7^3/_4$, принимая же во внимание, что на пролет из коробки до начала входа в зев уходит ок. 30°, получим момент для начала боя в $3^1/_4$ (когда челнок начинает свое движение из коробки). Принимая в соображение силу инерции челнока около положения $2^1/_2$, положение коленчатого вала и другие обстоятельства, симметрию времени пролета челнока относительно положения *6* приходится нарушить, делая начало боя раньше, именно около положения *3*, допуская от него небольшие отклонения и в ту и в другую сторону.

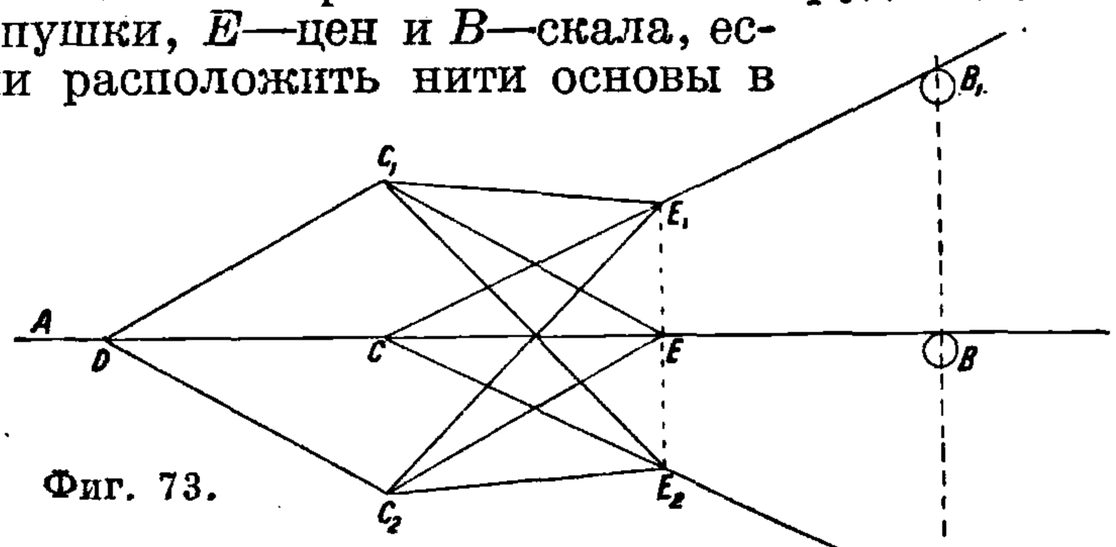


Фиг. 72.

Для правильного и безопасного движения челнока в зеве ремизки должны в это время оставаться неподвижными, иметь выстой продолжительностью равный времени пролета или несколько бо́льшим. После выстоя они сближаются между собой, перемещаясь сверху и снизу. Т. к. поднимающиеся и опускающиеся ремизки имеют одинаковую скорость, то они встретятся на середине своего пути. Если пролет распределить симметрично около *6*, то мо-

мент встречи ремизок, закрытие зева, совершится в положении *0*. В это же время происходит и прибой уточины. В таком случае уточная нить перемещается бердом на всем своем пути в открытом состоянии зева между разделенными основными нитями, к-рые поэтому на нее будут оказывать очень слабое действие. Уже у самой опушки основа только перекроет уток, и последний будет в значительной степени закрыт ею и окажется мало заметным на поверхности ткани. Такой вид ее называется «голым», а способ работы ремизок—«без заступа». Ткань получается не такой красивой; промежутки между нитями очень заметны, переплетение выявляется слабо, толщина наощупь ограничена, одним словом, как говорят, ткань—н е д о б р о т н а я; для получения д о б р о т н о й работают с заступом, т. е. закрывают зев раньше, на нек-ром расстоянии от опушки. Величиной заступа называется расстояние по горизонтали от места скрещивания основы до опушки, или он характеризуется положением колена в этот момент.

З н а ч е н и е у с т а н о в к и с к а л а. На фиг. 73 *A* изображает положение грудницы, *D*—опушки, *E*—цен и *B*—скала, если расположить нити основы в



Фиг. 73.

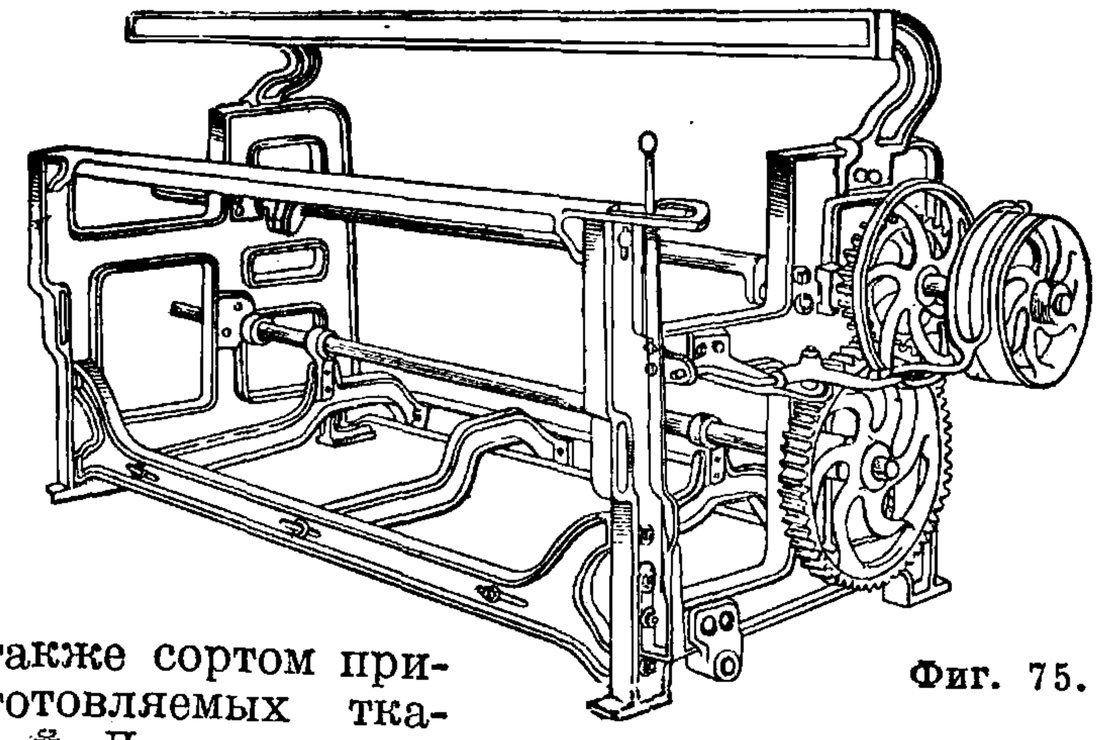
момент закрытия зева приблизительно по горизонтали. Тогда при открытом зеве основа даст два симметричных уровня DC_1E и DC_2E, и следовательно натяжение основных нитей в обеих частях зева будет одинаково. При этом они пробираются в зуб берда большей частью по две нити и имеют все время б. или м. значительное натяжение, в то время как у прокидываемой уточины натяжение сравнительно невелико. Благодаря же толщине зуба берда расстояния *a* и *b* (фиг. 74) между основными нитями будут неодинаковы или, как говорят, они расположены «парочками». В таком случае при закрытии зева, когда происходит переплетение обеих систем, уточная нить не в состоянии рассадить эти парочки, и последние сохранятся в ткани. Но если приподнять скало в положение B_1 (фиг. 73), оставляя при этом положение глазков ремизок попрежнему в среднем положении C_1, то при открытии зев примет вид $DC_1E_1C_2$. Здесь верхняя часть C_1E_1 получит длину меньшую, чем нижняя C_2E_2. В си-



Фиг. 74.

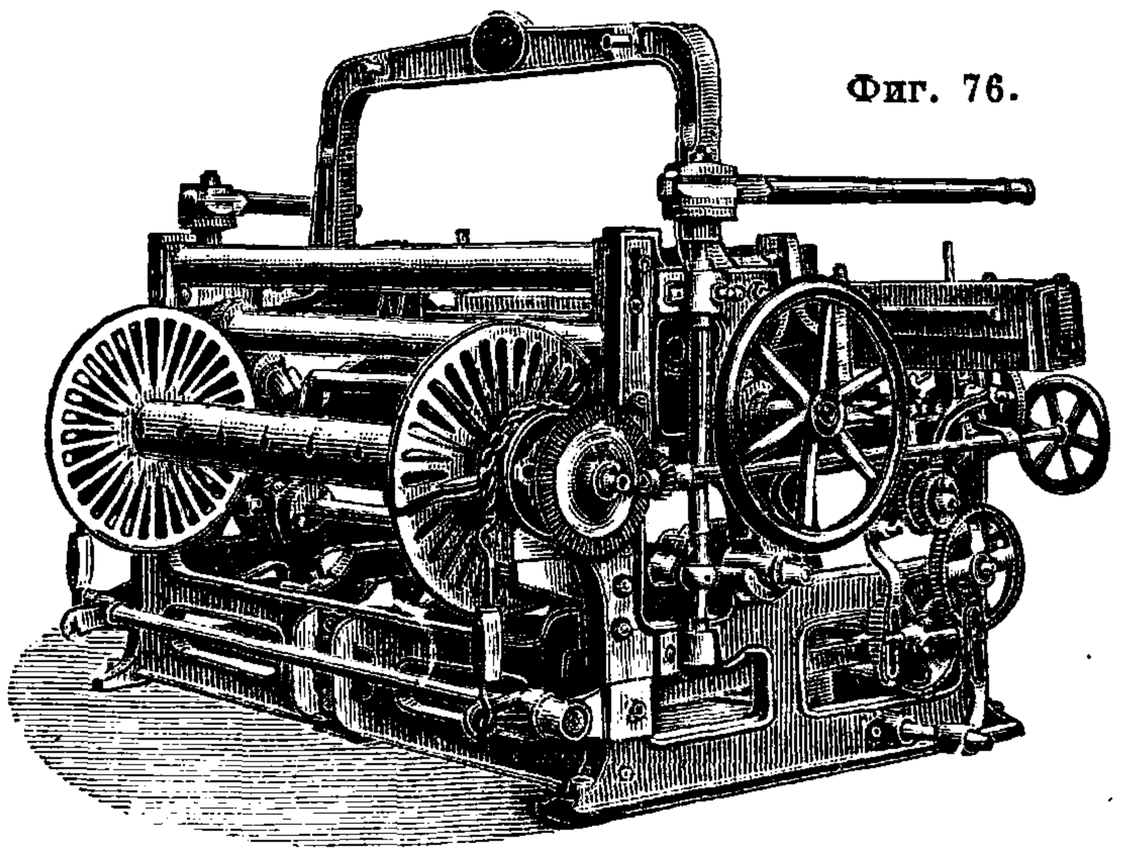
лу этого при скрещивании верхние нити будут иметь небольшое натяжение, к-рое от тормоза передается гл. обр. на нижнюю часть, и тогда уточина, переплетаясь, указанные парочки разъединит и рассыплет основу по всей ширине ткани равномерно. Но зато длина C_1E_2 сделается больше C_2E_2, натяжение части основных нитей повысится, а потому может появиться усиление их обрывности, т. е. работа с приподнятым скалом труднее. То же самое явление произойдет при опускании скала в B_2; но т. к. при этом окажутся слабыми нижние нити основы, что недопустимо для полета челнока, то применяется только поднятие его.

Что касается различия в конструкциях станков для различных волокон, то оно обусловливается свойством волокон и пряжи из них, а



Фиг. 75.

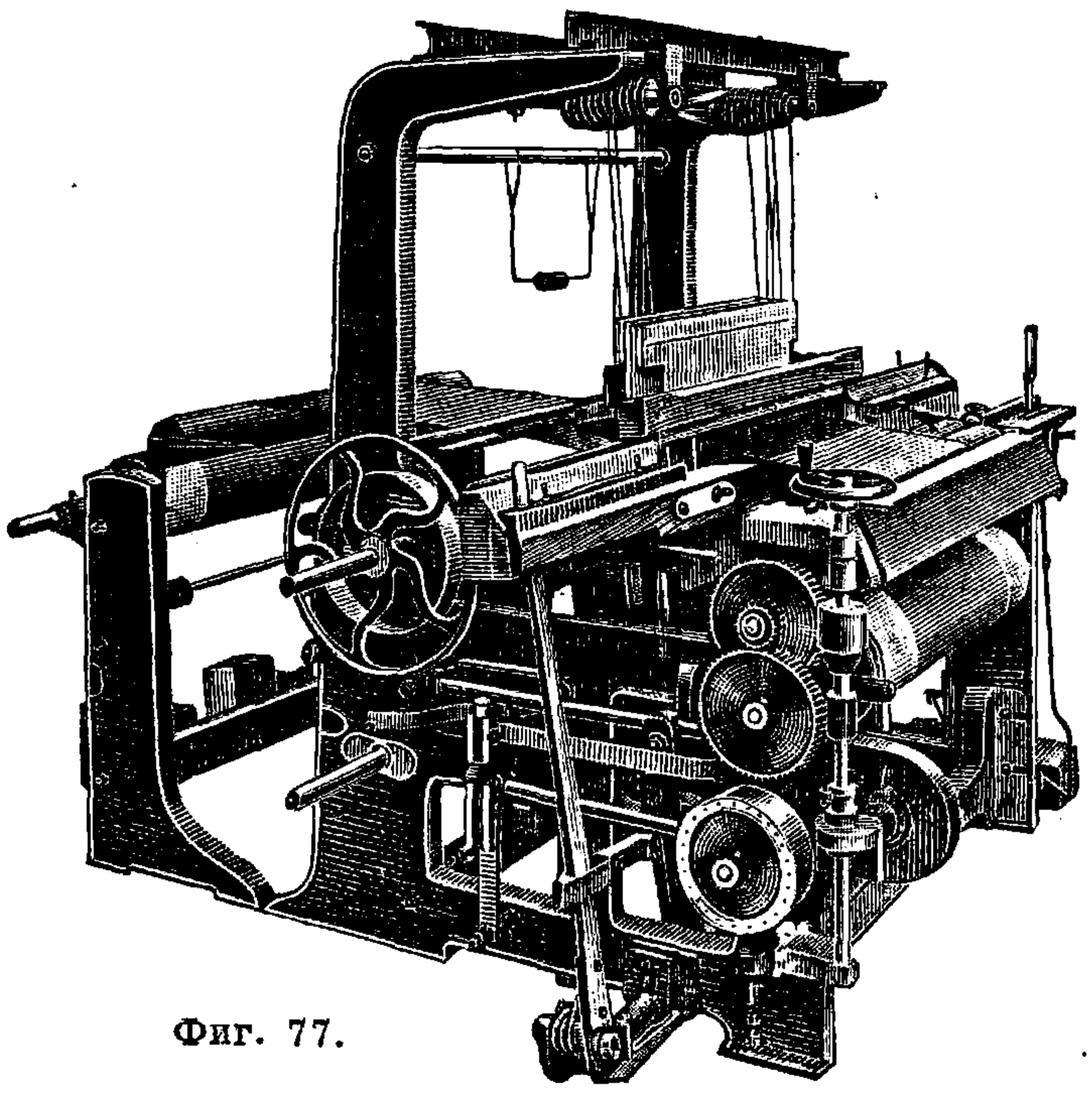
также сортом приготовляемых тканей. Для средних качеств пряжи в отношении ее номера, крепости и удлинения и для узких товаров, ок. 0,75 *м*, применяют быстроходные станки, делающие ок. 225 об/м. Представителем их служит станок типа Платта (фиг. 75) с нижним боем, очень распространенный для хл.-бум. тканей среднего веса. По мере увеличения ширины у него изменяются только размеры поперечных частей. Такой станок снабжается комбинированным тормозом, товарным регулятором, действующим от движения постоянно, и в большинстве случаев нижним боем. Реже применяется верхний бой, и тогда скорость уменьшают. Для льняных тканей более тяжелых, чем хл.-бум., в особенности для брезентов и некоторых сортов парусины,



Фиг. 76.

применяются станки с верхним боем, менее быстроходные и более тяжелые, т. к. основу приходится держать под большим натяжением. Фиг. 76 дает вид станка для тяжелых льняных тканей з-да Паркер. Нередки в употреблении широкие станки для приготовления напр. постельного и столового белья. Шелковые ткани, наоборот, выделяются своей тониной и легким весом. Благодаря тонкой пряже небольшой крепости (по абсолютной величине) они сравнительно также тихоходны, в большинстве случаев делают 125—160 об/м. В легких конструкциях введено движение батана посредством короткого поводка с применением промежуточного рычага. На фиг. 77 дан вид станка з-да Рюти; на фиг. 78—вид суконного станка з-да Шенгер. Они широкие, в берде имеют $2^1/_4$—

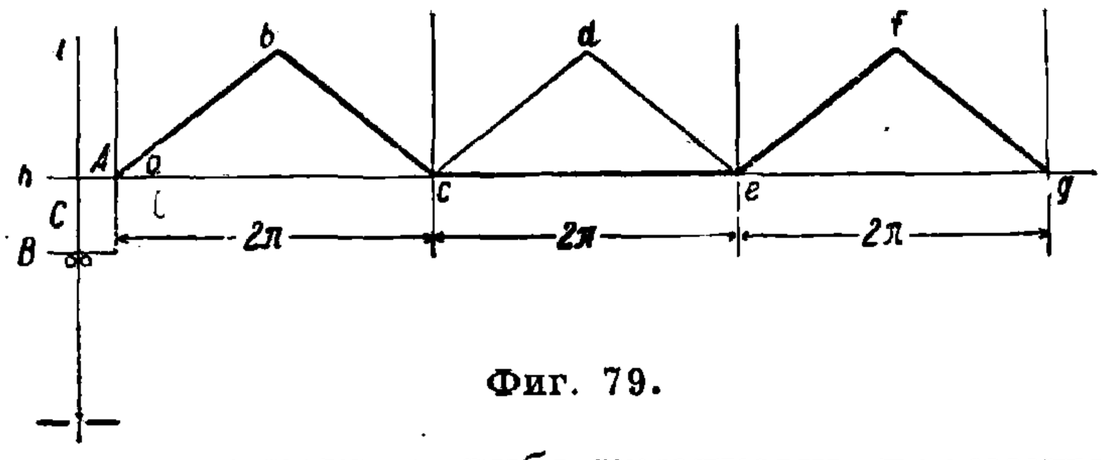
$2^1/_2$ *м*; сукна приготовляются б. ч. из толстых номеров пряжи. Все это заставляет обращать большое внимание на прочность их деталей и конструкции их являются тяжелыми. В свою очередь движение такого станка сопровождается развитием значительных сил инерции, что обусловливает, во-первых, их тихоходность (ок. 100 об/м.) и, во-вторых, вызывает затруднения при пуске, а, главное, при остановке станка.



Фиг. 77.

Поэтому в большинстве случаев на суконных станках главный вал помещается сбоку станка и снабжается фрикционным приспособлением, быстро останавливающим его (на них ставится мощный тормоз).

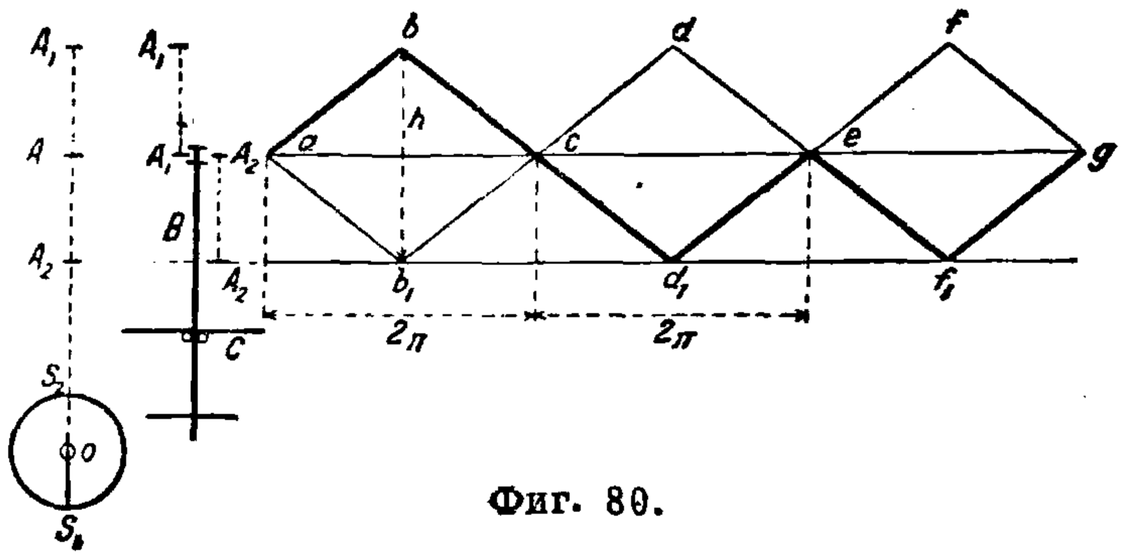
Каретки. Взамен эксцентриков для выработки рисунков, имеющих по основе до 30 ниток, применяют каретку. В каретках подъем ремизок совершается особыми ножами, получающими возвратно-поступательное движение посредством кривошипа. Для выбора же идущих в верхний или нижний зев ремизок служит бесконечная цепь из карт с отверстиями, или деревянных планок с колышками, или же валиков, различных по диаметру, к-рые соединяют или разъединяют с ножами крючки, соединенные с соответствующими ремизками. Если за полный цикл движения ножей вводится одна уточина, то каретка называется о д н о п о д ъ е м н о й, если же две,—д в у х п о д ъ е м н о й. Число оборотов кривошипного подъемного вала при одноподъемной каретке равно числу оборотов главного коленчатого вала станка, а при двухподъемной—в два раза меньше. Если зевообразователь дает неполный зев, то у каретки м. б. и один нож; при образовании полного зева каретка должна иметь два ножа—по одному для каждой из этих групп ремизок. Каждая ремизка для своего движения может иметь и один и два крючка. Каждый нож в течение всего хода м. б.



Фиг. 79.

соединен с какими-либо крючками, перемещая их, или часть хода оставаться без воздействия на них.

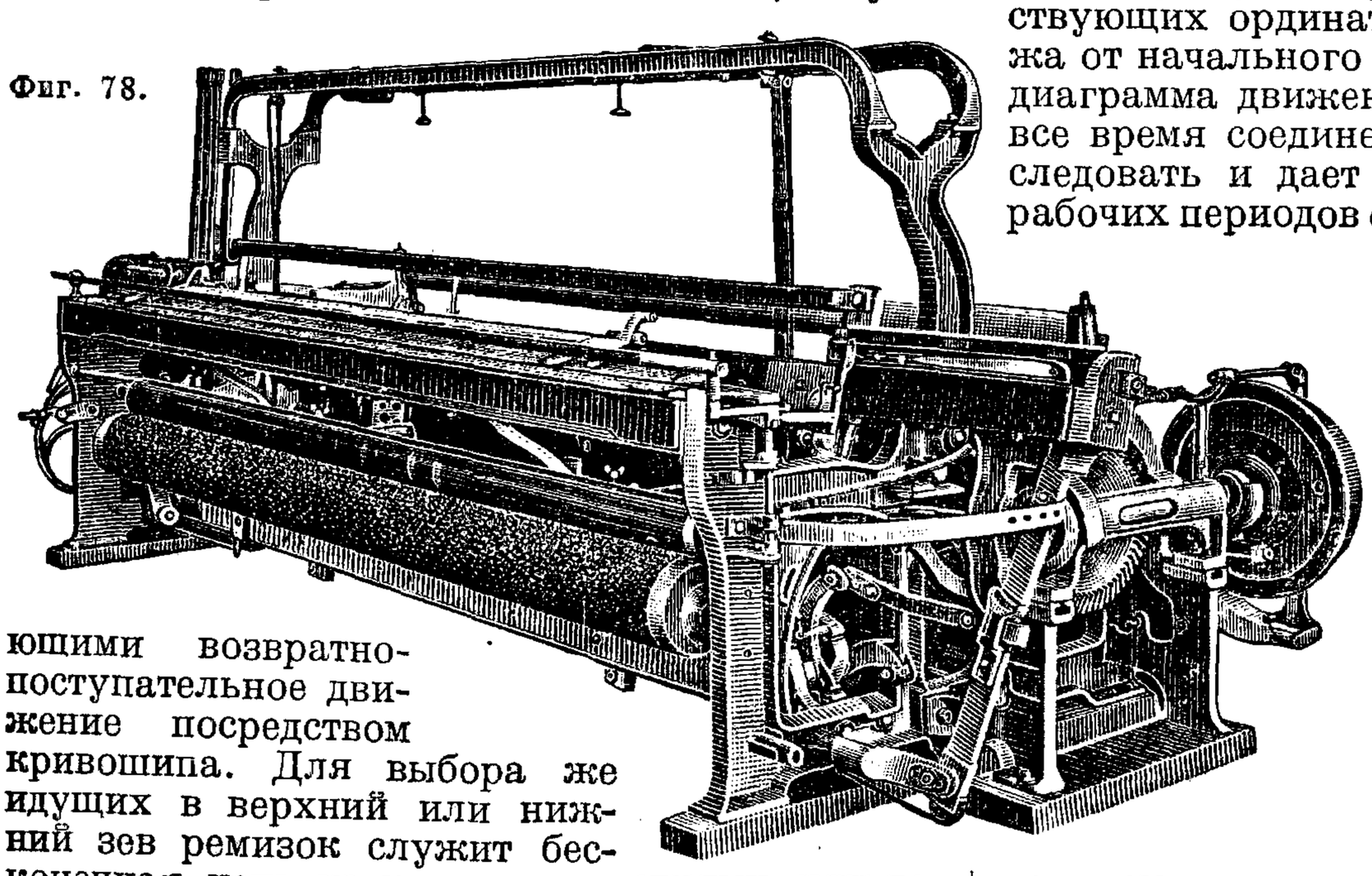
Работа каретки схематически изображена на фиг. 79, где качающийся между *h* и *i* нож *A* при соединении его под действием игольного приспособления *B* с крючком *C* поднимает последний, а следовательно и ремизку; обратный



Фиг. 80.

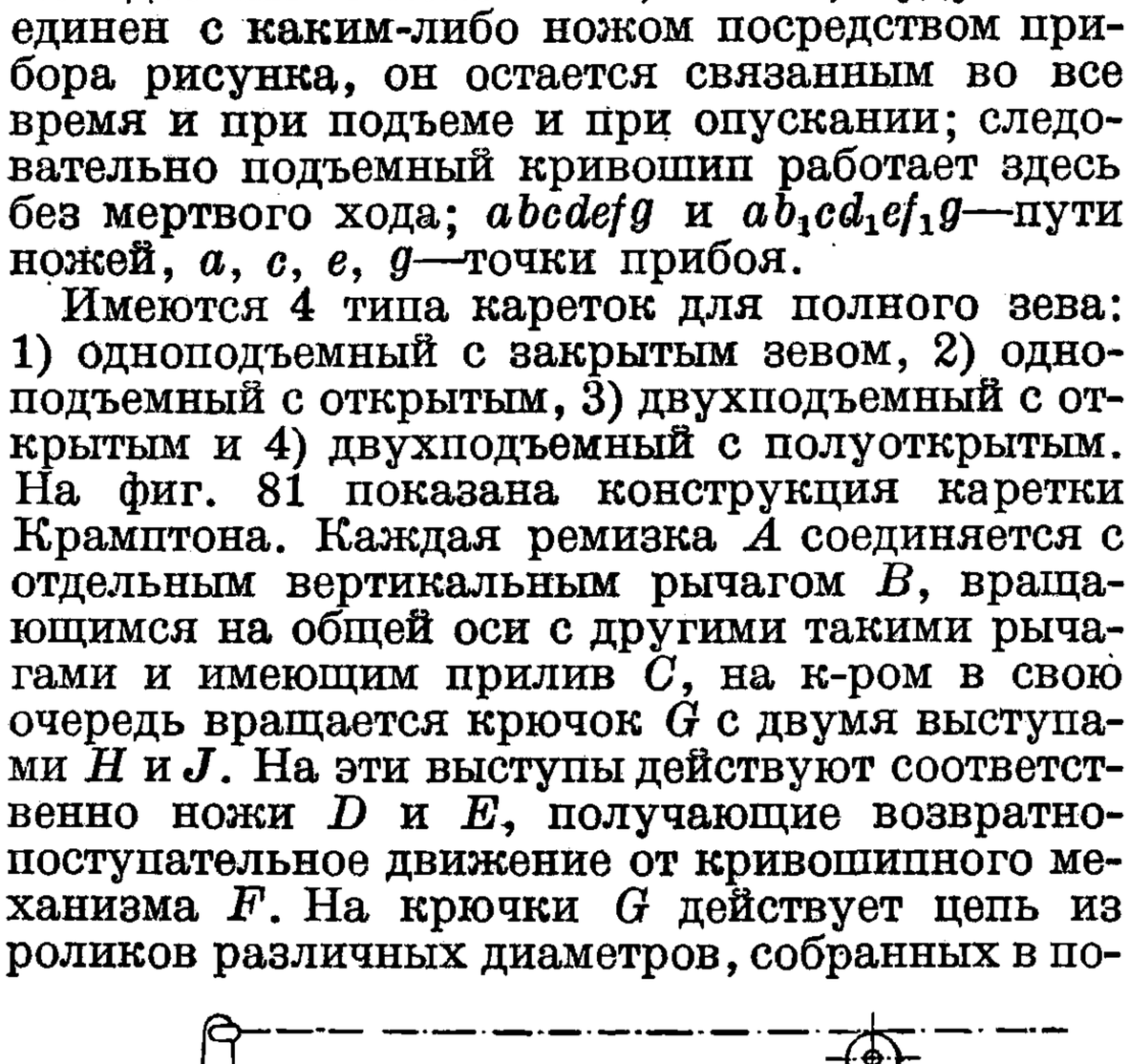
ход крючка производит пружинка или груз. Путь подъемного кривошипа, выраженный в углах поворота главного вала станка, развернут в прямую *aceg* (ось абсцисс). На соответствующих ординатах нанесены расстояния ножа от начального положения и т. о. получается диаграмма движения его *abcdcfg*. Крючок *C* во все время соединения с ножом *A* будет за ним следовать и дает для последовательного хода рабочих периодов станка пути *abc*, *cde*, *efg*; при полотняном переплетении в точке *c* игольный прибор разъединяет, а в точке *e* опять соединяет крючок с ножом, и путь ремизки представится в виде утолщенной линии *abcefg*. Закрытие зева и прибой происходят в точках *a*, *c*, *e*, *g*. Т. к. полный рабочий период и ремизки и ножа совпадает и равен 2π, т. е. одному обороту колена (за это время вводится только одна уточина), то каретка о д н о п о д ъ е м н а. На фиг. 80 изображена схема одноподъемного механизма с двумя ножами A_1 и A_2. Каждый нож имеет возвратно-поступательное движение от среднего положения зева только до одного крайнего, так что ножи за каждый оборот станка расходятся на расстояние $\frac{h}{2}$ — половины высоты зева, а затем оба сходятся на уровне *A*, где зев закрывается и происходит прибой. Соответственно подъемный кривошип OS_1 для но-

Фиг. 78.



жа A_2 с радиусом, равным $\frac{h}{4}$, занимает положения S_1 и S_2, для ножа A_1 на том же валу смещенный на 180° кривошип OS_2—соответственно положения S_2 и S_1. Крючок B ремизки снабжен двойными полочками, отчего, будучи соединен с каким-либо ножом посредством прибора рисунка, он остается связанным во все время и при подъеме и при опускании; следовательно подъемный кривошип работает здесь без мертвого хода; $abcdefg$ и $ab_1cd_1ef_1g$—пути ножей, a, c, e, g—точки прибоя.

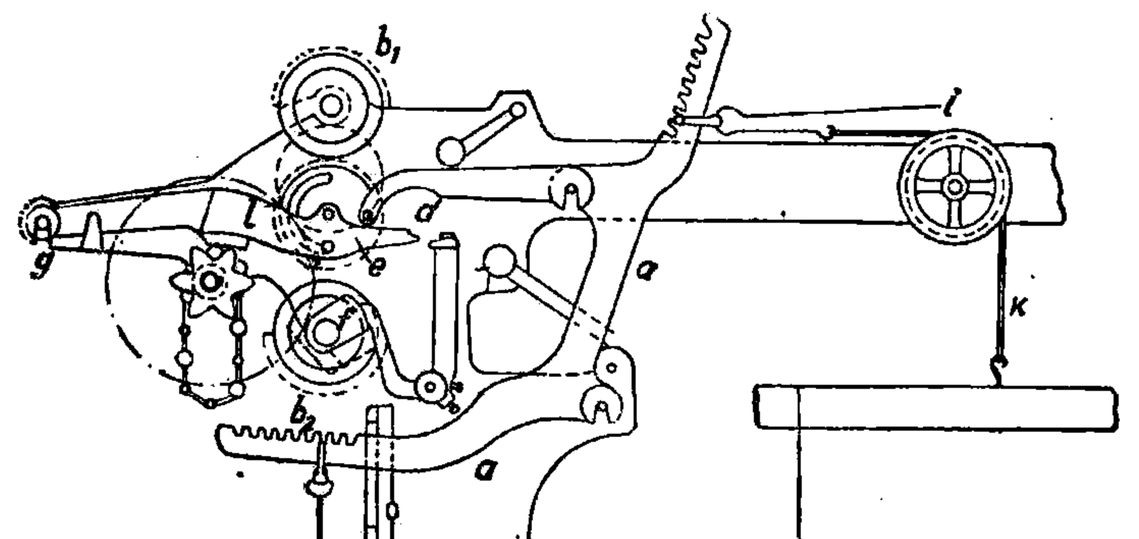
Имеются 4 типа кареток для полного зева: 1) одноподъемный с закрытым зевом, 2) одноподъемный с открытым, 3) двухподъемный с открытым и 4) двухподъемный с полуоткрытым. На фиг. 81 показана конструкция каретки Крамптона. Каждая ремизка A соединяется с отдельным вертикальным рычагом B, вращающимся на общей оси с другими такими рычагами и имеющим прилив C, на к-ром в свою очередь вращается крючок G с двумя выступами H и J. На эти выступы действуют соответственно ножи D и E, получающие возвратно-поступательное движение от кривошипного механизма F. На крючки G действует цепь из роликов различных диаметров, собранных в по-



Фиг. 81.

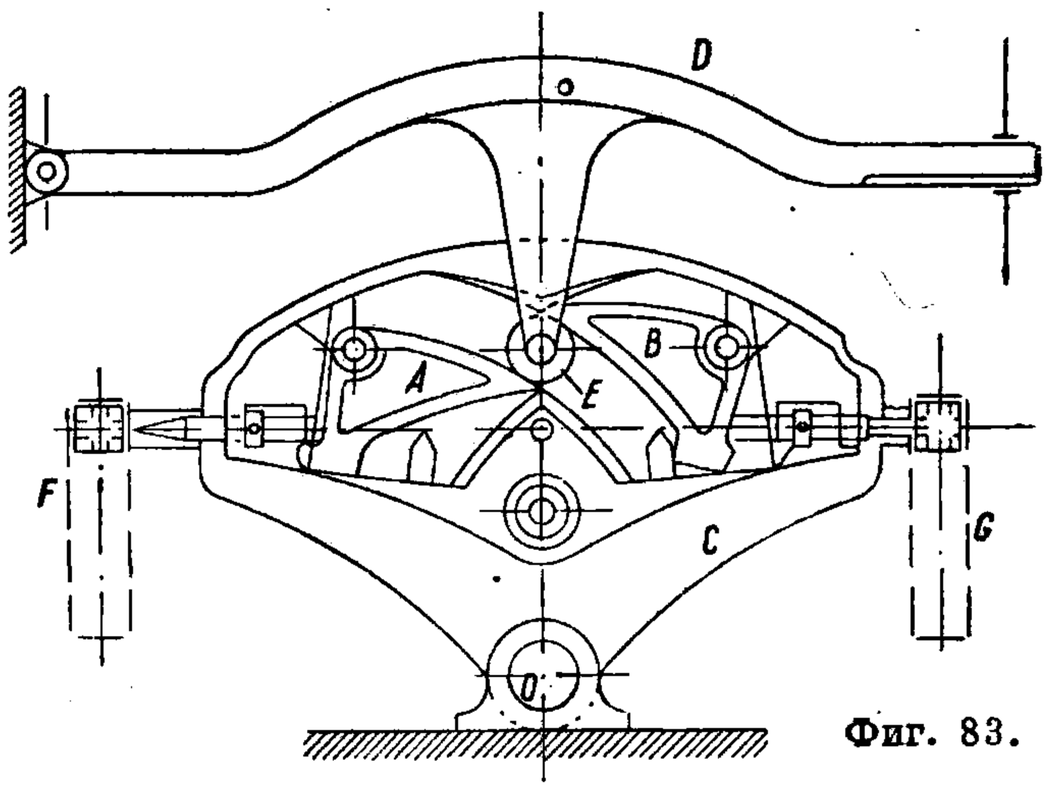
рядке, к-рый определяется вырабатываемым рисунком. В зависимости от того, какого диаметра ролики находятся под крючком G при вводе уточины, он поднимается или опускается и попадает под действие верхнего или нижнего ножа, отчего происходит подъем или опускание ремизки. При закрытии зева ножи, упираясь в рычаги, приводят их, а следовательно и ремизки, в среднее положение. Каретка одноподъемная—для закрытого зева. Фиг. 82 изображает конструкцию каретки Ноульс. От главного вала станка посредством шестерен *1* и *2* получают вращение два барабана b_1 и b_2, на половине своей поверхности гладкие, а на половине зубчатые. Этими зубцами они сцепляются с шестернями d, к-рые на противоположных концах диаметра имеют вырезы в один и четыре зуба. Шестерня d имеется отдельная для каждой ремизки и соединяется с ней посредством штанги, двуплечего рычага a, тяги b, направляющих роликов c, рычагов h и h_1, ремешков или цепей k и k_1 и крючка i. С другой стороны каждая шестерня помещена в рычаге l, качающемся около оси g. На рычаги l действует цепь из роликов с различными диаметрами, к-рые могут сцеплять d с тем или другим барабаном b_1, b_2. Если при этом против барабана становится вырез шестерни d с одним зубом, то она вращается на $^1/_2$ оборота; если же придется вырез в 4 зуба, то она будет стоять.

Для правильности вращения в ней имеется концентрич. вырез, а на рычаге l штифт e. Для удержания шестерни в том или другом положе-



Фиг. 82.

нии служит, с одной стороны, мертвое положение на ней шарнира штанги, а с другой—рейка на верхнем конце двуплечего рычага, вращающегося от эксцентрика f на оси нижнего барабана. Каретка является одноподъемной с открытым зевом и с выстоем в $^1/_2$ оборота. Ножами в ней служат барабаны b_1 и b_2 и крючками—шестерни d.

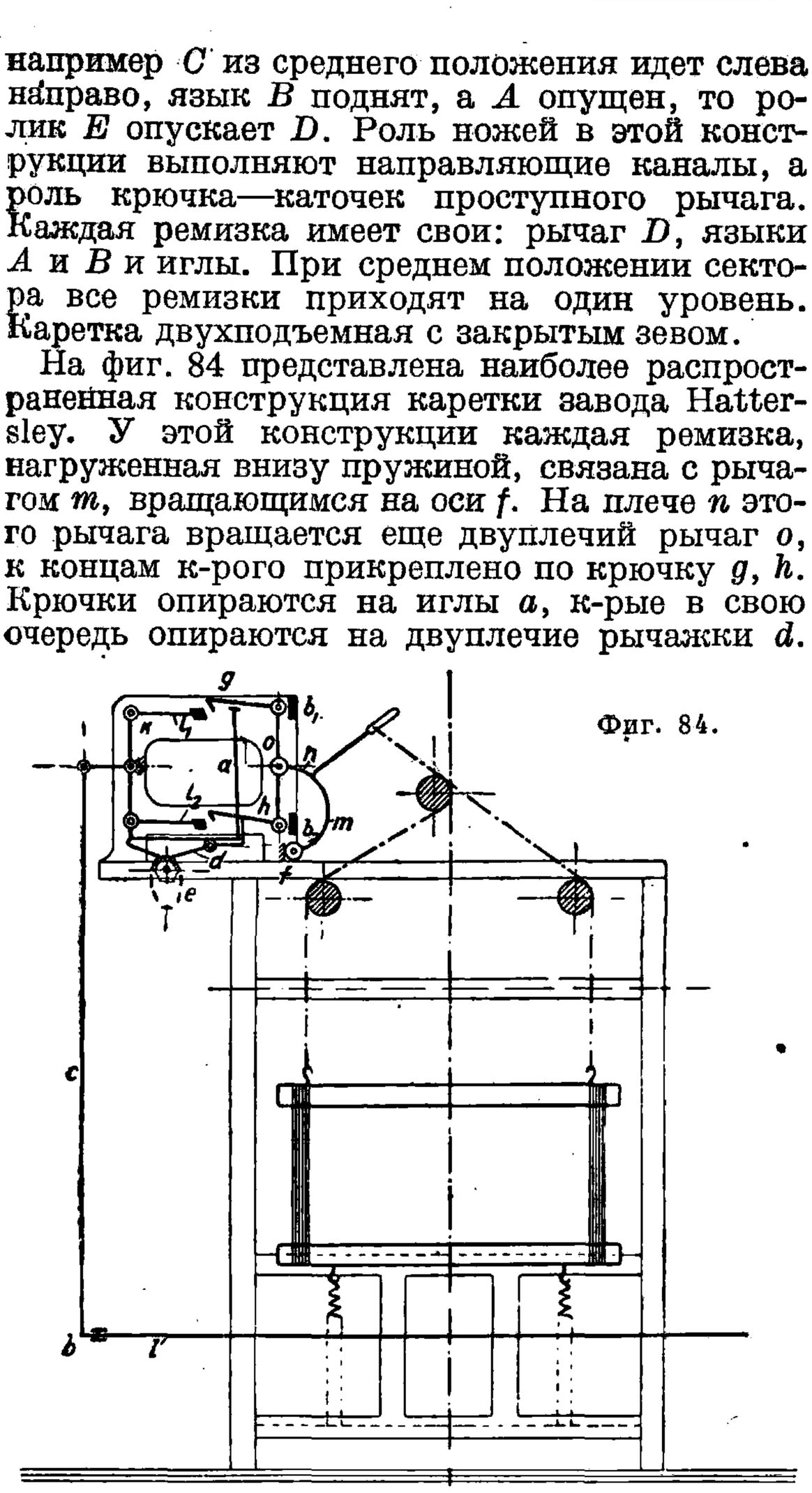


Фиг. 83.

На фиг. 83 изображена качающаяся каретка ткацкого станка. Сектор C за каждый оборот станка совершает качание около своей оси O слева направо или обратно. На нем с обеих сторон закреплен ряд языков A и B, на к-рые могут действовать иглы, перемещаемые картонами F и G на качающихся и вращающихся призмах. Различное взаимное расположение языков A и B создает направляющий канал для движения каточка проступного рычага D, с которым связана ремизка. Если

например C из среднего положения идет слева направо, язык B поднят, а A опущен, то ролик E опускает D. Роль ножей в этой конструкции выполняют направляющие каналы, а роль крючка—каточек проступного рычага. Каждая ремизка имеет свои: рычаг D, языки A и B и иглы. При среднем положении сектора все ремизки приходят на один уровень. Каретка двухподъемная с закрытым зевом.

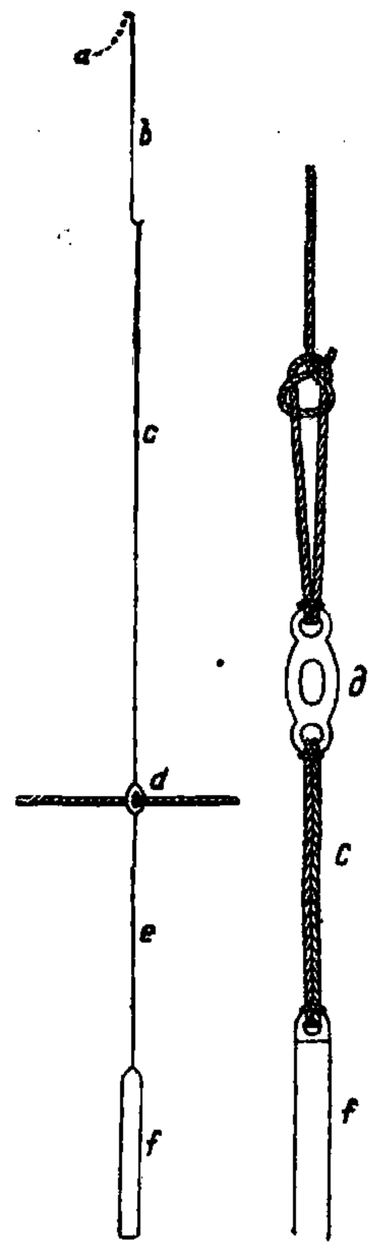
На фиг. 84 представлена наиболее распространенная конструкция каретки завода Hattersley. У этой конструкции каждая ремизка, нагруженная внизу пружиной, связана с рычагом m, вращающимся на оси f. На плече n этого рычага вращается еще двуплечий рычаг o, к концам к-рого прикреплено по крючку g, h. Крючки опираются на иглы a, к-рые в свою очередь опираются на двуплечие рычажки d.



Фиг. 84.

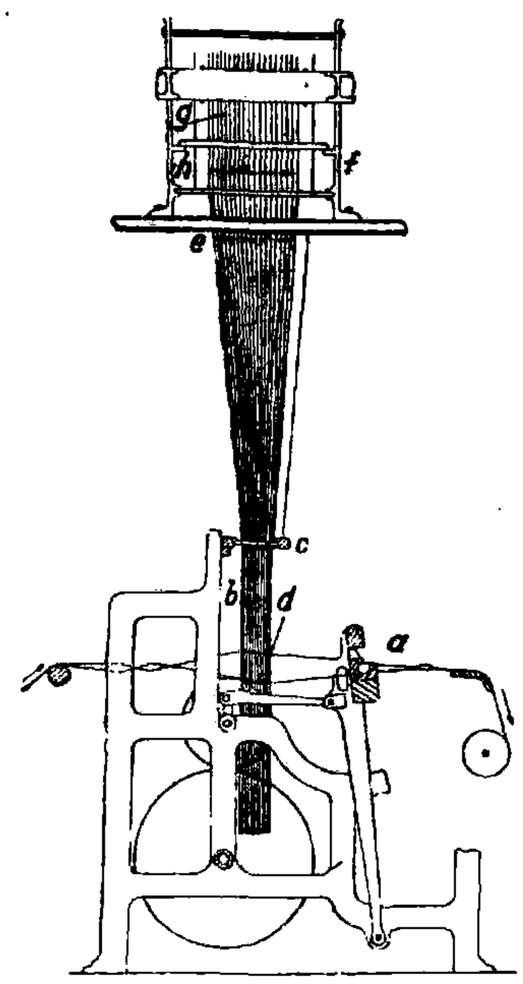
У последних левое плечо тяжелее правого, и на них могут действовать шпильки деревянного картона e; размещенные в отверстиях деревянных планок соответственно рисунку приготовляемой ткани. Для каждой ремизки имеются: рычаги m, o, два крючка g, h, две иглы a, два рычажка d. От проступного вала l станка через кривошип b, штангу c и трехплечий рычаг k получают возвратно-поступательное движение ножи i_1 и i_2. Против концов рычагов o имеются упоры b_1, b_2. Действие механизма: нож i_1 идет слева направо, i_2 — в обратном направлении. В карте рычажка d, соответствующего верхнему крючку g, вставлен деревянный колышек, к-рый заставит опуститься крючок g на нож i_1. Последний захватит g и рычаг o, конец к-рого повернется около упора b_2, отчего ось рычага o передвинется влево, и поднимается ремизка. Если в момент перемены хода ножей следующая карта картона оставит опять опущенным крючок g и поднятым h, то рычаг o под влиянием пружины ремизки перейдет в крайнее левое положение, и ремизка опустится. Но если при перемене хода ножей опустить и крючок h, то верхний конец рычага o будет перемещаться справа налево, а нижний ножом i_2—слева направо. В результате рычаг o будет только вращаться около предыдущего положения его оси, и ремизка останется на месте. Каретка з-да Hattersley двухподъемная с полуоткрытым зевом.

Каретка Жаккарда. При увеличении числа ремизок работа на станке становится затруднительнее, так что в этом направлении можно итти только до известного предела, приблизительно до 30 ремизок. Поэтому, чтобы иметь возможность вырабатывать сложные рисунки, для каждой основной нити вводят свою особую ремизку в виде т. н. лицы (фиг. 85 и 86). Она представляет собой тонкий шнурок с глазком d. Шнурок c привязывают к крючку b с загибом a, на который действует нож, а внизу привязывают на нитке грузик («висюльку») f. Такой способ независимого движения очень большого числа основных нитей позволяет увеличивать размеры и разнообразие в рисунке. Выработка сложноузорчатых тканей была введена с очень отдаленных времен, в 18 в. она была в значительной степени механизирована: лионским ткачом Жаккардом была сконструирована машина, названная его именем (см. *Жаккардова машина*), к-рая оказалась настолько совершенной, что до сих пор в нее в общем внесены только лишь сравнительно небольшие изменения. Она дала возможность легко, просто (значительно уменьшив стоимость изготовления) вырабатывать ткани сложных переплетений и сделала их из предметов роскоши предметами широкого потребления.

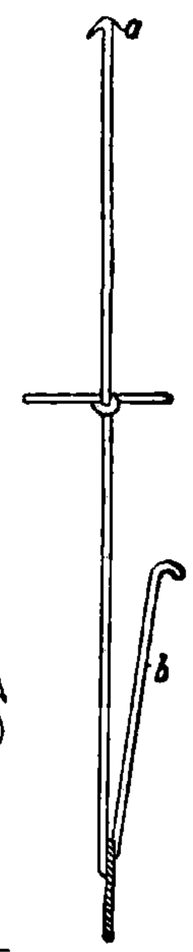


Фиг. 85 и 86.

На фиг. 87 изображен механический Т. с., снабженный кареткой Жаккарда. Нити основы a пробираются в глазки лиц d, расположенных в нескольких параллельных друг к другу рядах. Глазок, или мальон, м. б. стальным, латунным или стеклянным, представляет плоскую продолговатую или овальную фигуру, в которой находятся три отверстия: два по концам и одно в середине — крупное и овальное, через к-рое проходит нить основы; диаметр его всегда больше диаметра отверстий, находящихся у концов глазков. Верхним концом лицы привязываются (узлы b) к аркатным шнурам, обычно из льняного голосинника, к-рые проходят через кассейную доску c с отверстиями, расположенными в шахматном порядке. Аркатные шнуры в свою очередь привязывают узлами e к рамным шнурам с направляющей их рамной доской f; рамные шнуры привязывают узлами h к крючкам g, которые сделаны из проволоки и имеют 2 ветви a и b (фиг. 88).

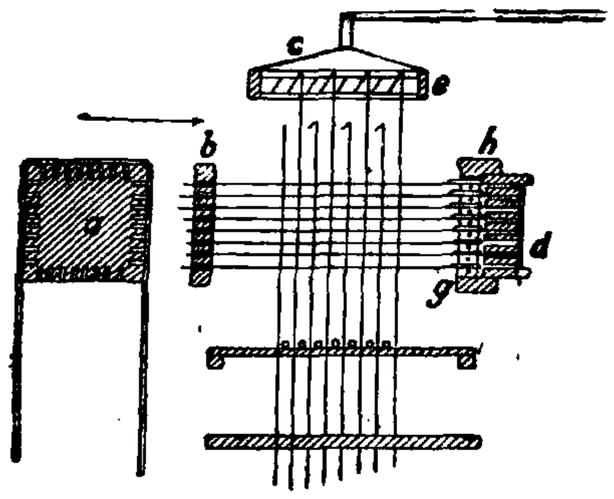


Фиг. 87.



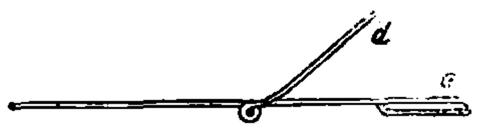
Фиг. 88.

На верхние загибы их действуют ножи *c* (фиг. 89), на каждый ряд отдельный нож. Они расположены в коробке *e*, получающей возвратно-поступательное движение в вертикальном направлении. Крючки могут занимать в отношении ножей два положения: загибы их или располагаются на ножах или же отклонены вправо. В первом случае они поднимаются ножами, во втором остаются в покое. Отклонение крючков производится иглами. Игла представляет собою проволочный пруток (фиг. 90) с двумя петлями *d* и *e*: *d* обхватывает крючок, проходящий через нее в вертикальном направлении, а *e* служит для направления движения (фиг. 89). Иглы располагаются горизонтальными рядами и направляются игольной доской *b* и рамой *h*: одним концом они лежат в отверстии игольной доски, другим на прутках *g* в раме *h*. В раме *h* помещается еще доска *d* с отверстиями против каждой иглы. В эти отверстия вложены пружинки («животики»), отжимающие иглы влево. Счет рядов игол ведется снизу вверх, рядов крючков—от животиков к игольной доске. Иглы 1-го ряда соединяются с крючками 1-го рода и т. д. Отклонение игол вместе с крючками производится с помощью



Фиг. 89.

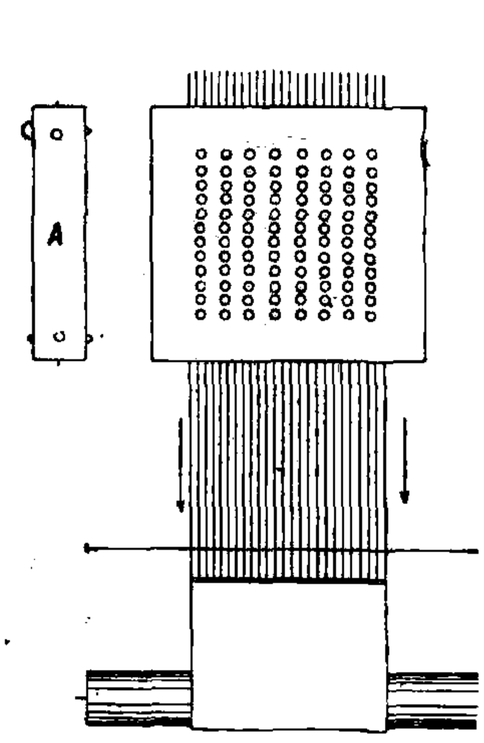
призмы *a*, на к-рую надевается бесконечная цепь из карт. Призма *a* имеет столько отверстий, сколько имеется игол. В зависимости от ри-



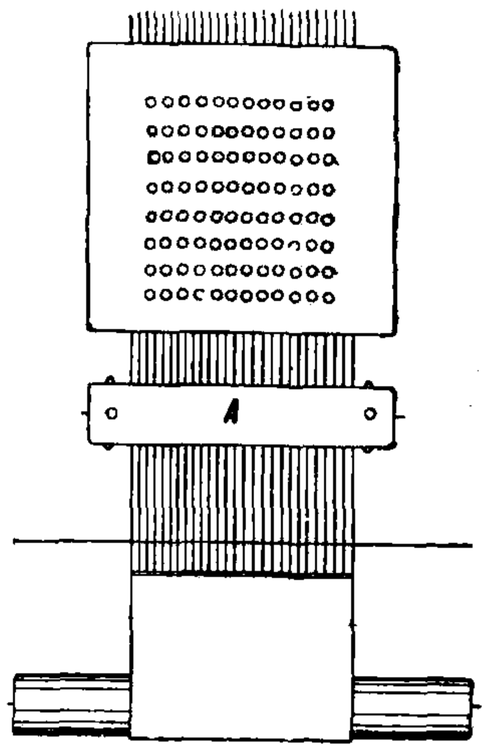
Фиг. 90.

сунка каждая карта часть этих отверстий закрывает, а часть их благодаря отверстиям в картах остается открытой. Призма получает возвратно-поступательное движение относительно игольной доски; при опускании коробки *e* с ножами она приближается к доске и отжимает иглы, против к-рых нет отверстий в карте, вправо. Вместе с этим отжимаются их крючки, и при подъеме ножей они остаются в покое. Все остальные крючки, для игол к-рых в карте пробиты отверстия, поднимаются вместе с ножами, и соединенные с ними нити основы образуют зев. При каждом обороте станка призма *a* во время своего отхода от доски поворачивается на 90° и тем самым при следующем ударе подводит новую карту. Движение призмы связано с движением ножевой коробки. Отверстия в карте соответствуют подъему основной нити.

Для правильной заправки жаккардовой машины очень важен порядок счета крючков, игол и проборки аркатных шнуров в кассейную доску. Кассейная доска устанавливается так, что поперечные ряды ее отверстий параллельны нитям основы, а продольные перпендикулярны к основе. Установка же рамной доски и решетки для крючков находится в зависимости от того, где помещается призма—с боковой или продольной стороны каретки. Счет продольным рядам крючков и рамным шнуркам всегда ведется по направлению к призме. Для счета их поперечных рядов надо стать лицом к призме, тогда первый поперечный ряд будет справа. Проборка в кассейную доску бывает или прямая или обратная. В первом случае первым аркатным шнурком будет левый задний, во втором—левый передний. На фиг. 91 и 92 даны два случая расположения призмы *A*. При положении призмы *A*, перпендикулярном направлению основы, аркат не перекручивается и поэтому работает продолжительнее, но движу-



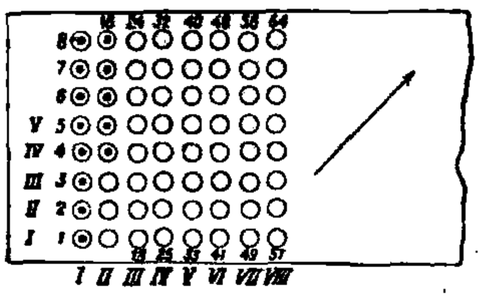
Фиг. 91.



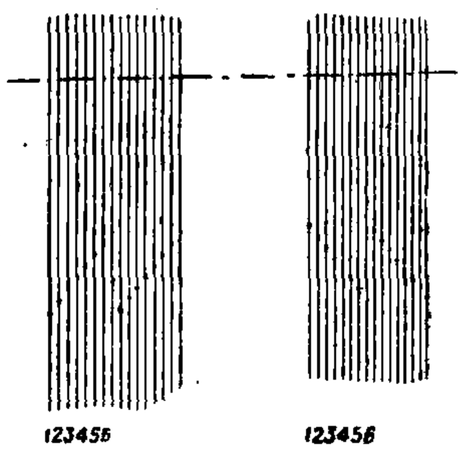
Фиг. 92.

щаяся призма с картоном располагается над ткачом и товаром, и тем самым ухудшаются условия обслуживания станка и создается опасность загрязнения товара от призмы маслом и сором. В игольной доске счет иглам принимается всегда слева направо и снизу вверх (фиг. 93). Жаккардовы машины строятся от 100 до 1 600 крючков и игол; число продольных рядов бывает 4—16, поперечных 26—110. В зависимости от расстояний между иглами они делятся на машины толстого и тонкого деления. Жаккардовы машины бывают деревянные, металлические и смешанные. Деревянные применяются при выработке дорогих шелковых тканей как требующие наименьшей смазки.

Для более простого и точного воспроизведения ткани на жаккардовой машине требуется прежде всего составить надлежащий заправочный чертеж, к-рый должен состоять из частей, изображающих: 1) переплетение нитей ткани, 2) порядок проборки нитей основы в глазки лиц,



Фиг. 93.

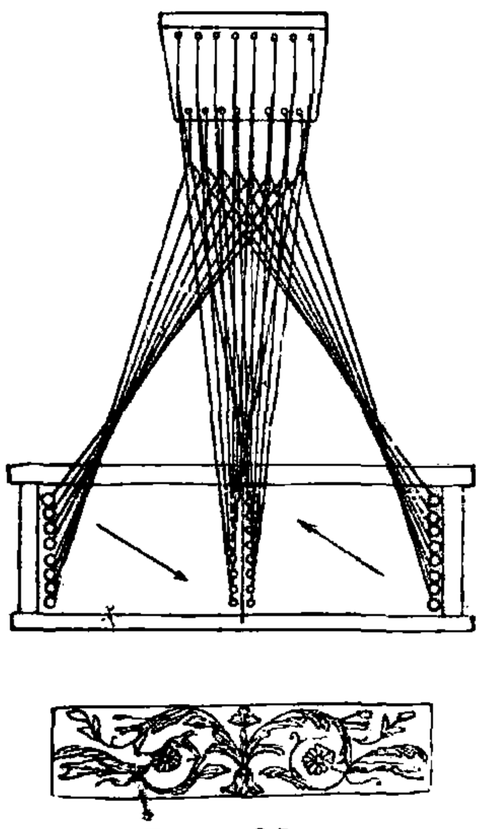


Фиг. 94.

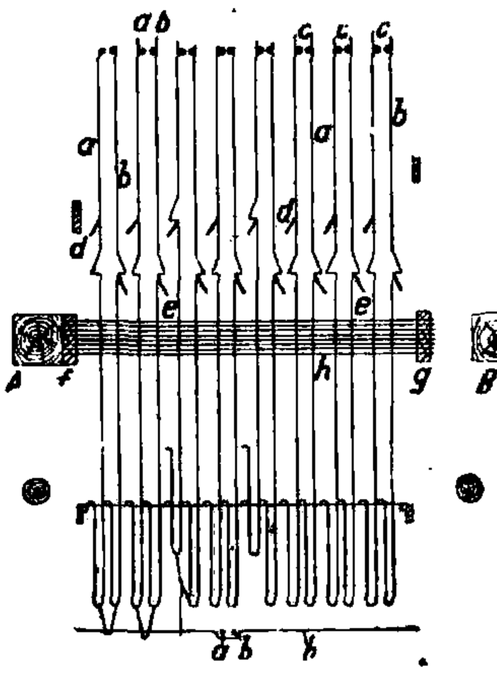
3) порядок проборки аркатных шнуров в кассейную доску и 4) порядок проступания крючков для различных зевов. Проборка нитей основы в лицы бывает прямая или обратная. В первом случае идут по нитям основы сзади наперед, пробирая 1-ю нить основы в 1-ю лицу и т. д.; во втором—обратно, как показано на фиг. 94. Счет нитям основы всегда производят слева направо. При этом для прямой проборки в кассейную доску необходимо применять и прямую проборку основных нитей в лицы, соблюдая это согласование и при обратной проборке. Проборка аркатных шнуров в кассейную доску производится согласно с расположением рисунка по ширине ткани. Здесь м. б. такие случаи: 1) ткань представляет один рисунок по всей ширине; 2) рисунок состоит из двух или более частей, расположенных тождественно; 3) он

состоит из частей, расположенных симметрично (фиг. 95). Для воспроизведения рисунка кассейную доску делят на соответствующее число равных частей (в примере их две). Для левой части в кассейной доске применяют прямую проборку, для правой—обратную, чтобы соединить одинаково переплетающиеся нити на одном и том же крючке.

Вместо призмы, указанной выше и перемещающейся в горизонтальном направлении, иногда применяется призма, качающаяся на особом шпинделе рамы машины. При этом расходуется меньше энергии и смазки, но призма встречает иглы не под прямым углом, отчего они скорее изнашиваются. Чтобы достигнуть более надежного действия призмы на иглы и уменьшить сотрясения в каретке, расположенной значительно выше самого станка, вводят вместо одной две призмы: двухвальные жаккардовы машины; скорость движения призм тогда делается в два раза меньше. Для получения двухподъемности машины каждый рамный шнурок привязывают к двум крючкам, и тогда



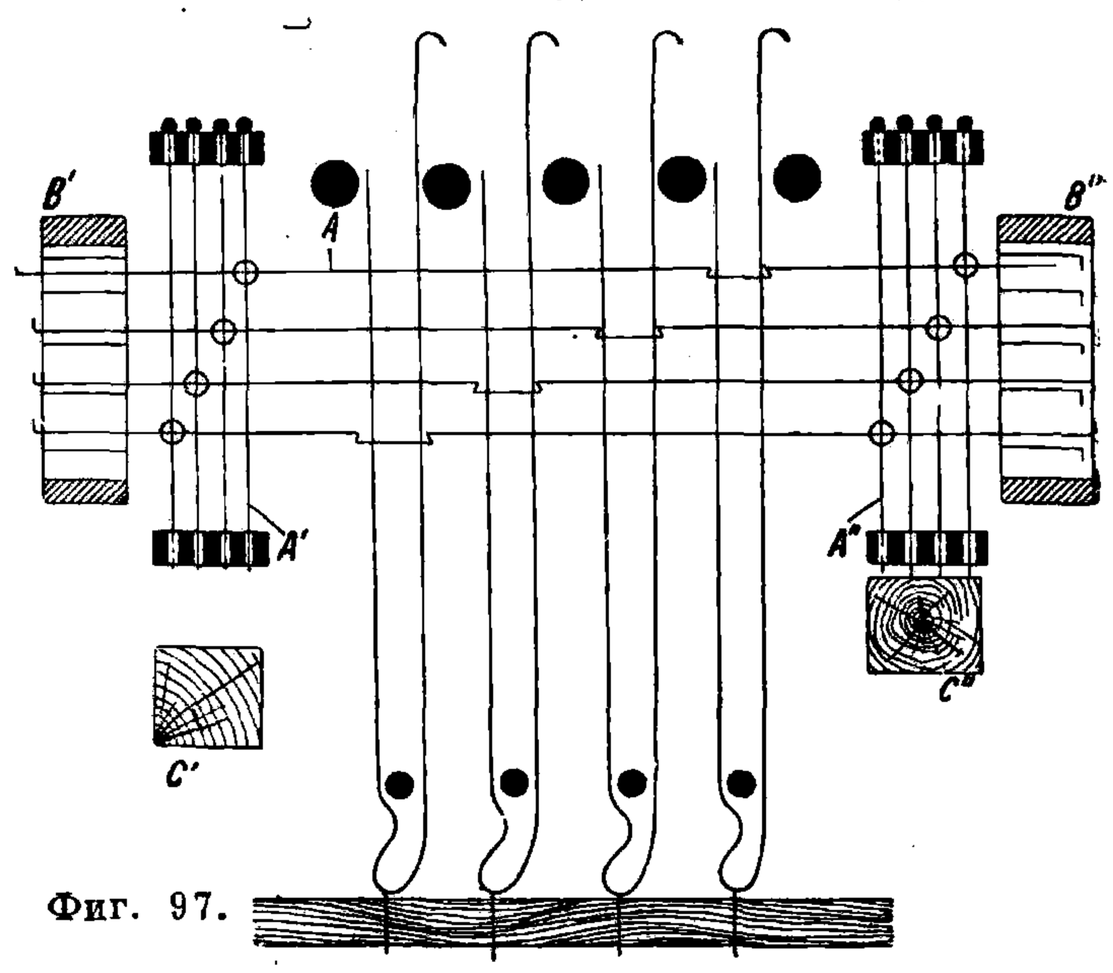
Фиг. 95.



Фиг. 96.

способ действия машины будет одинаков с переборной кареткой с полуоткрытым зевом (см. *Добби каретка*).

На фиг. 96 приведена схема устройства двухподъемной жаккардовой машины с двумя призмами A и B. Здесь для каждого рамника имеются два крючка a и b и одна игла h с особым выгибом, в к-рый входят крючки a и b. Вверху эти крючки опираются на прутки c. Иглы направляются с обеих сторон простыми игольными досками f и g без животиков. При отклонении иглы в ту или другую сторону она своим выгибом отклоняет среднюю часть крючка, выводя его из сферы действия ножа d или e; т. к. верхняя часть крючка опирается на пруток c, то он изгибается, а при прекращении действия на иглу призмы выпрямляется и перемещает иглу в исходное положение. Призмы действуют на иглы с разных сторон попеременно: когда одна подходит к иглам, другая отходит от них и за это время поворачивается. Ножей также два ряда—d и e. Две призмы употребляются также с целью сокращения числа карт, когда вырабатывается ткань с каймой: скатерть, платок и т. п. Тогда одна призма со своим картоном действует при выработке фона, другая при выработке каймы (фиг. 97). В этой каретке крючки имеют две длинные ветви, одна из к-рых вверху также опирается на пруток, допуская изгиб крючка иглой и возвращая ее в первоначальное состояние после действия картона. Главные иглы A соединены с обеих сторон с вспомогательными A' и A'', к-рые управляются призмами C' и C'''. Иглы A' и A'' приподнимают или опускают левый или правый конец главных игол A и вводят или выводят их из

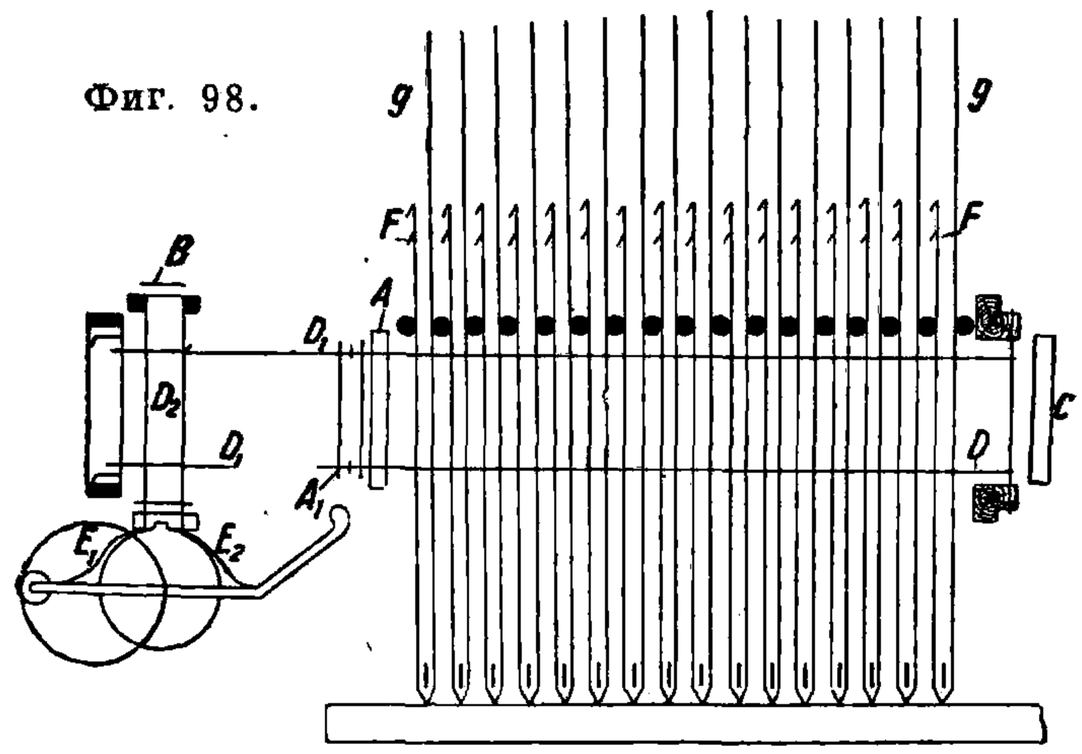


Фиг. 97.

сферы действия рамок B' и B'', в к-рых помещены проволочные упоры с загибами, заставляющие перемещаться иглы A. Рамкам B' и B'' сообщается возвратно-поступательное движение в горизонтальном направлении. Сначала работает одна призма C', вырабатывая фон, затем она выключается, а включается другая призма C''.

Наконец надо указать еще на конструкцию машины «Вердоль» (фиг. 98). В ней D—главные иглы, направляемые досками A и C. Против их левых концов помещаются другие иглы D_1, направляемые досками A_1 и B. Своими правыми концами с особыми загибами они упираются в иглы D и могут их перемещать. В свою очередь иглы D_1 соединяются еще с иглами D_2. На них действует картон E_1 E_2. Приподнимая иглы D_1, иглы D_2 заставляют их упираться в загибы прутков рамки B, к-рая при своем перемещении в горизонтальном направлении захватывает приподнятые иглы D_1, а эти последние перемещают далее иглы D; в результате отклоняются соответствующие крючки g, к-рые здесь устроены также пружинящимися. F—ряд обычных ножей. При введении

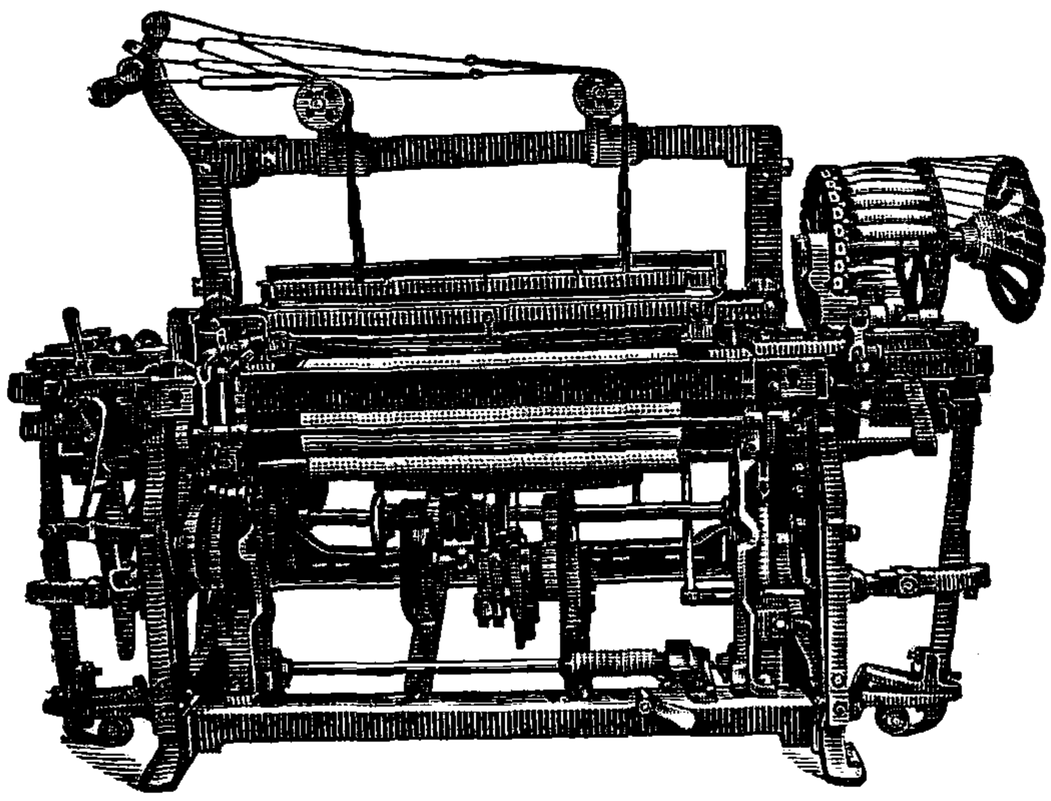
Фиг. 98.



дополнительных тонких игол здесь получается возможность применения вместо картона тонкой бумаги, что дает значительную экономию, в особенности при большом числе карт. Вследствие сравнительно неустойчивой связи между станками и кареткой, необходимости точного действия призм на иглы и сложности конструкции станкам с кареткой Жаккарда приходится сообщать гораздо меньшую скорость, напр. при выработке средних хл.-бум. тканей ско-

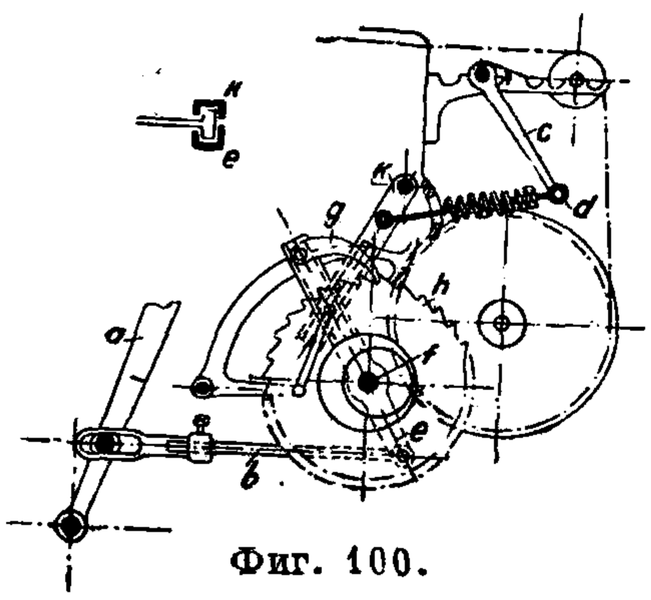
рость без каретки 220 ударов/мин., с кареткой Жаккарда 160—180; при выработке шелковых тканей число ударов меньше (110—130) и коэф. производительности жаккардового станка составляет в среднем около 80%.

Механизмы для автоматической смены утка. Применение этих приборов вызывает необходимость автоматизации действия ряда других деталей, и в результате такие станки являются так многосторонне автоматизированными, что их нередко называют просто автоматическими. Они получили очень широкое распространение как за границей, так и в СССР: не только новые хл.-бум. ткацкие ф-ки оборудуются уже почти исключительно ими,



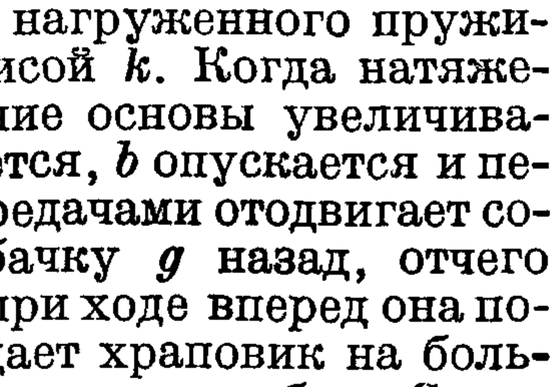
Фиг. 99.

но и в старых происходит интенсивная замена простых станков; в последнее время также для других волокон появляются соответствующие устройства их. Главное преимущество автоматич. станков заключается в том, что сработанная шпуля в челноке заменяется автоматически новой. Этим достигается возможность наблюдения со стороны ткача за гораздо большим числом машин: 20—40 вместо 2—4, а в некоторых случаях даже до 80 (в Америке) при наличии подручного для смены утков в барабанах. Но в таком случае пришлось снабдить станки автоматич. остановом при обрыве основы, так наз. основонаблюдателем, иначе появилось бы большое количество брака. Сигнализатором для действия прибора при сходе или обрыве уточины остается уточная вилочка. Т. к. она должна помещаться близко



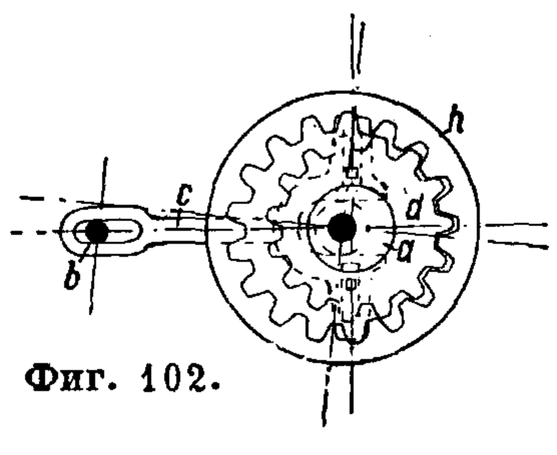
Фиг. 100.

от отводки, то прибор приходится ставить на противоположной стороне станка, а их взаимодействие осуществлять с помощью особого валика — распределителя. Во избежание недосек при автоматической смене утка действие товарного регулятора прекращается; кроме того для всякого уточного автомата необходим еще особый механизм—детектор, который следит за тем, чтобы челнок в момент смены занял надлежащее место. Приходится ввести еще ножницы для обрезания у кромок концов старой и новой шпули. Если вырабатывается ткань, у к-рой внешний вид искажается от недостающей во время действия прибора для смены шпуль уточины, и в том случае, когда приходится «отыскивать разы», употребляется «щупло» початка, к-рое заставляет смениться шпулю, не допуская полного схода с нее нити. Конструкций автоматических станков много. Наиболее распространенный из них тип Нортроп (фиг. 99), изготовляемый в СССР под маркой «Н».

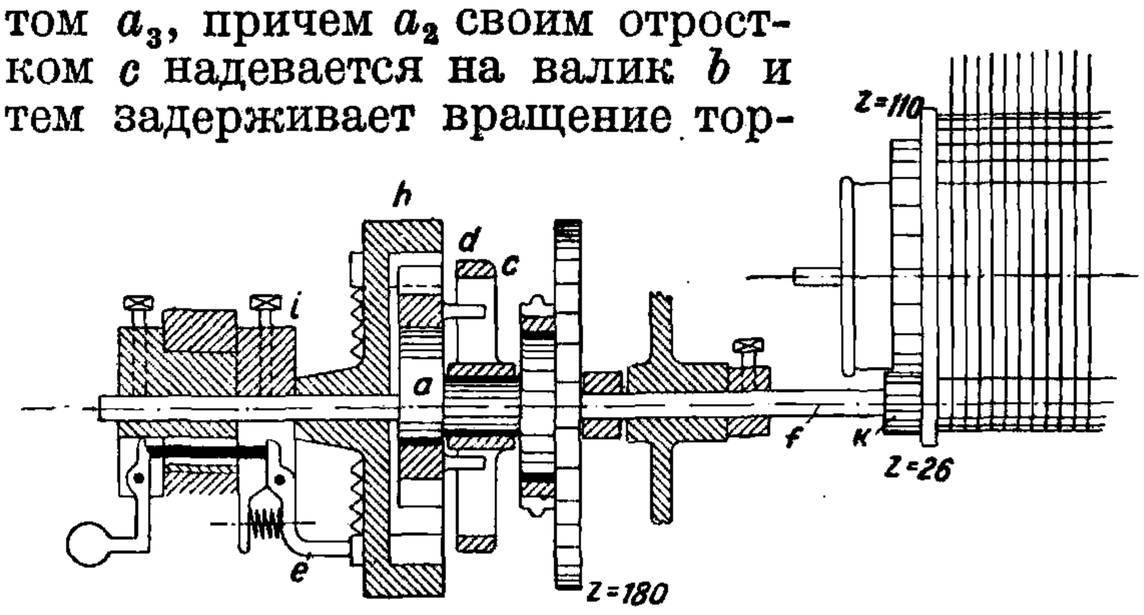


Фиг. 101.

1) Основный регулятор. Для натяжения и подачи основы применен негативный основный регулятор Ропера (фиг. 100). От лопасти батана *a* через посредство тяги *b* получает качательное движение кулиса *e* с осью вращения *f*. На конце *e* укрепляется собачка *g*, к-рая приводит во вращение храповик *h* вокруг этой же оси *f*; он сидит на ней свободно. Заднее движение собачки *g* производит кулиса *k*. Кулиса имеет корытообразное сечение, в котором перемещается кулачок водилки, представляющий собой двуплечий рычаг, другое плечо которого служит щуплом, прижимающимся к основе. Скало расположено в двуплечем рычаге *c*. Его нижнее плечо посредством стержня *d*, нагруженного пружиной, соединяется с кулисой *k*. Когда натяжение основы увеличивается, *b* опускается и передачами отодвигает собачку *g* назад, отчего при ходе вперед она подает храповик на большее число зубьев. С другой стороны, по мере уменьшения диам. основы кулачок передвинется по кулисам вниз и увеличит размах собачки. В результате в обоих случаях поддерживается постоянное натяжение основы. Для воспрепятствования обратному движению храповика под влиянием натяжения основы на его ободок действует тормоз (фиг. 101), состоящий из двух колодок a_1 и a_2, стягиваемых болтом a_3, причем a_2 своим отростком *c* надевается на валик *b* и тем задерживает вращение тормоза.



Фиг. 102.

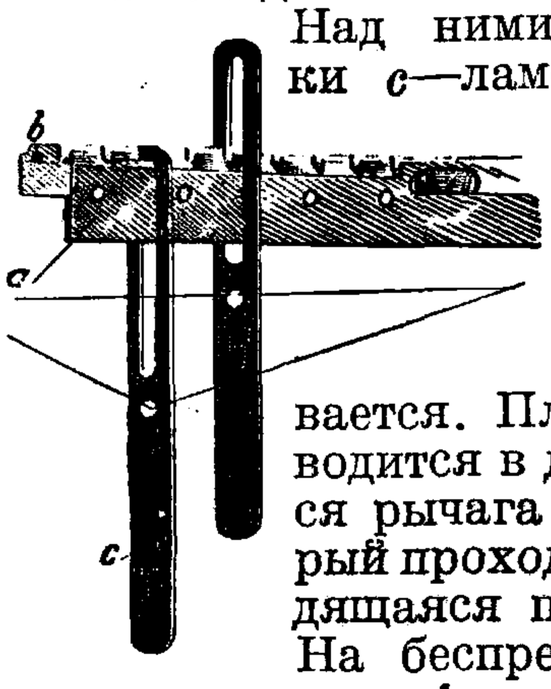


Фиг. 103.

Заодно с храповиком *h* (фиг. 102, 103) отлит эксцентрик *a*. На его оси свободно надета шестерня *d* в 40 зубьев, к-рая сцепляется с *h* в 46 зубьев. У *d* имеются два выступа. Они входят в прорезы вилки *c*, помещенной на валике *b*, и не допускают вращения *d*, позволяя ей в то же время сцепляться с *h*, также свободно сидящей на валу *f*. Между *d* и *h* получается следовательно эпициклическая передача, при действии к-рой за один оборот храповик *h* поворачивается в том же направлении на 46—40 = 6 зубьев. На боковой поверхности *h* имеются зубцы, в них упирается собачка *e*, укрепленная на кольце *i*, к-рое привернуто к валу *f*. Т. о. с враще-

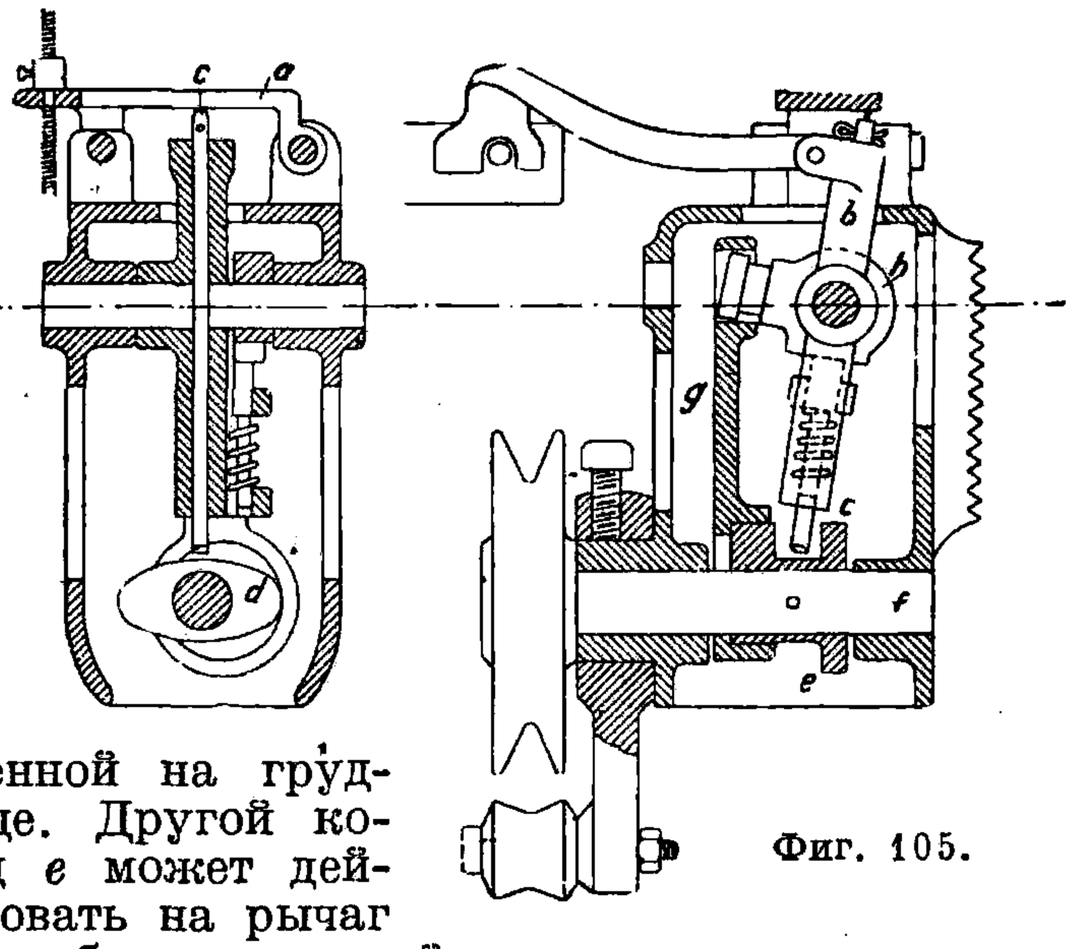
нием храповика вращается вал f, а на другом его конце шестерня k в 26 зубьев передает вращение зубчатому венцу в 110 зубьев на фланце навоя. По ф-ле Виллиса $\left(e=\frac{n-a}{m-a}\right.$ при $a=1$ и $\left.m=0\right)$ за один оборот храповика шестерня d сделает $n=1-\frac{40}{46}=\frac{46-40}{46}$ оборотов, а при повороте его на 1 зуб навой повернется на $\frac{(46-40)26}{180\cdot46\cdot110}=\frac{1}{5838}$ оборота, где 180—число зубьев храповика. Как видно, подачу основы можно сделать очень малою, отчего ее натяжение поддерживается довольно точно постоянным. Самая величина натяжения меняется натяжением пружины.

2) Основонаблюдатель состоит из 2 планок с вырезами вверху, из них a—двойная и неподвижная и b—подвижная (фиг. 104). Над ними помещаются пластинки c—ламельки, в отверстия которых пробраны основные нити. При обрыве какой-либо нити ее ламелька опускается, попадает в вырезы планок a и b, и b останавливается. Планка a (фиг. 105) приводится в движение от качающегося рычага b качалки, сквозь который проходит игла c «толкач», находящаяся под действием пружины. На беспрерывновращающемся валике f посажен двойной эксцентрик. Одна его часть d через посредство шатуна g и кривошипа h вращает качалку, а другая—b устанавливается так, что при вертикальном положении качалки она свободно проходит мимо него. Когда останавливается подвижная планка, качалка задерживается в вертикальном положении, эксцентрик e поднимает толкачом c планку a и потянет связанный с ней трос, к-рый подвинет через промежуточную передачу отводку, и станок остановится.



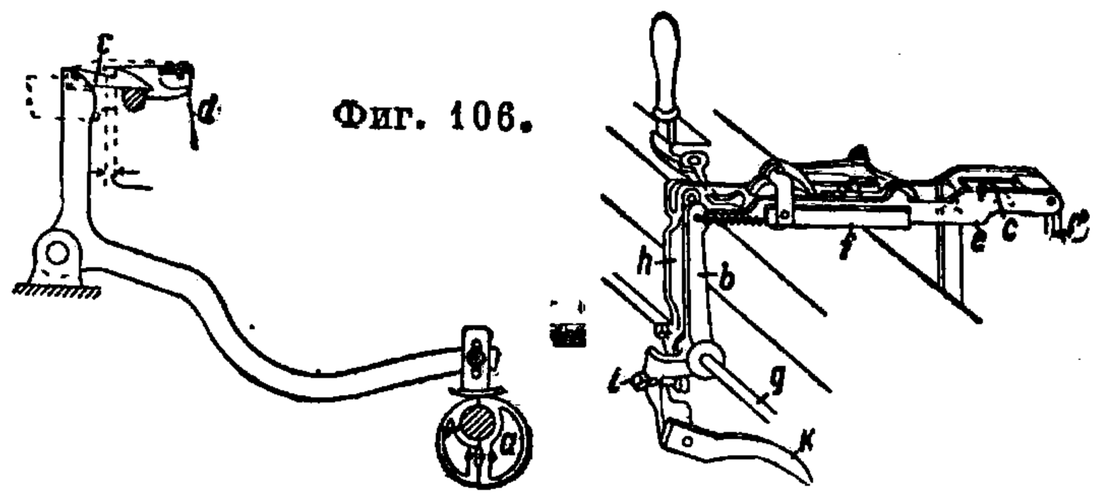
Фиг. 104.

3) Уточная вилочка d представляет собою петлю (фиг. 106), к-рую при отсутствии в зеве уточины захватывает крючок c молоточка, работающего, как в обыкновенном станке, от эксцентрика a. Вилочка вращается в ползушке e; e ходит по направляющей f, укрепленной на грудинце. Другой конец e может действовать на рычаг b, свободно сидящий на оси распределительного валика g, но имеющий на своем отростке болт i, который упирается в хвост рычага h, уже закрепленного на g. При отсутствии уточины крючок c захватывает вилочку,



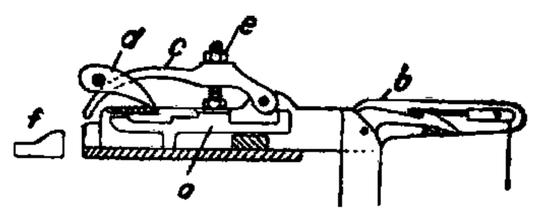
Фиг. 105.

ползушкой e отклоняет рычаг b, поворачивает g, и происходит смена шпули. Рычаг k выключает собачку, поворачивающую товарный регулятор. Внутри ползушки имеется еще

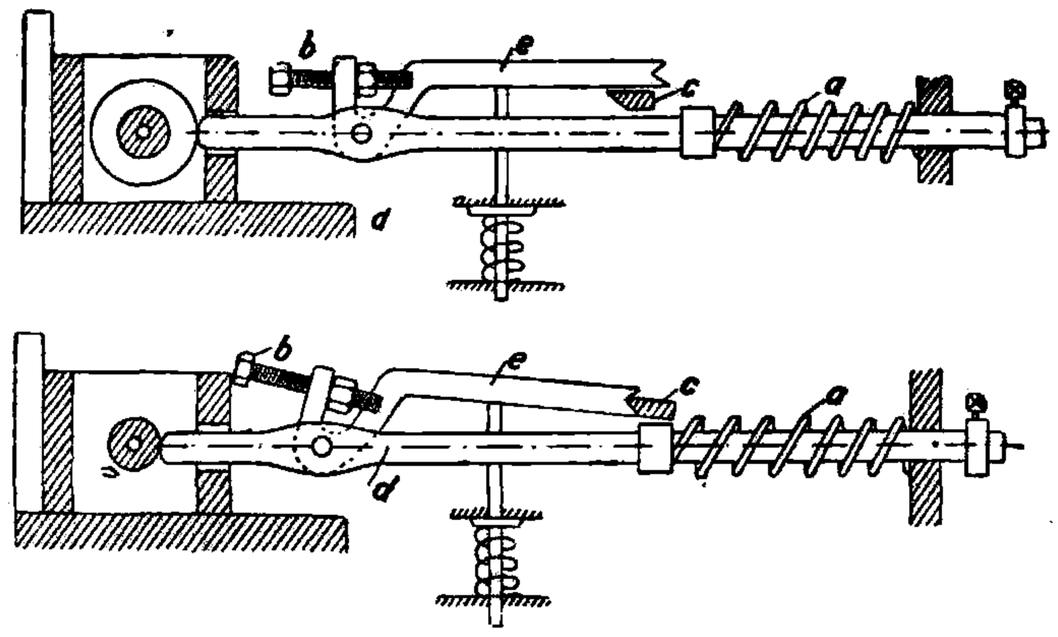


Фиг. 106.

свободно перемещающийся движок a (фиг. 107), а на него опирается винтиком e контрольная собачка c. При перемещении c с ней движется и a до упора в ее выступ задерживающей собачки d, на к-рый переместится и винтик e. Собачка c при этом пройдет мимо сбрасывателя f. Если шпуля сменилась нормально, то при следующем движении шпага b отведет движок a в прежнее положение. Если смены не произошло или новая шпуля тотчас же оборвалась, то вилочка опять захватится шпагой, ползушка переместится еще раз, собачка d упрется во второй выступ и задержит a в новом положении. Винтик e перейдет на второй выступ, но все еще не встретит сбрасывателя f. При третьем таком случае собачка c уже ударит в f, к-рый подействует на отводку, и станок остановится. При пуске в ход механизм приходит в исходное положение.



Фиг. 107.



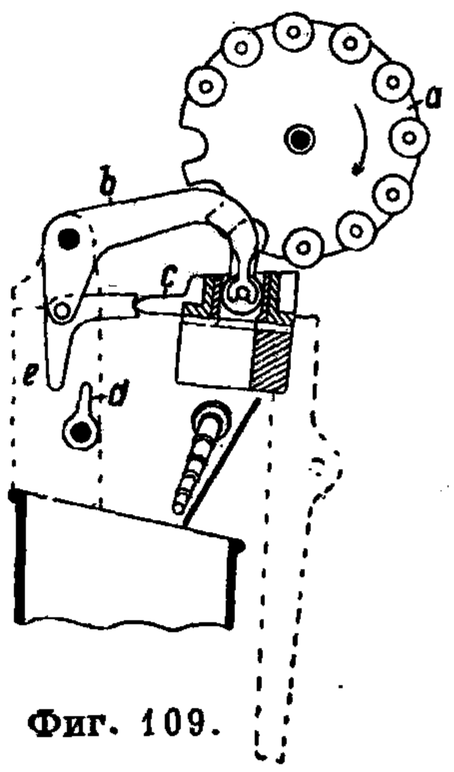
Фиг. 108.

4) Щупло d початка помещается (фиг. 108) на угольнике отводки. При полной шпуле оно проходит в вырез стенки челнока и упирается в нее, т. ч. между стенкой челнока и винтом b остается свободное место. Пружина a сжимается, а уловитель e проходит мимо отводки c. При начинке на шпуле уловитель e наклонится, упрется в c, что вызовет поворот распределительного валика и смену шпули.

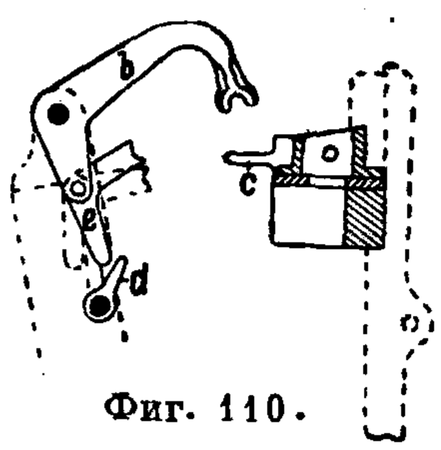
5) Детектор следит за положением челнока при смене шпули. Если челнок к этому моменту от боевого механизма несколько не дошел до нормального положения, то детектор его доводит. Если же недолет очень значителен, то детектор выключает действие автомата смены, если же положение челнока нормально, то он включает автомат. Ножницы связаны с детектором.

6) Прибор для смены утка (фиг. 109, 110) состоит из маховика a и двуплечего рычага, «вышибателя», b, у к-рого имеется внизу приемник e, стремящийся под действием пружи-

ны подняться вверх. При нормальной работе станка указанные части занимают положение, указанное на фиг. 110, когда упор *c* на батане проходит мимо *e*. Но в момент смены (фиг. 109) палец *d* детектора подставляет приемник *e* под *c*, и вышибатель *b* снимает из магазина новую шпулю, ведет ее вниз и вытесняет ею



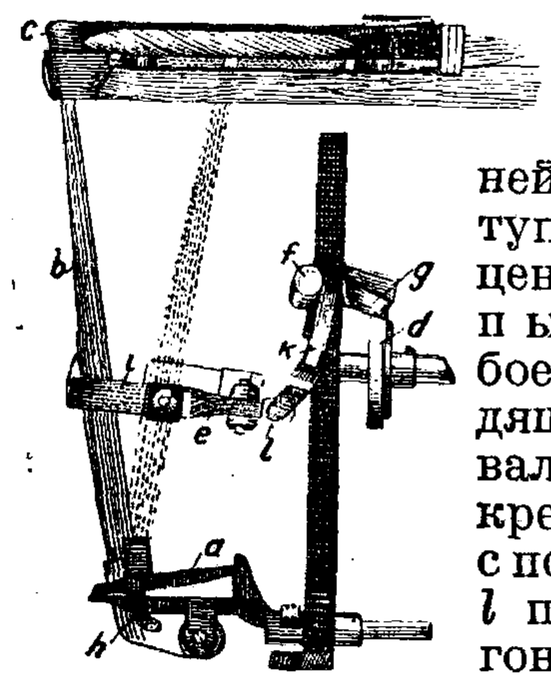
Фиг. 109.



Фиг. 110.

старую, к-рая скатывается в ящик. Магазин *a* устроен т. о., что может вращаться от храповика при посредстве собачек, которые действуют от вышибателя *b*.

7) Боевой механизм устроен, как показано на фиг. 111. Башмак *a* погонялки *b* качается по кронштейну *h*, в результате чего верхний конец ее движется по прямой линии, гонок представляет кусок ремня *c*, прикрепленный к ней в этом месте. На проступном валу закреплен эксцентрик *d*, называемый к о п ы т о м, он действует на боевой конич. ролик *g*, сидящий на горизонтальном валу—«веретене» *f*. На *f* закреплена сережка *k*, к-рая с помощью хомута *i* и бруска *l* производит движение погонялки. Бой регулируется перестановкою *k* и подтягиванием хомута *e* с помощью стрелки.



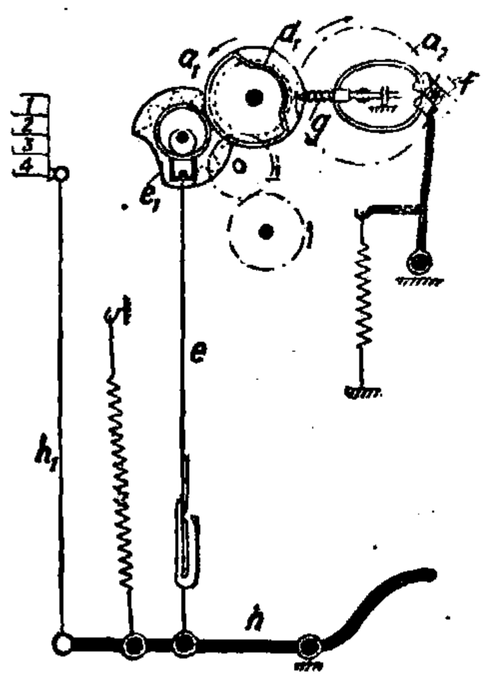
Фиг. 111.

8) Шпарутка в отличие от обыкновенного станка имеет ножницы, образующие конец новой уточины.

Как видно из изложенного, наиболее ответственным моментом в работе автоматич. станка является своевременное и правильное действие самого прибора для смены шпули; остальные его детали добавлены или получили изменение в сравнении с простым станком для уточнения в выполнении этой задачи. Механизм для смены шпуль во всех конструкциях состоит из двух главных частей: магазина для помещения запасных шпуль и вышибателя, производящего смену их. Обе части связаны между собой, и их совместная работа заключается в том, что новая шпуля д. б. передана из маховика к вышибателю, к-рый затем перемещает ее в челнок. Вышибатель обыкновенно представляет собою двуплечий вращающийся рычаг. Магазин устраивается так, что новая шпуля в нем заранее стоит на пути вышибателя или же вне его. В первом случае магазину удобнее всего придать форму вращающегося барабана и на периферии его разместить запасные шпули; во втором—получается какая-либо иная специальная форма. Осложнение составляет то, что шпуля находится в беспрерывнокачающемся батане и с ее движением надо связать и согласовать работу вышибателя. Чтобы несколько ослабить это осложнение, для смены выбирают момент около переднего мертвого положения колена, когда батан имеет наименьшую скорость.

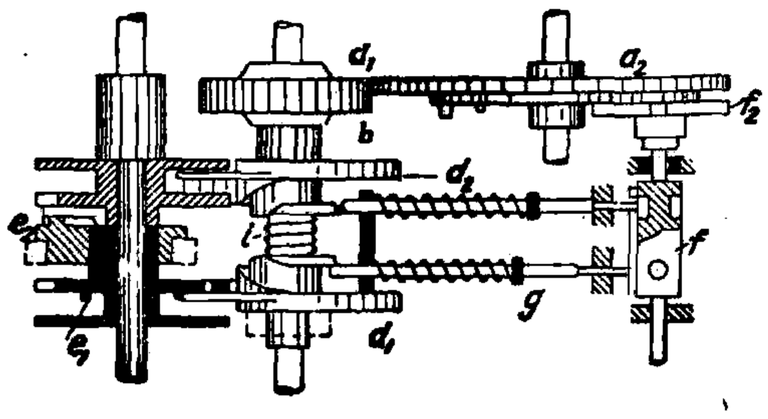
Магазин должен иметь большой запас шпуль, отчего он выходит громоздким и потому помещается на неподвижной части станка. Вышибатель же более прост и легок и может укрепляться и на перемещающейся детали. Поэтому задача смены шпули может разрешиться следующими способами. 1) Магазин и вышибатель укреплены на неподвижной части станка; магазин барабанной формы; шпуля заранее устанавливается на пути вышибателя. Во время смены взаимное положение новой и старой шпуль все время изменяется, поэтому является необходимость производить смену по возможности быстрее, до известной степени ударом, это ограничивает скорость станка (з-ды Британский Нортроп, Стаффорд, Рюти). 2) Магазин и вышибатель—на неподвижной части. Магазин формы коробки, новая шпуля заранее не устанавливается на пути вышибателя—прибор Виттекера. Движение новой шпули происходит при менее благоприятных условиях. 3) Магазин—на неподвижной части станка, вышибатель—на батане, новая шпуля—не на пути вышибателя—станок завода Оливье. Принципиально устройство целесообразнее предыдущих, но выполнение передачи новой шпули транспортером осуществлено не совсем удачно и потому происходит не всегда правильно. 4) Магазин устанавливают на неподвижной части, вышибатель—на батане, новая шпуля заранее устанавливается на пути вышибателя. При такой комбинации и возможно применить бо́льшую скорость станка. Ее осуществление производится инж. Асафовым на союзных заводах.

Многочелночные приборы. Если ткань д. б. сработана из нескольких утков, к-рые могут отличаться друг от друга цветом, толщиной и пр., тогда для каждого утка потребуется отдельный челнок, а для последнего—отдельная челночная коробка. Т. о. получаются многочелночные приборы. Минимальное число коробок при этом равно числу различных утков + одна свободная для входа прокидываемого челнока. По конструкции многочелночные приборы очень разнообразны и их можно разделить на следующие группы. 1) Односторонние и двусторонние, в зависимости от расположения челноков с одной или с обеих сторон станка. 2) С последовательной переменой челноков или с произвольной, смотря по тому, переменяются ли в магазине соседние или любые челноки. 3) Подъемные и револьверные или барабанные—по расположению челноков по периферии барабана или в ящике, в котором они могут иметь только поступательное движение. 4) Позитивные и негативные, когда подъем и опускание коробок производится принужденно или же они опускаются под действием собственного веса. 5) Зависимое и независимое действие двусторонних приборов (фиг. 112, 113) дает схему устройства позитивного подъемного одностороннего с произвольной сменой многочелночного прибора типа Хакинг.



Фиг. 112.

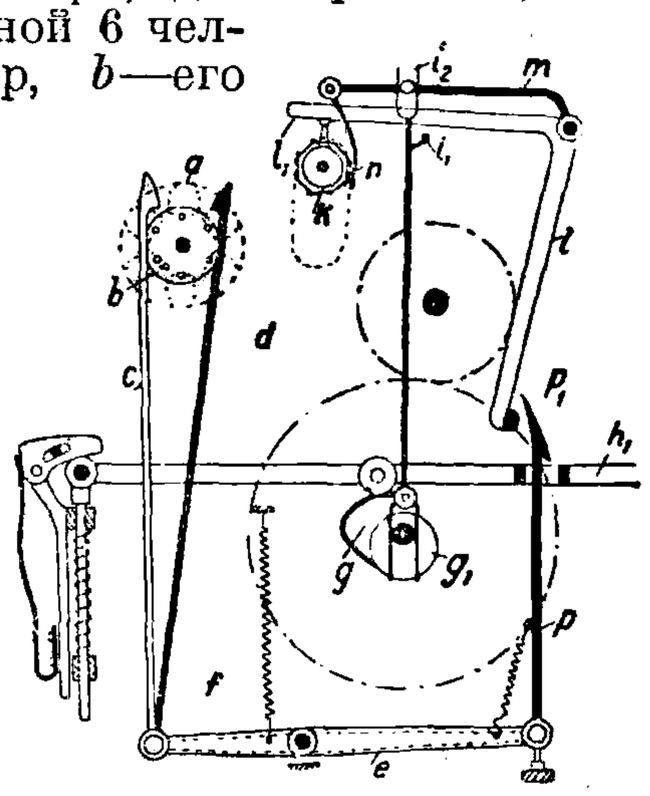
От главного вала станка шестернею a приводится во вращение шестерня a_1. Ее втулка b удлинена и на ней посажены две шайбы d_1 и d_2. Они могут раздвигаться друг от друга вдоль втулки под влиянием пружины i и в то же время вращаться вместе с a_1. Кроме того на их втулках имеются винтовые канавки, в которые могут входить иглы g, также находящиеся под действием пружин. Шайбы d_1 и d_2 имеют на половине своей



Фиг. 113.

окружности по 5 штифтов, которыми они могут вращать на половину оборота шестерни в 10 зубьев e_1 и e_2. Такой поворот происходит в случае, когда какая-либо игла входит в канавку шайб d_1 и d_2 и придвигает их по b к шестерням e_1 и e_2, на втулках которых посажены эксцентрики, входящие один в другой. Хомут эксцентрика втулки тягой e соединен с рычагом h, а последний с стояком h_1, на к-ром укреплен ящик (в данном случае с 4 челночными коробками). В зависимости от взаимного расположения эксцентриков на линию склиза батана устанавливается один из четырех челноков. Для затормаживания эксцентриков после их поворота, с шестернями e_1 и e_2 за одно целое отлиты шайбы с выемками, куда входят соответствующие выступы d_1 и d_2. Иглами управляет картон, надетый на призму f, которая при посредстве шестерен a_1, a_2 и эксцентрика со штифтом, действующим на ее звезду f_2, вращается через два оборота станка и подает под иглы новую карту, качаясь одновременно на пружинном рычаге.

На фиг. 114 изображена схема револьверного многочелночного прибора, одностороннего, с последовательной сменой 6 челноков: a—револьвер, b—его фонарь—диск с 6 штифтами. Крючок c вращает барабан в одну сторону, d—в другую. Оба они внизу соединены каждый с отдельными рычагами e, которые другими концами связаны с подъемными крючками p и p_1. При подъеме p и p_1 соответствующие крючки c и d вращают в ту или другую сторону револьвер. Обратный ход



Фиг. 114.

c и d производит пружина f. Для подъема крючков p и p_1 служит рычаг h_1, качающийся под действием эксцентрика g, закрепленного на проступном валу и имеющего нож. Подводят и выводят крючки p и p_1 под действием ножа двуплечие рычаги l и l_1; плечи l_1 штифтами опираются на картон с отверстиями (или без них), висящий на призме k. На проступном валу закреплен второй эксцентрик g_1, который сообщает возвратно-поступательное движение стояку со штифтом i_1 и вилкой i_2. При подъеме i_1 поднимает штифт из карты, а i_2—рычаг m с собачкой n, которая поворачивает призму с картоном.

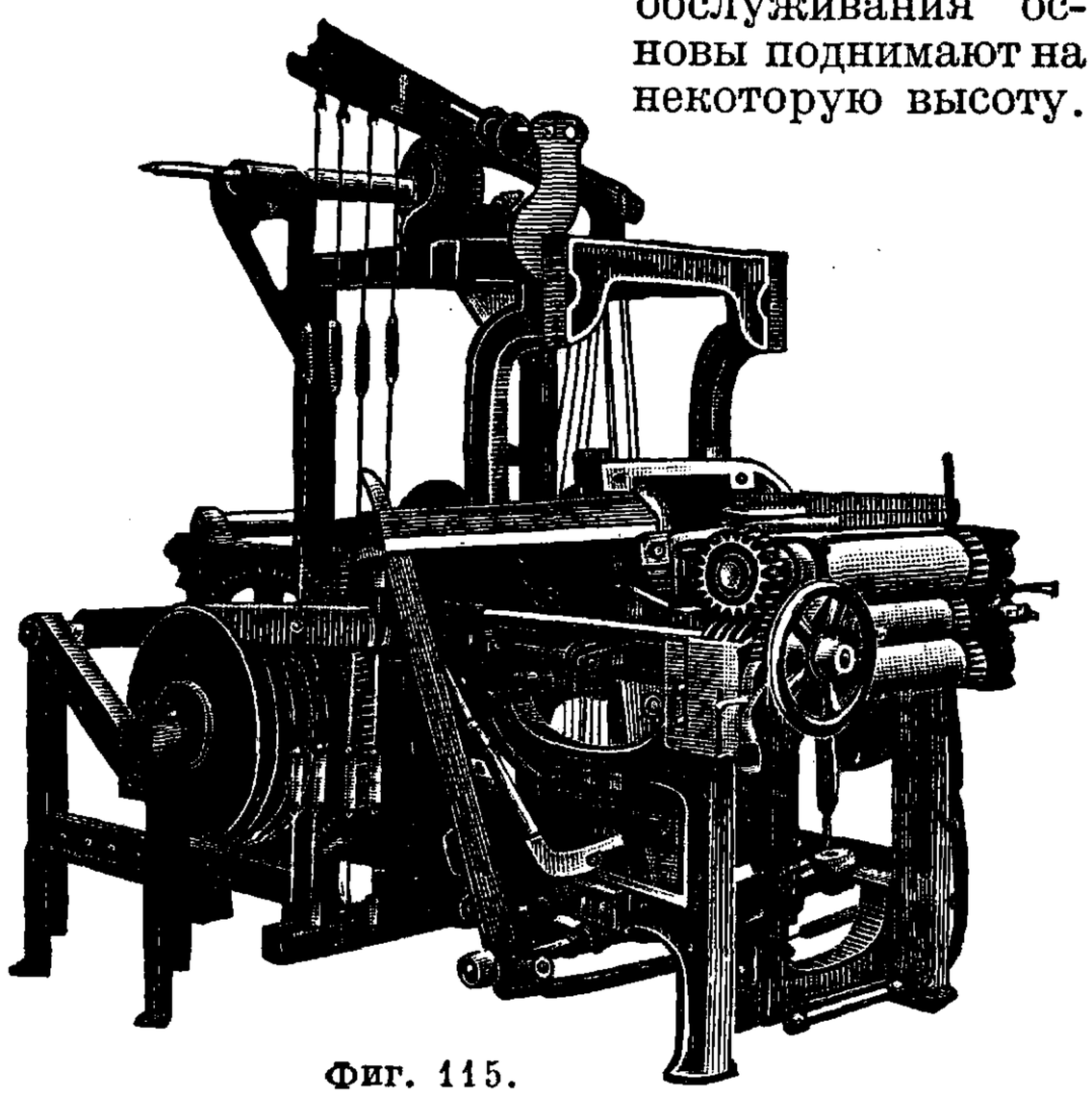
Производительность ткацкого станка N для 7-час. рабочего дня определяется по ф-ле:

$$N = \frac{n \cdot 60 \cdot 7}{a \cdot 100} \cdot \alpha \text{ м},$$

где n—число оборотов станка в 1 мин., a—плотность по утку, отнесенная к 1 *см*, и α—коэф. производительности. Скорость n и коэф. α зависят от ширины станка, от добавочных приборов, от сорта вырабатываемой ткани, переплетения, природы волокна, толщины пряжи, плотности основы и утка, числа станков, обслуживаемых одним ткачом, и др. Ширина станка определяется длиной берда. В СССР до сих пор еще нередко ширина различается четвертями аршина и обозначается $^4/_4$, $^5/_4$, $^6/_4$,... Для хлопчатобумажных миткалей, приготовляющихся на простых станках, скорость с изменением ширины обыкновенно принимается для $^4/_4$—225, $^5/_4$—210, $^6/_4$—195, $^7/_4$—180, $^8/_4$—170 оборотов. При применении переборных кареток эти скорости уменьшаются соответственно на 10—20 оборотов, а жаккардовых кареток и приборов для автоматич. смены утка на 30—40 оборотов. Многочелночные станки в виду колебаний коробок во время их смены имеют скорость меньше на 50—60 оборотов. Скорость льняных станков берется меньше, и для $^4/_4$ полотна среднего веса она составляет ок. 180 оборотов. Для станков, вырабатывающих камвольные ткани, при обычной для них ширине 108—142 *см* число оборотов соответственно равно 160—140. Шелковые ткани работают вообще с небольшой скоростью 120 — 160 оборотов при ширине чаще всего 108 *см* и главным образом изменяют ее в зависимости от сорта пряжи. Суконные станки обыкновенно очень широки (225 *см* в берде), и их скорость не превышает 100 об/м., опускаясь для грубых сукон до 80 об/м. и даже ниже. Точно так же очень разнообразны и коэфициенты производительности (примерно 0,72—0,82). При работе на автоматических станках коэф. производительности сильно повышается и может доходить до 0,95; при обслуживании одним ткачом 24—30 станков, с выработкой смешанных в отношении сорта тканей, его можно считать около 0,88—0,90 (скорость их значительно меньше неавтоматизированных). При выработке льняных тканей благодаря частым обрывам основы от малой упругости более толстых нумеров пряжи, а также и при суконном производстве коэф. α понижается значительно, доходя в нек-рых случаях и при пониженной скорости до 0,60—0,65.

Ткацкие станки специального назначения. Рассмотренные устройства станков, их детали и добавочные приборы применяют при изготовлении тканей, служащих гл. обр. для удовлетворения потребности в одежде: белья, верхнего и нижнего платья и др. Выработка тканей другого специального назначения требует нередко введения в устройство Т. с. очень существенных изменений. Технические ткани по своему назначению очень разнообразны (см, *Ткани технические*). На фиг. 115 показан общий вид станка для ремней и рукавов завода Смит, а на фиг. 116—разрез подобного станка завода Ланге. В виду большой толщины товара конструкции их массивны, устойчивы, детали рассчитаны на значительные напряжения. На фиг. 116 основа с ткацкого навоя для получения требующегося очень сильного натяжения обходит предварительно три валика a и только потом идет на скало b; далее она проходит цены c, ремиз, бердо и в виде готовой ткани продвигает-

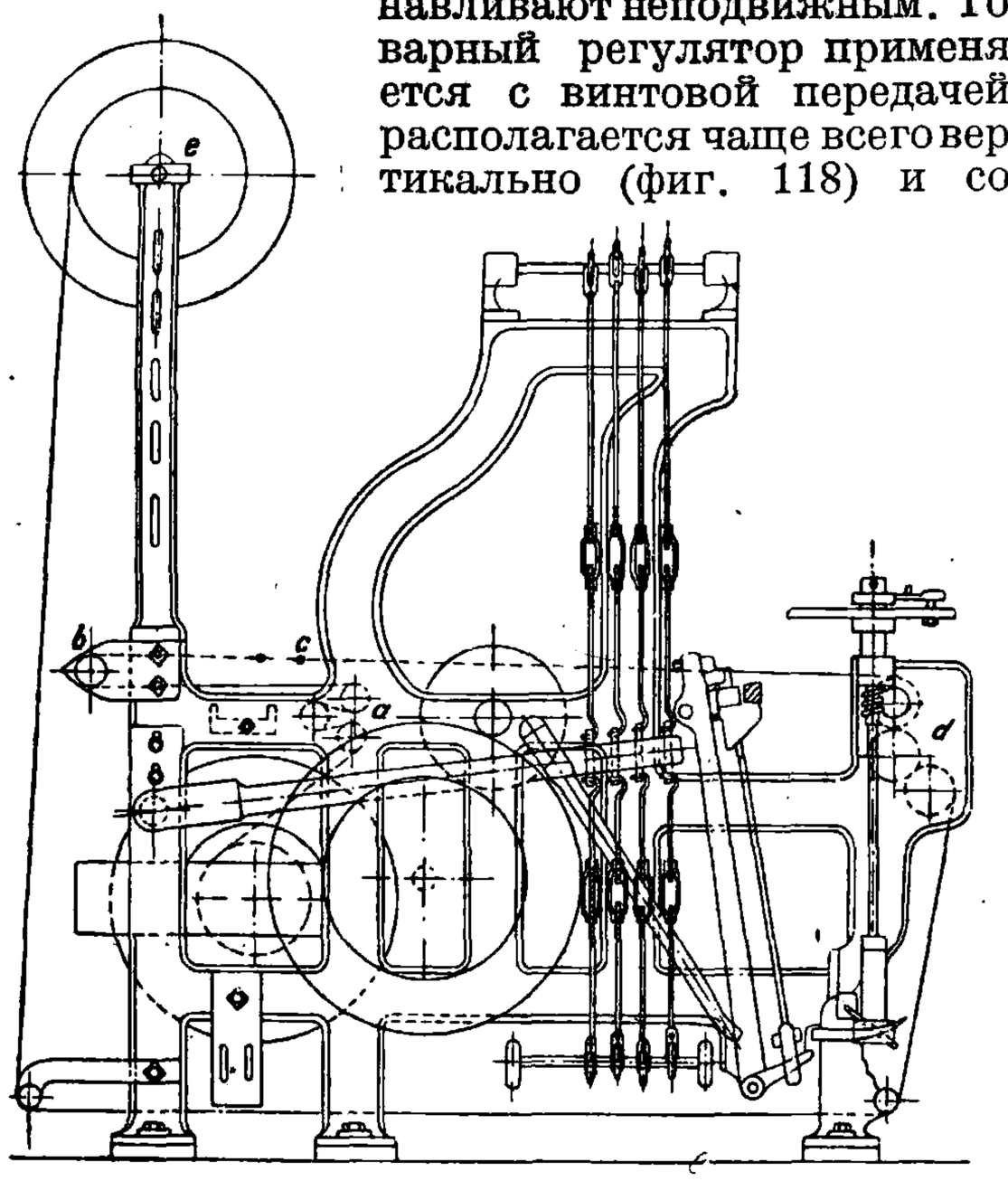
ся тремя рифлеными валиками d, поддерживающими натяжение; наконец она прутками или роликами направляется на товарный валик e. Т. к. при большой толщине ткани этот валик является громоздким, то его помещают не спереди станка, как обычно, а сзади и для удобства обслуживания основы поднимают на некоторую высоту.



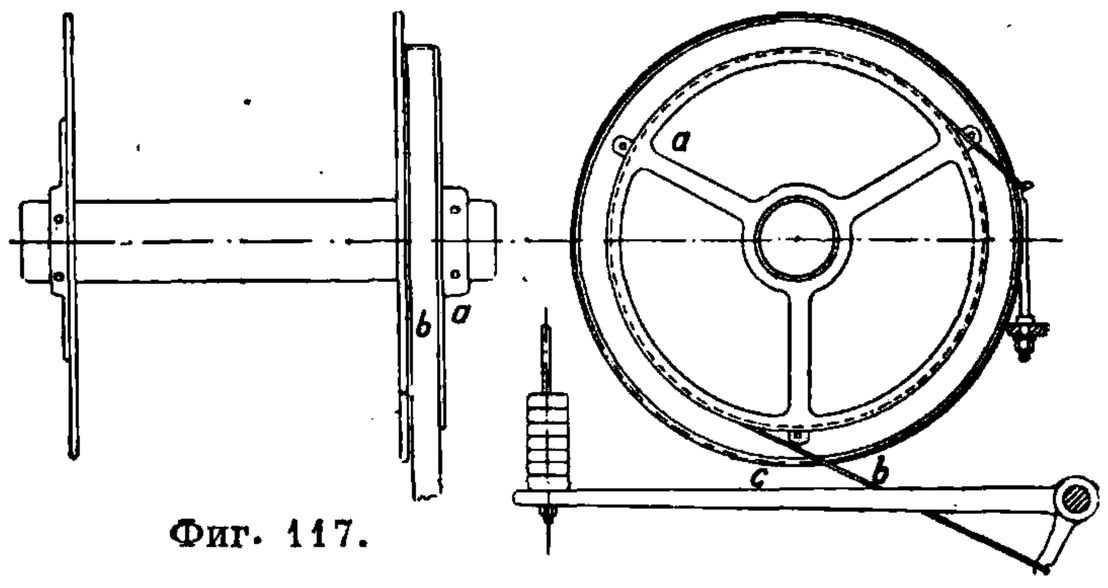
Фиг. 115.

Тормоз устанавливают мощный, большей частью комбинированный со стальной лентой (фиг. 117). Лента b обхватывает тормозную шайбу a и прикрепляется к короткому плечу углового рычага c, длинное плечо к-рого соответственно нагружается.

Скало делают в виде трубы диаметром около $7^1/_2$ *см* и для большего трения основы устанавливают неподвижным. Товарный регулятор применяется с винтовой передачей, располагается чаще всего вертикально (фиг. 118) и состоит из штанги b, соединяющей с лопастью a батана двуплечий рычаг c, собачка d которого приводит во вращение храповик e. Последний вращает вал f, червяк g и наконец с помощью шестерен все три валика. Зевообразователем обыкновенно служит прибор Вудкрофта, наиболее прочный по устройству. В нем для каждой ремизки имеется отдельный т. н. наборный круг e (фиг. 119) с направляющим каналом, в к-рый входит ролик a качающегося

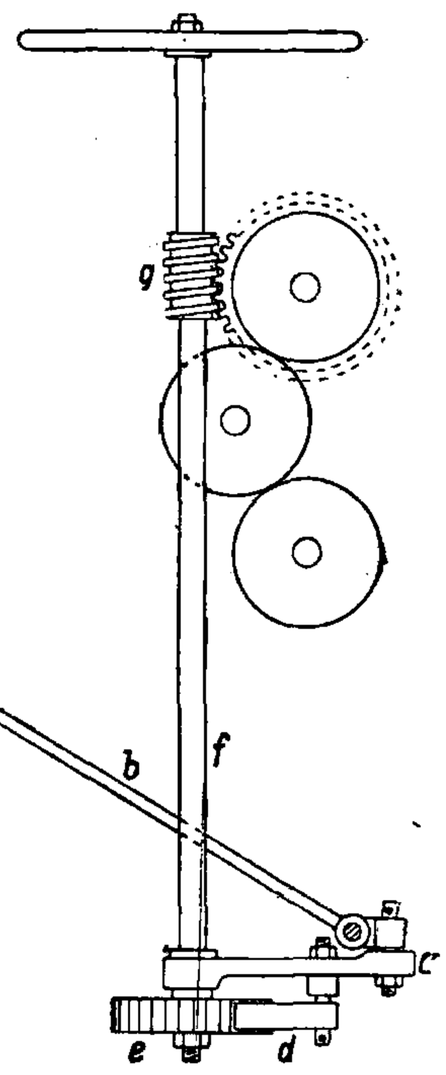


Фиг. 116.

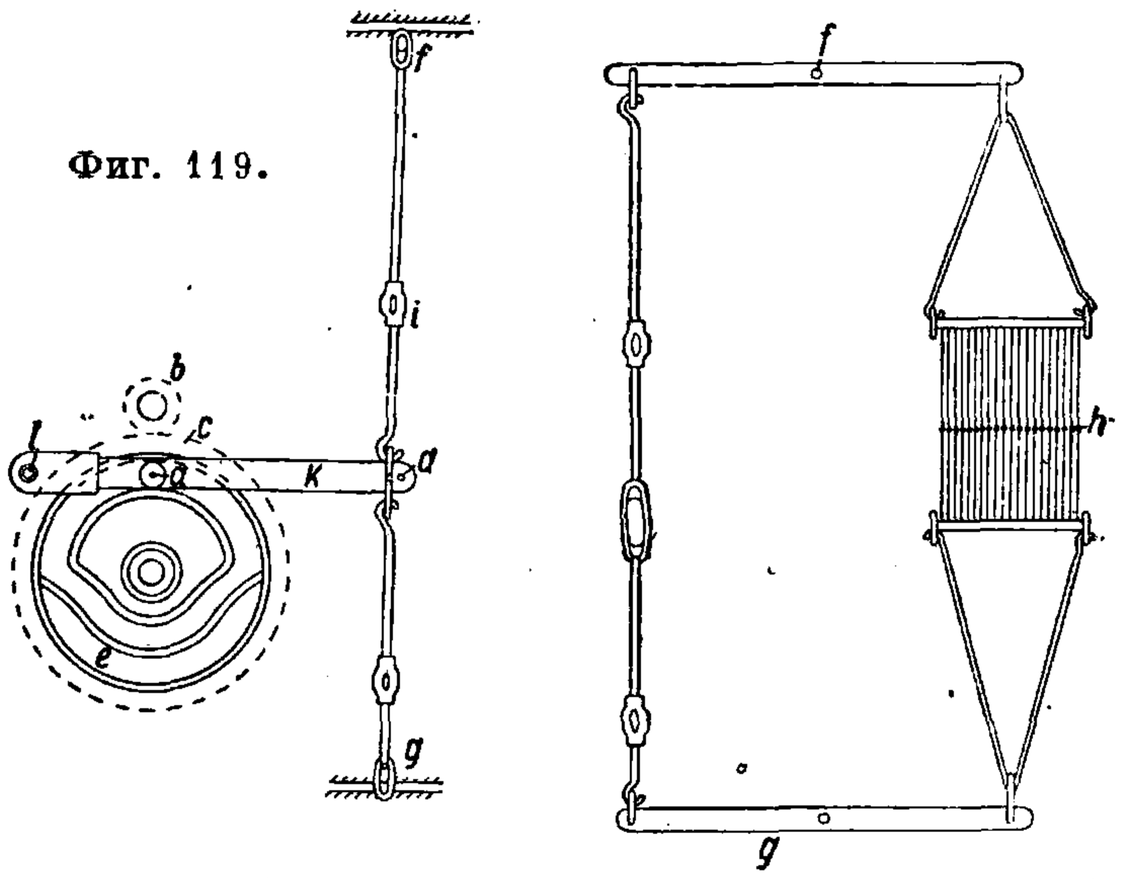


Фиг. 117.

рычага k. Последний вращается около оси l и на конце несет сережку d, от к-рой движение рычага k передается посредством подвязи и рычагов f и g ремизке h. Подвязь делается из прутко́вого железа и может изменять длину для установки ремизки с помощью гаек i с различным направлением резьбы. Для технических тканей с небольшим раппортом наборные круги делаются цельными (для больших раппортов они составляются из отдельных клиньев), причем форма их каналов представляет части двух окружностей различных радиусов, соединенных друг с другом плавной переходной кривой. Для получения профиля канала всю его окружность делят на столько равных частей, сколько нитей в раппорте по утку, а затем распределяют эти деления соответственно рисунку переплетения, относя части с бо́льшим радиусом к низшему положению ролика, а с меньшим—к верхнему. Полученная каждая часть соответствует одному обороту коленчатого вала, а поэтому передаточное число между шестернями b (на коленчатом валу) и c на валу наборных кругов должно равняться $1 : x$, где x—раппорт ткани по утку

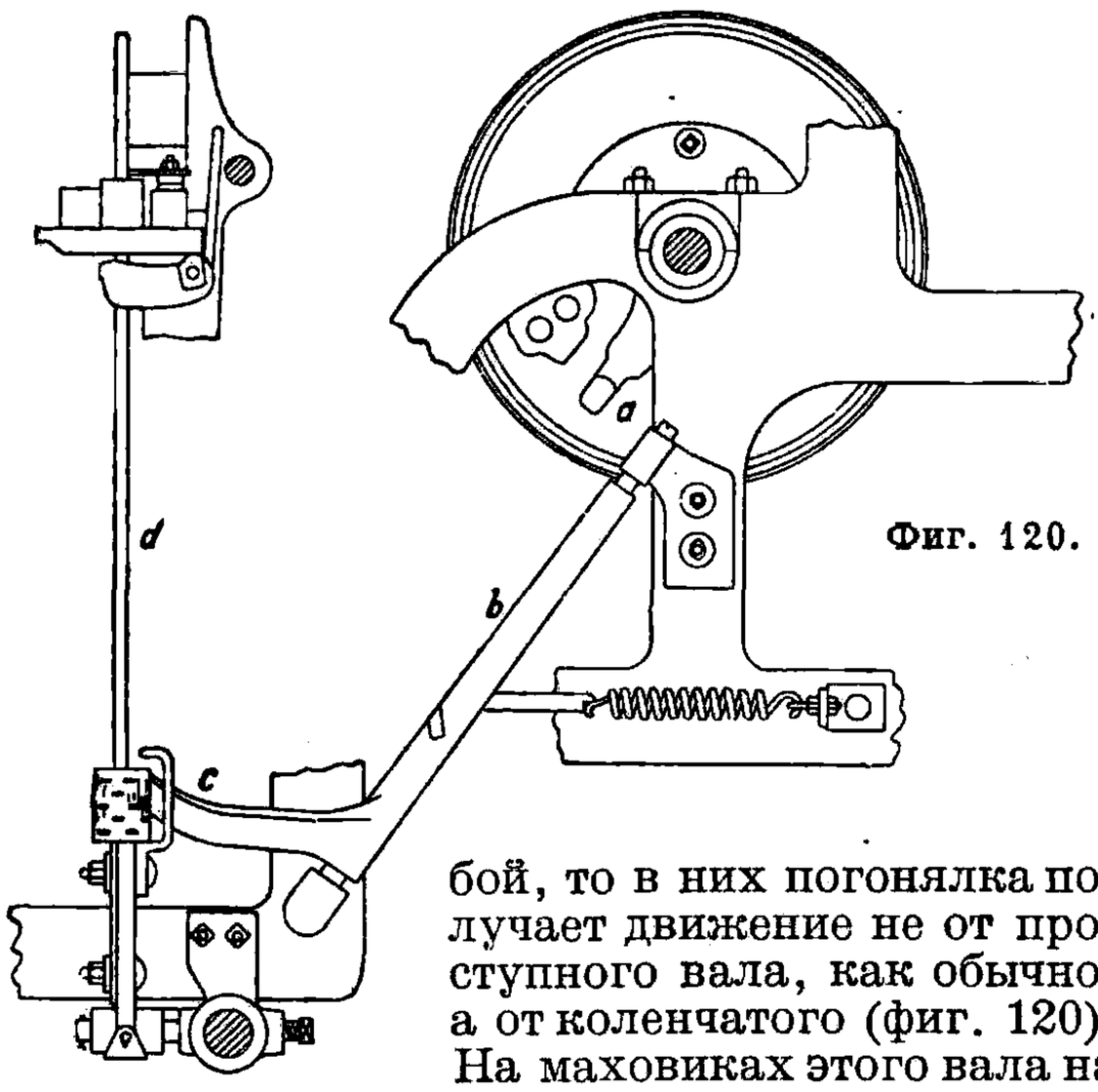


Фиг. 118.



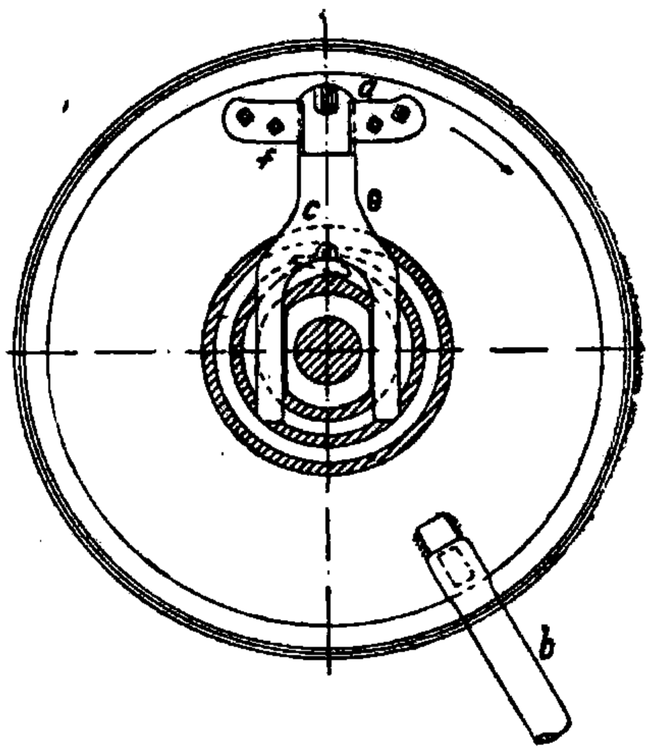
Фиг. 119.

Выстой ремизок при выработке технических тканей берется около 150° оборота колена, и для него канал д. б. очерчен точно по окружности, а остальная часть формы идет на переход от большого радиуса к малому. Наборные круги устанавливают один относительно другого соответственно рисунку ткани и соединяют посредством болтов в общий барабан. Т. к. в рассматриваемых станках требуется сильный



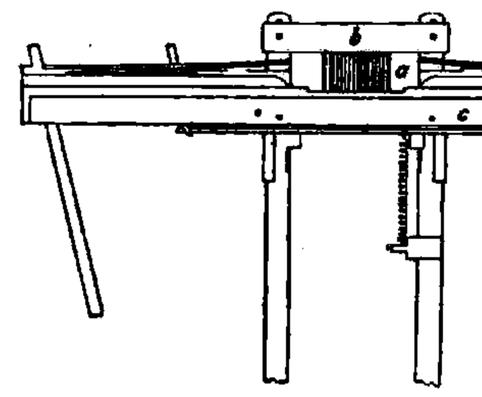
Фиг. 120.

бой, то в них погонялка получает движение не от проступного вала, как обычно, а от коленчатого (фиг. 120). На маховиках этого вала на каждой стороне имеется кулачок *a*, к-рый действует на палец погоняльного наклонного валика *b* и приводит его в быстрое вращение, а от валика *b* отростком *c* и ремнем приводится в движение погонялка *d*, нанося резкий и сильный удар по гонку. Для того чтобы бой происходил поочередно то с одной то с другой стороны, на каждой стороне станка против маховиков устанавливается диск с двумя канавками (фиг. 121); в них ходит ползушка *c*, соединенная с вилкой *e*. Эта вилка может перемещаться по маховику в вертикальном направлении, обхватывая для этой цели внизу его втулку, а вверху скользя между направляющими щечками *f*. На конце вилки *e* помещается кулачок *a* погоняльного валика. Т. о. ползушка в зависимости от радиуса канала диска поднимает или опускает кулачок *a*, отчего последний или вращает валик *b* или проходит мимо него; оба диска устанавливают одинаково с обеих сторон, но в одном из них ползушка помещается во внутреннем канале, в другом—во внешнем. На фиг. 122 показано устройство батана. Он хотя и имеет небольшую ширину, но сделан массивным; вершник *b* поставлен чугунный, для более сильного прибоя. В середине склиза сделана выемка, где проходят нити основы; иначе они благодаря своей значительной толщине мешали бы правильному пролету челнока. Бердо *a* закрепляется неподвижно, и потому станок делается замочным. Для толстой пряжи приходится в челноке устраивать сильное торможение при сходе с початка утка, для этой цели нить пропускают между двумя рифлеными валиками *c*. Станки для технич. тканей, очень тяжелых и б. ч. плотных, тихоходны; для выработки рукавов и ремней напр. число ударов в минуту составляет около 120; коэф. производительности довольно высокий, ок. 0,80—0,85.

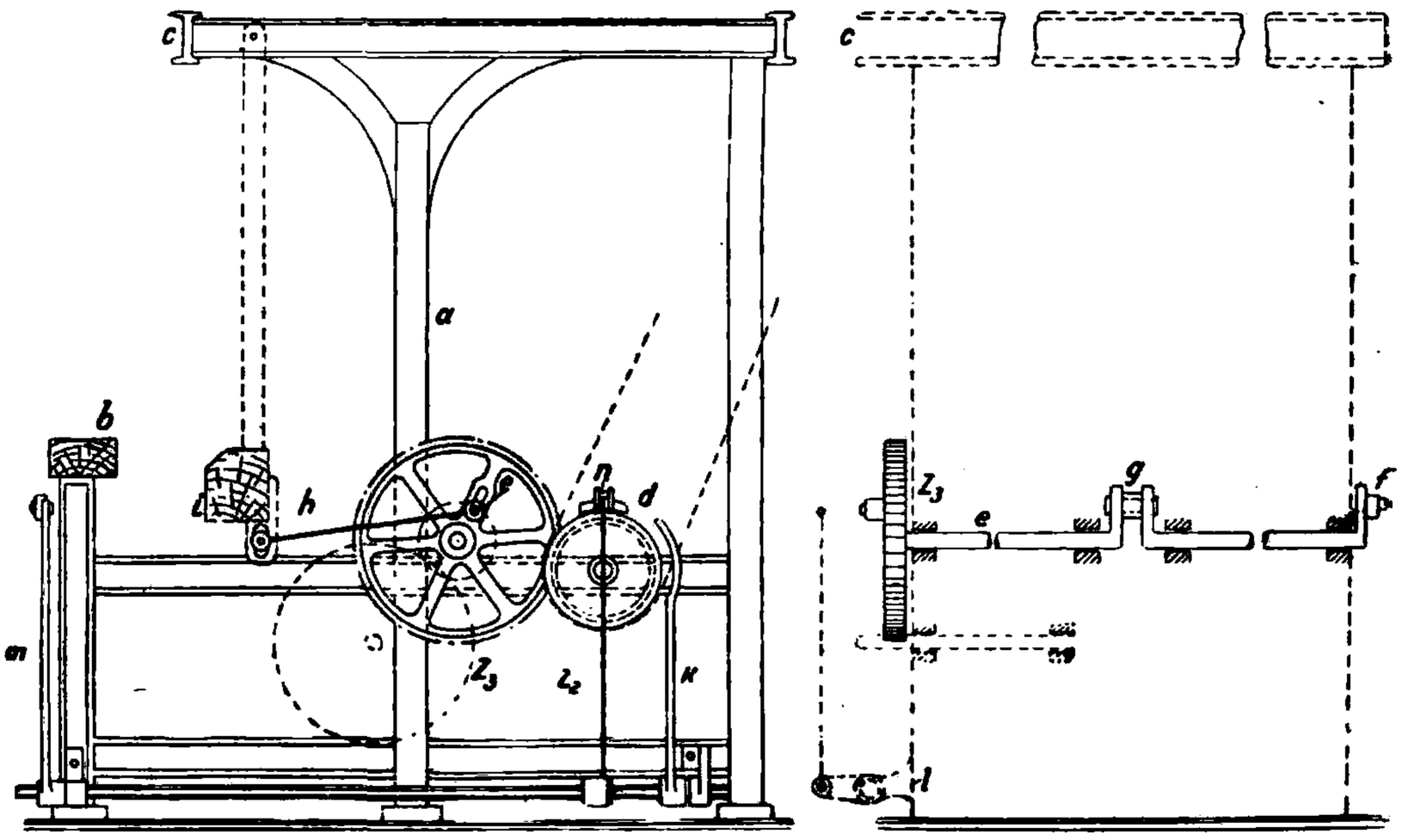


Фиг. 121.

Отдельной отраслью ткацкого производства является изготовление лент. Благодаря небольшой ширине вырабатываемой ткани ленточный станок строится для приготовления сразу нескольких лент, которые иногда располагают на нем в несколько рядов по высоте. Поэтому ленточный ткацкий станок значительно отличается своим устройством от других систем. В зависимости от природы материала, назначения, ширины, переплетения ткани конструкции ленточных станков бывают разнообразны. На фиг. 123 и 124 дана схема расположения главных частей станка: *a*—боковая рама, *b*—грудница, *c*—верхняя поперечина, *d*—шкивы, холостой и коренной, с к-рым за одно целое отлита шестерня z_2. Шкив сидит свободно на неподвижной оси, а шестерня z_2 сцепляется с z_3, заклиненной на коленчатом валу *e*. Последний имеет три кривошипа: *f* по краям станка и кривошип *g* по середине его с переменным радиусом, к-рый изменяется в зависимости от ширины ленты. От кривошипов идут поводки *h* к батану *i*. В отличие от обыкновенных станков батан здесь устраивается б. ч. подвесным, т. е. его ось вращения находится вверху на поперечине *c*. Ременная вилка *k* посредством рычажной передачи и вала *l* соединена с отводкой *m*, находящейся



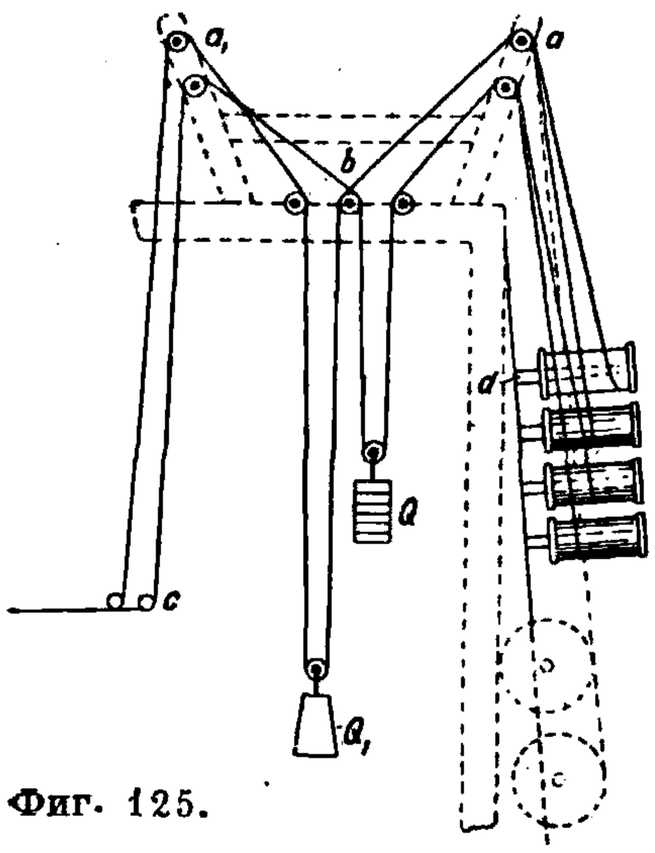
Фиг. 122.



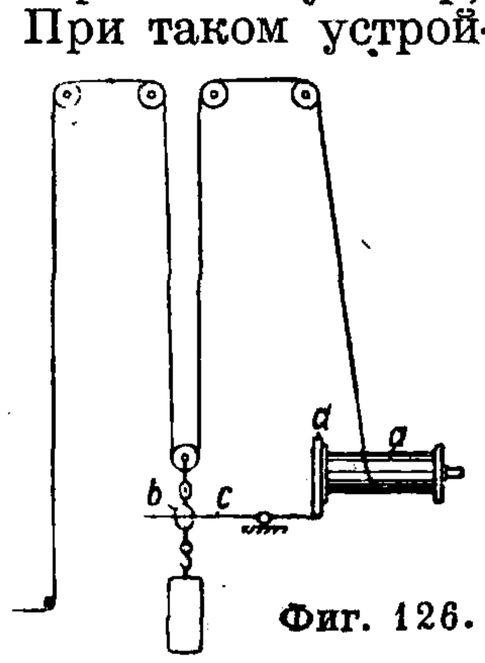
Фиг. 123.

Фиг. 124.

у грудницы. От того же вала l одновременно с переводом вилки k действует на рабочий шкив тормоз n. Фиг. 125 показывает самый простой способ подачи основы. Нити со сновальных катушек d направляются в ремизки свободными роликами a, b, c, a_1 и роликами с грузами Q и Q_1, состоящими из отдельных шайб. Катушки надеваются неподвижно на конические веретена и располагаются в раме, как показано на фиг. 125 (сплошная черта или пунктир). При таком устрой-

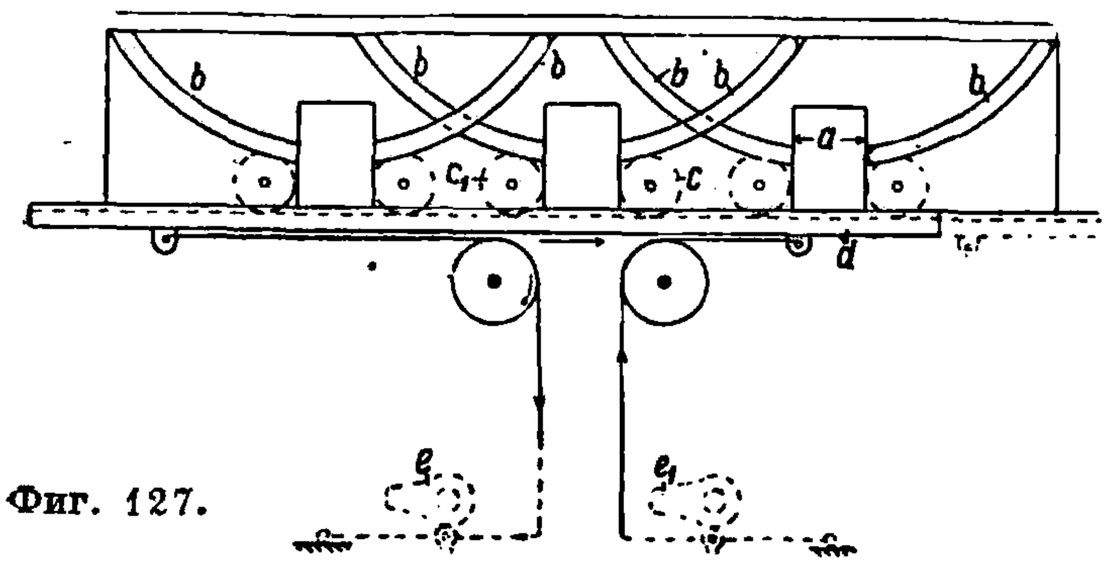


Фиг. 125.



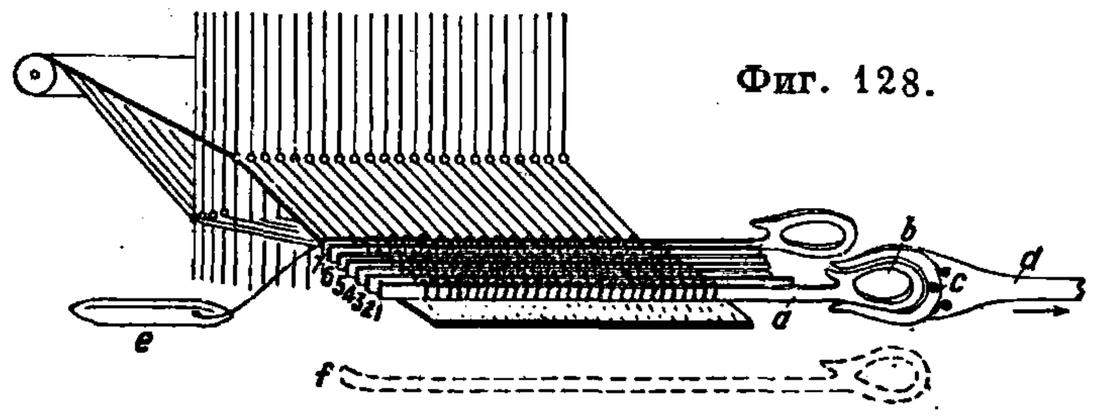
Фиг. 126.

стве по мере выработки ленты грузы Q и Q_1 поднимаются, и время от времени приходится катушки снимать и сматывать с них более или менее определенную длину нитей, что конечно отнимает много времени. На фиг. 126 показано одно из автоматических приспособлений для этой цели. С катушки a основа идет через ряд роликов, из которых b с грузом. Ролик соединен с двуплечим рычажком c, другое плечо



Фиг. 127.

которого прижимается к зазубренному фланцу d катушки. С уработкой основы ролик b поднимается, отчего торможение у фланца уменьшается и происходит подача. Движение челноков здесь принужденное и производится различными способами. Фиг. 127 представляет одно из таких устройств. Челноки движутся по направляющим b и снабжены зубьями, с к-рыми сцепляются шестерни c и c_1. Последние приво-



Фиг. 128.

дятся во вращение зубчатой рейкой d, получающей возвратно-поступательное движение через посредство соответствующей передачи от попеременно действующих на нее эксцентриков e, e_1. Челнок при своем движении передается одной шестерней c под действие другой c_1 и обратно; a—ширина зева. Соответственно приспособляется и форма челнока, к-рая получается здесь дуговою. Нередко применяются батаны с прямыми направляющими для челноков, к-рые тогда делаются также прямыми. Смотря по числу и ширине лент, станки получают различные размеры; длина их колеблется от 4 до 10 *м*. При приготовлении тканей с ворсом из основы, напр. брюссельские и турнейские ковры (Турнэ в Бельгии), мокетовые ткани, вместе с утком для получения переплетения вводятся металлич. прутки, к-рые при прибое поднимают нити ворсовой основы и образуют петли для ворса. Схематически такой способ работы показан на фиг. 128. Основной уток вводится челноком e, а прутки a—посредством стержня d с захватом c, для к-рого в прутках делается ушко b. После ввода 10—14 прутков они последовательно вынимаются и передвигаются в новые зевы. Иногда у прутков на конце помещен нож f, к-рый при вытаскивании прутка разрезает ворс.

Лит.: Новиков Н., Ткачество, ч. 1, Ив.-Вознесенск, 1929; Монахов А., Ткацкий станок в его современном виде, М., 1905; Реппенинг Г., Механич. ткачество, пер. с нем., М.—Л., 1930; Хантон В., Механика текстильных машин, пер. с англ., Ив.-Вознесенск, 1927; Садов М., Технич. ткани, Ив.-Вознесенск, 1929; Лебедев С., Кинематика ткацкого станка, Ив.-Вознесенск, 1925; его же, Динамика ткацкого станка, Ив.-Вознесенск, 1929; Малышев А., Кинематич. и динамич. исследование батанных механизмов автоматич. ткацких станков, «Известия Москов. текстильного ин-та», М., 1928, т. 1; Fox T. H., The Mechanism of Weaving, L., 1922; Woodhous T. a. Milne T., Jute a. Linen Weaving, L., 1914; Edelstein S., Die Kettenschaltgetriebe am mechanischen Webstuhle, Lpz.—Wien, 1904; Edelstein S., Die Fachbildegetriebe am mechanischen Webstuhle, Lpz.—W., 1909; Donat F., Technologie, Bindurgslehre, Dekomposition u. Kalkulation, d. Jackard-Weberei, Lpz.—W., 1912; Schams J., Ausführliches Handbuch d. Weberei, 4 Aufl., Lpz., 1914; Beckers P., Textilmaschinen, ihre Konstruktion u. Berechn., B., 1927; Kurz H., Die mechanischen Bandwebstuhle, W.—Leipzig, 1931; Both O., Die Bandweberei, 4 Aufl., B. 1—2, Leipzig, 1921; Utz L., Die Praxis d. mechanischen Weberei, Leipzig, 1906.

Н. Новиков.

ТКАЦКОЕ ПРОИЗВОДСТВО, см. *Ткацкие станки* и *Социалистическая промышленность*.

ТКАЧЕСТВО, см. *Ткацкие станки*.

ТОВАРНЫЙ ЗНАК, знак, помещаемый на товаре или его упаковке: клейма, пломбы, тавро, метки, этикетки, виньетки, ярлыки, обложки, рисунки, девизы, оригинальные названия и слова, их сочетания и начертания, упаковка оригинального вида. Этот перечень не является исчерпывающим. По законам СССР (декрет от 12 февраля 1926 г.—Собрание законов за 1926 г., № 11, ст. 280) Т. з. должны быть помещаемы на товарах с «целью отличия выпускаемых и сбываемых товаров от товаров других предприятий» (ст. 1 и 2 декрета). По ст. 4 воспрещается пользоваться знаками в качестве Т. з.: а) недостаточно отличающимися от Т. з., уже зарегистрированных владельцами других предприятий; б) содержащими форму или название, принадлежащее уже владельцу другого предприятия; в) контрреволюционного и порнографич. характера; г) содержащими ложные или способные ввести в заблуждение сведения; д) содержащими изображение красного креста или красного полумесяца; е) содержащими изображение государственных гербов. Вследствие отсутствия способности к индивидуализации товаров не признаются Т. з., вошедшие во всеобщее употребление в качестве обозначения товаров известного рода; не подлежат также регистрации знаки, состоящие из рисунков, букв, цифр, слов, по своему содержанию, расположению или сочетанию не обладающие отличимостью (ст. 5), равно как и обозначения, тесно

связанные с товаром [способ, время или место производства товаров, цена, мера, вес товара, его состав, качество и назначение (ст. 5в)]. Наш закон требует, чтобы Т. з. содержал обозначение фирмы, предприятия и указание его местонахождения (ст. 3). Т. з. регистрируются на любой срок; по Т. з. уплачивается как заявочная, так и годичная пошлина.

Т. з. — детище конкуренции — неизменный спутник капиталистич. строя. «На известной ступени развития свободная конкуренция в результате концентрации и централизации превращается в монополию... И в то же время монополии, вырастая из свободной конкуренции, не устраняют ее, а существуют над ней и рядом с ней, порождая этим ряд особенно острых и крупных противоречий, трений и конфликтов» (В. Ленин, «Империализм как новейший этап капитализма»). Имеются «попытки» в буржуазных странах ставить конкуренцию в известные рамки в виде закона против «недобросовестной конкуренции». Ограждение от недобросовестной конкуренции ведется во Франции с начала 19 века, причем оно основывается исключительно на судебной практике. В Германии оно производится на основании закона против недобросовестной конкуренции от 7 июня 1909 г. с изменениями от 21 марта 1925 г. В послевоенный период были изданы соответствующие законы в ряде других стран. Капиталистические законодательства о недобросовестной конкуренции ставят во главу угла не интересы широкой потребительской массы, вводимой в заблуждение недобросовестными действиями в торговом обороте, а лишь ограждение интересов промышленных и торговых предприятий. Полное пренебрежение к интересам потребителя ярче всего выявляется из ограждения Т. з., являющегося самым существенным в системе борьбы с недобросовестной конкуренцией. Выпускаемая на капиталистич. рынок продукция снабжается наряду с фирменным наименованием предприятия также и основным отличительным признаком объекта—Т. з.—в виде определенного начертательного или словесного обозначения. Хозяйственное развитие Т. з. показало его огромное значение для оборота. Такие товары, как папиросы, сигары, шоколад и другие предметы массового потребления, характеризуются только своими знаками, образуя по немецкой терминологии т. н. этикетные товары (Markenartikel); различные сорта товара отмечаются выпускающим предприятием особыми знаками. Особенно существенное значение Т. з. было выявлено на съезде (Берлин, 1929 г.), посвященном проблемам Т. з. Съезд привлек к себе внимание и участие широких промышленных кругов, в первую очередь центральных промышленных организаций, общегерманского союза промышленности и промышленно-торговых палат, а также союзов отдельных отраслей промышленности и крупных концернов. Первый докладчик съезда известный юрист Арнольд Зелигсон отмечает в своем вступлении, что Т. з. приобрели в настоящий момент особо важное значение, получив широкое распространение в таких важных хозяйственных отраслях промышленности, как химико-фармацевтическая, пищевая, папиросно-сигарная. Огромная и дорого стоящая реклама товаров, определяемых известными обозначениями, привлекла внимание широких потребительских масс к этим знакам, и этим ценность знаков повысилась настолько, что они часто являются самыми ценными объектами актива промышленного предприятия. Ранее первое место в области промышленных прав занимали патенты, в настоящий же момент Т. з. оспаривают их первенство. Товарный знак—могучее средство воздействия на потребителя. Герм. журнал «Technik und Wirtschaft» (1931, *1*), отводящий в связи с кризисом много места вопросам сбыта технической продукции, уделяет особое внимание роли Т. з. в сбыте товаров. Т. з.—квалифицированное средство рекламы: система Т. з. и система рекламы находятся в тесной связи, взаимно поддерживая друг друга. Реклама обещает, но ничего не гарантирует; Т. з.—типичное средство рекламы—обещает потребителю определенное качество продукции, но отнюдь не гарантирует такового. Поскольку потребителю привит интерес к знаку и внедрено убеждение, что индивидуализируемый данным знаком товар обладает и соответствующими качествами, он его будет покупать. По указанию одного из новейших исследователей данного вопроса непосредственный потребитель нередко не разбирается в товарных обозначениях, разбирается в них лишь торговый посредник—розничник. Заслуживающий доверия Т. з. дает хороший результат производителю, ибо розничник, полагаясь на обозначение, распространяет его товар. Т. з. маскирует качество продукции. Наиболее характерный пример такой маскировки—спекуляция Т. з. и их отчуждение без передачи соответствующего предприятия, причем игнорируется полностью основная функция Т. з.—индивидуализировать товары определенного предприятия и качества в отличие от однородных товаров других предприятий. Ряд законодательств (Канада, Эстляндия, Франция, Италия, Румыния, Турция) допускает свободное отчуждение Т. з. Последние отрываются от предприятий, с к-рыми потребитель или розничник привык его связывать, и прикрывают собой товары другого предприятия и в большинстве случаев другого качества; обычно отчуждаются хорошо зарекомендовавшие себя на рынке, заслуживающие доверия Т. з., причем они переходят к мало известным предприятиям. Таким образом Т. з. в руках прожженных дельцов—могучее средство обмана потребителя. Ряд стран (США, Бельгия, Германия, Швейцария и др.) не допускает разрыва между предприятием и Т. з., так как Т. з. служит для индивидуализации товаров определенного предприятия. Однако развитие монополистических организаций, стремящихся свободно оперировать Т. з. контролируемых ими предприятий, и бедственное положение множества средних предприятий, в периоды затяжного кризиса ищущих выхода в отчуждении всего, что может найти покупателя, в том числе и фирменного наименования и Т. з., изменили положение и в этих странах. В качестве довода за то, что хозяйственный разум диктует признание Т. з. самостоятельным объектом права, герм. проф. Герман Изаи приводит следующий пример. Химич. фабрика изготовляет определенный фармацевтич. препарат под товарным наименованием «Ferrosin». На пропаганду и рекламу знака предприятие затрачивает большие средства. Вследствие нерациональной постановки дела предприятие стоит на пороге несостоятельности. Само предприятие не привлекает к себе покупателей, товарный же знак—приманка для многих. Есть ли, спрашивает

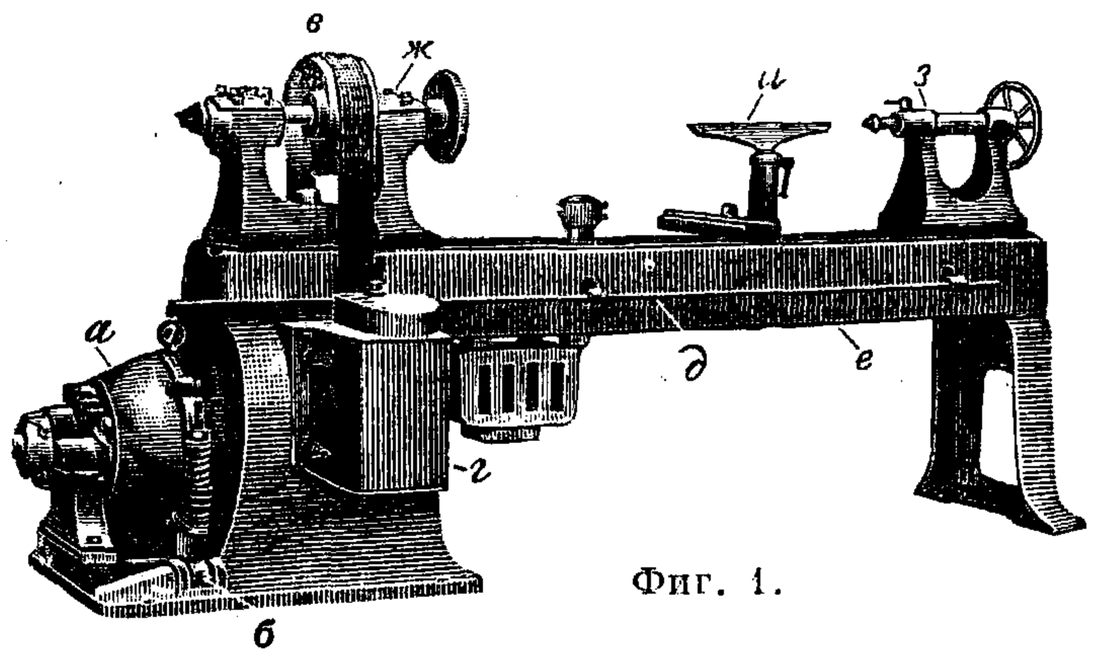
автор, разумное основание запрещать самостоятельное отчуждение знака, могущее оказать содействие кредиторам в погашении их долга и не отягощающее приобретателя ненужным ему предприятием. Пользуясь этим примером, можно с большей степенью вероятности утверждать, что фармацевтический препарат, выпускаемый новым предприятием, будет не тождественен тому, к которому потребитель привык; широкая потребительская масса, нуждающаяся в лечебной помощи, будет приобретать «Ferrosin» другого качества, будучи уверена в идентичности препарата с продававшимся раньше. Вопрос о разрыве между предприятием и Т. з. (свобода оперирования и спекуляции Т. з.)—постоянная тема международных конгрессов по охране промышленной собственности и расширенных заседаний Международной торговой палаты; этим вопросом занимается и Бернское бюро международного союза по охране промышленной собственности. Речь по существу идет о компромиссе, при к-ром вопрос об обмане широких потребительских масс при спекуляции Т. з. нашел бы сколько-нибудь удовлетворительное разрешение.

В СССР Т. з. ограждаются с 1922 г. Ныне действует закон о Т. з. от 12 февраля 1926 г. (Собрание законов СССР за 1926, № 11, стр. 80). Роль и значение Т. з. в СССР радикально изменились в связи с изменением нашей экономики. В противоположность первой стадии нэпа настоящий момент характеризуется тем, что «частная торговля и капиталистич. элементы еще остаются, товарооборот и денежное хозяйство еще остаются, но мы навсегда отменяем начальную стадию нэпа, развертывая последующую его стадию, нынешнюю, которая есть последняя стадия нэпа» (И. Сталин, Политотчет XVI Партсъезду). Для данного момента характерна реорганизация внутреннего товарооборота: вместо распыленного индивидуального производителя, выбрасывавшего на рынок товары по своему усмотрению, теперь возник и растет коллективный производитель, вырабатывающий фабрикаты соответственно утвержденным стандартам. При развертывании советской культурной торговли и в связи с сокращением количества производителей уменьшается и число предъявляемых к регистрации Т. з. С другой стороны, в связи с развертыванием общественного питания и централизацией заготовок Т. з. имеет меньшее значение, чем при капиталистич. торговле. Статистика Комитета по делам изобретений при ВСНХ СССР дает следующие цифры: с 1 октября 1929 г. по 30 сентября 1930 г. в Отдел товарных знаков поступило 296 новых знаков, из к-рых 155 (52%) относятся к государственной пром-сти, 23 (7%) советских частных знака и 118 (41%) иностранных знаков. В особом квартале 1930 г. (1/X—31/XII) поступило всего 52 новых знака, из них 23 государственных и 29 иностранных. Отметим, что заявка государственной пром-стью своих знаков диктуется в большинстве случаев необходимостью их регистрации за границей для обеспечения вывозимой продукции: по международному праву регистрации Т. з. в иностранном государстве должна предшествовать регистрация этого знака на родине. Число Т. з., поступивших для регистрации в герм. патентамт: в 1928 г. 27 925, в 1929 г. 25 205, в 1930 г. 25 710. **И. Хейфец.**

ТОКАРНЫЕ СТАНКИ, машины-орудия, служащие для обработки, путем снятия стружки, поверхностей, главным образом тел вращения, и характеризующиеся вращательным движением резания, совершаемым обрабатываемым предметом и поступательным движением подачи инструмента (см. *Станки*). По роду обрабатываемого материала различают Т. с. для дерева и металлов. По направлению оси вращения обрабатываемого изделия различают обыкновенные Т. с. с горизонтальной осью и *карусельные станки* (см.)—с вертикальной. По преимущественному направлению подачи различают Т. с. с подачей гл. обр. в направлении оси обрабатываемого изделия—нормальные Т. с.—и станки с основным направлением подачи, перпендикулярным к ней,—лобовые Т. с., или лоботокарные станки. Дальнейшее разделение Т. с. производится по признаку большей или меньшей механизации управления станком и в частности установки и направления инструмента, а также включения и выключения различных подач.

По степени увеличения механизации управления станком Т. с. разделяют на Т. с. производственного типа (однорезцовые и многорезцовые), револьверные станки, полуавтоматы и автоматы (одношпиндельные и многошпиндельные).

Т. с. для обработки дерева. Наибольшей простотой устройства отличаются Т. с. для обработки дерева. Основные линии конструкции станков этого типа определяются, с одной стороны, тем, что для достижения гладкой поверхности и достаточной производительности обточку дерева производят при больших скоростях резания, а, с другой,—незначительностью возникающих при работе усилий и штучным (по большей части) характером производства, соединенным со сложностью форм изделий. Первое условие определяет привод станка, который делают в новейших деревообделочных Т. с. непосредственно от индивидуального мотора, помещающегося в станине или прифланцованного к ней и вращающего шпиндель либо при посредстве ременной передачи (фиг. 1) либо через

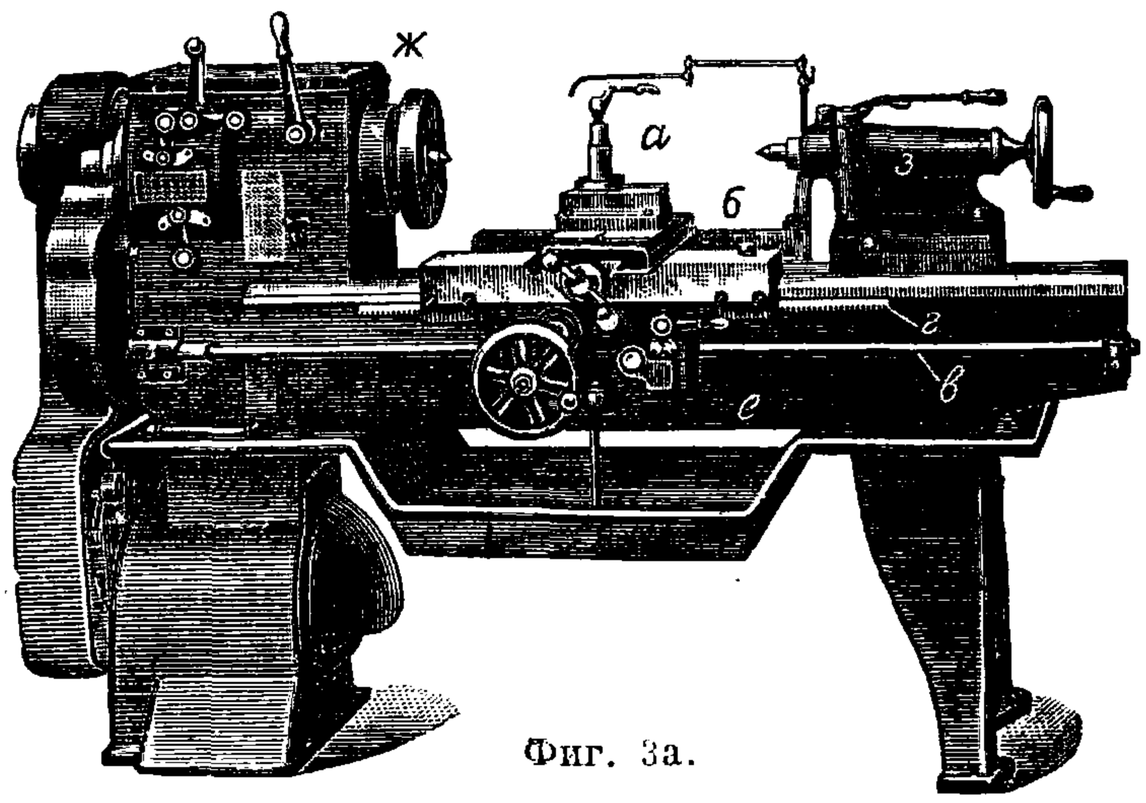


Фиг. 1.

бесступенную фрикционную передачу; иногда якорь электромотора непосредственно заклинивают на самом шпинделе станка. В первом и последнем случаях изменение скорости вращения шпинделя перекладывают на электромотор, к-рый делают регулируемым; от применения ступенчатых шкивов в последнее время отходят вследствие малого диапазона регулирования скоростей, а также неудобства переключения отдельных скоростей и связанного с применением ступенчатых шкивов удлинения неопертой длины шпинделя, невыгодного в отношении возникновения прогибов и колебаний, особенно нежелательных при употребительных в деревообработке высоких скоростях. Второе условие позволяет делать станину деревообделочного Т. с. более легкой сравнительно со станиной металлообрабатывающих станков и за-

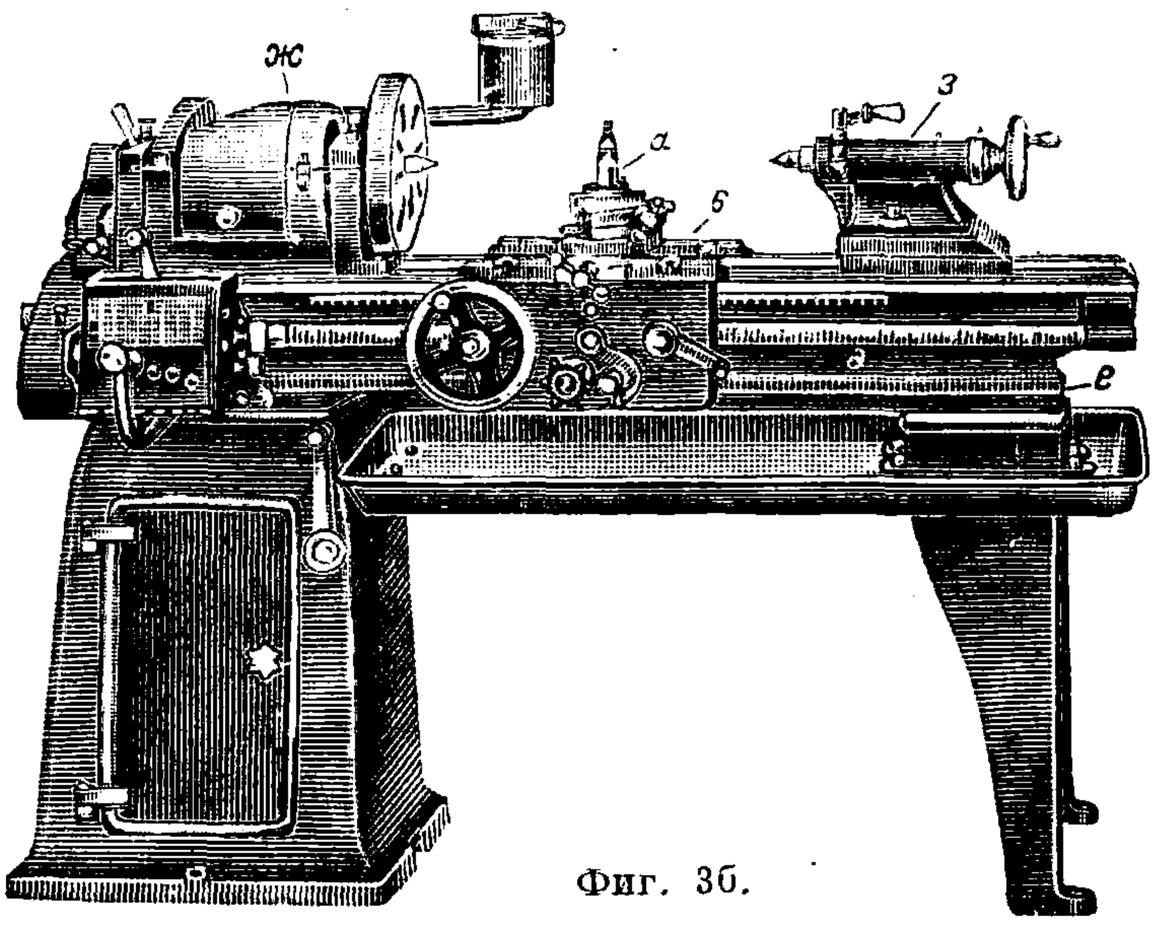
ставляет в большинстве случаев отказаться от устройства супорта. Обточка в этом случае ведется вручную при посредстве снабженных длинными рукоятками т о к а р н ы х д о л о т (стамесок) различных форм, к-рые опираются передней частью на расположенную немного ниже оси центров особую опору—п о д р у ч н и к *и* (фиг. 1). Точность токарной работы в этих условиях зависит исключительно от верности глаза и искусства токаря. На фиг. 1 изображен деревообделочный Т. с. для обточки вручную. Электромотор *а* помещается в левой ноге станины; он установлен в особой пружинной люльке *б*, к-рая, с одной стороны, позволяет поддерживать постоянным натяжение рабочего ремня, а, с другой,—амортизирует передаваемые мотором на станину колебания. От шкива электромотора движение приводным ремнем передается на шкив *в* шпинделя. Скорость вращения последнего регулируется контроллером *г*, управление к-рым можно производить с любого места станка посредством тяги *д*. Станина *е* несет на левом конце неподвижную переднюю бабку *ж*, в подшипниках к-рой лежит шпиндель. На правый, выступающий из бабки конец шпинделя навинчиваются сменные патроны, служащие для зажима левого конца обрабатываемого изделия, тогда как правый конец последнего опирается на острие центра, вставленного в шпиндель задней бабки *з*. Последняя перемещается по верхним направляющим станины и м. б. закреплена в зависимости от длины изделия в любой точке посредством затяжных болтов. Для опоры инструментов имеется подручник *и*, перестанавливаемый по высоте и вдоль станины. Для обработки массовых фасонных мелких изделий с повторяющимся рисунком (заготовки для бус, пуговиц, точеные карнизы для мебели и т. д.) сконструированы автоматич. Т. с., обладающие высокой производительностью и работающие непосредственно из прутка.

Т. с. для обработки металла. В настоящее время для обработки металла ручные Т. с. за исключением очень мелких работ (часовые Т. с.) не применяются гл. обр. в виду малой достижимой точности, ничтожной производительности и значительных усилий резания, затрудняющих работу. Нек-рым усовершенствованием является устройство к р е с т о в о г о с у п о р т а (фиг. 2), помещающегося на станине Т. с. и совершающего подачу резца, зажатого на верхних салазках *а*, при посредстве двух взаимно перекрещивающихся винтовых шпинделей *в* и *в′*, вращаемых вручную и перемещающих скользящие друг над другом салазки *б* супорта. Дальнейшим усовершенствованием является механизация перемещения супорта, приводимого в движение посредством различных механизмов от рабочего шпинделя станка; такие Т. с. называются с а м о т о ч к а м и (фиг. 3а—3б). Т. с. этого типа отличаются своей универсальностью: обработка ведется обычно одним резцом, зажатым в резцедержатель *а* супорта *б* и перемещаемым механически в направлении



Фиг. 3а.

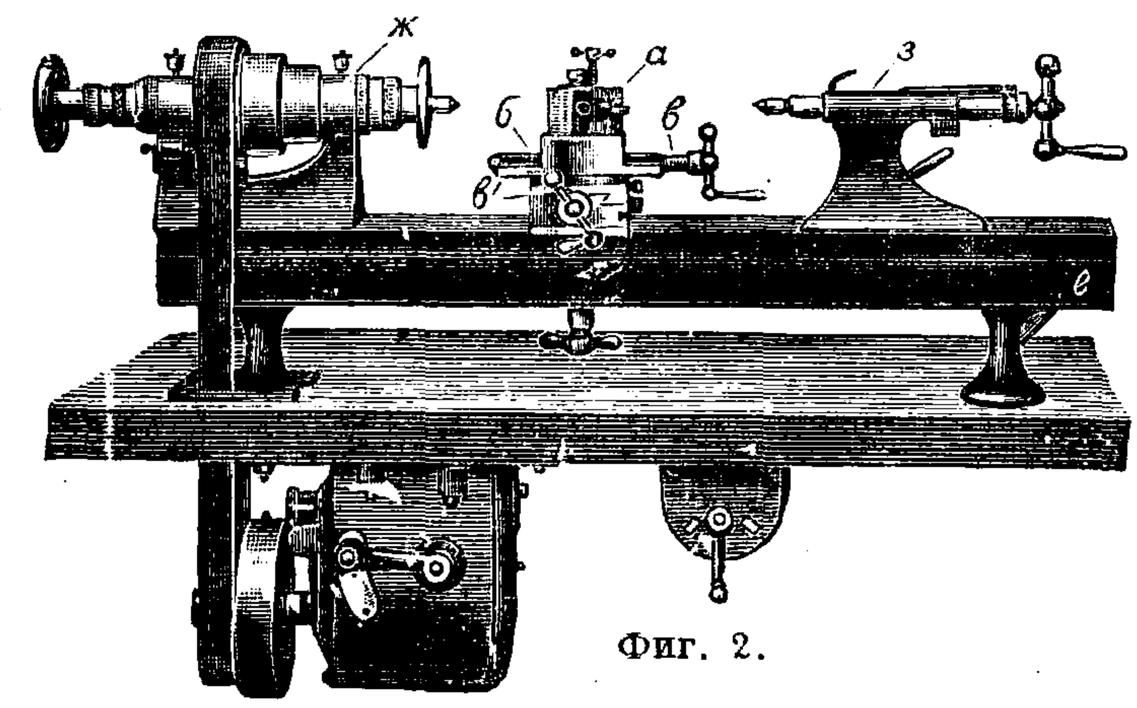
подачи. Установка резца на надлежащую глубину, остановка его, смена резцов и вообще обслуживание станка, кроме подачи резца, совершаются вручную; степень точности обработки в значительной мере зависит от искусства рабочего. Эти особенности делают само-



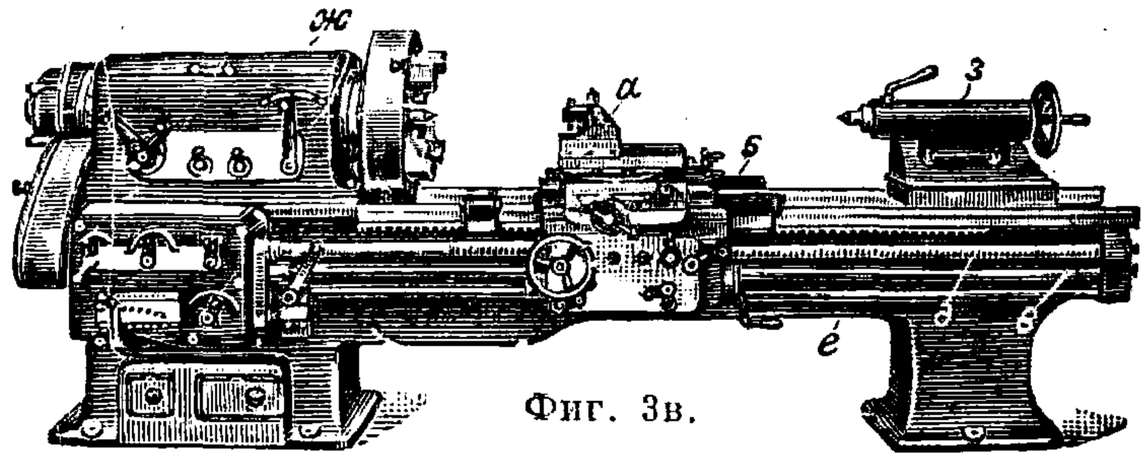
Фиг. 3б.

точку одним из основных станков при штучном или короткосерийном производстве, при ремонтных работах и т. д.

В зависимости от способа сообщения движения супорту различают самоточки с х о д о в ы м в а л и к о м (фиг. 3а), у которых супорт приводится в движение шестеренкой, получающей вращение от валика *в*, идущего вдоль станины, и сцепляющейся с рейкой *г*



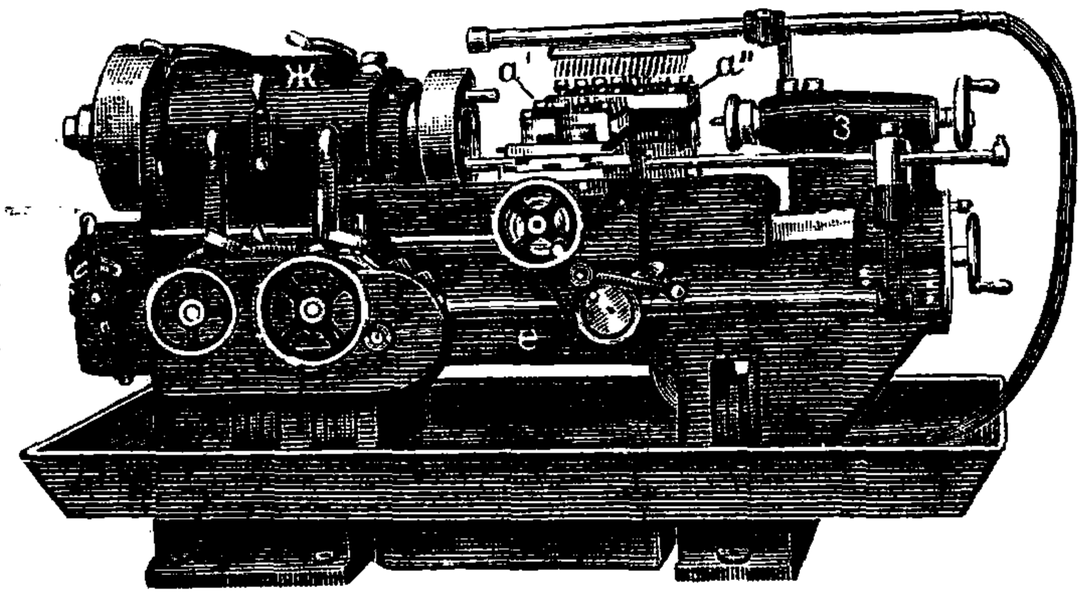
Фиг. 2.



Фиг. 3в.

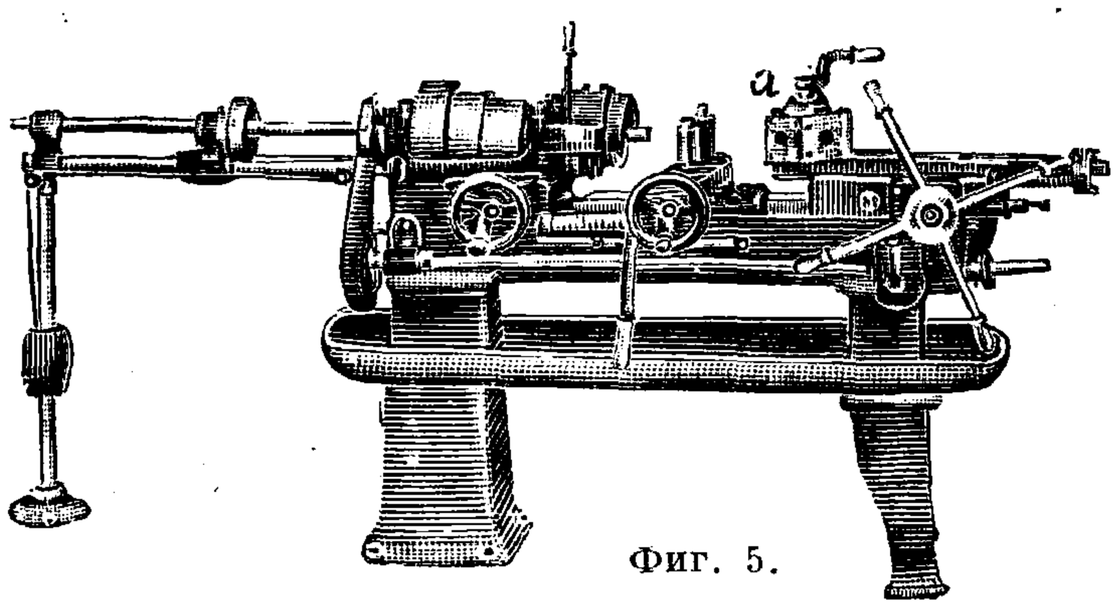
на станине, и с х о д о в ы м в и н т о м *д* (фиг. 3б), вращающимся в гайке, закрепленной в супорте, и перемещающим т. о. последний. Наиболее точные Т. с. (инструментальные станки) снабжаются как ходовым валиком *в*,

так и винтом *д* (фиг. 3в). Для обточки серийных изделий, могущих быть обработанными за один проход, применяют многорезцовые Т. с. (фиг. 4), у которых обточка всей поверхности изделия совершается двумя установленными однажды для всей серии дан-



Фиг. 4.

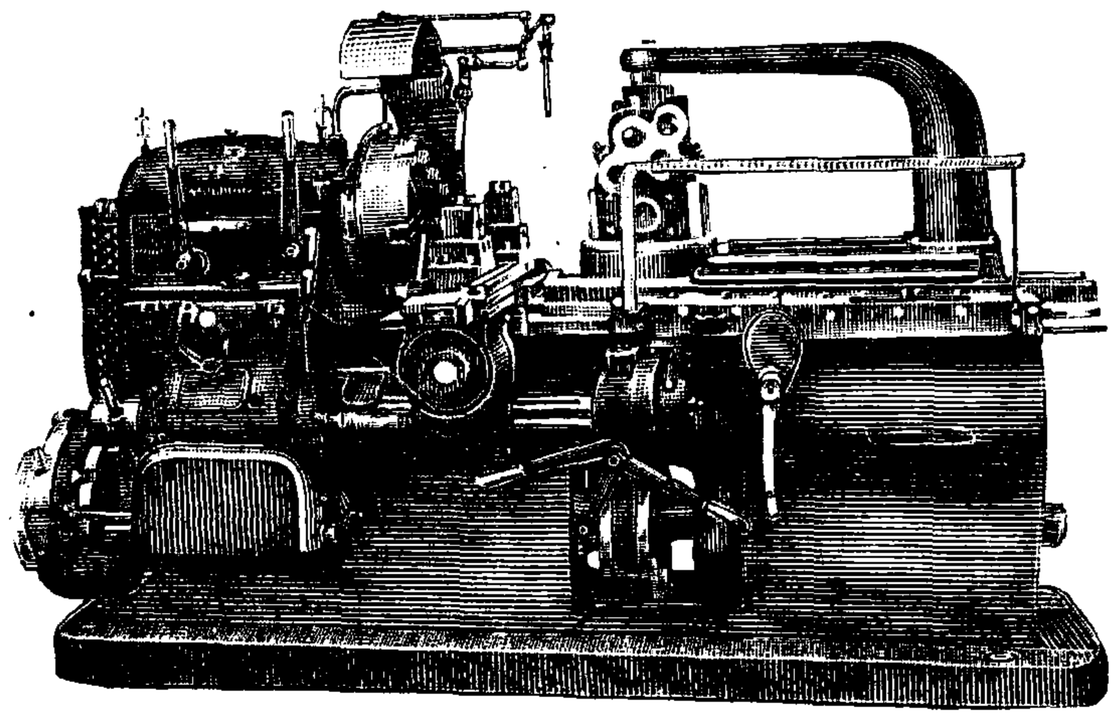
ных изделий наборами резцов, из к-рых один набор *а'* совершает осевую, а другой *а''*—радиальную подачу. В станках этого типа время обработки сокращено по сравнению с самоточками, и точность обработки не зависит от токаря, но составление плана обработки, изготовление комплекта резцов и их держателей, а также первоначальная установка (наладка) станка требуют высококвалифицированной силы и отнимают так много времени и средств, что применение Т. с. этого типа выгодно лишь при крупносерийном и массовом производстве. В этом случае однако станки эти незаменимы для целого ряда работ, чему не мало способствуют простота их конструкции срав-



Фиг. 5.

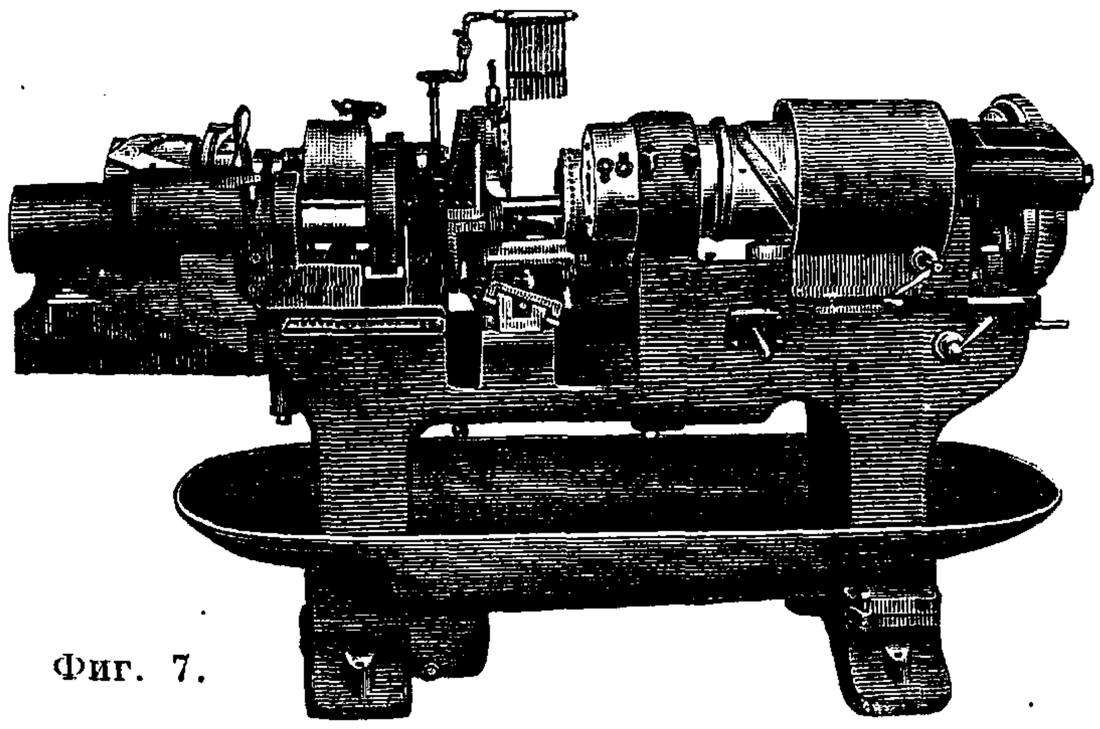
нительно с другими типами механич. Т. с. и связанные с этим дешевизна и надежность в работе. Там, где обработка за один проход становится невозможной, и когда кроме обточки наружной поверхности приходится сверлить, развертывать и т. д., применяют станки, снабженные несколькими соответственным образом установленными для обработки данной детали наборами инструментов, закрепленными на особой формы поворотных револьверных головках *а* (фиг. 5); наборов устанавливается столько, сколько проходов требуется для окончательной обработки данной детали. По окончании рабочего хода револьверная головка отводится назад вручную; в конце обратного хода она автоматически поворачивается, причем ставится на место набор инструментов для следующей операции; подвод головки в исходное положение резания и включение механич. подачи совершаются также вручную. С целью ускорения этих побочных процессов они были также автоматизированы; такие станки получили название одношпиндельных полуавтоматических Т. с., или полуавтоматов (фиг. 6). Здесь на долю рабочего остается только смена изделий, т. е. зажим заготовки и вынутие из патрона обработанной детали.

В том случае, когда изделие вырабатывается непосредственно из пруткового материала, представилась легкая возможность автоматизировать и подачу и зажим прутка в патроне станка, в результате чего станок стал совершенно автоматизированным и получил название одношпиндельного автоматического Т. с., или одношпиндельного автомата (фиг. 7). Конечно и полуавтоматы путем присоединения автоматич. питающего приспособления—магазина—и соответственных изменений зажимного приспособления м. б. полностью автоматизированы, но в противоположность работе из прутка эти приспособления не могут быть стандартизированы, должны меняться при переходе от обработки



Фиг. 6.

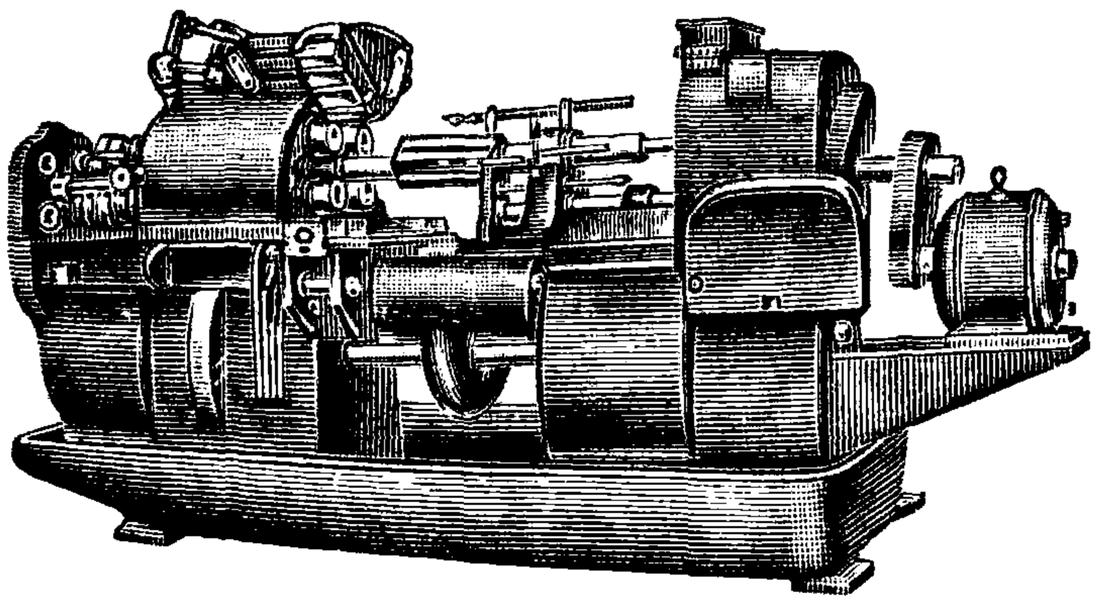
одной детали к другой и т. о. будут рентабельными лишь в условиях установившегося потока массового производства. У одношпиндельных автоматов и полуавтоматов в данный момент совершается одна определенная операция из ряда их, составляющих цикл обработки за один зажим; таким образом время обработки одного предмета равняется сумме продолжительностей отдельных операций плюс сумма работ по зажиму детали, отводу и поворачиванию револьверной головки в конце каждой операции и вынутию из станка обработанной детали.



Фиг. 7.

При этом реально работает лишь один набор инструмента, а остальные ожидают своей очереди. С целью уменьшить эту напрасную трату времени были сконструированы многошпиндельные полуавтоматы и автоматы (фиг. 8), у которых число рабочих

шпинделей равно числу операций, совершаемых над данной деталью за данный цикл, и т. о. продолжительность обработки одной детали равняется продолжительности наиболее длинной операции цикла плюс время одного поворота шпиндельной головки. Кроме указанных типов имеется еще целый ряд токарных станков, предназначенных для выполнения специальных работ: станки для обточки вагонных и паровозных колес, станки для обточки шеек коленчатых валов, копировальные токарные станки (см. *Копировальные станки*) для обработки как тел вращения с непрямыми образующими, так и для обработки тел некругового сечения (овалов, кулачков и т. д.), *затылочные станки* (см.) для снятия затылков зубьев фрезеров, разверток и метчиков, Т. с. для обточки квадратных стальных слитков и целый ряд других для еще более узко специальных работ.



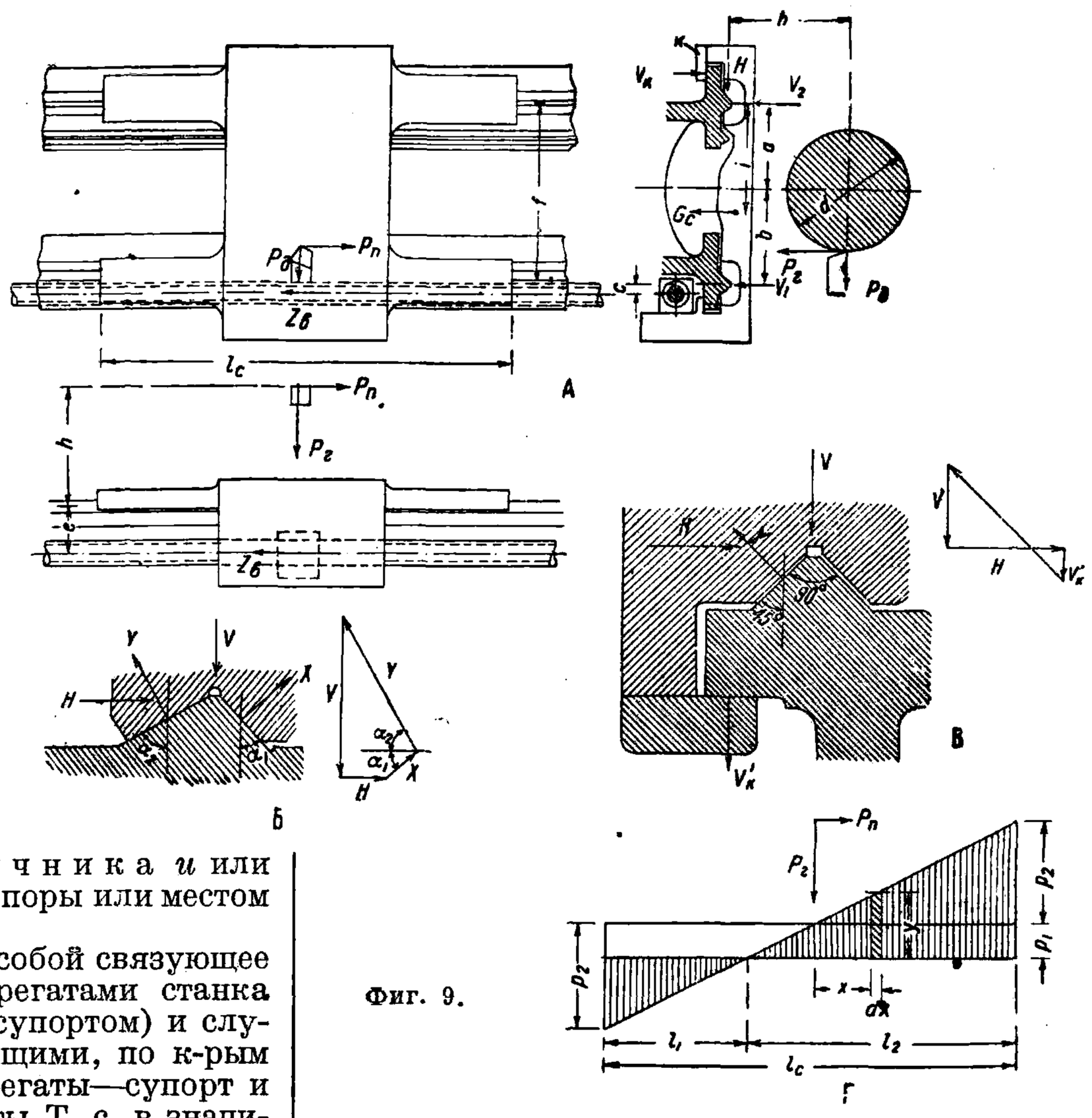
Фиг. 8.

Всякий Т. с. состоит в основном из станины *е* (фиг. 1, 2, 3, 4), связывающей воедино все части станка и служащей одновременно направляющими для установки и движения трех других главных деталей станка: передней бабки *жс*, несущей в своих подшипниках рабочий шпиндель станка, задней бабки, или рейтштока, *з*, поддерживающей свободный конец обрабатываемого предмета, и подручника *и* или супорта *б*, служащих точкой опоры или местом закрепления инструмента.

Станина представляет собой связующее звено между отдельными агрегатами станка (передней и задней бабками, супортом) и служит одновременно направляющими, по к-рым перемещаются подвижные агрегаты—супорт и задняя бабка. Точность работы Т. с. в значительной степени зависит от прямолинейности направляющих и их параллельности оси, соединяющей центры станка (оси станка). Это требование обусловливает, с одной стороны, тщательную обработку направляющих, а, с другой,—применение конструктивных мероприятий, обеспечивающих сохранение достигнутых условий и при работе станка. Для этого необходимо, чтобы износ направляющих был возможно более мал и равномерен и деформации станины под влиянием усилий, возникающих в ней при работе, отзывались возможно мало на ее параллельности оси станка. Усилия, действующие на станину, складываются из следующих частей: 1) давление супорта, 2) усилия, которые передаются передней и задней бабкой, 3) усилие тяги ходового винта и 4) опорные реакции ног. Усилие, воспринимаемое супортом и передаваемое им на станину при призматич. Λ-образных направляющих, определится сл. обр. Усилие резания P (фиг. 9, А) разлагаем на три составляющие—главное усилие резания P_z, усилие подачи P_n и давление на лобовую поверхность резца P_d; назовем вертикальные усилия, передаваемые передним и задним полозьями супорта через V_1 и V_2, горизонтальное усилие, перпендикулярное оси станка, через H, тягу ходового винта через Z_s, вес супорта через G_c и предположим существование линейного закона распределения вдоль полозьев давлений, вызванных как силами V_1 и V_2, так и действующим в вертикальной продольной плоскости опрокидывающим моментом M_o, образованным силой трения F_c полозьев супорта о направляющие, и силами Z_s и P_n. Пока

$$P_z\left(b-\frac{d}{2}\right)+G_c(f-i)\geqslant P_d\,h,$$

все вертикальное давление воспринимается



Фиг. 9.

Λ-образными призмами и равно $V_1+V_2=P_z$. При

$$P_z\left(b-\frac{d}{2}\right)+G_c(f-i)<P_d\,h$$

происходит опрокидывание супорта и вступает в действие планка k, на к-рую действует усилие V_k. В этом случае на переднюю призму действует вертикальное усилие

$$V_1=\frac{P_z\left(n+a+\frac{d}{2}\right)+G_c(n+i)+P_d h}{f+n},$$

где n—расстояние по горизонтали между V_2 и V_k. Усилие на планку k равно

$$V_k = \frac{P_z\left(b-\frac{d}{2}\right)+G_c(f-i)-P_y h}{f+n}.$$

Горизонтальное усилие $H = P_y$. Разлагая усилия V и H, действующие на призму, на составляющие X и Y, нормальные к плоскостям трения (фиг. 9,Б), имеем при неравнобокой призме:

$$X\sin\alpha_1 + Y\sin\alpha_2 = V,\ X\cos\alpha_1 - Y\cos\alpha_2 = -H,$$

откуда имеем

$$X = \frac{V\cos\alpha_2 - H\sin\alpha_2}{\sin(\alpha_1+\alpha_2)};\ Y = \frac{V\cos\alpha_1 + H\sin\alpha_1}{\sin(\alpha_1+\alpha_2)}.$$

При обычно применяемых симметричных призмах с $\alpha_1 = \alpha_2 = 45°$ имеем при $V \geqslant H$:

$$X + Y = V\sqrt{2};$$

при $V < H$ (фиг. 9,В) происходит сдвигание супорта и X приобретает отрицательное значение, причем вступает в действие планка k, воспринимающая усилие V_k'; в этом случае

$$Y = H\sec\alpha_2,\ V_k' = H\operatorname{tg}\alpha_2 - V;$$

при $\alpha_2 = 45°$ имеем:

$$Y = H\sqrt{2},\ V_k' = H - V.$$

Усилие ходового винта Z_s должно преодолевать сопротивление подачи P_n и сопротивление трения F_c супорта о направляющие. Последнее составляется из двух частей: 1) из сопротивления трения от предположенного равномерно распределенного вдоль полозьев нормального давления p_1 на направляющие, обусловленного наличием усилий X, Y и V_k,

$$p_1 = \frac{1}{l_c}\Sigma(X + Y + V_k);$$

2) из сопротивления трения от опрокидывающего момента M_o супорта, обусловленного наличием пар сил P_n, F_c и Z_s, причем

$$M_o = P_n(h+e) + F_c e. \qquad (1)$$

Полагая линейный закон распределения вызванного M_o вертикального давления p_2' на полозья супорта (фиг. 9, Г), имеем результирующий опорный момент под действием p_2':

$$M_2 = \int_{-\frac{l_c}{2}}^{+\frac{l_c}{2}} yx\,dx = \int_{-\frac{l_c}{2}}^{+\frac{l_c}{2}} \frac{p_0' x}{\frac{l_c}{2}}\cdot x\,dx =$$

$$= \frac{2p_0'}{l_c}\int_{-\frac{l_c}{2}}^{+\frac{l_c}{2}} x^2\,dx = \frac{p_0' l_c^2}{6} = M_o,$$

где p_0'—максимальное давление p_2', откуда

$$p_0' = \frac{6[P_n(h+e)+F_c e]}{l^2}. \qquad (2)$$

Т. к. закон распределения p_2' на переднюю и заднюю призмы направляющих станины статически неопределим, то полагаем, что это давление целиком воспринимается передней призмой (имеющей углы α_1 и α_2). При равноугольном или симметричном образовании призм это допущение совершенно не меняет окончательного результата, а при различных призмах лишь незначительно на нем отзывается. Обозначая для передней призмы

$$A_1 = \frac{\cos\alpha_1 + \cos\alpha_2}{\sin(\alpha_1+\alpha_2)},$$

получаем суммарное давление, нормальное к поверхностям призмы p_2, вызываемое вертикальным давлением p_2', равное

$$p_2 = p_2' A_1.$$

При этом следует различать два случая: 1) когда $p_1 \geqslant p_2$, то давление на салазки нигде не становится отрицательным и p_2 вызывает лишь изменение распределения p_1 вдоль полоза супорта, не изменяя арифметической суммы давлений, равной $p_1 l_c$; т. о. сила трения F_c в этом случае не зависит от опрокидывающего момента и равна $\mu p_1 l_c$, тогда имеем, что условие $p_1 \geqslant p_2$ выполнено до тех пор, пока

$$p_1 \geqslant \frac{6A_1[P_n(h+e)+\mu p_1 l_c e]}{l_c^2},$$

или

$$p_1 l_c \geqslant \frac{6A_1 P_n(h+e)}{l_c - 6A_1\mu e};$$

окончательно получаем

$$\Sigma(X + Y + V_k) \geqslant 6A_1 P_n \frac{h+e}{l_c - 6A_1\mu e}. \qquad (3)$$

Пока выполнено условие (3), сила трения F_c' равна

$$F_c' = \mu\Sigma(X + Y + V_k); \qquad (4)$$

2) когда $p_2 > p_1$, то часть давления на полозья принимает отрицательные значения и т. о. арифметич. суммарное нормальное усилие давлений на полозья супорта, от к-рого зависит сила трения F_c'', начинает зависеть от величин p_2 и p_1. Для этого случая имеем:

$$F_c'' = \mu\left\{\int_{-\frac{l_c p_1}{2p_2}}^{+\frac{l_c}{2}}\left(\frac{2p_2 x}{l_c} + p_1\right)dx - \int_{-\frac{l_c}{2}}^{-\frac{l_c p_1}{2p_2}}\left(\frac{2p_2 x}{l_c} + p_1\right)dx\right\} =$$

$$= \mu\left(\frac{p_2 l_c}{2} + \frac{l_c p_1^2}{2p_2}\right) = \frac{\mu l_c}{2p_2}(p_2^2 + p_1^2). \qquad (5)$$

Подставляя ур-ие (5) в ур-нэ (2) и замечая, что $p_2' = \frac{p_2}{A_1}$, получаем:

$$\frac{p_2}{A_1} = \frac{6P_n p_2(h+e)+3\mu l_c e(p_1^2+p_2^2)}{l_c^2 p_2},$$

откуда

$$p_2 = \frac{3AP_n(h+e)+\sqrt{9A^2P_n^2(h+e)^2+3A\mu l_c^2 p_1^2 e(l_c-3A\mu e)}}{l_c(l_c-3A\mu e)}.$$

Замечая, что если $V_k = 0$, то $p_1 l_c = A_1 P_z$; обозначая $\frac{P_n}{P_z} = \nu$, $h = \varkappa l_c$. $e = \varepsilon l_c$, получаем

$$p_2 = \frac{A_1 P_z}{l_c}\cdot \frac{3\nu(\varkappa+\varepsilon)+\sqrt{9\nu^2(\varkappa+\varepsilon)^2+3A_1\mu\varepsilon(1-3A_1\mu\varepsilon)}}{1-3\mu\varepsilon A_1}.$$

Принимая обычные для нормальных Т. с. значения $\nu = 0{,}3 \div 0{,}5$ (обычно 0,5), $\mu = 0{,}1$, $A_1 = \sqrt{2} = 1{,}4$, $\varkappa = 0{,}25 \div 0{,}4$ (в среднем 0,3), $\varepsilon = 0{,}08 \div 0{,}15$ (в среднем 0,1), получаем

$$p_2 \leqslant 1{,}94\frac{P_z}{l_c} = 1{,}37\,p_1;$$

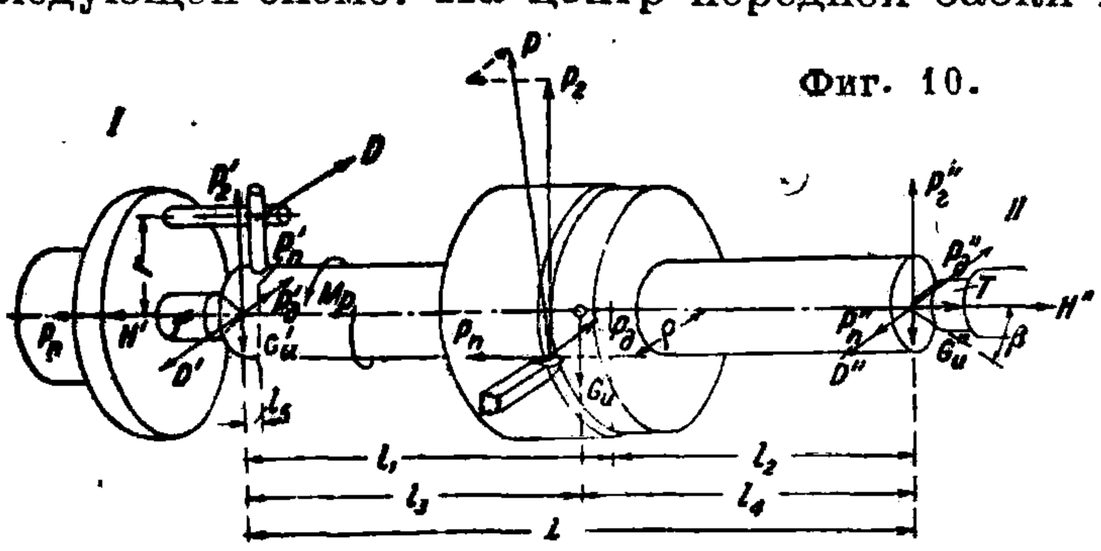
при этом сопротивление трения движения супорта $F_c'' = 1{,}05\,F_c'$, т. е. влияние перекоса на трение весьма незначительно. Однако в некоторых случаях, напр. для лоботокарных станков или для станков с весьма высокими центрами,

значение F_c'' может возрастать до (2—4) F_c'. Усилие, необходимое для перемещения супорта посредством ходового винта или шестеренки и рейки, по сказанному выше равно

$$Z_в = P_n + F_c.$$

Для определения F_c задаются сначала усилиями резания P_z, P_n и $P_д$, откуда определяют p_1 и p_2 [последнее из ур-ия (2) или (6), смотря по тому, выполнено ли условие (3) или нет], после чего F_c легко находится из ур-ия (4) или (5).

На переднюю и заднюю бабки усилия резания передаются при обточке между центрами и захвате обрабатываемой детали поводком по следующей схеме. На центр передней бабки I



Фиг. 10.

(фиг. 10) действуют вертикальные составляющие главного усилия резания P_z' и веса изделия G_u', равные

$$P_z' = P_z \frac{l_2}{l}, \quad G_u' = G_u \frac{l_4}{l},$$

затем горизонтальные, перпендикулярные к оси станка усилия P_n' и $P_д'$, вызванные горизонтальными составляющими усилия резания и равные

$$P_n' = P_n \frac{\varrho}{l}, \quad P_д' = P_д \frac{l_2}{l},$$

где ϱ—средний радиус обточки.

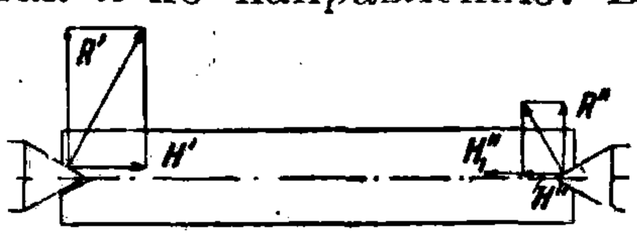
Кроме того перпендикулярная к оси и переменная по направлению составляющая D' давления D на поводок ($rD = \varrho P_z$) равна

$$D' = P_z \frac{\varrho(l - l_5)}{rl}.$$

По оси бабки действуют силы: первоначального зажатия между центрами T, усилия подачи P_n и горизонтальная составляющая H', вызываемая равнодействующей R' поперечных сил вследствие коничности поверхности центров (угол при вершине 2β), равная

$$H' = R' \operatorname{tg} \beta.$$

Из этих величин D' для заданных условий резания (т. е. P_z, $P_д$ и P_n) и диам. обточки остается неизменной по величине, но меняет свое направление при вращении шпинделя. Величины P_n, P_n', G_u' и T' не изменяются для данных начальных условий как по величине, так и по направлению. Величины P_z' и $P_д'$ меняются по величине с продвижением супорта, но остаются постоянными по направлению. Наконец величина H меняется как в течение одного оборота, так и по мере продвижения супорта, оставаясь постоянной по направлению. Силы, действующие в плоскости, нормальной к оси, на центр задней бабки, будут соответственно равны:

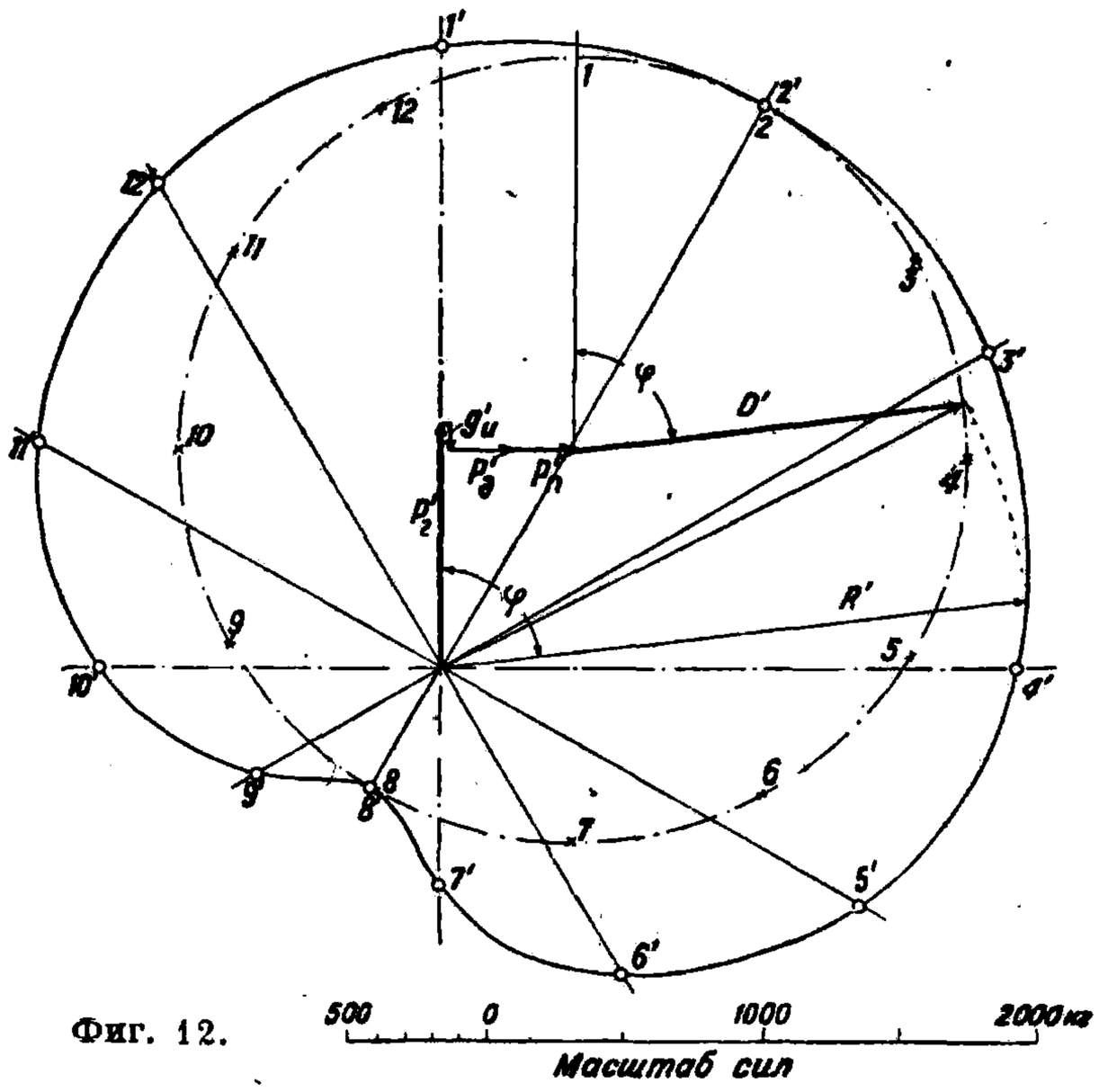


Фиг. 11.

$$P_z'' = P_z \frac{l_1}{l}; \; P_n'' = P_n' = P_n \frac{\varrho}{l};$$

$$P_д'' = P_д' \frac{l_1}{l}; \quad G_u'' = G_u \frac{l_3}{l}; \quad D'' = P_z \frac{\varrho l_5}{rl}$$

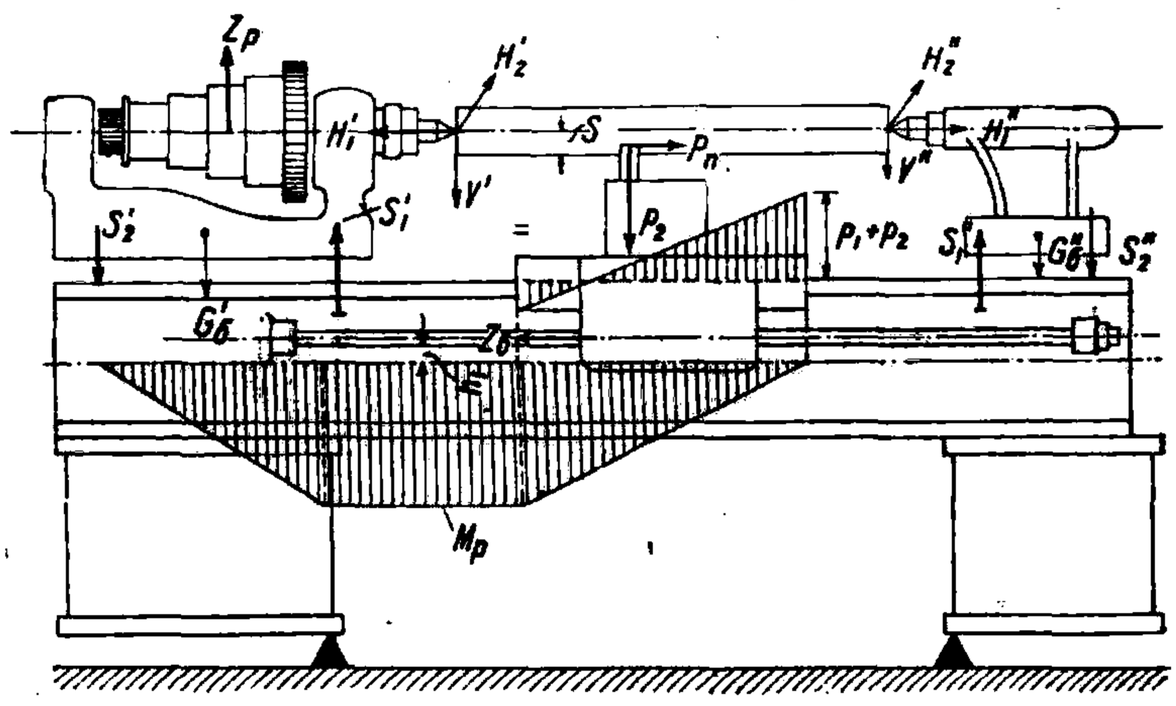
и кроме того осевые давления T и H''. Последнее усилие в каждый данный момент равно



Фиг. 12.

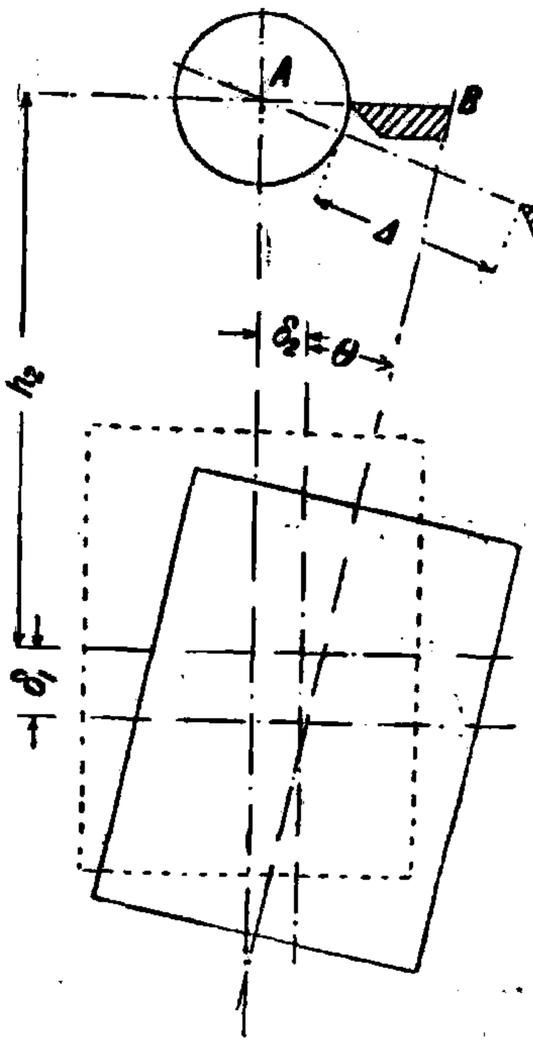
Масштаб сил

наибольшему из двух значений H' и H'' вследствие того, что большее осевое усилие сдвигает



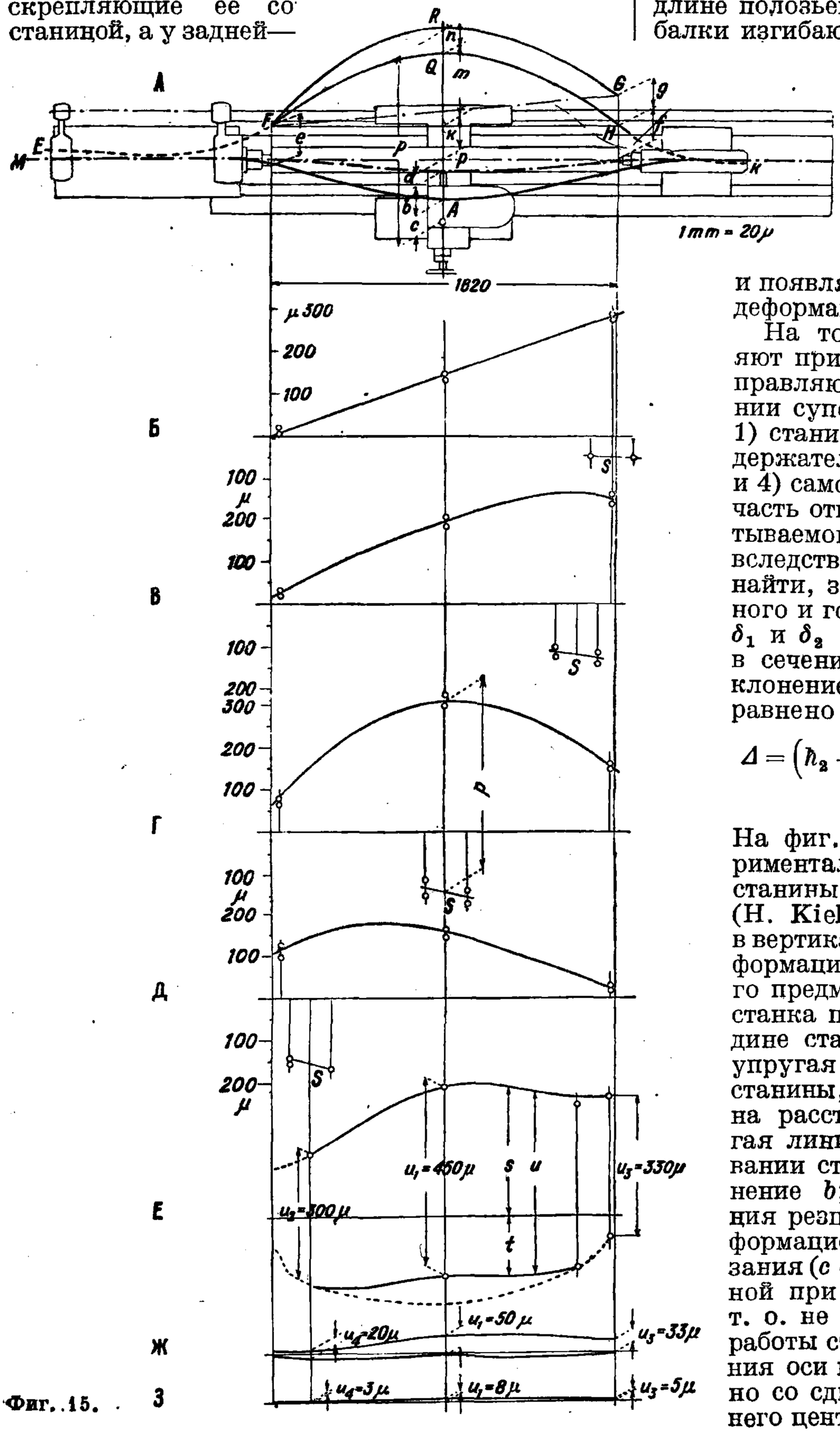
Фиг. 13.

обрабатываемый предмет в сторону центра с меньшим усилием (фиг. 11) и в последнем наряду с H'', вызванным соответственной перпендикулярной равнодействующей, появляется дополнительное осевое усилие H_1'' вследствие прижатия изделия к центру, равное разности обоих осевых усилий. Изменение R' в полярной диаграмме в ф-ии угла φ поворота шпинделя показано на фиг. 12 (для следующих начальных условий: $P_z = 1\,500$ *кг*; $P_д = 300$ *кг*; $P_n = 750$ *кг*; $\varrho = r = 100$ *мм*; $l = 500$ *мм*; $l_1 = 200$ *мм*; $l_3 = 300$ *мм*; $l_5 = 20$ *мм*; $G_u = 250$ *кг*). В добавление к этим усилиям на переднюю бабку действует тяга ремня Z_p или давление на зубцы при индивидуальном приводе от электромотора через зубчатые переда-



Фиг. 14.

чи, а на обе бабки—их собственные веса $G'_б$ и $G''_б$. Действующие на бабки усилия передаются на станину у передней бабки через болты, скрепляющие ее со станиной, а у задней—



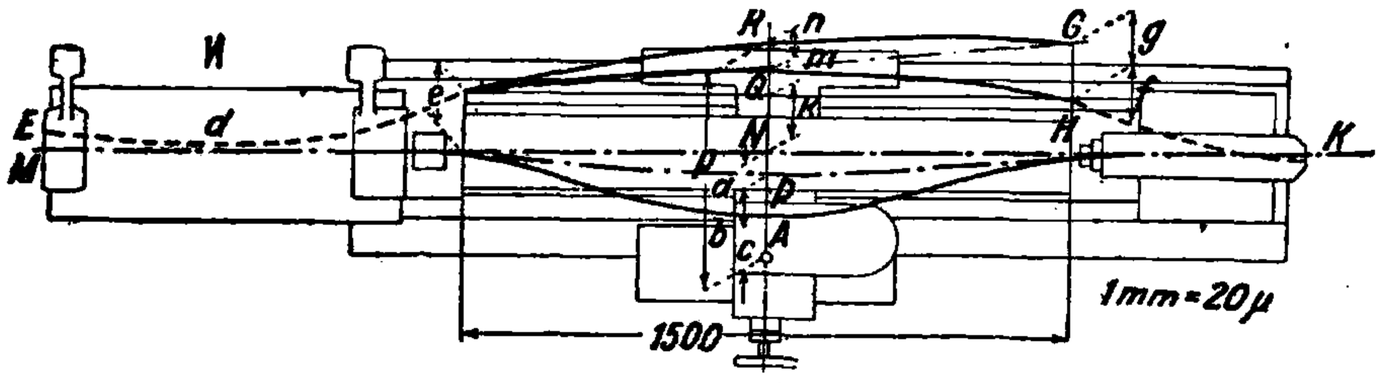
Фиг. 15.

через затяжной болт и траверсу. Т. о. станина Т. с. представляет собой балку, лежащую на упругих основаниях и нагруженную следующими силами и моментами: силами S'_1, S'_2, S''_1 и S''_2 (фиг. 13), передаваемыми на станину обеими бабками и находимыми обычным способом из заданных усилий V, H_1 и H_2 на центры бабок, силами тяги ремня Z_p и весов бабок, распределенной нагрузкой $p_1 + p_2$ по длине полозьев салазок, постоянным по длине балки изгибающим моментом $M_в$ ходового винта, равным $M_в = Z_в \cdot h_1$, где h_1—расстояние от оси винта до нейтральной оси станины, и распределенным по закону трапеции крутящим моментом $M_p = P_z \cdot \varrho$. Зная поперечное сечение станины, можно определить напряжения, вызываемые в ней этими силами и моментами, равно как и появляющиеся в ней под их действием деформации.

На точность обработки на Т. с. влияют при математически правильных направляющих меняющиеся при продвижении супорта вдоль станины деформации: 1) станины, 2) салазок супорта и резцедержателя с резцом, 3) обеих бабок и 4) самого обрабатываемого изделия. Ту часть отклонения Δ резца от оси обрабатываемого предмета, которая возникает вследствие деформации станины, можно найти, зная величины стрел вертикального и горизонтального прогиба станины δ_1 и δ_2 (фиг. 14) и угол скручивания θ в сечении, содержащем резец. Тогда отклонение Δ резца приближенно м. б. приравнено отрезку AB, равному

$$\Delta = \left(h_2 + \delta_1 + \frac{\delta_2}{\operatorname{tg}\theta}\right)\operatorname{tg}\theta = (h_2 + \delta_1)\operatorname{tg}\theta + \delta_2 \cong h_2 \operatorname{tg}\theta + \delta_2.$$

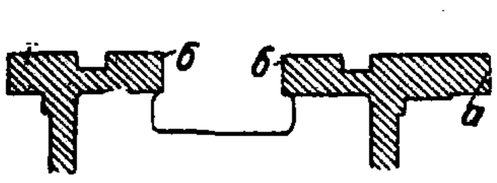
На фиг. 15 показаны результаты экспериментального исследования деформаций станины Т. с. по опытам Г. Кикебуша (H. Kiekebusch). Фиг. 15, А изображает в вертикальном масштабе 1 *мм* = 20 μ: деформации частей Т. с. и обрабатываемого предмета, отнесенные к идеальной оси станка при положении супорта на середине станка, а именно: кривая MPK—упругая линия горизонтального прогиба станины, вызывающего отклонение резца на расстояние a; кривая MAK—упругая линия направляющих при скручивании станины—соответствующее отклонение b; отрезок c—величина отклонения резца, обусловленная сдвигом и деформацией супорта под действием сил резания (c остается при P = Const постоянной при движении супорта по станине и т. о. не оказывает влияния на точность работы станка); кривая EF—упругая линия оси шпинделя, вызывающая совместно со сдвигом бабки отклонение переднего центра, равное e (в виду переменности результирующей давления на центр R', это отклонение изменяется за один оборот шпинделя); кривая HK изображает изгиб и смещение шпинделя задней бабки, вызывающие смещение заднего центра на величину f; отклонение центров обеих бабок вызывает смещение оси изделия у резца, равное k. Кривая FQH изображает собой упругую линию оси изделия, изогнутого под действием силы резания, этот фактор вызывает смещение оси изделия на отрезок m; наконец если изделие зажато не совсем плотно на центрах, то имеет место нек-рое радиальное



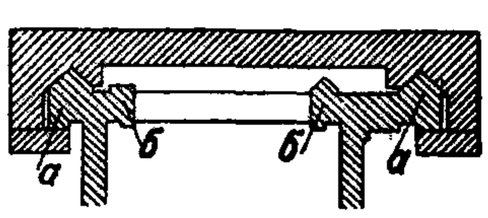
смещение изделия на одном из центров, выражаемое отрезком g на заднем центре и влекущее за собой смещение n под резцом. Т. о. суммарное смещение оси изделия относительно резца выражается отрезком p (для испытанного станка фирмы Леве с высотой центров 270 *мм*, полезной длиной 2 100 *мм* при обточке вала ∅ 168 *мм*, длиной 1 620 *мм*, $P_z = 1\,200$ *кг*, $P_d = 433$ *кг*, $p = 450\ \mu$). Диаграммы Б, В, Г, Д (фиг. 15) изображают в том же масштабе упругую линию оси обтачиваемого вала и суммарное отклонение супорта S при его различных положениях вдоль направляющих. На диаграмме Е изображено изменение деформаций вала s и супорта t, отнесенных к острию резца и первоначальной математич. оси станины в функции перемещения супорта при обдирочных работах ($P_z = 1\,200$ *кг*, $P_d = 433$ *кг*); из кривых видно, что суммарная деформация $u = s + t$ изменялась в пределах $u_2 = 300\ \mu$ до $u_1 = 450\ \mu$; т. о. наибольшее отклонение обтачиваемой детали от цилиндра по диаметру равно

$$\Delta d = 2\,(u_{max} - u_{min}) = 300\ \mu = 0{,}3\ мм.$$

Из этого очевидно, что для получения точной цилиндрической поверхности важно не столько абсолютное значение деформаций, сколько их постоянство по мере продвижения супорта вдоль станины. На этом примере хорошо выступает благоприятное влияние средней опоры станины (сплошная кривая на диаграмме Е) по сравнению с станиной на двух ногах (пунктирная кривая). На диаграммах Ж и З показаны суммарные отклонения при обточке под шлифовку ($P_z = 250$ *кг*, $P_d = 90$ *кг*) и при шлихтовке



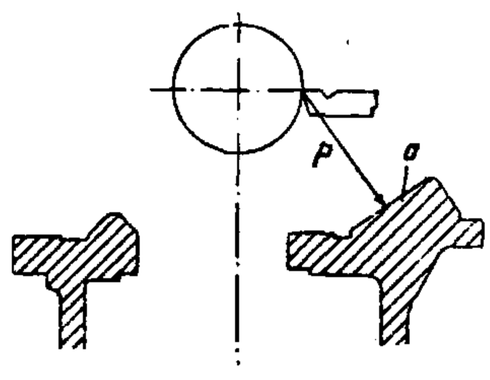
Фиг. 16а.



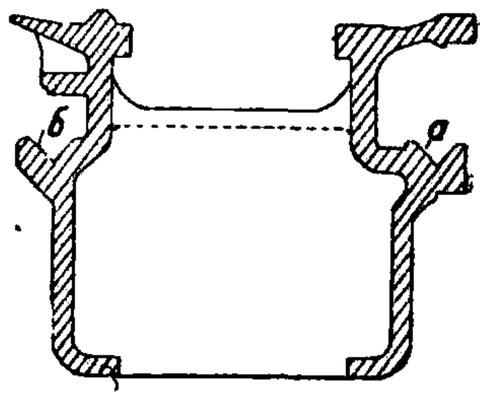
Фиг. 16б.

($P_z = 40$ *кг*, $P_d = 14$ *кг*); в первом случае $\Delta d = 60\ \mu = 0{,}06$ *мм*. во втором $\Delta d = 10\ \mu = 0{,}01$ *мм*. На диаграмме И изображены те же упругие линии, что и на диаграмме А, но для обточки вала длиной 1 500 *мм*, ∅ 180 *мм*; при этом $p = 265\ \mu$, откуда видно, какое большое значение на точность обработки имеет жесткость изделия. Из этих испытаний явствует, что при правильной конструкции отдельных частей станка влияние деформации их при работе на точность обработки меньше, чем допускаемая технич. условиями неточность изготовления Т. с.

В конструктивном отношении станина Т. с. представляет собой двойную балку, верхние полки которой служат направляющими для передвижных задней бабки и супорта. В современных Т. с. применяют два типа направляющих: плоские (фиг. 16а)—т. н. европ. типа, и крышеобразные, или ∧-образные (фиг. 16б),—т. н. америк. типа. За первыми имеется несомненное преимущество как в отношении удобства обработки их, так и в смысле незначительности износа вследствие легкости придания им значительных размеров; за вторыми—гл. обр. их свойство самоцентрирования при б. или м. равномерном их износе. Поэтому современное станкостроение обычно для Т. с. более легких типов применяет америк. тип направляющих, для тяжелых — европейский. В станках, предназначенных для специальных работ (напр. автоматы), у которых диаметр изделия подвергается незначительным колебаниям и следовательно направление равнодействующей силы резания довольно точно известно, можно сконструировать направляющие таким образом, чтобы их главная опорная поверхность a (фиг. 16в) была перпендикулярна к направлению давления резания P. У всех современных Т. с., предназначенных для обточки между центрами, станина имеет два параллельных ряда направляющих: 1) более широкие a—для супорта (фиг. 16а и 16б) и 2) более узкие $б$—для задней бабки. Объясняется это стремлением сделать положение оси центров независимым от износа направляющих супорта, износа тем более быстрого, что супорт находится постоянно в движении под значительной нагрузкой. Серьезного внимания заслуживает вопрос защиты направляющих от стружек; с этой целью делают



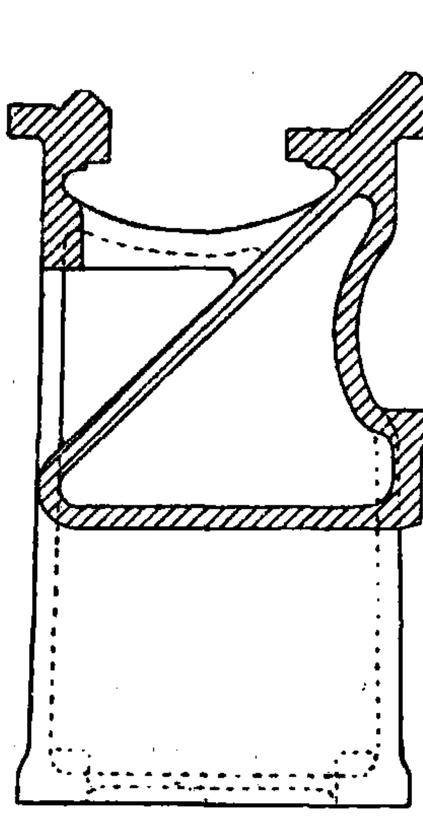
Фиг. 16в.



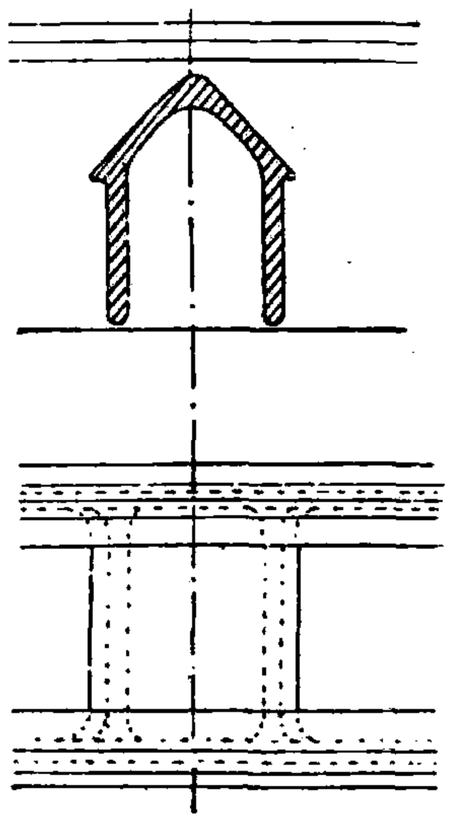
Фиг. 17.

иногда у станков, дающих большое количество мелкой стружки (напр. у револьверных Т. с. для точки латуни), станины с закрытыми направляющими a и $б$ (фиг. 17) для движения супортов.

В связи с большим количеством стружек, получающихся на современных Т. с. при работе резцами из сверхтвердых сплавов, особое значение приобретают скорость и удобство удаления стружки, которые в значительной мере зависят от соответственной конструкции станины и салазок супорта. С этой целью у станков, дающих большое количество стружек (напр. многорезцовые токарные станки), пространство между обеими щеками станины оставляют незанятым супортами, которые скользят по боковым направляющим станины, а самую станину снабжают наклонными лотками и окнами для удаления проваливающейся между направляющими стружки (фиг. 18). Как было показано выше, на точность работы наибольшее влияние оказывает изгиб станины в горизонтальном направлении и скручивание ее. С целью повысить момент сопротивления станины этим усилиям обе боковые щеки станины связывают поперечными ребрами, имеющими в сечении обычно коробчатую или П-образную форму, которой для облегчения отвода стружек часто придают крышеобразную форму (фиг. 19).

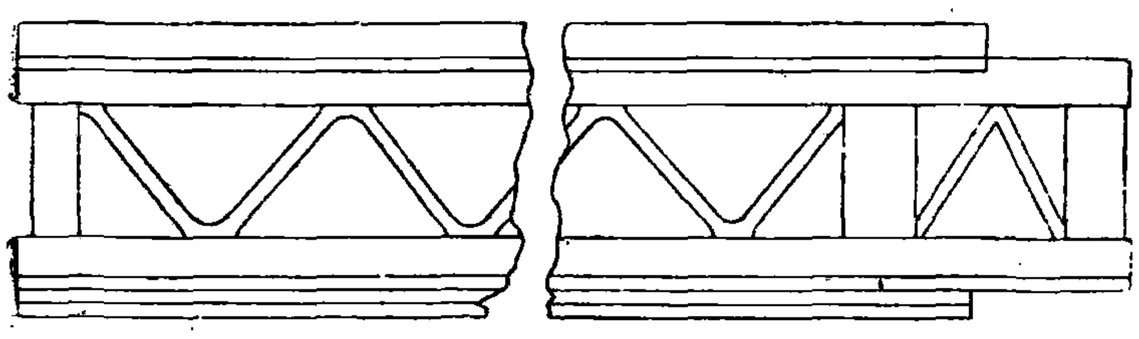


Фиг. 18.

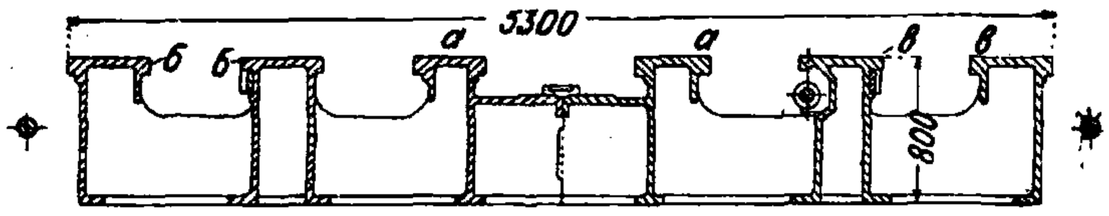


Фиг. 19.

С целью увеличения жесткости станины в последнее время соединительные ребра располагают в виде раскосов (фиг. 20), т. ч. станина приобретает вид раскосной фермы. Станины особо больших Т. с. обычно выполняются в виде ряда продольных балок—направляющих, объединенных поперечинами и раскосами в ребристую плиту, непосредственно лежащую на фундаменте. На фиг. 21 изображено сечение станины Т. с. с высотой центров 2 400 *мм*; средняя пара *аа* направляющих служит для движения задней бабки, а обе боковые пары *бб* и *вв*—для двух пар супортов (Т. с. имеет 4 супорта—по два с каждой стороны). В качестве материала для станин применяют обычно высшего качества плотный чугун, причем зачастую под направляющие закладывают в форму кокили, чем вызывается: 1) увеличение твердости поверхностного

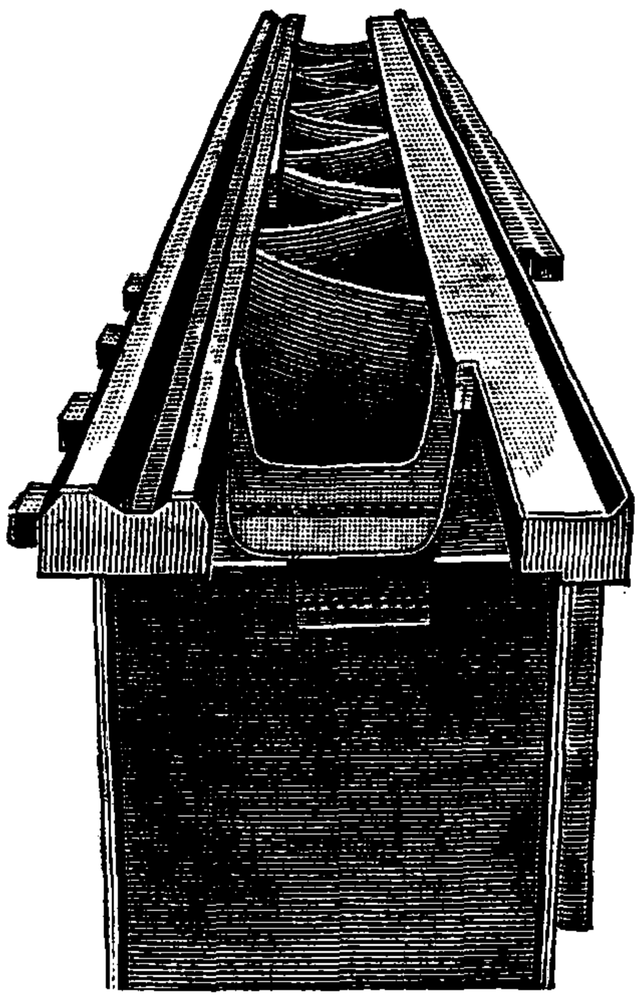


Фиг. 20.



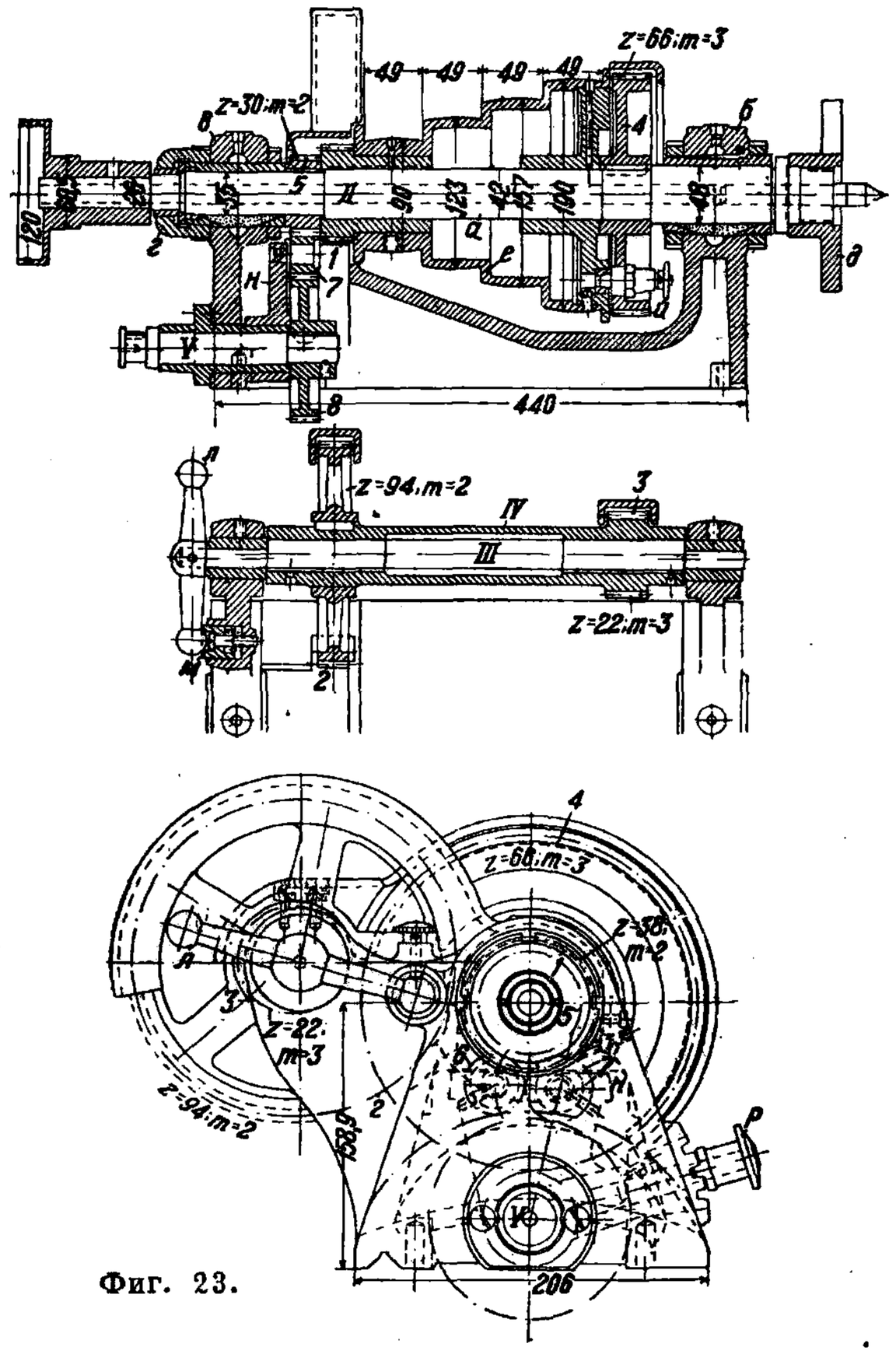
Фиг. 21.

слоя направляющих, весьма выгодное для их стойкости против износа, 2) наличие мелкозернистой переходной зоны от закаленного слоя к общей массе чугуна и 3) отсутствие раковин и пор в области перехода направляющих в вертикальную стенку станины. Для станин высококачественных Т. с. применяют иногда отливки из никелистого чугуна (1,0—2,0 % никеля), обладающего большой плотностью и твердостью. В последнее время учащается применение электросварных конструкций для станин Т. с., имеющих ряд явных преимуществ сравнительно с чугунными: 1) возможность применения различного материала в зависимости от местных требований, 2) бóльшая прочность и легкость при равной жесткости (модуль Юнга для стали почти вдвое выше, чем для чугуна), 3) для крупных станин, а в особенности для станин штучных Т. с.,—дешевизна в виду отсутствия модели. Электросварная станина токарных станков изображена на фиг. 22.



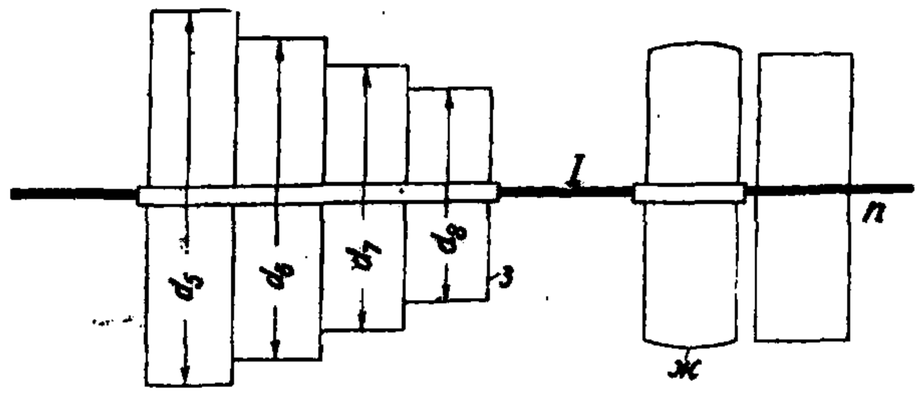
Фиг. 22.

Передняя бабка Т. с. служит подшипником для помещения шпинделя и содержит в себе механизмы главного привода станка, т. е. приспособления для передачи на шпиндель крутящего момента от трансмиссии или непосредственно от электромотора. Шпиндель *а* (фиг. 23) Т. с. представляет собой короткий жесткий вал, лежащий своими шейками в двух подшипниках: переднем *б* и заднем

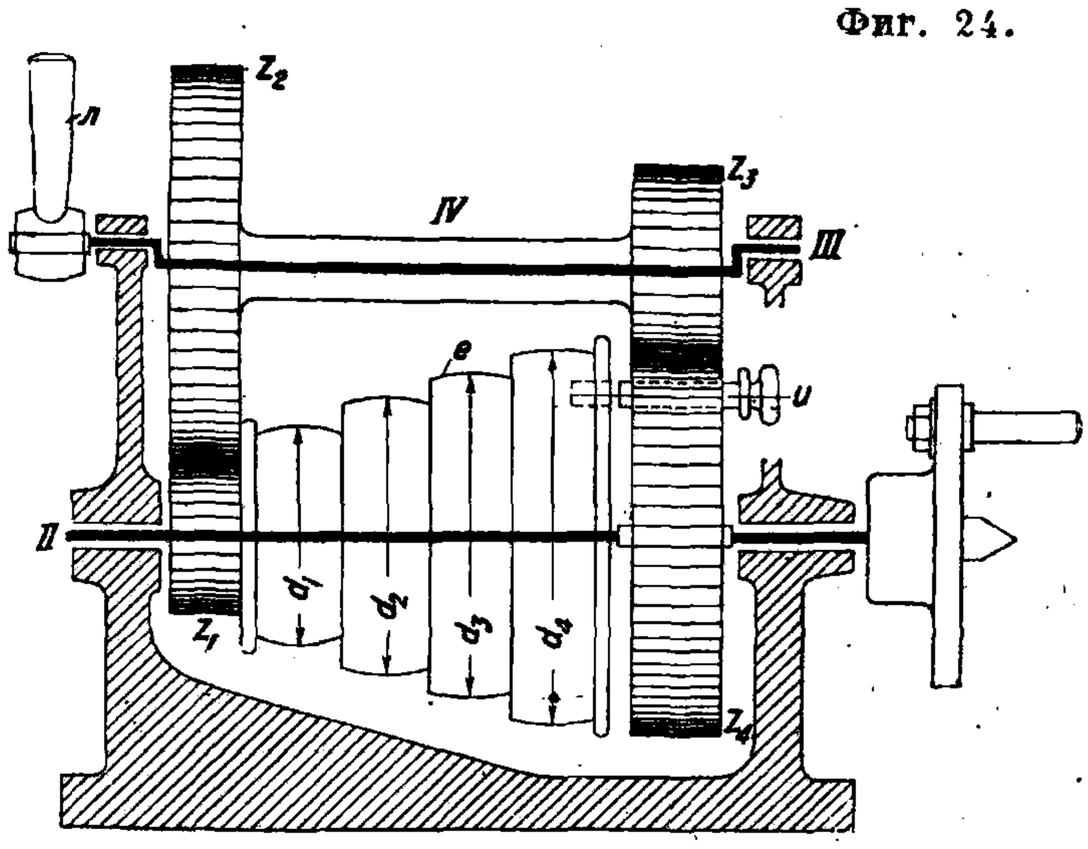


Фиг. 23.

в, снабженном для восприятия осевого давления упорным подшипником *г*. Обычно шпиндель делается высверленным вдоль, с целью



Фиг. 24.



допустить обточку длинных прутков, не обрезая их. На переднем конце шпиндель снабжен конусом для постановки в него переднего цен-

тра и нарезкой для навинчивания патрона *д*. В зависимости от способа привода шпинделя различают следующие конструкции передних бабок: 1) со ступенчатым ременным шкивом, 2) с перебором для привода простым (одиночным) шкивом (одношкивная бабка), 3) с перебором для привода от прифланцованного мотора и 4) с гидравлич. передачей. Передняя бабка со ступенчатым шкивом *е* изображена на фиг. 23, а схема ее на фиг. 24. (На этой схеме и всех последующих валы изображены толстыми осевыми линиями, проходящими через все сидящие на них вхолостую колеса, шкивы, втулки и т. д., в местах наличия шпонок валы вычерчиваются двойной линией, проходящей через заклиненную деталь.) На потолочном приводе *I*, вращаемом от трансмиссии через рабочий шкив *жс*, сидит другой ступенчатый шкив *з*. Перекладывая ремень с одной ступени на другую, мы получим 4 рабочие скорости вращения n_1, n_2, n_3 и n_4, равные:

$$n_1 = n\frac{d_5}{d_1},\quad n_2 = n\frac{d_6}{d_2},$$

$$n_3 = n\frac{d_7}{d_3},\quad n_4 = n\frac{d_8}{d_4},$$

где n—скорость вращения потолочного привода. Передача вращения от сидящего вхолостую ступенчатого шкива *е* на шпиндель происходит при помощи заклиненного на последнем зубчатого колеса 4, сцепляемого со шкивом посредством замка *и*. Для достижения наиболее экономич. условий обработки изделий из различных металлов, разного диаметра и разными резцами желательно иметь возможно большое количество ступеней скоростей вращения шпинделя между крайними значениями; последние определяются как скорости шпинделя: 1) наибольшая n_{max}, необходимая для обточки предмета наименьшего диам. d_{min} с максимальной скоростью v_{max}, и 2) наименьшая n_{min}—для обточки d_{max} при v_{min}.

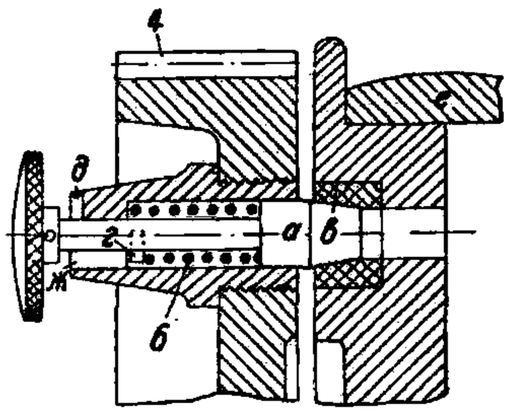
$$n_{max} = \frac{v_{max}\cdot 1\,000}{\pi d_{min}};$$

$$n_{min} = \frac{v_{min}\cdot 1\,000}{\pi d_{max}},$$

где v выражена в *м/мин*, d—в *мм*. Т. к. практически добиться столь широкого диапазона для крайних условий резания почти невозможно, то теперь ограничивают обычно по крайней мере материал резца, строя обычные станки в расчете на работу резцами из быстрорежущей стали и конструируя специальные Т. с. для работы сверхтвердыми сплавами и алмазом. В бабке, изображенной на фиг. 23 и 24, для увеличения диапазона применен п е р е б о р, состоящий из двух пар зубчатых колес *1*, *2* и *3*, *4* (на фиг. 23 и следующих *z* обозначает число зубцов, а *m*—модуль зацепления колеса), передающих вращение от ступенчатого шкива *е* через *1* : *2* на пустотелый вал перебора *IV*, соединяющий обе зубчатки *2* и *3*, и затем через *3* : *4* на вал *II* шпинделя. Т. о. при включенном переборе вращение с вала *I* контрпривода передается на шпиндель измененным в отношении

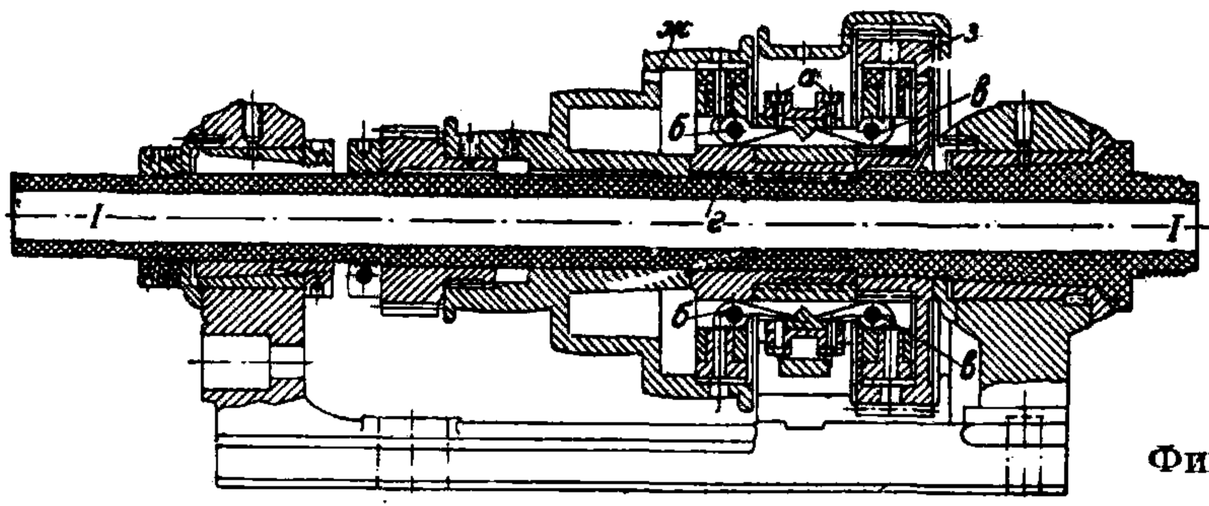
$$\frac{d_{k+4}}{d_k}\cdot\frac{z_1}{z_2}\cdot\frac{z_3}{z_4} = \frac{d_{k+4}}{d_k}\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{3}{4},$$

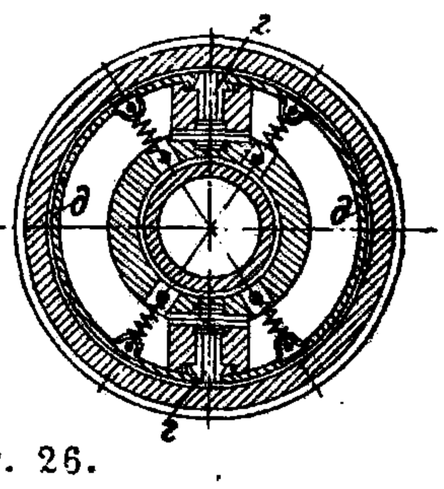
где $k = 1, 2, 3, 4$—номер ступени шкива, а $z_1, \ldots, z_4$ или $1, \ldots, 4$—числа зубцов шестерен *1*, ..., *4*.



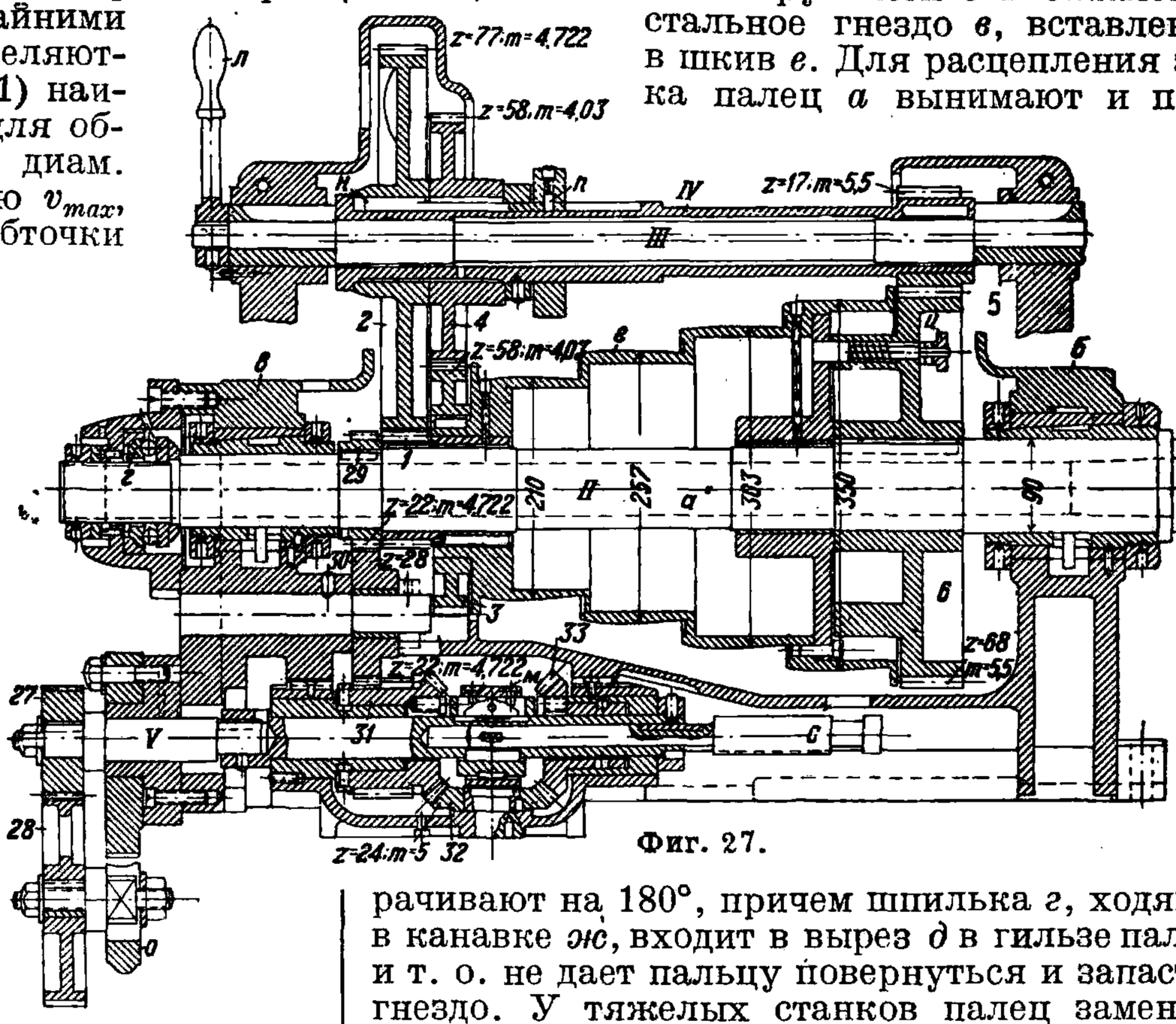
Фиг. 25.

Для передачи непосредственно от контрпривода на шпиндель сцепляют пальцем *и* зубчатку *4* со шкивом *е*; для возможности вращения шпинделя в этом случае перебор д. б. выведен из зацепления. Достигают этого поворотом ручкой *л* на 180° вала *III* с эксцентричными цапфами, на к-ром свободно сидит вал *IV* перебора; для того чтобы ручка *л* не могла повернуться сама от сотрясений станка, что может легко вызвать поломку зубчатых колес перебора, она удерживается за шаровую головку пружинной защелкой *м*. Конструкция пальца замка перебора показана на фиг. 25; палец *а* вжимается пружиной *б* в закаленное стальное гнездо *в*, вставленное в шкив *е*. Для расцепления замка палец *а* вынимают и поворачивают на 180°, причем шпилька *г*, ходящая в канавке *жс*, входит в вырез *д* в гильзе пальца и т. о. не дает пальцу повернуться и запасть в гнездо. У тяжелых станков палец заменяют болтом с кулаком, ходящим в прорези зубчатого колеса и вводимым в выемку обода шкива. Обслуживание этих замков требует значительного времени, так как сопровождается остановкой станка. Для Т. с., у к-рых приходится часто менять скорости (напр. у револьверных Т. с.), часто снабжают перебор фрикционными





Фиг. 26.

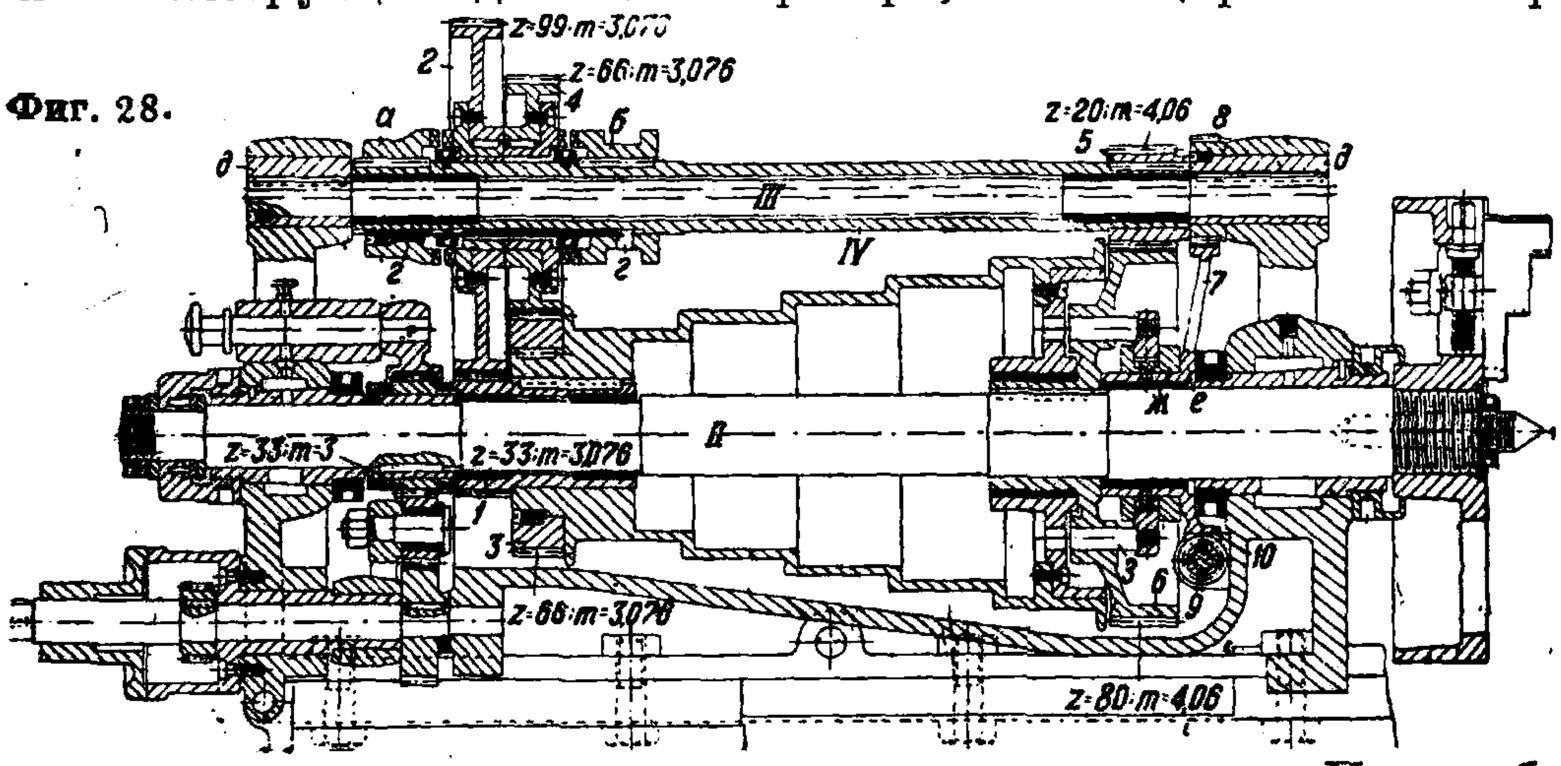


Фиг. 27.

или кулачковыми (только у тихоходных токарных станков) муфтами, исключающими к тому же опасность одновременного включения перебора и запора замка.

Шпиндель револьверного станка с фрикционным включением перебора изображен на фиг. 26; переводное кольцо *а* муфты, перемещаемое рычагом, находящимся на передней стороне бабки, прижимает находящимися внутри его выступами одну из пар рычажков *бб* или *вв*; последние распирают клиновидными ползунками *гг* половинки фрикционных башмаков *дд* и т. о. сцепляют шпиндель *I* с заклиненной на нем муфтой *е* попеременно с шкивом *жс* или зубчаткой *з* перебора. Это устройство важно для револьверных станков в виду необходимости частого переключения скорости шпинделя на ходу. Дальнейшее увеличение диапазона скоростей или уменьшение ступени между двумя соседними скоростями м. б. достигнуто устройством двойного и тройного перебора.

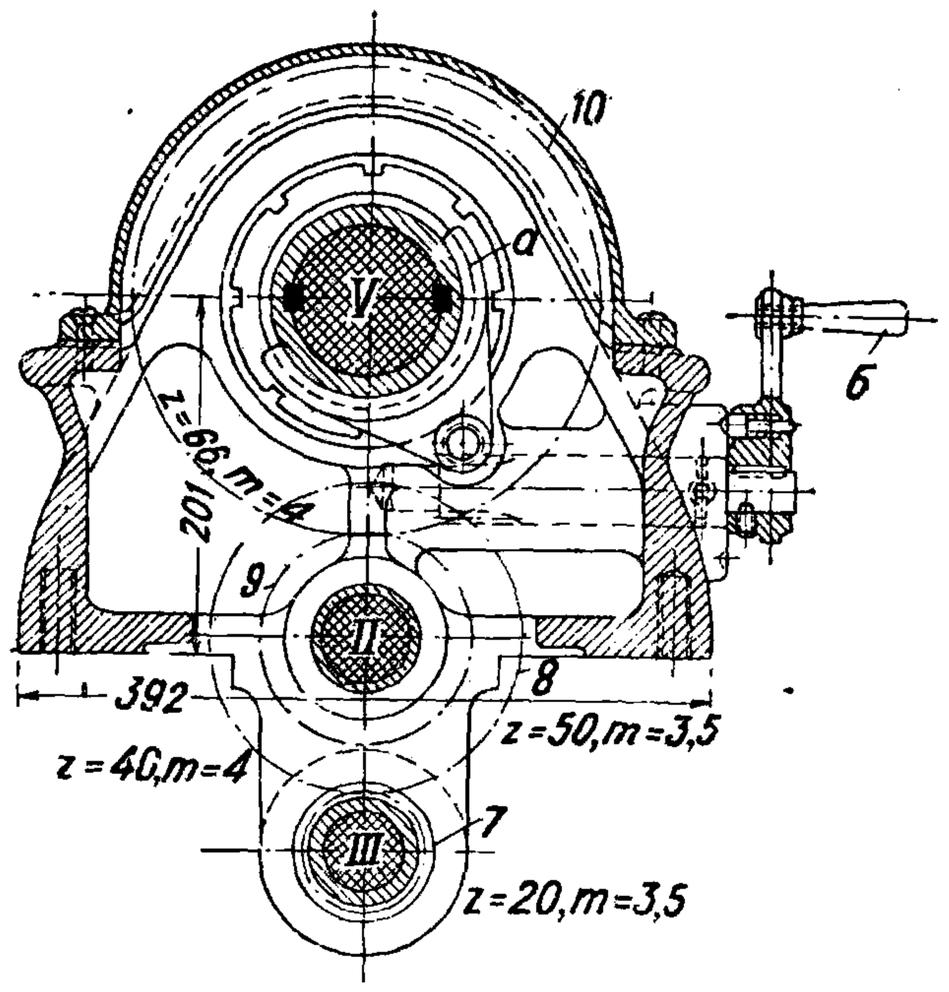
Изображенный на фиг. 27 двойной перебор отличается от описанного выше только тем, что вместо одной пары зубчаток *1 : 2* у него стоят две пары *1 : 2* и *3 : 4*, включаемых попеременно скользящей шпонкой *н*, передвигаемой кольцом *п* на валу перебора, и вращающих шпиндель через зубчатки *5 : 6* (остальные обозначения, как на фиг. 23). Весьма совершенная конструкция двойного перебора, исключающая возможность неправильного его включения, изображена на фиг. 28; сменные шестерни *2* и *4* двойного перебора $\left(\frac{1}{2} : \frac{5}{6}\right.$ или $\left.\frac{3}{4} : \frac{5}{6}\right)$ м.б. включаемы лишь попеременно двойной кулачковой муфтой, обе половинки *а* и *б* к-рой связаны шпонкой *г*. Движение



Фиг. 28.

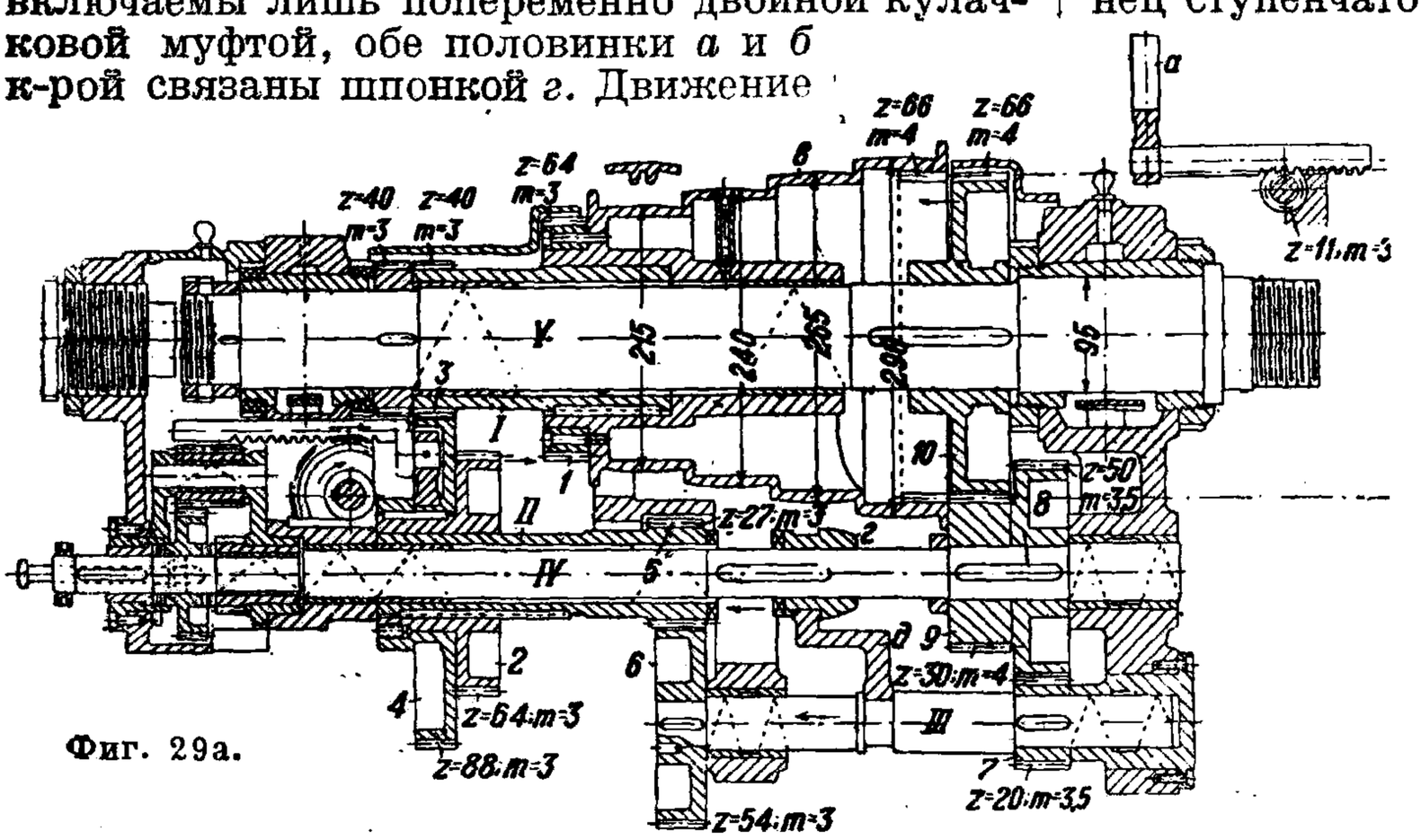
поворота эксцентричной втулки *д* оси *III* перебора совершается посредством зубчатого сектора *7*, сцепляющегося с шестеренкой *8* и

вращаемого червячной передачей *9 : 10*. На втулке *е* сектора может перемещаться лишь в осевом направлении под действием двух пальцев, ходящих в фасонных канавках втулки *е*, муфта *жс*,



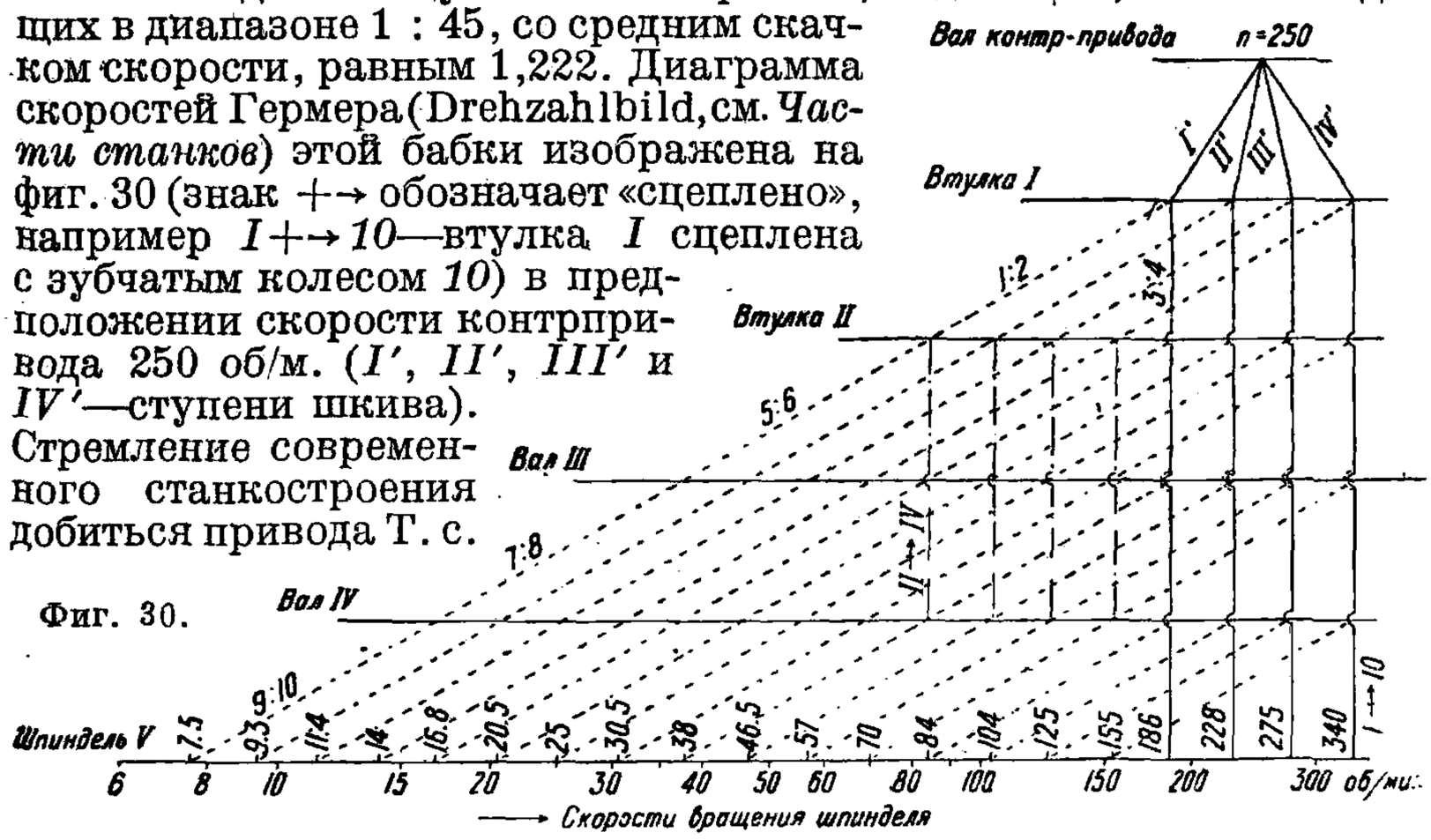
Фиг. 29б.

приводящая в движение сидящие на ней штыри *з* замка перебора. Форма канавок на втулке *е* выбрана т. о., что перемещение штырей *з* начинается лишь после того, как ось *III* перебора повернута настолько, что зубчатки последнего вышли из зацепления. Передняя бабка с тройным перебором, допускающая в соединении с 4-ступенчатым шкивом 20 рабочих скоростей шпинделя, показана на фиг. 29а и 29б; все включения производятся передвижением скользящих шестеренок и одной кулачковой муфты при помощи трех ручек, помещающихся на передней стороне бабки. При работе без перебора скользящее по шпонкам на шпинделе зубчатое колесо *10* вдвигается с помощью вилки *а*, перемещаемой ручкой *б*, в соответственный зубчатый венец ступенчатого шкива *в*, сидящего вхолостую на шпинделе *V*; одновременно происходит выключение перебора, т. к. колесо *10* выходит из зацепления с шестеренкой *9* перебора. При включенном переборе, т. е. при зубчатке *10*, сдвинутой вправо, движение от втулки *I* ступенчатого шкива через любую пару зубчатых колес *1 : 2* или *3 : 4* передается втулке *II*, сидящей вхолостую на валу *IV*, а оттуда через вспомогательный вал *III* двумя парами зубчаток *5 : 6* и *7 : 8* или непосредственно муфтой *г* валу *IV*, с заклиненной на нем шестеренкой *9*, сцепляющейся с зубчаткой *10*. Переводная вилка *д* муфты *г* одновременно с включением муфты смещает влево вал *III* и выводит из зацепления шестеренки *6* и *7* добавочного перебора, чем исключается возможность неправильно-

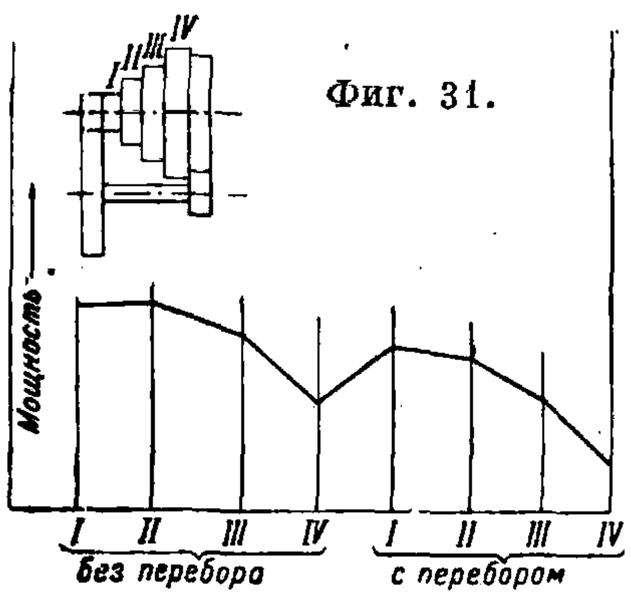


Фиг. 29а.

го включения его. Посредством такого устройства шпиндель получает 20 скоростей, лежащих в диапазоне 1 : 45, со средним скачком скорости, равным 1,222. Диаграмма скоростей Гермера (Drehzahlbild, см. *Части станков*) этой бабки изображена на фиг. 30 (знак +→ обозначает «сцеплено», например *I*+→*10*—втулка *I* сцеплена с зубчатым колесом *10*) в предположении скорости контрпривода 250 об/м. (*I'*, *II'*, *III'* и *IV'*—ступени шкива). Стремление современного станкостроения добиться привода Т. с.



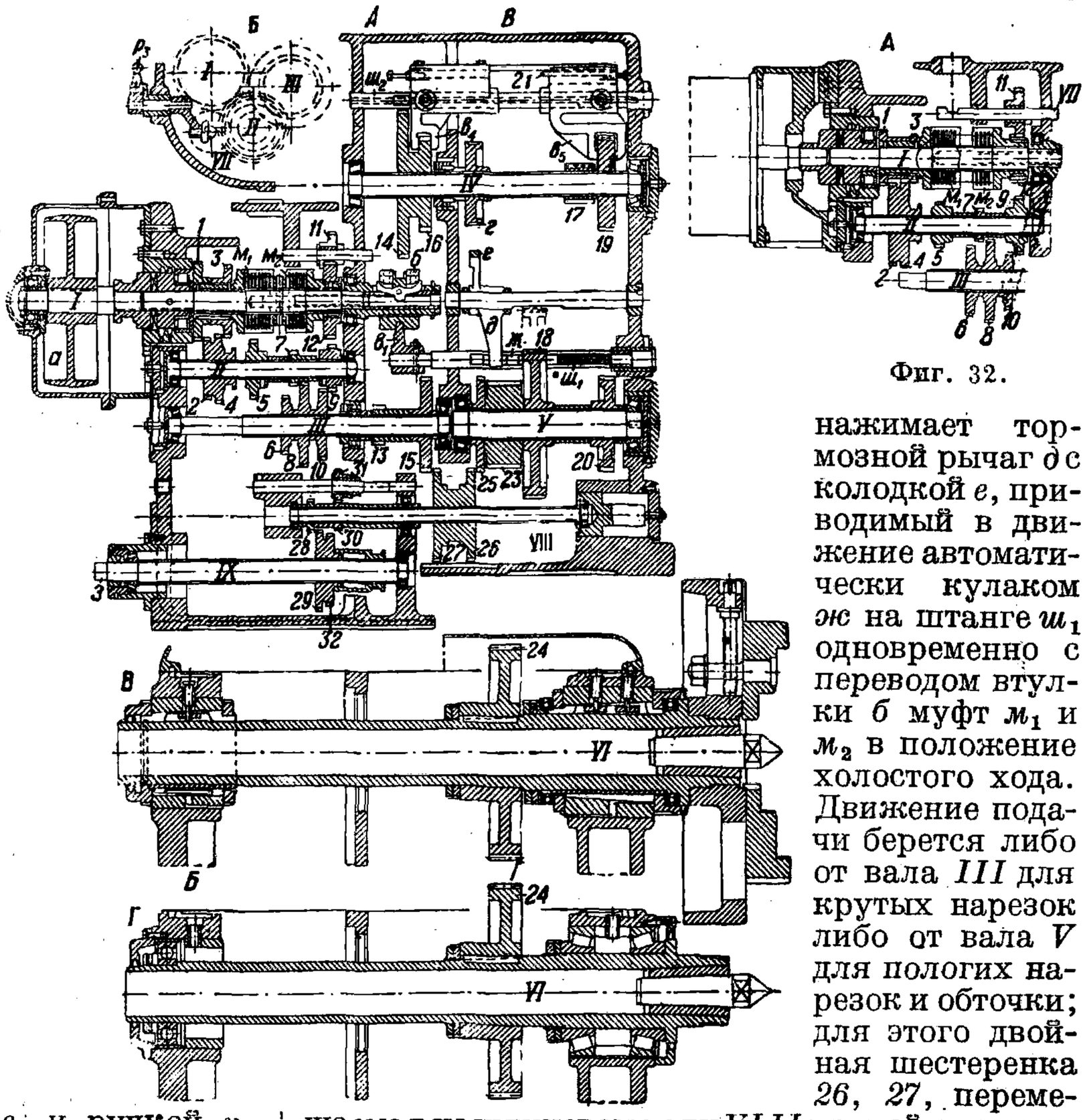
Фиг. 30.



Фиг. 31.

постоянной мощности (что однако далеко не является идеальным решением вопроса) заставляет многие заводы отказаться от передачи ступенчатыми шкивами, так как у них в силу различной скорости ремня и различных диам. шкивов мощность изменяется приблизительно по закону, показанному на фиг. 31, и перейти к одношкивной передаче или к приводу от индивидуального электромотора. При одношкивной передаче все смены скоростей вращения шпинделя совершаются посредством заключенных в бабке сменных зубчатых передач; в случае привода индивидуальным мотором часть смен может происходить за счет изменения скорости вращения мотора. Смена шестерен коробки скоростей передней бабки осуществляется одним из следующих способов: 1) передвижением шестеренок на шпоночных (шлицевых) валах, 2) кулачковыми муфтами, 3) фрикционными муфтами и 4) качающимся зубчатым колесом по принципу коробки Нортона.

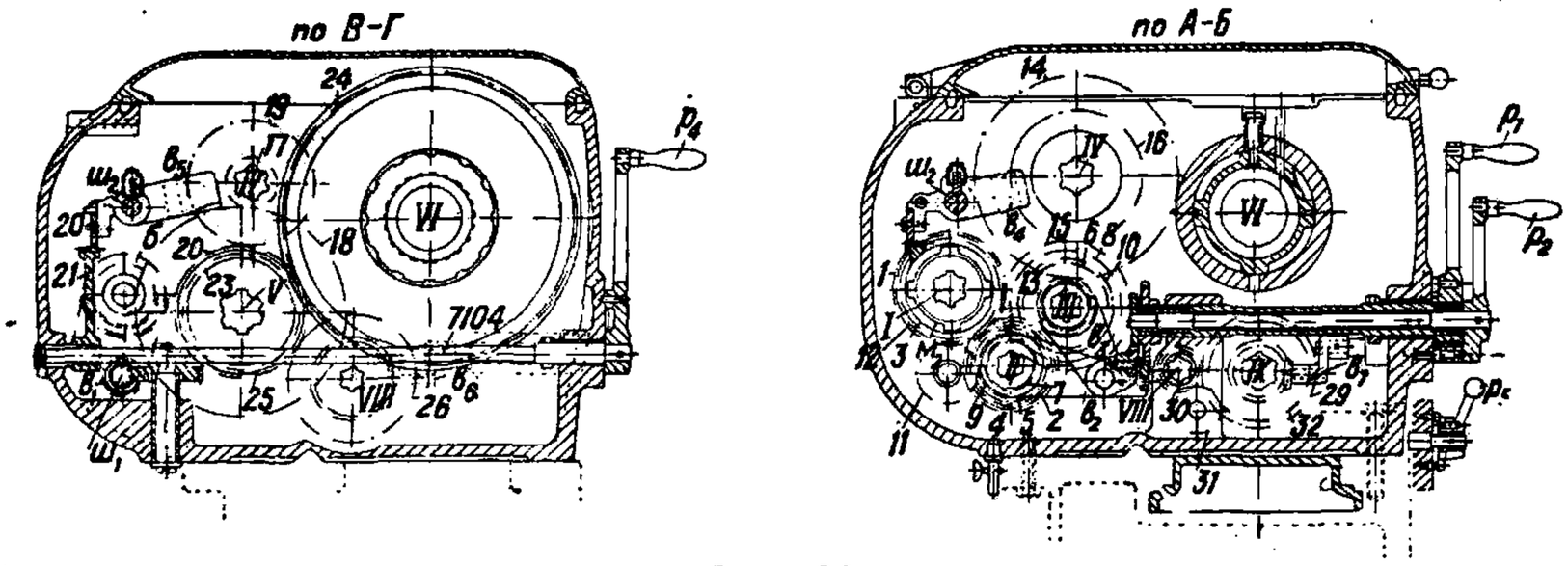
Передняя бабка современного Т. с. с передвижными шестеренками дана на фиг. 32 и 32а. Вращение шкива *а*, заклиненного на валу *I*, передается через одну из фрикционных пластинчатых муфт $м_1$ или $м_2$, включаемых попеременно кольцом *б*, передвигаемым вилкой $в_1$, сидящей на штанге $ш_1$, шестеренкам прямого хода *1*, *3* или обратного—*12*. С двумя первыми зацепляется одна из двух передвижных шестеренок *2* и *4*, перемещаемых вилкой $в_2$ и ручкой $р_1$ и передающих вращение шлицевому валу *II* с насаженными на нем вглухую шестеренками *5*, *7*, *9*. Последние сцепляются попеременно с одной из зубчаток *6*, *8*, *10*, передвигаемых вилкой $в_3$ посредством ручки $р_2$ и приводящих во вращение шлицевой вал *III* с шестеренками *13*, *15*. Обратное вращение, ускоренное в 1,5 раза, передается валу *II* шестеренкой *9* от зубчатого колеса *12* на валу *I* через муфту $м_2$ и промежуточную шестеренку *11*. Для того чтобы муфта $м_2$ обратного хода не вращалась вхолостую при прямом вращении шпинделя, шестеренка *11* м. б. выведена из зацепления с *12* перемещением ее вала *VII* ручкой $р_3$ (фиг. 32, А и Б). От вала *III* вращение передается паре шестеренок *14* и *16*, перемещаемых по шлицевому валу *IV* вилкой $в_4$, ходящей по штоку $ш_2$. От вала *IV* движение передается валу *V* парой передвижных шестеренок *17* и *19*, перемещаемых вилкой $в_5$ (с помощью рейки *21* и сектора *22*, поворачиваемого ручкой $р_н$) и зацепляющихся с шестернями *18* и *20*, заклиненными на валу *V* вместе с шестеренкой *23*, передающей через зубчатое колесо *24* вращение шпинделю *VI*. Последний делается либо с подшипниками трения (фиг. 32, В) либо на роликовых и шариковых подшипниках (фиг. 32, Г). Эта бабка, как у большинства современных быстроходных Т. с., снабжена тормозом: он состоит из шайбы *г*, заклиненной на сравнительно быстро вращающемся валу *IV*; на шайбу



Фиг. 32.

нажимает тормозной рычаг *д* с колодкой *е*, приводимый в движение автоматически кулаком *жс* на штанге $ш_1$ одновременно с переводом втулки *б* муфт $м_1$ и $м_2$ в положение холостого хода. Движение подачи берется либо от вала *III* для крутых нарезок либо от вала *V* для пологих нарезок и обточки; для этого двойная шестеренка *26*, *27*, перемещаемая на шлицевом валу *VIII* вилкой $в_6$, зацепляется с шестеренками *15* или *25*, сидящими на

валах *III* и *V*. Далее от вала *VIII* вращение передается валу *IX* (на выступающем из бабки конце *з* к-рого сидит первая сменная шестерня гитары) в основном направлении через шестеренки *28* и *29* или в обратном направлении через *30*, *31* и *32*; шестеренки *29* и *32* перемещаются вилкой $в_7$ при помощи рукоятки $р_5$. Числа зубцов шестерен следующие: *1*—50, *2*—40, *3*—55, *4*—35, *5*—35, *6*—35, *7*—20, *8*—50, *9*—27, *10*—43, *11*—35, *12*—27, *13*—24, *14*—96, *15*—50, *16*—60, *17*—24, *18*—96, *19*—60, *20*—60, *23*—28, *24*—56. Диаграмма передач изображена на фиг. 33 (для $n = 750$ об/м.), причем из нее видно, что из возможных при этой схеме 24 различных скоростей шпинделя использовано лишь 18, так как 6 скоростей взаимно перекрываются. К недостаткам этого способа смены скоростей относится невозможность переключения шестеренок во время работы станка, а также громоздкость всей конструкции, обусловленная большим числом шестеренок и шлицевых валов. Достоинством бабки с передвижными шестеренками является невозможность поломок из-за неправильного включения рычагов управления вследствие того, что каждая пара шестеренок сначала выводится из зацепления и только после этого может быть введена в зацепление следующая пара.

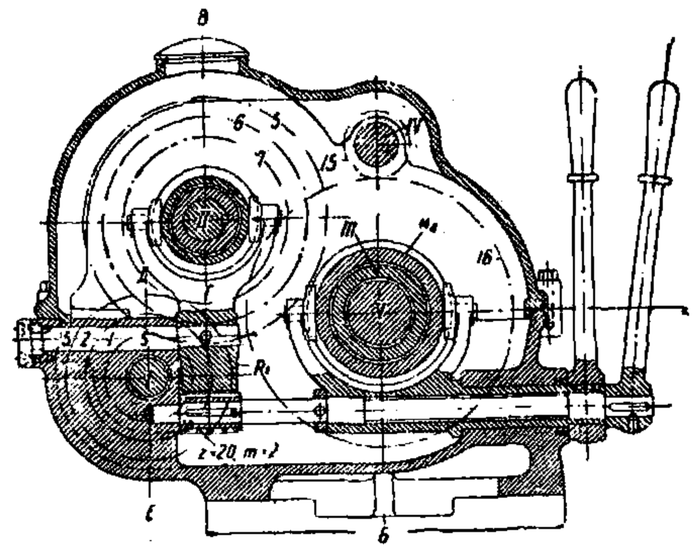


Фиг. 32а.



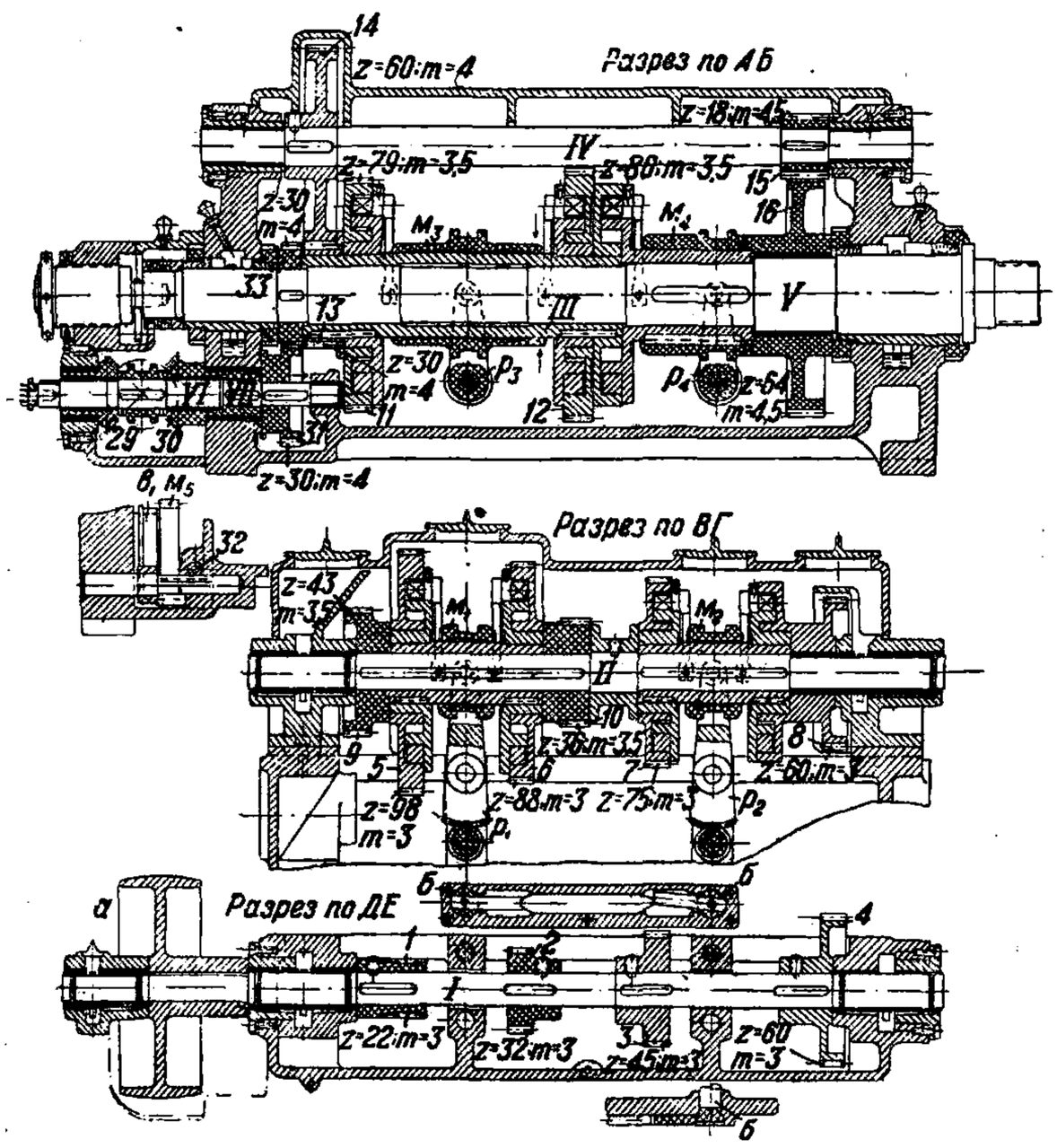
Фиг. 33.

Одношкивная передняя бабка с фрикционными муфтами изображена на фиг. 34, схема передач—на фиг. 35, а диаграмма скоростей—на фиг. 36. Шкив *а* вращает с постоянной скоростью ($n = 560$ об/м.) вал *I*, на к-ром заклинены четыре шестеренки *1*, *2*, *3*, *4*, зацепляющиеся с сидящими вхолостую на валу *II* шестернями *5*, *6*, *7* и *8*, сцепляемыми с валом фрикционными муфтами $м_1$ и $м_2$, перемещаемыми на шпонках рычагами $р_1$ и $р_2$; на валу *II* заклинены две зубчатки *9* и *10*, находящиеся в постоянном зацеплении с шестернями *11* и *12*, сидящими вхолостую на муфте *III*, вращающейся также вхолостую на шпинделе *V*. С муфтой *III* шестеренки м. б. попеременно сцеплены муфтой $м_3$, включаемой рычагом $р_3$. От втулки *III* движение передается шпинделю *V* или непосредственно через левую фрикционную половину муфты $м_4$, включаемую рычагом $р_4$, или через перебор *13* : *14* и *15* : *16* и правую кулачковую половину муфты $м_4$. Из схемы включения (фиг. 35) видно, что при одновременно включенных муфтах $м_1$ и $м_2$ вал *II* должен вращаться с двумя различными скоростями, что конечно невозможно и должно повести к поломке зубцов колес; во избежание этого оси *б* переводных вилок обеих муфт снабжены блокировочным приспособлением, изображенным на фиг. 34 и позволяющим двигать один рычаг только в том случае, когда другой находится в среднем положении, и т. о. соответственная муфта выключена. Числа зубцов указаны на схеме фиг. 35, а числа оборотов (16 различных скоростей диапазона 1 : 47,5, со средним скачком скоростей 1,293) — на диаграмме Гермера (фиг. 36). Преимущества этой системы: 1) плавность включения фрикционных муфт, допускающая производить включения разных скоростей на ходу станка, и 2) предохранительное действие фрикционных муфт при перегрузках. Главные недостатки—громоздкость, сложность и дороговизна всего устройства.

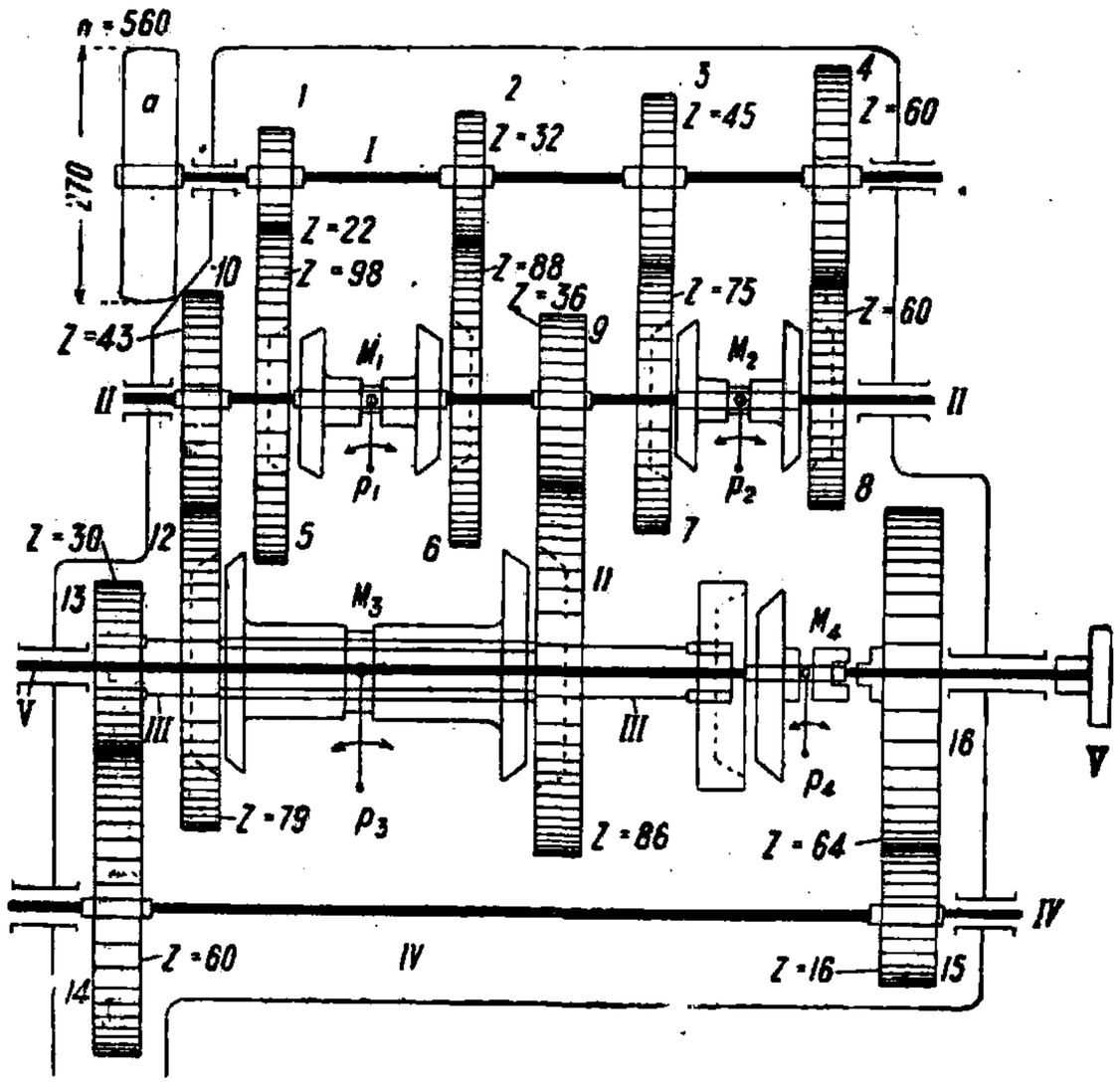


Фиг. 34.

Передача Руппрехта с кулачковыми муфтами, отличающаяся редкой компактностью и дающая при восьми зубчатых колесах 8 различных скоростей вращения шпинделя, изображена на фиг. 37. Зубчатые колеса *6* и *7* заклинены на валу *IV*, остальные сидят вхолостую на шпинделе *V* и на валу *IV*; посредством пяти кулачковых муфт $м_1$, $м_2$, $м_3$, $м_4$ и $м_5$ они могут соединяться в различной последовательности, изображенной на фиг. 38а, образуя 8 различных передач. Муфты $м_1$, $м_2$



и $м_3$, $м_4$ связаны попарно общими переводными рычагами, имеющими оси вращения, лежащие



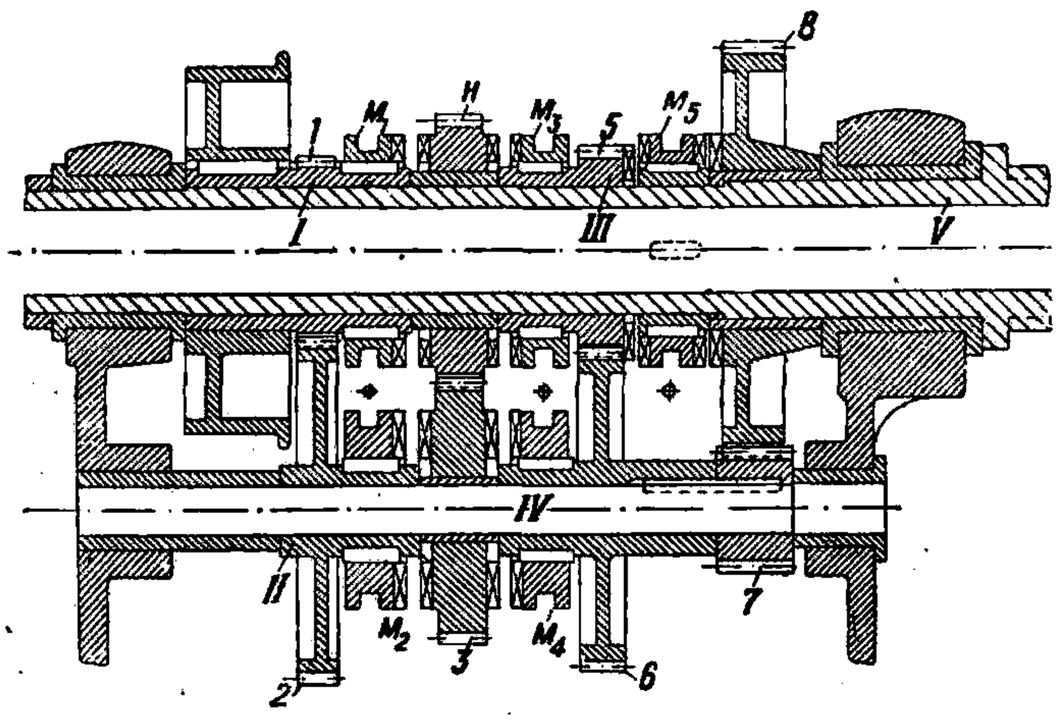
Фиг. 35.

между валом *IV* и шпинделем *V*; т. о., когда одна из них перемещается вправо, другая переходит влево. Муфта $м_5$ скользит на шпонке по шпинделю и сцепляет его попеременно или с втулкой *III* или с зубчаткой 8 перебора. Положения рычагов (p_1—для муфт $м_1$ и $м_2$, p_2—для $м_3$ и $м_4$ и p_3—для $м_5$) для различных передач изображены на фиг. 38б, а соответствующая диаграмма



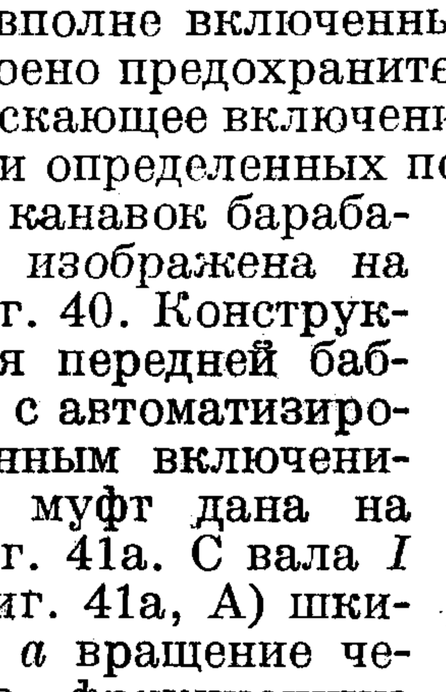
Фиг. 36.

Гермера—на фиг. 39. Передача Нортона применяется в виду своей громоздкости для главного привода Т. с. редко.

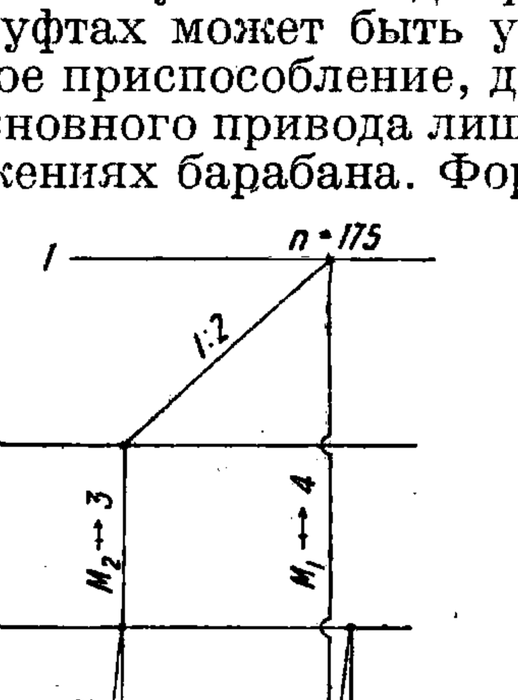


Фиг. 37.

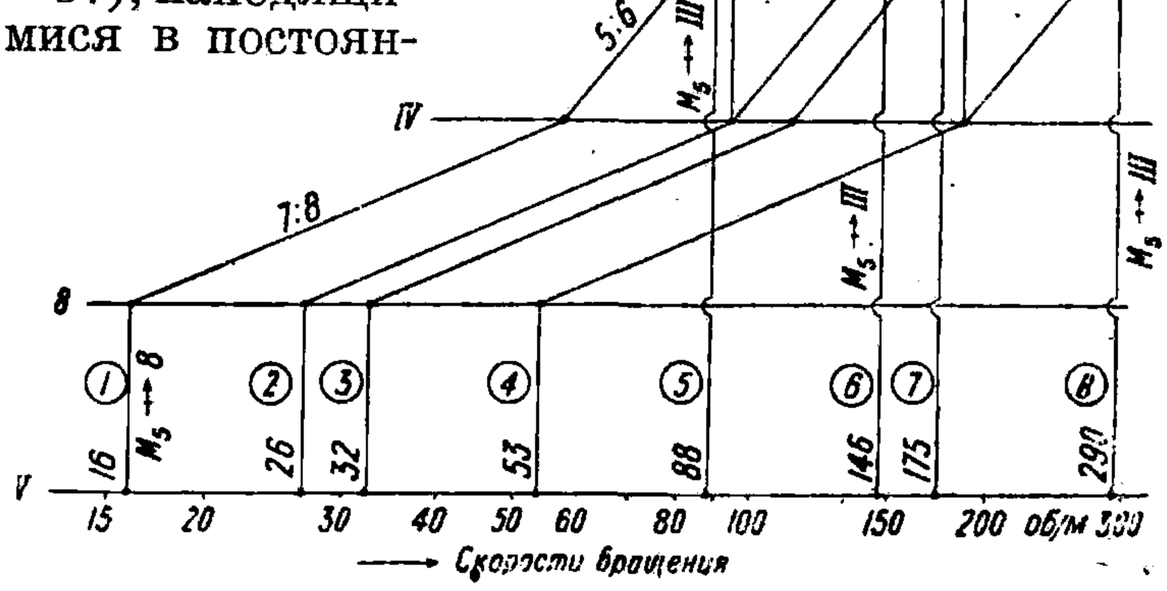
Одной из основных тенденций современного станкостроения является упрощение обслуживания станком. С этой целью предложено и выполнено большое количество конструкций бабок, управляемых одним элементом. Напр. показанная на фиг. 37 и 38б коробка скоростей может быть легко автоматизирована путем согласования движения переводных рычагов с помощью распределительного барабана с фасонными канавками, в которых ходят ролики, закрепленные в головках переводных рычагов p_1, p_2 и p_3; барабан может вращаться при помощи например червячной передачи, причем во избежание возможности пуска в ход при невполне включенных муфтах может быть устроено предохранительное приспособление, допускающее включение основного привода лишь при определенных положениях барабана. Форма канавок барабана изображена на фиг. 40. Конструкция передней бабки с автоматизированным включением муфт дана на фиг. 41а. С вала *I* (фиг. 41а, А) шкива *a* вращение через фрикционную дисковую муфту *б* передается втулке *II* с заклиненными на ней зубчатками *1* и *2* (число зубцов $z_1 = 24$, $z_2 = 37$), находящимися в постоян-



Фиг. 38а.



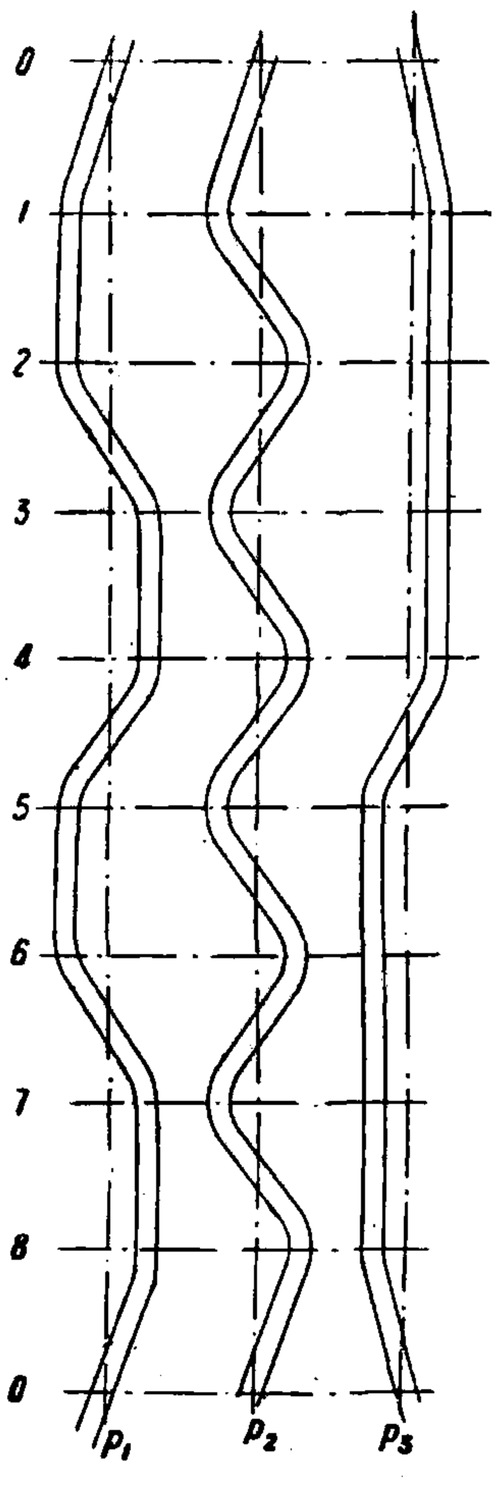
Фиг. 38б.



Фиг. 39.

ном зацеплении с шестернями *3* и *4* ($z_3 = 37$, $z_4 = 24$), сидящими вхолостую на валу *III*, с которым они могут быть попеременно сцеплены посредством муфты *в*. На валу *III* заклинены зубчатки *5* и *6* ($z_5 = 25$, $z_6 = 31$), зацепляющиеся с шестеренками *7* и *8* ($z_7 = 31$, $z_8 = 25$), сидящими вхолостую на валу *IV* и сцепляемыми с ним муфтой *г*; заклиненные на валу шестерни *9* и *10* ($z_9 = 23$, $z_{10} = 52$) зацепляются

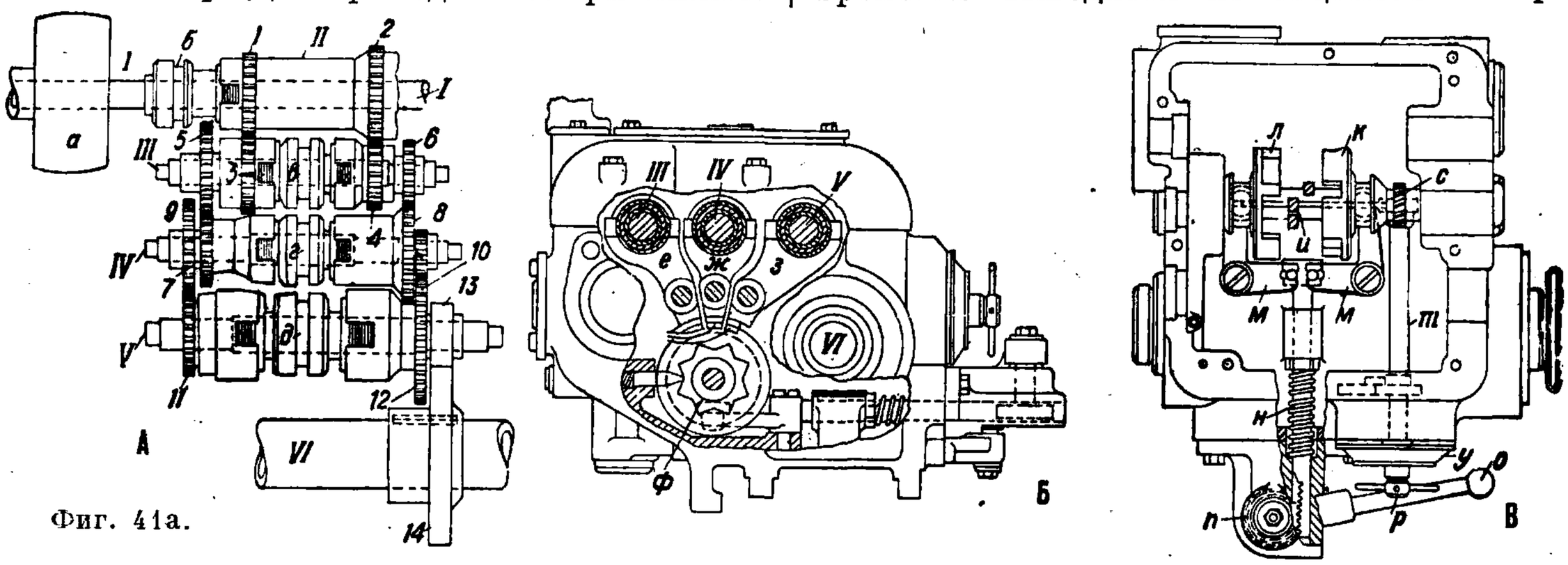
таким же образом с *11* и *12* ($z_{11}=54$, $z_{12}=25$), сцепляемыми с валом *V* муфтой *д*. На валу *V* заклинена шестерня *13* ($z_{13}=20$), вращающая зубчатое колесо *14* ($z_{14}=52$), сидящее вглухую на шпинделе *VI* станка. Муфты *в*, *г* и *д* переводятся вилками *е*, *ж* и *з* (фиг. 41а, Б), концы к-рых u_1, u_2 и u_3 (фиг. 41а, В и 41б) помещаются рядом между двумя переводными барабанами *л* и *к*, симметрично перемещаемыми двумя рычагами *м*,*м*, приводимыми в движение ползуном *н* от рычага *о* и зубчатой реечной передачи *п*. Стенки обоих барабанов снабжены корреспондирующими вырезами (фиг. 41б, развернутые стенки барабанов), к-рые при сближении барабанов переводят вправо и влево соответствующие вилки муфт. Поворот барабанов, а следовательно и установка определенной скорости совершается ручкой *р* через червячную передачу *с*. Вращение барабанов передается от вала *т* через двойную зубчатую передачу диску *у*, указывающему непосредственно включенную скорость. Пружинный палец, заскакивающий в вырезы звездочки *ф*, удерживает диски *к* и *л* в правильном положении. Диаграмма скоростей для этого привода дана на фиг. 42.



Фиг. 40.

В случае привода Т. с. индивидуальным электромотором конструкция привода иногда изменяется, т. к. часть изменения скоростей переносится в мотор. Для привода Т. с. применяют: 1) электромоторы постоянного и переменного тока с постоянным числом оборотов, 2) электромоторы переменного тока с переключением числа полюсов и следовательно с двумя скоростями, относящимися, как 1 : 2, и 3) моторы постоянного тока с изменением числа оборотов путем изменения силы магнитного поля, допускающие тонкую регулировку скоростей в пределах 1 : 3—1 : 4. В первом случае привод ничем не отличается от описанной одношкивной коробки передач. Во втором возможность изменения скорости главного привода используют, включая ее в ряд передач, что позволяет съэкономить одну передачу. В третьем случае тонкое регулирование возлагают на мотор, а в коробке передач оставляют 3—4-ступенный перебор с общим диапазоном $i_п=\frac{i_о}{i_м}$, где $i_о$—общий диапазон скоростей, $i_м$—диапазон скоростей мотора. Передняя бабка с приводом от регулируемого в пределах 1 : 2,5 мотора постоянного тока ($n_{max}=2\,000$, $n_{min}=800$ об/м.) изображена на фиг. 43. Мотор *а* сидит на одной оси со шпинделем *V*, проходящим свободно через полый вал *I* якоря. Последний шестеренкой *1* через трехступенную коробку передач, заключающую в себе 10 зубчаток ($z_1=28$, $z_2=68$, $z_3=18$, $z_4=54$, $z_5=18$, $z_6=54$, $z_7=36$, $z_8=36$, $z_9=16$, $z_{10}=52$), приводит во вращение главный шпиндель *V* станка. Схема включения ясна из диаграммы скоростей на фиг. 44.

Наиболее совершенным способом привода шпинделя в отношении тонкости регулирования скоростей и простоты обслуживания является гидравлич. привод. Передняя бабка с гидравлич. приводом сист. Штурма изображена на фиг. 45. Крыльчатый насос *а* сидит на одном валу с ременным шкивом или прифланцованным к *б* электромотором, вращающим его с постоянной скоростью. Нагнетаемая им жидкость (машинное масло) по каналу *в* (для прямого хода) или *г* (для обратного) поступает в кожух крыльчатого гидромотора *д*; отработанное масло снова засасывается насосом по каналам *е* или *ж*. Переключение каналов совершается с помощью двух кранов *з* и *к*; поворачиваемых одновременно. Как производительность насоса, так и расход жидкости за один оборот гидромотора могут быть изменяемы перемещением кожухов *л* и *м* посредством эксцентричных пальцев *н* и *о*. Следствием этого является изменение скорости вращения мотора в пределах ~ 1 : 8. Пустотелый вал *I* мотора сидит свободно на шпинделе *III* станка и вращает его либо непосредственно путем сцепления зубчаток *1* и *4* пальцами *пп*, причем одновременно выводится из зацепления перебор

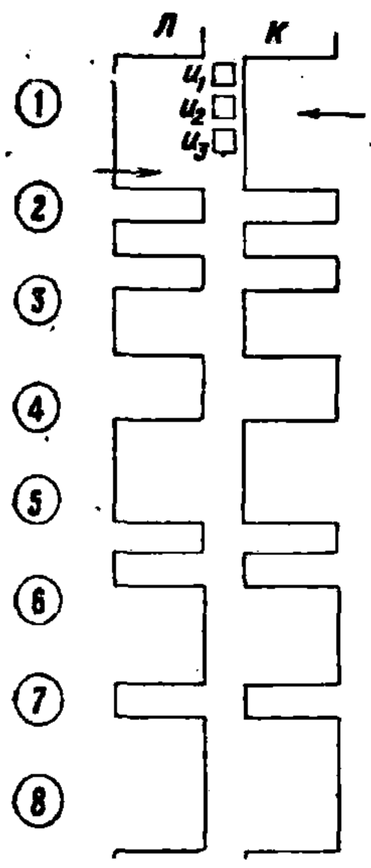


Фиг. 41а.

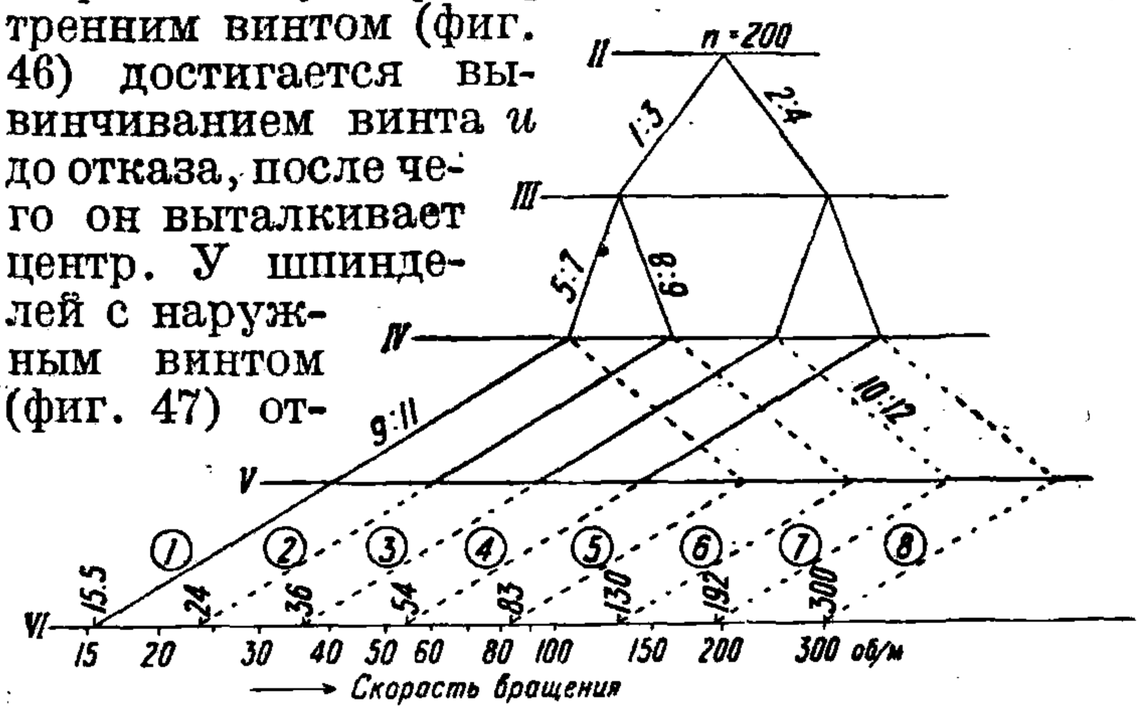
1 : 2 · 3 : 4, либо через последний при замедлении в ~ 7,5 раза; т. о. общий диапазон скоростей равен 1 : 60. Устройство включения перебора аналогично показанному на фиг. 28.

З а д н я я б а б к а служит для поддержания свободного конца обтачиваемой детали. Она состоит из корпуса *а* (фиг. 46), несущего в верхней части шпиндель *б* с центром *в* и опирающегося нижней поверхностью на плиту *г*, ходящую по направляющим станины Т. с. Закрепляется задняя бабка на месте обычно двумя (у малых станков одним) затяжными болтами *д* с траверсами *е*. Для возможности смещения

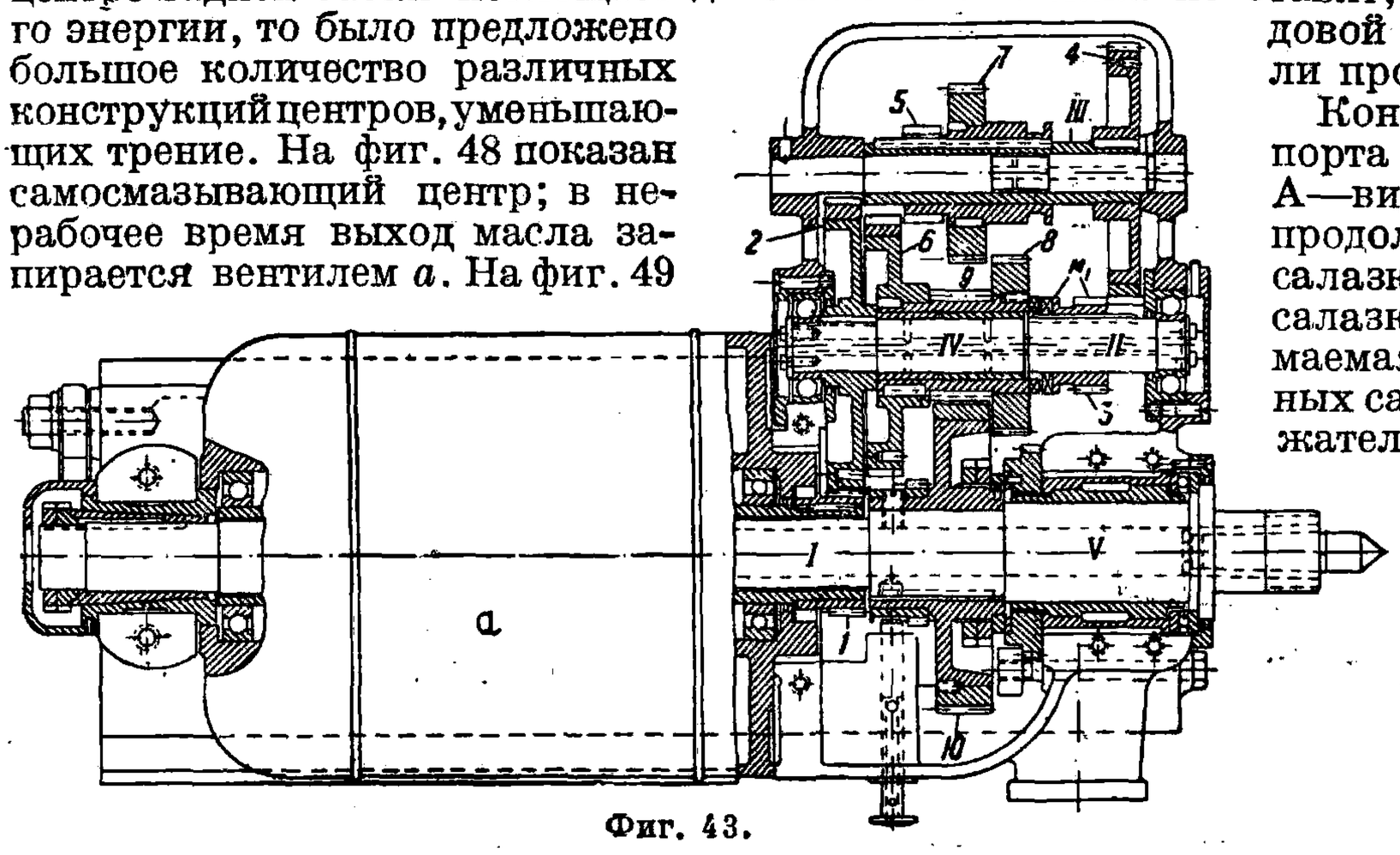
оси центра в поперечном направлении, что бывает желательно при обточке очень пологих конусов или при выверке станка, корпус может перемещаться по направляющим плиты *г* при посредстве винта *жс*. Шпиндель *б* перемещается винтом *и*, вращаемым маховиком *з*. Для того чтобы во время работы станка осевое давление не воспринималось винтом шпинделя, последний затягивают замком, состоящим из двух цилиндрических щек *к*, стягиваемых винтом при помощи рукоятки *л*. У более тяжелых станков шпиндель задней бабки снабжен наружной винтовой нарезкой, как изображено на фиг. 47; от вращения шпиндель *а* удерживается шпонкой *б*; закрепление его в бабке достигается зажимом переднего разрезного конца втулки корпуса *в* затяжным болтом *г*. Центры, имеющие у легких станков угол при вершине в 60°, увеличивающийся у тяжелых до 90°, укрепляются в шпинделях передней и задней бабок конусом Морзе. Вынутие центров из шпинделя с внутренним винтом (фиг. 46) достигается вывинчиванием винта *и* до отказа, после чего он выталкивает центр. У шпинделей с наружным винтом (фиг. 47) отжатие центра совершается посредством гайки, навинчиваемой на нарезанную часть *д* центра. Так как трение обрабатываемого предмета на центре задней бабки поглощает довольно много энергии, то было предложено большое количество различных конструкций центров, уменьшающих трение. На фиг. 48 показан самосмазывающий центр; в нерабочее время выход масла запирается вентилем *а*. На фиг. 49 дан центр с головной частью, вращающейся на двух роликовых подшипниках *а* и *б*, воспринимающих нормальные к оси усилия; шарикоподшипник *в* воспринимает осевое давление.



Фиг. 41б.



Фиг. 42.



Фиг. 43.

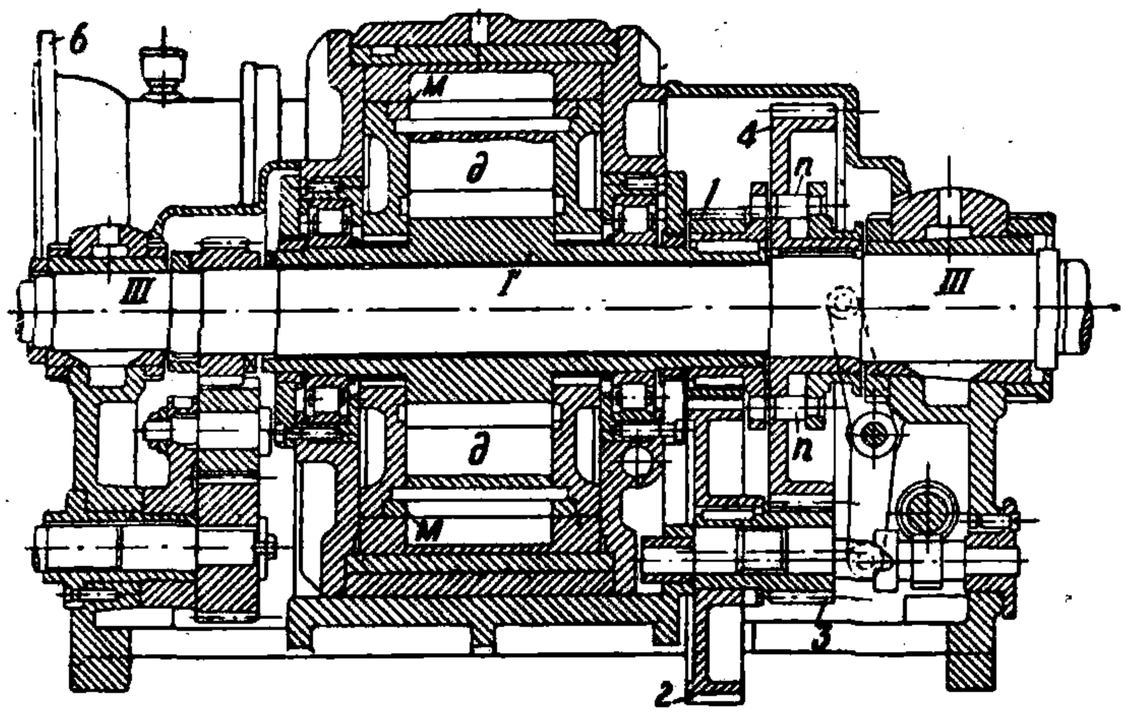
Суппорт служит для закрепления и перемещения резца. В основном супорт (фиг. 50) состоит из трех салазок: продольных *а*, перемещающихся по направляющим *бб* станка, поперечных *в*, двигающихся строго перпендикулярно к оси станка в направляющих продольных салазок, и верхних, или резцовых, салазок *г*, ходящих по направляющим поворотного круга *д*, укрепленного на поперечных салазках. На верхних салазках укреплен резцедержатель *е*, в котором зажимается резец. Верхние и поперечные салазки перемещаются посредством ходовых винтов *жс* и *з*, а продольные обычно могут перемещаться вдоль станины Т. с. посредством ходовой шестеренки *и*, зацепляющейся с рейкой *к*, прикрепленной к станине станка, или посредством ходового винта *л*, вращающегося в замочной гайке *мм*. Движение самохода имеют обычно продольные и поперечные салазки; для этого ходовая шестеренка *и* первых и ходовой винт *з* вторых получают вращение от ходового валика *н*, по к-рому скользит на шпонке втулка *о*, приводящая в движение ряд зубчатых передач (не изображенных на схеме фиг. 50). Передняя доска *п*, на к-рой смонтированы органы управления самоходами и передаточные механизмы для них, называется передником, или фартуком, супорта. В виду большой игры в зацеплении рейки и ходовой шестеренки для получения точной подачи (напр. для нарезания винтовой резьбы) пользуются ходовым винтом; подачу же по рейке применяют во всех остальных случаях с целью уменьшения износа и сохранения точности ходового винта и его гайки. Иногда ходового валика не ставят, а его функции перенимает ходовой винт, снабженный для этой цели продольной шпоночной канавкой.

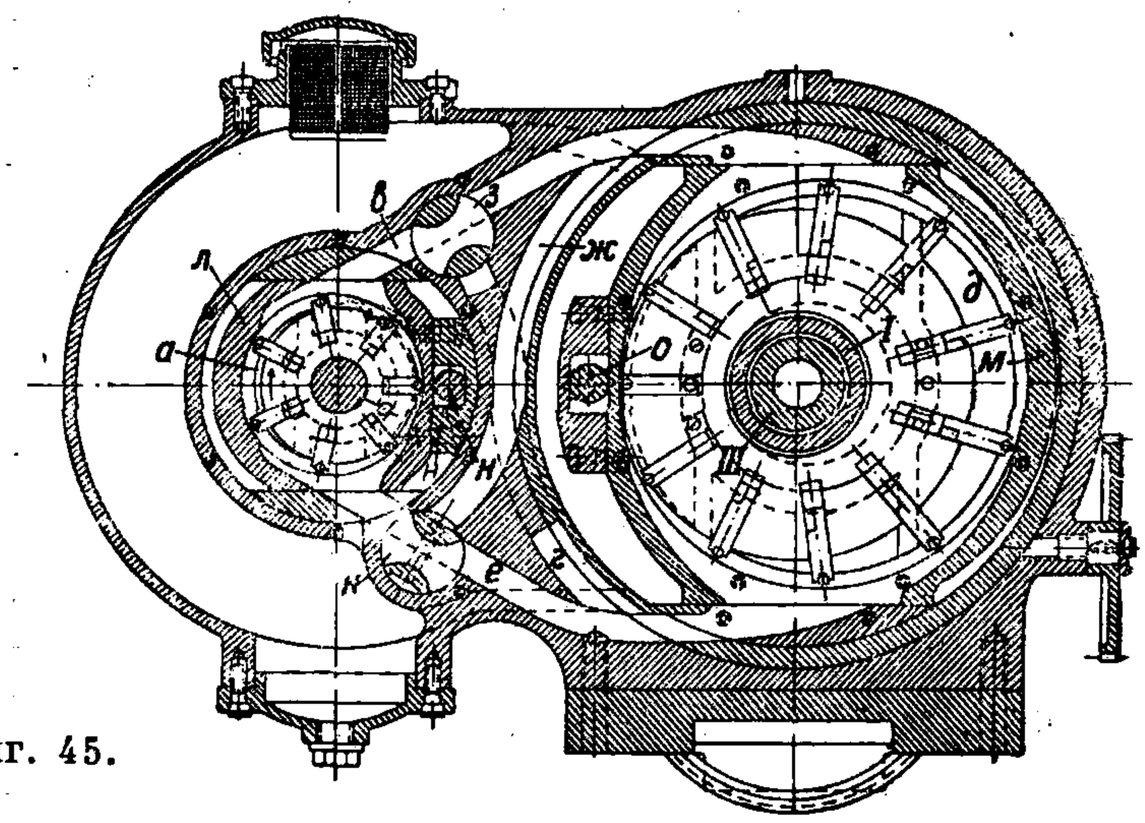


Фиг. 44.

Конструктивное оформление супорта дано на фиг. 51а и 51б, где А—вид салазок супорта спереди (*а*—продольные салазки, *б*—поперечные салазки, *в*—резцовые, или верхние, салазки, *г*—поворотная плита, зажимаемая в кольцевой канавке поперечных салазок болтами *дд*, *е*—резцедержатель, *к* и *л*—ходовые винты поперечных и верхних салазок, *м*—планка, предупреждающая подъем салазок от направляющих), Б—вид салазок перпендикулярно оси станка, В—вид передника спереди, Г—горизонтальный разрез передника, Д—вертикальный разрез передника, Е—деталь блокировки самоходов, Ж—деталь реверса. Продольный самоход супорта осуществляется: 1) ходовым винтом *н* после замыкания замочной гайки *о* посредством поворота рукояткой p_1 шайбы *п* с фигурными

канавками (фиг. 51, Б, В и Г), в которые входят штифты, закрепленные в половинках гайки, ходящих по направляющим передника. По выключении этого самохода м. б. включен ходовой валик *c*, по к-рому скользит на шпонке втулка *m*, несущая вхолостую две конич. шестеренки *1* и *2* реверса, попеременно сцепляемые кулачковой муфтой *y* с втулкой *m*; муфта перепродольного самохода $s_1 = \frac{1}{4} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{7}{9} \cdot \frac{10}{13} \cdot 14 \cdot t = \frac{29}{29} \cdot \frac{24}{46} \cdot \frac{16}{42} \cdot \frac{14}{68} \cdot 11 \cdot 4\pi = 5{,}65$ *мм*/об. ходового валика (*t*—шаг зацепления ходовой шестеренки *14*); 2) для поперечного самохода $s_2 = \frac{1}{4} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{6}{8} \cdot \frac{8}{11} \cdot \frac{11}{12} \cdot h = \frac{29}{29} \cdot \frac{24}{46} \cdot \frac{46}{25} \cdot \frac{25}{48} \cdot \frac{48}{21} \cdot 5 = 5{,}72$ *мм*/об.

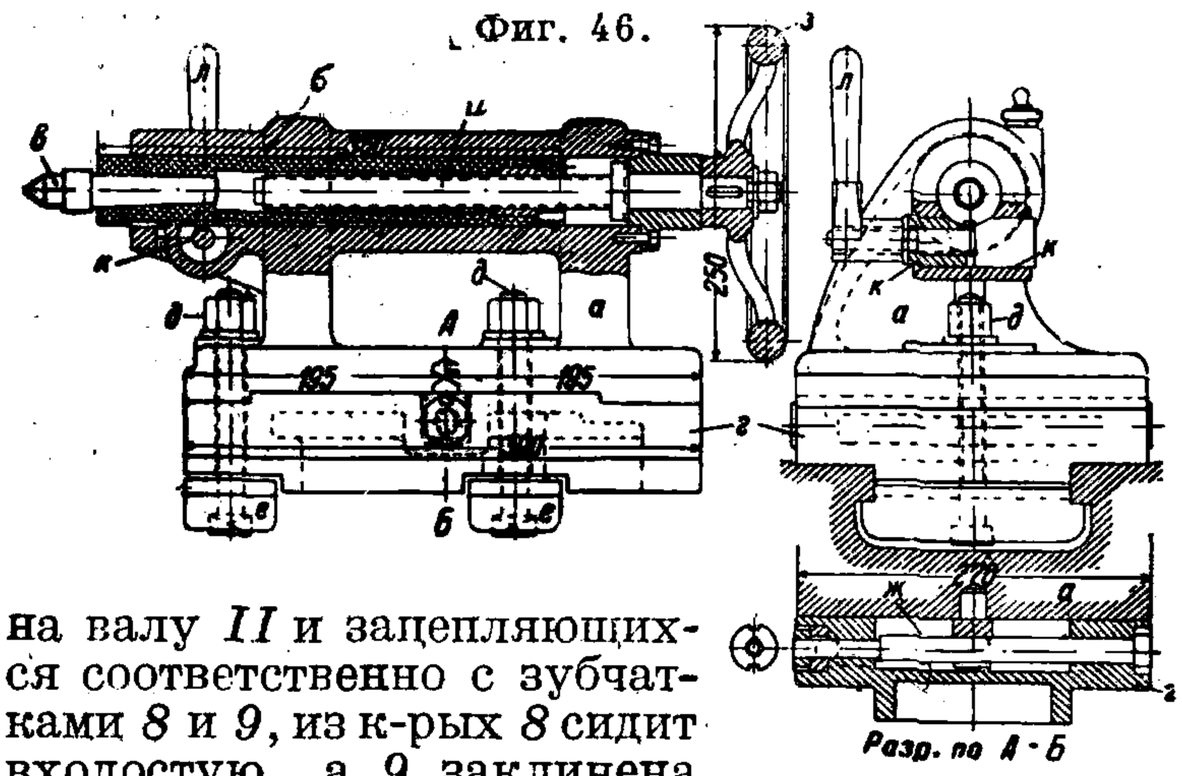




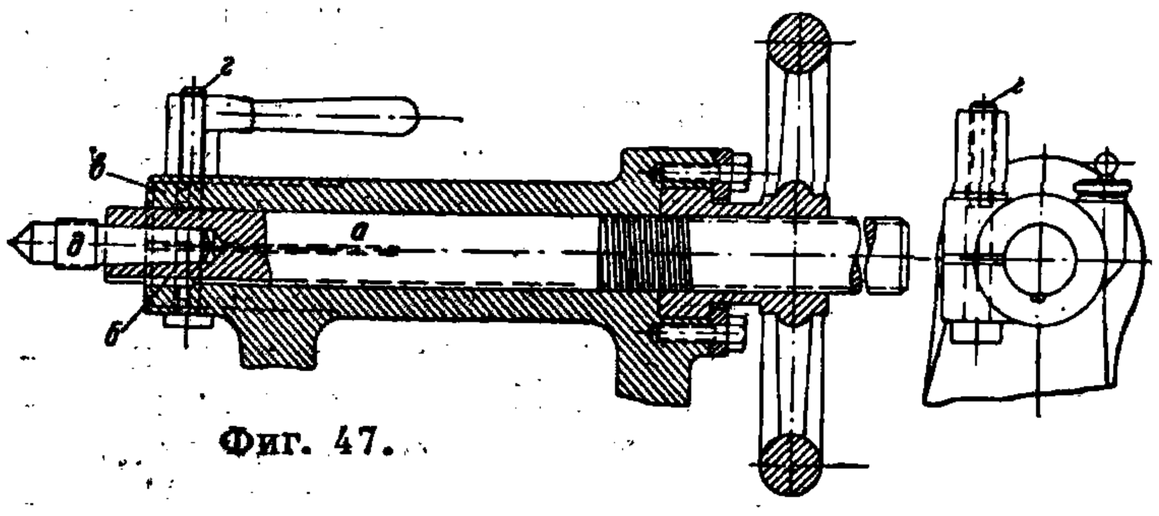
Фиг. 45.

двигается вилкой с рейкой, зацепляющейся с шестеренкой *3*, вращаемой рукояткой p_2. Шестеренки *1* и *2* находятся в постоянном зацеплении с конич. зубчатым колесом *4*, сидящим на одном валу *I* с шестерней *5*, к-рая передает вращение паре зубчаток *6*, *7*, сидящих вхолостую

Фиг. 46.



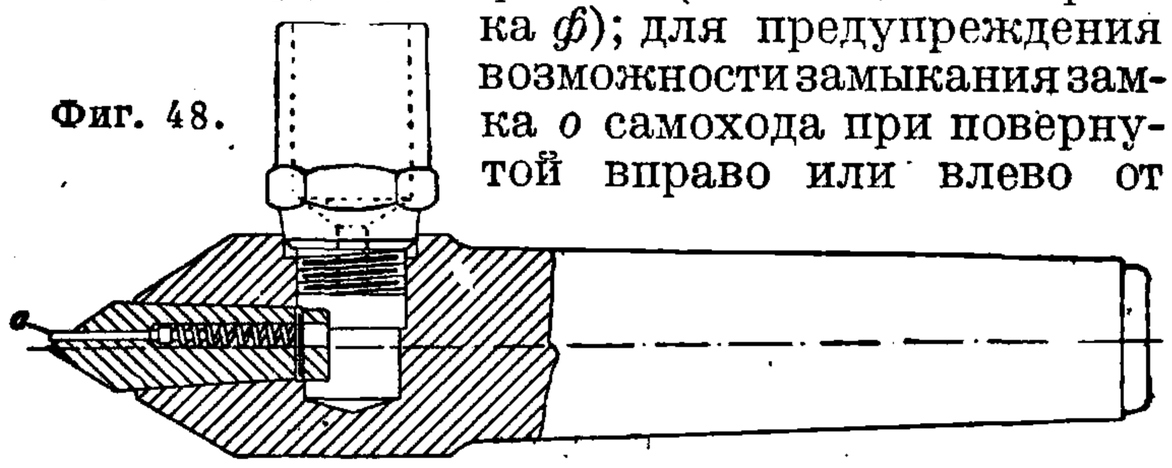
на валу *II* и зацепляющихся соответственно с зубчатками *8* и *9*, из к-рых *8* сидит вхолостую, а *9* заклинена на валике *III*, составляющем одно целое с шестеренкой *10*. Валик *III* сидит в качающейся коробке *ф*, поворачиваемой рукояткой p_3; в зависимости от положения последней либо зубчатка *8* сцепляется с паразитной шестеренкой *11* и приводит во вращение через шестерню *12* ходовой винт *к* поперечных салазок и т. о. включается поперечный самоход либо шестеренка *10* зацепляется с зубчатым колесом *13*, сидящим на одном валу *IV* с шестеренкой *14*, зацепляющейся с рейкой *15*, укрепленной на станине станка, и мы имеем продольный самоход от ходового валика. При этом имеем следующие значения подач: 1) для



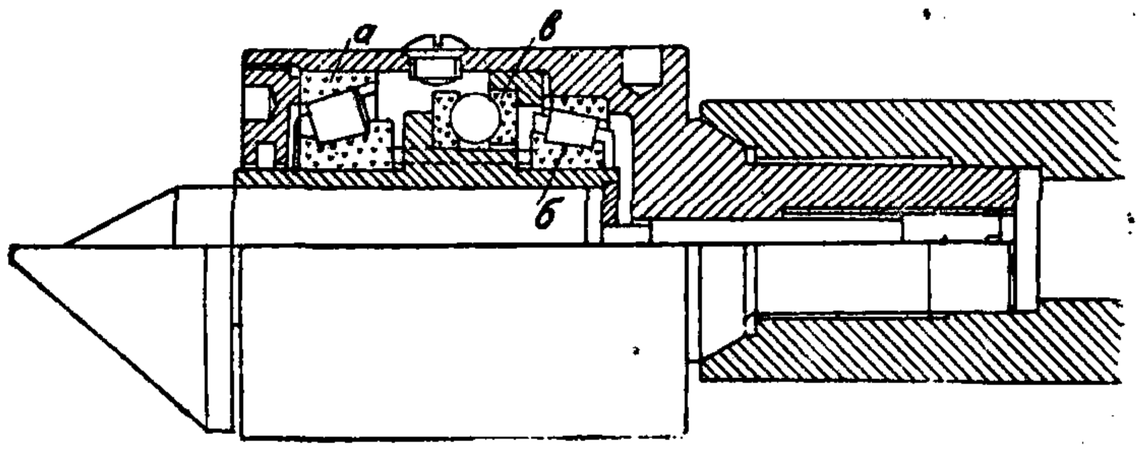
Фиг. 47.

ходового валика (*h*—ход винта *к*). Ручная подача супорта совершается маховиком p_4 через шестеренки *16* : *13* на ходовую шестерню *14*. Передник должен быть снабжен устройством, не допускающим одновременного включения более одного самохода. В данном супорте поперечный самоход и продольный от ходового валика не м. б. включены одновременно в силу конструкции привода (качающаяся коробка *ф*); для предупреждения возможности замыкания замка *о* самохода при повернутой вправо или влево от

Фиг. 48.



своего среднего положения коробке *ф* (при этом один из названных самоходов включен) устроена блокировка (фиг. 51б, Е), состоящая из ригеля *ц*, свободно ходящего в направляющих *х* и входящего своими скошенными концами в вырезы на коробке *ф* и на шайбе *ч*, связанной с валом замка самохода. Длина ригеля подобрана таким образом, что вращение одной детали возможно лишь в том случае, когда другая находится в среднем положении и следовательно соответствующий самоход выключен. У более дешевых станков или предназначенных для менее точной работы ходовой винт снабжен шпоночной канавкой и служит одновременно ходовым валиком. В этом случае блокировка получает особое значение. На фиг. 52 изображена одна из многочисленных систем блокировки самоходов для этого случая; замочная гайка



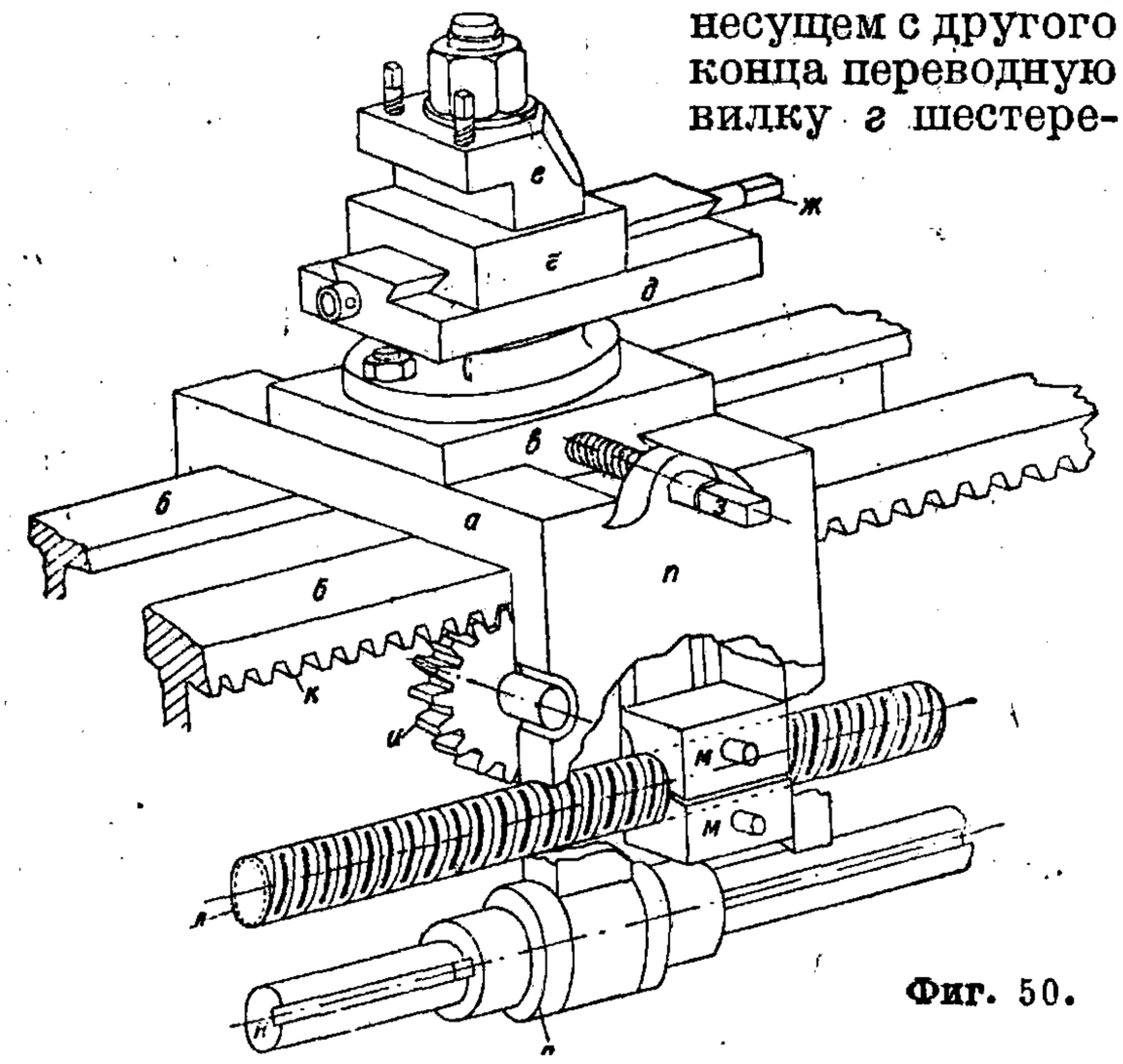
Фиг. 49.

аа снабжена на боковой поверхности вырезами, в к-рые может входить выступ ригеля *б*, сидящего на валике *в*, несущем с другого конца переводную вилку *г* шестерени 53), заклиненной на шпинделе *а*, и сменной шестерней *12*, сидящей на шпонке на ходовом винте *о*, ряда постоянных и сменных шестеренок, располагаемых на трензеле *н* и гитаре *п*. Трензель состоит из трех шестеренок *6*, *7* и *8*, находящихся в постоянном зацеплении друг с другом и помещающихся в качающейся рамке, поворачиваемой рычагом *р* вокруг вала *V*. При среднем положении рычага *р* обе зубчатки *6* и *7* расцеплены с *5*, и т. о. вся передача стоит; при трензеле, повернутом влево, шестерня *7* зацепляется с *5*, и зубчатое колесо *8* вращает вал *V* в том же направлении, как вращается шпиндель. С вала *V* движение через сменные шестерни *9* на валу *V*, *10* и *11*, сидящие на общей втулке *с*, укрепленной на гитаре *п*, и *12* на ходовом винте передается последнему со скоростью, измененной в отношении:

$$n = \frac{5}{7} \cdot \frac{7}{8} \cdot \frac{9}{10} \cdot \frac{11}{12} = k \cdot \frac{9}{10} \cdot \frac{11}{12},$$

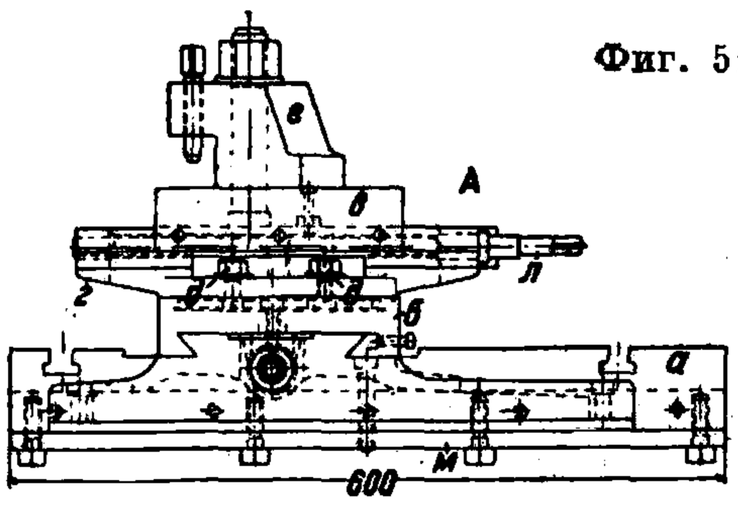
где для данного Т. с. $k = \text{Const}$. При трензеле, повернутом влево, вал *V* вращается через шестеренки *5*, *6*, *7* и *8* в обратном направлении с той же скоростью, а следовательно меняется направление подачи. Гитара служит для постановки различных сменных шестерен и приведения их в правильное зацепление друг с другом. Для этого сначала насаживают на нее шестерни *10* и *11* и приводят последнюю в правильное зацепление с шестерней *12*, насаженной на ходовой винт путем передвижения втулки *с* в прорезе гитары; затем втулку закрепляют, затягивая ее болт, надевают шестерню *9* на вал *V* и приводят ее в правильное зацепление с *10*, поворачивая гитару вокруг оси ходового винта, ослабив затяжной болт *т*, к-рый затем затягивается.

В настоящее время сменные шестерни применяются гл. обр. в специальных Т. с., устанавливаемых на продолжительный срок для производства какой-либо детали, причем не требуется смены подач в течение процесса обработки, или же у простых дешевых Т. с.; во всех прочих случаях ставят коробки подач, заключающие в себе ряд сменных шестеренок,

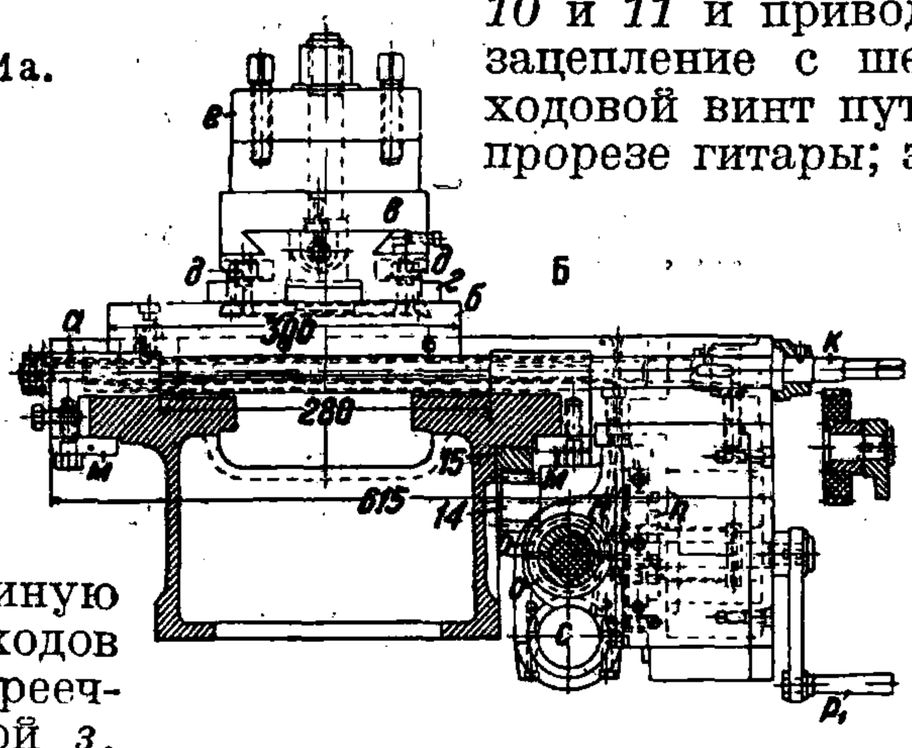


Фиг. 50.

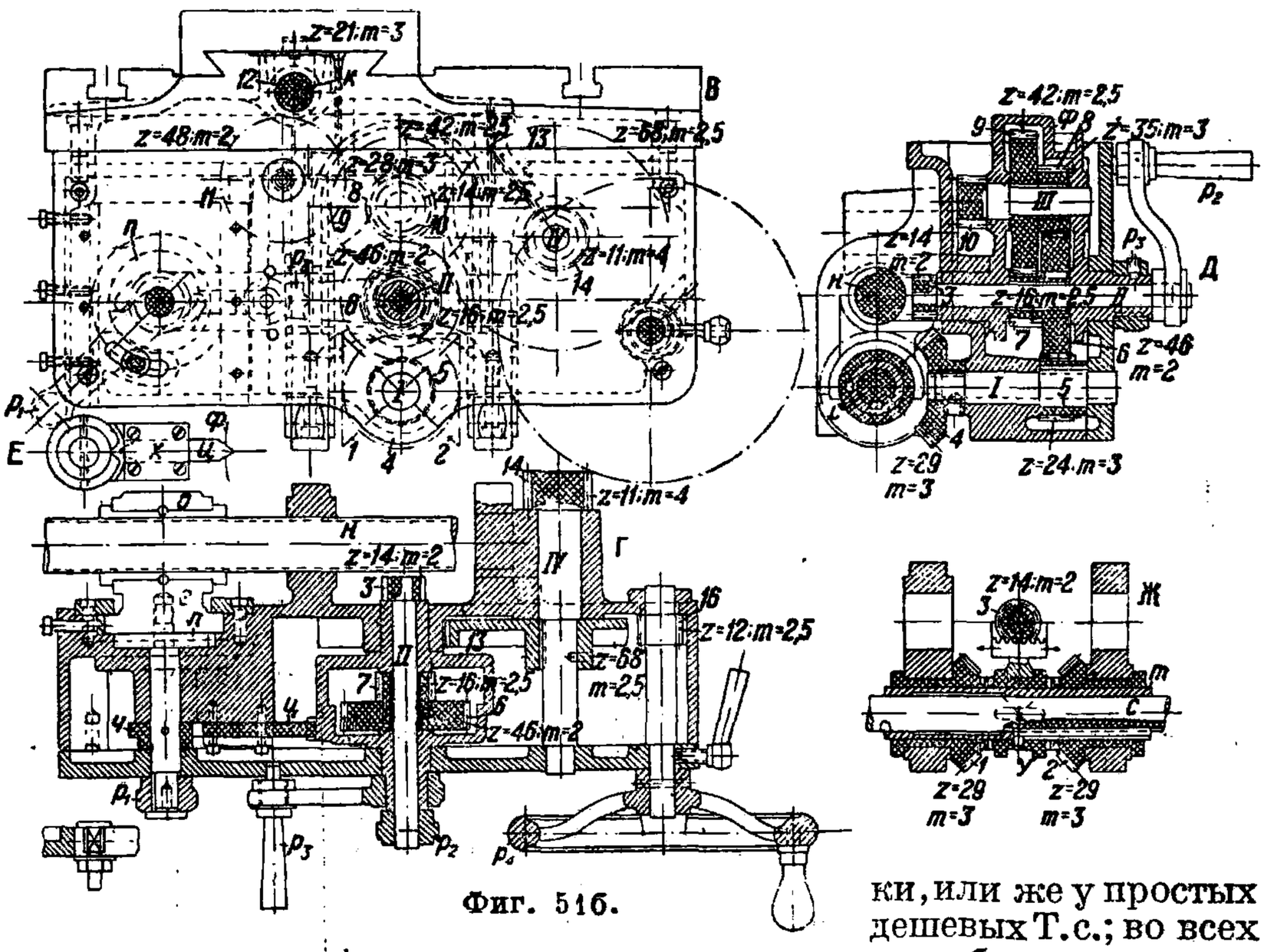
нок *д* и *е*, скользящих на шпонке по ходовому винту *жс*. Передвижение валика *в*, а следовательно и включение в ту или иную сторону любого из двух самоходов (поперечного и продольного реечного), осуществляемое вилкой *з*, может иметь место только при раздвинутых половинках гайки *а* (т. е. при разомкнутом винтовом самоходе); обратно, замыкание последней м. б. осуществлено лишь при среднем положении втулки *к*, т. е. при выключенных двух других самоходах.



Фиг. 51а.



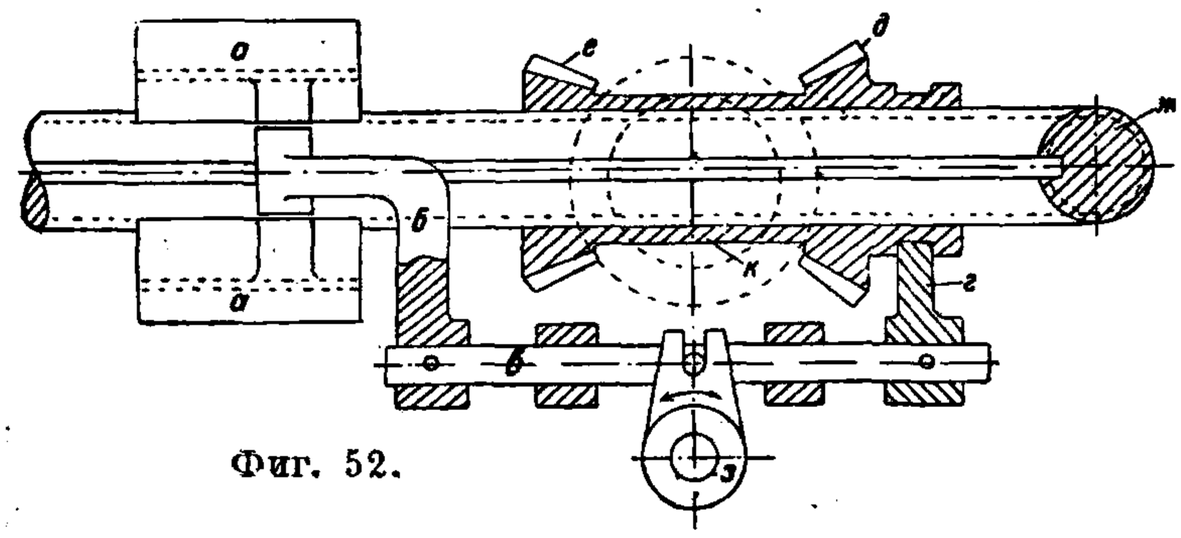
Движение супорта д. б. связано с вращением шпинделя для осуществления постоянной подачи за один оборот последнего и для возможности нарезания винтовой резьбы. Для тех же целей величина подачи за 1 оборот шпинделя должна варьировать в значительных пределах и для возможности нарезания как метрических, так и дюймовых нарезок д. б. выражена как в долях дм., так и в *мм* на 1 оборот шпинделя. Имеются два основных метода создания сменной передачи между шпинделем Т. с. и ходовыми винтом и валиком: сменные шестерни и коробки подач. Первый, более старый, способ состоит во включении между постоянной шестерней *5* (фиг. 23



Фиг. 51б.

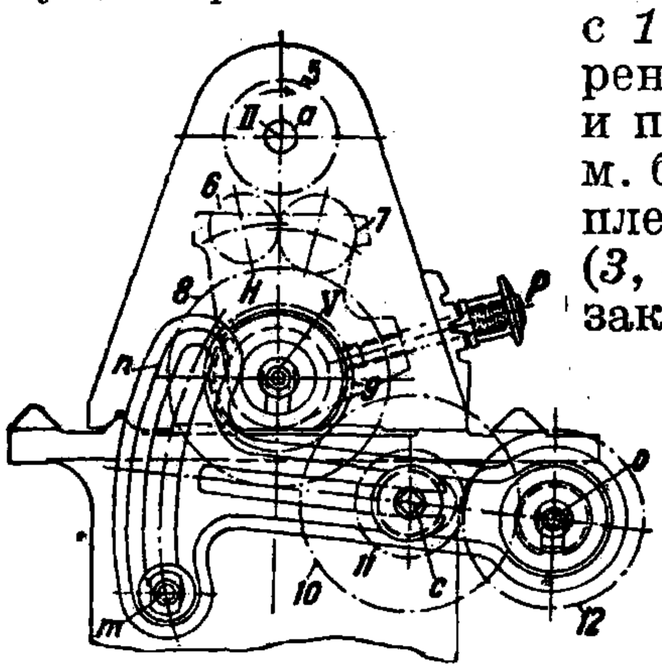
*18

включаемых простым передвижением рычагов управления. Одной из распространенных систем коробок подач является коробка Нортона, изображенная на фиг. 54; ведущий вал *I*,



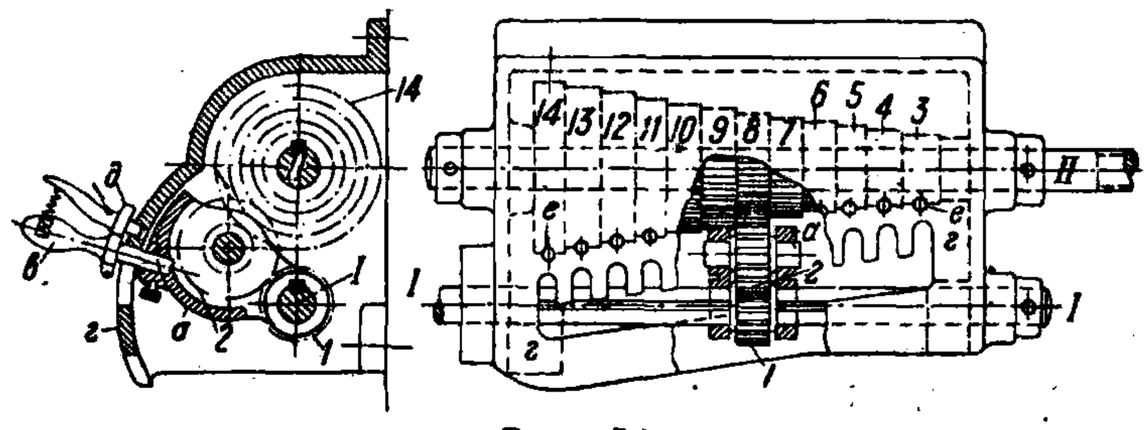
Фиг. 52.

получающий вращение от шпинделя, несет на себе скользящую на шпонке шестерню *1*, заключенную между щек качающейся рамки *а*, несущей кроме того постоянно зацепляющуюся с *1* паразитную шестеренку *2*. Перемещением и поворотом рамки она м. б. приведена в зацепление с любой из ряда (*3*, *4*, ..., *14*) шестерен, заклиненных на ходовом винте *II*. Т. о., смотря по положению рамки, получается 12 различных передач между валом *I* и винтом *II* $\left(\frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \ldots, \frac{1}{14}\right)$. Для перемещения рамка снабжена рукояткой *в*, входящей в вырезы кожуха *г* коробки; закрепление ее в данном положении производится защелкой *д*, заскакивающей в одно из отверстий *е* кожуха.



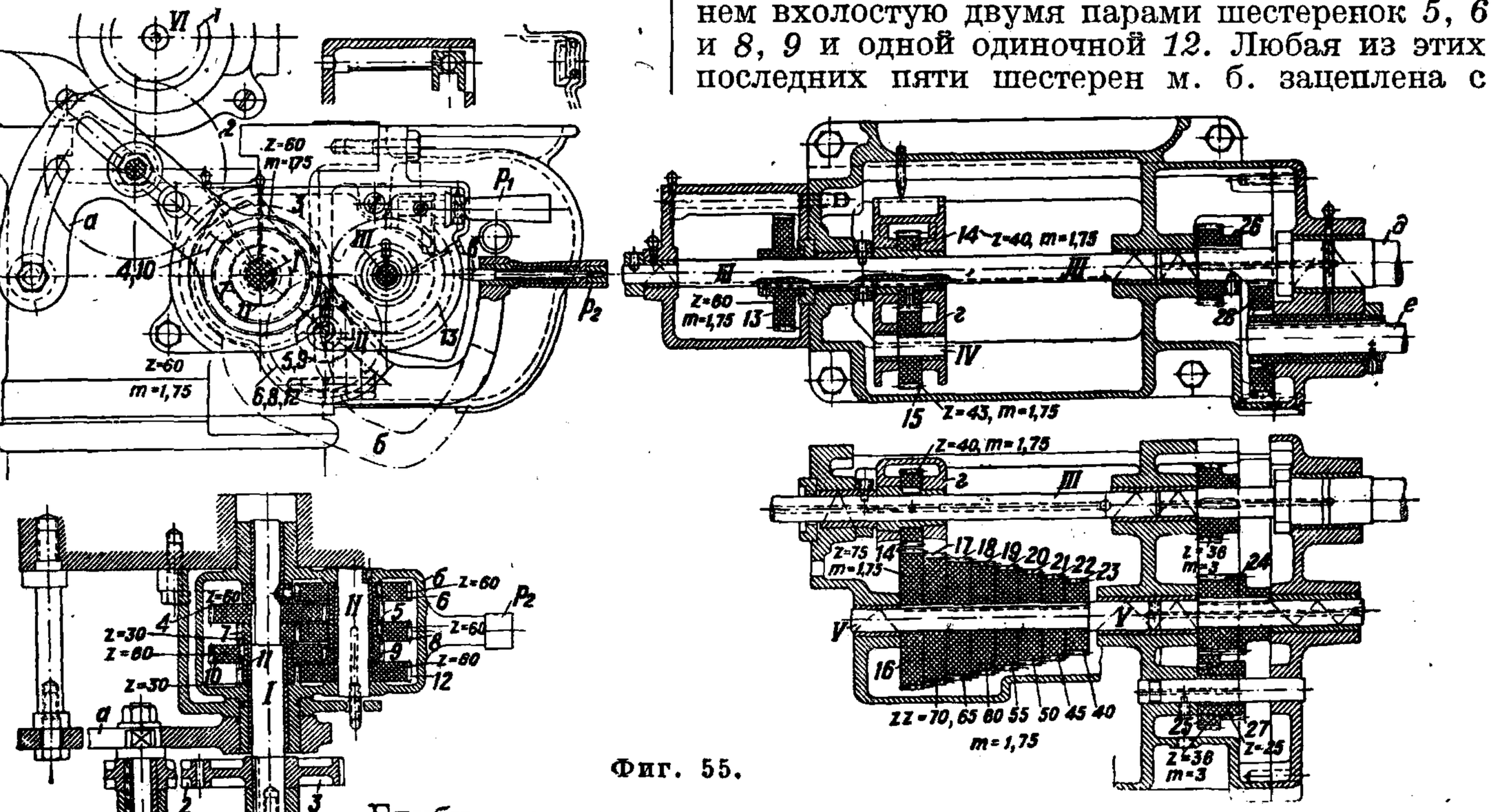
Фиг. 53.

Глубина выреза сделана такой, чтобы для возможности продольного перемещения рамки было необходимо отклонить ее на угол, обеспечивающий расцепление паразитной шестеренки *2* со сменными. В чистом виде однако коробка Нортона применяется редко в виду ограниченности числа передач, получаемого при ее посредстве. На фиг. 55 изображена коробка подач, совмещающая коробку Нортона с т. н. меандровой передачей и со сменными шестернями обычного типа, сидящими на гитаре *а*; последние применяются при переходе от одной системы нарезок к другой (напр. от метрической к дюймовой или к модульной). Ведущий вал *I* меандровой передачи получает вращение от сменной шестерни *3*, зацепляющейся через паразитную шестерню *2* (или через две спаренные шестерни *2'* и *2''*) с зубчаткой *1*, сидящей на валу *VI* передней бабки (фиг. 34). На валу *VI* сидят вхолостую шестерни реверсивной передачи *29* и на шпонке кулачковая муфта $м_5$; другая шестерня *30* реверса, служащая подшипником для вала *VI*, сидит на валике *VII*, по к-рому скользит на шпонке шестеренка *31*, сцепляющаяся поочередно посредством переводной вилки $в_1$, перемещаемой шестеренкой *32*, с шестерней *33*,



Фиг. 54.

заклиненной на шпинделе, или с шестерней *13* перебора. Т. о. вал *VI*, а следовательно и шестерня *1* (фиг. 55) может получать вращение вправо или влево (в зависимости от положения муфты $м_5$, фиг. 34) с двумя различными скоростями: малой от шестерни *33* на шпинделе и ускоренной в 8 раз от шестерни *13* перебора. На валу *I* (фиг. 55) заклинены две спаренные зубчатки *4*, *7* и сидят вхолостую две другие спаренные шестерни *10*, *11*. Вокруг вала *I* качается коробка *б*, несущая валик *II* с сидящими на нем вхолостую двумя парами шестеренок *5*, *6* и *8*, *9* и одной одиночной *12*. Любая из этих последних пяти шестерен м. б. зацеплена с



Фиг. 55.

шестеренкой *13*, перемещаемой рукояткой p_1 по ведущему валу *III* коробки Нортона. Т. о. вращение от вала *I* передается на *III* по пяти различным путям:

$$\frac{4}{5}\cdot\frac{6}{13}=\frac{60}{30}\cdot\frac{60}{60}=2;\quad \frac{4}{5}\cdot\frac{5}{13}=\frac{60}{30}\cdot\frac{30}{60}=1;$$

$$\frac{7}{8}\cdot\frac{8}{13}=\frac{30}{60}\cdot\frac{60}{60}=\frac{1}{2};\quad \frac{7}{8}\cdot\frac{9}{13}=\frac{30}{60}\cdot\frac{30}{60}=\frac{1}{4}$$

и

$$\frac{7}{8}\cdot\frac{9}{10}\cdot\frac{11}{12}\cdot\frac{12}{13}=\frac{30}{60}\cdot\frac{30}{60}\cdot\frac{30}{60}\cdot\frac{60}{60}=\frac{1}{8}.$$

Подъем и опускание коробки *б* производится рукояткой p_2, снабженной защелкой *в*. На ведущем валу *III* коробки Нортона сидит на скользящей шпонке шестерня *14*, находящаяся в постоянном зацеплении с паразитной шестерней *15*, сидящей на валике *IV* коробки *г*. На ведомом валу *V* сидят 8 шестеренок *16,17, ..., 23*, сцепляемых попеременно описанным выше способом с *15*, т.ч. вал *V* имеет при постоянной скорости вала *I* 40 различных скоростей, расположенных по ступеням: 1) меандровая шестерня *13* вправо до отказа, передаточные числа от

$$\frac{4}{5}\cdot\frac{6}{13}\cdot\frac{14}{15}\cdot\frac{15}{23}=\frac{60}{30}\cdot\frac{60}{60}\cdot\frac{40}{43}\cdot\frac{43}{40}=2$$

$$\text{до } \frac{4}{5}\cdot\frac{6}{13}\cdot\frac{14}{15}\cdot\frac{15}{16}=\frac{60}{30}\cdot\frac{60}{60}\cdot\frac{40}{43}\cdot\frac{43}{75}=\frac{16}{15},$$

в следующих восьми ступенях:

$$\frac{2}{1},\ \frac{16}{9},\ \frac{8}{5},\ \frac{16}{11},\ \frac{4}{3},\ \frac{16}{13},\ \frac{8}{7},\ \frac{16}{15},$$

2) следующее положение (шестерня *13* зацепляется с *5*) восемь передач:

$$\frac{1}{1},\ \frac{8}{9},\ \frac{4}{5},\ \frac{8}{11},\ \frac{2}{3},\ \frac{8}{13},\ \frac{4}{7},\ \frac{8}{15};$$

3) шестерня *13* зацепляется с *8*—предыдущий (основной) ряд передач, деленный на 2; 4) *13* зацепляется с *9*—основной ряд передач, деленный на 4, и 5) *13* зацепляется с *12*—основной ряд, деленный на 8. На валу *V* сидит шестеренка *24*, зацепляющаяся с передвижной шестерней *25*, спаренной с *27*. Смотря по положению последней пары, движение передается либо ходовому винту *д* через

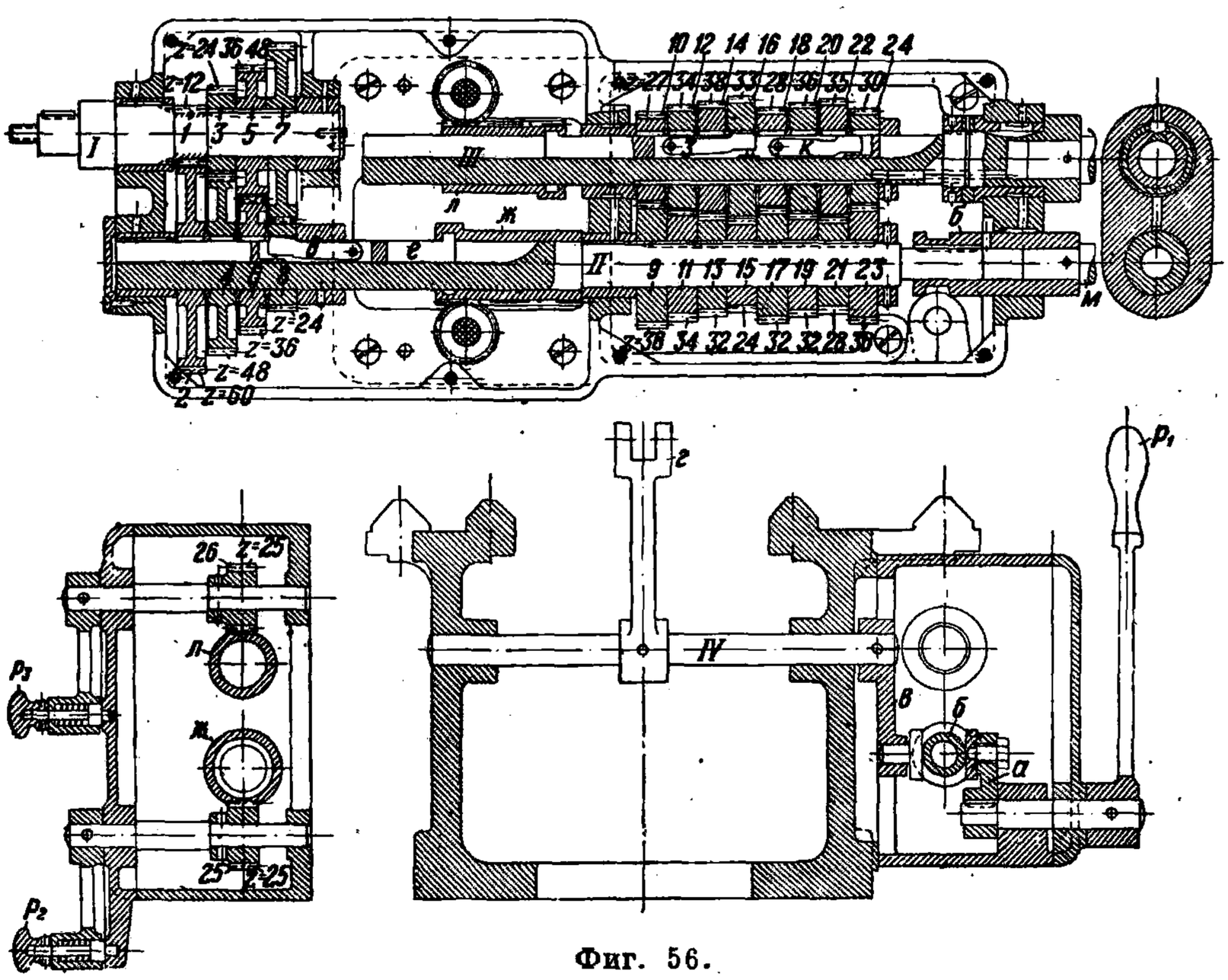
$$\frac{24}{25}\cdot\frac{25}{26}=\frac{36}{36}\cdot\frac{36}{36}=1$$

либо ходовому валику *е* замедленным передачей через перебор

$$\frac{24}{25}\cdot\frac{27}{28}=\frac{36}{36}\cdot\frac{25}{52}=0{,}481.$$

Помимо коробки Нортона для коробок подач применяют передвижные шестерни и передвижные шпонки. Первые применяются редко, т. к. для такого большого числа подач, к-рого требуют современные Т. с., коробки получаются очень некомпактными; переборы с передвижными шпонками применяются гораздо чаще.

На фиг. 56 изображено конструктивное оформление коробки передач последней системы. Коробка разделена на две половины: левую—с четырьмя грубыми ступенями и правую—с восемью ступенями с малым скачком между ними. Ведущий вал *I* первой коробки с заклиненными на нем шестеренками *1*, *3*, *5* и *7* приводится во вращение от вала *V* (фиг. 27) через сменные шестерни *27*, *28*, насаживаемые на обыкновенную гитару *о*. Вал *V* получает вращение или для крутой резьбы от шпинделя (шестерня *29*) или для пологой резьбы—от втулки ступенчатого шкива (шестерня *1*), через передвижную шестеренку *30*, левую зубчатку *31* реверса, а затем либо непосредственно от кулачковой муфты $м_1$ либо (в обратном направлении) через зубчатки реверса *31*, *32*, *33*. Кулачковая муфта перемещается штырем *с* со сквозной шпонкой, приводимым в движение вручную ручкой p_1 (фиг. 56) через рычаг *а*, втулку *б*, рычаг *в*, валик *IV* и вилку *г*. Передвижная шпонка *д*, сцепляющая поочередно одно из зубчатых колес *2*, *4*, *6* и *8* с валом *II*, перемещается ползунком *е*, входящим своим носом в вырез втулки *ж*, передвигаемой ручкой p_2 через шестеренку *25*, зацепляющуюся с рейкой, нарезанной на втулке. На валу *II* заклинены 8 шестеренок *9*, *11*, *13*, *15*, *17*, *19*, *21*, *23*, находящихся в постоянном зацеплении с восемью шестернями *10*, *12*, *14*, *16*, *18*, *20*, *22*, *24*, сидящими вхолостую на валу *III* ходового винта и сцепляющимися с ним поочередно двумя смещенными на полширины колеса передвижными шпонками *з* и *к*, приводимыми в движение ручкой p_3 через шестеренку *26* и втулку *л*. Т. о. ходовой винт имеет 32 различные передачи от вала *I*, а ходовой валик *м*, соединяемый скользящей втулкой *б* с валом *II*,—четыре передачи. Для автоматическ. останова подачи на ходовом валике *м* сидят два кольца в начале и конце требуемого хода супорта; по достижении последним предельного положения он нажимает на кольцо и передвигает валик, а с ним через втулку *б* и рычаг *в* вилку *г*, расцепляющую кулачковую муфту самохода $м_1$ (фиг. 27).



Фиг. 56.

Расчет шестерен для нарезания на Т. с. винтовой резьбы производят на основании ур-ия

$$n_1=\frac{h_1}{h_0},$$

где n_1—общая передача от шпинделя к ходовому винту, вычисляемая как отношение

$$\frac{z_1\cdot z_3\cdot z_5\ldots z_{2n-1}}{z_2\cdot z_4\cdot z_6\ldots z_{2n}},$$

где в числителе всегда ставятся ведущие, а в знаменателе ведомые колеса, h_1—нарезаемый шаг винта, h_0—шаг ходового винта. Для удобства расчетов несменная часть передачи от шпинделя к ходовому винту объединяется вместе с его шагом в т. н. п о с т о я н н у ю с т а н к а *K*, которая обозначает, насколько переместится супорт за один оборот шпинделя при передаче на сменных шестернях, равной 1 : 1.

$$K=\frac{z_1'}{z_2'}\cdot\frac{z_3'}{z_4'}\ldots\frac{z_{k-1}'}{z_k'}\cdot h_1,$$

где z'—все постоянные шестерни передачи. Так, у бабки, изображенной на фиг. 27,

$$K_1 = \frac{22}{28}\cdot\frac{28}{22}\cdot\frac{24}{24}\cdot\frac{24}{24}\cdot\frac{1}{2} = \frac{1}{2} \text{ дм.},$$

$$K_2 = \frac{68}{17}\cdot\frac{58}{58}\cdot\frac{22}{28}\cdot\frac{28}{22}\cdot\frac{1}{2} = 2 \text{ дм.},$$

$$K_3 = \frac{68}{17}\cdot\frac{77}{22}\cdot\frac{22}{28}\cdot\frac{28}{22}\cdot\frac{1}{2} = 7 \text{ дм.},$$

соответственно при шестерне *30*, непосредственно зацепляющейся с шестерней *29* на шпинделе (K_1), и для первого (K_2) и второго (K_3) переборов при шестерне *30*, зацепляющейся с зубчаткой *1* перебора. Принимая это значение K, имеем для передачи n переменного перебора следующее основное уравнение:

$$n = \frac{h_1}{K}.$$

Главная трудность состоит в получении возможно точного отношения n, применяя лишь нормальные шестерни прилагаемого к Т. с. набора (обычно от $z = 15 \div 120$ или $25 \div 130$ через $5 + 1$ шестерня с 127 зубцами + 3 двойных шестеренки с 65, 85 и 95 зубцами; реже с числами z зубцов через 3 и через 2). Постоянная Т. с. выражается или в дм.—$K_д$, или в *мм*—$K_м$, или в нитках на 1 дм.—$K_н = \frac{1}{K_д}$. Нарезаемые винты имеют также обозначения шага в дм.—$h_д$, в нитках на 1 дм.—$h_н = \frac{1}{h_д}$, в *мм*—$h_м$, в модулях ($1\,m = \pi$ *мм*)—$h_{мод.} = \frac{1}{\pi} h_м$, в англо-америк. диаметральном питче (Diametral Pitch — D.P.; n D.P. $= \frac{\pi}{n}$ дм. $= \frac{25{,}4\pi}{n}$ *мм*) $h_п = \frac{\pi}{h_д} = \pi h_н$. Для подбора шестерен во всех случаях может служить табл. 1.

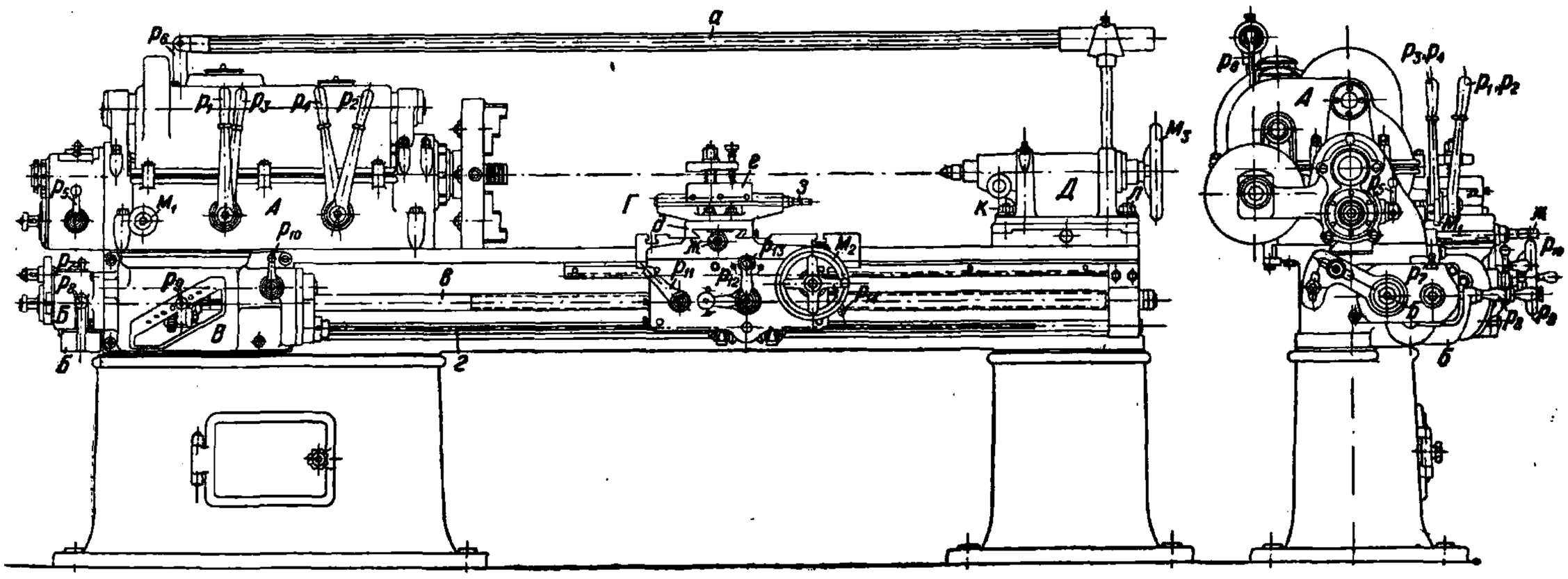
Нормальные с а м о т о ч к и представляют собой универсальные Т. с., предназначенные б. ч. для выполнения штучных или коротко-серийных работ. Общий вид современной самоточки с высотой центров 200 *мм* изображен на фиг. 57, ее передняя бабка—на фиг. 34, супорт — на фиг. 51, а коробка подач—на фиг. 55. Рычаги p_1, p_2, p_3 и p_4 на передней бабке A служат для изменения числа оборотов шпинделя, маховичок $м_1$—для перевода шестеренки *31* (фиг. 34) для нарезания нормальной или очень крутой резьбы, рычажок p_5—для перемены направления подачи переключением реверса, штанга a и рычаг p_6—для включения и выключения фрикционной муфты главного привода, ползунок p_7 (замененный на фиг. 55 рукояткой p_1)—для передвижения ведомой шестеренки меандровой передачи $Б$, а ручка p_8—для подъема и опускания ее рамки $б$. Рамка нортоновой коробки B перемещается руко-

Табл. 1.—Формулы для вычисления передач n сменных шестерен для нарезания винтов на Т. с. * для различных постоянных $K_д$, $K_н$ и $K_м$ станка.

Обозначение шага нарезаемой резьбы	$K_д$	$K_н$	$K_м$
в нитках на 1 дм., $h_н$	$n = \frac{1}{K_д h_н}$	$n = \frac{K_н}{h_н}$	$n = \frac{127}{5K_м \cdot h_н} \cong \frac{18\cdot 24}{17K_м h_н} \cong \frac{40\cdot 40}{7\cdot 9K_м \cdot h_н}$
в дм., $h_д$	$n = \frac{h_д}{K_д}$	$n = K_н h_д$	$n = \frac{127h_д}{5K_м} \cong \frac{18\cdot 24h_д}{17K_м} \cong \frac{40\cdot 40h_д}{7\cdot 9K_м}$
в *мм*, $h_м$	$n = \frac{5h_м}{127K_д} \cong \frac{17h_м}{18\cdot 24K_д} \cong \frac{7\cdot 9\,h_м}{40\cdot 40K_д}$	$n = \frac{5K_н \cdot h_м}{127} \cong \frac{17\,K_н \cdot h_м}{18\cdot 24} \cong \frac{7\cdot 9\,K_н \cdot h_м}{40\cdot 40}$	$n = \frac{h_м}{K_м}$
в модулях, $h_{мод.}$	$n = \frac{\pi h_{мод.}}{25{,}4\,K_д} \cong \frac{22{,}5h_{мод.}}{7\cdot 127K_д}$ или лучше $n \cong \frac{47h_{мод.}}{4\cdot 95\,K_д} \cong \frac{5\cdot 19h_{мод.}}{32\cdot 34K_д} \cong \frac{12h_{мод.}}{97K_д}$	$n = \frac{\pi}{25{,}4}\,h_{мод.}\cdot K_н \cong \frac{22\cdot 5h_{мод.}\,K_н}{7\cdot 127}$ или лучше $n = \frac{47h_{мод.}\cdot K_н}{4\cdot 95} \cong \frac{5\cdot 19\cdot h_{мод.}K_н}{32\cdot 24} \cong \frac{12h_{мод.}\cdot K_н}{97}$	$n = \frac{h_{мод.}\pi}{K_м} \cong \frac{22\cdot h_{мод}}{K_м}$. или лучше $n \cong \frac{32\cdot 27h_{мод.}}{25\cdot 11K_м} \cong \frac{19\cdot 21h_{мод.}}{127K_м} \cong \frac{25\cdot 47h_{мод.}}{22\cdot 17K_м} \cong \frac{13\cdot 29h_{мод.}}{4\cdot 30K_м} \cong \frac{5\cdot 71h_{мод.}}{113K_м}$
в диам. питче, $h_п$	$n = \frac{\pi}{K_д h_п} \cong \frac{22}{7K_д h_п}$ или лучше $n \cong \frac{32\cdot 27}{25\cdot 11K_д h_п} \cong \frac{19\cdot 21}{127K_д h_п} \cong \frac{25\cdot 47}{22\cdot 17K_д h_п} \cong \frac{8\cdot 97}{13\cdot 19K_д h_п} \cong \frac{13\cdot 29}{4\cdot 30K_д h_п} \cong \frac{5\cdot 71}{113K_д h_п}$	$n = \frac{\pi K_н}{h_п} \cong \frac{22K_н}{7h_п}$ или лучше $n \cong \frac{32\cdot 27K_н}{25\cdot 11h_п} \cong \frac{19\cdot 21K_н}{127h_п} \cong \frac{25\cdot 47K_н}{22\cdot 17h_п} \cong \frac{8\cdot 97K_н}{13\cdot 19h_п} \cong \frac{13\cdot 29K_н}{4\cdot 30h_п} \cong \frac{5\cdot 71K_н}{113h_п}$	$n = \frac{\pi\cdot 25{,}4}{K_м\cdot h_п} \cong \frac{22\cdot 127}{5K_м h_п}$ или лучше $n = \frac{21\cdot 19}{5K_м h_п} \cong \frac{10\cdot 17\cdot 23}{7\cdot 9K_м\cdot h_п} \cong \frac{128\cdot 48}{7\cdot 11\cdot K_м\cdot h_п} \cong \frac{30\cdot 125}{47\cdot K_м\cdot h_п}$

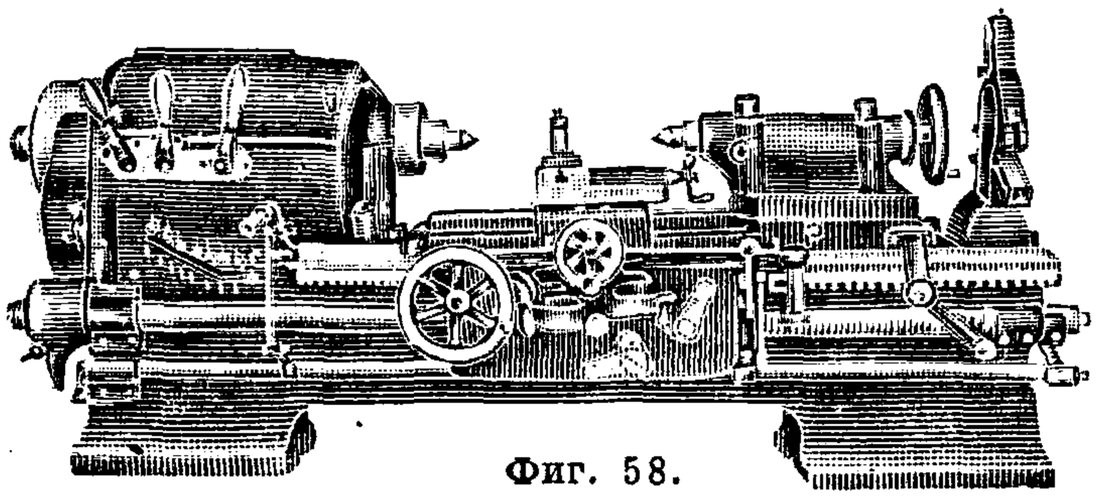
* В таблице добавлены наиболее удобные значения приближенных передаточных чисел для трудных передач.

яткой p_9, а рычажок p_{10} служит для переключения движения подачи на ходовой винт *в* или ходовой валик *г*. Ручка p_{11} на переднике суконструи́ровании главное внимание обращают на универсальность, возможность быстрой смены скоростей, достаточную точность. Эти само-



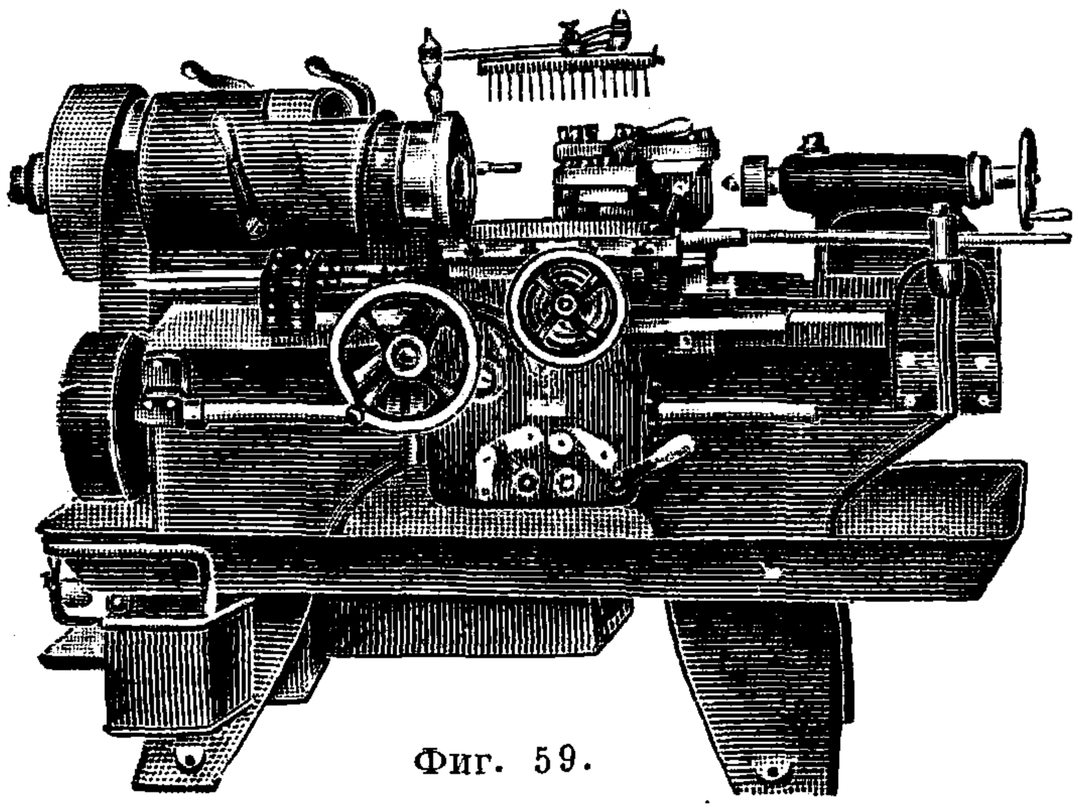
Фиг. 57.

порта *Г* служит для замыкания замка винтового самохода. Ручка p_{12}—для включения попеременно поперечной (ручка вниз) или реечной продольной подачи (ручка вверх); изменение направления подачи совершается реверсом, включаемым ручкой p_{13}. Маховичок $м_2$ служит



Фиг. 58.

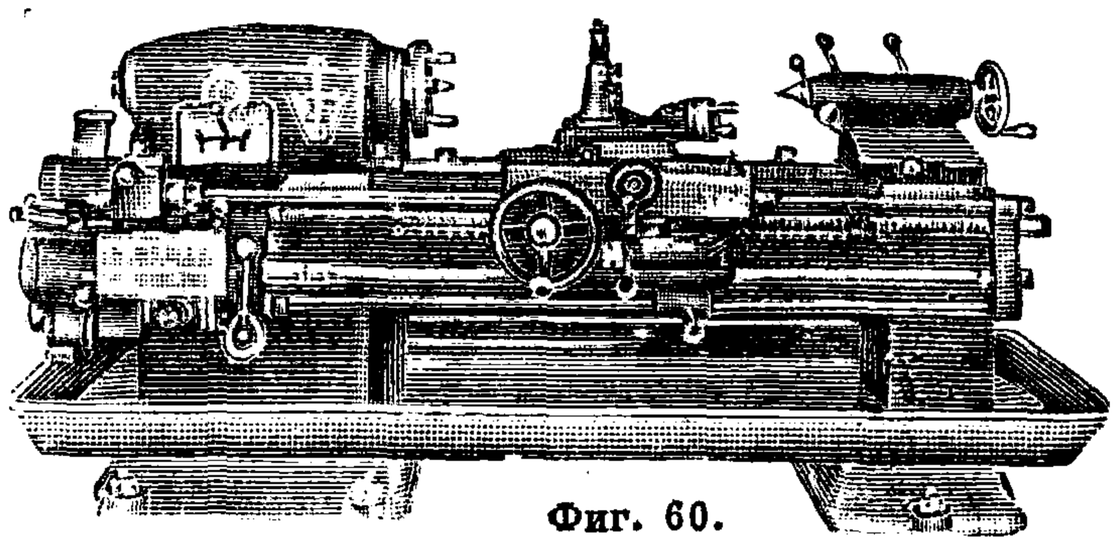
для перемещения вручную супорта; закрепление супорта в данном положении по длине станины совершается зажимным винтом с рукояткой p_{14}. Перемещение вручную поперечных *д* и резцовых *е* салазок совершается ручками, насаживаемыми на квадраты на концах их ходовых винтов *ж* и *з*. Задняя бабка *Д* закрепляется на станине болтами *к* и *л*, а шпиндель ее перемещается маховичком $м_3$. По роду производимых работ самоточки классифицируются следующим образом.



Фиг. 59.

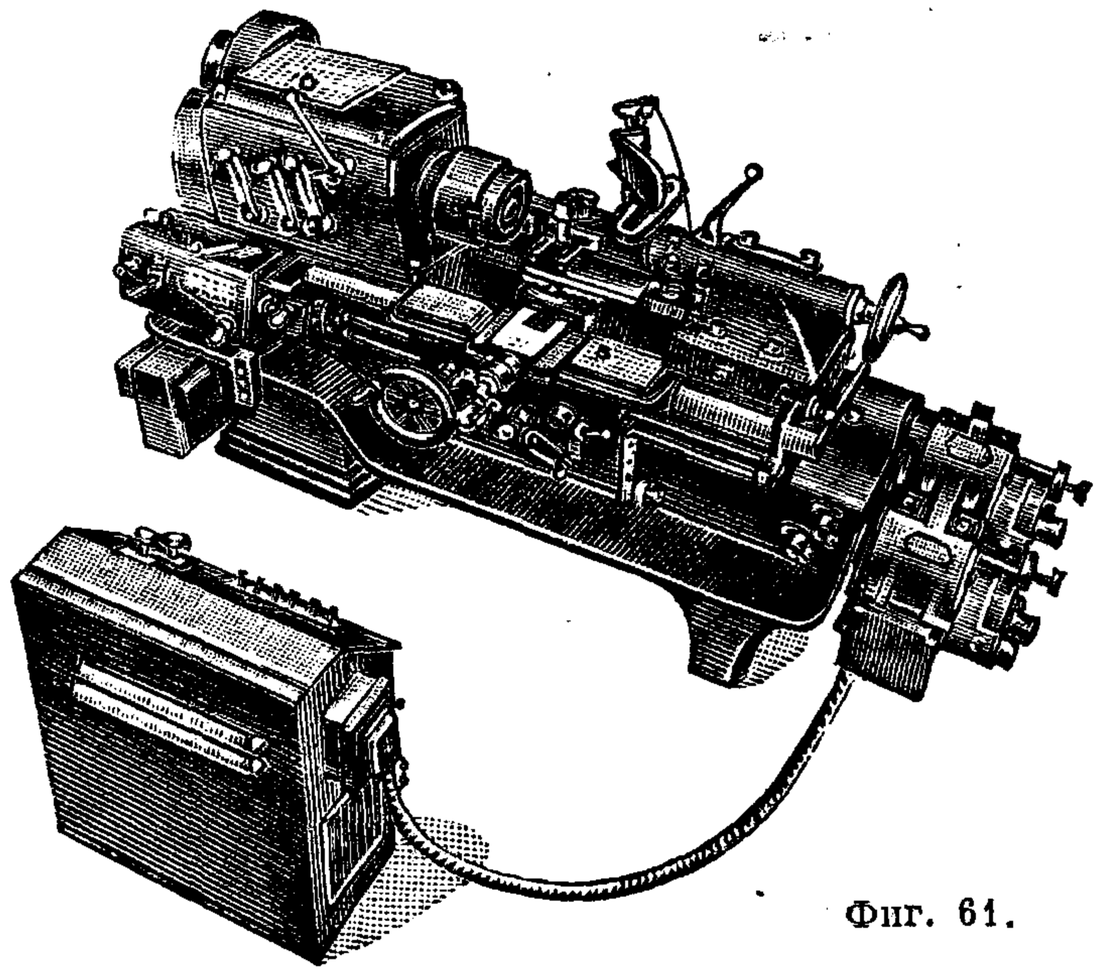
1) Нормальные, или универсальные, самоточки (англ. Machine Lathe, нем. Spitzendrehbank, франц. Tour parallèle, фиг. 3а и 58), предназначенные гл. обр. для производства штучных работ и рассчитанные на работу резцами из быстрорежущей стали; при их точки снабжаются раздельными или соединенными в один ходовыми винтом и валиком.

2) Производственные самоточки (англ. Manufacturing Lathe, нем. Produktionsdrehbank, фиг. 59), применяемые для токарных работ в короткосерийном производстве и отличающиеся от предыдущих гл. обр. большей мощностью и предназначенные для работ резцами из быстрорежущей стали или сверхтвердых сплавов; в отношении точности, числа по-



Фиг. 60.

дач и быстроты их смены к ним предъявляют пониженные требования, зато весьма желательным является возможность изменения скорости шпинделя без остановки станка. Обычно они снабжаются комбинированным ходовым винтом

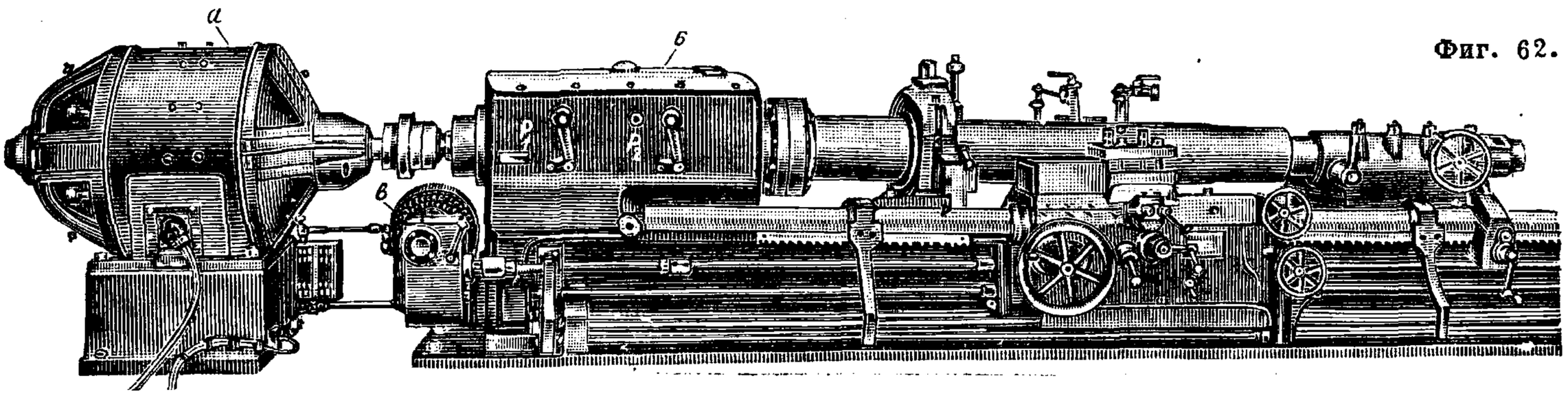


Фиг. 61.

и валиком или лишь одним валиком; характерным признаком является стремление по возможности упростить и автоматизировать управление станком, выражающееся в приме-

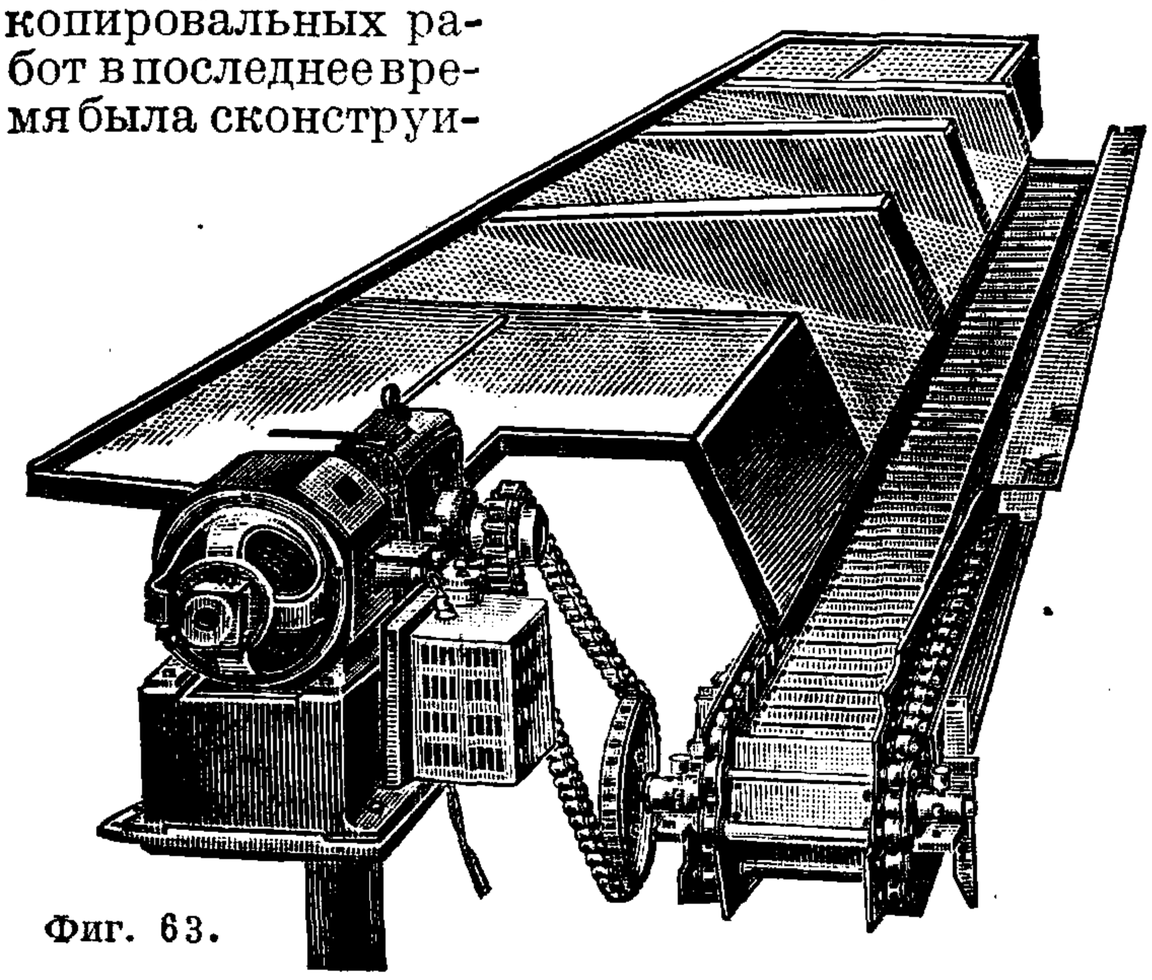
нении револьверных резцедержателей, пневматич. патронов, в широком развитии автоматич. остановов самохода и пр.

3) Инструментальные Т. с. (англ. Tool-Room Lathe, нем. Werkzeugmacher drehbank или Universal-Hinterdrehbank, франц. Tour d'outillage, фиг. 60), главным назначением к-рых является производство инструментов и приспособлений для обработки. Они должны



Фиг. 62.

отличаться большой точностью (всегда раздельные ходовые винт и валик), большим количеством подач и скоростей шпинделя; они обычно снабжаются затылочным приспособлением (см. *Затылочные станки*), устройством для копировальных работ (см. *Копировальные станки*); диапазон скоростей обычно рассчитан на работу резцами из быстрорежущей стали, реже для сверхтвердых сплавов. Для производства копировальных работ в последнее время была сконструи-

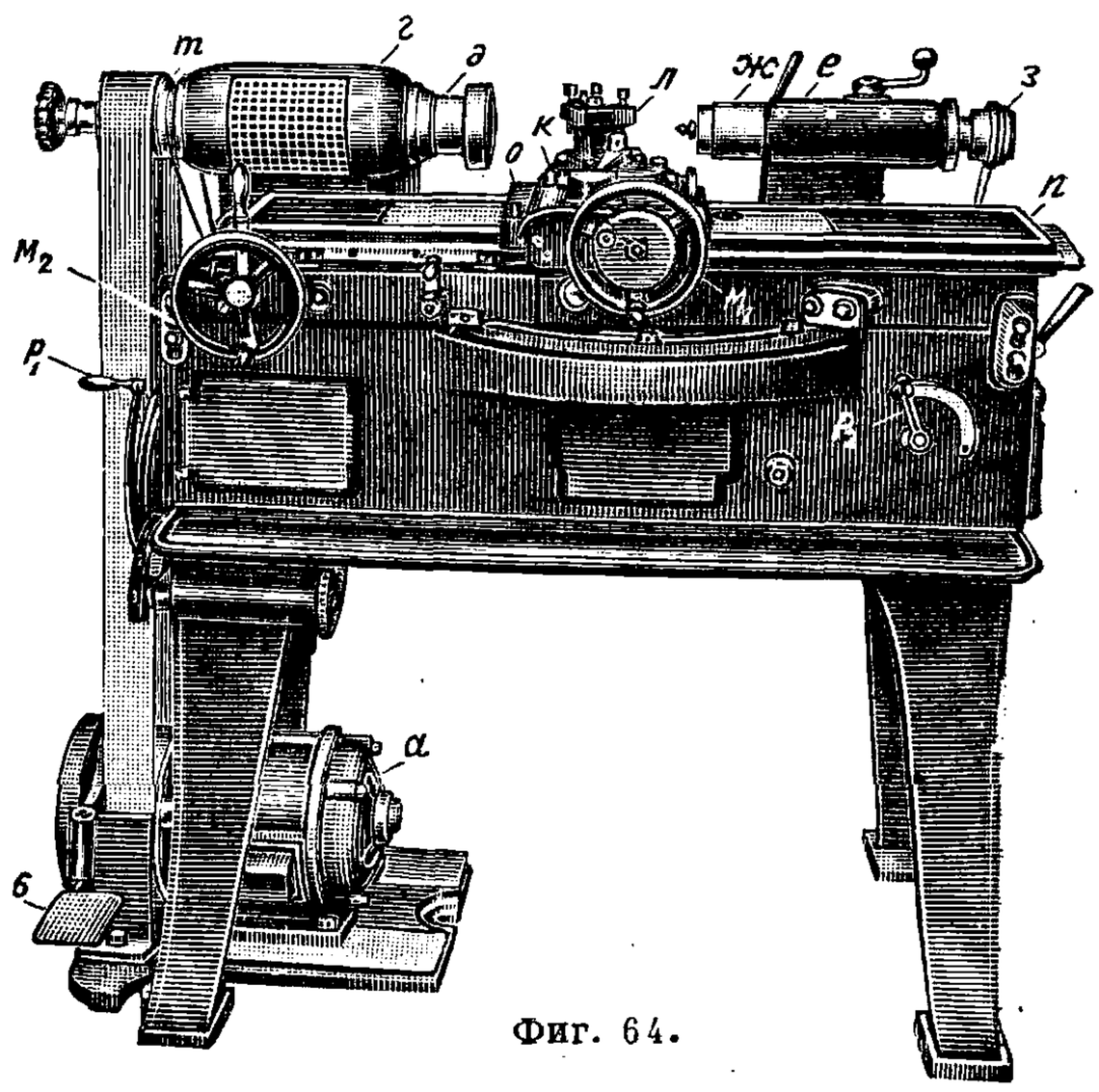


Фиг. 63.

рована автоматическая самоточка (фиг. 61); управление всеми движениями супорта совершается электрически от контакта, ощупывающего шаблон, вырезанный из тонкой металлич. жести и укрепленный на станине Т. с. Точность формы равняется 0,025 *мм* и не зависит от ее сложности (напр. на таком Т. с. можно выточить винтовой фрезер со снятием затылков непосредственно по шаблонам).

Специально для производства обдирочных работ применяются мощные и сверхмощные обдирочные Т. с. (англ. Roughing Lathe, нем. Schruppdrehbank). По существу они представляют собой дальнейшее развитие производственных станков с тенденцией в сторону их упрощения и упрочнения. Изображенный на фиг. 62 Т. с. этого типа приводится в движение регулируемым электромотором постоянного тока *а* мощностью в 100 HP, сцепленным гибкой муфтой непосредственно со шпинделем передней бабки *б*. Мотор имеет диапазон 1 : 6 (200—1 200 об/м.) в 70 ступенях, дальнейшие 70 ступеней получаем, включая перебор 1 : 6 посредством двух рычагов p_1, p_2 на бабке; т. о. станок имеет 140 скоростей в диапазоне 33—1 200 об/м. Супорт имеет одну реечную подачу и приводится во вращение отдельным мотором *в* в 3 HP, сообщающим ему 100 различных подач в диапазоне 32—1 100 *мм/мин*. На переднике супорта сосредоточены все органы управления обоими моторами и самоходами. Супорт снабжен двумя резцедержателями, передним и задним, имеющими самостоятельные ходовые винты. Для быстрого перемещения супорта имеется особый мотор в 2 HP. Резцедержатели снабжены стружкоразбивателями, ломающими и отклоняющими книзу раскаленную стружку, к-рая падает с коробкообразной станины, имеющей значительно сниженные задние направляющие, в канал, откуда она удаляется непрерывнодействующим ленточным конвейером (фиг. 63), необходимым в виду громадного количества стружки (до 1 200 *кг/ч*), производимой станком.

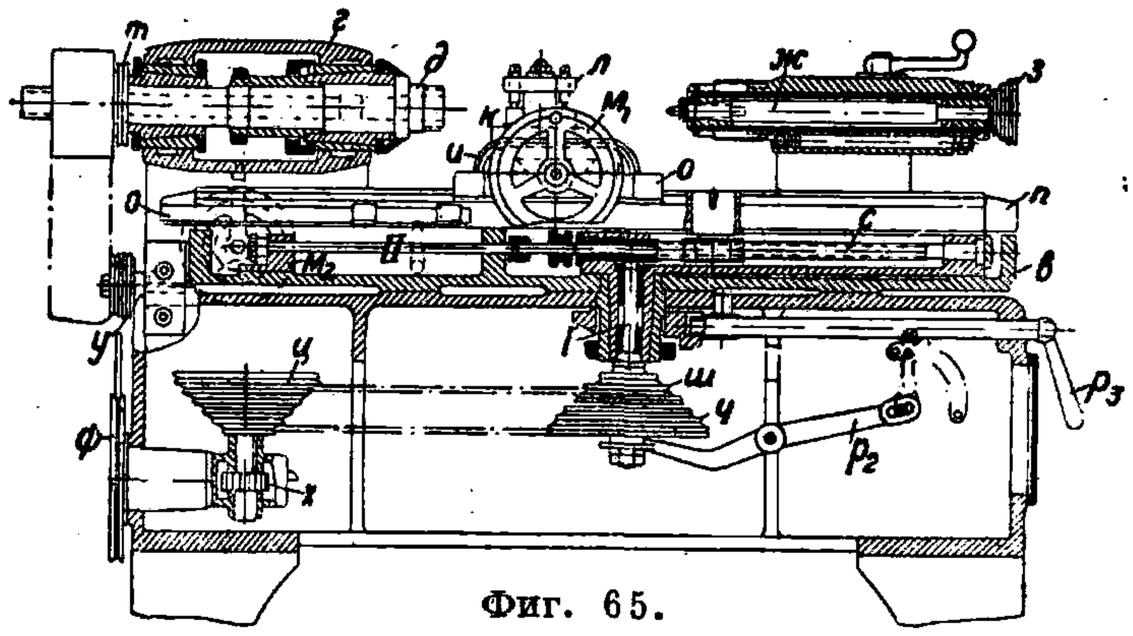
В последнее время, с введением обработки легких металлов при высоких скоростях резания (до 1 500 *м/мин*) резцами из сверхтвердых сплавов и алмаза, появилось большое количество конструкций быстроходных Т. с. (англ. High-Speed Lathe или Diamond Tool Lathe, нем. Schnelldrehbank, Feindrehbank или Diamantdrehbank, франц. Tour à diamanter



Фиг. 64.

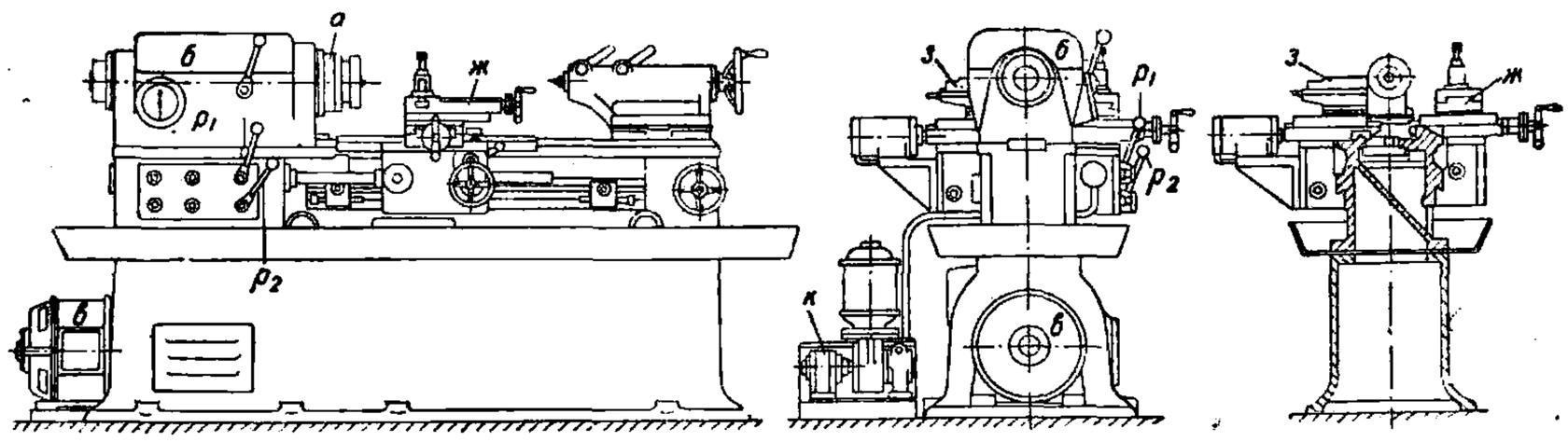
или rectifieuse à diamant) с наибольшими скоростями шпинделя порядка 2 000—5 000 об/м. Основным требованием, предъявляемым к этим Т. с., является полное отсутствие вибраций и сотрясений рабочих частей; это заставляет отказаться от применения зубчатых передач для главного привода всегда, а б. ч. и для подачи. Скорость регулируется обычно изменением числа оборотов мотора (переменного тока с пе-

реключением полюсов или регулируемого постоянного тока), на помощь чему иногда устраивают двух- редко трехступенные шкивы. В ка-



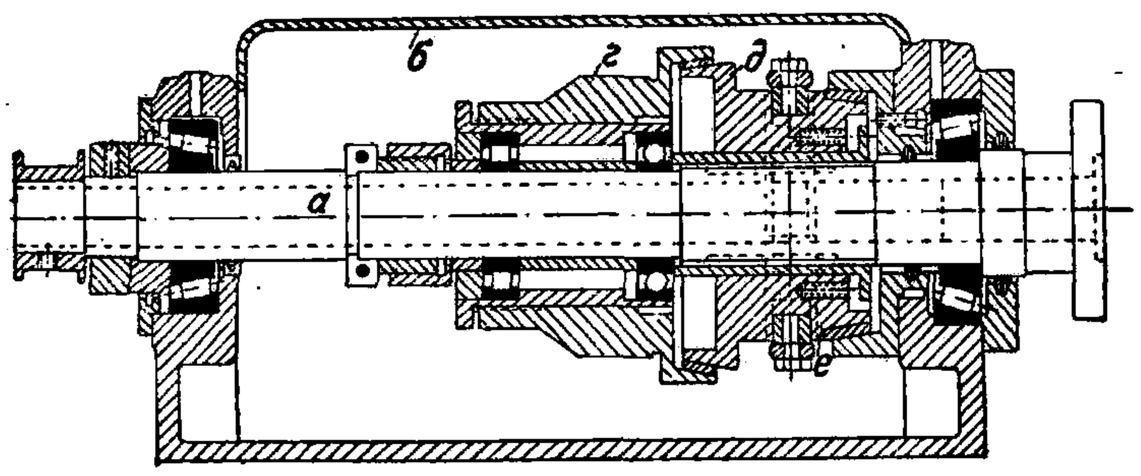
Фиг. 65.

честве органа передачи применяют бесконечные тканые ремни без шва, плоского, клиновидного или кругового сечения. На фиг. 64 и 65 изображен Т. с. такого типа: привод главного шпинделя осуществляется через ременную передачу мотором *а* (1,3 HP, $n = 700$, 920 и 1 400 об/м.), стоящим на отдельной фундаментной



Фиг. 66.

плите, включаемым педалью *б* и регулируемым совместно с мотором задней бабки ручкой p_1. Передняя бабка *г* отлита заодно со станиной и несет в цилиндрич. подшипниках шпиндель *д*, имеющий в зависимости от скорости мотора три скорости (1 500, 2 000 и 3 000 об/м.). Задняя бабка *е* перемещается по особым направляющим на задней стороне станка и несет шпиндель *жс*,

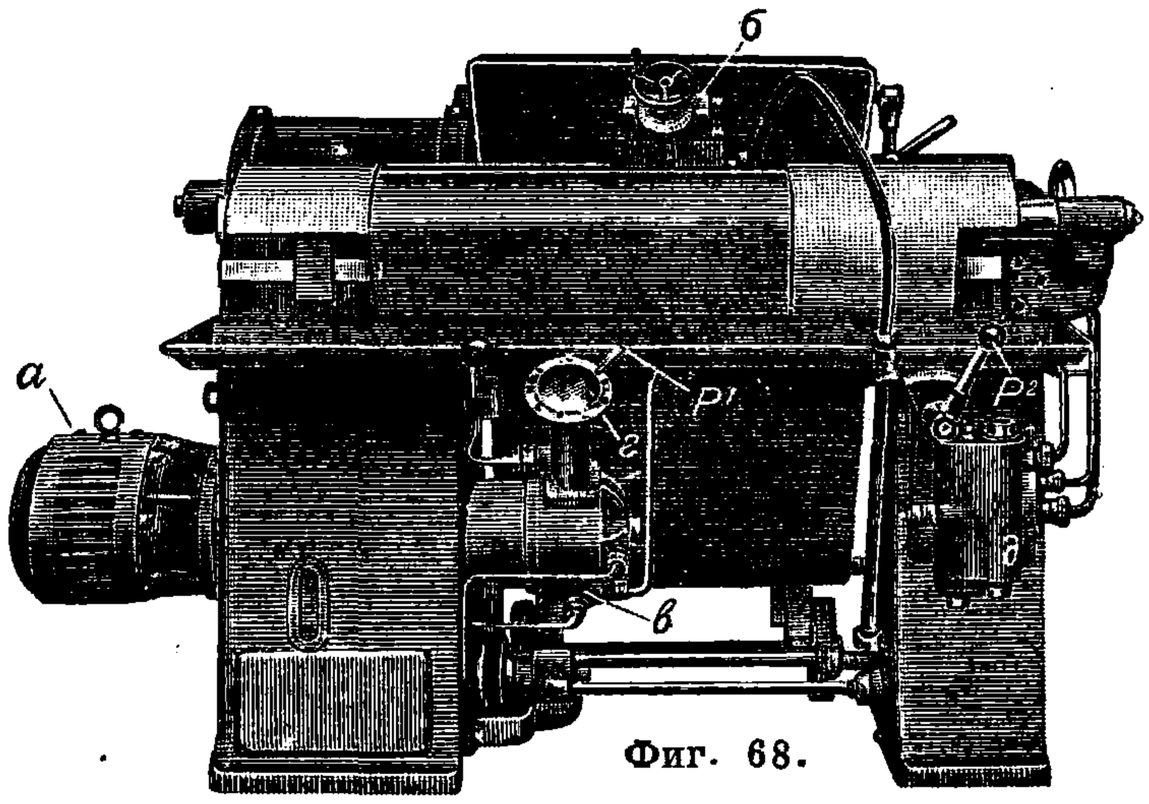


Фиг. 67.

в к-ром устанавливается задний центр и к-рый приводится во вращение либо трением самого обрабатываемого предмета либо от отдельного электромотора с синхронным главному шпинделю числом оборотов через круглый ремень и ступенчатый шкив *з*. Супорт *и* несет на поперечных салазках *к* двусторонний перекидной резцедержатель *л*; для высокоглянцевой обточки, при к-рой требуется точная установка заднего установочного угла резца (см. *Точная обработка отверстий*), можно изменять этот угол особым микрометрическим устройством. Установка резца на глубину и поперечная подача совершаются только вручную маховичком $м_1$, причем возможен отсчет 0,002 *мм*. Продольные салазки *о* супорта укреплены на подвижном столе *п*, перемещающемся посредством ходового винта *с*, расположенного в поворотных (до 90° от оси станка) направляющих *в*. Механическая подача получает движение круглым ремнем от шкива *т* на главном шпинделе через натяжные шкивы *у*, шкив *ф*, червячную передачу *х*, ступенчатый шкив *ц* и далее двумя круглыми ремнями на два ступенчатых шкива *ч* и *ш*, сидящих вхолостую на валу *I* и сцепляемых с ним поочередно муфтой, включаемой рукояткой p_2. Вал *I* вращает кулачковую муфту, сцепляющуюся с ходовым винтом. Ручная подача осуществляется маховичком $м_2$ через пару конич. шестеренок и валик *II*. Рукоятка p_3 приводит в действие замок поворотного стола. Подачи изменяются двумя группами: 0,015; 0,023; 0,035 и 0,05; 0,08; 0,12 *мм*/об. шпинделя; в каждый момент рукояткой p_2 может быть включена одна подача первой (шкив *ч*) или второй (шкив *ш*) группы.

Еще совершеннее в смысле отсутствия сотрясений конструкция, изображенная на фиг. 66 (общий вид и поперечный разрез). Здесь единственной вращающейся деталью является главный шпиндель *а* (фиг. 67), лежащий в роликовых подшипниках передней бабки *б* и приводимый в движение с двумя скоростями 2 000 и 4 000 об/м. мотором *в* (фиг. 66) через ременную передачу с двухступенчатым шкивом *г* (фиг. 67). Последний сидит вхолостую на шпинделе и сцепляется с ним посредством конусной фрикционной муфты *д*, другая сторона к-рой, снабженная также конусом *е*, является тормозом, останавливающим шпиндель при выключении муфты *д*. Этот Т. с. снабжен двумя супортами—продольным *жс* (фиг. 66) и поперечным *з*, имеющими независимые друг от друга гидравлич. подачи, регулируемые без ступеней в пределах 10—1 000 *мм*/*мин*, что при 2 000 об/м. шпинделя равно 0,005—0,5 *мм*/об. шпинделя, а при 4 000 об/м.—соответственно 0,0025—0,25 *мм*/об.; регулируются обе подачи рычажками p_1 и p_2, а масло под давлением для приведения их в действие доставляется насосом *к*, приводимым во вращение особым электрическим мотором.

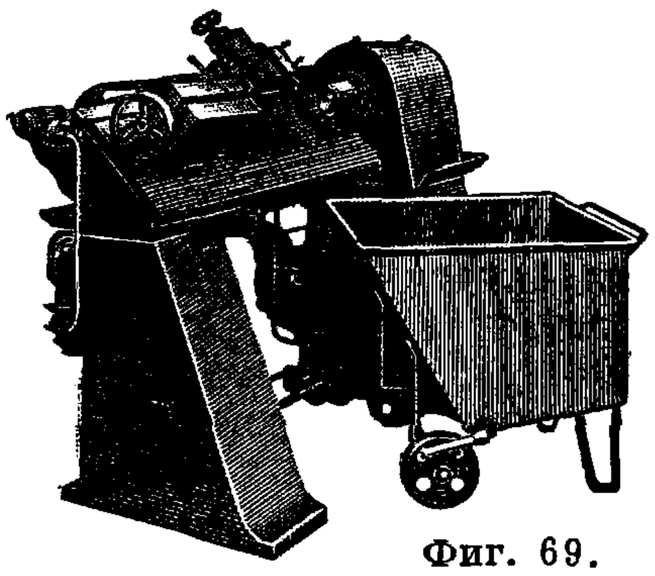
Интересная конструкция Т. с. этого типа, уделяющая особое внимание удобству удаления



Фиг. 68.

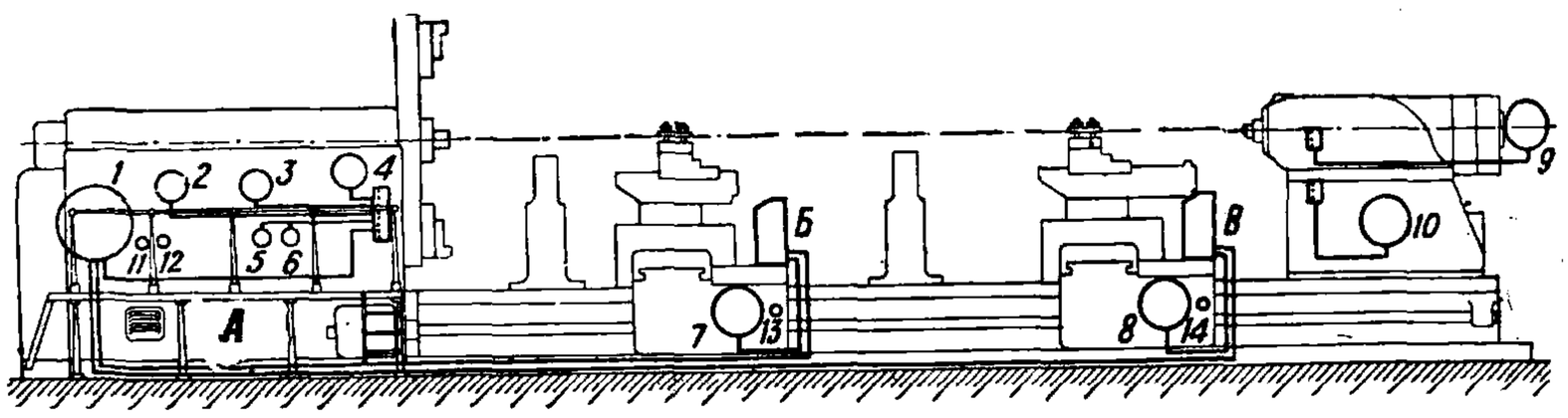
громадного объема получающихся при этом стружек (поэтому назыв. англ. Flowing-Chip Lathe, нем. Fliesspandrehbank), изображена спереди на фиг. 68, сзади—на фиг. 69. Отличительной особенностью этого Т. с. является направление вращения шпинделя, обратное обще-

принятому, вследствие чего стекающая с резца стружка отклоняется вниз и соскальзывает с наклонной гладкой поверхности станины в тележку. Прифланцованный мотор *а* через ременную передачу в станине приводит во вращение главный шпиндель со скоростью 750—6 000 об/м. соответственно максимальной скорости резания до 2 800 *м/мин*. Верхний ступенчатый шкив сидит на особой втулке концентрично со шпинделем и приводит последний во вращение через гибкую муфту, т. о. шпиндель разгружен от натяжения ремня. Супорт *б* перемещается по длинным узким направляющим на передней стенке трехугольной станины под действием гидравлич. механизма подачи. Масло под давлением для последней доставляется насосом *в* сист. Лауф-Тома, причем секундный расход жидкости бесступенно регулируется рукояткой p_1 с цифровым диском *г*. Включение рабочей продольной подачи (0,01—0,5 *мм*/об.) быстрого перемещения супорта в обоих направлениях (2 и 3 *м/мин*) или остановка их производится ручкой p_2, управляющей распределительным золотником *д*. В трубопровод подачи включен чувствительный предохранительный клапан, позволяющий производить обточку до упора супорта в останов, к которому приставляются мерные плитки, чем обеспечивается большая точность продольных (осевых) размеров обработанных деталей.



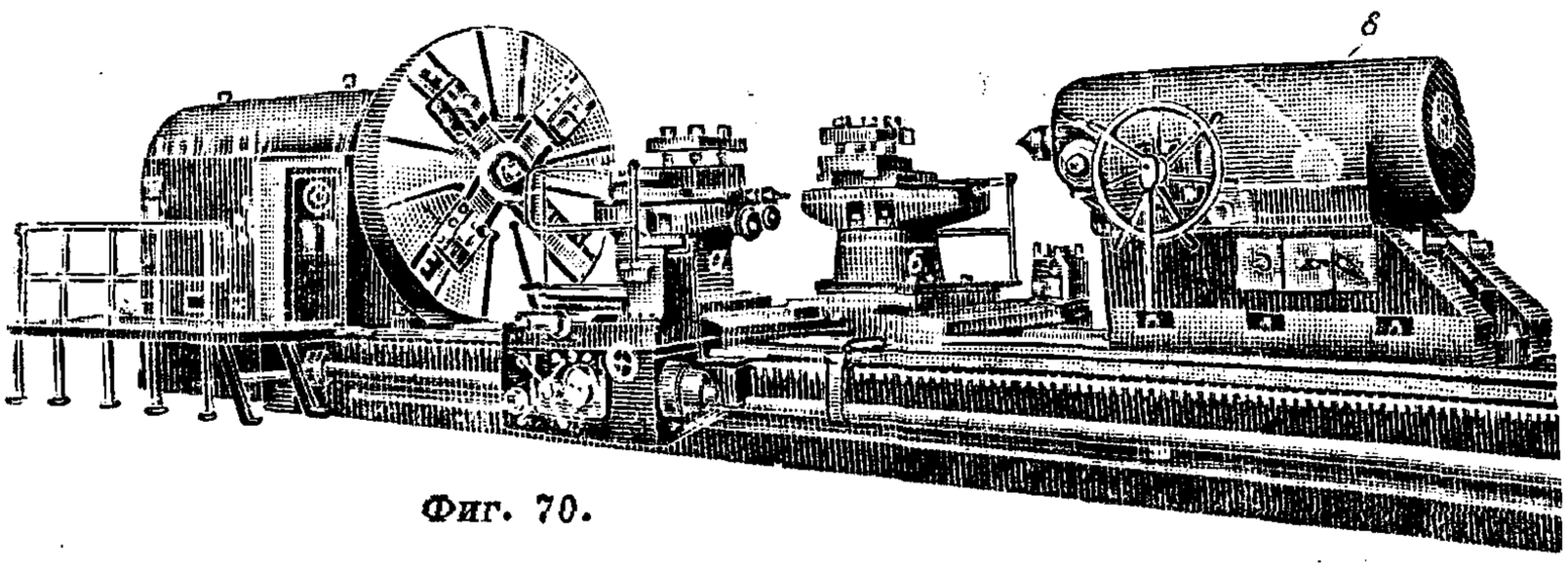
Фиг. 69.

Для обработки валов судовых машин, роторов паровых турбин и электрич. генераторов и других крупных деталей требуются самоточки особо больших размеров; имеются Т. с. с высотой центров до 3 000 *мм*, могущие принимать для обточки части до 150 *т* весом и приводимые в движение электромоторами до 150 HP. На фиг. 70 изображен такой Т. с. с высотой центров в 1 800 *мм* и максимальной длиной между центрами 10 *м*. Станок имеет станину с четырьмя направляющими, причем по обеим крайним парам ходят два независимых супорта *а* и *б*, а по внутренней паре—задняя бабка *в*. Продольный самоход супортов осуществляется ходовым валиком по рейке, для нарезания же резьбы верхние салазки супортов также имеют самоходы по ходовому винту. Главный шпиндель приводится во вращение регулируемым электромотором *1* (фиг. 71) в 60 kW, кроме того станок обслуживается девятью электромоторами (*2* и *3*—для переключения скоростей передней бабки, *4*—для перемещения кулачков планшайбы, *5* и *6*—для привода масляных насосов, *7* и *8*—для быстрого перемещения супортов, *9*—для перемещения задней бабки и *10*—для приведения в движение шпинделя задней бабки) и четырьмя небольшими генераторами (*11* и *12*—для измерения скорости вращения шпинделя и *13* и *14*—для измерения скорости подачи). Все моторы обслуживаются кнопочными коммутаторами, причем *2*, *3*, *4*, *5* и *6* от распределительной доски *А* на передней бабке, *7* и *8*—от распределительных пультов *Б* и *В* на обоих супортах, *9* и *10*—от коммутаторов на задней бабке, а *1*—как от коммутатора на передней бабке, так и с каждого из пультов на супортах. Пульты эти кроме органов управления содержат измерительные приборы, показывающие электрич. и механич. режимы работы.



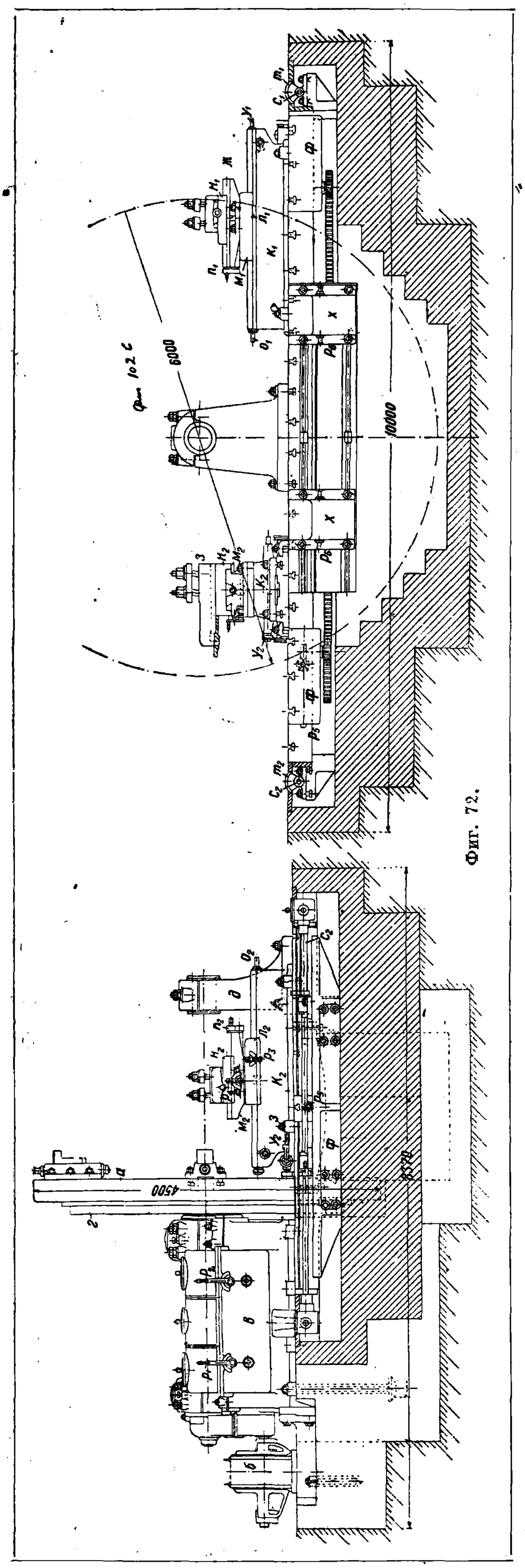
Фиг. 71.

Л о б о в ы м и Т. с. называют станки, предназначенные для обточки б. или м. крупных изделий с отношением диам. к длине большим единицы. Это условие делает ненужным присутствие задней бабки, требует наличия планшайбы больших размеров (отчего на з-дах эти станки зовут п л а н ш а й б о й) и налагает нек-рые особенности на привод самоходов супортов. На фиг. 72 изображен крупный лобовой станок с планшайбой ⌀ 4 500 *мм*, предназначенный для обточки изделий ⌀ до 6 *м* и 1,6 *м* длиной. Главный шпиндель с сидящей на нем планшайбой *а* воспринимает лишь изгибающие усилия, но освобожден от передачи крутящего момента, т. к. вращение от регулируемого электромотора *б* (мощностью 35—40 HP) передается через коробку скоростей *в* непосредственно планшайбе шестеренкой, зацепляющейся с зубчатым венцом *г* на планшайбе. Рукоятки p_1 и p_2 служат для изменения скорости вращения планшайбы. Для поддержания свободного конца изделий, обтачиваемых на оправках, служит подшипник *д*. Обрабатываемый предмет подвергается одновременно обточке в

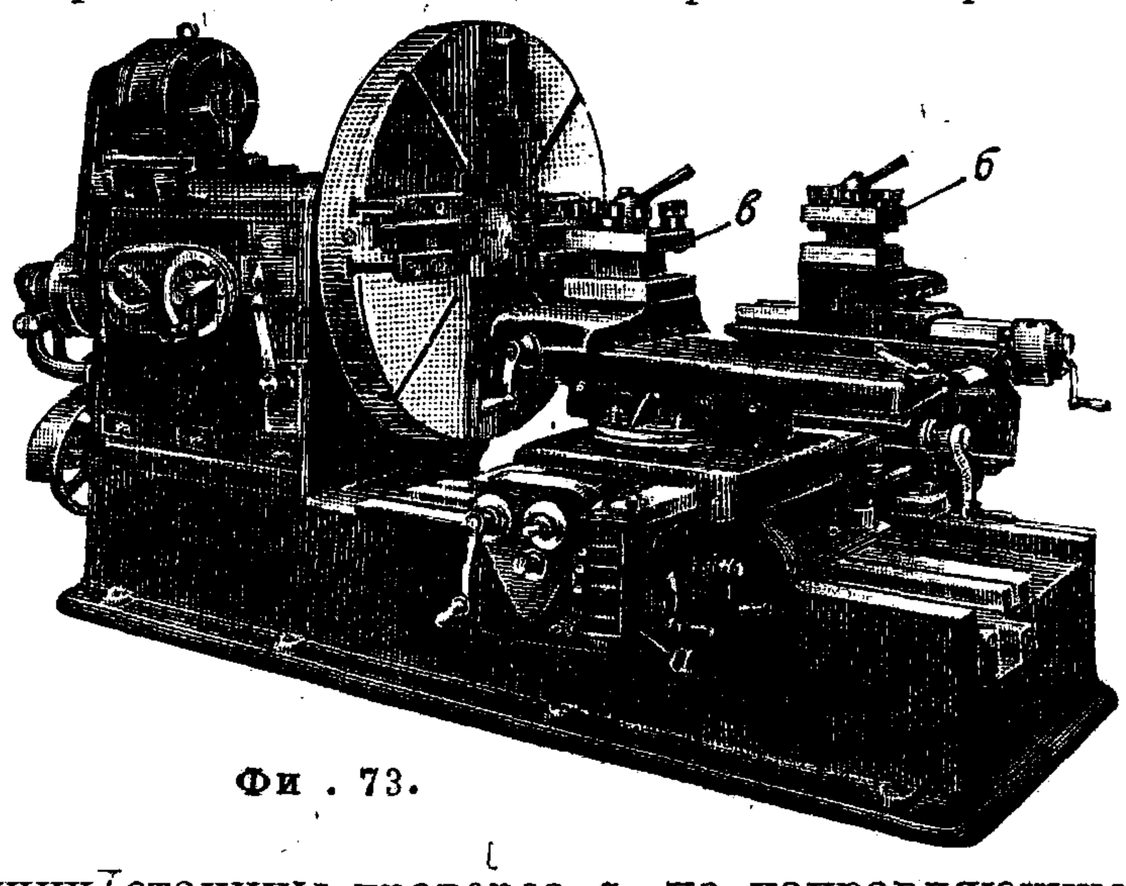


Фиг. 70.

радиальном направлении поперечным супортом *ж* и в осевом—продольным супортом *з*. Каждый из этих супортов состоит из станины $к_1$, $к_2$, по направляющим которой ходят нижние салазки $л_1$, $л_2$, несущие на поворотном круге поперечные салазки $м_1$, $м_2$ с резцовыми салазками $н_1$, $н_2$. Механическую подачу имеют как нижние салазки посредством ходового винта $о_1$, $о_2$, так и поперечные от последнего через вертикальный вал в центре поворотного круга, две пары конич. шестеренок и сменные шестерни $п_1$, $п_2$. В виду того что супорты для обточки изделий различной величины приходится часто перестанавливать на траверсах основной плиты, передача движения от шпин-



деля совершается посредством качающихся валиков c_1, c_2, передающих переменное движение с секторов m_1, m_2 цепями на качающиеся рычаги y_1, y_2, приводящие во вращение через соответственные храповые механизмы винты o_1, o_2. Т. о. подача получается прерывистая, что является одним из основных недостатков станка. Кроме того на фиг. 72 обозначают: p_3—рукоятка для включения продольного или поперечного самохода, p_4—для перемены направления самохода, p_5—для перемещения траверс ϕ и ϕ и p_6—для перемещения консолей x и x. В виду неудобства зажима и установки на вертикальной планшайбе тяжелых и громоздких изделий лобовые Т. с. в последнее время почти совершенно вытеснены станками с горизонтальной планшайбой—*карусельными станками* (см.). На фиг. 73 изображен современный лобовой Т. с. небольших размеров. Его характерными признаками являются: 1) привод планшайбы непосредственно за зубчатый венец на ее ободе; 2) перемещающаяся вдоль коротких направля-

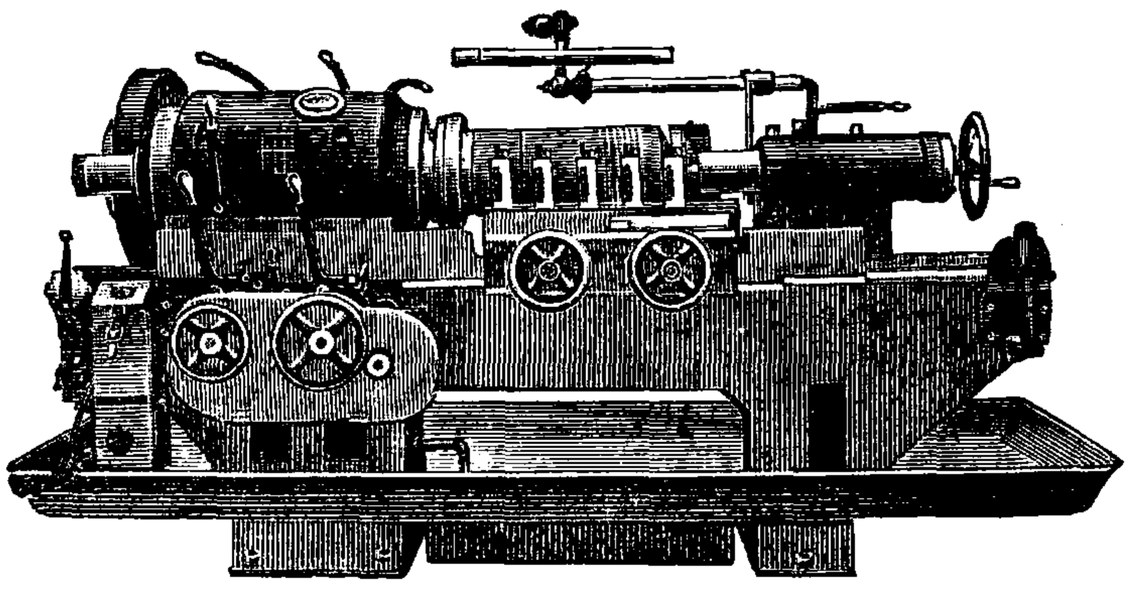


Фи . 73.

ющих станины траверса a, по направляющим к-рой ходят продольный $б$ и поперечный $в$ суппорты. Передача самоходов: продольному суппорту $б$ и поперечному $в$ производится от ходового валика, лежащего в подшипниках станины, через скользящие на шпонке конич. передачи валику, идущему вдоль траверсы, и от последнего обоим суппортам; для поперечного самохода наряду с валиком имеется ходовой винт.

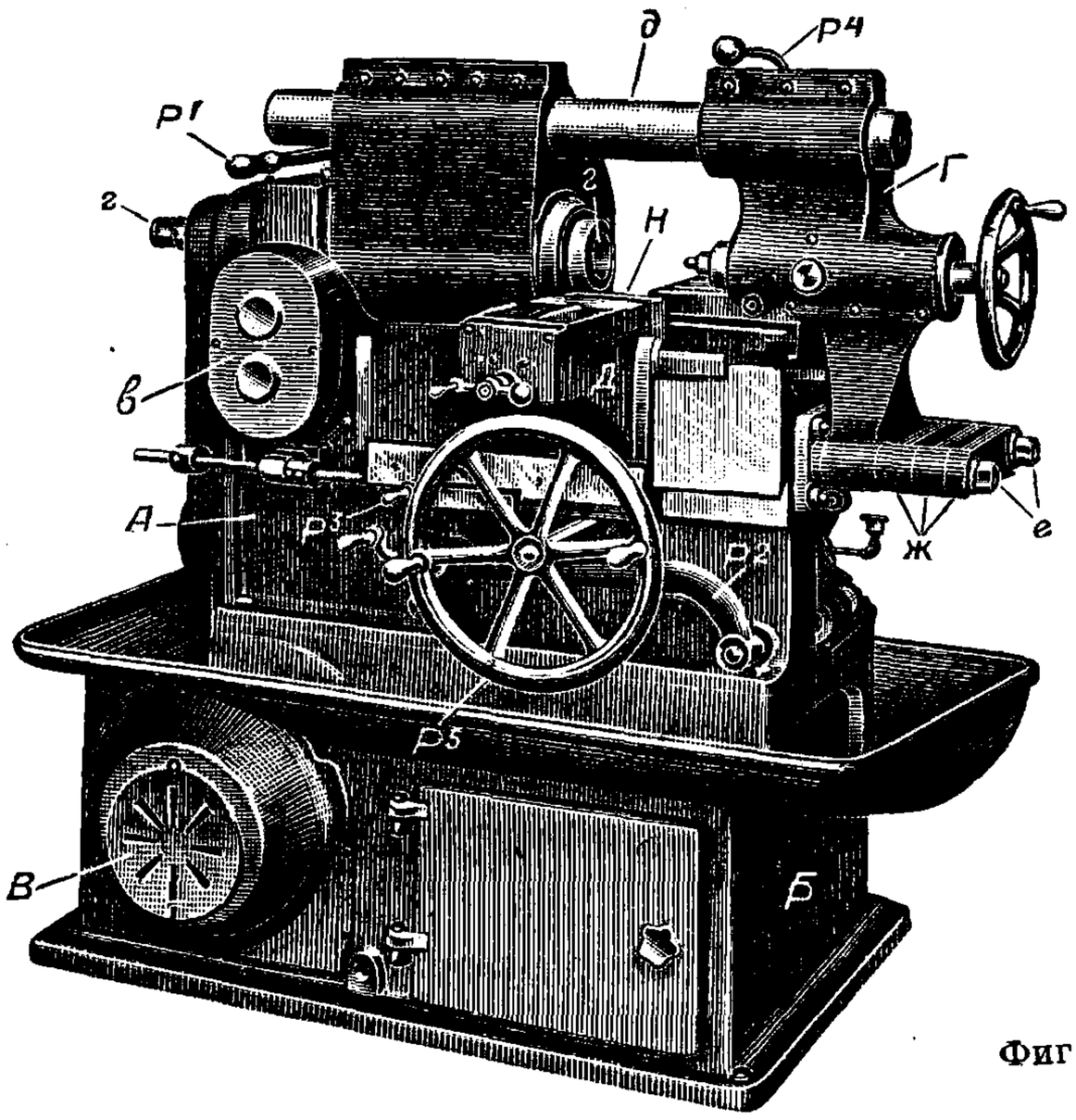
Дальнейшее увеличение производительности Т. с. пошло двумя различными путями: 1) путем ограничения работы станка одной чисто токарной работой по обточке наружной поверхности изделия, к-рая м. б. сведена к обработке в двух основных направлениях—радиальном и аксиальном и выполняется двумя постоянными наборами резцов, совершающими один продольную, а другой поперечную подачу; по этому принципу работают многорезцовые Т. с. и 2) путем усложнения работы станка стремлением окончить возможно больше отдельных операций обработки или еще лучше закончить ее совсем за один зажим; это требование ведет к применению ряда сменных наборов инструмента, сидящих на нескольких (обычно двух) поперечных супортах и на снабженном вращающимся инструментодержателем (револьверной головкой) продольном супорте; по этой схеме сконструированы револьверные станки. Оба типа станков характеризуются наличием ряда постоянных, специально устанавливаемых для обработки данной детали наборов инструмента, причем самый процесс расчета, проектирования и установки этих наборов обычно настолько

продолжителен, что применение этих типов Т. с. становится выгодным лишь при крупносерийном производстве. Управление движениями суппортов и резцедержателей совершается либо

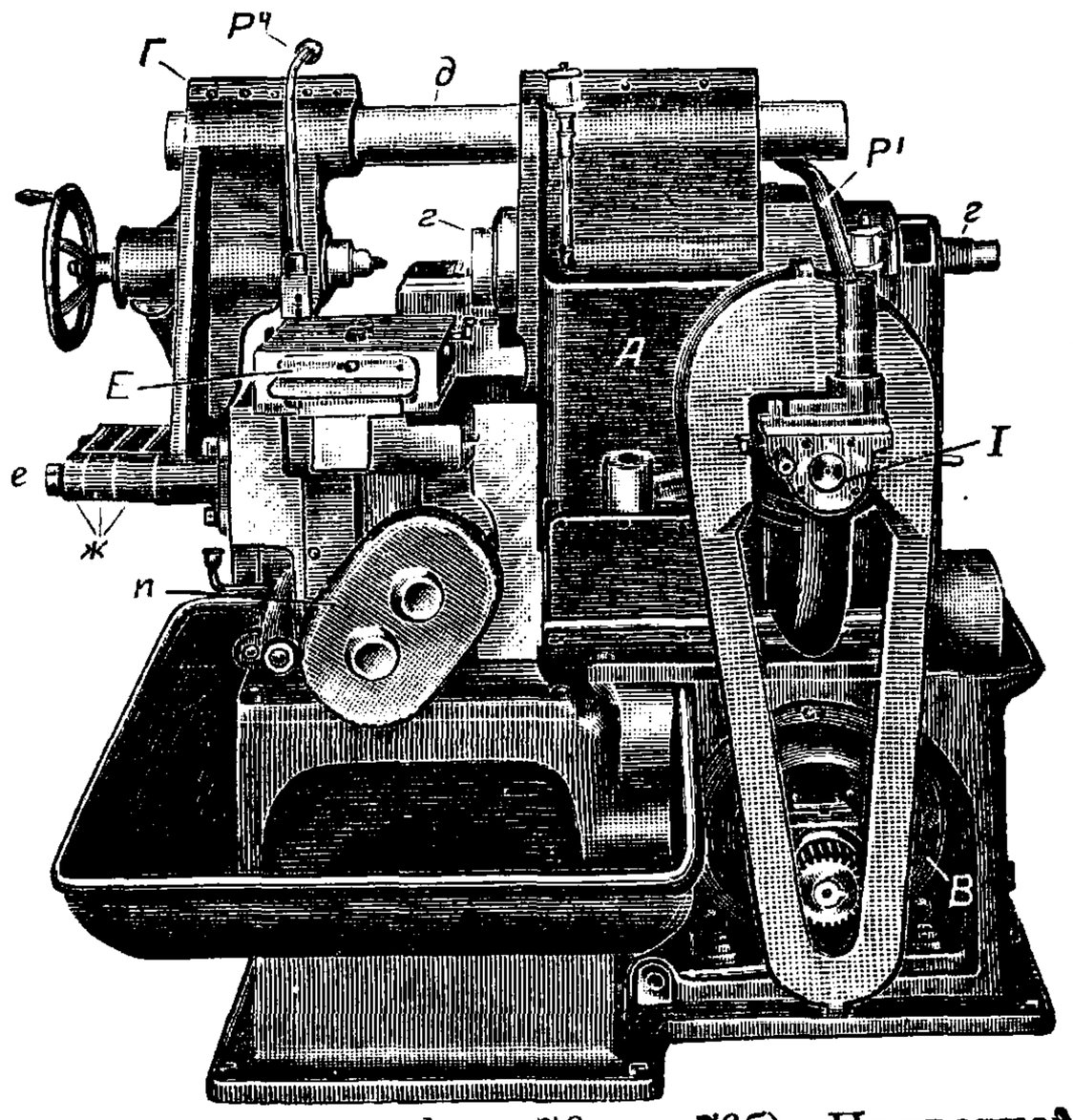


Фиг. 74.

вручную—обыкновенные многорезцовые и револьверные Т. с.—либо в большей или меньшей степени автоматизировано — многорезцовые и револьверные полуавтоматы и автоматы.

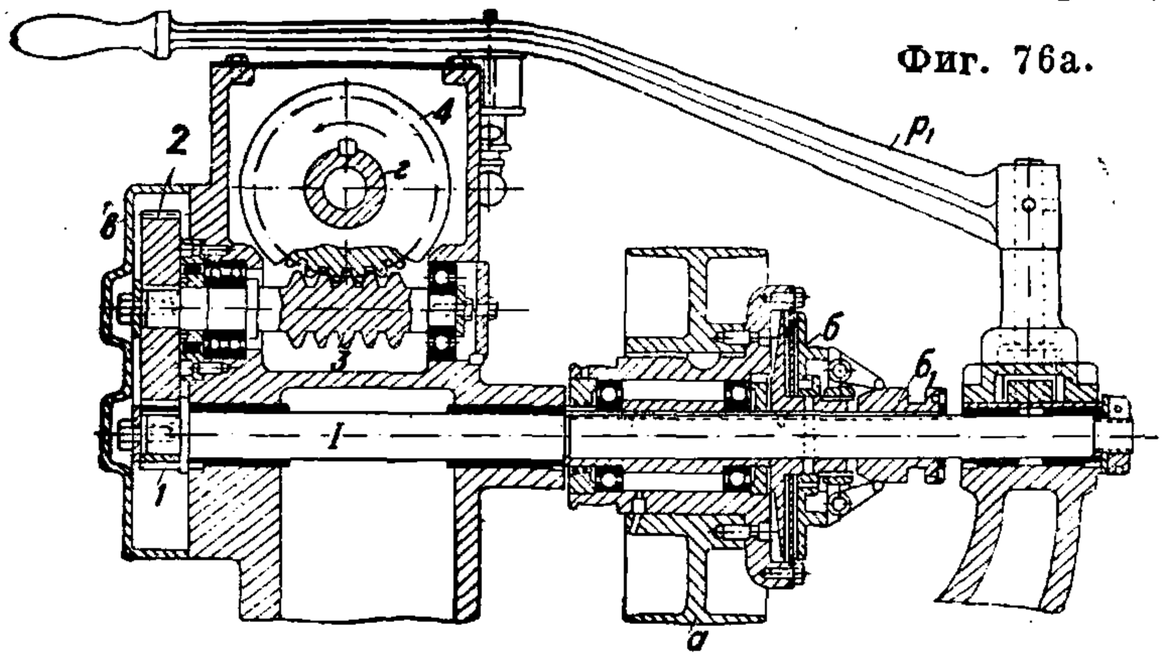


Фиг. 75.

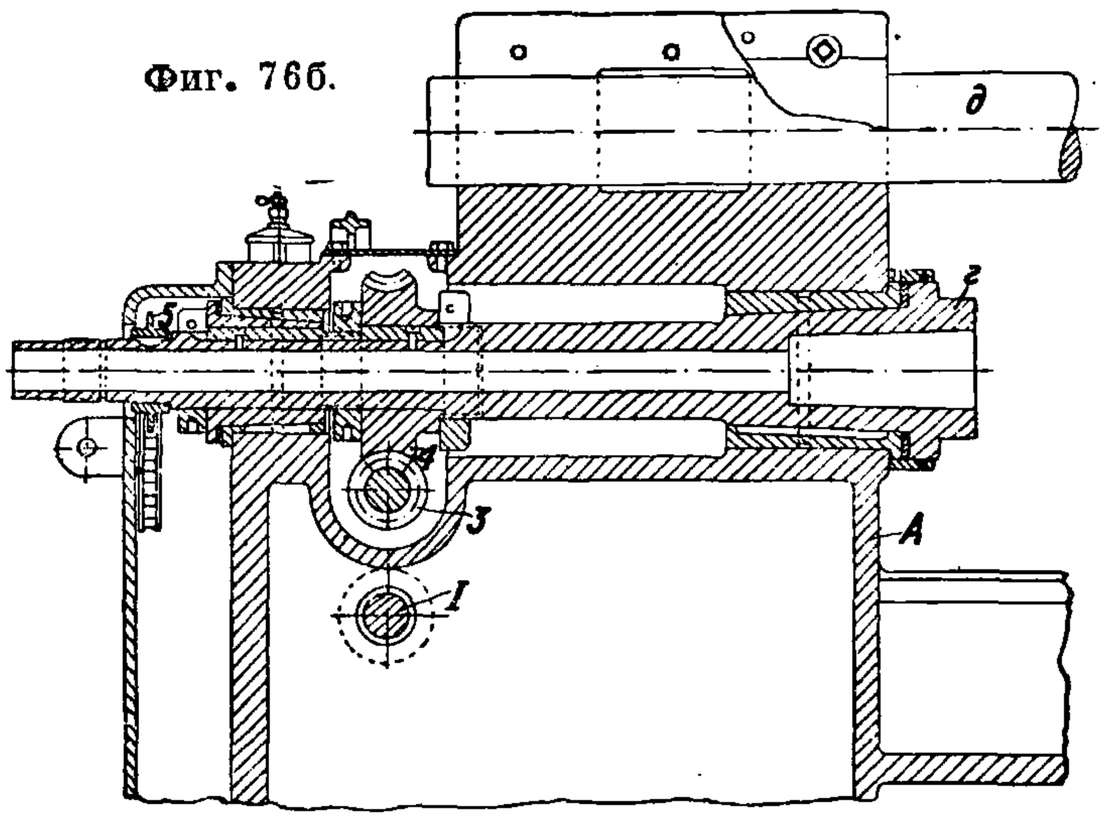


Многорезцовые Т. с. (англ. Multi-Tool Lathe, Multi-Cut Lathe, нем. Vielstahlbank, Vielschnittbank, франц. Tour à outils multiples) строятся двух основных типов. Станки первого типа (фиг. 74) предназначаются для обработки коротких серий и в силу этого должны являться б. или м. универсальными. Они в сущности представляют собой не что иное как мощную самоточку, снабженную двумя рядами суппортов: передними — исключительно для продольной и задними — для поперечной обточки. Передняя бабка снабжена коробкой скоростей обычного типа, а подача суппортов совершается через ходовые валики от нормальных коробок подач. Большее развитие сравнительно с обычными самоточками получила здесь система автоматич. остановов самоходов и переключения их на быстрое перемещение суппортов в исходное положение; последние зачастую настолько автоматизированы, что рабочему остается лишь смена обрабатываемых изделий и последующий пуск в ход станка, останавливающегося затем после законченной обработки. Для крупносерийного и массового производств станки эти невыгодны, т. к. сложная система быстрых смен скоростей и подач не м. б. использована при постоянной обработке одной детали, производимой обычно с одной скоростью и подачей. Для массового производства строят многорезцовые Т. с. упрощенного типа, напр. изображенный на фиг. 75 станок сист. Сенстренда. Станина *А* для достижения жесткости отлита заодно с передней бабкой и направляющими; в своем цоколе *Б* она несет мотор *В*, приводящий через ременную или цепную передачу поперечный вал *I* (см. также фиг. 76а и 76б). Приводной шкив *а* сидит вхолостую и сцепляется с валом *I* при помощи однодисковой фрикционной муф-

Фиг. 76а.



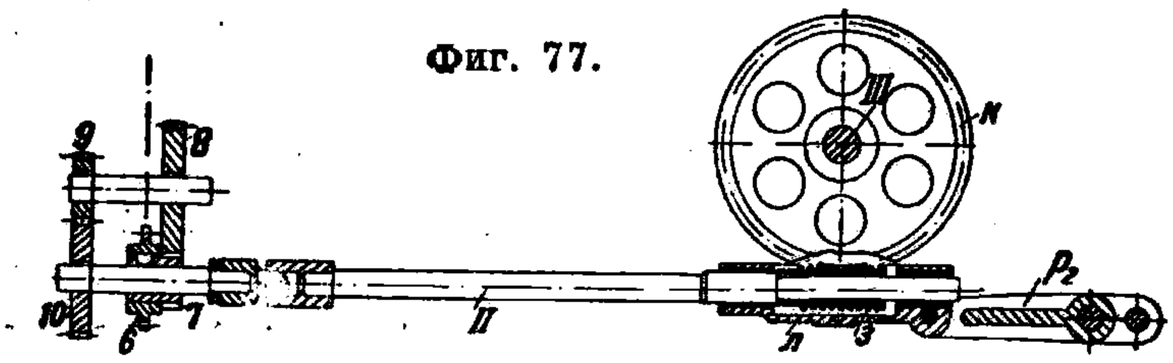
Фиг. 76б.



ты *б*, включаемой рычагом p_1; при выключенной муфте ее переводная втулка $б_1$ затормаживает вал *I* своей задней поверхностью, трущейся о подшипник. От вала *I* движение через сменные шестерни *1*, *2*, сидящие под крышкой *в*, и червячную передачу *3*, *4* передается главному

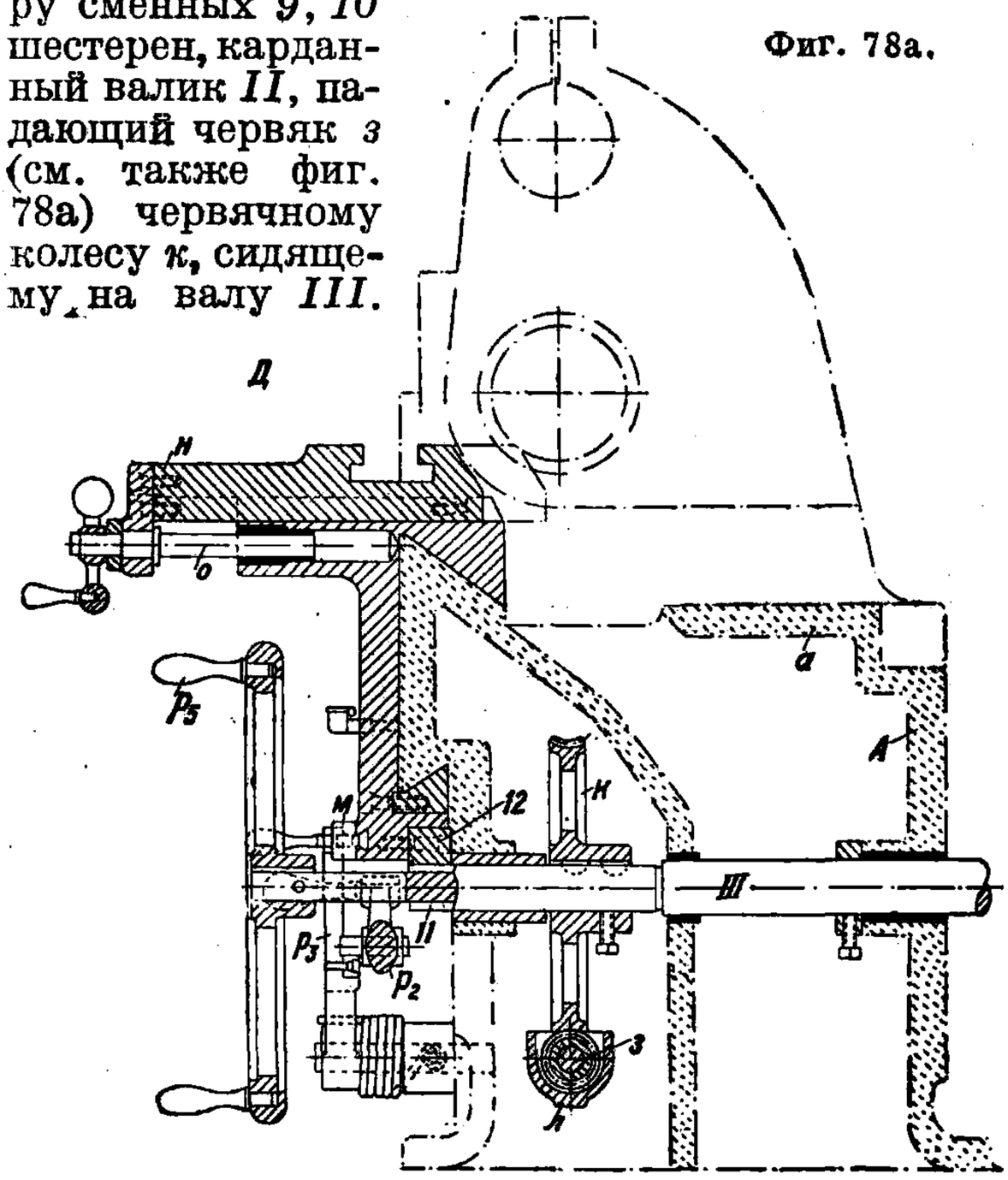
шпинделю *г*. Задняя бабка *Г* устроена т. о., чтобы, обладая достаточно жесткой связью со станиной, не мешать перемещениям обоих суппортов и не удлинять станины более, чем это

Фиг. 77.

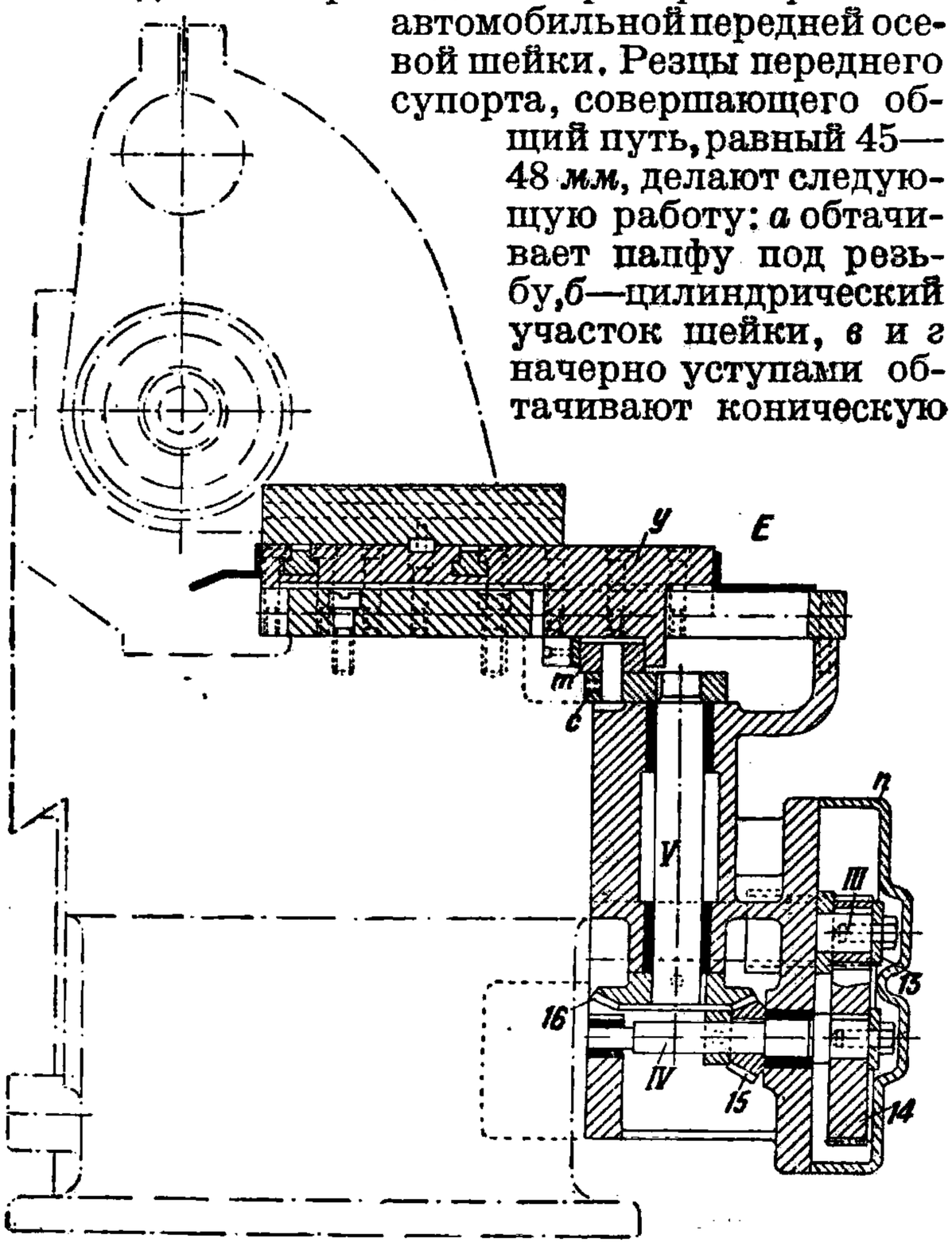


необходимо для направления супорта. Достигается это оригинальной конструкцией задней бабки, связанной со станиной рукавом *д* и двумя болтами *е*; подкладывая прокладки *жс* под траверсу бабки, можно ее отодвигать дальше от шпинделя для обточки длинных деталей. Привод обоих супортов: переднего *Д*—для продольной обточки и заднего *Е*—для поперечной производится от шпинделя через цепную передачу *5*, *6* (фиг. 77), пару постоянных *7*, *8* и пару сменных *9*, *10* шестерен, карданный валик *II*, падающий червяк *з* (см. также фиг. 78а) червячному колесу *к*, сидящему на валу *III*.

Фиг. 78а.

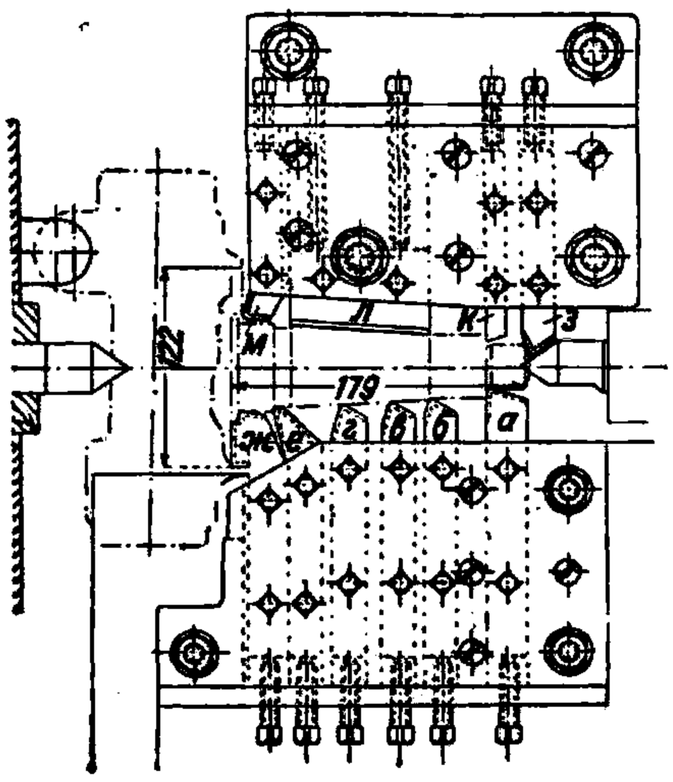


Передвижная коробка *л* червяка связана с рычагом p_2, передвижением к-рого она опускается вниз, и червяк выходит из зацепления с колесом; этот механизм используется также для автоматич. остановки подачи, для чего служит рычаг p_3, прижимаемый пружиной к штифту на рычаге p_2, к-рым последний удерживается от опускания вниз, а следовательно от расцепления червяка. Отклонение p_3 упоркой *м* на супорте освобождает рычаг p_2, падающий вниз под действием своего веса и выключающий т. о. подачи. Передний супорт *Д* (фиг. 78а) получает продольную подачу непосредственно от вала *III*, вращающего шестеренку *11*, зацепляющуюся с рейкой *12* на продольных салазках супорта. Установка резцовых салазок *н* производится от руки ходовым винтом *о*. Задний супорт *Е* (фиг. 78б) получает движение от того же вала *III* через пару сменных шестеренок *13*, *14*, сидящих в кожухе *п*, валик *IV*, конич. передачу *15* : *16* и вал *V*, на к-ром сидит кривошип *с*, палец к-рого камнем *т* перемещает взад и вперед поперечные салазки *у* супорта с резцедержателем. Остановка поперечного самохода во время работы продольного супорта м. б. осуществлена рычагом p_4; передвижение супортов вручную совершается маховиком p_5. Типичная установка инструмента для многорезцового Т. с. дана на фиг. 79 на примере обработки автомобильной передней осевой шейки. Резцы переднего супорта, совершающего общий путь, равный 45—48 *мм*, делают следующую работу: *а* обтачивает папфу под резьбу, *б*—цилиндрический участок шейки, *в* и *г* начерно уступами обтачивают коническую



Фиг. 78б.

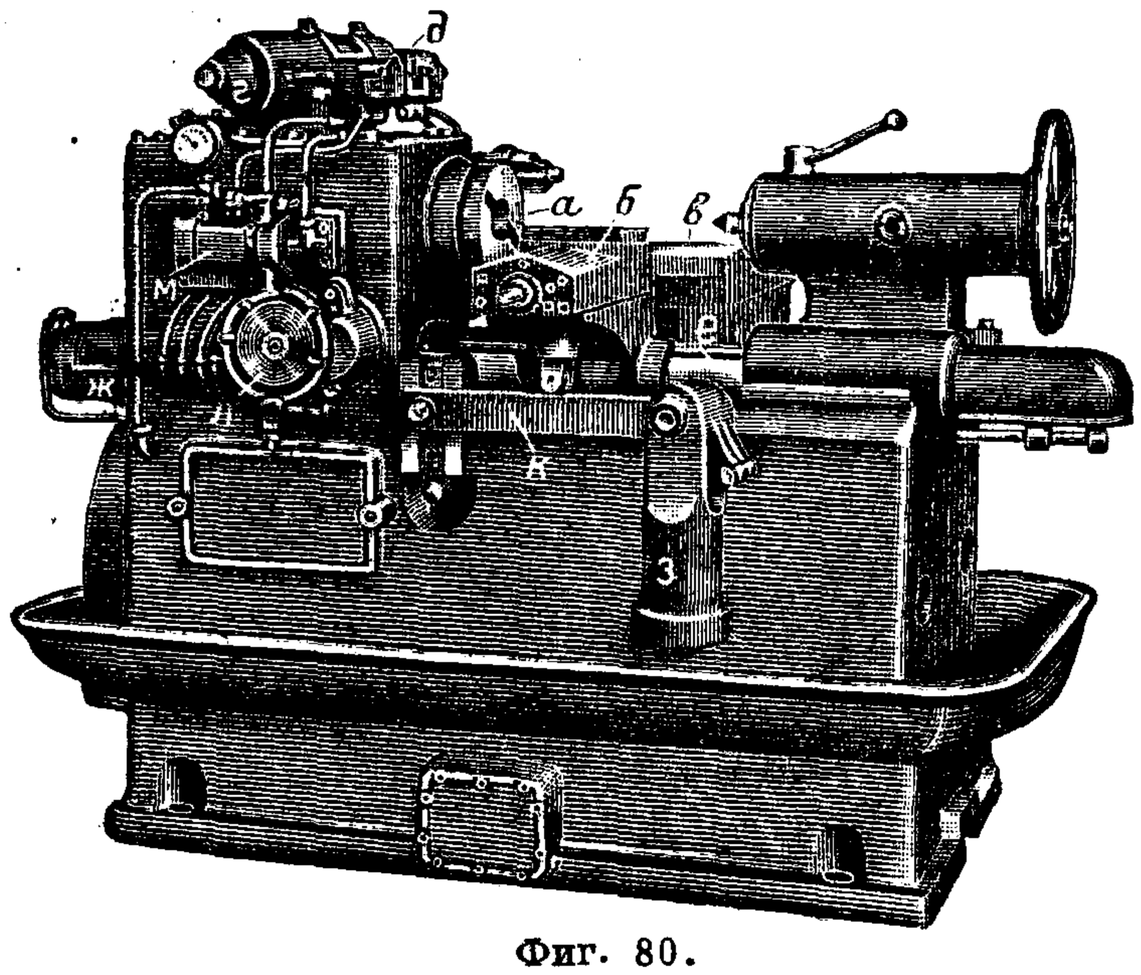
часть, *е*—цилиндрич. уступ и *жс*—цилиндрич. участок под шарикоподшипник и фасонное углубление в поворотной втулке; резцы заднего супорта обрабатывают: *з*—шаровую заточку торца, *к* подрезает уступ и вытачивает канавку, *л* начисто обтачивает конич. часть и *м* подрезает фаску выточки. Обточка детали из хромоникелевой стали прочностью на разрыв 70 *кг/мм²* продолжается всего 8 мин. Быстрота возвращения супортов в их исходное положение и связанные с этим малые потери времени при работе на многорезцовых Т. с. привели к тому, что типичные станки этого рода редко делают автоматическими, если это связано с значительным усложнением конструкции.



Фиг. 79.

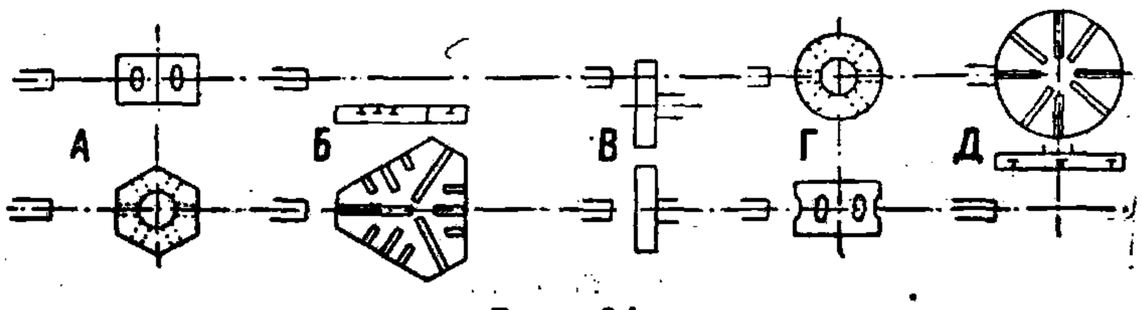
На фиг. 80 изображен автоматический многорезцовый Т. с. с гидравлич. приводом, у к-рого полная автоматизация движений супортов лишь незначительно усложняет конструкцию станка. Передняя бабка и станина для большей жесткости отлиты заодно: первая несет в роликовых подшипниках главный шпиндель *а*, вращаемый по часовой стрелке через две зуб-

чатые передачи, из к-рых одна сменная. Гидравлич. подача обоих супортов—переднего *б* для продольной и заднего *в* для поперечной обточки—осуществляется от двух отдельных насосов *г* и *д*, приводимых во вращение от главного шпинделя. Передний супорт сидит непосред-



Фиг. 80.

ственно на продолжении *е* штока поршня гидравлического цилиндра *жс* продольного самохода; поперечное перемещение переднего супорта осуществляется подъемом гидравлическим цилиндром *з* линейки *к*, на которую опирается ролик супорта. Независимое управление



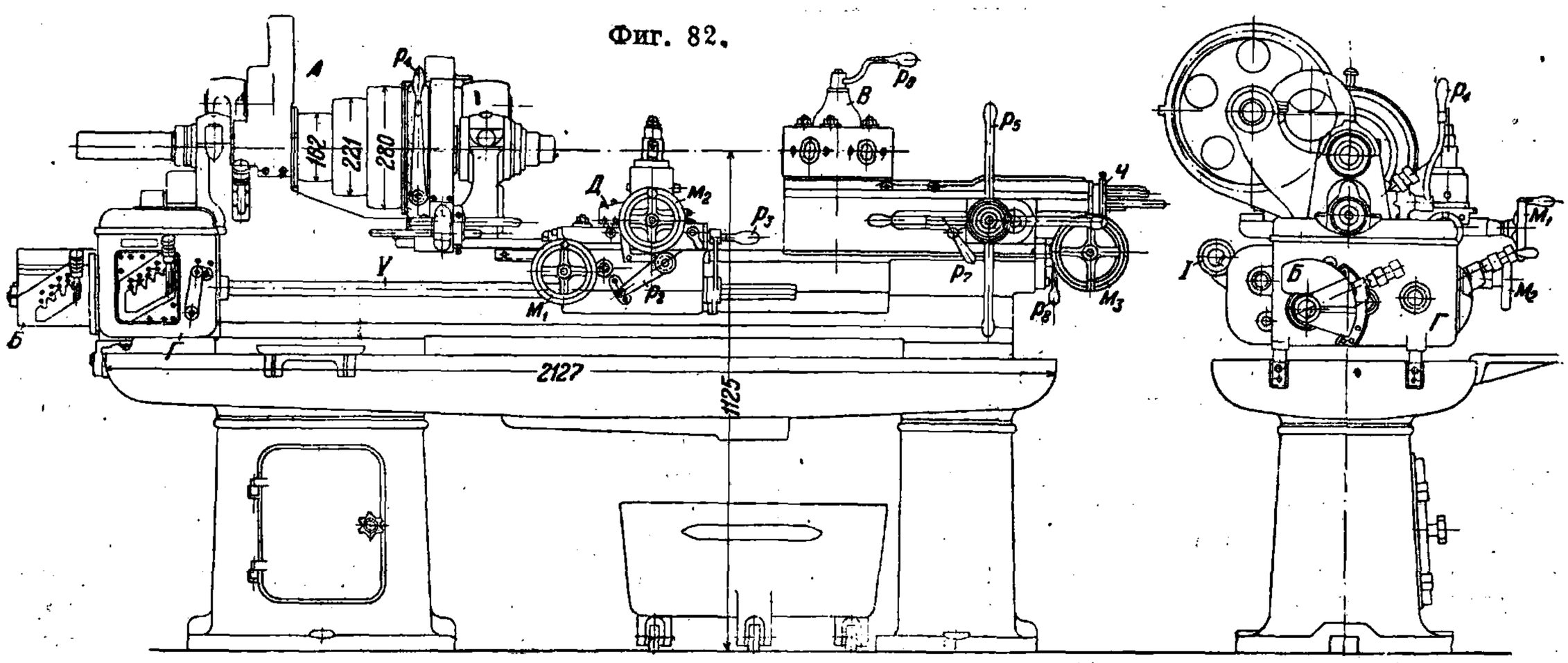
Фиг. 81.

обоими супортами производится отдельным для каждого диском *л* с переставными упорками, перемещающими в нужном направлении рычаги распределительных золотников *м*. Для быстрого перемещения обоих супортов в исходное положение имеется отдельный насос. Скорость шпинделя 115—625 об/м., подача 0,025—2,5 *мм*/об. шпинделя.

(англ. Capstan Lathe, Chucking Lathe, Turret Lathe, нем. Revolverdrehbank, франц. Tour revolver, tour semiautomatique, tour à tourelle), отличительной особенностью к-рых является наличие поворотной револьверной головки. В остальном они делаются упрощенного типа (англ. Capstan Lathe) с подачей супорта и головки только от ходового валика и более совершенной конструкции (англ. Turret Lathe); последние разделяются на станки, предназначенные для работы из штанги (англ. Chucking Lathe, нем. Stangenrevolver) и для патронных работ над штучными деталями (англ. Turret Lathe, нем. Futterrevolver).

По типу револьверной головки различают станки с вертикальной, обычно шестигранной, головкой (фиг. 81, А), горизонтальным дисковым револьвером (фиг. 81, Б), с вертикальной поперечной дисковой головкой (фиг. 81, В), с горизонтальной поперечной головкой (фиг. 81, Г) и с вертикальной продольной дисковой головкой (фиг. 81, Д). Револьверный Т. с. первого типа изображен на фиг. 82; в общей схеме устройства станок мало отличается от обычной самоточки. Передняя бабка *А* с трехступенным шкивом и включаемым ручкой p_4 фрикционным перебором отличается от нормальной устройством приспособления для подачи через пустотелый шпиндель *а* (фиг. 83) и зажима прутkового материала; приспособление действует сл. обр.: подача материала совершается очком *б*, перемещаемым по направляющим *в* храповой рейкой *г*, приводимой в движение муфтой *д*, передвигаемой через зубчатую рейку *1* и шестеренку *2* ручкой p_1. При вращении последней вправо очко *б* упирается в кольцо *е*, зажатое на прутке, и подает его вправо, пока он не упрется об упорку на револьверной головке, ограничивающую подачу материала. При обратном движении ручки муфта *д* одновременно с рейкой *г*, проскальзывающей под очком *б*, перемещает влево втулку *жс*, раздвигающую в своем конечном положении рычажки *з*, *з*, сидящие на осях на шпинделе и продвигающие вправо трубу *и* зажима. Последняя вжимает конусную зажимную втулку *л* в патрон *н* и т. о. закрепляет пруток в патроне. Длинный прорез в муфте *д* обусловливает отжатие втулки *л* до начала движения очка *б* вместе с прутком. От шпинделя че-

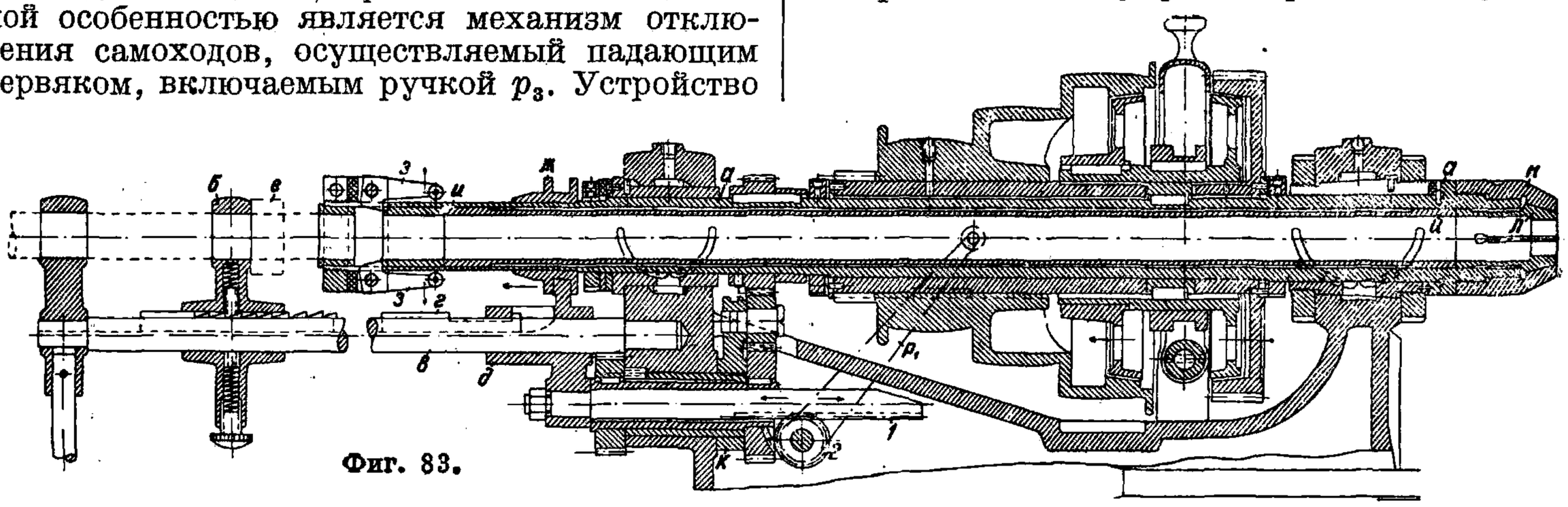
Фиг. 82.



Стремление обработать возможно бо́льшую часть сложной детали за один зажим привело к созданию револьверных станков

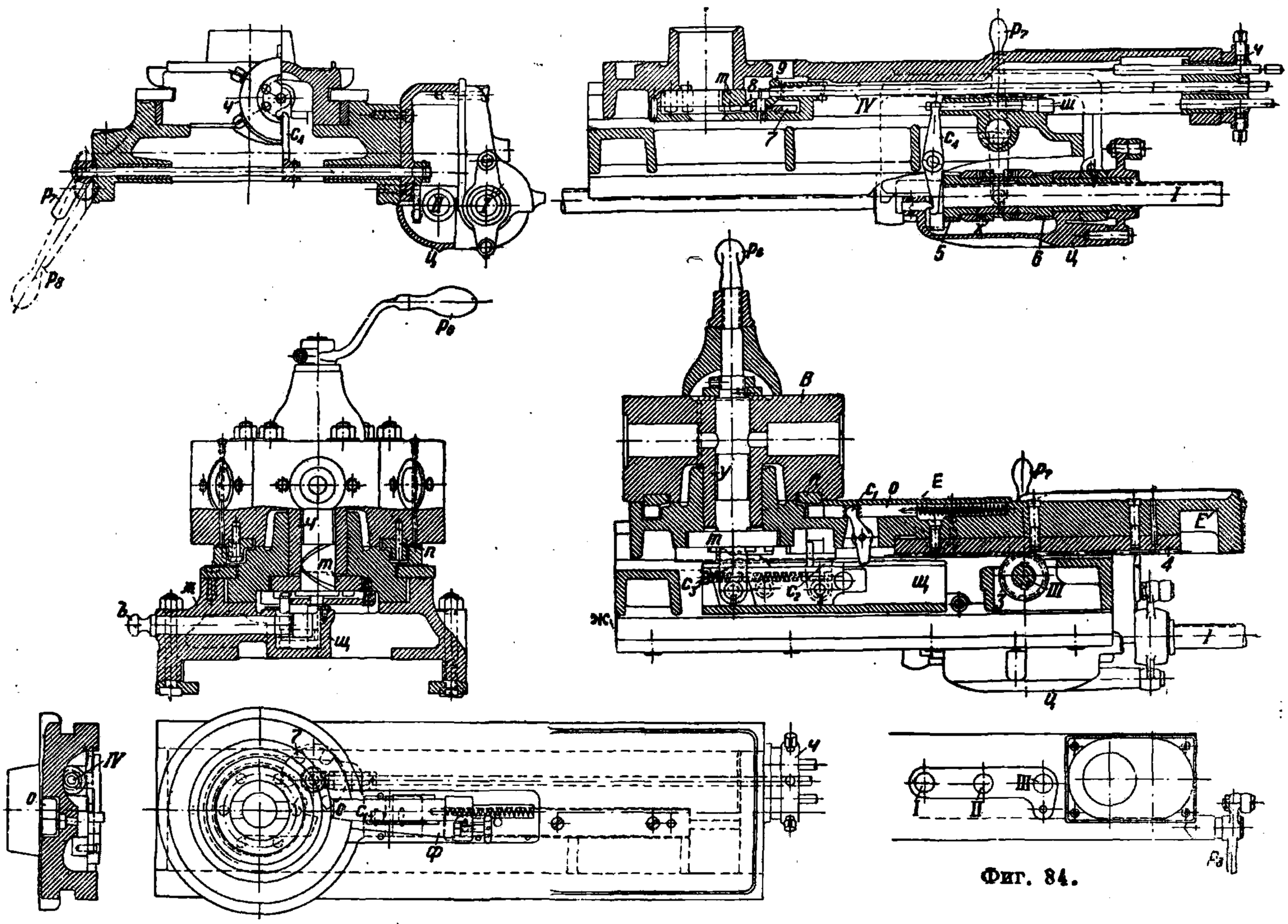
рез нормальный трензель *к* и сменные шестерни получают движение обе нортоновы коробки подач: *Б* (фиг. 82)—для револьверной головки

В и *Г*—для поперечного супорта *Д*. Последний имеет упрощенную конструкцию, т. к. состоит только из продольных и поперечных салазок; он имеет продольный реечный и поперечный самоходы (от ходового валика *V*), переключаемые рычагом p_2; маховички $м_1$ и $м_2$ служат для ручной подачи в обоих направлениях. Отличительной особенностью является механизм отключения самоходов, осуществляемый падающим червяком, включаемым ручкой p_3. Устройство



Фиг. 83.

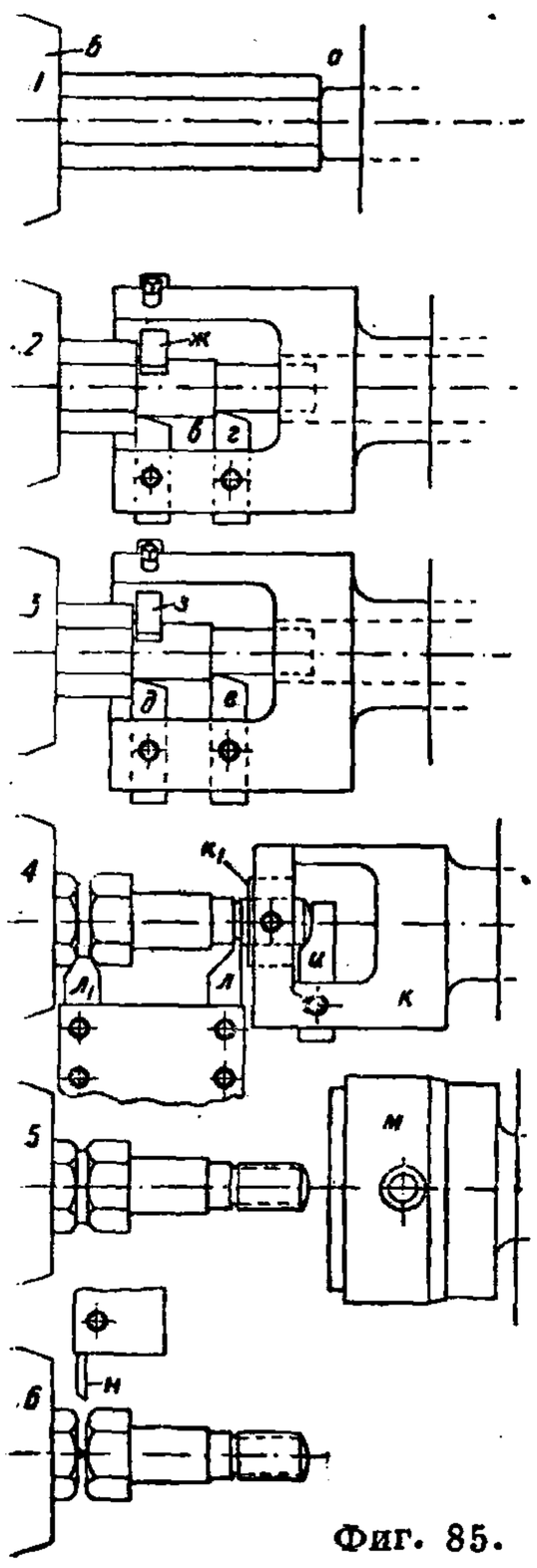
револьверного супорта показано на фиг. 84; головка *В* сидит на револьверных салазках *Е*, скользящих по направляющим нижних салазок *Ж*, ходящих по станине станка; последние устанавливаются с помощью маховичка $м_3$ в необходимом расстоянии от передней бабки. салазках собачка c_2 зацепляет c_1, отводит назад задвижку *о* и держит ее открытой, пока c_1 не соскочит с c_2. За это время поворотный диск *m*, снабженный шестью штифтами и скрепленный выступом на нем и вырезом в хвостовике *у* головки с последней, натолкнется одним из штифтов на собачку c_3 и повернет головку на $^1/_6$ оборота; при дальнейшем движении назад собачка c_1 соскочит с c_2 и заблокирует головку. При движении вперед обе собачки c_2 и c_3 свободно пропустят штифт диска и собачку c_1. Игра задвижки в ее направляющих уничтожается клином *ф*. Для разгрузки задвижки при



Фиг. 84.

Передвижение револьверных салазок осуществляется вручную крестовиной p_5, сидящей на валу *Ш*, на к-ром заклинена шестеренка *3*, зацепляющаяся с рейкой *4* на салазках. Револьверная головка при отводе ее назад д. б. повернута на $^1/_6$ оборота и затем блокирована. Блокировка головки осуществляется задвижкой *о*, входящей в пазы кольца *n*, и передвигаемой собачкой c_1; при отводе салазок назад сидящая в нижних тяжелых пасах головку затягивают болтом с помощью гайки с рукояткой p_6. Револьверные салазки имеют продольный самоход, получающий движение от ходового валика *I*, вращаемого нортоновой коробкой *Б* с 10 различными скоростями, через кулачковую муфту *x*, сцепляемую рычагом p_7 с любой из двух шестеренок *5* и *6*, зацепляющихся с двумя другими шестеренками, сидящими на валике *II* падающего

червяка, вращающего при поднятой червячной коробке *ц* червячную шестерню на валу *III* шестеренки *3*. Точный останов самохода револьверных салазок для любого из шести рабочих положений головки *B* осуществляется вращающимся остановом *ч*, связанным с головкой мальтийским колесом *7*, поворачиваемым при каждом переключении головки на $^1/_6$ оборота штифтами диска *m* и вращающим останов через пару конич. шестеренок *8*, *9* и валик *IV*. В останове *ч* помещаются шесть упорок, устанавливаемых каждая на требуемую длину хода. При подаче револьверных салазок вперед находящаяся в данный момент внизу упорка натолкнется на палец останова *ш* и повернет собачку c_4, удерживающую коробку *ц* падающего червяка. Для останова самохода вручную служит рукоятка p_7 (фиг. 82), сидящая на одном валу с собачкой c_4, а для обратного подъема коробки и зацепления червяка с колесом—ручка p_8.



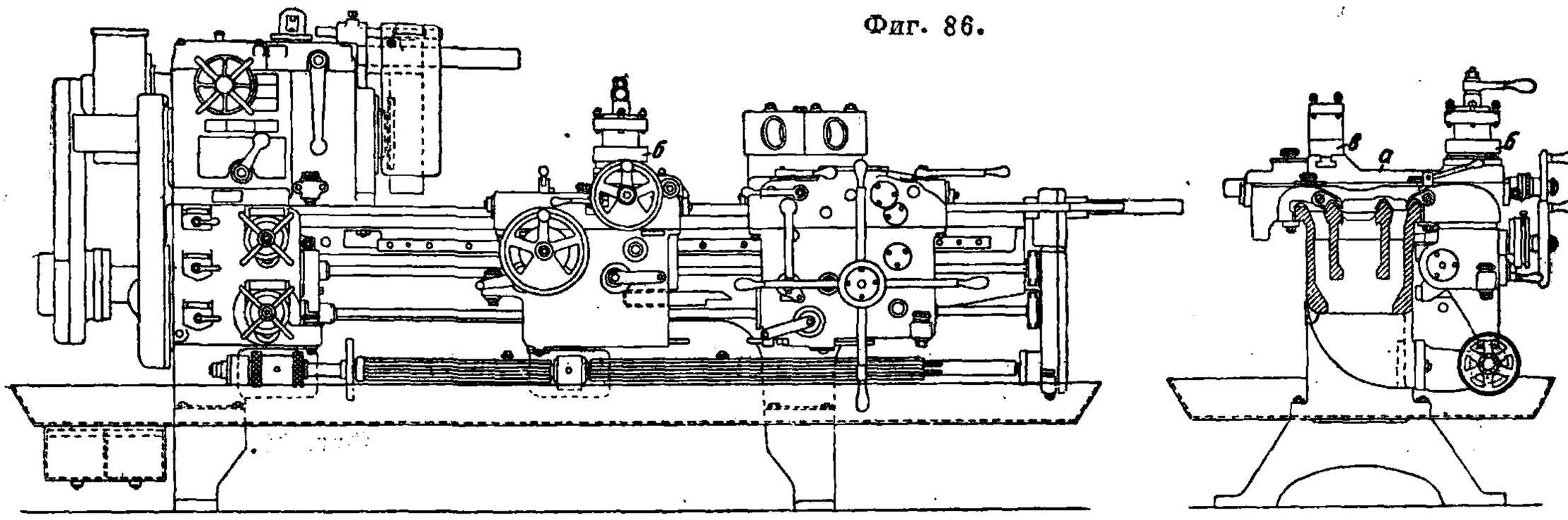
Фиг. 85.

Для установки необходимой для переключения головки величины отвода назад револьверных салазок, к-рая меняется в зависимости от длины обрабатываемого изделия, коробка *щ*, содержащая собачки c_2 и c_3, укрепляется в соответственном положении в прорезе салазок *Ж* штырем *з*, вставляемым в одно из трех отверстий *I*, *II* или *III* в корпусе салазок. В качестве примера обработки на револьверном Т. с. на фиг. 85 представлена обточка болта из шестигранного прутка: 1-я операция—подача материала до упора *а* и зажим в патроне *б*; 2-я и 3-я операции—черновая и чистовая обточки тела болта наборами из двух резцов *в*, *г* и *д*, *е* с угловыми люнетами *жс* и *з*; 4-я операция—подрезка торца болта резцом *и*, зажатым в державке *к* с направляющей втулкой $к_1$, и одновременная проточка канавок резцами *л* и $л_1$ с переднего резцедержателя поперечного суппорта; 5-я операция—нарезание резьбы самораскрывающейся винторезной головкой *м*; 6-я операция—отрезка готового болта резцом *н* с заднего резцедержателя поперечного супорта.

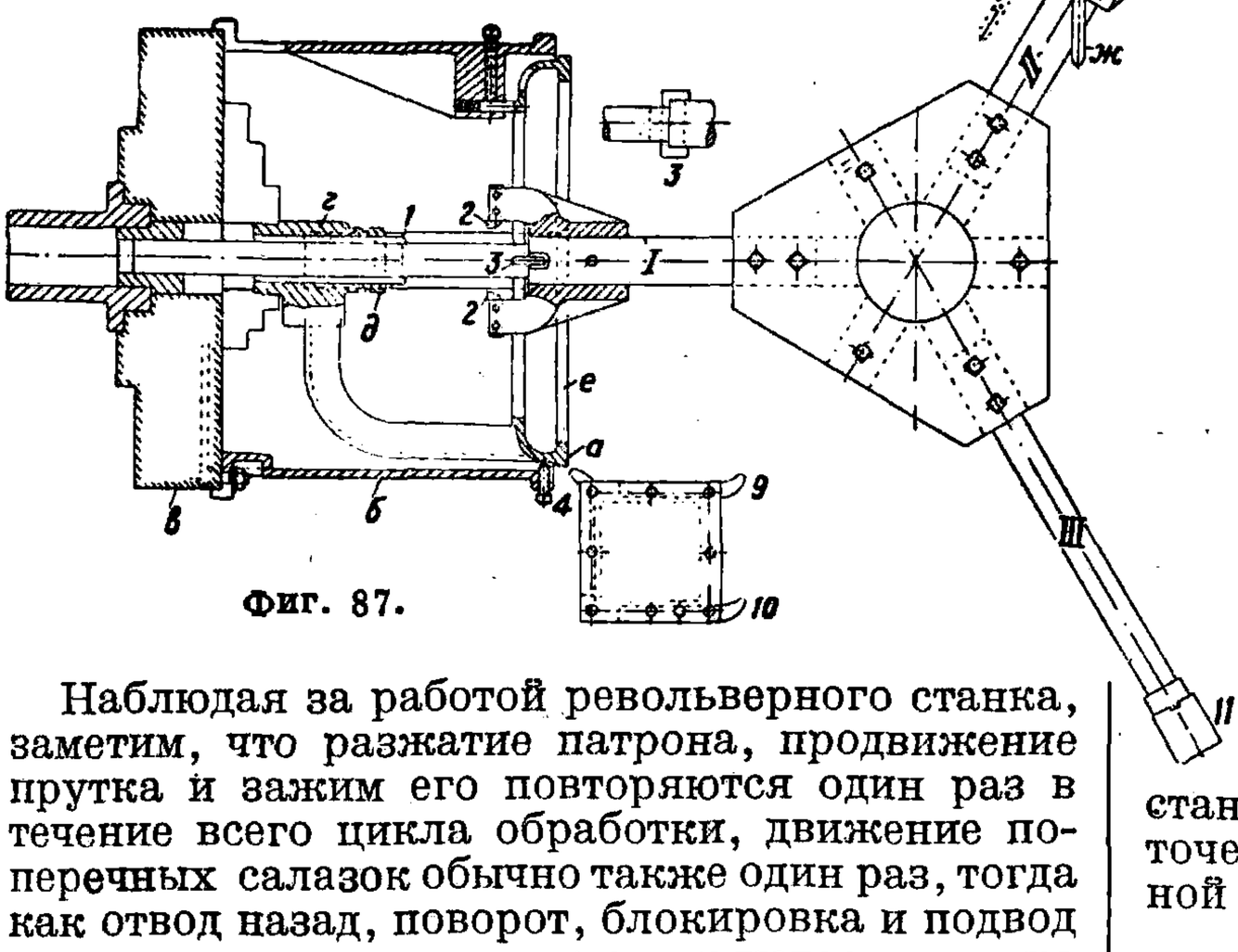
Сложные револьверные Т. с. (фиг. 86) не имеют принципиальных отличий от описанного выше станка, они лишь снабжаются более современными механизмами коробок скоростей и подач, механизированными быстрыми передвижениями револьверного супорта, салазок и поперечного супорта, иногда ходовыми винтами для нарезания резьбы и пр. Поперечные салазки *а* обычно несут два резцедержателя: один—передний *б* с квадратной головкой для четырех резцов—для продольной и поперечной обточки и другой—задний *в*—для отрезного резца. В качества примера на фиг. 87 показана обработка щита электромотора на тяжелом револьверном станке. Щит *а* зажимается по окружности в особом приспособлении *б*, приболченном к патрону *в* станка; подшипник щита зажат кулаками патрона. 1-я операция—борштанга *I* ножом *1* растачивает отверстие подшипника *г*, двумя резцами *2*, *2* обтачивает начерно наружную поверхность и ножом *3*—торцовую поверхность втулки *д*; одновременно поперечный супорт резцом *4* обтачивает начерно торцовую поверхность фланца *е* щита. 2-я операция—борштанга *II* ножами *5* и *7* и резцами *6*, *6* обтачивает начисто подшипник *г* и его втулку *д*; одновременно резцами *9* и *10* на поперечном супорте обтачивают начисто фланец *е*. По достижении борштангой *II* наиболее глубокого положения самоход револьверных салазок выключают и, действуя рычагом *жс*, протачивают канавку на втулке *д* резцом *8*, закрепленным в ползуне *з*, перемещаемом зубчаткой, связанной с рычагом *жс*. 3-я операция—развертывание отверстия подшипника разверткой *11*, укрепленной на оправке *III*.

Движения рабочего при обслуживании револьверного Т. с. настолько несложны, что было сравнительно нетрудно автоматизировать их полностью и создать т. о. одношпиндельный автоматический револьверный Т. с., или автомат (англ. Automatic Lathe или просто Automatic, нем. Revolverautomat, Einspindelautomat, франц. Tour automatique monobroche). Главными частями автомата являются передняя бабка, установленная на станине, поперечный супорт, револьверная головка и распределительный механизм. По роду работы и устройству передней бабки различают станки для работы из прутка (англ. Automatic Screw Lathe, нем. Stangenautomat, Selbstätige Fasson- oder Schraubendrehbank, франц. Tour automatique pour travail dans la

Фиг. 86.



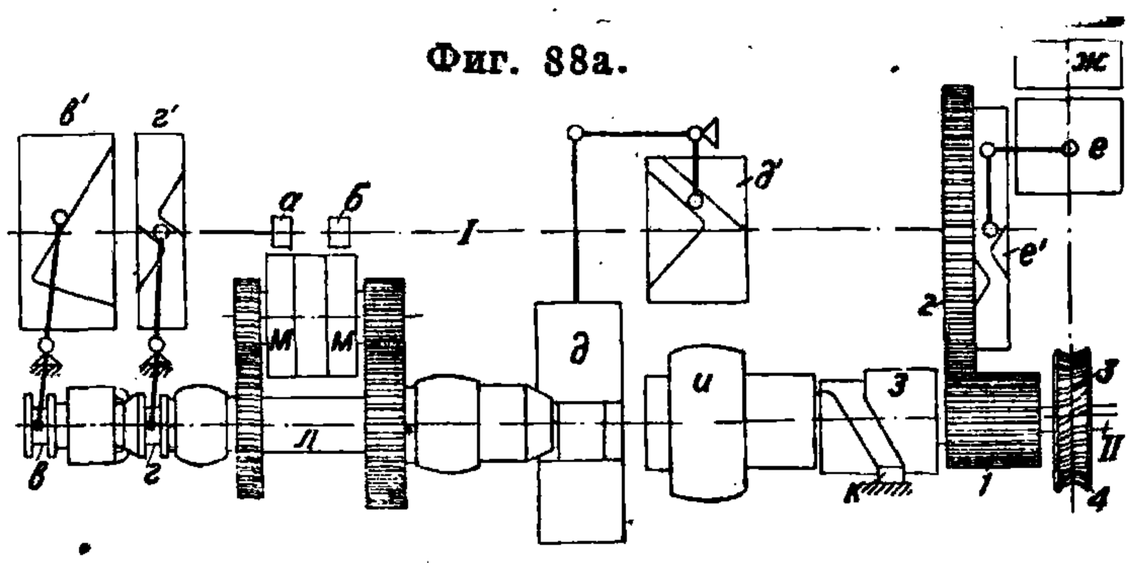
barre) и для патронной работы, т. е. для обработки штучных частей; последние называют также полуавтоматами (англ. Automatic Chucking Lathe, нем. Futterautomat, Selbstätige Drehbank für Futterarbeiten, франц. Tour automatique pour travail en mandrin). По системе управления различают автоматы с одним распределительным валом (по Келле Mehrkurvensystem), с двумя распределительными валами (по Келле Einkurvensystem) и с вспомогательным валом (по Келле Hilfskurvensystem).



Фиг. 87.

Наблюдая за работой револьверного станка, заметим, что разжатие патрона, продвижение прутка и зажим его повторяются один раз в течение всего цикла обработки, движение поперечных салазок обычно также один раз, тогда как отвод назад, поворот, блокировка и подвод револьверных салазок повторяются столько раз, сколько сторон в револьверной головке. В соответствии с этой схемой была разработана система с двумя валами (фиг. 88а), в к-рой управление переводными рычагами *а* и *б* приводных ремней, подачей материала *в*, его зажимом *г*, перемещением поперечных салазок *д* и коробкой подач *е*, приводимой в движение ременным шкивом *ж*, производится кривыми на соответственных барабанах *в′*, *г′*, *д′* и *е′*, сидящих на распределительном валу *I*, совершающем один

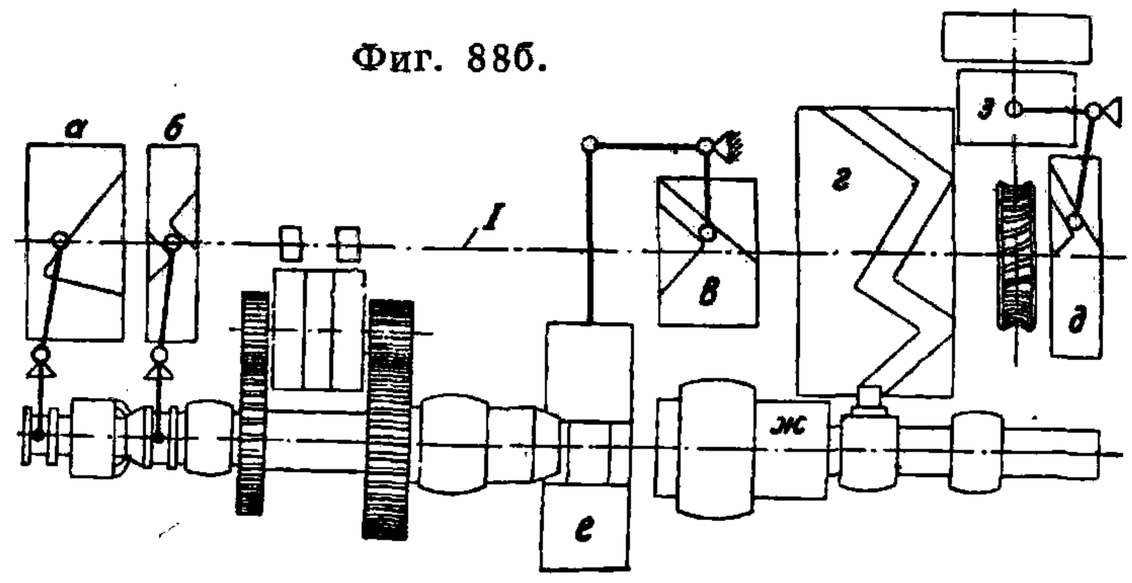
Фиг. 88а.



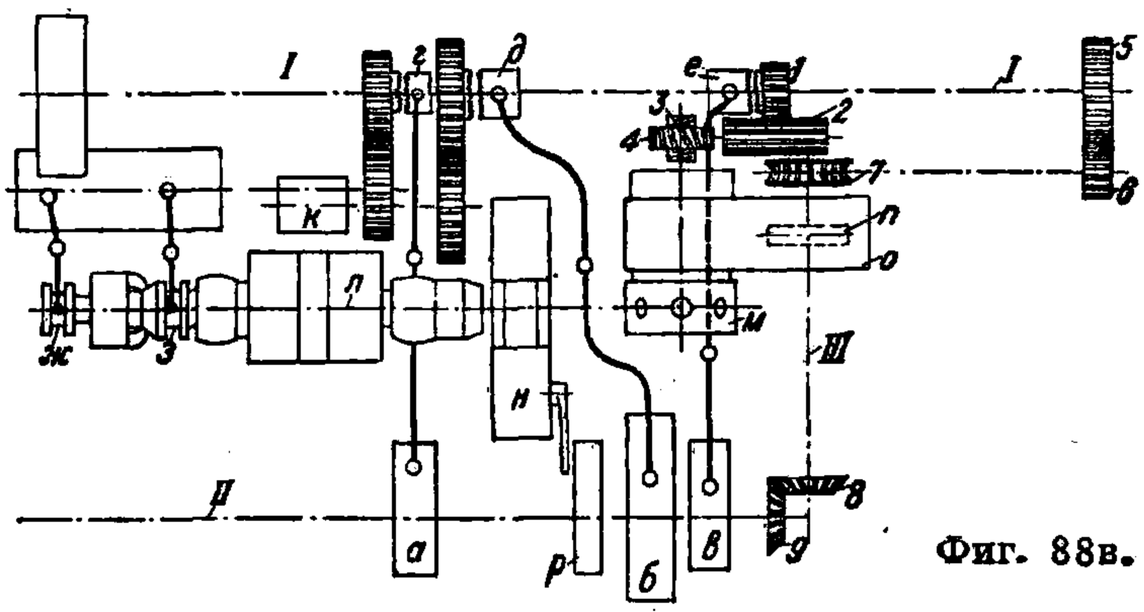
оборот за цикл и приводимом во вращение от второго распределительного вала *II* шестернями *1*, *2*. Вал *II* получает вращение через червячную передачу *3*, *4* от коробки подач *е*; на нем сидит револьверная головка *и*, подаваемая каждый раз вперед и назад фасонной канавкой барабана *з*, в к-рой ходит неподвижно скрепленный со станиной палец *к*. Главный шпиндель *л* приводится во вращение шкивами *м*, *м*. Основным недостатком этой системы является одинаковый ход револьверной головки для всех ее положений, тогда как требуемые пути, вообще говоря, различны для каждого набора инструмента, следствием чего является значительная потеря времени. По этому типу построены автоматы системы Кливленд (фирмы Кливленд, Питтлер) и полуавтоматы сист. Поттер и Джонсон (фирмы Поттер и Джонсон, Питтлер, Магдебургский маш. з-д, Герберт). Схема механизма управления с одним распределительным валом *I* изображена на фиг. 88б; на этом валу сидят все барабаны и кулаки, управляющие: *а* и *б* — продвижением и зажимом материала, *в* — поперечными салазками *е*, *г* — револьверной головкой, *жс* и *д* — коробкой скоростей *з*. В этом случае ход револьверной головки м. б. установлен соответственно потребностям каждого хода обработки, но, с другой стороны, сравнительно малый размер, занимаемый на барабане *г* серией кривых для одного хода головки, не позволяет производить достаточно быстрого отвода ее обратно и поворота. По этому типу построены автоматы системы Спенсер (фирмы Леве, Герберт, Самсонверке), Джони и Шанк и Гридлей (фирмы Гассе и Вреде, Гильдемейстер, Питтлер, Гейденрейх и Гарбек, Акме).

Недостатки обеих описанных систем, в особенности для быстроходных мелких автоматов, привели к созданию системы с быстро вращающимся вспомогательным валом *I* (фиг. 88в), который и совершает непосредственно перемещения органов станка, управление же этими органами сосредоточено на медленно вращающемся с постоянной скоростью распределительном валу *II*.

Фиг. 88б.



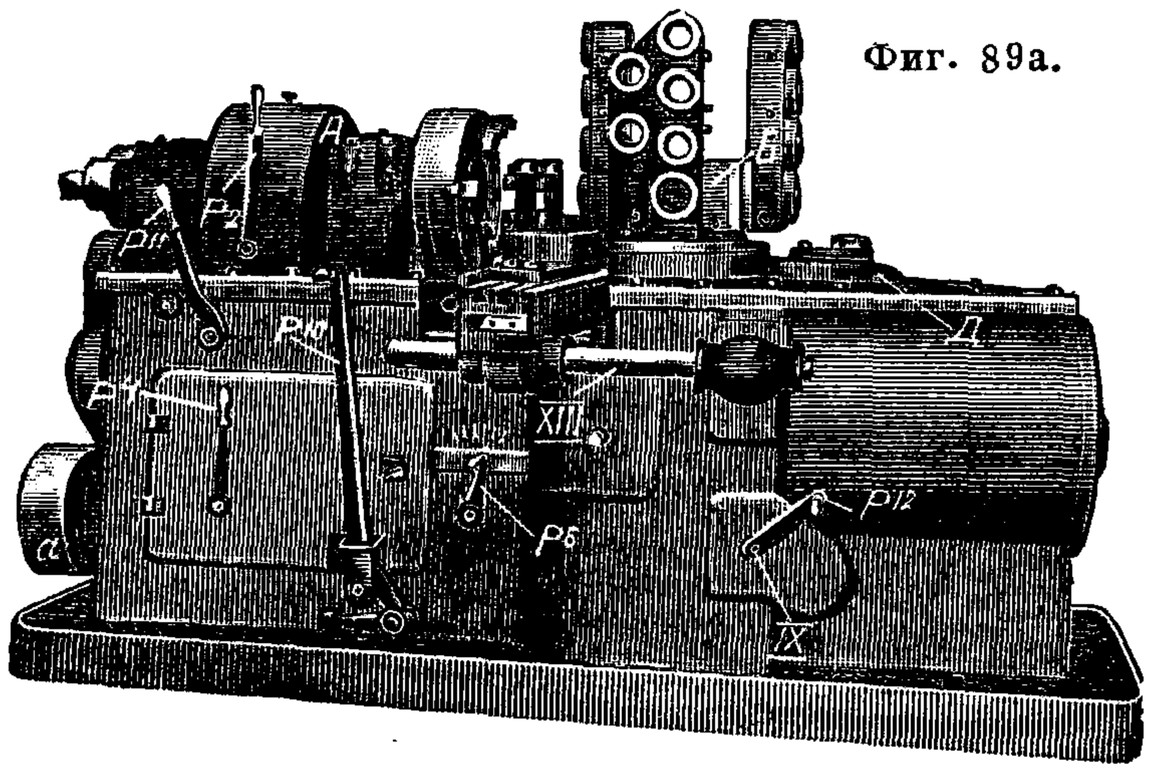
Сидящие на последнем кулачки *а*, *б* и *в* управляют включением и выключением муфт *г*, *д* и *е*, сцепляющих с валом *I* механизмы: подачи *жс* и закрепления *з* материала, переключения скоростей и направления вращения *к* главного шпинделя *л* и механизм поворота револьверной головки *м* (состоящий из двух зубчатых передач: цилиндрической *1*, *2* и винтовой *3*, *4*). Рабочее движение как поперечных *н*, так и револьверных *о* салазок производится от вала *II* и связанного с ним также медленно вращающе-



Фиг. 88в.

гося вала *III* посредством кулаков *п* и *р*. Валы *II* и *III* приводятся во вращение от *I* через сменные шестерни *5*, *6*, червячную пере-

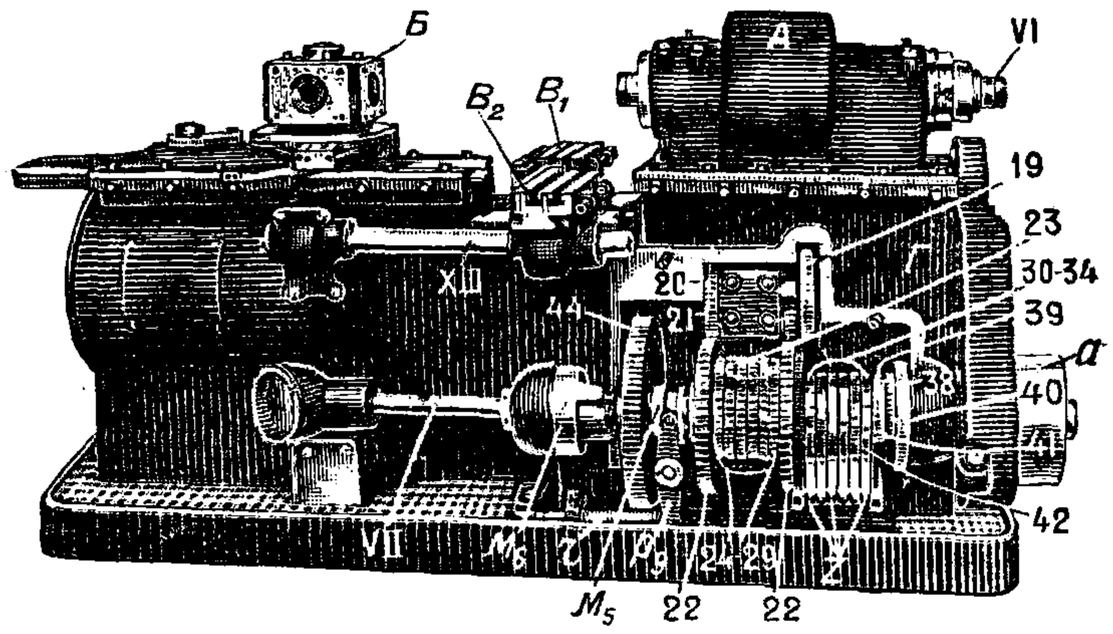
дачу 7 и пару конич. зубчаток 8, 9. Преимуществами этой системы являются индивидуализированная для каждого хода подача револьверной головки, быстрота вспомогательного машинного времени, постоянство скорости вращения распределительного вала. По этому типу



Фиг. 89а.

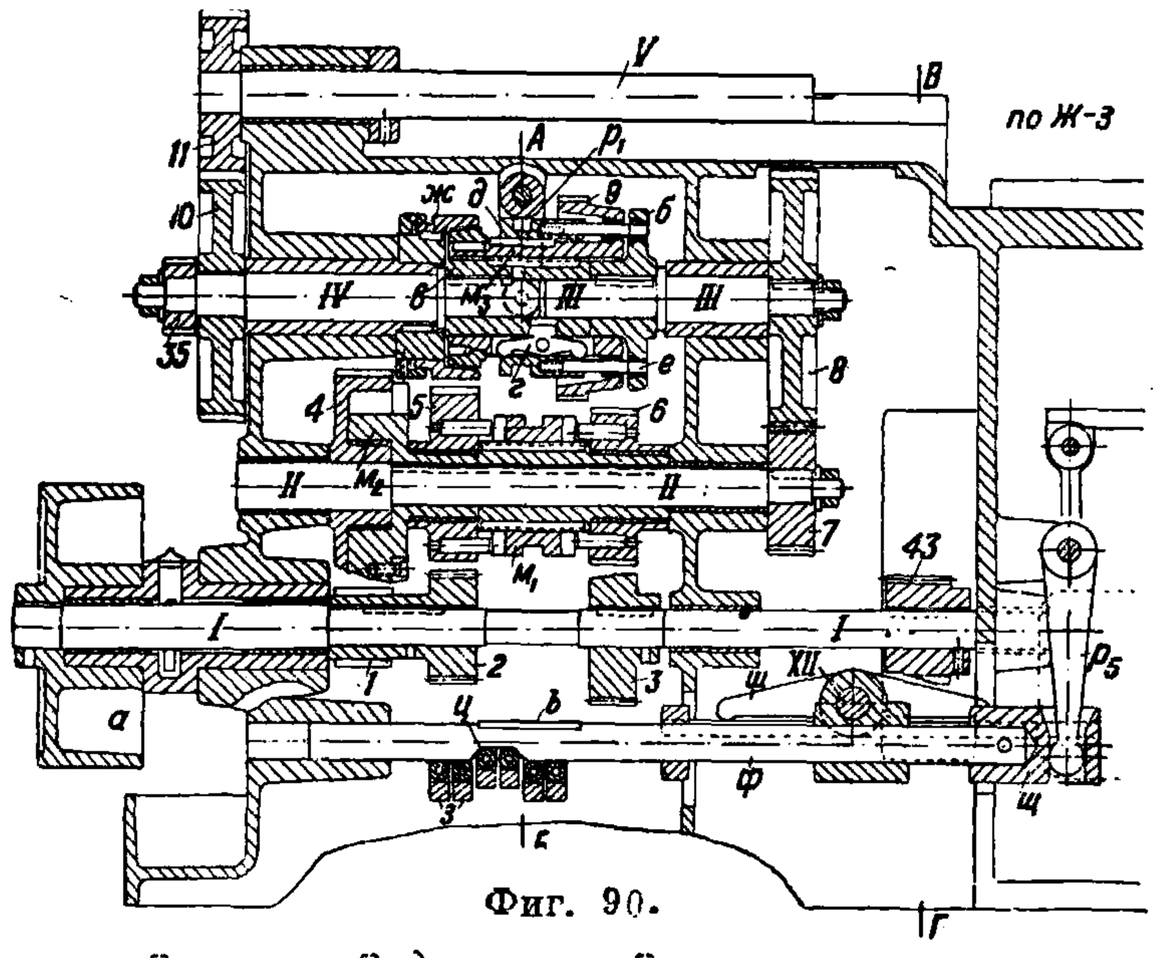
построены напр. весьма распространенные автоматы сист. Браун и Шарп (фирмы Браун и Шарп, Леве, Ган и Кольб, Самсонверке).

В качестве представителя первого типа рассмотрим полуавтомат сист. Поттер и Джонсон работы Магдебургского машинного завода, данный на фиг. 89а и 89б. По внешнему виду он мало отличается от револьверного станка и состоит из следующих главных частей: передней бабки A, револьверной головки $Б$, двух поперечных супортов B_1, B_2 и станины $Г$, в к-рой помещаются коробка скоростей и распределительный вал. Коробка скоростей изображена на фиг. 90; приводится в движение станок шкивом a, вращающим вал I с шестернями *1*, *2* и *3*, зацепляющимися с *4*, *5* и *6*, сидящими вхолостую на валу II. Сцепление *5* и *6* с валом производится кулачковой муфтой $м_1$, тогда как зацепляющаяся с *1* жестерня *4*, сообщающая валу II наиболее медленное вращение, снабжена муфтой

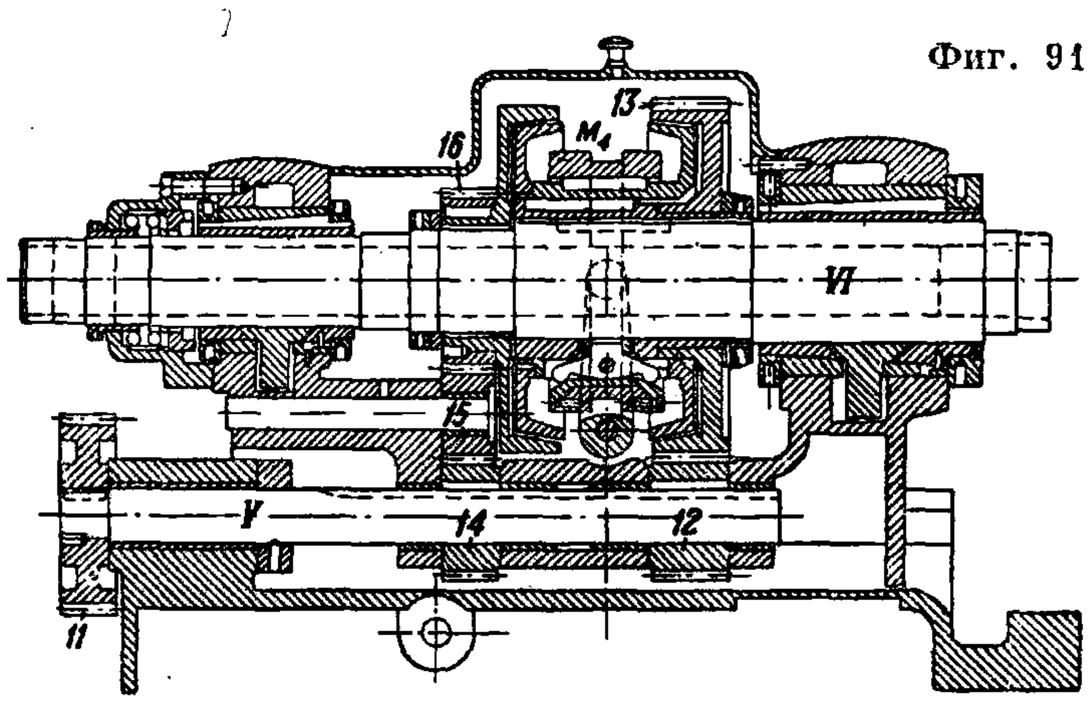


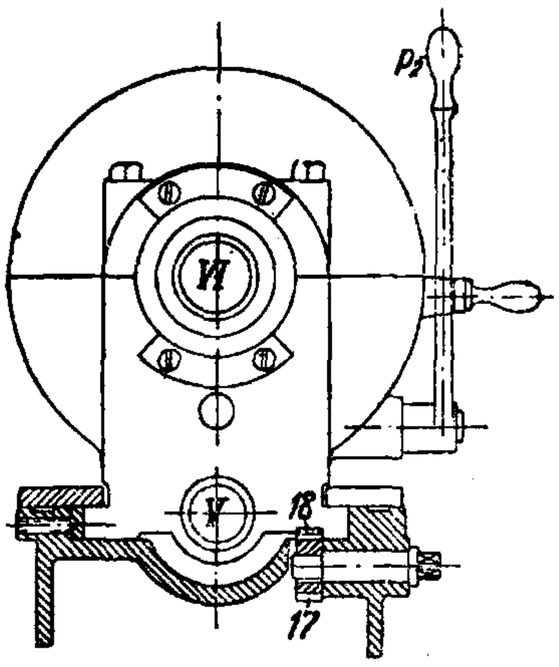
Фиг. 89б.

свободного хода $м_2$, к-рая сцепляет *4* с валом только при выключенных *5* и *6*, а при более быстром вращении вала дает ему возможность свободно вращаться, не захватывая колеса *4*. От вала II движение через сменные шестерни *7*, *8* передается валику III с сидящим на нем на шпонке диском *б*. На одной оси с III лежит вал IV с заклиненной на нем втулкой *в*, по к-рой скользит муфта $м_3$, перемещаемая вправо или влево собачками *г*, поворачиваемыми перед водной втулкой *д*, несущей кроме того пружинные пальцы *е*. Муфта $м_3$ несет с одной стороны зубчатку *9* с отверстиями для пальцев *е*, с другой—конус. При продвижении *д* вправо она сначала собачками *г* передвигает муфту $м_3$



Фиг. 90.





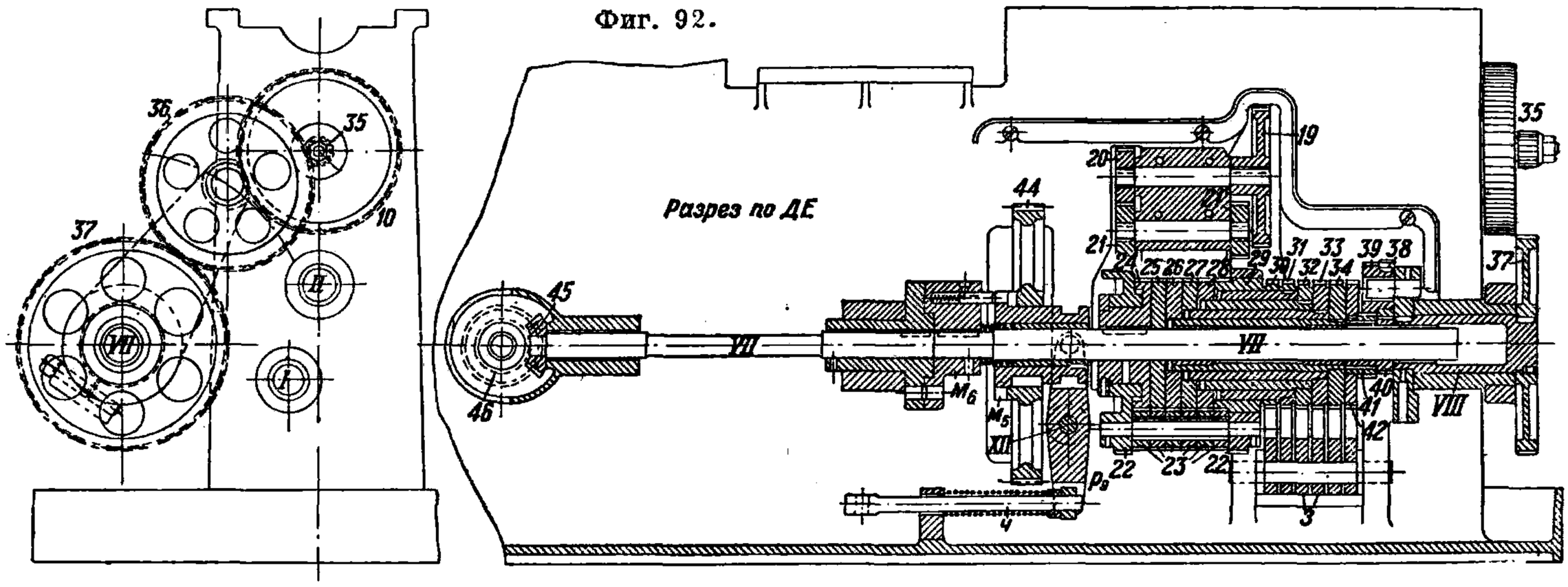
Фиг. 91.

вправо, причем последняя, прижимаясь к диску *б*, трением захватывает вал IV, при дальнейшем продвижении *д* пальцы *е* входят в отверстие диска *б* и т. о. жестко сцепляют валы III и IV. При перемещении *д* влево $м_3$ вжимается конусом в конич. втулку *жс* станины и т. о. затормаживает вал IV; перемещение *д* осуществляется вилкой $р_1$ и рукояткой $р_{11}$. Вал IV через шестерни *10*, *11* вращает вал V (фиг. 91), от к-рого вращение через скользящие по нему на шпонке шестерни *12* и *14* передается шпинделю VI; при этом *12*, зацепляясь с *13* через фрикционную муфту $м_4$, обслуживаемую ручкой $р_2$, сообщает рабочее вращение шпинделю, а *14* через паразит *15* и шестерню *16* вращает его с увеличенной скоростью в обратном направлении. Передняя бабка может перемещаться в направляющих станины посредством шестеренки *17* и рейки *18*.

Распределительные механизмы этого Т. с. получают движение от приводного вала VII (фиг. 92 и 93), лежащего с задней стороны станины (фиг. 89б) и вращаемого с семью различными скоростями (5 различных постоянных

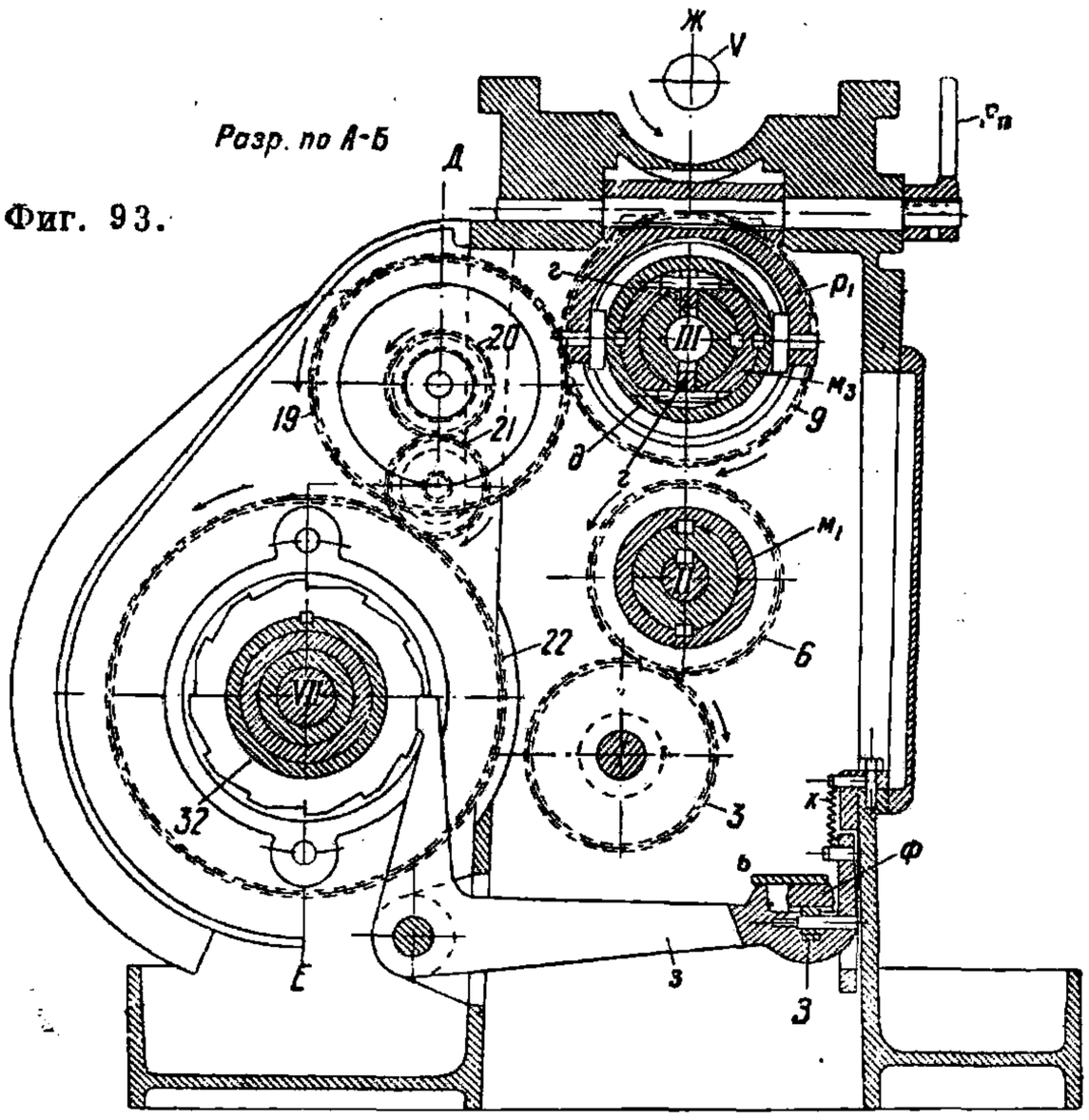
скоростей подачи для обточки, одна подача для развертывания и нарезания резьбы, изменяемая сменой шестерен *35*, *36* и *37*, и одно быстрое вращение для осуществления всех нерабочих ходов—подвода и отвода инструмента, переключения револьверной головки и т. д.).

Фиг. 92.

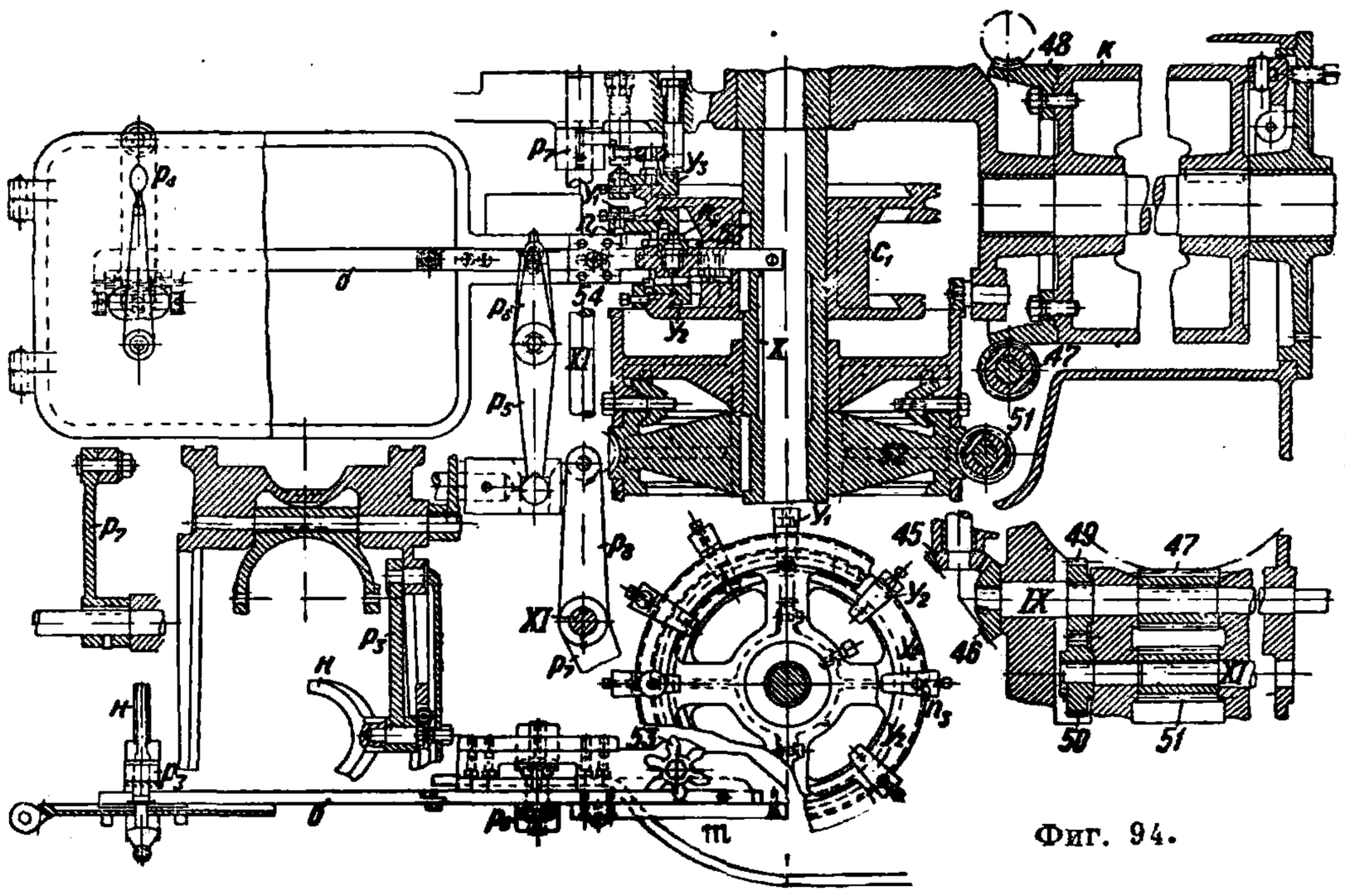


Движение подачи для токарных работ отводится от вала *III* через постоянные шестерни *9*, *19*, *20*, *21* и *21′* на две шестерни *22*, сидящие вхолостую на втулках на валу *VII* и служащие клеткой для шести сателитов *23* планетарной коробки подач, заклиненных на общем валу и сцепляющихся с шестью шестернями *24*, *25*, ..., *29*, из к-рых первая заклинена на валу *VII*, а остальные пять сидят на нем вхолостую, соединяясь телескопич. втулками с пятью храповиками *30*, *31*, ..., *34*. Колеса планетарных передач несмотря на равные диаметры имеют различные числа зубцов, и т. о., задерживая одно из колес *25*—*29* посредством собачки *з*, мы заставляем медленно вращаться подвижное колесо *24* дифференциальной передачи, а вместе с ним и вал *VII*.

Фиг. 93.



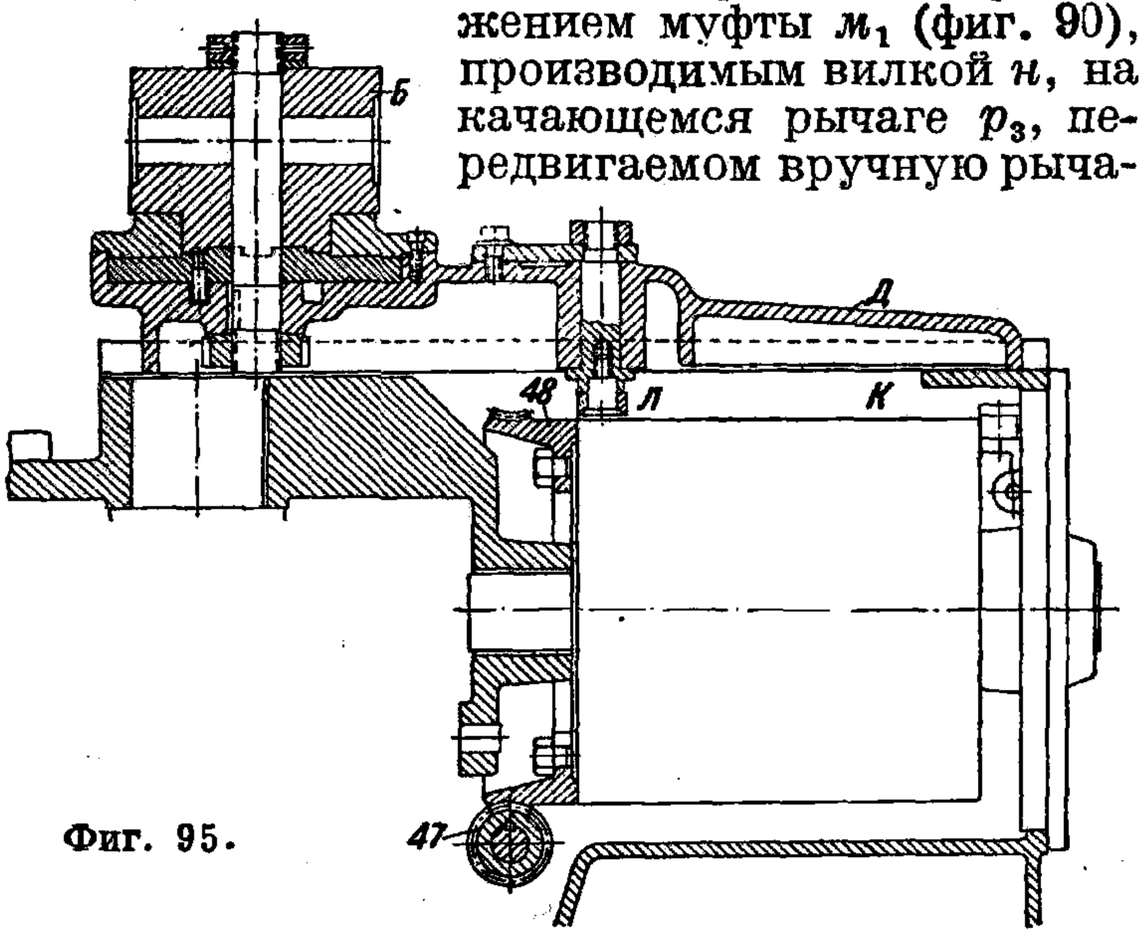
Получающихся т. о. пяти различных подач (0,12; 0,18; 0,24; 0,30; 0,35 *мм*/об. шпинделя) достаточно для производства токарных работ; для развертывания и нарезания резьбы необходимо большее количество различных подач (обычно однако не более одной за цикл); поэтому чтобы не усложнять излишне коробки подач для этих последних работ приводной вал *VII* получает вращение от вала *IV*: движение передается через сменные шестерни *35*, *36* и *37* втулке *VIII*, служащей клеткой для сателитов *38*, *39* дифференциальной передачи; с ними зацепляются колеса *40* и *41*, из которых первое заклинено на валу *VII*, а второе соединено с храповым колесом *42*; задерживая последнее собачкой, включаем соответствующую скорость подачи. Быстрое вращение вал *VII* получает от *I* через шестерни *43*, *44* и кулачковую муфту $м_5$; левая половина ее $м_6$ представляет собой предохранительную муфту со срезываемым пальцем. От вала *VII* вращение через конич. зубчатки *45*, *46* (фиг. 94), вал *IX*, червяк *47* и червячное колесо *48* передается барабану *к*, перемещающему посредством пальца *л* (фиг. 95) револьверные салазки *Д* с револьверной головкой *Б*; барабан *к* совершает столько оборотов за цикл обработки, сколько у него сторон для закрепления инструментов (обычно четыре); механизм поворота и блокировки револьверной головки аналогичен описанному выше (фиг. 84).



Фиг. 94.

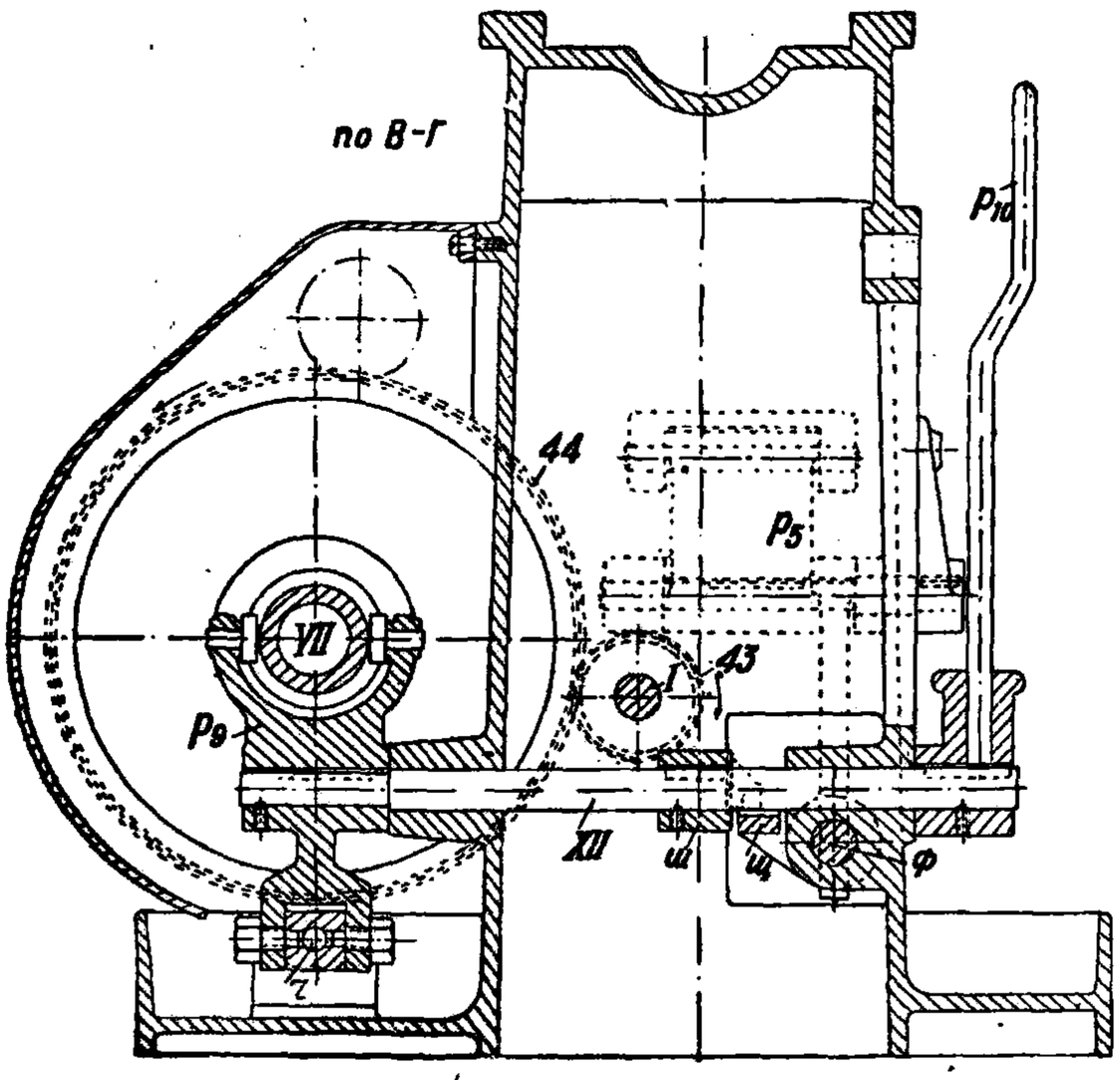
Управление остальными органами совершается от вертикального распределительного вала

X (фиг. 94), приводимого во вращение от вала *IX* через пару зубчатых колес *49*, *50*, вал *XI* и червячную передачу *51*, *52*. Изменение скорости вращения шпинделя совершается передвижением муфты $м_1$ (фиг. 90), производимым вилкой *н*, на качающемся рычаге $р_3$, передвигаемом вручную рыча-



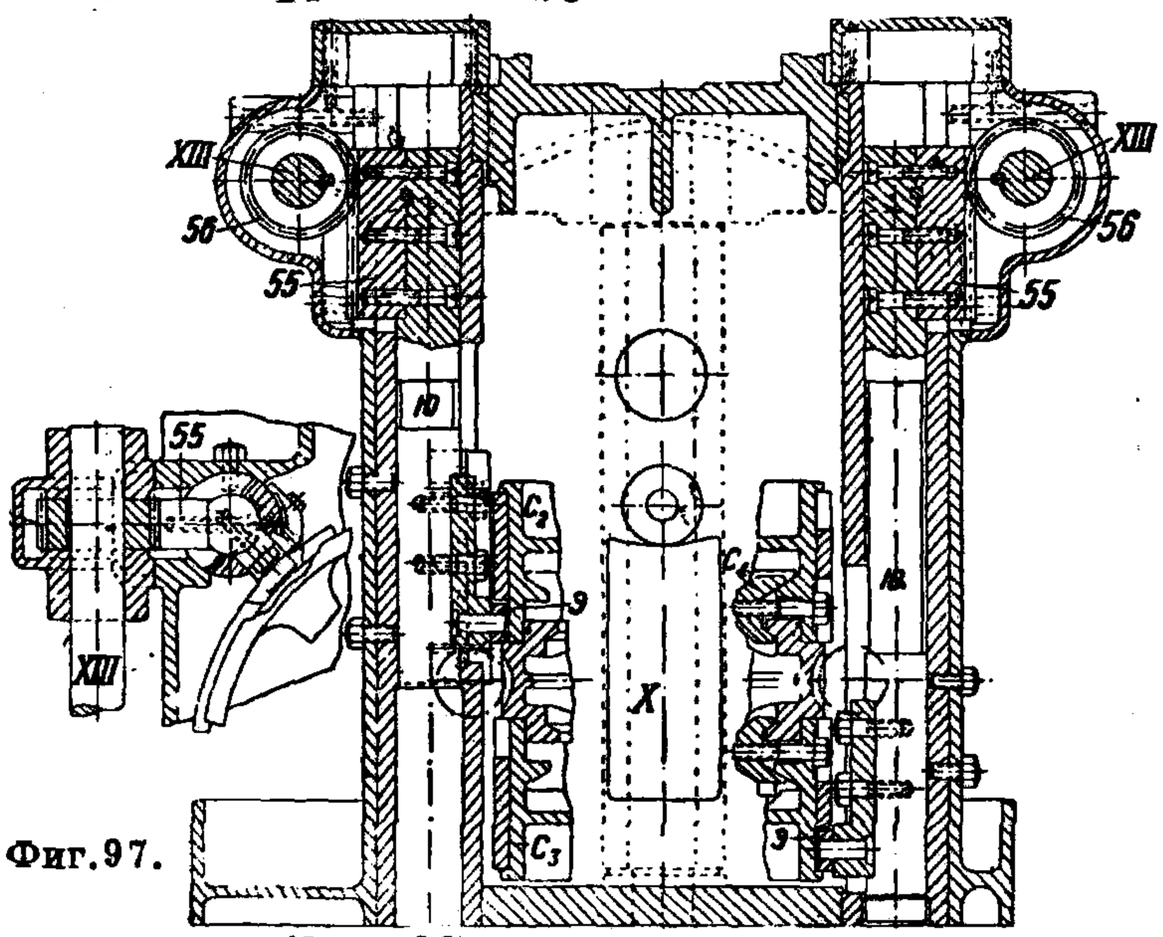
Фиг. 95.

гом $р_4$ или автоматически тягой *о*. Последняя перемещается при вращении в ту или другую сторону звездки *53*, производимом пальцами n_1 или n_2 передвижных упорок $у_1$, сидящих на барабане $с_1$, заклиненном на валу *X*; *с звездкой связана шестеренка 54*, зацепляющаяся с рейкой на тяге *о*. Смотря по тому, где находятся пальцы упорок *у*, наружу (n_1) или внутрь (n_2) от оси звездки, они вращают ее в ту или другую сторону на определенный угол и т. о. переводят муфту $м_1$. Переключение медленной подачи совершается аналогичными упорками $у_2$, сидящими на том же барабане, посредством различно расположенных пальцев n_3, входящих в соответственные вырезы ползуна *m*, перемещающего в ту или другую сторону



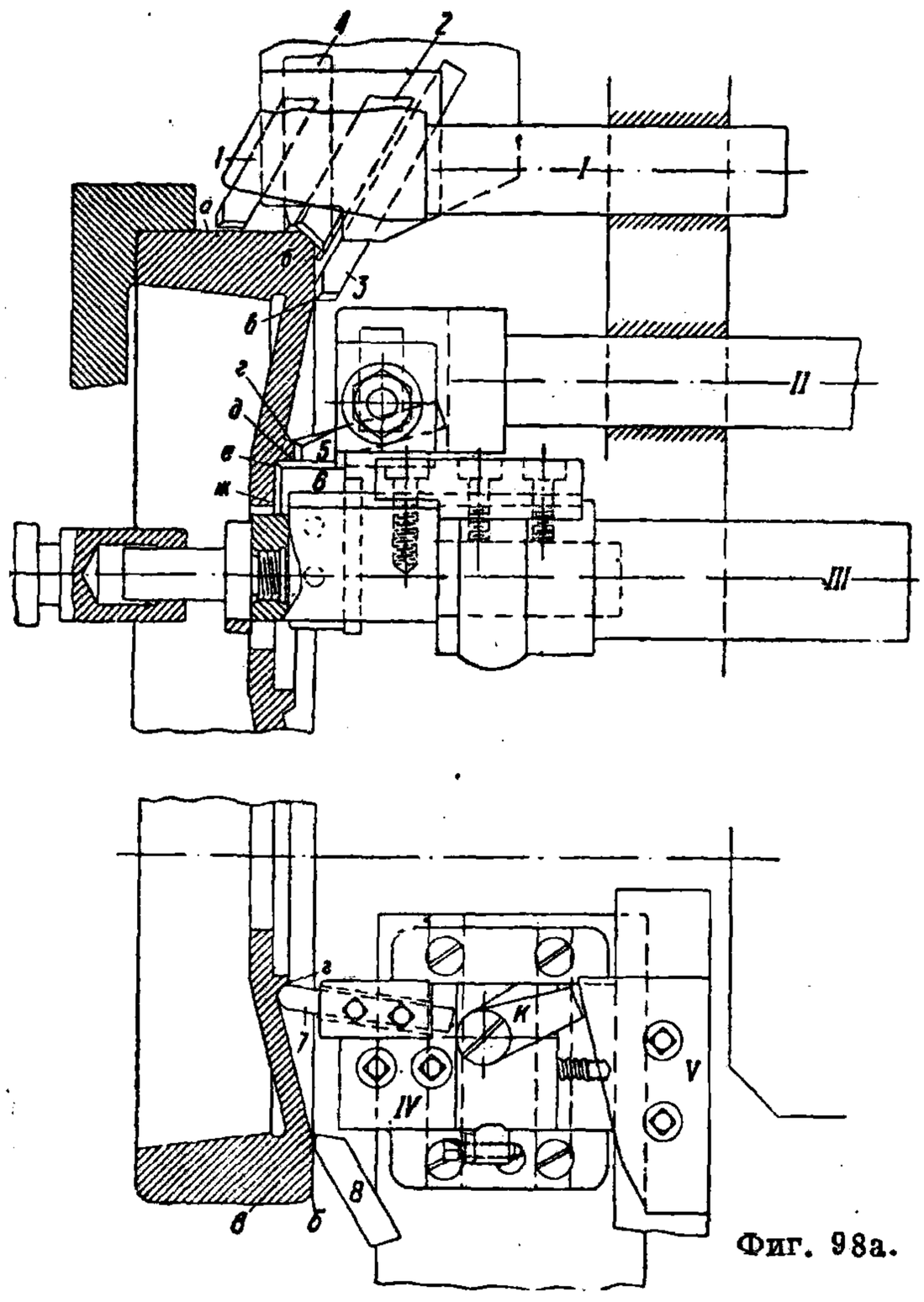
Фиг. 96.

двуплечий рычаг $р_6$ и связанную с ним штангу *ф* (фиг. 90 и 93), на к-рую опираются задние концы собачек *з*, подтягиваемые непрерывно кверху пружинами *х*. Те собачки (не менее двух зараз, за исключением крайних), к-рые попали в вырез *ц* штанги, удерживают соответствующие храповики коробки подач и приводят в действие соответствующие диференциальные передачи. При этом реально действует лишь одна наиболее быстрая из включенных передач, т. к. храповики более медленных подач получают нек-рую отрицательную скорость вращения и проскальзывают под соответственными собачками; это устройство предусмотрено, чтобы движение подачи не могло никогда остановиться. Вручную подача включается рычагом $р_8$. Быстрое вращение приводного вала *VII*, а следовательно и распределительных механизмов включается упорками $у_3$, сидящими на барабане $с_1$ и переводящими рычаг $р_7$, сидящий на одном валу *XI* с рычагом $р_8$, связанным тягой *ч* с



Фиг. 97.

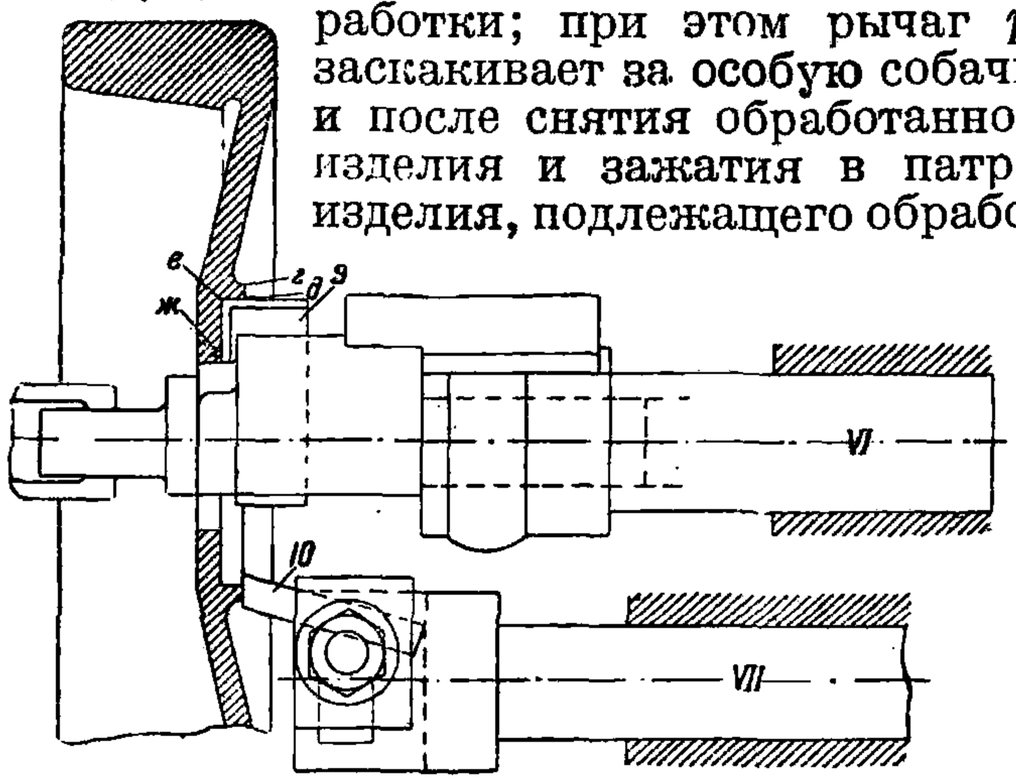
рычагом $р_9$ (фиг. 96), плечо к-рого является вилкой, передвигающей муфту $м_5$ (фиг. 92); вручную $р_9$ переключается рычагом $р_{10}$, сидящим на одном валу *XII* с вилкой $р_9$. При включении



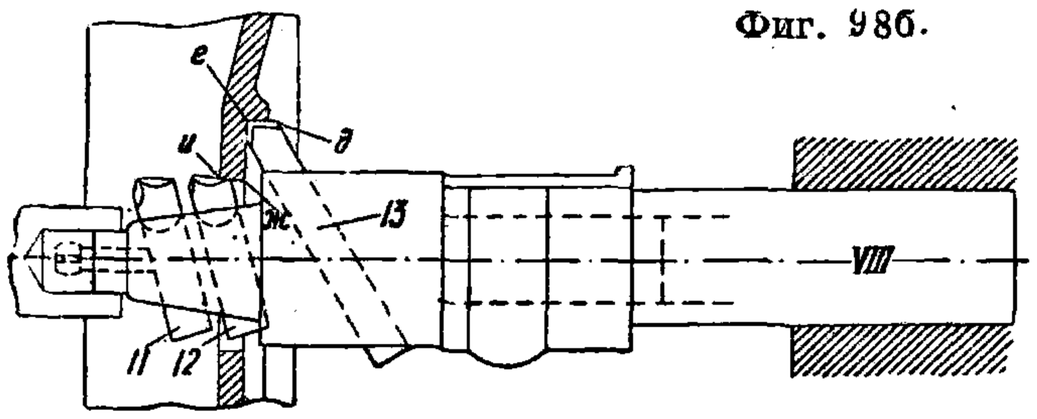
Фиг. 98а.

быстрого вращения вала *VII* необходимо одновременно выключить медленное, это достигается коромыслом *ш* (см. также фиг. 90 и 93), поворачивающим за полку *щ* штангу *ф*, к-рая пластиной *ъ* прижимает книзу собачки *з* и т. о.

освобождает неподвижные колеса дифференциальных передач. Поворотом рычага p_7 в обратную сторону от среднего положения получаем обратное движение p_9 и коромысла *ш*, в результате к-рого муфта $м_5$ будет отведена еще дальше вправо (фиг. 92), а собачки будут подняты, что вызовет остановку движения вала *VII*, а следовательно и всех подач; это положение рычагу p_7 придают по окончании всего цикла обработки; при этом рычаг p_{10} заскакивает за особую собачку и после снятия обработанного изделия и зажатия в патрон изделия, подлежащего обработке, включается вновь рабочим, после чего станок совершенно самостоятельно совершает весь цикл обработки.

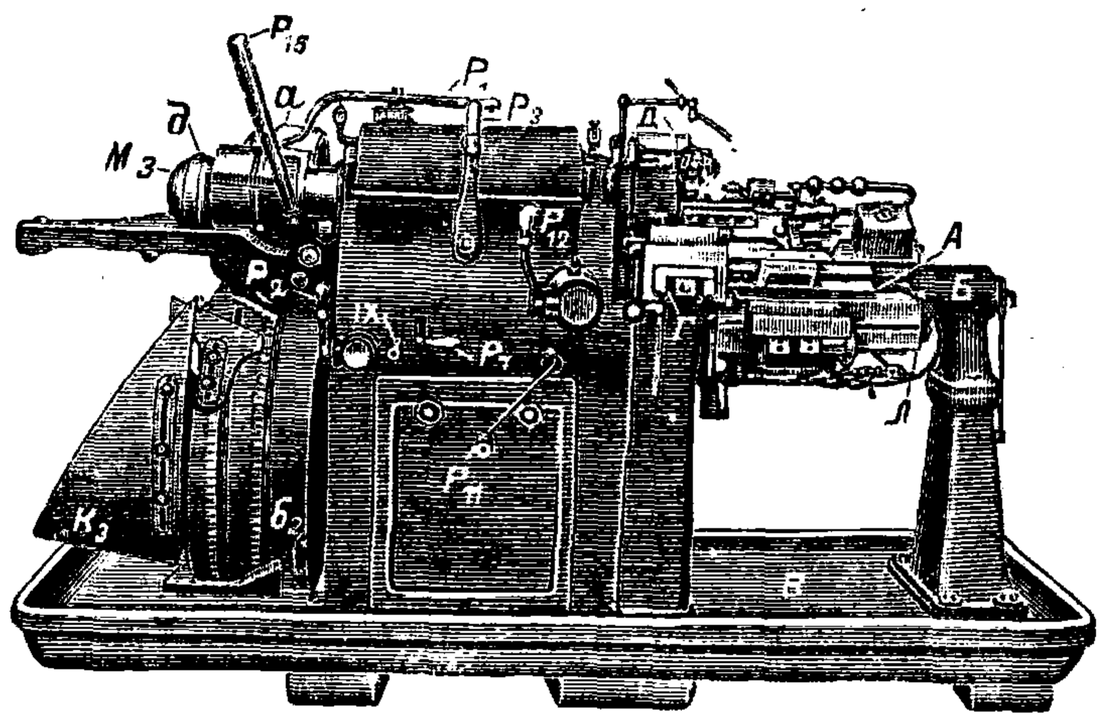


Фиг. 98б.



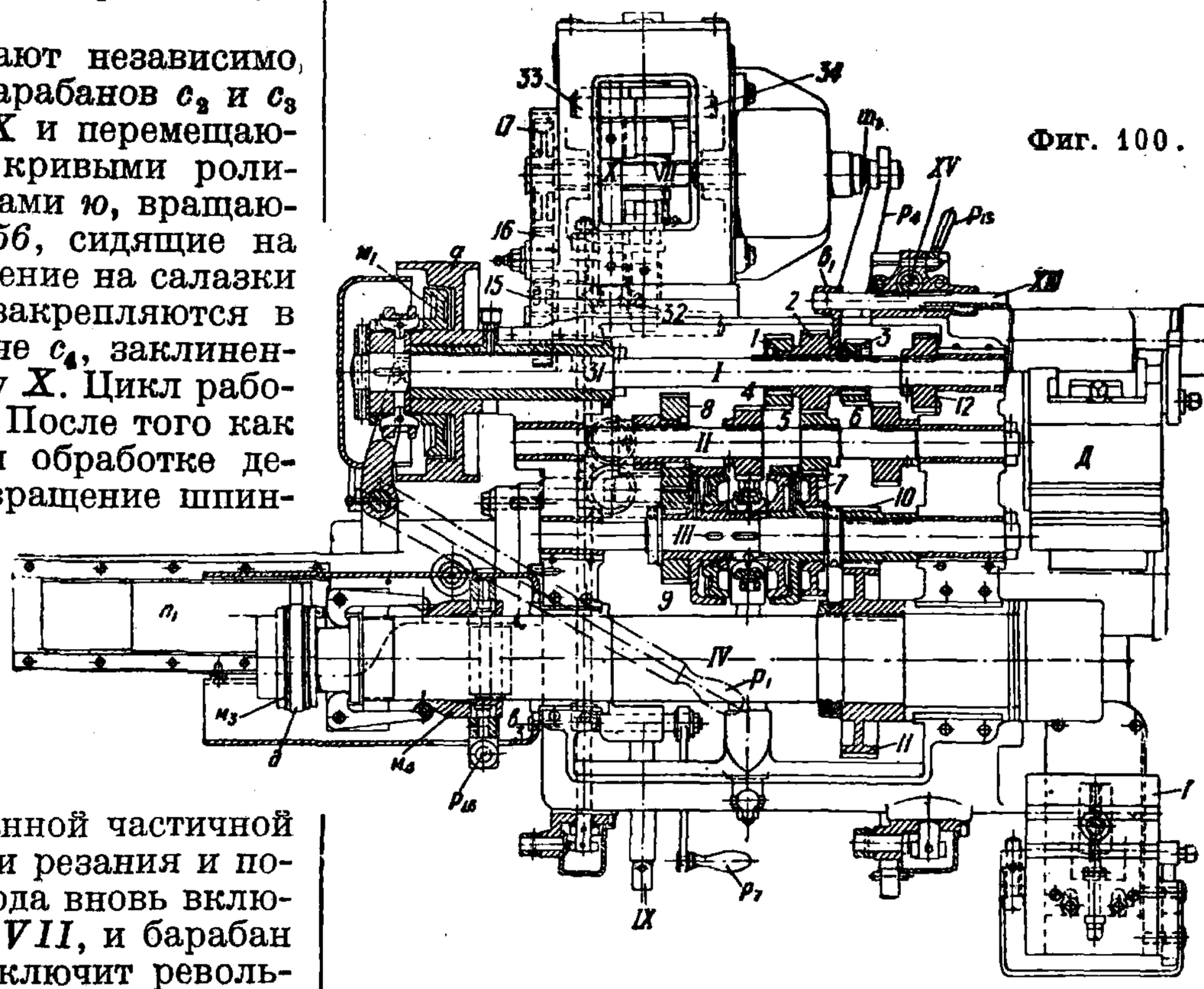
Поперечные супорты получают независимо друг от друга движение от барабанов c_2 и c_3 (фиг. 97), сидящих на валу *X* и перемещающих прикрепленными к ним кривыми ролики, связанные с двумя ползунами *ю*, вращающими рейками *55* шестерни *56*, сидящие на валах *XIII*, передающих движение на салазки супортов. Барабаны c_2 и c_3 закрепляются в нужном положении на барабане c_4, заклиненном на распределительном валу *X*. Цикл работы этого автомата следующий. После того как зажата в патрон подлежащая обработке деталь, пускают рычагом p_2 во вращение шпиндель, а рычагом p_{10} включают подачу; сначала вал *VII* получает быстрое вращение, причем револьверная головка подводится к исходному положению, после чего соответственные упорки на c_1 передвинут рычаг p_7, ползун *m* и тягу *o*, чем включат требуемые для данной частичной операции (хода) цикла скорости резания и подачи; по окончании рабочего хода вновь включается быстрое вращение вала *VII*, и барабан *к* быстро отведет назад и переключит револьверную головку, после чего процесс начинается снова. Это повторяется столько раз, сколько сторон у головки *Б*, после чего цикл будет окончен и подачи автоматически остановлены. Рукоятка p_{12} служит для вращения вручную вала управления *IX* при наладке станка.

В качестве примера обработки на полуавтомате приведем обработку автомобильного маховика (фиг. 98а и 98б). 1-я операция—резцами *1* и *2*, укрепленными в державке *I* на револьвере, и резцами *3* и *4* с заднего поперечного супорта обтачиваются поверхности *а*, *б*, *в*, одновременно резцом *5* на державке *II* и ножом *6* на



Фиг. 99.

державке *III* с револьвера обтачиваются начерно поверхности *г*, *д*, *е*, *ж* выточки. 2-я операция—резцом *7*, закрепленным на поперечных салазках *IV* приспособления для точения по конусу, установленного на переднем поперечном супорте и направляемого линейкой *V* и пальцем *к*, обтачивается коническая поверхность *вг*, одновременно резцом *8*, закрепленным на переднем поперечном супорте, производится шлихтовка торцовой поверхности *бв*. 3-я операция—ножом *9* на оправке *VI* и резцом *10* на державке *VII* с револьвера производится шлихтовка поверхностей *гд* и *еж* выточки. 4-я операция—резцами *11*, *12* и *13* на борштанге *VIII* шлихтуются поверхности *ед* выточки и *жи* отверстия.



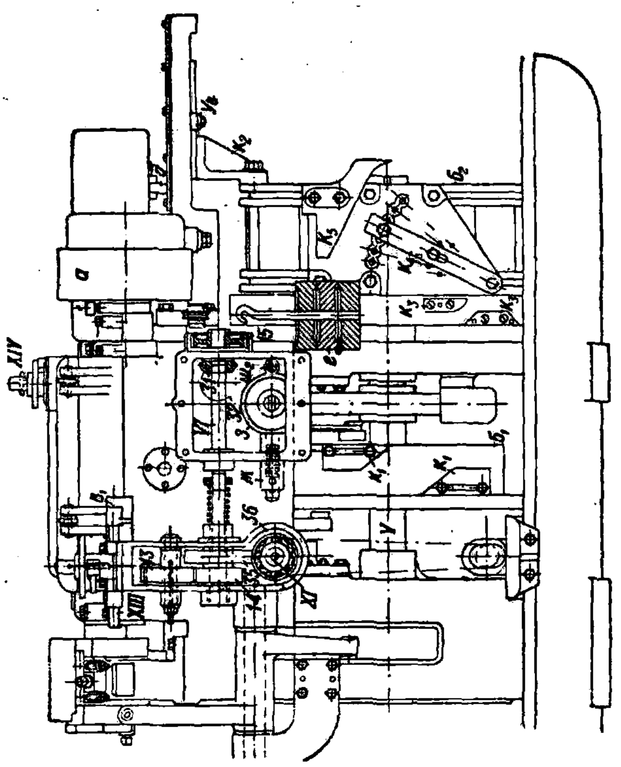
Фиг. 100.

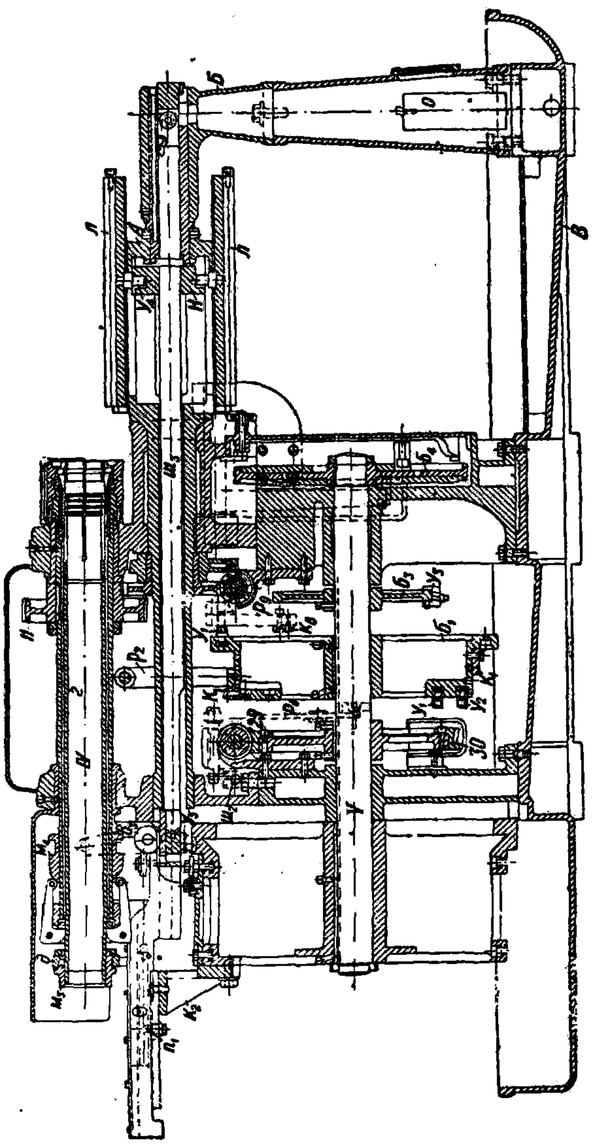
В качестве примера автомата для работы из прутка с одним распределительным валом рассмотрим одношпиндельный автомат сист. Гридлей с одношкивным приводом конструкции з-да Хассе и Вреде (фиг. 99). Привод главного шпинделя происходит от шкива *а* (фиг. 100) через фрикционную муфту $м_1$, включаемую рычагом p_1 на вал *I*; от него через зубчатки *1*, *2*, *3*, зацепляющиеся попеременно с *4*, *5*, *6*,—на вал *II*, а от него через передачи *5* : *7* или

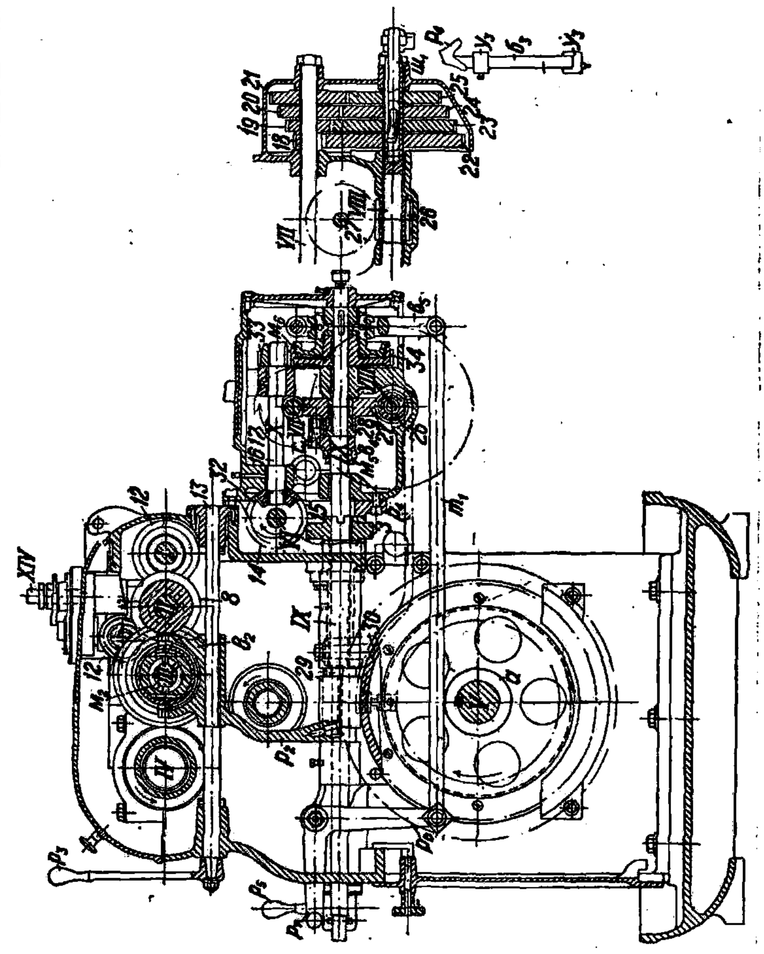
8 : *9* на вал *III* и далее через *10* : *11* на шпиндель *IV*. Зубчатки *7* и *9* сцепляются попеременно с валом *III* автоматически управляемой муфтой $м_2$; шестерня *8* м. б. сдвинута по валу *II* влево, тогда она зацепляется с *9* через паразитную шестеренку *1'* (фиг. 101) и следовательно вращает шпиндель в обратную сторону. Передвижение шестеренок *1*, *2*, *3* и *8* совершается вручную при настройке станка; первые три перемещаются вилкой $в_1$, сидящей на рейке *XIII*, перемещаемой шестеренкой *XV* и закрепляемой при работе станка рукояткой $р_{15}$; шестеренка *8* передвигается вилкой, приводимой в движение валиком *XIV*. Т. о. шпиндель может получать 9 скоростей: 6 правых и 3 левых; две из них (две правых или правая и левая) м. б. автоматически включаемы станком путем передвижения втулки муфты $м_2$ вилкой $в_2$, поворачиваемой рычагом $р_2$ при помощи кривых $к_1$ (фиг. 101) на барабане $б_1$ или же вручную ручкой $р_3$. Передвижение и зажим пруткового материала в шпинделе *IV* совершаются аналогично револьверным станкам (см. фиг. 83) с той лишь разницей, что продвижение совершается посредством щипцов *г*—тонкостенной трубы, помещающейся в шпинделе и снабженной на одном конце пружинящим захватом, а на другом—втулкой $м_3$, обхватываемой кольцом *д*, сидящим на ползуне $п_1$, несущем в нижней части ролик $у_8$, перемещаемый кривой $к_2$ на барабане $б_2$; ползун грузом *е* (фиг. 101) оттягивается к бабке; когда кривая $к_2$ отводит его при зажатом патроне назад, он скользит по прутку, как только его ролик сходит при разжатом патроне с кривой, груз передвигает его вместе с прутком, пока последний не упрется в останов. Регулировка хода щипцов достигается, не меняя кривой, просто перестановкой ролика в ползуне: положение ролика $у_8$, нарисованное сплошной линией, соответствует ходу щипцов *а*, изображенное пунктиром,—ходу *ь*. Зажим патрона производится муфтой $м_4$, перемещаемой вилкой $в_3$, хвостовик к-рой передвигается кривыми $к_3$ (фиг. 101) на барабане $б_2$ или вручную рычагом $р_{16}$. Все органы управления автоматич. движениями станка сидят на валу *V*; движение последнему передается от передней бабки через коробку подач; от шестеренки *12* на валу *I* вращение через *13* и *14* передается валу *VI*. С этого вала на распределительный вал *V* движение м. б. передано двумя путями: 1) Для медленной подачи вращение передается через *15*, *16* и *17* на вал *VII*, затем через перебор *18*, *19*, *20*, *21* и *22*, *23*, *24*, *25* с передвижной шпонкой, перемещаемой штангой $ш_1$ и рычагом $р_4$, на вал *VIII* и от него через червяк *26* на червячное колесо *27*, сидящее вхолостую на валу *IX*.

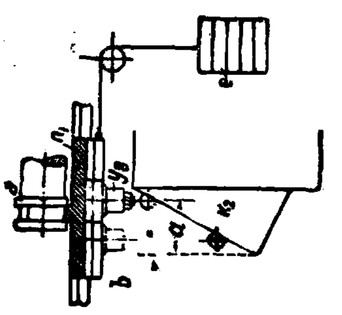
Червячное колесо соединено с храповым колесом *28*, захватывающим собачку $с_1$, вращающую муфтой $м_5$ вал *IX*; т. о. при быстром вращении вала собачка проскальзывает, и вал свободно вращается, не захватывая колеса *27*; муфта $м_5$ м. б. выведена из зацепления отводом ее назад вилкой $в_4$, сидящей на штанге $ш_2$, перемещаемой ручкой $р_5$. Включение различных скоростей подачи совершается автоматически передвижением рычага $р_4$ за два вилообразно расположенных кулака на его конце упорками $у_3$ на барабане $б_3$. Для быстрой остановки вала *IX* при выключенном самоходе имеется пружинный тормоз *жс*, действующий на шайбу *з*; от вала *IX* вращение через червячную передачу *29* : *30* сообщается валу *V*. 2) Быстрое вращение валу *IX* (а следовательно и *V*) передается от вала *VI* через пару конич. шестеренок *31*, *32* на вал *X* и затем через передачу *33* : *34* и фрикционную муфту $м_6$ на вал *IX*; включение и выключение муфты $м_6$ производятся перемещением ее переводного кольца вилкой $в_5$, тягой $т_1$ и угловым рычагом $р_6$, поворачиваемым либо автоматически упорками $у_1$, $у_2$ на барабане $б_1$ либо вручную рукояткой $р_7$. Револьверная головка этого станка сильно отличается от нормального устройства: она выполнена в виде четырехгранной призмы *А*, цилиндрический хвостик-рой лежит в подшипниках станины, а свободный конец поддерживается подшипником *Б*, опирающимся на общую фундаментную плиту *В* станка. Ось револьверной головки параллельна оси шпинделя и лежит несколько назад и книзу от нее; в рабочем положении ее верхняя грань, несущая совершающий данную операцию инструмент, наклонена вперед—все эти мероприятия имеют целью создать особо жесткую связь головки со станиной и облегчить удаление получаемой в больших количествах (станок обрабатывает прутки до 110 *мм* диам.) стружки. По граням головки в направляющих ходят резцовые салазки *лл*, могущие передвигаться независимо друг от друга штангой $ш_3$, захватывающей их за пальцы $у_4$ головкой *н*. Головка имеет сзади цельную шайбу, а от передней шайбы оставлен один участок, т. ч. при рабочем ходе штанга подает вперед лишь те салазки, к-рые находятся в рабочем положении. Штанга оттягивается грузом *о* и перемещается посредством ролика $у_5$, опирающегося на кривые ($к_4$—для рабочего и $к_5$—для обратного хода), укрепленные на барабане $б_2$. Кривая $к_4$ м. б. установлена под различными углами к оси барабана в зависимости от требуемого для данной операции цикла длины хода, скорость вращения распределительного вала на этот период устанавливается в зависимости от требуемой величины подачи; обратный ход салазок, во время к-рого происходит и поворот головки, совершается с большой скоростью; т. о. потери времени, вызываемые неравенством ходов головки, сведены до минимума.

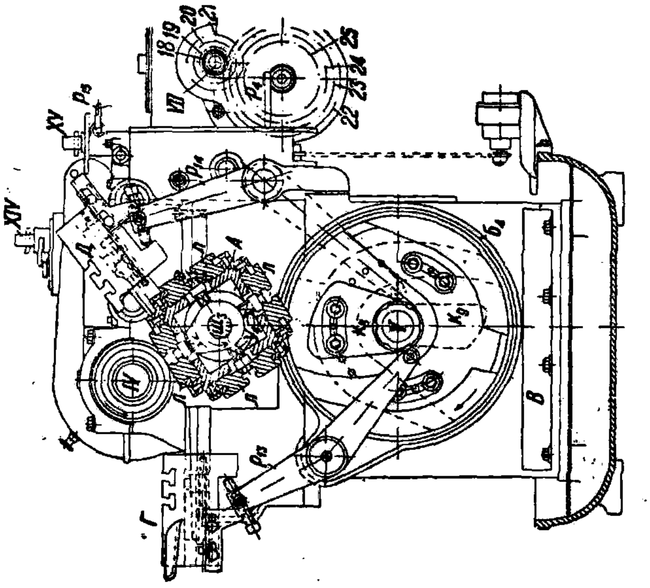
Поворот головки и ее блокирование совершаются механизмом, изображенным на фиг. 102а. Движение этому механизму сообщается от вала *VI*, вращающего через пару винтовых шестерен *35*, *36* вал *XI* с заклиненной на нем левой половиной фрикционно-кулачковой муфты $м_7$; правая половина ее сидит на валу *XII*, поворачивающем через червячную передачу *37* : *38* головку *А*. Блокировка головки совершается ригелем $п_2$, западающим под действием пружины *ф* в вырезы *х* диска *ц*, заклиненного вместе с *38* на ее хвостике. Диск имеет для четырехгранной головки 5 вырезов: 4 под 90° и 1 под 45°, последний служит для остановки головки в промежуточном положении в момент подачи материала, причем последний упирается об останов, закрепленный на ребре головки между направляющими. Ригель $п_2$ может передвигаться двуплечим рычагом $р_8$, опирающимся другим концом в кольцо *ч* на валу *XII*. В рабочем положении рычаг $р_8$ под действием пружины *ф* отводит вал *XII* вместе с правой половиной муфты $м_7$ направо, и т. о. вся правая часть механизма неподвижна. На одном валу с $р_8$ сидит рычаг $р_9$ (см. также фиг. 102б), несущий на конце кулак $к_6$, перемещаемый упорками $у_6$, укрепленными на барабане $б_1$ (фиг. 101). При повороте рычага $р_9$ по часовой стрелке сначала ригель $п_2$ выводится из зарубки на диске,





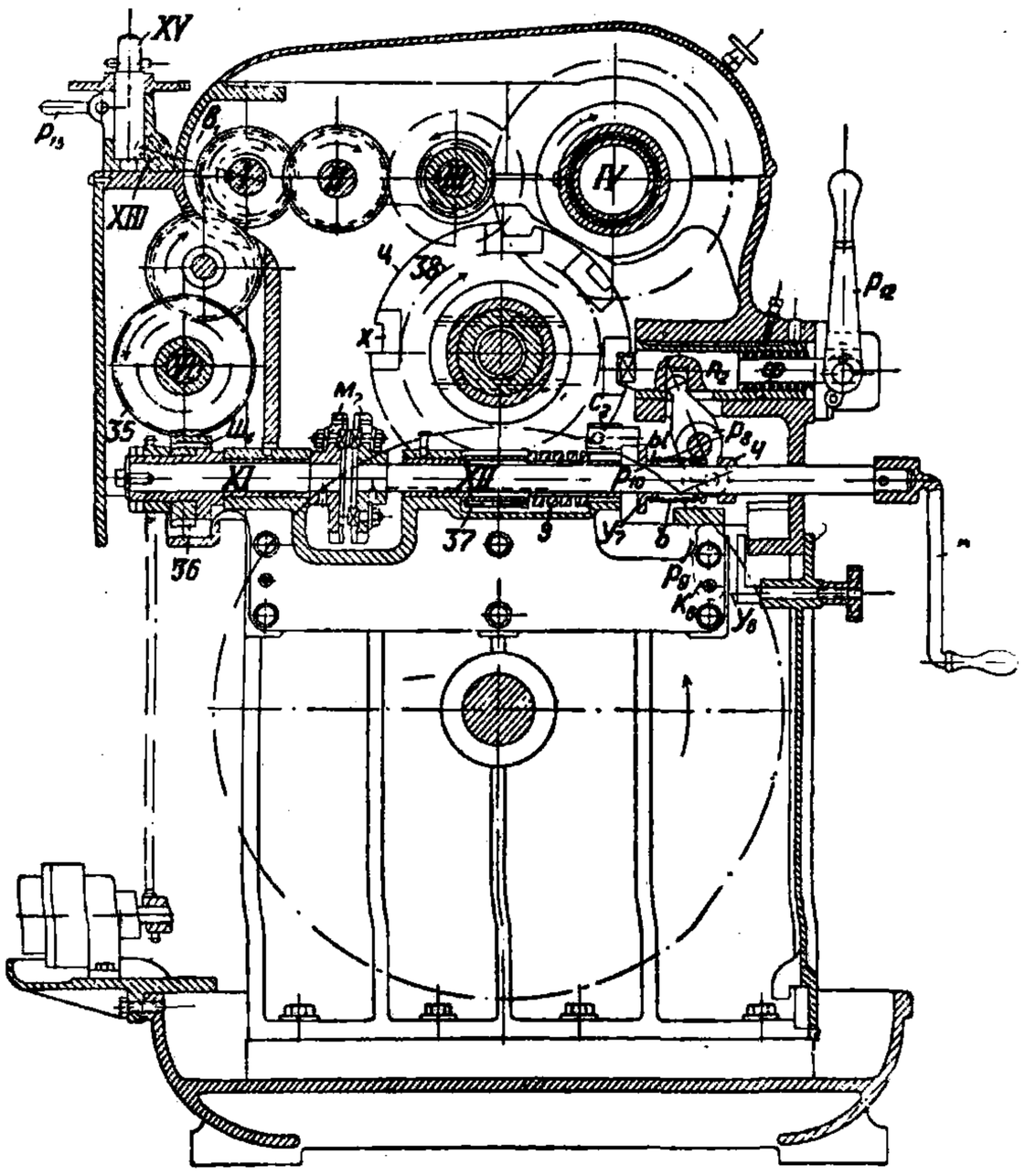






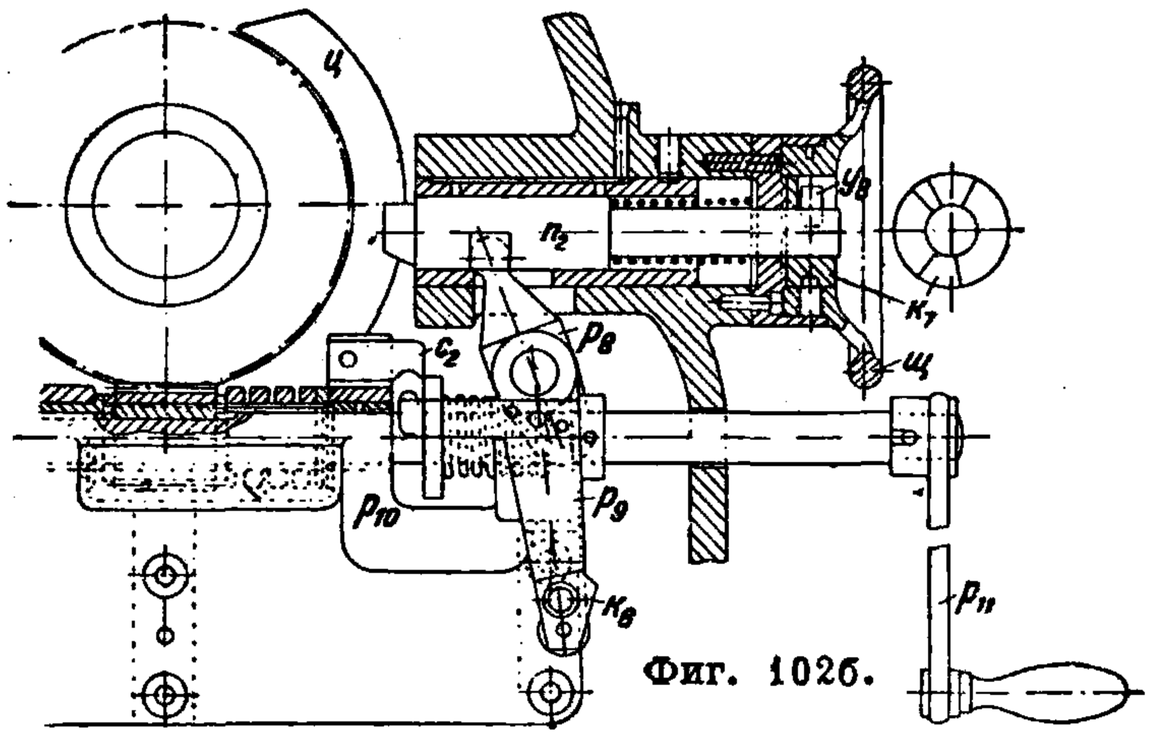
Фиг. 101.

одновременно с этим сжимается кольцом $ь$ пружина $ы$; вал *XII* остается пока на месте, удерживаемый упоркой y_7, опирающейся на



Фиг. 102а.

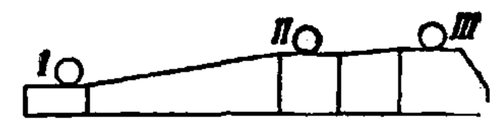
собачку c_2. Лишь после окончательного отвода ригеля назад рычажок p_{10}, соединенный с p_9, поднимает собачку c_2, причем вал *XII* под действием пружины $ы$ быстро перемещается налево и муфта $м_7$, замыкаясь, приводит во вращение вал *XII* от непрерывно вращающегося вала *XI*, а вместе с ним через передачу *37*, *38* и револьверную головку. В это время упорка y_6 сошла с кулака $к_8$ рычага p_9, но последний продолжает сохранять свое положение, удерживаемый ригелем, опирающимся на диск $ц$; т. о. вращение вала и поворачивание головки будет продолжаться до тех пор, пока ригель не заскочит в следующий вырез диска $ц$, после чего рычаг p_8 сможет повернуться, отводя назад вал *XII* и выводя из зацепления муфту $м_7$. Для



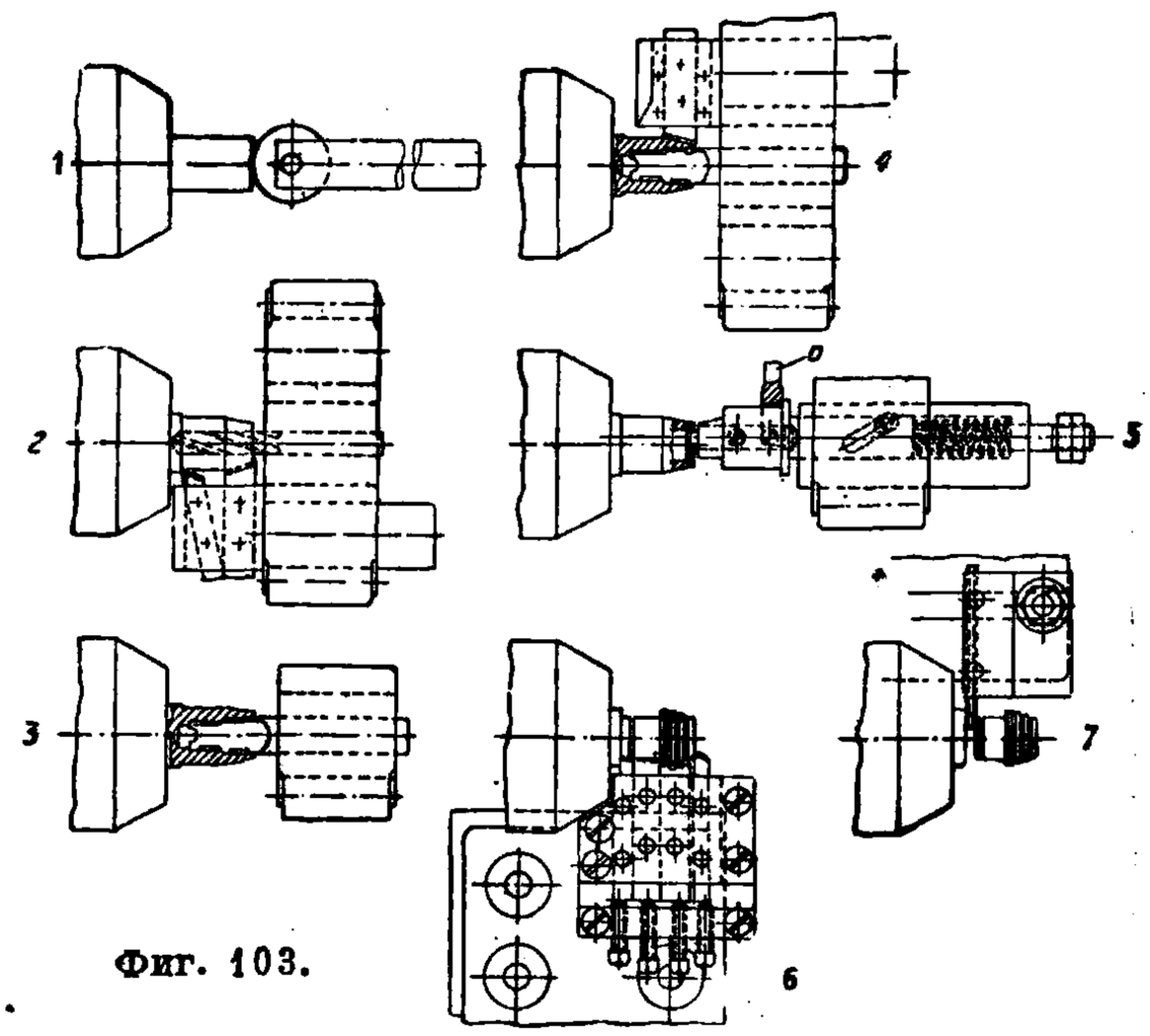
Фиг. 102б.

ослабления ударов в момент останова и включения поворота головки служат подвижное закрепление червяка *32* на валу *XI*, удерживаемом пружиной $э$, и фрикционное соединение колеса *35* с валом *VI*. Во избежание возможности поломок механизма при задержке вращения головки винтовое колесо *36* присоединяют к валу *XI* на муфте со срезываемым при перегрузке штифтом $ш_4$. Вращение головки вручную производится ручкой p_{11}, после отво-да ригеля ручкой p_{12}; в новейших станках отвод ригеля за палец y_8 (фиг. 102б) совершается фигурной шайбой $к_7$, вращаемой маховичком $щ$.

Развернутое цилиндрич. сечение щайбы $к_7$ изображено на фиг. 102в; в положении *I* ригель свободен и происходит автоматич. поворот револьвера; в положении *II* ригель отведен назад настолько, что диск $ц$ свободен, но муфта $м_7$ еще расцеплена—револьвер можно вращать вручную; в положении *III*—муфта $м_7$ сцеплена, и револьвер вращается так долго, пока маховичок стоит в этом положении. Поперечные супорты *Г* и *Д* (фиг. 101) приводятся в движение рычагами p_{13} и p_{14}, опирающимися одним плечом на выступы салазок супортов, другим—на закрепленные на диске $б_4$ кривые $к_8$ и $к_9$; $к_8$ осуществляет быстрый подвод салазок в исходное положение и медленную поперечную подачу, кривая $к_9$—отвод салазок назад. План обработки на автомате Гридлей тормозного конуса велосипедной втулки заднего ко-



Фиг. 102в.

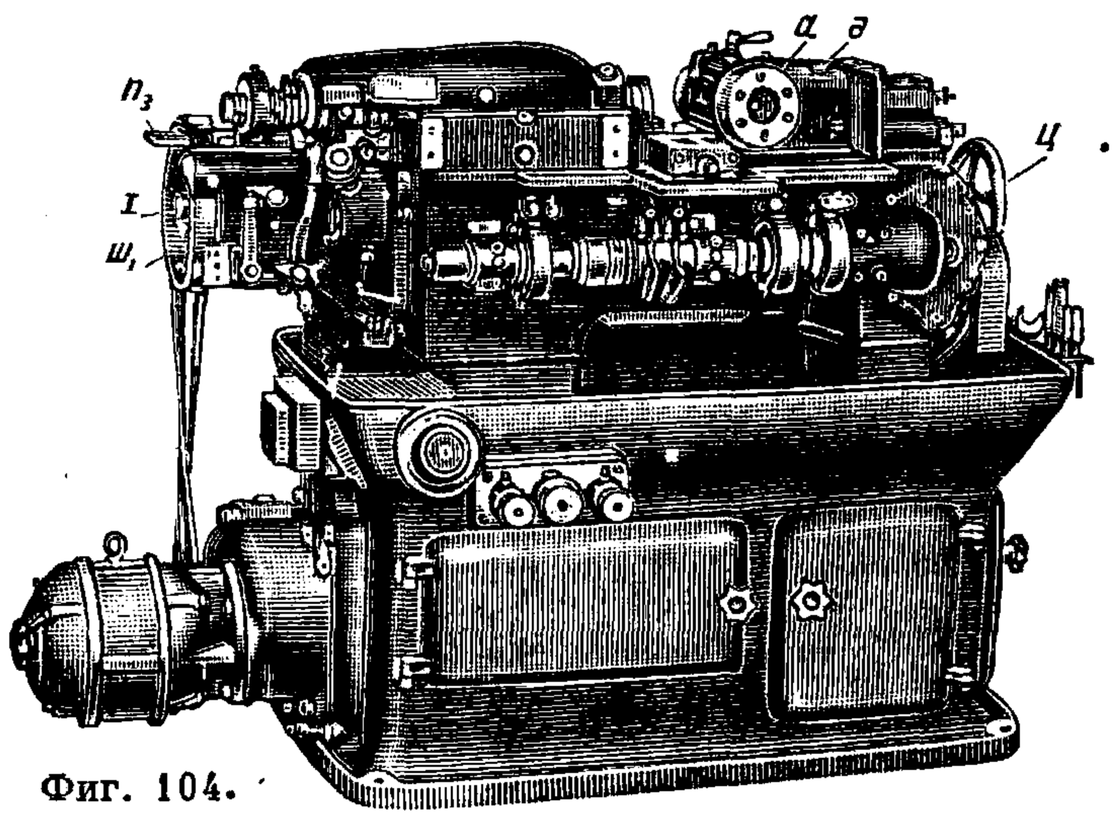


Фиг. 103.

леса изображен на фиг. 103: 1-я операция—продвижение, останов и зажим материала; револьвер в промежуточном положении; 2-я операция—обдирка конуса и сверление с первых салазок револьвера; 3-я операция—зенкование со вторых салазок; 4-я операция—развертывание и чистовая обточка конуса с третьих салазок револьвера; 5-я операция—выборка канавки специальным резцом с четвертых салазок револьвера; резец подается вперед и свободно входит в отверстие, по достижении требуемой глубины оправка упирается об упорку a, закрепленную на головке, и дальнейшее продвижение влево салазок вызывает поворот оправки пальцем, ходящим в спиральной канавке, причем эксцентрично поставленный резец вытачивает канавку; 6-я операция—подрезка переднего торца, обточка задней половины детали и проточка канавок на конусе набором резцов с переднего поперечного супорта; 7-я операция—отрезка обработанной детали с заднего поперечного супорта.

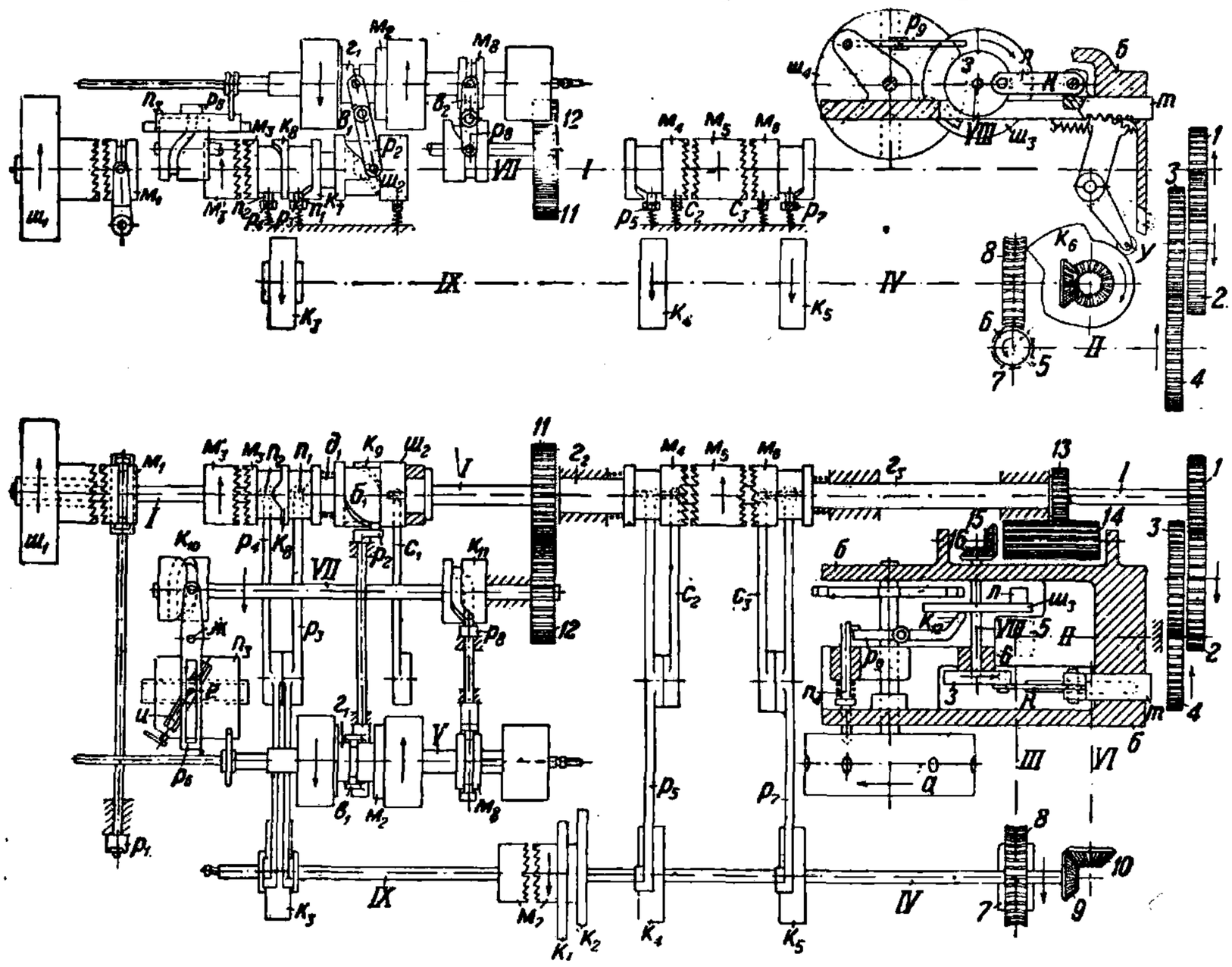
Автоматич. револьверный станок с вспомогательным валом сист. Браун и Шарп, конструкции Ган и Кольб, изображен на фиг. 104, а схема распределительного привода—на фиг. 105. Как было указано выше, все быстрые нерабочие движения органов станка производятся

вспомогательным валом I, приводимым во вращение шкивом $ш_1$, сцепляемым с валом муфтой $м_1$, обслуживаемой вручную рычагом $р_1$. От этого быстро вращающегося вала движение через сменные шестерни *1*, *2*, *3*, *4*, валик *II*, конич. зубчатки *5*, *6*, вал *III* и червячную передачу *7*, *8* передается медленно вращающемуся кулачковому валу *IV*; на последнем сидят фасонные шайбы (кулаки) $к_1$ и $к_2$ для перемещения обоих поперечных супортов и три кулачковые шайбы: $к_3$—для изменения скорости или направления вращения главного шпинделя *V*, $к_4$—для пуска



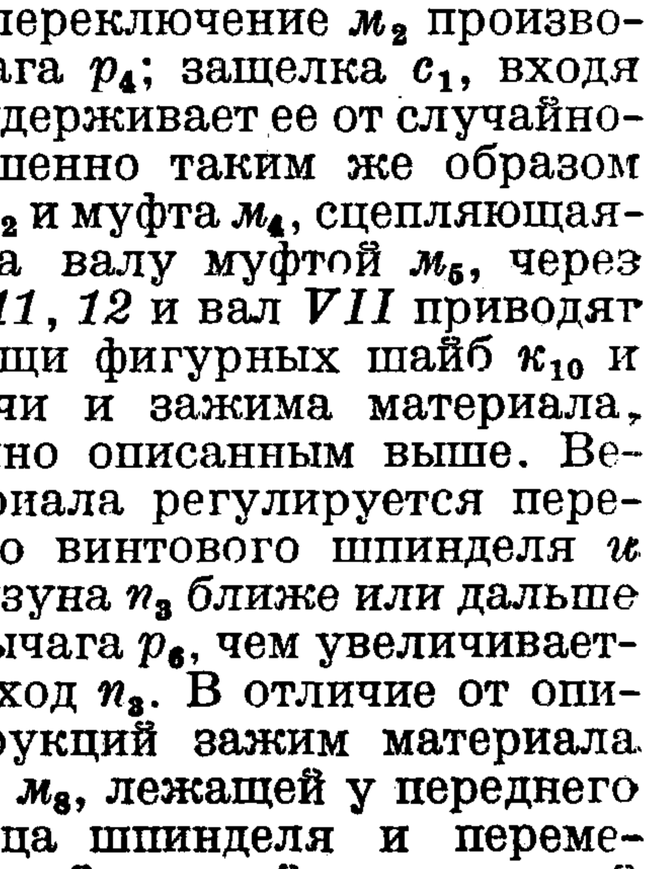
Фиг. 104.

в ход подающего и зажимающего материал устройства и $к_5$—для пуска механизма поворота револьверной головки *а*. С валом *IV* шестеренками *9*, *10* соединен вал *VI*, вращающийся с одинаковой с последним скоростью и несущий кулачковую шайбу $к_6$ для подачи револьверных салазок *б*. Механизм переключения вращения



Фиг. 105.

шпинделя работает сл. обр.: двойная фрикционная муфта $м_2$ переключается переводной втулкой $г_1$, перемещаемой вилкой $в_1$, сидящей на одном валу с рычагом $р_2$. В положении, изображенном на фиг. 105, включена левая половина муфты; для переключения ее кулачок на $к_3$ поднимает передний конец рычага $р_3$, его задний конец опускается, освобождая правую половину муфты $м_3$, сидящую вхолостую на валу *I* и удерживаемую до того закрепленным в рычаге $р_3$ пальцем $п_1$, упирающимся в кулак $к_7$ на муфте. Под действием пружины $д_1$ муфта перемещается влево и сцепляется со своей другой половиной $м_3'$, заклиненной на валу *I*; при этом муфта $м_3$ начнет вращаться, захватывая кулачковый барабан $б_1$, на втулке которого она скользит по шпонке. Вращение муфты $м_3$ будет продолжаться лишь $^1/_2$ оборота вала *I*, так как затем кулак $к_8$ найдет на палец $п_2$ рычага $р_4$ и отведет муфту вправо, расцепив ее с $м_3'$. За это время рычаг $р_2$ кривой $к_9$ будет переложен налево и переключит соответственным образом муфту $м_2$. Обратное переключение $м_2$ производится подъемом рычага $р_4$; защелка $с_1$, входя в вырезы шайбы $ш_2$, удерживает ее от случайного вращения. Совершенно таким же образом рычаг $р_5$ с защелкой $с_2$ и муфта $м_4$, сцепляющаяся с заклиненной на валу муфтой $м_5$, через втулку $г_2$, шестерни *11*, *12* и вал *VII* приводят в действие при помощи фигурных шайб $к_{10}$ и $к_{11}$ механизмы подачи и зажима материала, устроенные аналогично описанным выше. Величина подачи материала регулируется перемещением с помощью винтового шпинделя *и* камня *е* в прорезе ползуна $п_3$ ближе или дальше от оси *ж* вращения рычага $р_6$, чем увеличивается или уменьшается ход $п_3$. В отличие от описанных выше конструкций зажим материала производится муфтой $м_8$, лежащей у переднего конца шпинделя и перемещаемой вилкой $в_2$, сидящей на одном валике с рычагом $р_8$. Конструкция патрона показана на фиг. 105а: перемещение муфты $м_8$ влево вызывает отклонение собачек $с_4$, имеющих неподвижную опору на кольце *ф*; собачки своими носиками перемещают зажимную трубку *х* вправо, причем последняя конусной поверхностью сжимает зажимную втулку $г_4$, закрепляющую таким образом пруток в патроне.

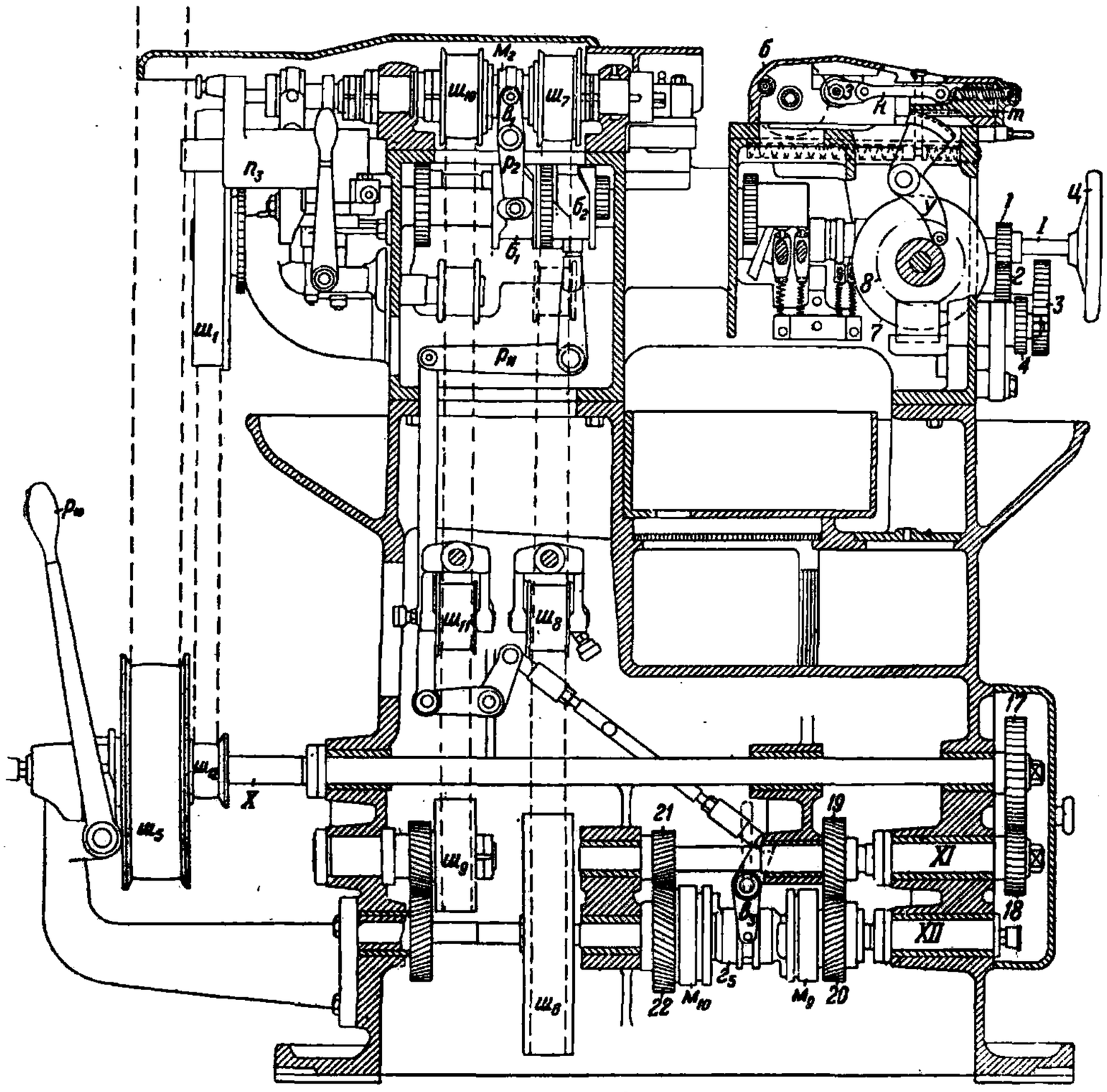


Фиг. 105а.

Переключение револьверной головки совершается аналогичным механизмом, заставляющим после подъема рычага $р_7$ с защелкой $с_3$ повернуться на один оборот муфту $м_6$ и связанную с ней втулку $г_3$, к-рая через зубчатые передачи *13 : 14* и *15 : 16* повернет равным образом на один оборот вал *VIII* с сидящими на нем шайбой $ш_3$ и кривошипом *з*. Шайба $ш_3$ кулаком $к_{12}$ через рычаг $р_9$ отведет назад ригель $п_4$, после чего освобожденная револьверная головка *а* повернется на $^1/_6$ оборота под действием цевки *л*, входящей в прорезы мальтийской шайбы $ш_4$. Для возможности поворота головки она д. б. предварительно отведена назад, что и осуществляет кривошип *з*, связанный шатуном *н* с зубчатой рейкой *т*, удерживаемой на месте неподвижным в течение этого времени секторным

рычагом y, служащим при блокированной головке для рабочей подачи револьверных салазок при помощи фигурной шайбы $к_6$. Если по роду работ не требуется переключения скорости или направления вращения главного шпинделя, то кулачковая шайба $к_3$ м. б. выключена вместе с валом IX, на к-ром она сидит, путем расцепления муфты $м_7$.

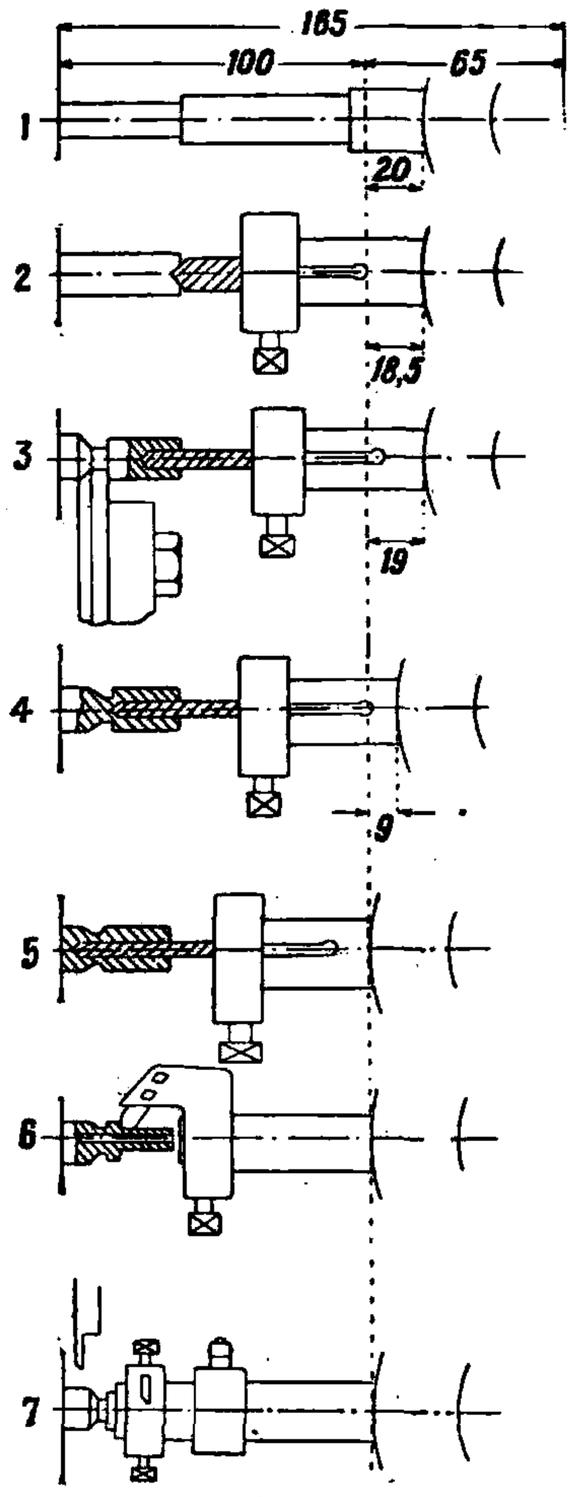
Конструктивное оформление автомата видно из фиг. 106, где обозначения частей, совпадающих со схемой фиг. 105, обозначены теми же знаками. Главный привод станка осуществля-



Фиг. 106.

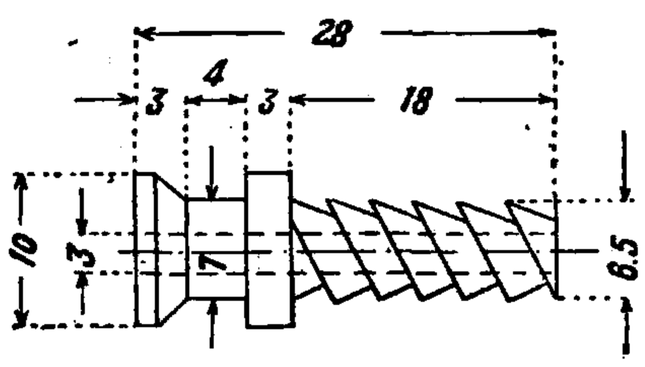
ется через шкив $ш_5$, сидящий вхолостую на валу X и сцепляемый с последним фрикционной муфтой, обслуживаемой вручную рычагом p_{10}. От вала X движение через сменные шестерни *17*, *18* передается на вал XI перебора, на к-ром сидят шестеренки *19* и *21*, находящиеся в постоянном зацеплении с шестернями *20* и *22*, сцепляемыми поочередно с валом XII посредством двух фрикционных муфт $м_9$ и $м_{10}$, включаемых втулкой $г_5$, перемещаемой вилкой $в_3$; последняя получает движение через ряд рычагов и тяг от рычага p_{11}, управляемого барабаном $б_2$. От вала XII рабочее движение прямого хода передается со шкива $ш_6$ на шкив $ш_7$ шпинделя ременной передачей с натяжным роликом $ш_8$. Вращение шпинделя в обратном направлении производится от вращаемого зубчатыми колесами шкива $ш_9$ на шкив $ш_{10}$ шпинделя ременной передачей с натяжным роликом $ш_{11}$. Шкив $ш_1$ вспомогательного вала I получает вращение от шкива $ш_{12}$. Маховичок $ц$ служит для проворачивания вручную вала I при наладке станка.

На фиг. 107а показана последовательность операций для обработки на таком автомате детали, изображенной на фиг. 107б: 1-я операция—подача материала до упора и зажим его, 2-я операция—центровка отверстия, 3-я, 4-я и 5-я операции—сверловка в три приема двумя сверлами; поворот головки производится только между 4-й и 5-й операциями, в течение 3-й операции передним супортом обрабатывается фасонная часть изделия, 6-я операция—обточка цапфы под резьбу, 7-я—нарезание резьбы и отрезка. Форма фасонной шайбы для подачи револьверной головки при обработке детали, изображенной на фиг. 107б, по плану, данному на фиг. 107а, изображена на фиг. 107в. Моменты *1*, *2*, *3*, *4*, *5* и *6* переключения головки



Фиг. 107а.

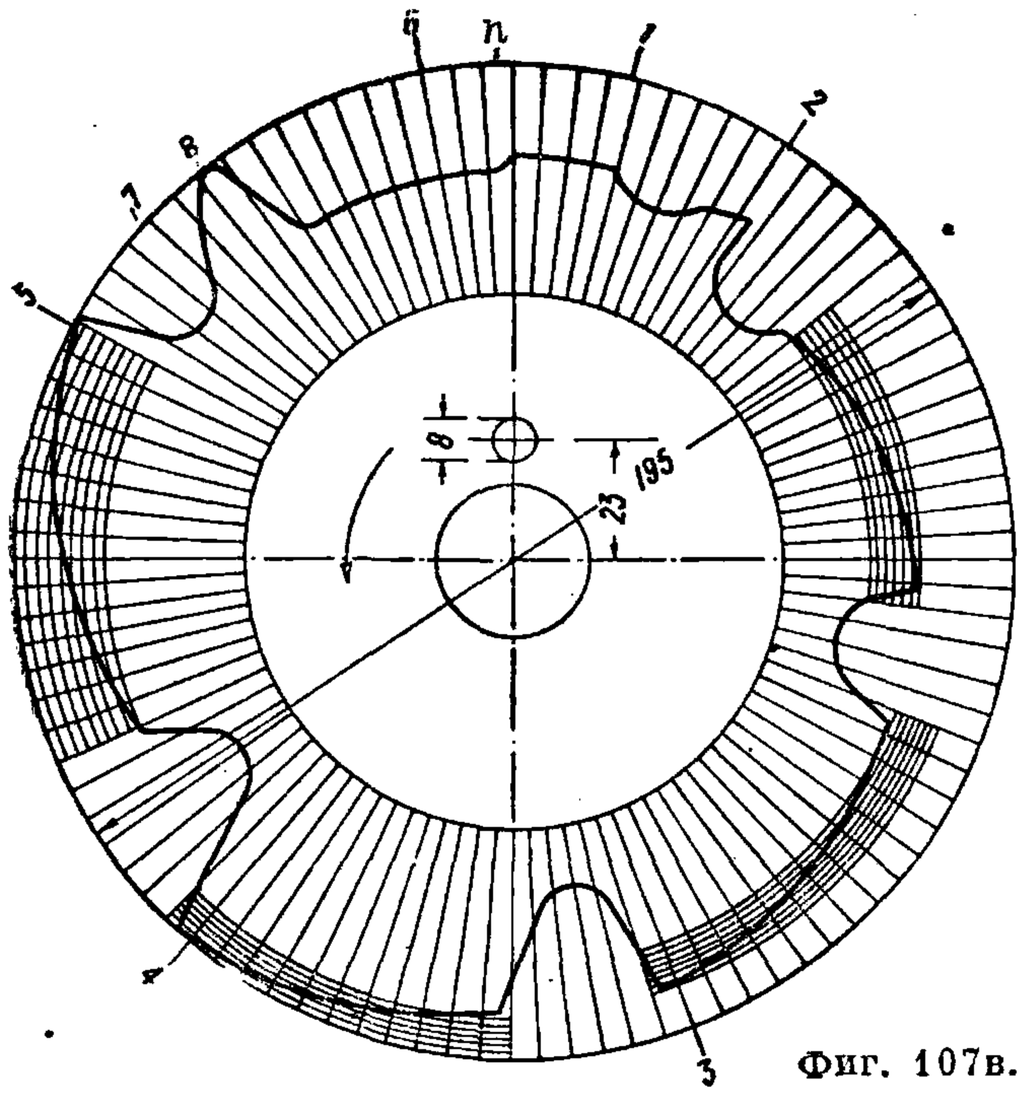
и соответствующие им положения кулачков на $к_5$ (фиг. 105) указаны на первой концентрич. окружности, там же даны и положения кулачка на $к_4$ для подачи и зажима пруткового материала (n) и двух кулачков *7* и *8* на $к_3$ для перемены направления вращения шпинделя при нарезании резьбы. Установка кулачков облегчается тем, что вычерчивание фасонных шайб ведется по сетке в 100 делений, каковые соответствуют 100 делениям, нанесенным на шайбах $к_3$, $к_4$ и $к_5$.



Фиг. 107б.

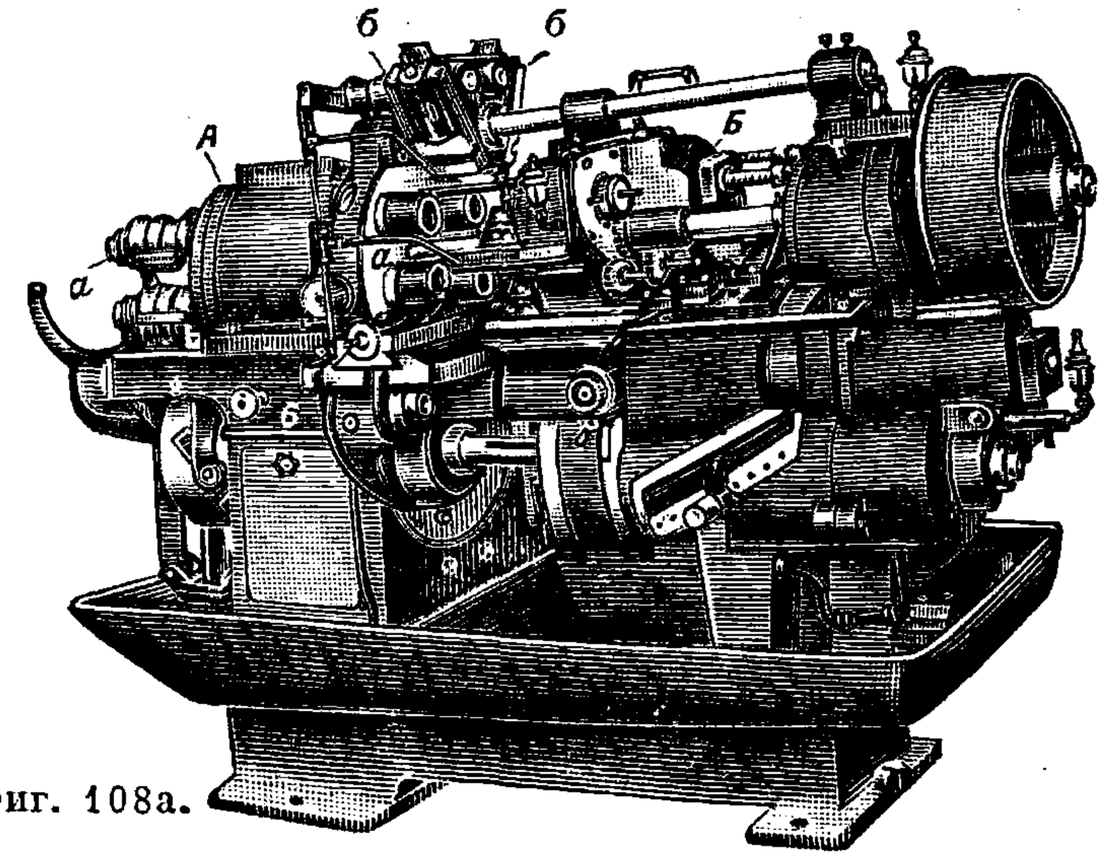
Дальнейшим усовершенствованием одношпиндельного автомата являются многошпиндельные автоматические Т. с. для работы из прутка (англ. Multi-Spindle Bar Automatic Lathe, Multi-Spindle Automatic Screw Machine, или Lathe, нем. Mehrspindelautomat, Mehrspindelstangenautomat, французский Tour automatique multibroche pour travail en barre) и многошпиндельные полуавтоматы для патронной работы

(англ. Multi-Spindle Chucking Automatic Lathe, нем. Mehrspindelhalbautomat, Mehrspindelfutterautomat, франц. Tour automatique multibroche pour travail en mandrin). Основной идеей этих Т. с. является лучшее использование станка и инструмента за счет одновременной обра-



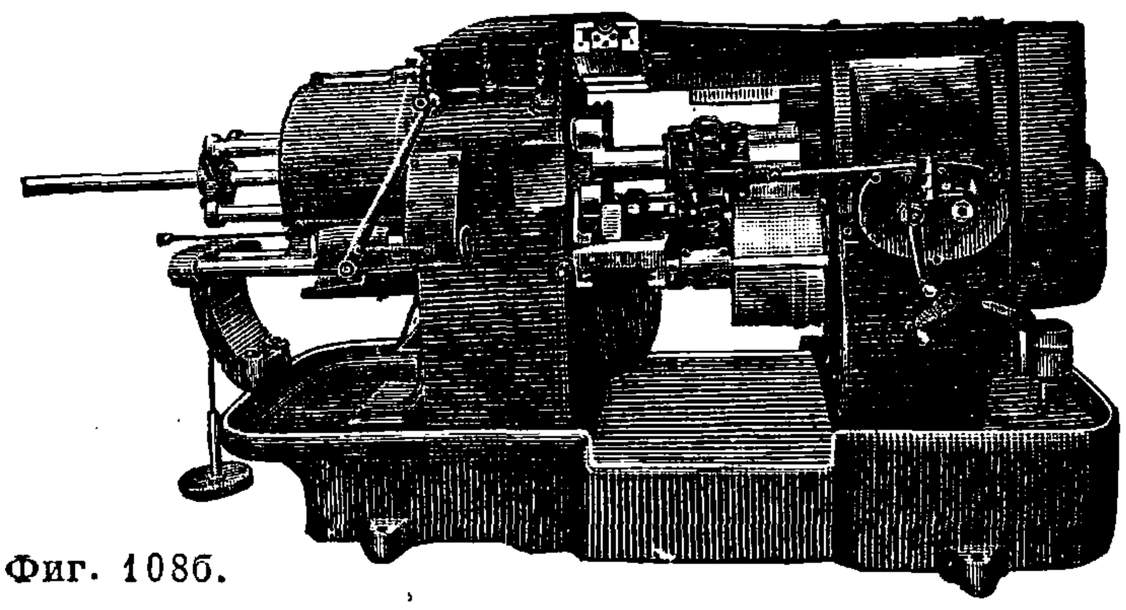
Фиг. 107в.

ботки такого количества деталей, сколько имеется занятых инструментом гнезд револьверной головки. Т. о. станок производит максимум того, что возможно при данном плане обработки. Характерной особенностью этих станков (фиг. 108а) является передняя бабка *А*, несущая в себе несколько вращающихся шпинделей *а* с зажатыми в них изделиями. Напротив каждого шпинделя помещается соответствующее гнездо инструментальной головки *Б*. В отличие от описанных выше Т. с. здесь по окончании каждой операции обработки поворачивается не инструментальная головка, а барабан передней бабки с лежащими в нем шпинделями, головка же совершает лишь прямолинейные движения



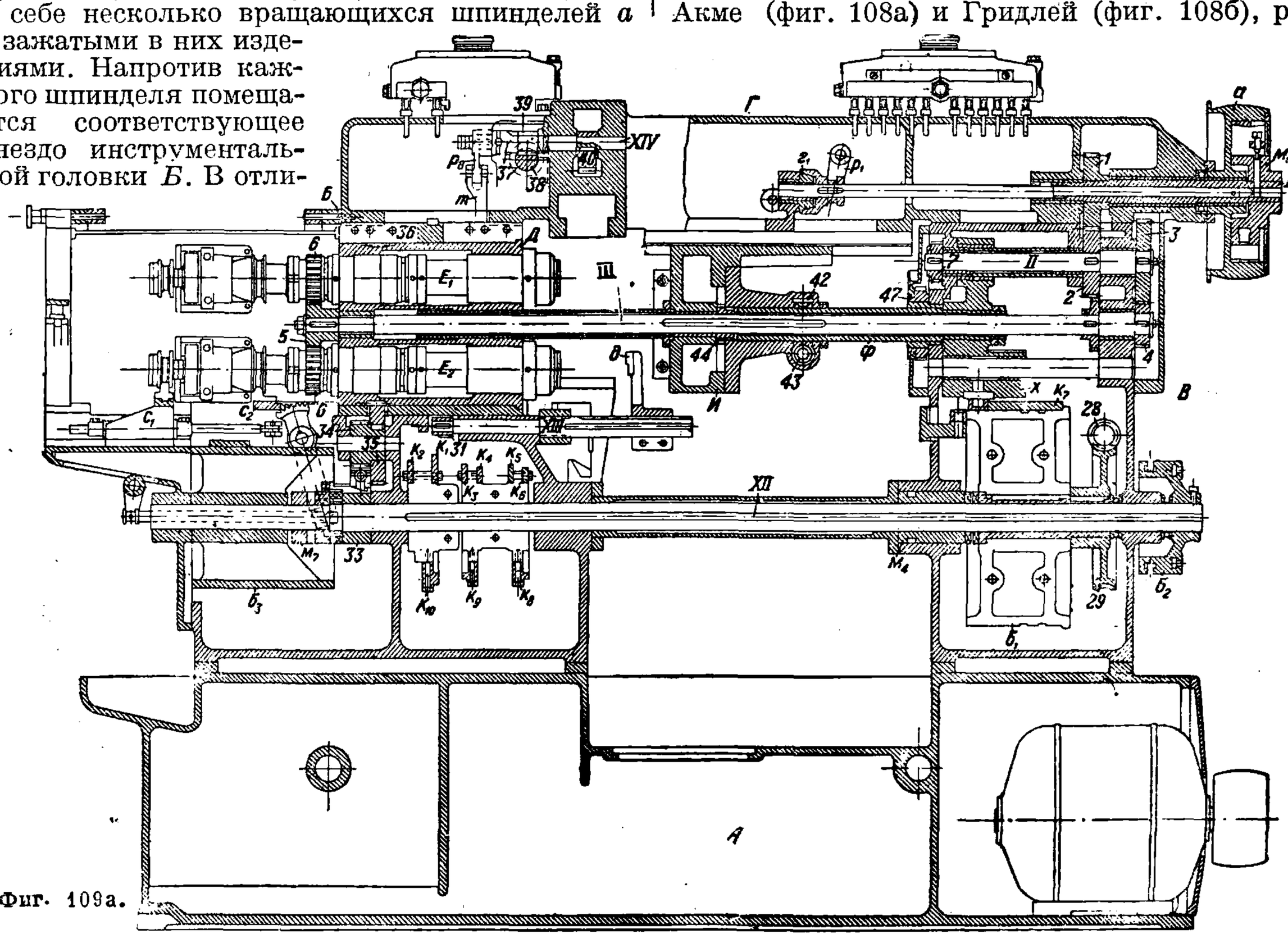
Фиг. 108а.

подачи и отвода инструмента; рядом с каждым шпинделем лежит свой поперечный суппорт *б*.



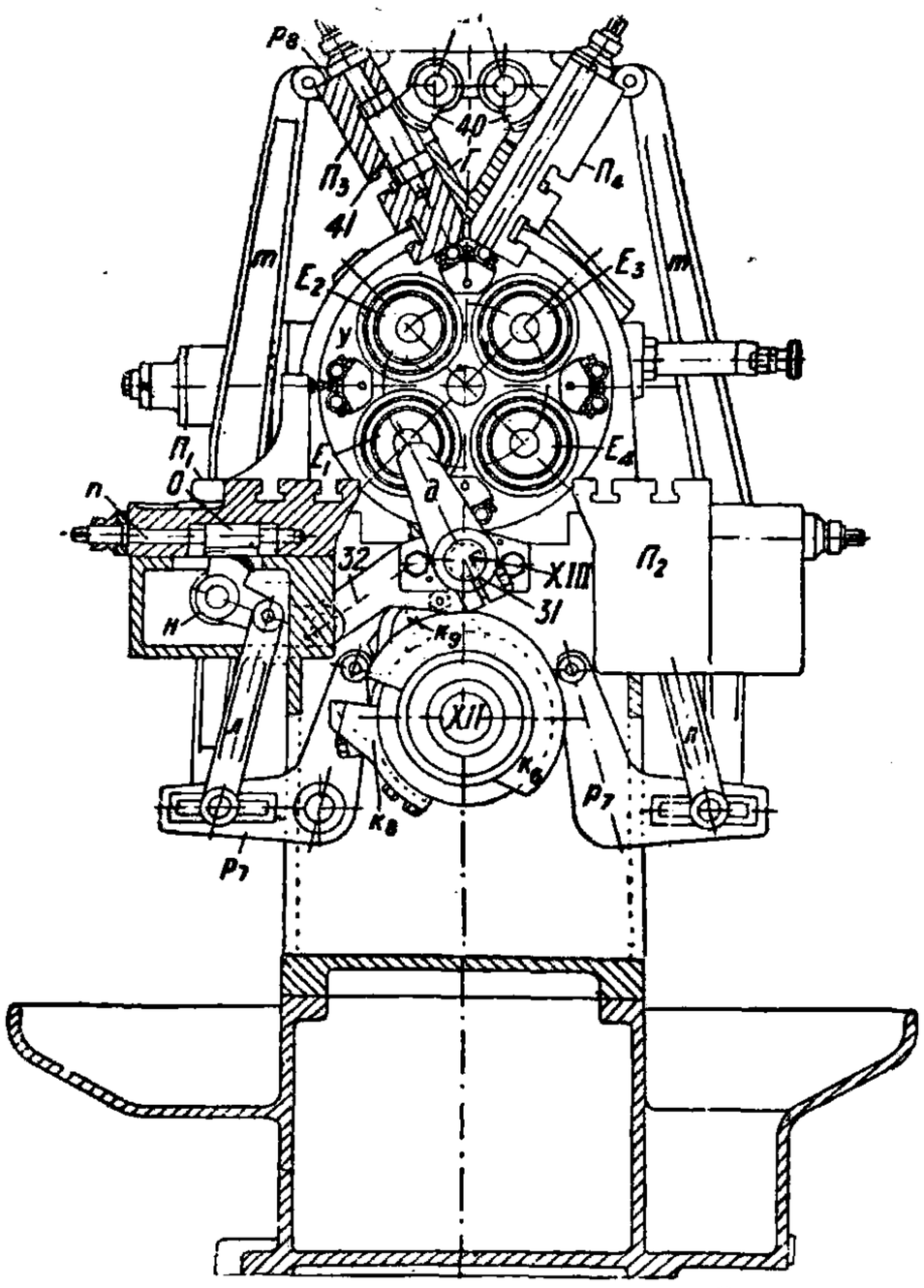
Фиг. 108б.

Главными системами являются станки систем Акме (фиг. 108а) и Гридлей (фиг. 108б), различающиеся гл. обр. формой инструментальной головки и способами ее поворачивания, а также тем, что у первого каждый набор инст-



Фиг. 109а.

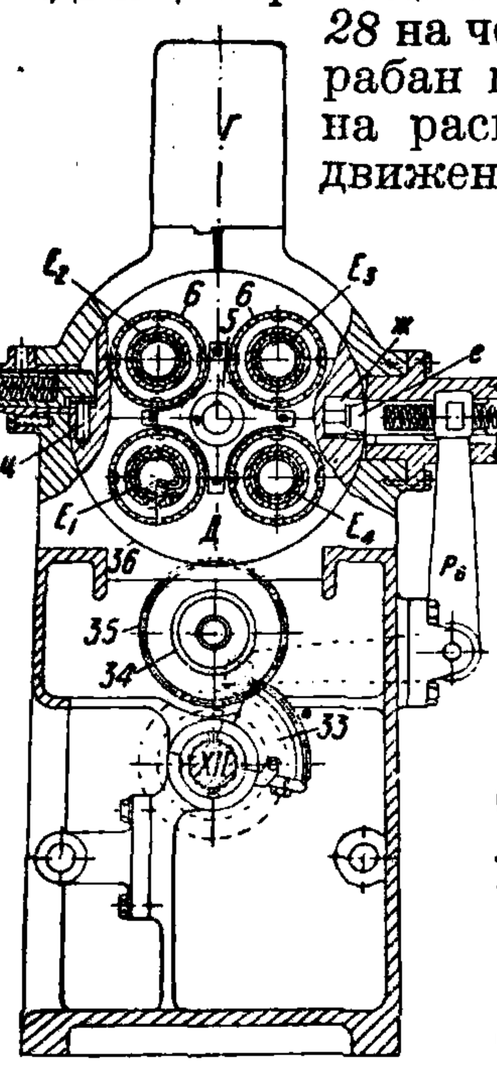
румента сидит в особом шпинделе, а у второго—на общей призматич. головке; кроме этих наиболее распространенных систем имеются станки сист. Давенпорт, отличающиеся от обеих предыдущих систем тем, что у них каждый



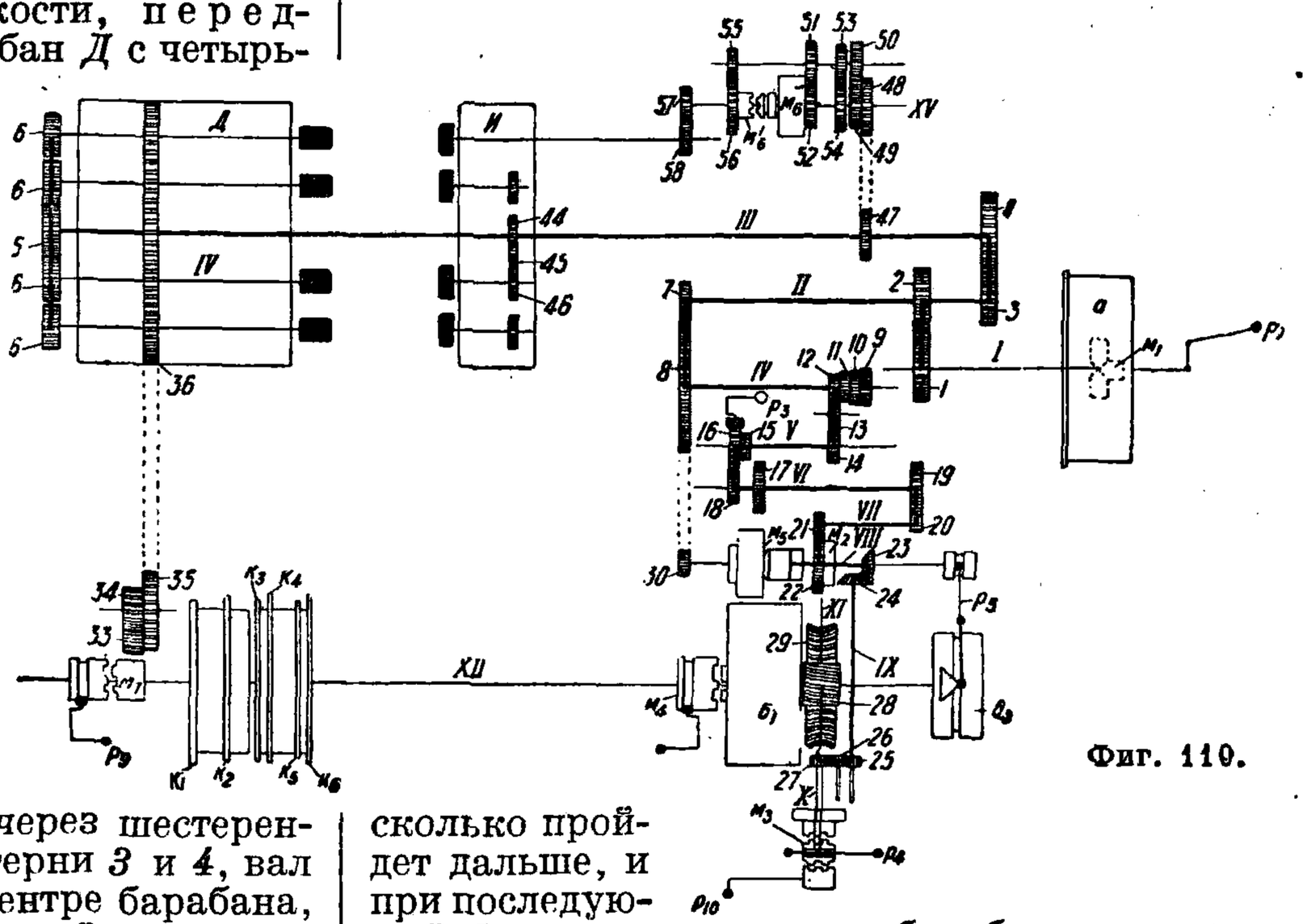
Фиг. 109б.

шпиндель инструментальной головки имеет собственную устанавливаемую по потребности длину хода.

На фиг. 109а и 109б показан четырехшпиндельный портальный автомат сист. Акме, а на фиг. 110—схема его приводного механизма. Станок состоит из основания *А* с ванной для стружек и охлаждающей жидкости, передней бабки *Б*, несущей барабан *Д* с четырьмя шпинделями E_1, E_2, E_3, E_4, 2 поперечных супорта $П_1$ и $П_2$ и органы управления для них, задней бабки *В*, в которой помещаются коробка скоростей, коробка подач и перебо-ры для привода инструментальных шпинделей, и траверсы *Г*, сообщающей всей станине замкнутую жесткую форму и несущей приводный шкив *а* и два поперечных супорта $П_3$ и $П_4$. Станок приводится в движение шкивом *а*, сцепляемым с валом *I* фрикционной муфтой $м_1$, включаемой рычагом $р_1$, к-рый при расцеплении муфты затормаживает вал *I* конусным тормозом $г_1$. От *I* движение шпинделям передается через шестеренки *1*, *2*, вал *II*, сменные шестерни *3* и *4*, вал *III* и зубчатку *5*, сидящую в центре барабана, на шестеренки *6*, находящиеся с ней постоянно в зацеплении. Медленное движение подачи берется от вала *II*, через *7*, *8*, вал *IV*, нортонову передачу из четырех шестеренок *9*, *10*, *11* и *12*, через паразитную зубчатку *13*, перекладываемую рамкой, и шестеренку *14* на вал *V*, затем через передвигаемые рычагом $р_2$ скользящие шестеренки *15*, *16* на шестеренки *17* или *18*, заклиненные на валу *VI*, а от последнего через сменные зубчатки *19* и *20* на вал *VII* и далее через передачу *21* : *22* и муфту свободного хода $м_2$ на вал *VIII*, а с него через *23*, *24* на вал *IX*, шестеренки *25*, *26*, *27*, пустотелый валик *X*, двустороннюю кулачковую муфту $м_3$, перемещаемую рычагом $р_4$, и вал *XI* с червяком *28* на червячное колесо *29*, вращающее барабан подачи $б_1$, и от него через муфту $м_4$ на распределительный вал *XII*. Быстрое движение распределительному валу сообщается от вала *IV* через зубчатки *8*, *30* на фрикционную муфту $м_5$, автоматически включаемую рычагом $р_5$, перекладываемым кулаками на барабане $б_2$. Продвижение и закрепление материала совершается уже описанным образом в шпинделе, находящемся в данный момент в положении E_1, ползунками $с_1$ и $с_2$, приводимыми в движение кривыми на барабане $б_3$. В момент подачи материала против шпинделя E_2 становится упорка *д* для материала, поворачиваемая со своей осью *XIII* шестеренкой *31*, сцепляющейся с сектором *32*, поворачиваемым кривой $к_1$ на валу *XII*; после зажатия упорка отклоняется в сторону, давая проход режущему инструменту.

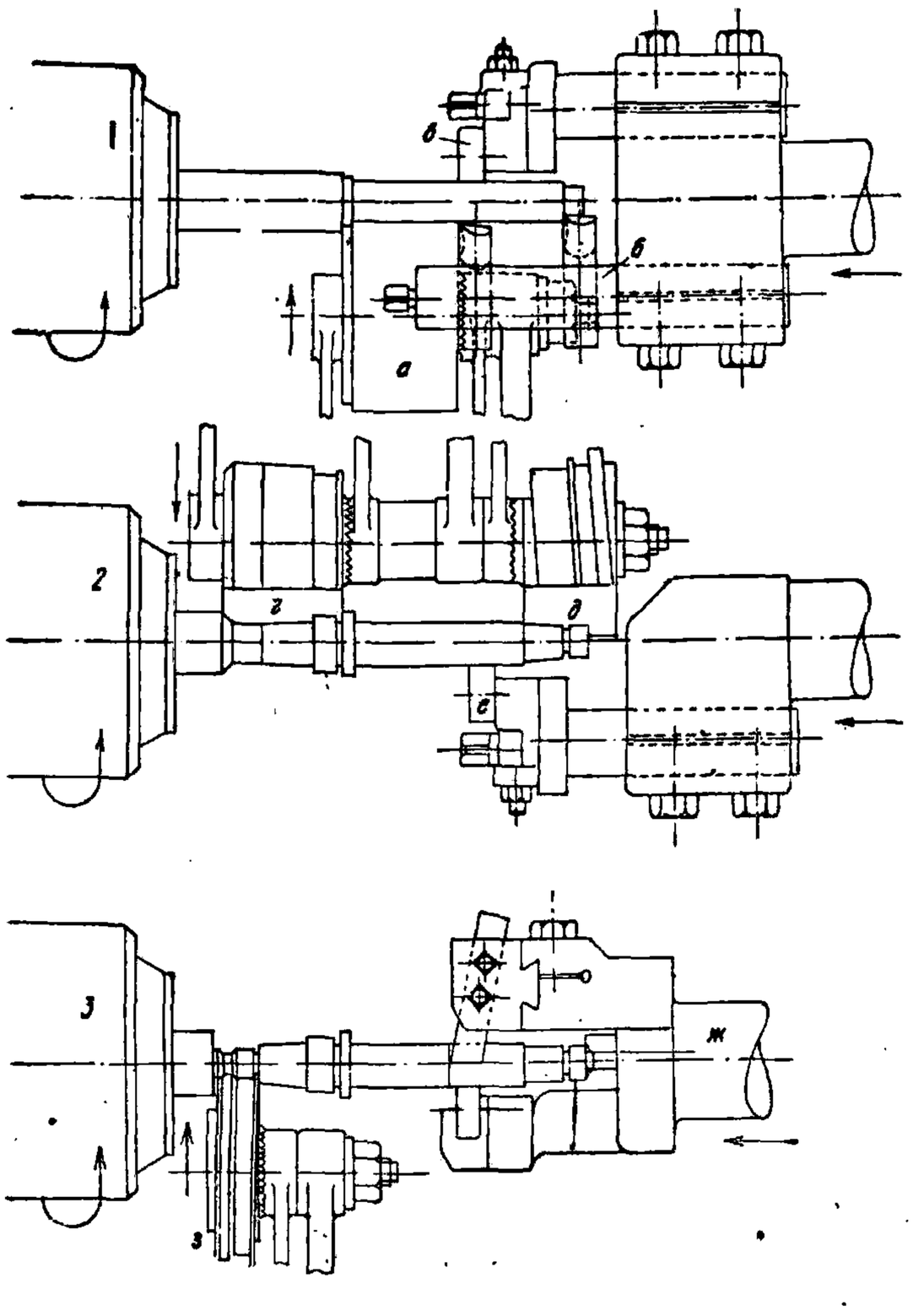


После окончания одной операции цикла обработки шпиндельный барабан *Д* поворачивается на $^1/_4$ оборота сектором *33* через шестеренки *34* и *35*, из к-рых последняя зацепляется с зубчаткой *36*, нарезанной на периферии барабана. Перед этим кулак $к_2$ отводит рычагом $р_6$ ригель *е* из гнезда *ж*, освобождая т. о. барабан *Д*. Для большей точности последнему дается несколько больше $^1/_4$ оборота, причем упорный штифт *ц* барабана, опирающийся о палец *з*, несколько пройдет дальше, и при последующей блокировке ригелем *е* барабан немного повернется назад и плотно упрется о палец *з*, обеспечивая этим совершенно точное положение шпинделей. Движение поперечным супортам передается от кривых $к_3$, $к_4$, $к_5$, $к_6$ через угловые рычаги $р_7$, тяги *л*, сектор *н* с нарезанной на нем зубчаткой и рейку *о*, скрепленную с салазками супорта. Винт *п* служит для установки салазок в радиальном направлении. Верхним супортам движение передается таким же



Фиг. 110.

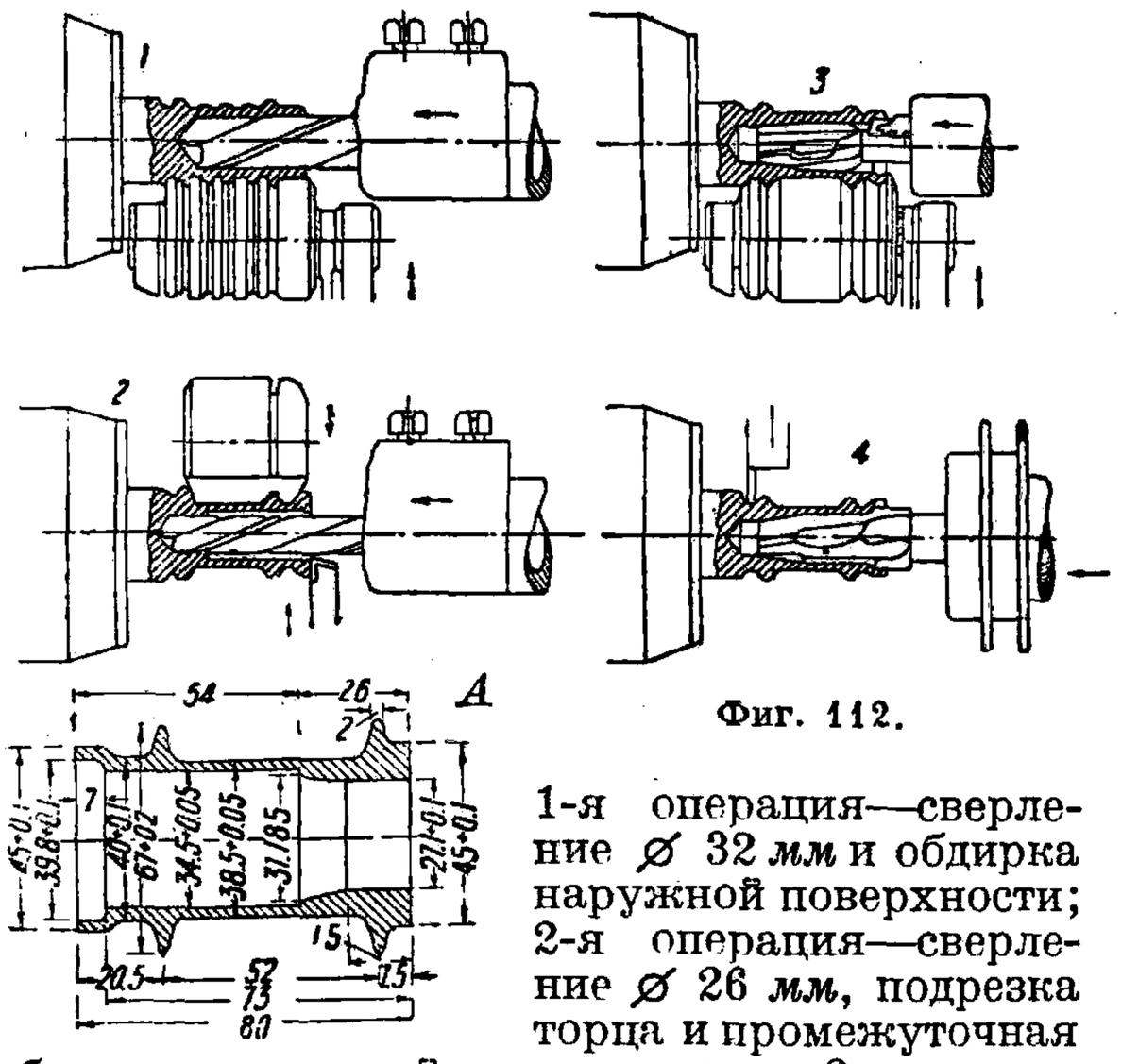
образом через тяги m, поворачивающие рычагами p_8 шестеренки *37*, передвигающие рейки *38*, вращающие в свою очередь зубчатки *39*, заклиненные на одном валу *XIV* с секторами *40*, перемещающими салазки супорта $П_3$ или $П_4$ рейками *41*. Изменение хода салазок достигается передвижением точки присоединения



Фиг. 111.

тяг $л$ или m к рычагам p_2; для точного ограничения глубины подачи фасонного инструмента устроены на барабане $Д$ регулируемые упорки y. Обратное движение автоматических рычагов управления p_6, p_7 и сектора *32* производится кривыми $к_8$, $к_9$, $к_{10}$, охватывающими при помощи выступающих гребней ролики рычагов снаружи. Подача инструментальной головки $И$, скользящей по направляющим на траверсе $Г$ и сидящей на трубе $ф$, производится перемещением связанной с последней крестовины x, производимым кривыми $к_7$ на барабане $б_1$. Точная установка головки $И$ на трубе $ф$ производится гайкой *42* с нарезанным на ней червячным колесом, зацепляющимся с вращаемым вручную червяком *43*. Сидящие в головке $И$ инструментальные шпиндели м. б. для сверления мелких отверстий приводимы в быстрое вращение зубчаткой *44*, зацепляющейся через паразитные шестеренки *45* с зубчатыми колесами *46*. Один из инструментальных шпинделей снабжается приводом для нарезания резьбы, получающим замедленное и затем ускоренное вращение сравнительно с главным шпинделем, чем и обусловливается сначала врезание винторезного инструмента, а затем вывинчивание его с готовой нарезки. Этот шпиндель получает рабочее вращение от шестеренки *47* на валу *III* через шестерни *48*, *49*, *50*, сменные шестерни *51*, *52* или *53*, *54*, фрикционную муфту $м_6$ на вал *XV* и затем через *57*, *58* на шпиндель; ускоренное или замедленное (смотря по тому, какую резьбу нарезают—правую или левую) движение для вывертывания инструмента шпиндель получает через сменные шестеренки *55*, *56* и кулачковую муфту $м_6$. Автоматич. поворот шпиндельного барабана $Д$ м. б. отключен от вала муфтой $м_7$, обслуживаемой ручкой p_9. Для медленного вращения распределительного вала при настройке автомата переключают муфту $м_3$ и вращают вал *XI* вручную ручкой p_{10}.

На фиг. 111 изображен план обработки болта сложной формы на четырехшпиндельном автомате: 1-я операция—обточка начерно правой части до буртика одновременно широкой сталью $а$ с поперечного супорта и двойным резцом $б$ с поддерживающим роликом $в$ с инструментальной головки; 2-я операция — фасонирование концов и конуса болта двумя широкими фасонными резцами $г$ и $д$ с поперечного супорта при поддержке роликом $е$ с инструментальной головки; 3-я операция—чистовая обточка места под резьбу и торцовка правого конца набором резцов $ж$ при одновременной обточке левой цапфы фасонным резцом $з$; 4-я операция—нарезание резьбы леркой $к$ при ускоренном вращении инструментального шпинделя и обратное вывинчивание лерки—при замедленном, затем отрезка готового изделия резцом $л$. В качестве второго примера на фиг. 112 дан план обработки задней втулки $А$ велосипедного колеса:

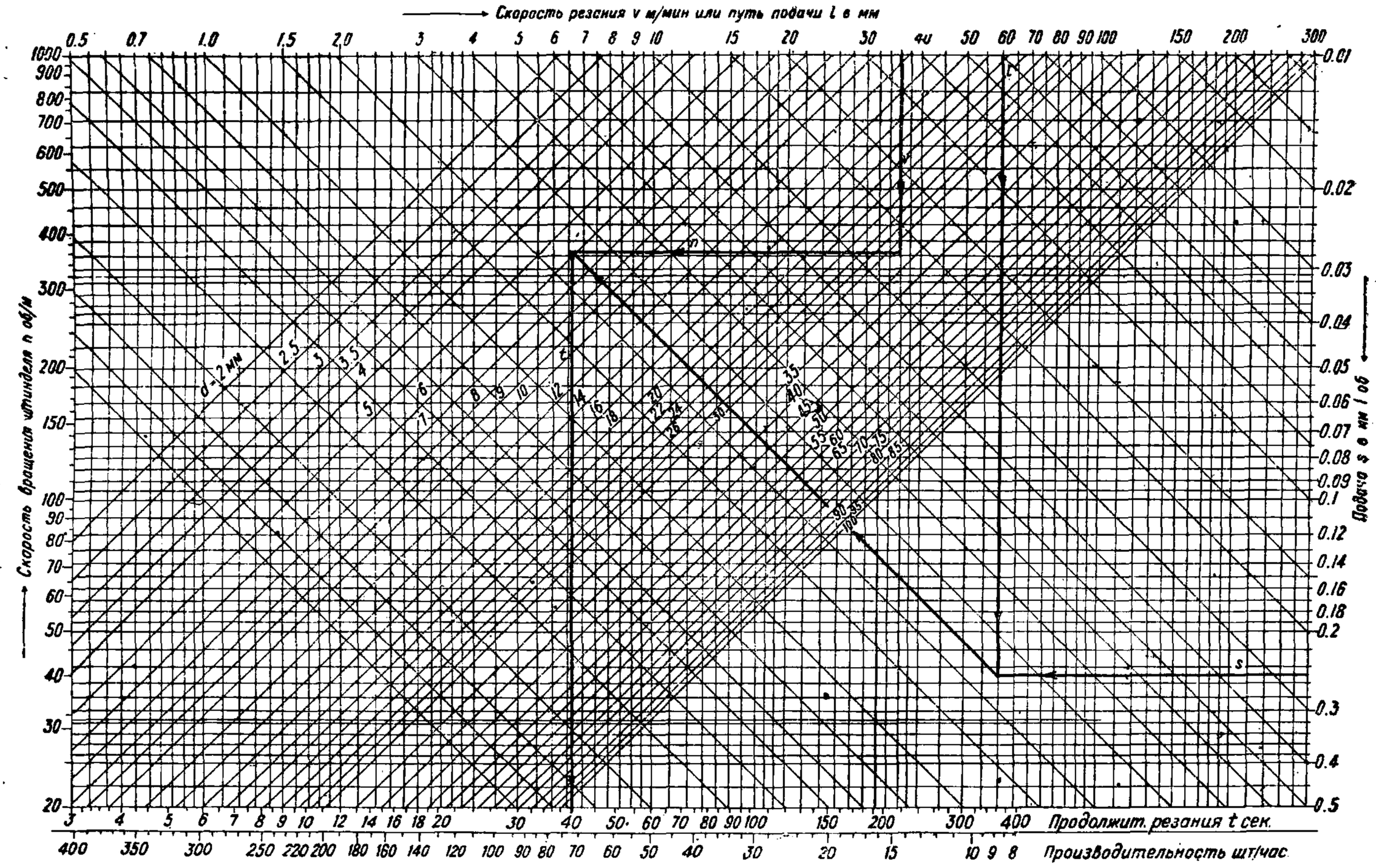


Фиг. 112.

1-я операция—сверление $\varnothing$ 32 *мм* и обдирка наружной поверхности; 2-я операция—сверление $\varnothing$ 26 *мм*, подрезка торца и промежуточная обточка наружной поверхности; 3-я операция—зенкование отверстия, расточка чашки, шлихтовка наружной поверхности; 4-я операция—развертывание и отрезка. Продолжительность обработки детали на многошпиндельном автомате равна продолжительности наиболее длинной операции + время одного переключения. В нашем случае наиболее продолжительной операцией является первое сверление: при скорости шпинделя $n = 360$ об/м. ($v = 36$ *м/мин*), длине пути сверла $b = 60$ *мм* и подаче $s = 0{,}25$ *мм*/об. имеем продолжительность сверления

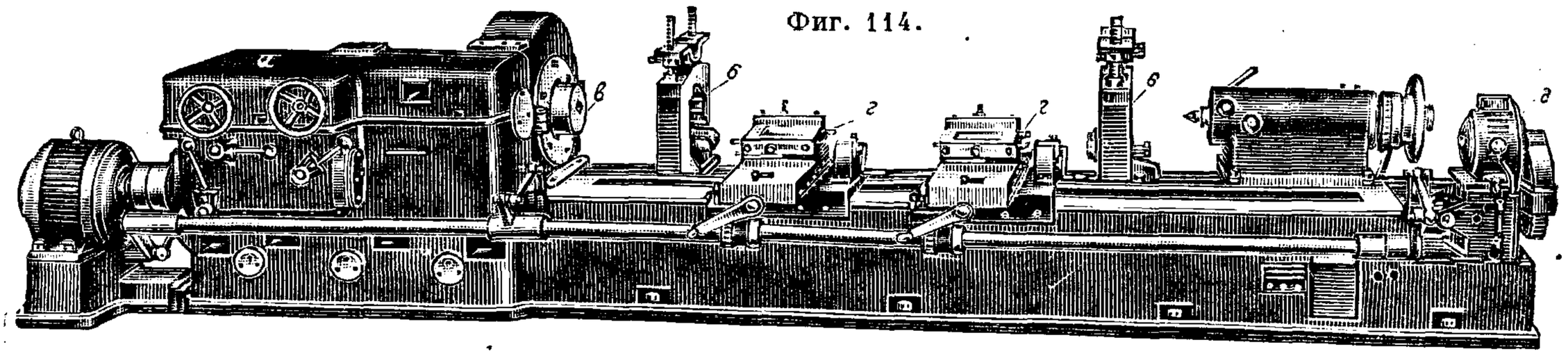
$$t = \frac{60\,\pi ld}{1\,000\,vs} = 0{,}188\,\frac{ld}{vs} = 40 \text{ ск.},$$

где l и d в *мм*, v в *м/мин* и s в *мм*/об.; прибавляя 5 ск. на отвод салазок назад и переключение шпиндельного барабана и 10% на смену инструмента, получаем часовую производительность 73 шт. Для расчета времени обработки и часовой производительности может служить логарифмич. диаграмма, изображенная на фиг. 113. Путь расчета описанной выше операции показан жирными линиями.

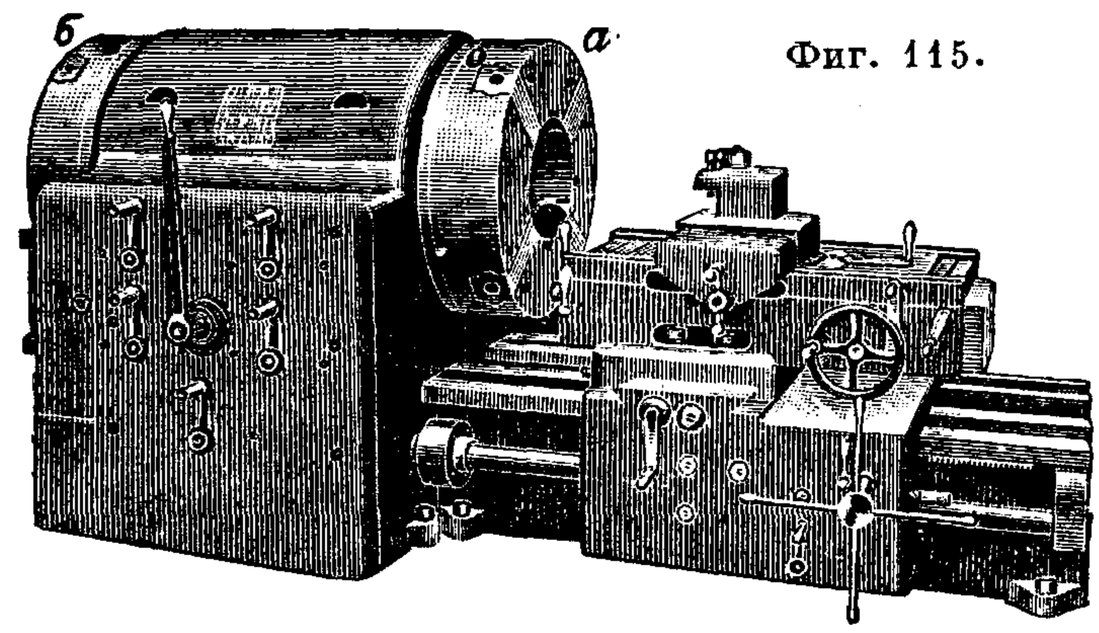


Фиг. 113.

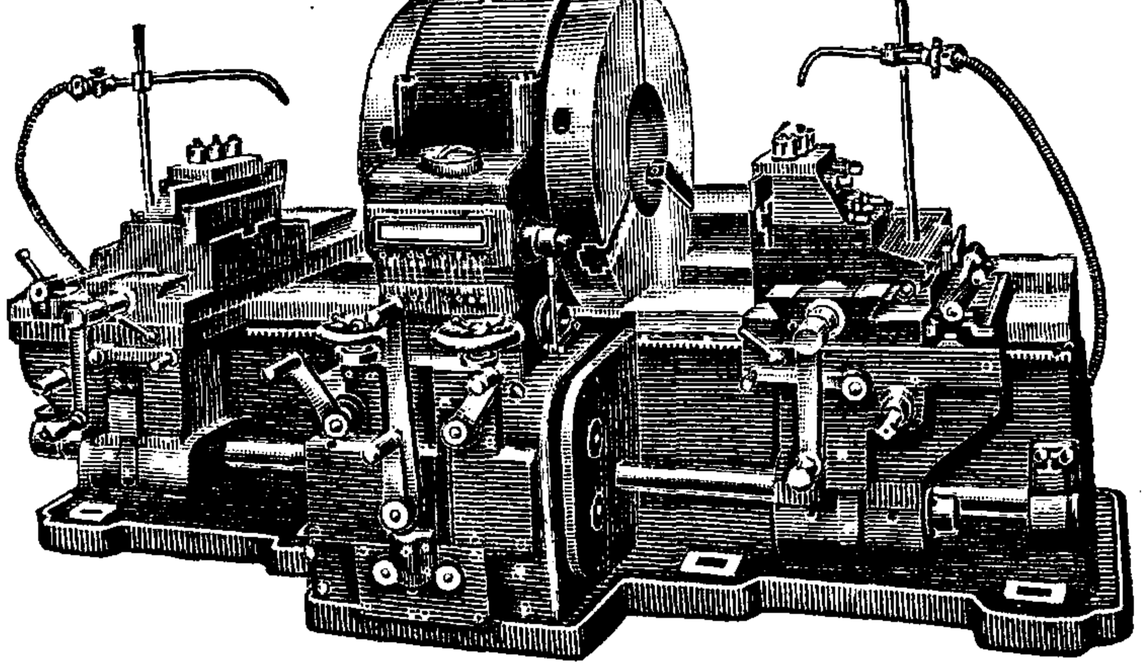
Кроме описанных выше б. или м. универсальных типов Т. с. имеется большое количество станков специального назначения с более узкой областью применения. Т. с. для обточки прокатных валков (нем. Walzendrehbank) изображен на фиг. 114. Он представляет собой мощную самоточку с индивидуальным электроприводом передней бабки *а* и особым мотором *д* для быстрого перемещения супортов. Отличительными чертами этого Т. с. являются: отнесение оси шпинделя *в* назад от направляющих, по к-рым двигаются супорты *гг*, обусловленное почти постоянными диаметрами обтачиваемых валков, и наличие сильных неподвижных люнетов *бб* для восприятия веса валков.



Фиг. 114.



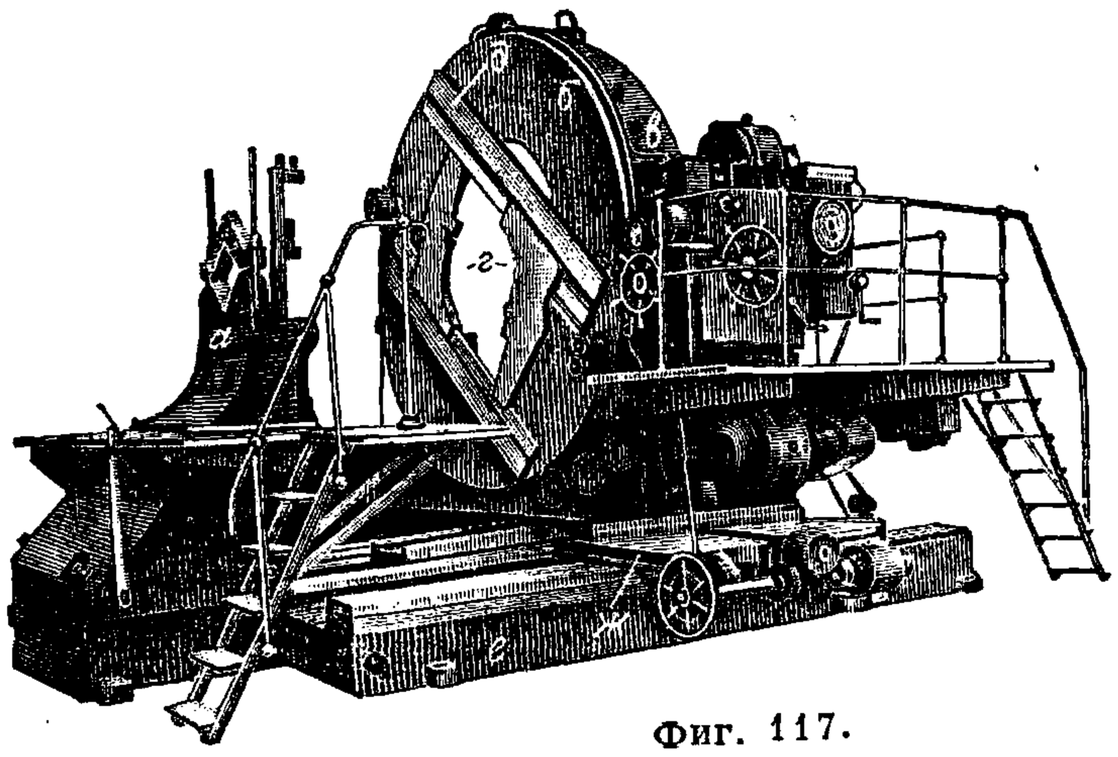
Фиг. 115.



Фиг. 116.

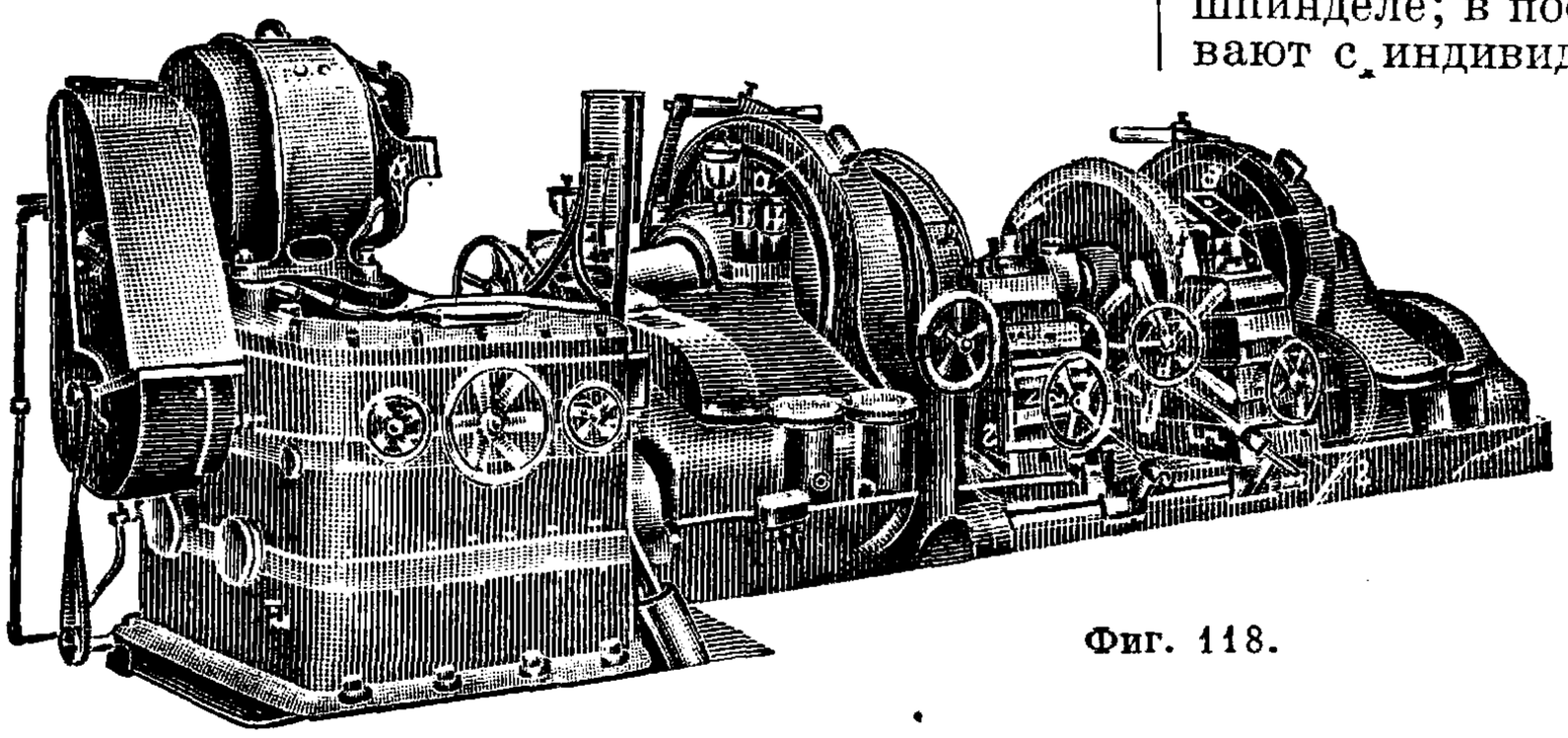
Для обработки концов труб, надетых на них фланцев и муфт строят специальные труботокарные станки (фиг. 115) с пустотелым шпинделем и короткими направляющими

для супорта. Зажим обрабатываемой трубы совершается одновременно в двух патронах *а* и *б* по обоим концам шпинделя. Для отрезки



Фиг. 117.

кусков от труб и круглых штанг для заготовок применяют специальные отрезные Т. с. (нем. Abstechdrehbank, Abstechbank, фиг. 116), сходные по конструкции шпинделя с Т. с. для обработки труб, но имеющие в отличие от них два обрезных супорта с одним лишь поперечным самоходом. Привод главного шпинделя этого Т. с. устроен таким образом, что скорость вращения его постепенно возрастает по мере углубления резцов в отрезаемый вал с таким



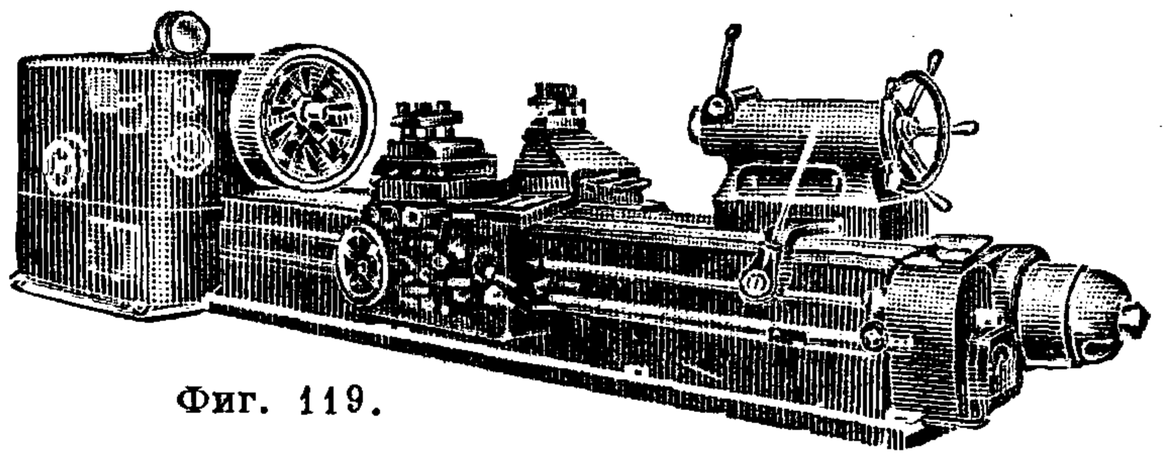
Фиг. 118.

расчетом, чтобы скорость резания оставалась неизменной несмотря на изменяющийся диаметр обтачиваемой поверхности.

Для обработки шеек и боковых поверхностей плеч крупных коленчатых валов, напр. судовых паровых машин, где приведение во вращение тяжелого вала, вдобавок на смещенных центрах, является нежелательным, применяют специальные станки типа (нем. Kurbelwellendrehbank), изображенного на фиг. 117. Вал неподвижно укладывается в люнеты *а*; движение резания совершает кольцеобразный шпиндель *б*, вращающийся в круговых направляющих супорта *в*. Резцы укреплены в особых резцедержателях *г*, перемещающихся для установки резца на требуемую глубину резания по направляющим *д*. Продольную подачу совершает весь супорт *в* по направляющим фундаментной плиты *е*. Для возможности обточки других шеек, не разжимая обрабатываемого вала, верхняя часть супорта может перемещаться по направляющим его нижних продольных салазок *эс*.

Для обточки бандажей колес ж.-д. скатов применяют специальные токарные станки (англ. Wagon-Wheel Lathe, нем. Radsätzedrehbank, франц. Tour à roues de wagon) типа, изображенного на фиг. 118. Характерной особенностью этого типа является устройство обеих бабок—передней *а* и задней *д*, почти идентичных и снабженных шпинделями, приводимыми во вращение от главного привода *в*; оба шпинделя снабжены патронами, захватывающими обрабатываемый скат с обеих сторон. Целью этого устройства является разгрузка оси ската от передачи крутящего момента, весьма значительного при применяемых в настоящее время скоростях резания и величинах подач. Другой особенностью является устройство обоих неподвижных супортов *гг*, снабженных в верхней части мощными резцедержателями, имеющими исключительно поперечную подачу или снабженными копировальными приспособлениями.

Для мелких работ точной механики применяют верстачные Т. с. малых размеров (англ. Bench-Lathe, франц. Tour d'étable, нем.



Фиг. 119.

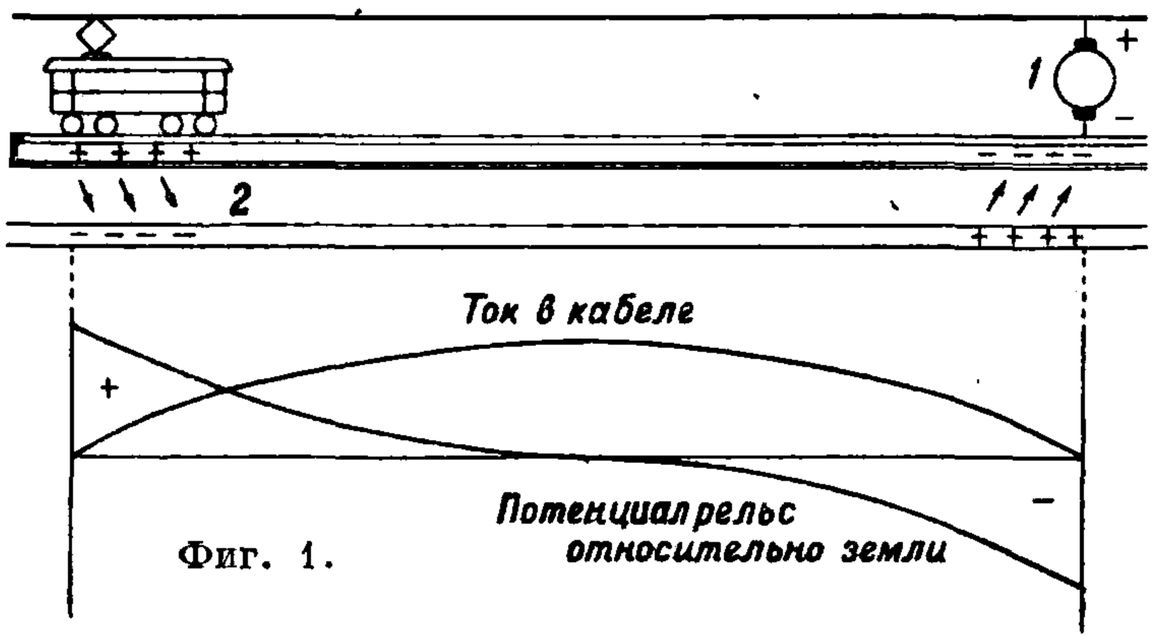
Mechanikerdrehbank) снабженные обычно простым несамоходным супортом (фиг. 2) и т. н. америк. цангами для зажима мелких изделий в шпинделе; в последнее время их часто устраивают с индивидуальным электроприводом. На фиг. 119 изображен мощный Т. с., построенный специально для научно-исследовательских работ по испытанию резцов из сверхтвердых сплавов. Этот токарный станок снабжен индивидуальным электрическим приводом с тонкой регулировкой скоростей вращения шпинделя и большим количеством подач для возможности установления различных режимов работы. Указывающие и регистрирующие электроизмерительные инструменты измеряют непрерывно скорость вращения и резания, мощность мотора и врашающий момент шпинделя, а также три составляющие усилия резания.

Лит.: Оглоблин А., Токарное дело, М.—Л., 1931 (лит.); Челюсткин А., Токарные станки, их устройство, работа и рациональное использование, 4 изд., Л., 1931; Евангулов М. и Холмогоров И., Технология металлов, 5 изд., М.—Л., 1931; Гавриленко А., Механическая технология металлов, ч. 4, вып. 1 и 2, М.—Л., 1925 (устарело); Гюлле Ф., Основы устройства станков для обработки металлов, пер. с нем., М., 1927; его же, Станки, пер. с нем., т. 1 и 2, М., 1928; Вольпе Г., Токарно-винторезный станок Хендлей, Л., 1929; Челюсткин А., Паспортизация и рациональное использование токарных станков, Л., 1926; Гипплер В., Токарное дело, пер. с нем., Берлин, 1922; Бергард Г., Станки по металлу и работа на них, пер. с англ., т. 1—2, М., 1931; Смит Р., Работа на станках, пер. с англ., ч. 1—2, Л.—М., 1931; Мисожников В. и Кук П., Токарно-револьверный автомат, М.—Л., 1931; Дворзак Г., Основы токарного дела, пер. с нем., 3 изд., М., 1930; Гузевич Д., Техника токарного дела, вып. 1, Л., 1926; Бажин А., Подбор шестерен для нарезания винтов на токарных станках, Л., 1925; Малыгин Н., Практика нарезания точной резьбы, М.—Л., 1930; Борович Л., Руководство к расчету наборных колес, М.—Л., 1925; Мюллер О., Нарезка винтов, пер. с нем., М., 1923; Кнаппе Г., Расчет сменных колес, пер. с нем., М., 1927; Буш Е., Математика токаря, пер. с нем., М.—Л., 1929; Шлезингер Г., Станки. Проверка металлообрабатывающих станков на точность, М., 1929; Фрейдберг В., Четырехшпиндельный автомат сист. Гридлей, М.—Л., 1932; Современные американские станки в автотракторном производстве, под ред. А. Бриткина, М., 1932; Зунде-

левич М., Американские одношпиндельные револьверные автоматы, М.—Л., 1931; Hülle Fr. Die Werkzeugmaschinen, 4 Aufl., B., 1923; Hülle Fr., Die Grundzüge d. Werkzeugmaschinen u. d. Metallbearbeitung, B. 1, 7 Aufl., B., 1931, B. 2, 4 Aufl., B., 1926; Kurrein M., Vielschnittbänke, ihre Konstruktion u. Arbeit, B., 1929; Kelle Ph., Automaten, B., 1921; Nicolson J. T. a. Smith D., Lathe Design for High a. Low Speed Steel, L., 1908; Schlesinger G., Prüfbuch f. Werkzeugmaschinen, 2 Aufl., B., 1931; Sachse K., Einrichten von Automaten, «Werkstattsbücher», hrsg. v. E. Simon, B., 1923, T. 1, H. 21; Kelle Ph., Gothe E., Kreil A., Einrichten von Automaten, ibid., 1926, T. 1—2, H. 23, 27; Himbergen J., Bleckman A., Wassmuth A., Das Einrichten von Halbautomaten, ibid., 1929, H. 36; Kiekebusch H., Die Werkzeugmaschine unter Last, «Forschungsheft», B., 1933, H. 360; Krug C., Zum Begriff Starrheit bei Werkzeugmaschinen, «Maschinenbau», B., 1927, B. 6, p. 169; Sachsenberg E., Druckbeanspruchung an d. Reitstockspitze einer Drehbank, «Werkzeugmaschine», B., 1929, Jg. 33, p. 217; Haupt P., Berechnung u. Konstruktion von Wälzlager-Drehbankspitzen, ibid., 1931, Jg. 35, H. 1, p. 1; Grodzinski P., Neue Drehbänke f. Bearbeitung mittels Diamanten, «Maschinenbau», Berlin, 1931, B. 10, H. 24, p. 740; Preger E., Werkzeugmaschinen mit höchsten Drehzahlen, «Z. d. VDI», 1931, B. 75, *28*, p. 893; Preger E., Drehzahlbilder—d. bequemste Überblick über Riemen- u. Zahnrädertriebe, «Werkzeugmaschine», B., 1932, Jg. 36, H. 17, p. 319; Kelle Ph., Tour monotype VDF, «Machine moderne», P., 1931, *260*, p. 235; Wallichs A., Deutsche Gross-Werkzeugmaschinen f. spanabhebende Bearbeitung, «Z. d. VDI», 1932, B. 76, *10*, p. 248; Kelle Ph., Neuere Entwicklung d. Mehrspindelautomaten, «Werkstattstechnik», B., 1931, Jg. 25, H. 1, p. 10; Kronenberg M., Ausgereifte Konstruktionen d. deutschen Werkzeugmaschinen, ibid., Jg. 25, H. 10, p. 253; Kelle Ph., Das Arbeiten auf Mehrspindelautomaten, «Werkzeugmaschine», B., 1931, Jg. 35, H. 13, 14, p. 262 u. 286; Hegner K., Die Verwendung d. Vielstahlbank im allgemeinen Maschinenbau, «Werkstattstechnik», B., 1931, Jg. 25, H. 5, p. 143; Knappe u. Krug C., Der Starrheitsgrad von Werkzeugmaschinen, «Maschinenbau», Berlin, 1932, B. 11, p. 389; Reichel W., Der Starrheitsgrad von Werkzeugmaschinen, ibid., 1931, B. 10, p. 265; Kinkhead R., Building Special Machines by Welding, «Am. Mach.», L., 1927, v. 66, p. 409; Krug C., Die Stahlbauweise im Maschinenbau, «Z. d. VDI», 1929, B. 73, p. 14; Sandelowsky S., Ist die Walzstahlbauweise bei Werkzeugmaschinen berechtigt, «Maschinenbau», B., 1931, B. 10, p. 743; Krug C., Zum Begriff Starrheit von Werkzeugmaschinen, ibid., 1927, B. 6, p. 169; Kiekebusch H., ibid., 1931, B. 10, p. 571; Schlesinger G., «Werkstattstechnik», B., 1930, B. 24, p. 127; Ledermann S., Arbeitsvermögen u. Dämpfungsfähigkeit von Gusseisen, ibid., 1930, B. 24, p. 216; Chapman E., Machine Tools of the Future, Its Rigidity, «Am. Mach.», L., 1932, v. 76, p. 124; Chapman E., Welding Facilitates Use of Stiffest Shapes for Machine-Tool Loads, «Iron Age», New York, 1932, v. 129, p. 972; Chapman E., Flexibility of Welding Combines Strength a. Lightness, «Machine Design», 1932, v. 4, p. 42; Shaw H., Experience with Vibration, «Am. Mach.», L., 1931/32, v. 75, p. 693; Selflubricating Lathe Centre, «Machinery», L., 1932, v. 41, *1048*, p. 172; «American» 22-Inch 100 HP Super Lathe, «American Machinist», L., 1932, v. 76, *11*, p. 378; «Sundstrand» Improved 8-Inch Stub Lathe, ibid., 1932, v. 76, *91*, p. 682.

Л. Павлушков.

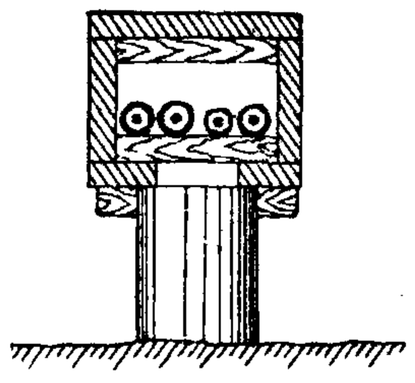
ТОКИ БЛУЖДАЮЩИЕ, электрич. токи в земле, ответвляющиеся с рельсов электрич. ж. д. при прохождении электрич. поездов или трамваев; трудно поддаются расчету. Если рельсы являются обратным проводом (фиг. 1), то часть рельсового пути, наиболее удаленная от подстанции *1*, будет иметь положительный потенциал по отношению к земле. В этом месте Т. б. вытекают из рельсов в землю, и, если в земле имеются металлич. сооружения *2* (трубы, кабели), устремляются в них, изыскивая пути наименьшего сопротивления к подстанции. В этой зоне подземные сооружения будут катодом (катодная зона) и не подвергаются опасности разрушения. Обратная картина будет иметь место в районе подстанции; здесь рельсы имеют более низкий потенциал, чем грунт, и Т. б. вытекают из подземных сооружений. В месте выхода электрич. тока происходит электролиз, выделяется кислород, и металлич. сооружения подвергаются разъеданию (электролитич. коррозия). Постоянный ток силою в 1 А, непрерывно действующий в течение года, разлагает 35 *кг* свинца или же 10—11 *кг* железа (стали). На практике степень разрушения под действием проходящего тока изменяется в широких пределах в зависимости от плотности тока утечки, а также от влажности и химич. состава грунта и его $t°$. Плотность тока имеет заметное влияние на



Фиг. 1.

разрушение металла в почве. Отношение действительного разъедания к теоретическому, или т. н. коэф. разъедания, имеет бо́льшие значения при малых плотностях тока и меньшие при больших плотностях. Абсолютное разъедание при высоких плотностях будет конечно больше, чем при малых. Во влажной почве, содержащей активные по отношению к железу соли, коэф. разъедания находится в пределах от 20 до 140% при изменении плотности тока от 5 до 0,05 $А/см^2$ поверхности анода. По мере насыщения почвы влагой коэф. разъедания увеличивается, поэтому при прочих равных условиях металлические сооружения, находящиеся во влажной почве, разрушаются значительно быстрее, чем в почве сухой. Химич. состав грунта оказывает очень сильное влияние на коэфициент разъедания и будет тем больше, чем более находится в грунте азотнокислых и хлорных соединений. В почве с содержанием сернокислых солей разъедание несколько слабее. С повышением $t°$ почвы разрушение несколько возрастает. По химич. анализу продуктов разрушения железа и стали нельзя доказать, что повреждение произошло вследствие воздействия Т. б., а не от естественного окисления предметов в почве. Лишь в отношении свинца имеется возможность установить электрич. происхождение разъедания по присутствию перекиси свинца PbO_2. Этот состав имеет буровато-красный цвет и присутствие его даже в минимальных дозах сравнительно легко установить химич. анализом. При переменном токе электролитич. коррозия много слабее, составляя лишь ничтожный процент от таковой при постоянном токе, а именно: при переменном токе в 16 пер/ск.—1,7%, в 50 пер/ск.—1,0%.

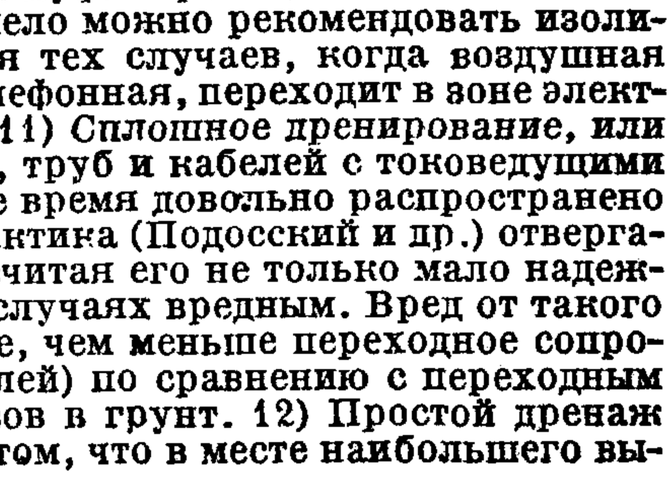
Меры защиты. Несмотря на более чем 50-летний опыт борьбы с Т. б. до сих пор нет еще простых и достаточно надежных средств, к-рые могли бы гарантировать целость подземных сооружений от электролитической коррозии. Равным образом мы не имеем по настоящее время хотя бы приближенных методов расчета продолжительности срока службы труб, кабелей и других предметов, подверженных влиянию Т. б. Радикальной мерой, вполне обеспечивающей сохранность кабелей или трубопроводов, расположенных вблизи электрических путей, является полная изоляция этих соору-



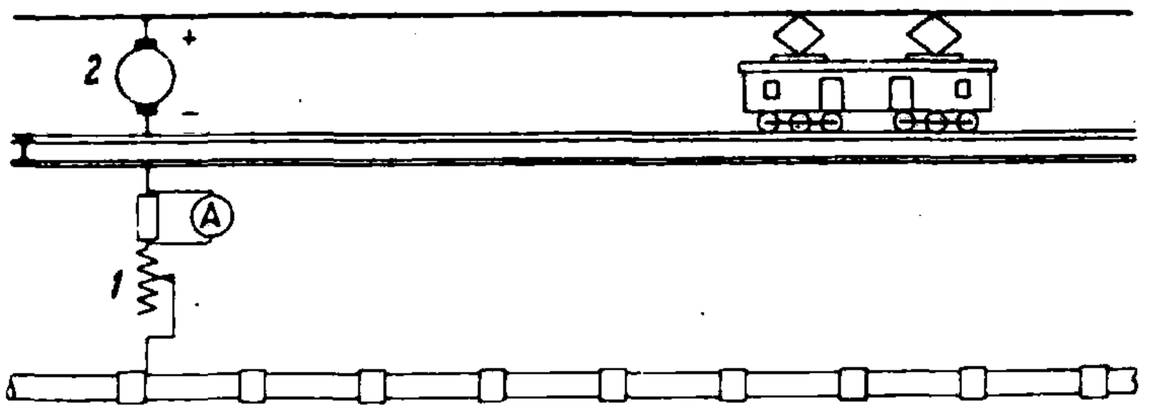
Фиг. 2.

жений от земли: вынос их наружу и прокладка на изолирующих конструкциях (фиг. 2). Все остальные меры лишь при известных условиях могут в той или иной степени гарантировать долговечность сооружений.

1) Улучшение проводимости рельсов, рельсовых стыков и рельсового пути в целом уменьшает разность потенциалов между рельсами и грунтом и тем самым ослабляет утечку тока из рельсов. Проводимость рельсов м. б. значительно (на 20—30 %) повышена путем целесообразного выбора химич. состава стали с меньшим содержанием марганца и кремния. Уменьшение электрического сопротивления рельсовых стыков достигается при помощи надежной приварки медных стыковых соединений сечением в 100 *мм*² или, еще лучше, двух по 100 *мм*². Идеальным стыком в отношении проводимости является стык, сваренный термитом или вольтовой дугой. Особое внимание следует уделять достаточной проводимости рельсового пути на стрелках, на разводных мостах и в других случаях, когда рельсовая нитка претерпевает разрыв. 2) Отсасывающие *фидеры* (см.) при надлежащем их расчете могут настолько хорошо выравнять и вместе с тем уменьшить потенциал рельсов по отношению к земле, что практически утечки тока не будет. Эта мера является дорогой, так как требует большого расхода меди, но в условиях разветвленной трамвайной сети больших городов должна считаться абсолютно необходимой. При правильном расчете сечений отсасывающих фидеров и надлежащем выборе точек отсасывания среднее напряжение между двумя любыми точками обратной сети в черте города не должно превышать 2,5 V. Напряжение между точками отсасывания непрерывно измеряется вольтметрами на тяговых подстанциях. Контрольные жилы для вольтметров заключаются в общую оболочку с отсасывающим фидером. Необходимо следить за состоянием контакта в точке присоединения отсасывающего фидера к рельсам. Т. к. в зависимости от условий движения меняется токораспределение в обратной сети, то иногда на подстанциях включают последовательно с отсасывающими фидерами регулируемые сопротивления. 3) Отсасывающие б у с т е р ы, т. е. последовательно включаемые генераторы электрич. энергии, также служат для выравнивания потенциала рельсов. Благодаря им значительно уменьшается затрата цветных металлов. Недостатком этой меры являются необходимость надзора и ухода вследствие наличия вращающихся частей машин и дополнительные потери энергии. 4) Трехпроводная система токораспределения заключается в том, что провода от обоих полюсов расположены над полотном дороги, а рельсы служат лишь средним уравнительным проводом. Вследствие меньшей нагрузки рельсов утечка тока понижается. Способ в практических условиях является затруднительным и применяется редко. 5) Перемена полярности раз в сутки уменьшает (по данным Бюро стандартов) эффект коррозии в четыре раза. Эта мера довольно часто применялась за границей. Были попытки применять ее и у нас (Бакинский трамвай). Практика показала, что перемена полярности сети при наличии нескольких подстанций вызывает некоторые эксплоатационные неудобства, и поэтому в новейшее время мера эта применяется редко. 6) Искусственное увеличение переходного сопротивления от рельсов в грунт может значительно уменьшить утечку тока. Согласно исследованию Бюро стандартов при щебеночном балласте переходное сопротивление примерно в 4 раза больше, чем при балласте песчаном. Сорт шпал также влияет на величину этого сопротивления. Шпалы, пропитанные раствором хлористого цинка, дают заметное понижение переходного сопротивления. Гораздо более благоприятные результаты получаются при шпалах, пропитанных смесью креозота (25 %) с каменноугольным дегтем (75%). Весьма существенно следить за тем, чтобы балласт в шпальных ящиках по возможности не соприкасался с подошвой рельсов. Наконец необходимо иметь хороший отвод дождевой воды с полотна дороги, т. к. с увеличением влажности балласта уменьшается переходное сопротивление. 7) Способ защиты труб поверхностной изоляцией далеко не всеми специалистами рекомендуется. Американская практика показала, что случайные трещины в изоляции быстро разрастаются и, если в этих местах концентрируется бо́льшая часть тока, то разъедание такой малой поверхности идет быстрым темпом. Исследования Ин-та электротяги НКПС на Баку-Сабунчинской ж. д. однако позволяют считать, что асфальтирование поверхности труб в большинстве случаев оказывается весьма благоприятным: благодаря асфальтировке переходное сопротивление повышается, и Т. б. в трубах бывают невелики. Рекомендуется применять тройную изоляцию поверхности труб при помощи холщевых бинтов, пропитанных каменноугольной смолой. 8) Переходное сопротивление от трубы или от кабеля в грунт в значительной степени обусловливается способом их прокладки. Прокладка в бетонных глыбах или в гончарных трубах ни в какой степени не может служить мерой защиты от Т. б. Как показала практика Москвы и других городов, всегда возможно появление трещин в глыбах и гончарных трубах вследствие просадки грунта. Через эти трещины, а также через неплотности в стыках внутрь проникает влага, чем создается хороший путь для Т. б. В последнее время за границей прокладывают кабели в фибровых трубах с надежной заделкой стыков. Этот способ прокладки вполне зарекомендовал себя. Для сильно развитых подземных сооружений м. б. рекомендована еще система прокладки кабелей на изолированных стойках, принятая на электрифицированном участке Северных ж. д. (фиг. 3: *1*—кабель, *2*—стекло, *3*—дерево, *4*—железо). 9) Изоляции кабелей, труб и других сооружений на металлич. мостах д. б. уделено особое внимание, так как рельсовый путь почти всегда имеет хорошее электрич. соединение с фермами или балками моста. Трубы на мостах можно изолировать при помощи фибровых или резиновых прокладок, кабели же лучше всего прокладывать в деревянных осмоленных желобах. Равным образом надлежит по возможности изолировать трубы и кабели в местах пересечений их трассы с полотном электрической дороги. Здесь следует применять обсадные трубы с изолирующими распорками внутри или же деревянные осмоленные желоба. 10) Изолирующие фланцы и муфты применялись в ряде случаев с целью понизить разность потенциалов, возникающую на концах металлич. подземного проводника. Сименс строит специальные изолирующие муфты для кабелей, подверженных опасности коррозии. Не везде однако этот способ оправдал себя. С эксплоатационной точки зрения применение таких муфт и фланцев также вызывает нек-рые затруднения. Смело можно рекомендовать изолирующие муфты лишь для тех случаев, когда воздушная кабельная сеть, напр. телефонная, переходит в зоне электрич. ж. д. в подземную. 11) *Сплошное дренирование*, или повсеместное соединение, труб и кабелей с токоведущими рельсами было в прежнее время довольно распространено в США. Современная практика (Подосский и др.) отвергает этот способ защиты, считая его не только мало надежным, но даже во многих случаях вредным. Вред от такого способа будет тем больше, чем меньше переходное сопротивление труб (или кабелей) по сравнению с переходным сопротивлением от рельсов в грунт. 12) Простой дренаж *1* (фиг. 4) заключается в том, что в месте наибольшего выхода тока из подземных сооружений устраивается электрич. соединение с отрицательной шиной подстанции *2* или с рельсами; Т. б. при этом как бы отсасываются подстанцией, и утечка их в грунт уменьшается. Эта мера во многих случаях оказалась вполне действительной. Необходимо лишь подобрать сопротивление дренирующего проводника (дренажа) т. о., чтобы Т. б. в трубе не слишком возросли и чтобы потенциал защищаемого сооружения во всех местах был ниже потенциала окружающего грунта. Лучше всего включить на подстанциях последовательно с дренирующим проводом регулируемое сопротивление, а также амперметр для постоянного контроля над Т. б. 13) Отсасывающие электроды представляют собой металлич. пластины (лучше всего цинковые), закладываемые глубоко в землю с целью создать малое переходное сопротивление. Пластины соединяют изолированным проводом с оболочками кабелей или с трубами. При размещении отсасывающих электродов необходимо тщательно следить за тем, чтобы потенциал окружающего их грунта был всегда ниже потенциала защищаемых сооружений, в противном случае электроды будут приносить вместо пользы вред, давая возможность Т. б. легко попасть в кабели и трубы. 14) В нек-рых случаях не без успеха в качестве защитной меры использовались металлич. пластины и полосы (металлич. экраны), располагавшиеся между токонесущими рельсами и угрожаемыми подземными трубами и кабелями. Такие экраны воспринимали на себя бо́льшую часть Т. б. и предохраняли подземные сооружения от электролитич. коррозии. 15) На нек-рых англ. электрич. ж. д., питаемых третьим рельсом, возврат тока от подвижного состава совершается не через ходовые рельсы, а при помощи «четвертого» изолированного от земли рельса. Такая система питания обычно дает вполне надежную гарантию от возможности появления блуждающих токов, однако вследствие сложности и высокой стоимости рельсовых цепей она в настоящее время применяется редко.

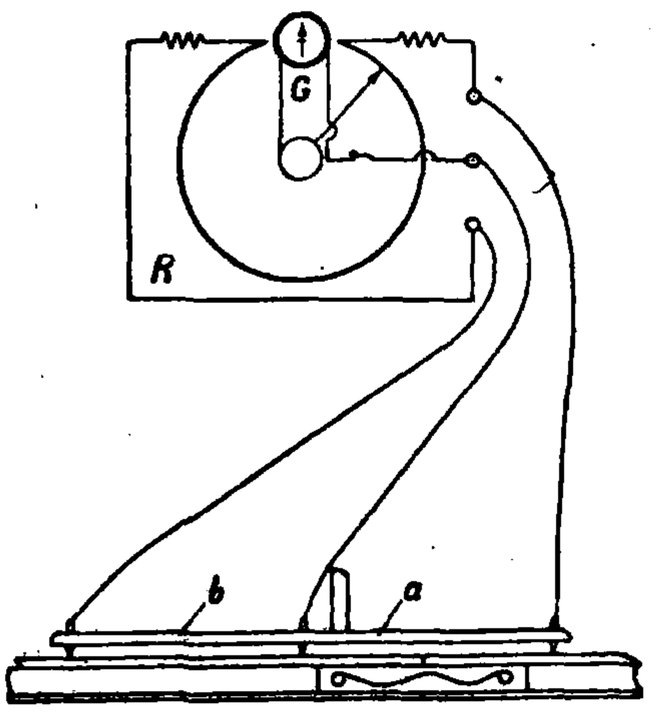


Фиг. 3.



Фиг. 4.

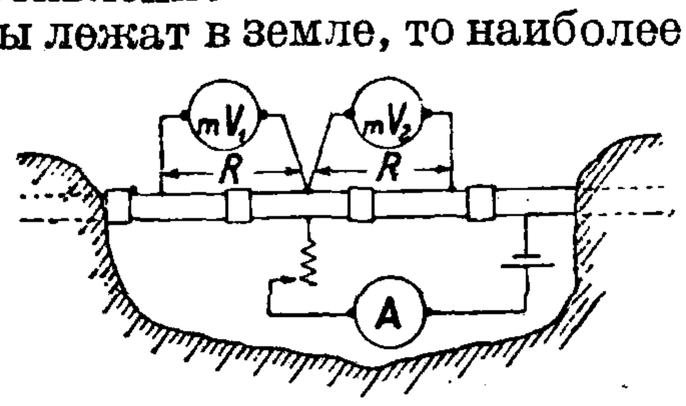
Методы измерений. 1) Определение омического сопротивления рельсов производят способом амперметра и вольтметра или же мостиком Томсона. 2) Измерение сопротивления стыков лучше всего производить переносным мостиком Роллер-Смит (фиг. 5). Достигнув электрического равновесия мостика поворотом рукоятки реостата R, получают по указанию стрелки на циферблате непосредственно сопротивление стыка a, выраженное в футах сплошного рельса b (G — гальванометр). Опытный рабочий может за 8-часовой рабочий день измерить сопротивление 500 стыков. 3) Измерение сопротивления рельсовой цепи в целом лучше всего производить на небольших участках с изолированными стыками методом амперметра и вольтметра. 4) Для того чтобы измерить силу Т. б. по падению напряжения вдоль кабелей и труб, нужно предварительно определить их омич. сопротивление на *п. м* длины. Имея образцы кабелей или труб, нетрудно определить их сопротивление мостиком Томсона. Если кабели и трубы лежат в земле, то наиболее удобен способ Луббергера (фиг. 6). Труба или кабель раскапывается на участке в 5—10 *м* и к ним приключается батарея аккумуляторов. Замеряя силу тока в питающем проводе и падение напряжения (милливольтметром, 0—15 mV) на равных участках трубы, вычисляют сопротивление R по ф-ле:



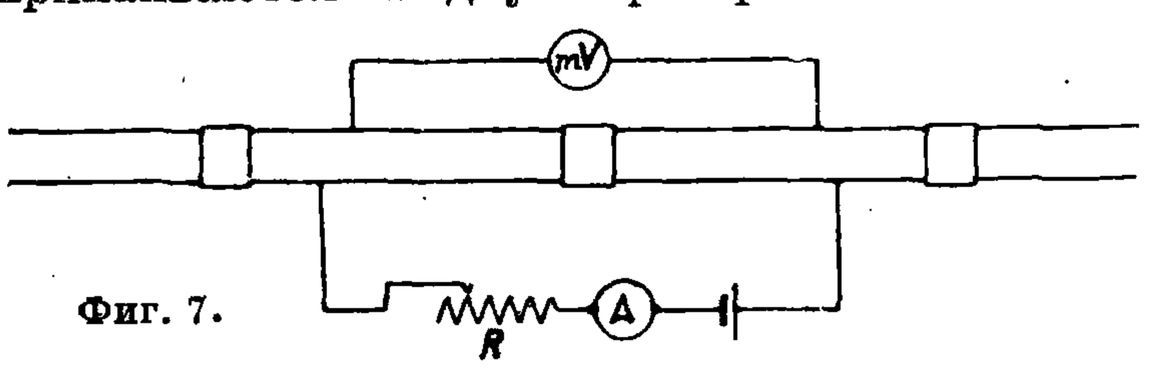
Фиг. 5.

$$R = \frac{e_1 + e_2}{I \cdot 1\,000}\ \Omega.$$

5) Для измерения токов, циркулирующих в оболочках кабелей или в проложенных в земле трубах, наиболее удобны два способа: а) измерение падения напряжения и б) компенсационный способ. Падение напряжения вдоль кабелей и труб измеряется точным милливольтметром максимальной чувствительности со шкалой до 2,5; 5 или 15 mV. Внутреннее сопротивление прибора не д. б. меньше 5 Ω. Концы измерительных проводов, идущих от прибора, припаиваются к двум трехгранным напильникам с ручками. Слегка врезая напильники в поверхность трубы, получают хороший контакт и определяют падение напряжения. Зная погонное сопротивление трубы, подсчитывают по закону Ома силу тока. Измерение силы Т. б. компенсационным способом ведется по схеме, указанной на фиг. 7. Регулируя сопротивление R, приводят стрелку милливольтметра в нулевое положение. Тогда весь Т. б. пойдет целиком через амперметр. Измеряя ток в различных местах одной и той же трубы (или кабеля), можно определить, где и как токи вытекают из них в грунт. По разности величины тока двух замеров смежных мест можно подсчитать плотность тока утечки в $mA/дм^2$. Необходимо при этом учитывать коэф. неравномерности («питинг-фактор»), к-рый для ориентировочных подсчетов м. б. принят равным 15. Как показывает практика, для железных труб является опасной плотность тока 0,75 $mA/дм^2$, а для свинцовых оболочек кабелей 0,2 $mA/дм^2$. 6) Определение среднесуточного падения напряжения вдоль рельсов лучше всего производить при помощи регистрирующих вольтметров со шкалою до 30—50 V. Вольтметр включается к рельсам с одной стороны у подстанции, а другим проводом — к точке отсасывания или к точке токораздела. В качестве измерительных проводов приходится брать свободные телеграфные и телефонные линии. 7) Измерение среднесуточной разности потенциалов между токоведущими рельсами и металлическими подземными сооружениями рекомендуется вести также при помощи регистрирующих вольтметров. Для получения точных результатов необходимо, чтобы приборы имели большое внутреннее сопротивление, примерно 50 Ω/V. 8) Измерение переходных сопротивлений (рельсы—грунт, труба—грунт), а также измерение Т. б. в самой земле представляют значительные затруднения, и до сих пор методы этих измерений являются весьма приближенными.



Фиг. 6.



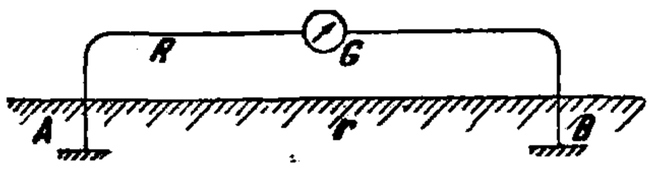
Фиг. 7.

Лит.: Правила и нормы защиты подземных металлич. сооружений от действия блуждающих токов, электротехнические правила и нормы, М., 1929; Дрейер Л., Блуждающие токи электрич. ж. д. и борьба с ними, «Постоянное бюро всес. трамвайных съездов», М., 1929, вып. 8; Гринвальд Ю., О блуждающих токах трамвая, там же, 1929, вып. 8; Нечаев В., Организация контрольных наблюдений за состоянием сети обратных проводов на московских городских ж. д., там же, 1929, вып. 8; Рывкин Ю., Картина блуждающих токов на Баку-Сабунчинской эл. ж. д., «Электричество», 1930, *21—22*; его же, К вопросу о борьбе с блуждающими токами на электрич. ж. д., там же, 1931, *4*; К изучению разрушительного действия блуждающих токов, «Трамвайный бюллетень», 1928, *15*; Ollendorf F., Die Erdströme, B., 1928; Richey A., Electric Railway, Handbook, N. Y., 1924; Column C. a. Logan, Electrolysis Testing, «Bureau of Standards, Technolog. Papers», Wsh., 1927, *355*; Einar Ström, Elektrolyse an Erdkabeln, «The Ericson Review», 1929, *4—6*; Podosski, Étude sur les phénomènes de corrosion électrolytique, «La Traction Électrique», P., 1930, *8—9*; Michalke C., Streustrommessungen, «ETZ», 1926, H. 1; Rosen J., Über die Messung von Erdströmen, ibid., 1929, H. 43.

В. Коновалов.

ТОКИ ТЕЛЛУРИЧЕСКИЕ, токи земные, электрич. эффекты в земной коре, представляющие собою мало пока изученное и вероятно очень сложное явление. Идея возможности существования Т. т. возникла под влиянием применения открытий Эрштедта и Ампера для объяснения явления *земного магнетизма* (см.). Самое явление Т. т. обнаружено было после того, как заменили два провода телеграфной линии на один (1847 г.); при этом оказалось, что в проводе появляются токи при отсутствии гальванич. элементов; они обычно меньше 10 mA, но иногда приобретают такую интенсивность (2 500 mA), что искажают или даже временно совсем прекращают телеграфную связь. Прежде всего было обнаружено, что между двумя достаточно удаленными точками в земле существует разность потенциалов, к-рая проявляется, когда обе эти точки соединены проводником (воздушный, подземный или подводный кабель); при отсутствии провода токов, циркулирующих

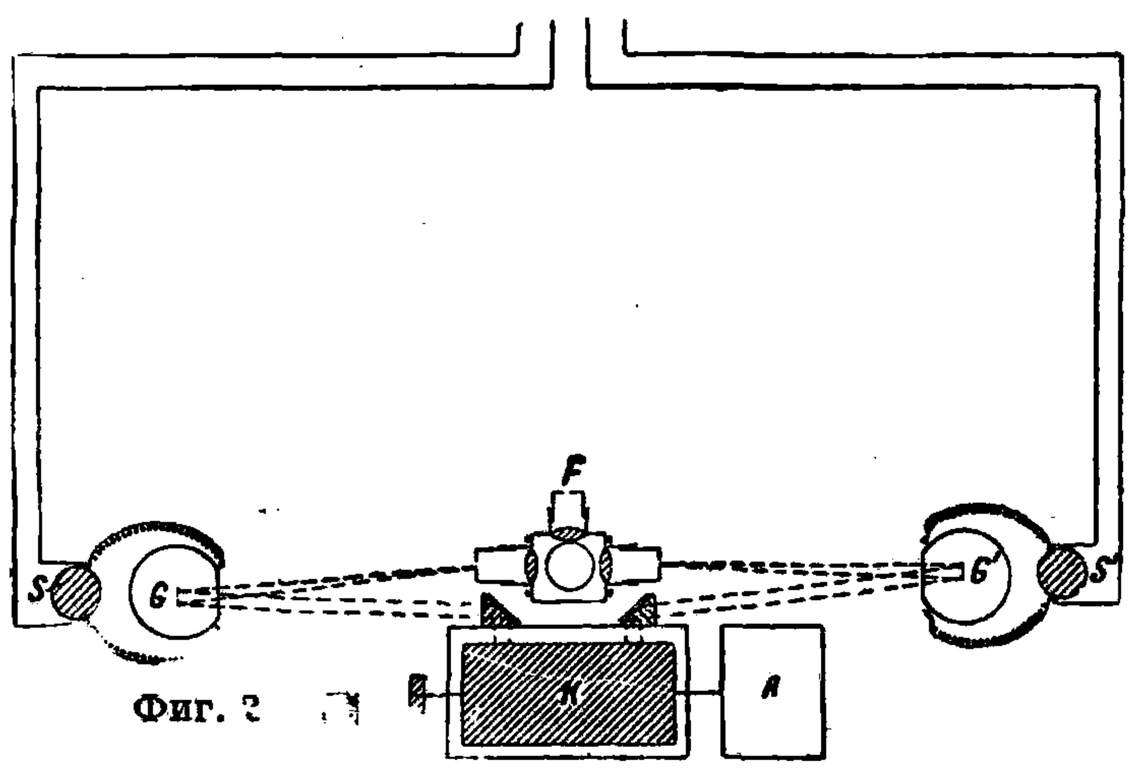
в земле, не удалось демонстрировать. Т. к. ток из всех возможных направлений должен выбрать направление наименьшего сопротивления, то одним из главных факторов, определяющих это направление, являются строение и физич. свойства соответствующих геологич. пород. В дальнейшем выяснилось, что и интенсивность Т. т. и направление их могут меняться во времени, причем наблюдаются быстрые колебания с малыми амплитудами, аналогичные магнитным волнам, обнаруженным Эшенгагеном. Развитие сведений о Т. т. идет вместе с развитием и улучшением аппаратуры для наблюдений. Пусть A и B (фиг. 1)—две точки на земной поверхности, соединенные проводником с сопротивлением R, в цепь к-рого включен гальванометр G. При наблюдаемом токе силою I имеем $E = RI$. Включая в цепь элемент с электродвижущей силой e и наблюдая при спокойном состоянии Т. т. ток i, получаем $e = (R+r)i$, откуда, пренебрегая r при данной чувствительности гальванометра, находим $E = \frac{eI}{i}$. Т. т. часто характеризуют той величиной эдс, которая получится, если указанную выше величину E, определенную из наблюдений и выраженную в V, разделить на расстояние по прямой линии между заземлениями, выраженное в *км*. Порядок величин Т. т., наблюдаемых в обсерваториях, сильно различается в зависимости от положения на земном шаре. Так, наблюдения обсерватории Эбро (Испания), к-рые отличаются особой надежностью и длительностью, дают значения нормального тока ок. 0,2 V/*км*, наблюдения Вильда в Павловске (под Ленинградом) для магнитно-спокойных дней дают значения 0,06 V/*км*, тогда как Бахметьев в Софии (Болгария) наблюдал в 10 раз меньшие значения. Крупные магнитные возмущения сопровождаются обычно очень интенсивными Т. т., значение к-рых доходит до 10 V/*км*.



Фиг. 1.

На величину Т. т. оказывает влияние ряд физич. агентов: 1) темп-ра почвы или, точнее, разность $t°$ точек, где помещены электроды. Измерения показали, что разность $t°$ в 1° вызывает разность потенциалов в 1 mV. 2) Влажность почвы, благодаря которой проводимость почвы возрастает; поэтому колебания Т. т. весной и осенью увеличиваются и уменьшаются во время сухого сезона. 3) Влияние атмосферного электричества выражается в том, что с отрицательно заряженной поверхности земли происходит рассеяние электричества, различное в различных областях, в результате чего в почве появляется разность потенциалов, вызывающая Т. т. 4) Осадки играют двойную роль, увеличивая влажность почвы, с одной стороны, а, с другой,—перенося заряды атмосферного электричества на почву. Помимо этого возникает явление электрокапиллярности (см. *Электрокапиллярные явления*). Остальные физич. факторы играют менее значительную роль. Т. т. распространяются по земной коре, как по проводящей поверхности, и если определить положение изопотенциальных линий, то направление тока в каждой точке определяется нормалью к этим линиям. Обычно наблюдение ведут по двум линиям, образующим между собой прямой угол, напр. N—S, O—W. Обозначая интенсивности (точнее плотности) токов вдоль каждой из этих линий через i_x, i_y, имеем для результирующего тока $I = \sqrt{i_x^2 + i_y^2}$. Вычисление величины полной силы становится сложнее, если направления линий Т. т. не образуют прямого угла. Многочисленные наблюдения над направлением токов, производимые в различных пунктах в Англии, Франции, Италии, Павловске, дали преобладающее направление от SW к NO, наоборот, в Испании обнаружено максимальное направление от NNW к SSO, а наблюдения в Германии—от NW к SO. В горных странах Т. т. распространяются преимущественно в направлении от подошвы к вершине. В течение довольно продолжительного времени наблюдения над Т. т. носили лишь эпизодич. характер или занимали сравнительно непродолжительные периоды. Однако для выяснения характера Т. т., закона изменений во времени и особенно влияния работы солнца требовались многолетние регулярные наблюдения.

Для регистрации Т. т. служат гальванометры сист. Депре-д'Арсонваля с сопротивлением ок. 210—220 Ω; запись отклонений их зеркалец осуществляется фотографическим путем. Фиг. 2 представляет установку для регистрации Т. т. на обсерватории Эбро. Подводки от линий NS и OW замыкаются через шунты S и S' на гальванометры G и G'; 2 пучка света от фонаря F падают на 2 пары зеркал (в гальванометрах) — одно подвижное, другое неподвижное—и, отражаясь от них, попадают на призмы полного внутреннего отражения и благодаря щели дают 4 тонких изображения на фотографич. бумаге высокой чувствительности, навернутой на барабан K, приводимый в движение часовым механизмом R. Сопротивление внешней цепи подобрано так, что каждый *мм* отклонения на бумаге соответствует 3,6 mV/*км*.



Фиг. 2.

Изучение явления показало, что подобно элементам земного магнетизма Т. т. по величине и направлению испытывают непрерывные изменения, среди к-рых необходимо отметить правильные периодич. колебания с периодом сутки и год (суточные и годовые вариации) и непериодические с большими амплитудами колебаний и с резкими изменениями величины и направления—телл у р и ч е с к и е б у р и. Суточные вариации отличаются следующими особенностями: интенсивность колебаний в направлении N—S много больше, чем в направлении O—W. По линии N—S главный минимум падает на 11 ч. 30 мин., главный максимум—на 4 ч. веч.; помимо этого наблюдаются еще вторичные максимум и минимум в ранние утренние часы—3 ч. (минимум) и 7 ч. (максимум). По линии O—W моменты наступления максимума и минимума близко совпадают с соответствующими моментами

главных максимумов и минимумов линии N—S; что же касается вторичных максимумов и минимумов, то последние выражены не вполне ясно. Сравнение многолетних наблюдений в различных пунктах, отличающихся по времени работы станций (напр. Эбро и Берлин), показывает, что характер суточных колебаний остается один и тот же. Амплитуда в суточном ходе составляет ок. 25 mV/*км*. Годовые вариации также обнаруживают более значительные колебания Т. т. по направлению N—S, чем по O—W. Они представляют собою простую волну с максимумом, падающим на июнь месяц; в сентябре наблюдается минимум. Амплитуды годового хода выражаются для Эбро следующими значениями, определяемыми в mV/*км*: для северной составляющей 399, для восточной составляющей 167, для результирующей 421. Около времени равноденствия наблюдаются особенно сильные колебания Т. т. в суточном ходе и, наоборот, во время солнцестояния амплитуды суточного хода невелики. В отношении связи с явлениями земного магнетизма одни авторы рассматривают Т. т. как производную от соответствующего элемента земного магнетизма, напр. Т. т. направления N—S пропорциональны составляющей W—O магнитного поля; отсюда заключают, что Т. т. является индуктированным током при вариациях элементов земного магнетизма; другие считают, что Т. т. предшествуют вариациям земного магнетизма и являются причиною их. Помимо этого наблюдается определенная зависимость между изменениями потенциала атмосферного электричества и значениями Т. т., что особенно резко проявляется в период активной солнечной деятельности (солнечные пятна).

Кроме Т. т. естественного происхождения в почве циркулируют токи искусственного происхождения. Сюда относятся слабые токи, возникающие при эксплоатации телеграфных линий, и более интенсивные, получающиеся при эксплоатации электротранспорта и от электрич. проводников для промышленных целей (см. *Токи блуждающие*).

Лит.: Тверской П., Курс геофизики, 2 изд., Л.—М., 1932; Traité d'électricité atmosphérique et tellurique, publié sous la direction de E. Matias, Paris, 1924; Maurain Ch., Physique du Globe, P., 1923; «Terrestrial Magnetism a. Atmospheric Electricity», Baltimore.

В. Пришлецов.

ТОЛУОЛ, метилбензол, $C_6H_5 \cdot CH_3$, бесцветная прозрачная жидкость, горящая на воздухе с коптящим пламенем. Удельный вес $D_4^{15}=0{,}86622$; $t°_{кип.}$ при 760 *мм* 10,5°; $t°$ замерзания −95,0°; коэф. преломления $n_D^{20}=1{,}4998$; поверхностное натяжение $\gamma=28{,}83$ дина/*см*; уд. теплоемкость при 20° 0,412. Растворимость воды в Т. и обратно Т. в воде невелика, причем равновесие наступает очень медленно; при 0° растворимость Т. в воде 0,008% (весовых), при 30°—0,053%. Пары толуола сильно действуют на организм; по характеру действия Т. отличается от бензола: последний представляет по преимуществу кровяной яд, действие же Т. в первую очередь направляется на нервную систему.

Изготовление Т. в технике тесно связано с получением других ароматич. углеводородов (см. *Коксобензольное производство*). Отделение Т. от гомологов производится путем тщательной ректификации легкого каменноугольного масла после соответственной очистки. Отделение от бензола и ксилолов происходит легко благодаря большой разнице в $t°_{кип.}$, но незначительное количество нафтенов и парафиновых углеводородов всегда содержится даже в наиболее чистых сортах продажного продукта. В зависимости от темп-ры коксования соотношение Т. и бензола в легком каменноугольном масле сильно меняется: для холодного хода печи (650—700°) выход Т. довольно значителен, но он падает очень резко при повышении температуры коксования до 1 100—1 200°. В настоящее время наблюдается всеобщая тенденция к переходу на последний режим, в связи с чем несмотря на расширение коксования производство Т. неуклонно из года в год падает, и в настоящее время благодаря увеличению потребления этого продукта в пром-сти Т. становится дефицитным товаром. Другие методы получения Т. имеют лишь историч. и научный характер. Так, Т. может быть изготовлен путем перегонки толуанского бальзама, при нагревании кальциевой соли метилбензойной кислоты, через соответствующее диазопроизводное и т. д. Т. содержится в большем или меньшем количестве во всех природных нефтях в легких погонах, но выделение его из соответствующих фракций бензола лишь в исключительных случаях может представлять промышленный интерес, да и то нефти, к-рые оказывается выгодным фракционировать, дают лишь концентрат, перерабатываемый далее на производные толуола.

Применение Т. чрезвычайно разнообразно. Бактерицидные свойства Т. используются для сохранения легкопортящегося субстрата в неизменном виде, чего не удается достигнуть при применении других дезинфицирующих веществ. Способность Т. сильно задерживать выпадение кристаллов бензола широко используется при изготовлении моторного бензола для нужд автомобильной пром-сти, где требуется возможно более низкое замерзание горючего. Высокие антидетонационные качества Т. послужили основой для составления толуолового эквивалента, характеризующего способность горючего вызывать стуки в моторе (Рикардо). Технология *взрывчатых веществ* (см.) использует Т. для получения тротила. Многие производные толуидина и *n*-аминобензойной к-ты, получаемой из нитротолуола, являются прекрасными анестезирующими веществами, как напр. новокаин, анестезин и пр. Окислением Т. получают *бензойную к-ту* (см.) и *бензальдегид* (см.). Т. часто употребляется в лабораториях в качестве стандарта для сравнения различных физич. констант, как сравнительно довольно легко очищаемая жидкость с низкой упругостью пара.

П. Панютин.

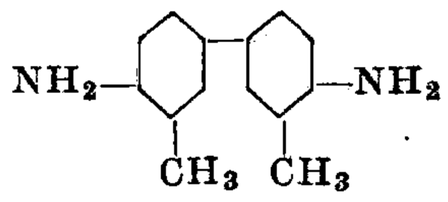
Лит.: см. *Коксобензольное производство*.

Производные Т. Из галоидных производных Т. наиболее важными являются хлорпроизводные, причем Cl способен замещать как водород метильной группы, причем получается хлористый бензил, бензальхлорид и бензотрихлорид (см. *Бензил хлористый*), так и водород ядра, причем получается *o*- и *n*-хлортолуол; *o*-хлортолуол $CH_3 \cdot C_6H_4Cl$—бесцветное масло с $t°_{пл.}$ −35,1°, $t°_{кип.}$ 159° и D_{15}^{15} 1,0877; получают его обычно из *o*-толуидина (см. ниже) диазотированием в солянокислой среде или из *n*-толуолсульфокислоты в среде H_2SO_4, причем Cl становится в *o*-положение по отношению к группе метила, а сульфогруппу отщепляют перегретым паром; применяют для получения *o*-хлорбензальдегида и *o*-хлорбензойной к-ты; *n*-хлортолуол — бесцветная жидкость с $t°_{пл.}$ 7,4°, $t°_{кип.}$ 162° и D_{15}^{15} 1,0749. При-

меняется *n*-хлортолуол для получения других продуктов хлорирования.

Нитрование Т. (посредством HNO_3 или смесью HNO_3 и H_2SO_4) приводит обычно к смеси его нитропроизводных (моно-, ди- и тринитротолуолов); получение тех или иных продуктов зависит от условий нитрования. *о*-нитротолуол $CH_3 \cdot C_6H_4NO_2$—диморфная жидкость; $t°_{заст.}$ одной модификации −10,6°, другой −4,1°; $t°_{кип.}$ (обеих форм) 222,4°; D_{15}^{15} 1,168; окисление (перманганатом калия) приводит к *о*-нитробензойной к-те; *n*-нитротолуол—бесцветные ромбические кристаллы с $t°_{пл.}$ 51,3°, $t°_{кип.}$ 237,7°, D_{15}^{15} 1,1092. 2,4-динитротолуол—моноклинные призматич. иглы с $t°_{пл.}$ 71°, D^{20} 1,521, употребляется для приготовления тринитротолуола, применяемого под названием тротила как взрывчатое вещество (см. *Взрывчатые вещества*).

Аминотолуолы (толуидины $CH_3 \cdot C_6H_4 \cdot NH_2$, *о*-, *м*- и *n*-) получаются восстановлением нитротолуолов; *о*-толуидин—бесцветная жидкость, существует в двух формах с $t°_{пл.}$ −24° и −16,5°; D_{15}^{15} 1,0031; получение аналогично получению гомолога—*анилина* (см.); служит исходным продуктом для получения многих красителей и их промежуточных продуктов; *n*-толуидин кристаллизуется из водного спиртового раствора в листочках с $t°_{пл.}$ 43,8° и $t°_{кип.}$ 200,4°; уд. в. 1,048; 1 *л* воды растворяет (при 2,08°) 7,39 *г*; применяется также в крашении; *м*-толуилендиамин, 2,4-диаминотолуол, гомолог *фенилендиамина* (см.), ромбич. призмы или иглы с $t°_{пл.}$ 99°, $t°_{кип.}$ 280—285°, легко растворимы в спирте, эфире и кипящей воде; применяется в крашении; *о*-толидин,

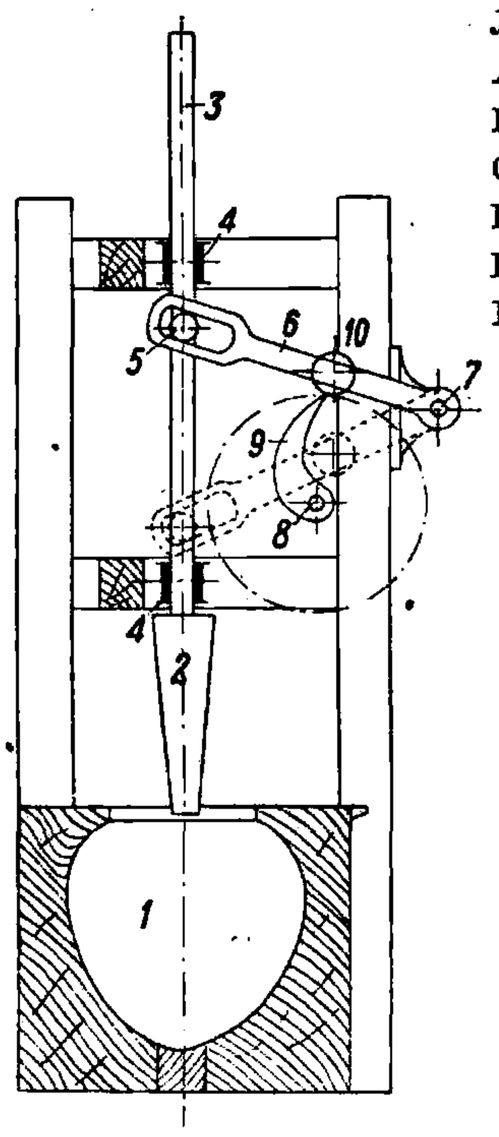


4,4′-диамино-3,3′-диметилфенил кристаллизуется из спирта в перламутровых блестящих листочках с $t°_{пл.}$ 129°, легко растворимых в спирте и эфире, в 1 000 ч. холодной и 300 ч. горячей воды; подобно своему гомологу *бензидину* (см.) легко дает тетразокрасители; наиболее употребителен в качестве азокомпонента.

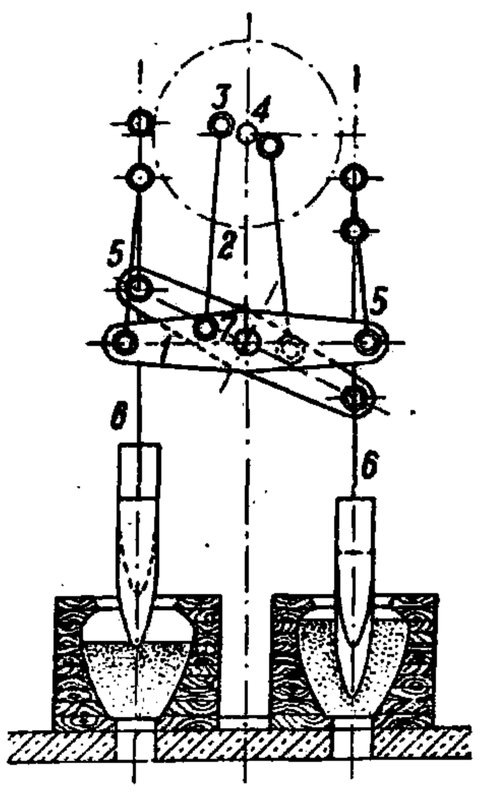
Из оксипроизводных Т. известны *бензиловый алкоголь* (см.), в к-ром гидроксил входит в группу метила, и *крезолы* (см.); крезотиновые к-ты (*о*-, *м*- и *n*-) $CH_3 \cdot C_6H_3(OH) \cdot COOH$, гомологи *салициловой к-ты* (см.), служат для приготовления красителей и фармацевтич. препаратов.

Толуолсульфокислоты (*о*- и *n*-) получаются путем сульфирования Т.; первая применяется для производства *сахарина* (см.).

ТОЛЧЕЯ, машина, применяемая в крупяном производстве преимущественно для окончательной очистки (отделки) поверхности пшена-дранца от волосяной горьковатой оболочки. Пшено-дранец получается после рушения проса, т. е. отделения лузги от проса, либо на бичевой просорушке с деревянными бичами или жерновами. В последнем случае берут один жернов мелкозернистый песчаниковый, а другой покрывают слоем твердой глины, если это лежняк; или кожей, если он вертикальный. Обычно Т. устанавливают рядами по несколько штук, иногда по 6—12 в ряд. Схематически показан один элемент Т. на фиг. 1, где *1*—ступа, изготовляемая из склеенных горизонтальными рядами досок с выемкой в виде горшка, вместимостью 1,5—2 *ц* пшена; *2*—пест с металлич. наконечником формы параболоида; *3*—веретено, вал песта, направляемое двумя подшипниками *4*. На валу имеются цапфы *5*, одетые в серьги рычага *6*, вращающегося вокруг оси *7*. На приводе *8* одеты металки *9* со спиральной боковой поверхностью. При вращении вала металки, нажимая на ролики *10*, поднимают рычаги *6* с пестами на нек-рую высоту, пока ролики не соскочат с металок, и тогда песты, падая, погружаются глубоко в пшено. При погружении песта происходит трение его поверхности об оболочку пшена, что вызывает также трение и перемещение зерен пшена между собою. В результате обработки в Т. волосяная оболочка отделяется от пшена. Весьма полезным для технологич. процесса является образуемая при этом теплота. Для ее сохранения и служит устройство ступы-горшка из плохого проводника тепла—дерева. Будучи примитивной машиной, Т. является почти незаменимой по ее технологич. действию. После обработки в Т. пшено не только приобретает более приятный вкус, но и легче разваривается. В Ср. Азии обработка в Т. применяется как окончательная операция при отделке риса вместо полировочной машины, применяемой на современных рисоочистительных



Фиг. 1.

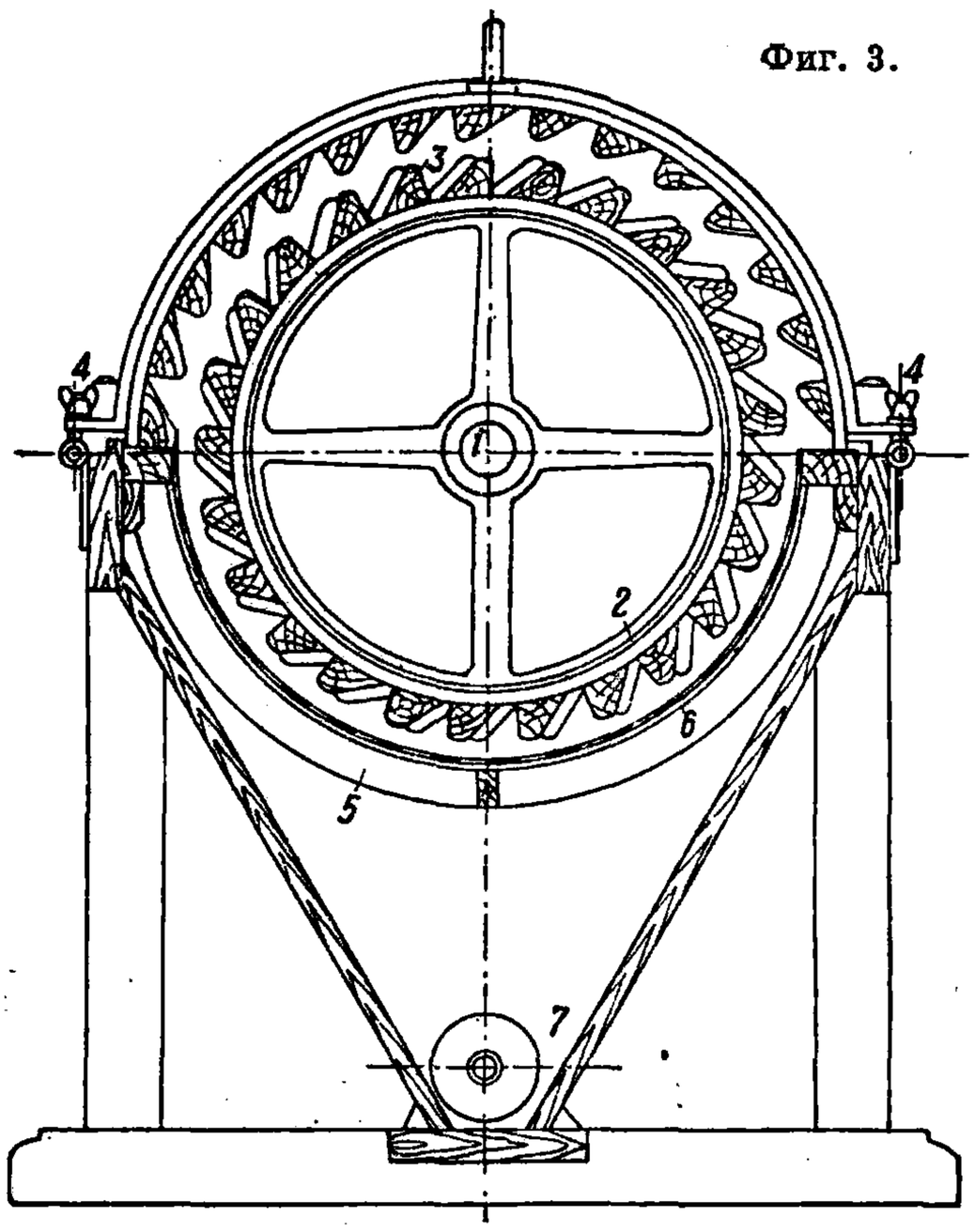


Фиг. 2.

заводах. «Толченый рис» также приобретает свойство скорее развариваться и лучше впитывать жир. Производительность ступы определяется: ее емкостью в 2 *ц* пшена и продолжительностью (временем) толчения до 200 мин., при 25—35 ударах песта в минуту, т. е. в 24 ч. работы составляет: $\frac{24 \times 60 \times 2}{200} = 14{,}4$ *ц*, т. е. на 10 *т* пшена в сутки требуется 7 ступ. На лучших оренбургских просообдирнях работают механические балансирные Т. конструкции Игнатьева. Толчея этой конструкции представляет машину заводского характера. Благодаря принудительному движению пестов и большему числу оборотов (80 об/м.) достигается сокращение продолжительности работы порции пшена до 40—60 мин., т. е. производительность Т. увеличивается в 3—4 раза. На фиг. 2 дано схематич. изображение этой Т., состоящей из двух групп парно работающих деревянных ступ. Песты работают попарно, связанные системой баланса, стержней и тяг. Передний баланс *1* показан в горизонтальном положении. Оба баланса укреплены на валу 7. Слева от оси на переднем балансе имеется палец, на к-рый надета тяга *2*, другим концом надетая на палец

кривошипа *3*. Кривошипы закреплены на валу *4*, получающем движение от трансмиссии. От другого кривошипа, укрепленного на валу под углом 180° к первому, посредством тяги приводится в движение второй баланс. Концы обоих балансов четырьмя тягами *5* соединены со стержнями *6*, на к-рых укреплены чугунные шлифованные наконечники-песты, работающие попарно от двух балансиров. За один оборот вала песты производят по одному удару через равные промежутки времени. Направляющие подшипники стержней *6* на фигуре не указаны.

Фиг. 3.



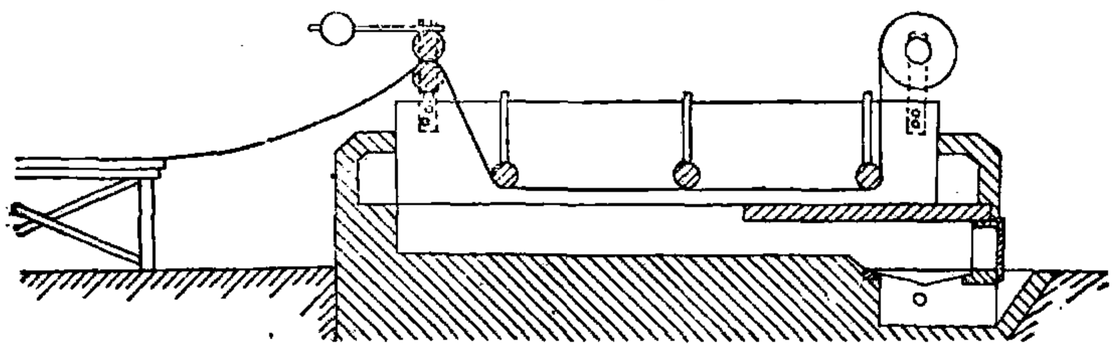
Вместо Т. применяют чугунные (з-д Вернера в Будапеште) или, лучше, деревянные (применяемые в СССР) горшки такой же формы, как описанные ступы, но большего размера; в них вместо ударов пестами пшено подвергается перемещению и трению при помощи чугунных лопастей винта, одетых на вертикальном валу, приводимом от трансмиссии. Т. могут быть заменены и полировальной машиной, изображенной в поперечном разрезе на фиг. 3. В станине на подшипниках установлен вал *1* с розетками *2*, на к-рых набран деревянный барабан со спирально расположенными с небольшим наклоном к оси ребрами *3*. Такие же, но прямые деревянные ребра имеются в верхней съемной половине кожуха машины, укрепленной к станку барашками *4*. Нижняя часть кожуха *5* снабжена «ситовым» полотном *6*, просеивающим выделяемую при шлифовке продукта пыль, собираемую в конусе шкафа винтом *7*. Полирование зерна производится при медленном продвижении его вдоль оси машины в результате трения зерен между собою и деревянными ребрами барабана и кожуха.

Лит.: Муравьев, Забытая машина, «Советское мукомолье и хлебопечение», М., 1930, *5*; Пономарев Н., Схема автоматич. обрушивания проса, там же, 1931, *10*.

Л. Розенштейн.

ТОЛЬ, кровельный материал, изготовляемый путем пропитки специального толевого картона особо приготовленной смесью каменноугольной смолы и каменноугольного песка. Толь благодаря своей дешевизне (цена 1933 г. 4 р. за кусок в 15 $м^2$) имеет большое преимущество в строительстве там, где дешевизна кровельного материала имеет большее значение, чем его долговечность. Все же здесь необходимо отметить, что вопреки неправильно установившемуся мнению долговечность кровельного Т. весьма значительна и в большей степени зависит от методов приготовления пропиточной массы и качества толевого картона, а также и от технически правильной эксплоатации Т. на кровле. При соблюдении перечисленных условий в их положительном значении долговечность Т. вполне может удовлетворить требованиям, предъявляемым к кровле жилых и промышленных зданий. Процесс производства толя слагается из следующих основных производственных моментов: 1) приготовление пропиточной массы, 2) пропитка картона, 3) приготовление песка, 4) посыпка песком и 5) охлаждение и упаковка. На толевых ф-ках применяются различные методы приготовления пропиточных масс. Все они м. б. представлены в следующей схеме: а) отгонка каменноугольной смолы в кубах до консистенции, необходимой для пропитки Т.; б) отгонка каменноугольной смолы до 230—290° и смешение ее с каменноугольным пеком; в) смешение антраценового масла с каменноугольным пеком. Наиболее распространенным является второй из этих методов, по к-рому работают или будут работать все наши толевые ф-ки. Отгонка смолы до $t°$ 280° производится в большинстве случаев на коксобензольных з-дах (см. *Коксобензольное производство*), и уже отогнанная смола доставляется в цистернах на толевые фабрики, где она хранится в специальных, обычно бетонных, смолохранилищах. Смешивание отогнанной (дистиллированной каменноугольной) смолы с пеком имеет целью придать смоле ту консистенцию и физич. свойства, к-рые необходимы для пропитки Т. Качественное соотношение смешиваемых компонентов в полной мере зависит от физич. свойств применяемых смолы и пека. Процесс смешивания осуществляется в смесителях. Смесители представляют собой железные клепаные вертикальные котлы, снабженные механич. мешалками и паровыми змеевиками. Из смесителей готовая пропиточная масса направляется в сборники, откуда она уже поступает по мере надобности в пропиточные ванны толевых аппаратов. Смесители всегда располагают выше толевых ванн и сборников, чтобы пропиточная масса самотеком могла перемещаться последовательно из смесителей в сборники, а из сборников в пропиточные ванны. В начале загрузки смесителя нагретая дистиллированная смола в нужном количестве поступает в него по смолопроводу, затем пускается в ход механич. мешалка и производится загрузка нужного количества каменноугольного пека. Поскольку загрузку пека производят в горячую смолу, процесс растворения пека и смешивания идет вначале очень быстро. Когда в результате введения большого количества холодного пека $t°$ смеси сильно опустится, открывают доступ пара в змеевик смесителя, чем в дальнейшем и поддерживается $t°$ в смесителе на нужной высоте (100—120°). Смеситель обычно закрывают крышкой с вытяжной трубой для отвода выделяющихся при смешивании вредных паров и газов. Во всяком случае основные условия, к-рым должна удовлетворять толевая пропитка, следующие: внешний вид—черный, гладкий, пластичный; содержание воды—не выше 1%; содержание золы—не выше 1%; граница кипения—до 250°

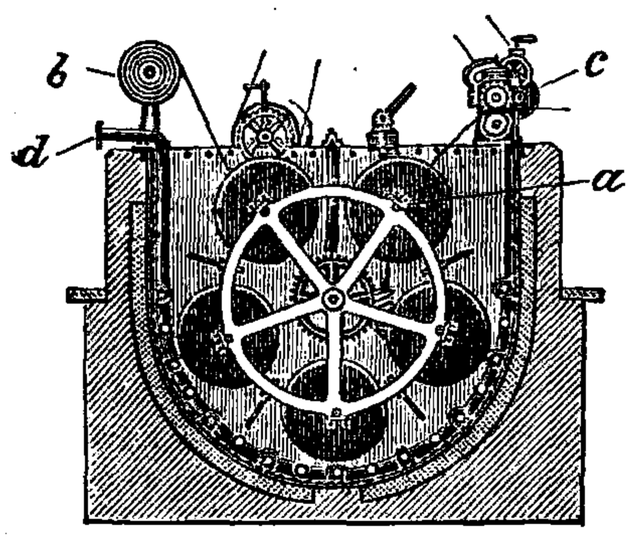
(не более 4%); содержание нафталина—не более 2,5%; содержание антрацена—не более 6%; $t°$ размягчения 20—30° по Кремер-Сарнову. Основной технологич. операцией при производстве Т. является пропитка ленты (п о л о т н а) картона пропиточной массой. Эта операция м. б. проведена по двум основным принципам. Первый из них—это непрерывное пропускание полотна картона через пропиточную ванну



Фиг. 1.

(фиг. 1), а второй—погружение целого рулона картона в ванну на нек-рое время и затем сматывание его прямо из ванны (фиг. 2).

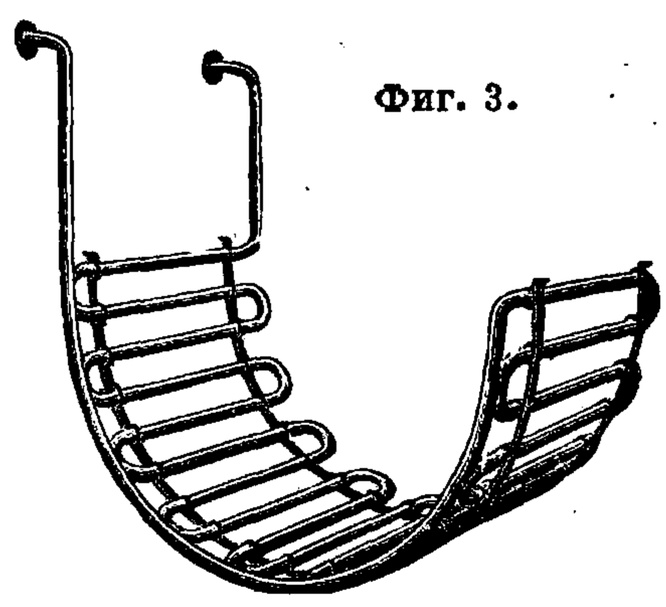
Способ пропитки Т. определяется свойствами пропитывающих материалов, употребляемых при его изготовлении. Каменноугольная толевая пропитка отличается тем, что при соответствующем отжатии вальцами после пропитки толевый картон получает пропитку вместе с верхним покровным слоем, обсыпаемым сухим песком для предохранения его от разрушающего действия солнечных лучей и слипания полотна



Фиг. 2.

непосредственно после приготовления. В силу особых свойств пропиточной толевой массы, остающейся на поверхности Т., вначале мягкий и липкий покровный слой постепенно остывает и твердеет. Это качество толевой пропитки позволяет вырабатывать толь с одной лишь массой, служащей одновременно и пропиткой и покровным слоем (см. *Руберойд*), и тем самым весьма упрощает конструкцию пропиточных аппаратов. Вместе с тем применение для производства Т. одной только пропиточной массы, достаточно густой, чтобы дать картону и покровный слой, приводит к необходимости значительно увеличить время пропитки, удлиняя его в нек-рых случаях до 10 мин. Поэтому представляется крайне затруднительным вести производство Т. на непрерывнодействующем аппарате по схеме фиг. 1. Для осуществления этого принципа пришлось бы применять две массы—пропиточную и покровную—для уменьшения времени пропитки, как это имеет место в производстве руберойда. Вместе с тем производство толя по принципу периодического действия, обеспечивающего длительную пропитку картона, м. б. также в достаточной степени механизировано при несомненном его преимуществе для Т. как по производительности, так и упрощению работы варочного отделения толевого цеха, выпускающего в этом случае одну лишь пропиточную массу. Простой подсчет возможных скоростей (движения) картона в непрерывнодействующей ванне и времени, необходимого для полной пропитки картона, показывает, что осуществление принципа непрерывной пропитки Т. потребовало бы увеличения длины ванны до нескольких десятков *м*, являющейся явно нецелесообразной. Кроме того в пользу периодического принципа работы при пропитке Т. говорит возможность применять в этом случае картон не столь высокого качества, как это необходимо при работе с непрерывнодействующим аппаратом. На основании всех этих соображений принцип непрерывной пропитки в толевом производстве не нашел осуществления, хотя отдельными лицами и фирмами были предложены довольно разнообразные конструкции пропиточных ванн, в к-рых этот принцип пытались применить. Т. о. в производстве Т. применяют периодически работающие ванны различных систем, но гл. обр. в виде т. н. р е в о л ь в е р н о й ванны (фиг. 2).

Ванна представляет собой железную клепаную открытую коробку цилиндрич. формы. В этой ванне помещается вращающийся на горизонтальной оси барабан с пятью горизонтальными валиками *a*, расположенными вокруг этого барабана. На эти свободно вращающиеся валики наматывают картон при его пропитке. Весь барабан с его пятью валиками находится в ванне с пропиточной массой. Картон сматывается со смоточного станка *b*, расположенного на борту ванны, на один из валиков барабана в количестве 100—150 *м*. Затем барабан повертывается на 72°, и картон начинает наматываться на следующий валик и т. д. Наматываемый толевый картон в горячей пропиточной массе пропитывается, проходя в достаточное для пропитки время на валиках путь по окружности барабана. Со стороны, противоположной той, где производится смотка картона, помещены отжимные вальцы *c*, через к-рые проходит пропитанный картон при смотке его с ближайшего к вальцам валика. Намотка на валики картона и смотка с них уже пропитанного картона через отжимные вальцы производится от трансмиссии, приводящей в движение как отжимные вальцы, так и намоточное устройство ванны. Темп-ра пропиточной массы в ванне поддерживается ок. 90°. Это поддержание нужной $t°$ в пропиточной ванне может производиться или при помощи обогрева ее топочными газами или при помощи змеевиков *d* для пара, расположенных на внутренней поверхности ванны. Конструкция змеевика дана на фиг. 3. Помимо револьвера ванны ее важной деталью являются отжимные вальцы, через к-рые проводится пропитанное полотно картона для отжатия излишнего количества пропитки, удержанной картоном. Отжимные вальцы представляют собою пару параллельных вращающихся с одинаковой скоростью железных обточенных цилиндров, весьма тщательно центрированных. В то время как нижний вал вращается в неподвижных подшипниках, верхний при помощи червячного винта может вместе со своими подшипниками подниматься в зависимости от толщины вырабатываемого Т. Отжимные вальцы приводятся в движение от трансмиссии. Для того чтобы пропиточная масса не прилипала к отжимным вальцам, они должны тем или иным способом обогреваться. Обогрев отжимных вальцов в настоящее время обычно произ-



Фиг. 3.

водят паром, реже электричеством. При обогреве паром отжимные вальцы снабжаются специальными сальниками, через к-рые проходят паровые трубы. Пар входит в верхний вал, обогревает его, затем по имеющемуся соединению проходит в нижний вал, пройдя к-рый он через конденсационный горшок идет в обратную паровую магистраль. Отжимные вальцы при паровом обогреве берут ∅ 150—200 *мм*; длина же их при выработке Т. метровой ширины д. б. не менее 130 *см*. Для возможности вести наблюдение над расстоянием между вальцами, т. е. степенью отжатия, служат специальные приборы, показывающие это расстояние в *мм*. Т. к. вальцы вращаются в разные стороны, то полотно картона, попадая между ни-

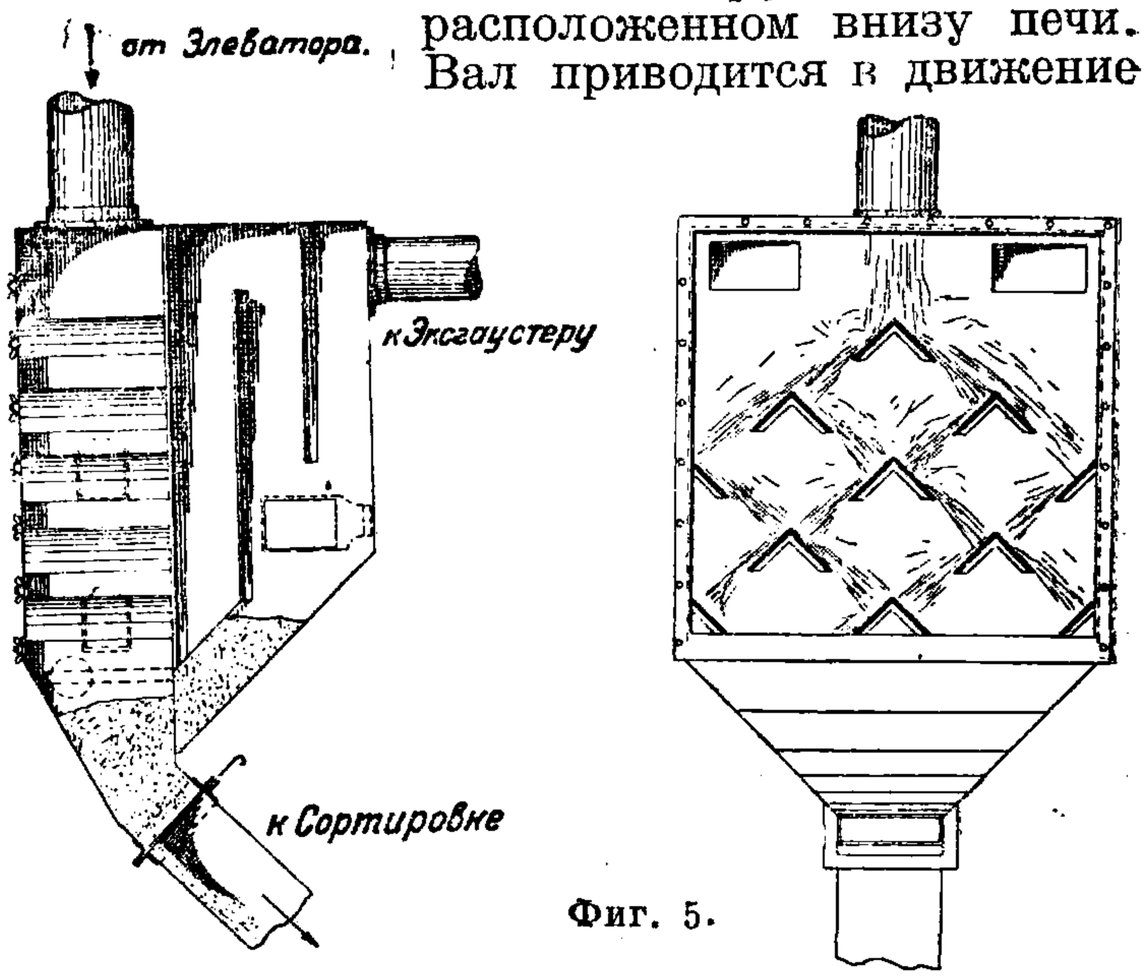


Фиг. 4.

ми, с силой вытягивается из ванны. Надо особенно следить за тем, чтобы оси валов были строго параллельны, так как в противном случае полотно картона будет неизбежно рваться. Обогрев отжимных вальцов электричеством дает большие преимущества благодаря возможности осуществления очень точной регулировки $t°$ вальцов и полному устранению возможности попадания воды через сальники вальцов в ванну с пропиточной массой, что почти неизбежно при паровом обогреве их. После того как пропитанный картон прошел отжимные вальцы, он подвергается посыпке песком, высушенным и просеянным в специальном отделении толевой фабрики.

Посыпка толя песком обычно имеет целью придать ему те или иные положительные качества, а также предохранить его от слипания в момент свертывания его в рулоны. Посыпка толя песком придает известную стабильность его пропитке и повышает $t°$ ее размягчения под влиянием тепла, гл. обр. солнечных лучей. В результате посыпки поверхности Т. песком повышается его огнестойкость (повышение $t°$ воспламенения). В известной степени при посыпке Т. светлым песком уменьшается его светопоглотительная способность, что тоже увеличивает его стойкость. Кроме песка посыпочными материалами для Т. могут служить зола, различные измельченные сланцы, а также деревянные опилки. Последние применяются очень редко, хотя обладают тем преимуществом, что не увеличивают столь значительно веса Т., как это имеет место при посыпке его песком. Количество песка, употребляемого крупными толевыми ф-ками, весьма значительно, т. к. расход песка на один рулон в 15 $м^2$ в среднем равен 20 *кг* и достигает на нек-рых ф-ках 15 000 $м^3$ в год. Основными показателями качества песка для посыпки Т. являются следующие: его гранулометрический состав, влажность и содержание глинистых частиц. Чем больше влажность песка, тем большего количества топлива он потребует для своей сушки и тем меньшая производительность будет у пескосушильных аппаратов. Наличие большого количества крупных частиц (мелкий гравий), к-рые отделяются уже после сушки песка и не идут в производство, также увеличивает расходы по сушке, а следовательно и стоимость 1 *т* высушенного песка. В зависимости от крупности песка зависит и его расход по весу на кусок Т., а также возможность его применения для материала различной толщины. Количественное содержание легких глинистых частиц важно потому, что чрезмерно большое количество их увеличивает % отхода после сушки, ухудшает качество посыпки, а также условия работы, т. к. применение песка такого состава сопровождается выделением большого количества пыли во время работы. Согласно ОСТ 799 употребляемый для посыпки Т. песок д. б. свободным от глинистых пылеобразных частиц и д. б. пропущен через сито со сторонами ячеек в 2 *мм*. В производстве толя находят себе применение как речной песок, так и песок, добываемый из карьеров (г о р н ы й). Речной песок отличается отсутствием глинистых примесей и большей равномерностью зерен. Принимая во внимание значительный объем и вес песка, к-рый подлежит транспортировке на толевой ф-ке, эту транспортировку, равно как и самый процесс сушки песка, стремятся максимально механизировать. Наиболее удобным способом доставки сырого песка с места его добычи или из штабеля, где он хранится, к пескосушкам являются вагонетки узкой колеи, в особенности переведенные на электрич. тягу. Дальнейшее движение песка—через пескосушку к отсевным барабанам и далее бункерам и из них—д. б. организовано так, чтобы совершенно исключить ручной труд.

Для сушки песка применяются п е с к о с у ш к и различных типов и систем. Применявшиеся раньше на мелких ф-ках подовые печи, требовавшие большого количества рабочих рук и мало производительные, в настоящее время совершенно оставлены и повсюду заменены механическими пескосушками. На толевых ф-ках СССР применяются два основных типа этих пескосушек: вертикальные и горизонтальные. Устройство вертикальной пескосушки состоит в следующем: все пространство печи по высоте разделяется на несколько ярусов круглыми плитами. По этим плитам движутся скребки-мешалки, приводимые в движение от вертикального вала, проходящего через середины всех этих плит и имеющего опору в подпятнике, расположенном внизу печи. Вал приводится в движение



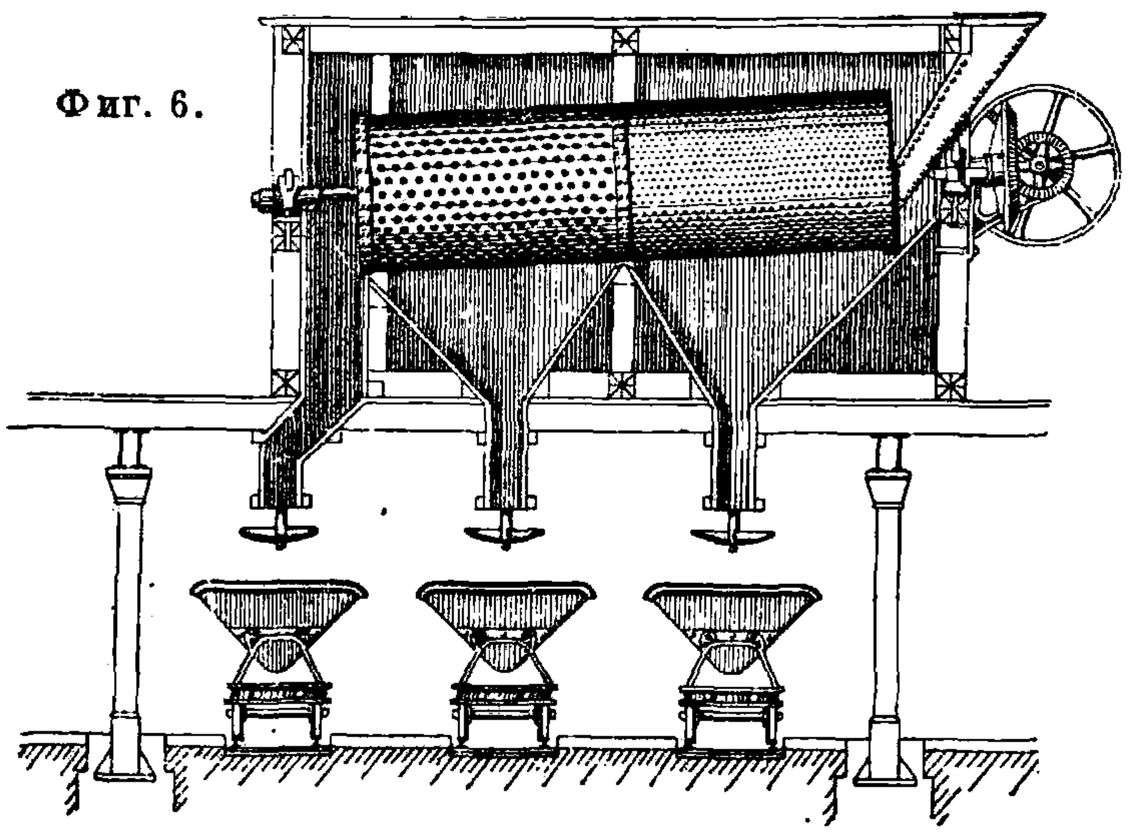
Фиг. 5.

системой зубчатых шестерен, расположенных сверху печи. В каждой плите имеется отверстие для песка и топочных газов, причем эти отверстия расположены поочередно то у периферии

диска то у его центра. Скребки соответственно этому устроены т. о., что на диске, имеющем отверстия у центра, они передвигают песок от периферии к центру, где он и проваливается через отверстия на следующий диск. На диске же, имеющем отверстия у периферии, скребки передвигают песок от центра к периферии. Топка печи расположена внизу. Топочные газы вступают в пространство между первой и второй плитой и оттуда переходят через вышеупомянутые отверстия все выше и выше в следующие камеры. Песок движется в обратном направлении, сверху вниз, постепенно перемещаясь скребками с одного диска на другой. К недостаткам этих печей относятся сложность их, малая доступность отдельных частей для ремонта и замены, а также быстрый износ скребков и прогар нижних плит.

Более совершенными, простыми и экономичными являются горизонтальные вращающиеся

Фиг. 6.

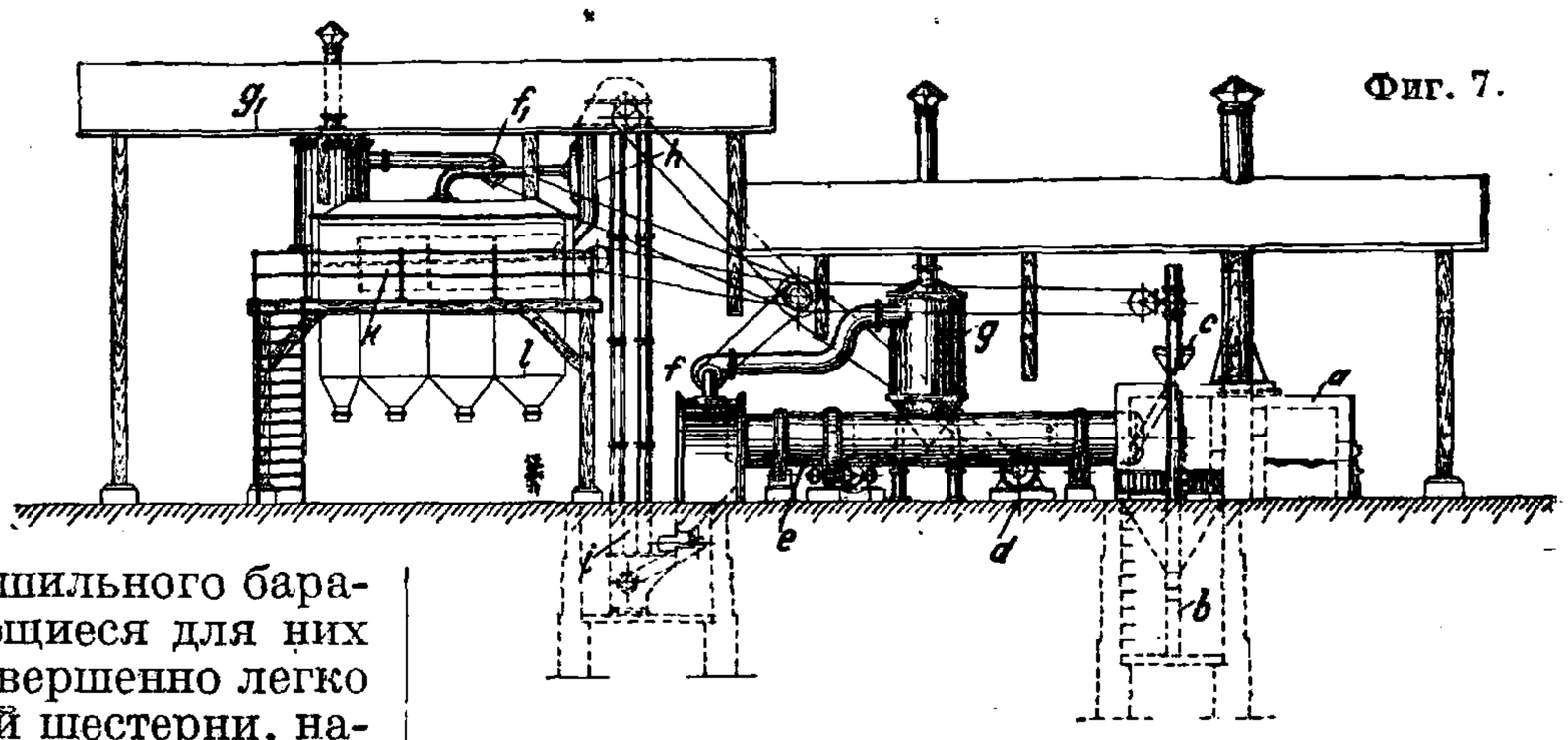


пескосушки (фиг. 4), получающие у нас все большее и большее распространение. Печь состоит из наклонно расположенного барабана, открытого с двух сторон и вращающегося на опорных роликах, расположенных по его концам. Через этот барабан идут топочные газы и перемещается подвергающийся сушке песок. Направление перемещения топочных газов и песка может быть совпадающим и противоположным. Каждый из этих принципов имеет свои преимущества и недостатки. В печах, в которых принцип противотока не осуществляется, на одной стороне барабана помещаются топочное устройство и загрузочная воронка для сырого песка. На другом конце имеется особая камера, из к-рой топочные газы и пары воды отсасываются эксгаустером вверх, в то время как сухой песок собирается внизу ее, откуда он поступает далее на сортировку. Концы сушильного барабана свободно входят в имеющиеся для них гнезда, и т. о. весь барабан совершенно легко вращается при помощи зубчатой шестерни, находящейся на его середине и приводимой в движение от имеющегося шкива и связанной с ним маленькой зубчатой шестерни. Внутреннее устройство барабана таково, что в нем достигается не только равномерное передвижение песка, но также исключается возможность его прохождения толстым слоем, затрудняющим отделение влаги. Вместе с уходящим током нагретого воздуха из сушильной печи уносится пыль, заключающаяся в песке, а также мелкие его частицы. Однако это обстоятельство не освобождает песок целиком от пылеобразных частиц, нежелательных в производстве. Поэтому устанавливают сепараторы, через к-рые проходит высушенный песок перед его поступлением на сортировочные сита для сортировки и просеивания.

Аппарат состоит (фиг. 5) из ящика, склепанного из котельного железа, в который сверху по трубе поступает идущий на сортировку сухой песок. Внизу ящика имеется труба, отводящая уже обеспыленный песок на сортировку. Внутри ящика вставлены куски углового железа, ударяясь о которые поток сухого песка, двигаясь вниз, разбивается на мелкие струйки. Ящик сепаратора в своей верхней части соединен трубой с мощным эксгаустером, к-рый, засасывая из сепаратора воздух, увлекает вместе с ним и пыль из песка, собирающуюся в пыльной камере. Для того чтобы током воздуха не увлекались вместе с пылью также и мелкие зерна песка, представляющие интерес для производства, в ящике сепаратора имеются особые перегородки, благодаря которым ток воздуха меняет направление своего движения, причем частицы песка, увлеченные им, задерживаются в ящике, падая на дно его, и присоединяются к общей массе обеспыленного песка, идущего далее на сортировку, осуществляемую на ситах. Назначение сит—отделить от песка чрезмерно крупные песчинки, к-рые не м. б. допущены для посыпки Т. Кроме того для различной толщины Т. применяют песок различной крупности, а поэтому процесс отсева не идущей в производство части песка совмещают с разделением его по степени крупности зерен на 2—3 сорта. Этот процесс отсева и сортировки в настоящее время осуществляется везде в круглых вращающихся ситах—просевных барабанах (фиг. 6).

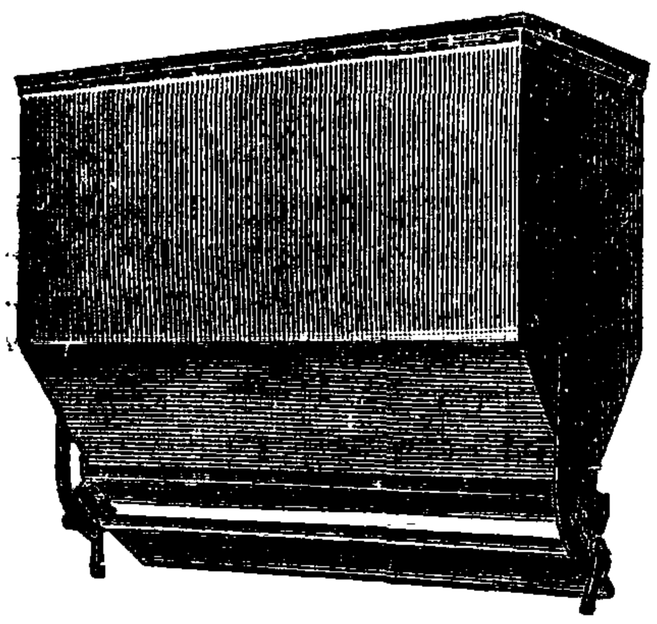
Просеянный и рассортированный песок направляют в запасные железные бункеры, откуда он по мере надобности подается к толевым аппаратам для посыпки Т. На современных толевых ф-ках эта подача песка совершается исключительно при помощи тех или иных механич. приспособлений и всякая ручная работа полностью исключена. Наиболее часто применяют передачу песка в горизонтальном направлении при

Фиг. 7.



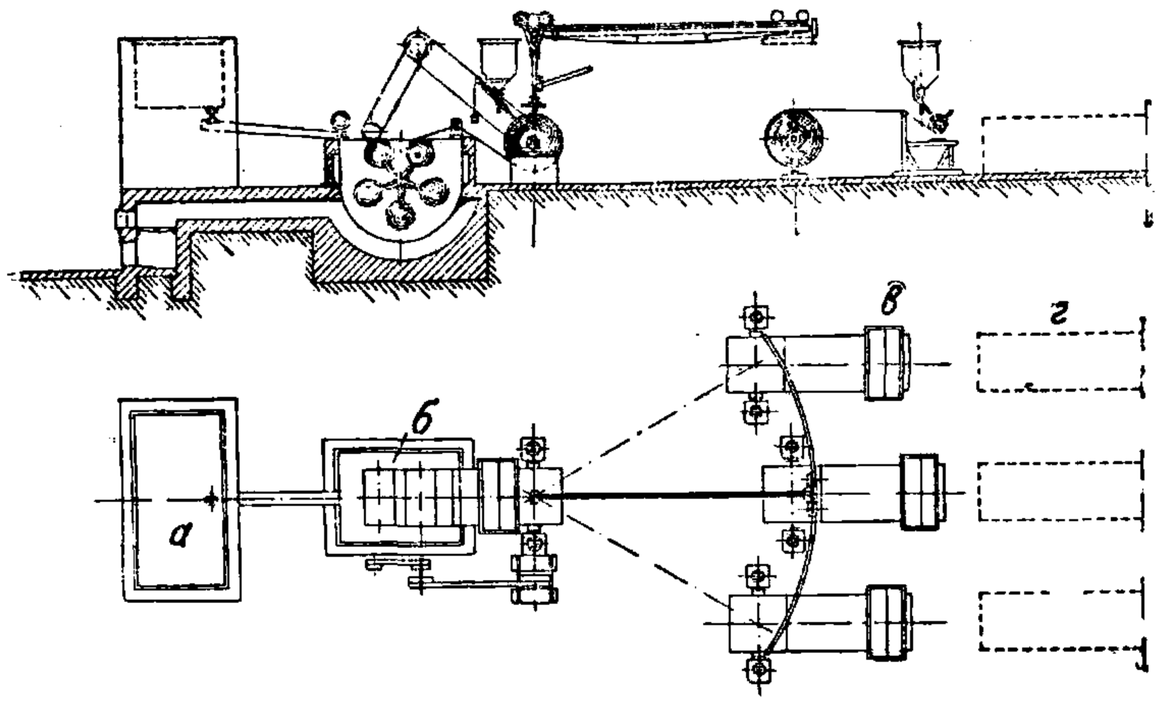
помощи шнеков, ленточных транспортеров или их комбинации. В вертикальном же или наклонном направлении песок передается гл. обр. при помощи ковшевых элеваторов. На фиг. 7 представлена установка горизонтальной пескосушки, где *a*—печь, *b*—элеватор для сушки песка, *c*—загрузочная воронка, *d*—мотор, *e*—пескосушильный барабан, *f*, f_1—эксгаустер, *g*, g_1—пыльная камера, *h*—сепаратор, *i*—элеватор для сухого песка, *k*—сортировочные сита,

1—бункеры. Посыпка Т. песком производится непосредственно после выхода его из отжимных вальцов. Для того чтобы песок хорошо прилипал к пропиточной массе на Т., эта масса должна обладать определенной степенью вязкости, т. е. она не д. б. особенно перегретой, т. к. в этом случае вязкость ее резко падает. Песок, которым производится посыпка, тоже должен быть холодным.



Фиг. 8.

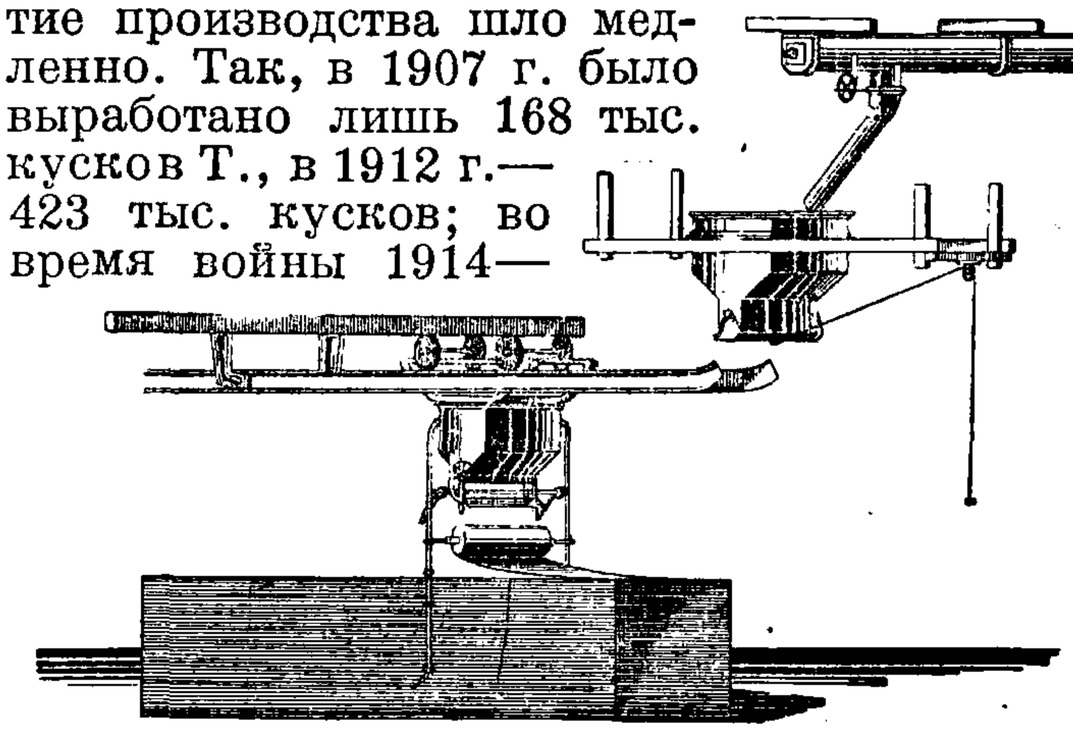
Посыпка песком на современных толевых ф-ках производится при помощи специальных аппаратов, так называемых посыпочных бункеров (фиг. 8), куда остывший песок механически подается прямо из запасных хранилищ его. Бункер имеет по своей длине узкую щель, откуда песок поступает на сматываемую ленту толя. Посыпанный песком Т. вместе с осью, на которую он был смотан из ванны, передвигается или по имеющимся параллельным направляющим или же специальной кошкой, движущейся по монорельсу к смоточному столу, где его снова перематывают и разрезают на куски стандартной 15-*м* длины. В нек-рых случаях в целях достижения лучшего внешнего вида Т. большие рулоны его передаются к смоточным столам, где при перемотке они снова посыпаются песком, режутся на куски требуемой длины и укладываются в развернутом состоянии в штабели для приобретения большей стабильности и лучшего внешнего вида. На другой день они из штабеля сматываются в рулоны и идут уже



Фиг. 9.

на упаковку. Схема производства Т. по этому способу представлена на фиг. 9, где *а*—сборник, *б*—пропиточный аппарат, *в*—посыпочные бункеры, *г*—штабели Т. В последнее время получил широкое распространение штабельный способ производства Т., к-рый дает большие возможности в смысле полной механизации процессов производства, обладает большой производительностью и обеспечивает высокое качество полученной продукции. При этом способе вышедший из пропитки и посыпки песком Т. при помощи специальной каретки укладывается развернутыми кусками один на другой в штабели высотой ок. 1,5 *м*. Над штабелем двигается каретка с небольшим посыпочным бункером (фиг. 10). Из этого бункера производится вторичная посыпка горячего еще Т. песком. Материал находится в штабелях в продолжение 16—24 ч., в течение к-рых происходит его почти полное остывание. Намотка Т. из штабеля в рулоны происходит механически при помощи особого передвижного станка, приводимого в действие электромотором мощностью в 1,5 HP. После того как Т. вторично посыпан песком и свернут в рулоны, он поступает на упаковку, к-рая происходит на специальных столах, согласно имеющимся на это указаниям ОСТ 799. Упакованный Т. обычно при помощи транспортера направляется из цеха на склад готового фабриката. Что касается технических условий для Т. и методики его испытания, то они изложены в ОСТ 799. Способы покрытия толем см. *Крыша*.

Возникновение производства толя у нас относится к концу прошлого столетия, но развитие производства шло медленно. Так, в 1907 г. было выработано лишь 168 тыс. кусков Т., в 1912 г.—423 тыс. кусков; во время войны 1914—



Фиг. 10.

1918 гг. производство сильно сокращается и снова начинает развиваться с 1922/23 г., достигнув уже в 1931 г. продукции в 3,5 млн. кусков Т. Постройкой намеченных пяти крупных толевых ф-к (Смоленск, Кемерово, Самара, ДВО и Сев. Кавказ) общей производительностью ок. 4 млн. кусков и реконструкцией крупных старых фабрик (Москва, Ленинград) толевая пром-сть СССР по производству Т. займет одно из первых мест в мире, дав 120 млн. $м^2$ продукции (против 65 млн. $м^2$ в 1925 г.).

Лит.: Маркуссон И., Асфальт, пер. с нем., М.—Л., 1926; Воробьев В., Кровельный толь и рубероид, ч. 1, М., 1930; его же, Материаловедение по толево-рубероидной промышленности, конспект лекций, М., 1930; Гааг А., Опыт применения стандартов в толево-рубероидной промышленности, «Строительные материалы», М., 1931, *2*; Жуковский М., Толь и рубероид и другие рулонные кровельно-изоляционные материалы, М.—Л., 1932; Воробьев В., Битуминозные кровельные материалы, М.—Л., 1932; его же, Кровельный толь и рубероид, ч. 2, Технология кровельного толя, М.—Л., 1932; его же, Что должен знать рабочий толевик, М.—Л., 1933; его же, К вопросу о стандартизации кровельного толя, «Строительные материалы», 1930, *2*; его же, Основные вопросы толевой пром-сти, «Московская пром-сть», М., 1929, *6*; Штейн М., Приготовление толя и производство толевых работ, «Вестник науки и техники», Москва—Берлин, 1932, *4*; Malchow W. u. Mallison, Die Industrie d. Dachpappe u. verwandter Stoffe, Halle a/S., 1928; Heyer F., Die Dachpappenfabrikation, B., 1924; Köhler H., Die Chemie u. Technologie d. natürlichen u. künstlichen Asphalte, Brschw., 1913; Friese W., Die Asphalt- u. Teerindustrie, Hannover, 1908; Luhmann C., Die Fabrikation d. Dachpappe u. die Anstrichmasse für Pappdächer, 2 Aufl., Lpz., 1929.

В. Воробьев.

ТОМАСИРОВАНИЕ, томасовский процесс, томасовское производство, производство томасовской стали. Металлургич. процесс получения литой стали и т. н. литого железа продувкой сжатым воздухом жидкого (расплавленного) фосфористого чугуна в особых аппаратах—ретортах, или конвертерах. Тепло, необходимое для ведения процесса, получается за счет окисления

примесей чугуна, из к-рых в томасовском процессе особенно важное значение имеет фосфор. В отличие от кислых бессемеровских реторт футеровка томасовских конвертеров делается из основных огнеупорных материалов (обожженный доломит со смолой), т. к. только при этом условии можно ошлаковать фосфор и удалить его из металла. В качестве флюса при Т. применяется обожженная известь. Изобретение томасовского процесса относится к 1878 г., когда англичанин С. Д. Томас (S. G. Thomas) опубликовал доклад о своих успешных лабораторных опытах дефосфоризации чугунов в конвертере с основной футеровкой. По сравнению с *бессемерованием* (см.) Т. имеет следующие недостатки: 1) большая сложность управления ходом процесса вследствие большего числа окисляющихся примесей, применения основного флюса и необходимости заботиться об удалении фосфора и серы; 2) необходимость вести продувку до низкого содержания углерода и иметь III период (период «передувки») для понижения содержания фосфора до требуемых пределов; 3) отсутствие ясных (объективных) признаков для суждения о ходе и окончании периода передувки; 4) менее спокойный ход томасовской операции (по сравнению с бессемеровской) вследствие сильных выбросов, т. е. более энергичного взаимодействия между шлаком и металлич. ванной, что обусловливается наличием свободных окислов железа в основных томасовских шлаках и связанным состоянием их с кремнекислотой в кислых шлаках бессемеровского процесса; 5) более энергичное испарение железа и особенно марганца (бурые пары), что сильно затрудняет суждение о ходе плавки по виду и цвету пламени; 6) сильная перегруженность металлич. ванны теплом и большое выделение его в конце операции (период передувки), когда в нем уже почти не имеется надобности и когда нет достаточно времени для его использования и своевременного поглощения; 7) получение большого количества шлака; 8) необходимость заботиться не только о качестве металла, но и о качестве шлака, являющегося ценным побочным продуктом; 9) малая стойкость футеровки реторт (40 — 400 операций) и днищ (15—65 операций), а также более продолжительные простои при смене днищ и ремонте футеровки; 10) более строгие требования к составу огнеупорной доломитовой футеровки; 11) меньшая производительность томасовских реторт и необходимость иметь для бесперебойной работы большее число агрегатов. Несмотря на эти трудности и недостатки современное томасовское производство достигло высокой степени развития и успешно конкурирует с другими способами получения литой стали в тех районах, где общие условия доменного производства позволяют выплавлять дешевый томасовский чугун нормального состава, что видно из данных табл. 1.

Табл. 1.—Современное развитие томасовского производства в % от общей выплавки стали данного государства.

Название государств	1913 г.	1929 г.	1931 г.
Германия	56,2	45,5	—
Франция	66,5	68,2	—
Англия	7,2	нет	—
Бельгия	84,4	86,8	—
САСШ	нет	ет	—
Итого по пяти государствам	25,0	15,1	—
Швеция	9,5	9,0	—
СССР	4,7	0,2	2,5

В тех металлургич. районах, где несмотря на наличие фосфористых руд нет благоприятных условий для выплавки томасовского чугуна нормального состава (с низким содержанием кремния), томасовское производство постепенно вытесняется переделом фосфористых чугунов в качающихся мартеновских печах большой мощности. СССР имеет большие перспективы для развития томасовского производства на базе мощных месторождений керченских *железных руд* (см.). Однако быстрое освоение тамасовского производства на наших з-дах задерживается вследствие значительно более трудных условий получения из керченских руд томасовского чугуна нормального состава (пылеватость руд, неналаженность их агломерации, неровный ход доменных печей, высокое содержание серы в донецком коксе, кремнистая пустая порода руды, большое количество доменного шлака, повышенное содержание в чугуне кремния, марганца, фосфора и серы). Томасовская сталь выплавляется в настоящее время на з-де им. Войкова в Керчи.

Материалы для томасовского процесса. Томасовский чугун отличается от других передельных чугунов высоким содержанием фосфора (1,8—2,2%) и низким содержанием кремния (0,2—0,5%). В табл. 2 даются нормальные пределы химического состава стандартного томасовского чугуна, принятого на герм. з-дах, а для большей наглядности сравнения приводятся составы и других сортов чугуна (литейного и передельного).

Табл. 2.—Химический состав томасовского и других сортов чугуна (в %).

Сорт чугуна	Углерод	Кремний	Марганец	Фосфор	Сера
Томасовский	3,0—3,5	0,2 —0,5	0,9—1,2	1,8 —2,2	0,03—0,10
Основной мартеновский: фосфористый	2,8—3,5	0,4 —0,8	1,2—1,8	1,4 —2,0	0,03—0,10
Основной мартеновский: для рудного процесса	3,8—4,2	0,8 —1,2	1,8—2,5	0,10—0,30	0,03—0,08
Основной мартеновский: для скрап-процесса	3,8—4,2	1,0 —1,5	1,8—2,5	0,10—0,30	0,03—0,06
Кислый мартеновский	3,8—4,2	0,6 —1,5	1,0—2,5	0,02—0,06	сл.—0,03
Бессемеровский	3,8—4,2	1,25—1,75	0,6—1,0	0,05—0,10	0,03—0,06
Литейный	3,5—4,0	1,2 —3,5	0,5—0,8	0,4 —0.8	0,03—0,06
Гематит	3,5—4,0	1,2 —3,5	0,5—0,8	не выше 0,10	0,03—0,06

Кремний считают нежелательной примесью для чугунов томасовского процесса по следующим причинам: 1) он увеличивает разъедание основной футеровки реторт; 2) повышает расход известкового флюса; 3) затрудняет (замедляет) процесс выгорания фосфора; 4) увеличивает продолжительность процесса продувки; 5) без нужды увеличивает количество тепла (создает горячий ход операции); 6) увеличивает количество шлака и потери тепла с ним. Марганец рассматривается в томасовском процессе как десульфуратор—удаление серы в

миксере (см.)—и раскислитель, однако повышение его до 1,5—1,8% не дает выгод, а, наоборот, создает нек-рые затруднения (излишний угар, излишнее количество тепла, горячий ход операции, сильные выбросы при горячем ходе операции и слишком жидком марганцовистом шлаке). Фосфор является главным элементом, дающим тепло при окислении и шлаковании; содержание фосфора свыше 2,2% возможно, но нежелательно (излишнее количество тепла); слишком низкое содержание фосфора (ниже 1,4—1,6 % P) дает холодный ход операции и шлак, бедный фосфорной кислотой. Сера является нежелательной примесью, но при холодном ходе доменных печей, выплавляющих томасовский чугун, с ней приходится мириться, тем более что часть ее м. б. удалена до заливки чугуна в реторту (всплывание серы в виде MnS в ковше и отстаивание в миксере), часть же серы удаляется и шлакуется в самой реторте во время процесса продувки. Одной из особенностей томасовского чугуна по сравнению с чугуном бессемеровским является более низкая (почти на 100°) $t°_{пл.}$ томасовского чугуна, что объясняется наличием высокого % содержания фосфора. Весьма важными факторами томасовского процесса, кроме указанного выше содержания примесей, следует считать постоянство состава чугуна и достаточно высокую ровную его $t°$ при заливке в реторты. Это достигается применением мощных миксеров достаточной емкости, рассчитанных на время пребывания чугуна от 8 до 12 часов. Темп-ра томасовского чугуна, заливаемого из миксера в конвертер, по данным герм. заводов колеблется в пределах 1 180—1 230°.

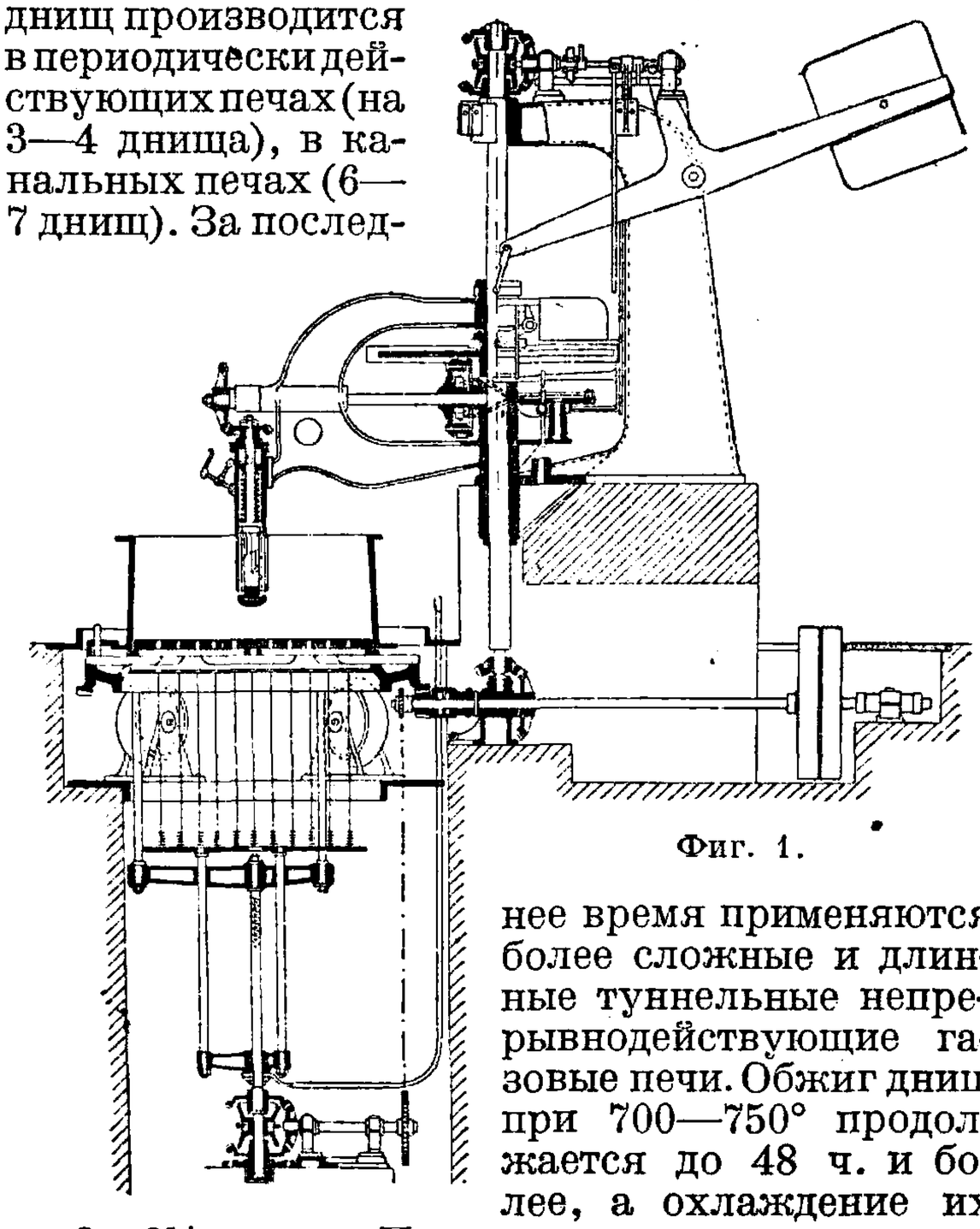
Флюсы и материалы для футеровки конвертеров. В качестве основного флюса томасовского производства применяется свежеобожженная известь в виде кусков размером от 70 до 200 *мм* в количестве 120—160 *кг* на 1 *т* садки чугуна. Известь должна содержать мало кремнекислоты (не свыше 1—3% SiO_2) и магнезии, а также д. б. чиста в отношении серы (не свыше 0,1—0,2%). Средний состав извести, применяющейся на герм. з-дах, характеризуется следующими данными:

1,0—3,5% SiO_2; 0,5—3,0% $Al_2O_3+Fe_2O_3$; 86—93% CaO; 0,5—3,0% MgO; 0.02—0,25% S.

Потеря при прокаливании 1,5—4,5%. Состав обожженного доломита, применяющегося для футеровки реторт и набойки днищ, колеблется по герм. данным в следующих пределах:

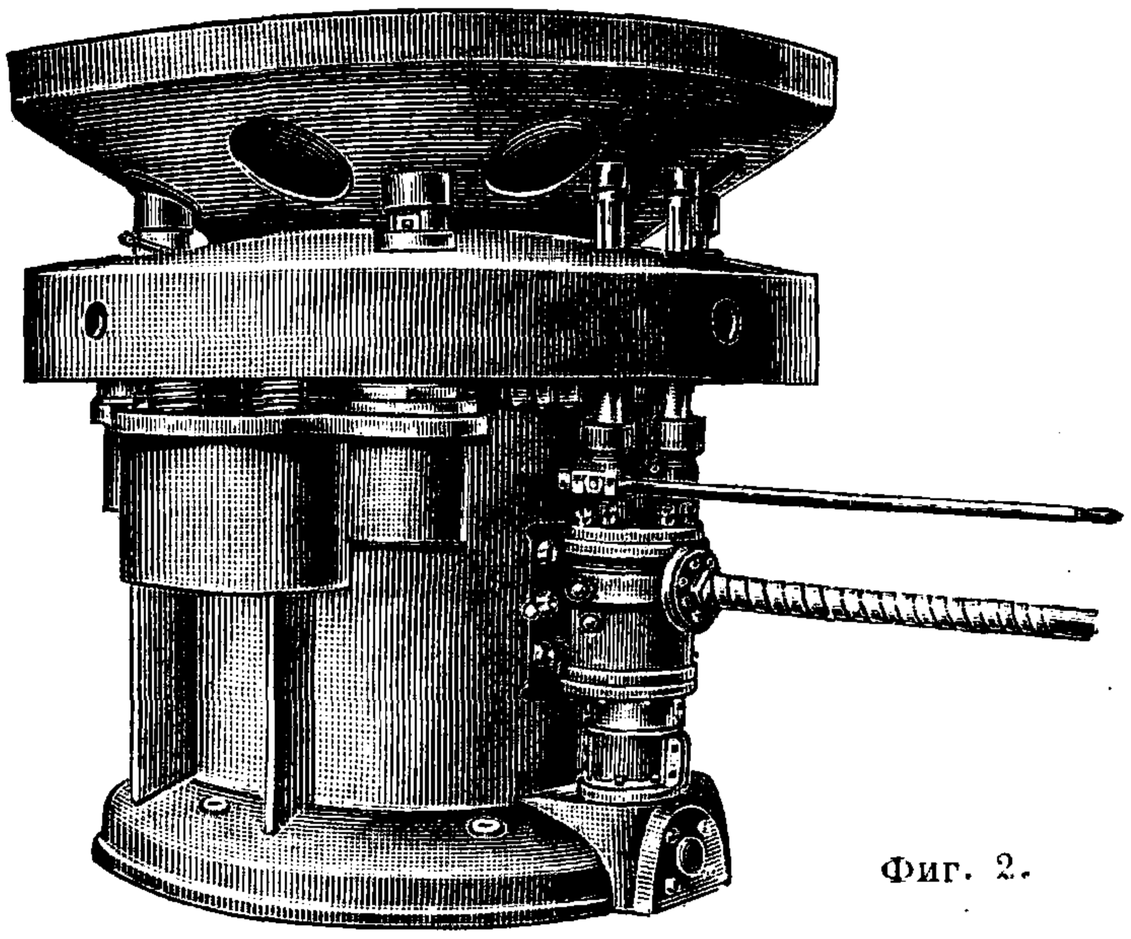
1,5—4,5% SiO_2; 2,0—4,5% $Al_2O_3+Fe_2O_3$; 33—37% MgO; 53—58% CaO.

Потеря при прокаливании 0,5—2%. Расход обожженного доломита на 1 *т* стали достигает 10—14 *кг*, а каменноугольной смолы 1,0—3,0 *кг*. Содержание обезвоженной каменноугольной смолы в доломитной массе достигает (в %): для набивки стен 7—9, для прессовки кирпича 9—10, для набивки днищ 11—13. Для получения хорошей (стойкой) футеровки целесообразно готовить смолу синтетич. путем из смеси антраценовых масел с определенной добавкой пека. Смешивание (подогретого) доломита с хорошо прогретой (80°) смолой производится обычно под бегунами особого устройства (с паровой рубашкой), а для получения жидкой массы (для заливки швов при установке днищ)—в особых мешалках. При изготовлении массы доломитная пыль и мелочь не должны отсеиваться. Набивка днищ производится при помощи механич. приводных трамбовочных машин системы Верзен (фиг. 1) или на особых сотрясательных столах, приводимых в движение сжатым воздухом (фиг. 2). Обжиг днищ производится в периодически действующих печах (на 3—4 днища), в канальных печах (6—7 днищ). За послед-



Фиг. 1.

нее время применяются более сложные и длинные туннельные непрерывнодействующие газовые печи. Обжиг днищ при 700—750° продолжается до 48 ч. и более, а охлаждение их до 2—$2^1/_2$ суток. При значительных размерах томасовского производства целесообразно иметь на з-де собственные печи и для обжига доломита и для обжига извести.

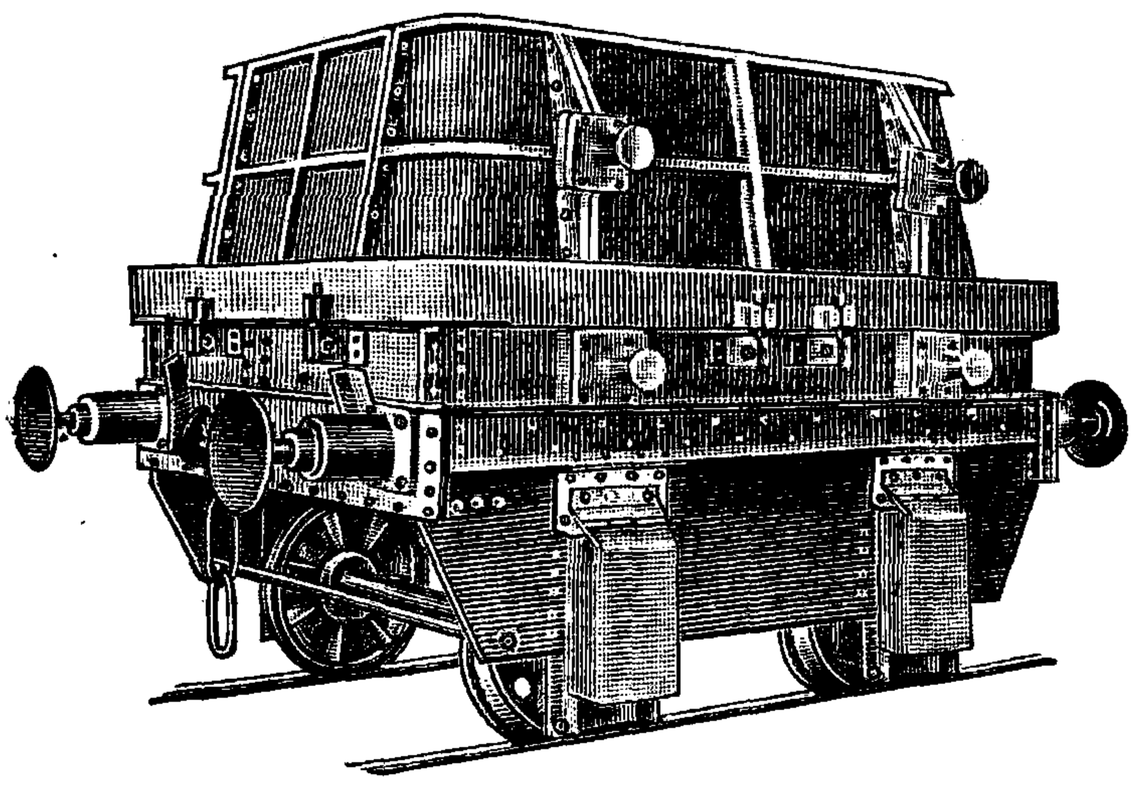


Фиг. 2.

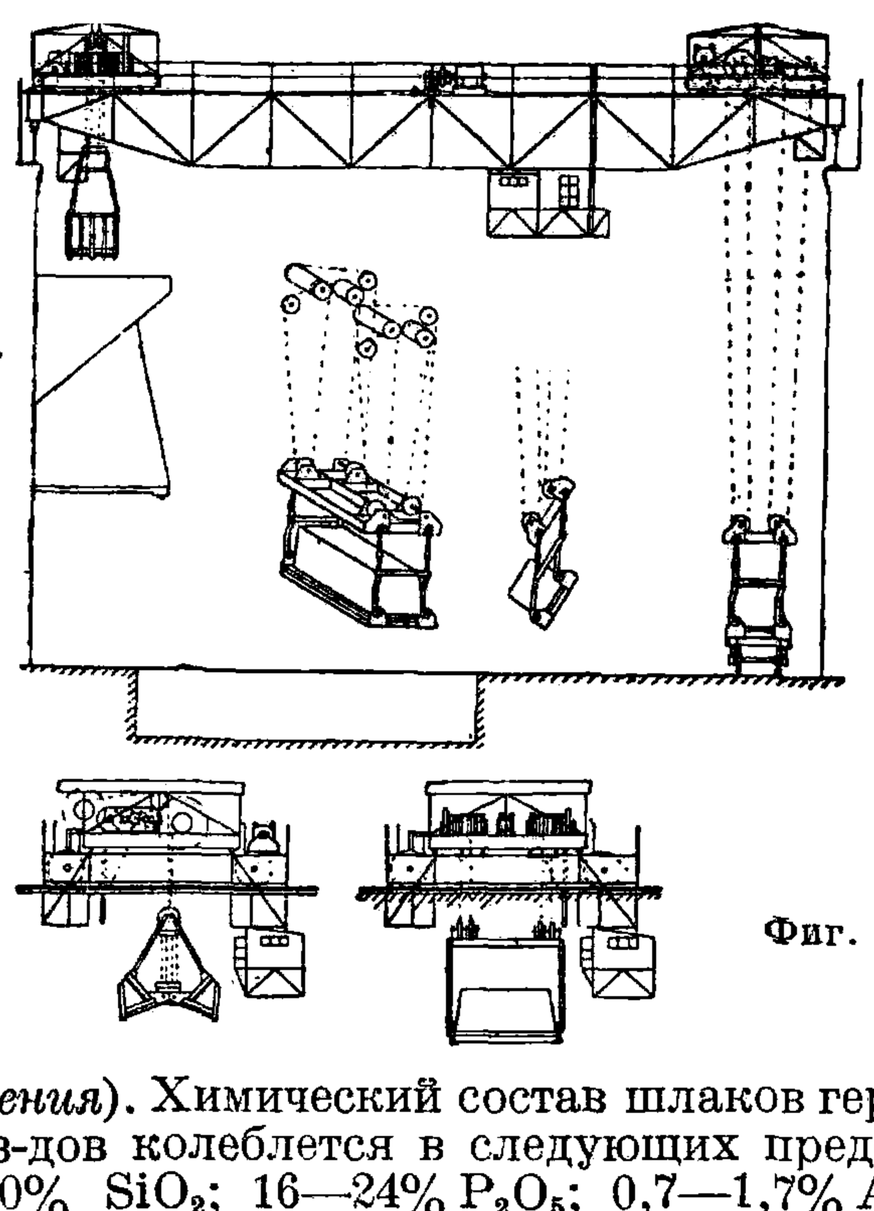
Продукты плавки. Томасовская *сталь* (см.) может удовлетворять разнообразным требованиям и покрывает обширный сортамент изделий широкого потребления (рельсы, шпалы, накладки, подкладки, рельсовые скрепления, строительные профили, крупно-, средне-, мелкосортное железо, листовое железо, полосовое для сварных труб, жесть, проволока, гвозди, болты, заклепки и т. д.). Сорта легированной стали и стали повышенного качества не готовятся томасовским процессом вследствие довольно высокого и неровного содержания фосфора (0,04÷0,09%) и серы (0,04÷0,08%) в томасовской стали. Однако томасовская сталь имеет предпочтение перед сталью мартеновской для производства рельсов (меньший их износ), сварных труб (лучшая сварка), тонких листов,

проволоки и особенно автоматной стали, т. е. стали, идущей для массовой механич. обработки на станках автоматах (повышенная производительность станков при производстве болтов, винтов, шурупов и т. д.). Для получения стали повышенного качества на герм. з-дах с успехом был применен томас-мартеновский дуплекс-процесс, т. е. предварительная продувка чугуна в томасовской реторте и окончательная рафинировка стали в мартеновской печи.

Томасовский шлак является ценным побочным продуктом томасовского производства, покрывающим значительную часть расходов по стоимости передела. Однако ценность томасовского шлака определяется количеством фосфорной к-ты, усваиваемой почвой, растворимой в слабых органич. к-тах (см. *Удобрения*). Химический состав шлаков германских з-дов колеблется в следующих пределах: 7,5—10% SiO_2; 16—24% P_2O_5; 0,7—1,7% Al_2O_3; 10—14% Fe; 5—6,5% Mn; 42—50% CaO; 2,5—4,0% MgO; 0,10% S.



Фиг. 3.



Фиг. 4.

Растворимость P_2O_5—90—96%. Количество шлака на 1 *т* томасовского чугуна нормального состава достигает 210—280 *кг* (в среднем ок. 240 *кг*). Из конвертера шлак перед раскислением стали спускается в стоящую на вагонетке чугунную шлаковню емкостью от 2,5 до 4 $м^3$, круглой или прямоугольной формы, в к-рой и происходит его застывание (фиг. 3). После этого застывший монолит шлака с поддоном или без него снимается с вагонетки помощью специального мостового крана (фиг. 4) и передается на склад шлакового двора, откуда идет в дробление и тонкий помол для получения «томасовской муки» или «томасовского шлака». Установка для размола томасовского шлака состоит из дробилок и шаровых мельниц и обязательно включает в состав своих агрегатов магнитные сепараторы для извлечения корольков металлического железа, механически запутавшихся в шлаке и возвращаемых в виде железного скрапа при тонком размоле шлака.

Химические реакции томасовского процесса. При продувке расплавленного чугуна примеси его интенсивно окисляются и переходят в шлак или дымовые газы по следующим реакциям:

I. $Fe + \frac{1}{2} O_2 = FeO + 66\,713$ Cal
или $+4\,169$ Cal на 1 ед. O_2.

II. $Si + O_2 = SiO_2 + 196\,420$ Cal
или $+6\,138$ Cal на 1 ед. O_2.

III. $Mn + \frac{1}{2} O_2 = MnO + 90\,760$ Cal
или $+5\,762$ Cal на 1 ед. O_2.

IV. $2P + 2\frac{1}{2} O_2 = P_2O_5 + 369\,400$ Cal
или $+4\,618$ Cal на 1 ед. O_2.

V. $C + O_2 = CO_2 + 97\,650$ Cal
или $+3\,052$ Cal на 1 ед. O_2.

VI. $C + \frac{1}{2} O_2 = CO + 29\,430$ Cal
или $+1\,839$ Cal на 1 ед. O_2.

Указанные реакции идут в томасовской реторте за счет кислорода воздуха, а потому вместо O_2 в их ур-иях следует писать $O_2 + 3{,}76\ N_2$ в первой части и соответственно добавлять $3{,}76\ N_2$ (или $1{,}88\ N_2$) во второй части. Присоединяющийся к газообразным продуктам реакции азот воздуха (дутья) понижает тепловой эффект реакции, унося с собой значительные количества тепла при нагревании до высоких *t*°. Реакции окисления примесей чугуна протекают весьма быстро во времени, тем не менее правильнее было бы представлять себе окисление примесей как результат их взаимодействия с растворенной в металле закисью железа, окисление к-рого вследствие его большого количества должно итти быстрее уже в силу чисто механич. условий протекания химич. реакций. Эту первичную реакцию окисления можно изобразить следующим уравнением:

VII. $Fe + \frac{1}{2}(O_2 + 3{,}76\ N_2) = FeO + 1{,}88\ N_2 + 66\,713$ Cal
или $+4\,169$ Cal на 1 ед. O_2.

Последующие (вторичные) реакции окисления примесей можно рассматривать как реакции восстановления закиси железа за счет окисления тех примесей, образующиеся окислы к-рых обладают при данной *t*° наименьшей упругостью диссоциации. Такое представление о ходе реакций согласуется с рядом явлений, происходящих при продувке чугуна в реторте, и позволяет просто и наглядно объяснить последовательность выгорания примесей. Вторичные реакции могут быть представлены в виде следующих уравнений:

VIII. $Si + 2FeO = SiO_2 + 2Fe + 62\,994$ Cal
или $+1\,968$ Cal на 1 ед. O_2.

IX. $Mn + FeO = MnO + Fe + 24\,017$ Cal
или $+1\,503$ Cal на 1 ед. O_2.

X. $2P + 5FeO = P_2O_5 + 5Fe + 35\,835$ Cal
или $+448$ Cal на 1 ед. O_2.

XI. $C + 2FeO = CO_2 + 2Fe + 37\,283$ Cal
или $+1\,118$ Cal на 1 ед. O_2.

XII. $C + FeO = CO + Fe + 35\,776$ Cal
или $+2\,330$ Cal на 1 ед. O_2.

Реакции шлакования окисляющих примесей в основной реторте в начале процесса идут по той же схеме, как и в кислом конвертере, пока заданный в реторту основной флюс (известь) не успеет достаточно нагреться и раствориться в образующемся вначале довольно кислом шлаке. Шлакование примесей идет по следующим ур-иям:

XIII. $MnO+SiO_2=MnO\cdot SiO_2$ +7 725 Cal.

XIV. $FeO+SiO_2=FeO\cdot SiO_2$ +5 905 Cal.

XV. $2FeO+SiO_2=(FeO)_2\cdot SiO_2$ +10 670 Cal.

По мере прогревания флюса и разъедания огнеупорной футеровки кислым шлаком известь как более сильное основание начинает вытеснять закись железа и закись марганца из их соединений и дает основной шлак с образованием известковых силикатов и выделением свободных окислов железа и марганца.

XVI. $MnO\cdot SiO_2+2CaO=(CaO)_2\cdot SiO_2+MnO$ +12 370 Cal.

XVII. $(FeO)_2\cdot SiO_2+2CaO=(CaO)_2\cdot SiO_2+2FeO$ +15 315 Cal.

Из реакций шлакования наибольший интерес для томасовского процесса представляют реакции окисления и шлакования фосфора. Последовательный ход этих реакций м. б. представлен следующими ур-иями:

XVIII. $2P+8FeO=(FeO)_3\cdot P_2O_5+5Fe$.

XIX. $(FeO)_3\cdot P_2O_5+4CaO=(CaO)_3\cdot P_2O_5\cdot CaO+3FeO$.

XX. $2P+5FeO+4CaO=(CaO)_3\cdot P_2O_5\cdot CaO+5Fe$ +196 535 Cal.

Образующаяся по ур-ию (XVIII) фосфорножелезная соль является очень непрочным соединением, существование которого возможно только при наличии в шлаке достаточно высокой концентрации закиси железа. Поэтому реакцию (XVIII) правильнее было бы написать следующим образом:

XXI. $2P+nFeO=(FeO)_3\cdot P_2O_5+(n-8)FeO+5Fe$.

При сравнительно низких температурах и при сильно окислительной атмосфере (при наличии сильно железистого шлака) фосфорножелезная соль является достаточно устойчивой и может служить для удаления фосфора из металла в шлак, что мы и имеем в пудлинговом процессе, когда сумма $(FeO+Fe_2O_3)$ в шлаке достигает 70—75%. При Т. образование такого железистого шлака невозможно, вследствие чего сильно затрудняются окисление и шлакование фосфора, так как переход его в шлак в виде прочного соединения фосфорнокальциевой соли $(CaO)_3\cdot P_2O_5\cdot CaO$ возможен только через промежуточное образование мало устойчивого соединения фосфорножелезной соли $(FeO)_3\cdot P_2O_5$. В этом заключается главная трудность удаления фосфора при Т. и причина того, что для полного удаления фосфора необходим период передувки, т. е. III период, когда фосфор принужден окисляться, потому что упругость диссоциации фосфорного ангидрида, соединенного с известью, всегда будет ниже упругости диссоциации закиси железа, а других элементов в металлич. ванне в это время уже не имеется. Успешному окислению фосфора в конце операции в значительной степени содействует то обстоятельство, что при наличии в шлаке избытка хорошо подогретой (активной) извести быстро идет реакция шлакования фосфорного ангидрида по ур-ию (XX). Искусственное понижение $t°$ или повышение концентрации закиси железа или одновременное изменение обоих этих факторов может значительно улучшить и ускорить условия выгорания фосфора. Этим иногда и пользуются на практике, забрасывая в реторту в конце II периода холодный скрап, известь, руду или брикеты из извести и окалины. При соблюдении достаточно благоприятных температурных условий периода передувки фосфор может явиться согласно уравнению (XX) довольно энергичным естественным раскислителем томасовской стали, что и сказывается достаточно хорошими качествами этой стали, особенно мягких ее сортов.

Особенностью томасовского процесса является возможность удаления довольно значительного количества серы. Процессы десульфурации чугуна начинаются в чугуновозном ковше, продолжаются в миксере и заканчиваются во время продувки в конвертере. Процесс удаления серы в конвертере идет по следующим ур-иям:

XXII. $FeS+Mn=MnS+Fe$ +44 101 Cal.

XXIII. $MnS+CaO=MnO+CaS$ −13 481 Cal.

XXIV. $FeS+CaO=FeO+CaS$ + 6 573 Cal.

Реакции (XXIII) и (XXIV) получают заметное развитие в те периоды, когда интенсивно идут процессы восстановления окислов железа и особенно окислов марганца, что при Т. часто имеет место во время усиленного выгорания углерода и фосфора по реакциям:

XXV. $MnO+C=Mn+CO$.

XXVI. $5MnO+2P+4CaO=(CaO)_3\cdot P_2O_5\cdot CaO+5Mn$.

XXVII. $FeS+Mn+CaO=Fe+MnO+CaS$.

Сильно основной известковый шлак особенно хорошо способствует процессу десульфурации при высокой $t°$ в конце операции, когда вся известь растворена и поэтому достаточно активна. Однако в конвертере возможно и увеличение содержания серы в металле в том случае, если известковый флюс содержит серу выше допустимых пределов. Восстановление серы из сернокислых соединений флюса и переход ее в металл можно представить ур-ием:

XXVIII. $2CaSO_4+SiO_2+6C+2Fe=(CaO)_2\cdot SiO_2+2FeS+6CO$.

Раскисление томасовского металла ведется обычным порядком при помощи FeMn (работа на мягкие сорта кипящей стали) или при помощи FeMn, FeSi и зеркального чугуна (при работе на более углеродистые сорта спокойной стали). В качестве обуглераживающих веществ (карбюраторов) применяют зеркальный чугун (шпигель) или FeMn и мелкий антрацит. Многие з-ды применяют раскислители, особенно зеркальный чугун, в жидком виде, расплавляя его в вагранках или небольших пламенных печах. Особенностью в процессе раскисления томасовской стали является то обстоятельство, что раскисление производится после спуска шлака из конвертера и забросси в него свежей порции извести для предотвращения попадания шлака в ковш вместе с металлом. Это делается в целях уменьшения восстановления фосфора из шлака во время процесса раскисления.

Расчет количества извести является одним из оснований правильного ведения томасовского процесса. Флюсовка кремнекислоты ведется на моносиликат извести $(CaO)_2\cdot SiO_2$, который дает соотношение $SiO_2 : 2CaO = 60 : 112 = 1 : 1{,}87$. Флюсовка фосфорного ангидрида ведется на фосфорнокальциевую соль $(CaO)_4\cdot P_2O_5$. С этим положением согласны далеко не все металлурги, так как в остывших томасовских шлаках обычно находят соединение $(CaO)_3\cdot P_2O_5$ и свободную CaO. Однако флю-

совка P_2O_5 на соединение $(CaO)_3 \cdot P_2O_5$ не гарантирует полноты удаления фосфора из металла. Поэтому есть полное основание считать, что четвертая частица соединения $(CaO)_4 \cdot P_2O_5$ структурно отличается от трех первых и отделяется при остывании шлака. Расчет же извести считается правильным вести на соединение с четырьмя частицами CaO. Это дает соотношение $P_2O_5 : 4CaO = 142 : 224 = 1 : 1{,}58$. Для флюсовки серы на соединение CaS имеется соотношение $S : Ca = 32 : 40 = 1 : 1{,}25$.

Первые два периода в точности соответствуют двум периодам бессемеровского процесса, однако в основной реторте они идут при более низкой $t°$ вследствие того, что на понижение $t°_{пл.}$ томасовского чугуна влияет не только углерод, но и фосфор. При работе на физически холодных чугунах, на чугунах, застуженных большой добавкой холодной извести, или же на холодных, но сильно кремнистых чугунах первый период получает особенно затяжной характер (табл. 3а, 3б и фиг. 5а, 5б; фиг. 5а—диаграмма продувки нормального томасовского чугуна, фиг. 5б—кремнистого томасовского чугуна). При сильно перегретых (физически горячих) чугунах первый период сокращается, и углерод начинает гореть с

Табл. 3а.—Изменение состава металла и шлака (в %).

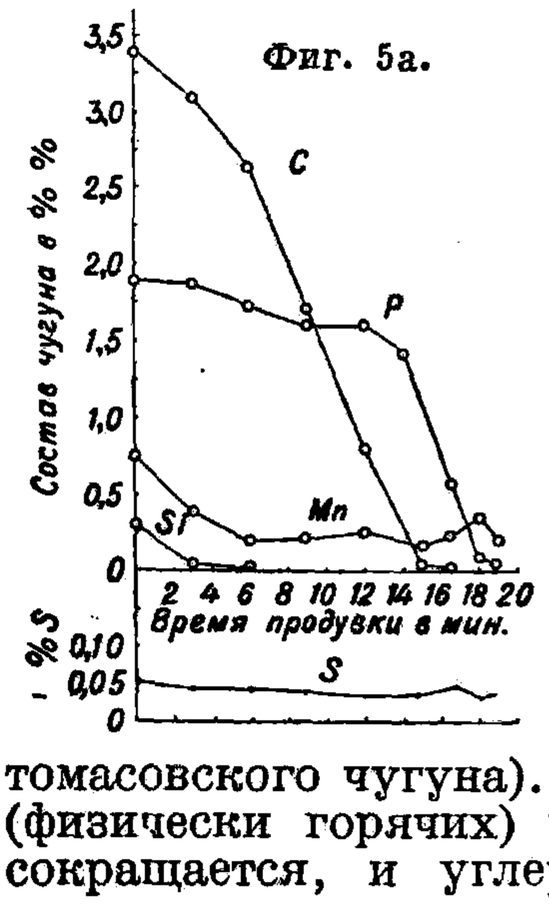
Компоненты	Состав чугуна	Время от начала продувки (в мин.) 3	6	9	12	15	16½	18	18⅚
		Металл							
C	3,38	3,09	2,64	1,72	0,76	0,06	0,04	—	—
Si	0,29	0,05	0,03	—	—	—	—	—	—
Mn	0,76	0,36	0,20	0,22	0,25	0,16	0,22	0,34	0,19
P	1,91	1,87	1,72	1,63	1,60	1,43	0,571	0,206	0,058
	0,051	0,046	0,045	0,041	0,034	0,041	0,048	0,036	0,039
		Шлак							
SiO_2	—	22,88	18,00	19,94	17,63	9,02	7,70	5,58	4,80
P_2O_5	—	3,70	2,70	11,97	8,96	16,00	22,70	26,10	23,30
MgO	—	1,25	1,67	0,42	0,67	0,56	0,47	0,32	0,39
CaO	—	24,98	39,34	46,10	42,10	38,30	54,30	57,20	54,80
S	—	?	?	0,123	0,084	0,076	0,062	0,325	0,258
Fe	—	7,50	3,70	5,68	14,03	20,71	7,55	4,65	10,02
Mn	—	7,70	12,94	9,95	7,19	5,97	5,00	2,62	2,96

Табл. 3б.—Изменение состава металла и шлака (в %).

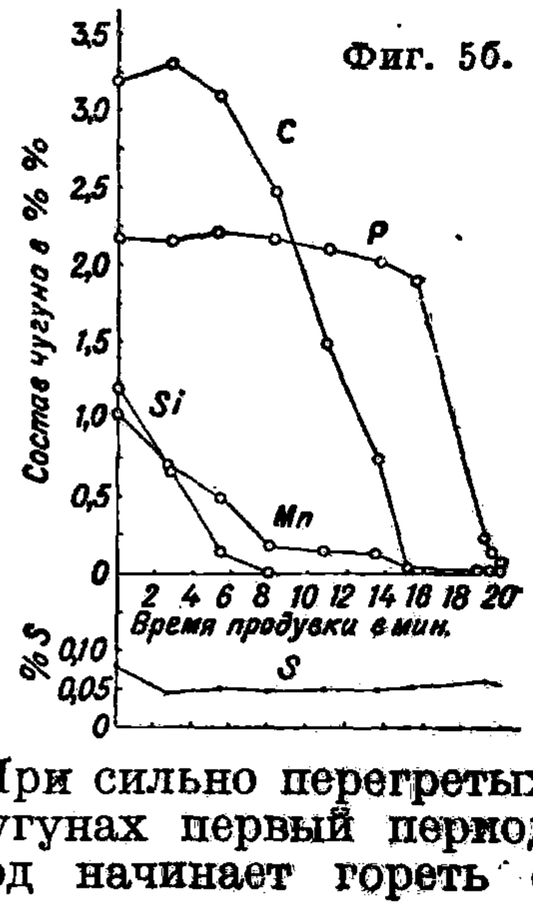
Компоненты	Состав чугуна	Время от начала продувки 2′46″	5′21″	8′05″	10′45″	13′28″	15′13″	19′14″	19′31″	19′49″	Состав после раскисления
		Металл									
C	3,21	3,30	3,12	2,47	1,49	0,75	0,05	0,02	0,02	—	0,26
Si	1,22	0,72	0,15	0,007	—	—	—	—	—	—	0,28
Mn	1,03	0,71	0,50	0,18	0,16	0,14	0,01	0,01	—	—	0,48
P	2,181	2,148	2,224	2,157	2,096	2,053	1,910	0,230	0,139	0,087	0,148
S	0,080	0,047	0,051	0,049	0,051	0,051	0,055	0,060	0,055	0,056	0,045
		Шлак									
SiO_2	—	41,15	36,30	34,41	31,91	13,61	14,65	12,94	12,20	11,71	12,77
P_2O_5	—	0,84	3,12	2,99	4,02	7,15	11,60	18,83	18,63	18,15	16,92
Al_2O_3	—	1,12	1,30	1,08	1,00	1,29	1,35	1,07	0,64	1,01	1,12
Fe_2O_3	—	—	0,46	0,13	0,74	4,95	3,84	3,74	2,80	2,78	2,87
FeO	—	2,40	3,97	3,60	4,23	8,42	7,15	5,84	6,79	7,19	5,94
MnO	—	9,03	11,02	10,72	9,94	8,51	7,39	4,25	4,01	4,05	4,80
CaO	—	41,23	39,5	42,8	43,12	44,37	46,63	47,76	48,59	48,19	47,87
MgO	—	4,13	3,39	3,35	4,01	7,34	6,34	6,00	6,26	6,38	6,75
S	—	0,25	0,10	0,13	0,05	0,13	0,12	0,07	0,09	0,09	0,05

Пользуясь указанными соотношениями: 1,87 для кремнекислоты, 1,58 для фосфорного ангидрида и 1,25 для серы, можно легко подсчитать количество необходимого флюса, учтя количество свободной CaO флюса (за вычетом CaO, идущей на флюсовку SiO_2 извести) и приняв во внимание определенный избыток (10—15%) для компенсации выноса флюса дутьем. Приближенно можно считать, что количество извести в % от веса садки чугуна равняется $(Si\% + P\%) \cdot 5$, где Si% и P% обозначают процентное содержание кремния и фосфора в чугуне.

Последовательность выгорания примесей и особые случаи томасовского процесса. При нормальном ходе томасовского процесса достаточно ярко выражены все три периода: I период — интенсивное окисление кремния и частичное марганца; II период—интенсивное окисление углерода и очень слабое окисление фосфора; III период—интенсивное окисление фосфора.



Фиг. 5а.



Фиг. 5б.

самого начала операции одновременно с кремнием и марганцем (табл. 4а, 4б и 5а, 5б и фиг. 6а, 6б; фиг. 6а—диаграмма продувки малофосфористого томасовского чугуна перегретого, фиг. 6б—высокофосфористого бескремнистого томасовского чугуна). При очень низком содержании кремния в исходном чугуне фосфор заметно окисляется во втором периоде, однако интенсивное его выгорание начинается только в конце, т. е. в период передувки.

Табл. 4а.—Изменение состава металла из малофосфористого томасовского чугуна (в %).

Элементы	Состав чугуна	Время от начала продувки 2′	4′	6′	8′	9′15″	10′45″	11′45″	11′55″	Состав после раскисления
Углерод . .	2,83	2,72	2,48	1,70	0,70	0,16	0,15	0,10	0,09	0,24
Кремний . .	0,63	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Марганец .	0,52	0,43	0,42	—	0,30	0,25	0,19	0,17	0,12	0,46
Фосфор . .	1,28	1,32	1,29	1,25	1,22	1,18	0,48	0,07	0,04	0,02
Сера	0,29	0,26	0,27	—	0,29	0,33	0,37	0,20	0,16	0,09

Томасовская операция з-да Hörde. Чугун перегрет в вагранке, в шихту к-рой было дано 20% скрапа. Обращает внимание высокое содержание серы в чугуне.

Табл. 4б.—Состав конечного шлака перед раскислением (в %).

SiO_2	P_2O_5	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	CaS
9,85	12,80	1,68	4,94	12,27	2,07	49,55	5,08	1,98

Табл. 5а.—Изменение состава металла из высокофосфористого бескремнистого томасовского чугуна (в %).

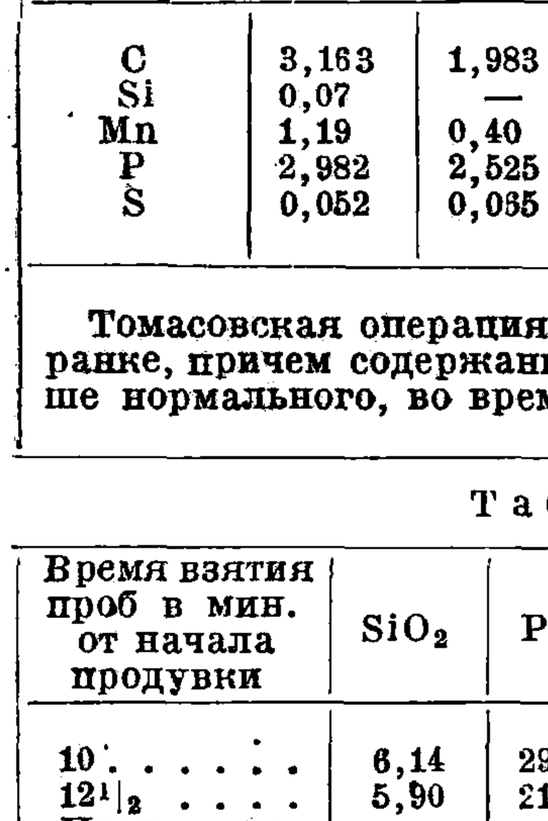
Элементы	Состав чугуна	Время от начала продувки (в мин.) 4	7	9	10	11	$12^1/_4$	$13^1/_2$	Состав после раскисления
C	3,163	1,983	0,755	0,043	0,045	0,018	0,018	0,018	0,07
Si	0,07	—	—	—	—	—	—	—	—
Mn	1,19	0,40	0,40	0,40	0,40	0,32	0,14	0,11	0,28
P	2,982	2,525	2,012	1,465	0,886	0,206	0,109	0,090	0,090
S	0,052	0,035	0,077	0,050	0,070	0,048	0,041	0,043	0,038

Томасовская операция з-да Peine. Чугун расплавлялся и перегревался в вагранке, причем содержание кремния сильно снижалось. Содержание фосфора выше нормального, во время продувки добавлялось ок. 8% скрапа.

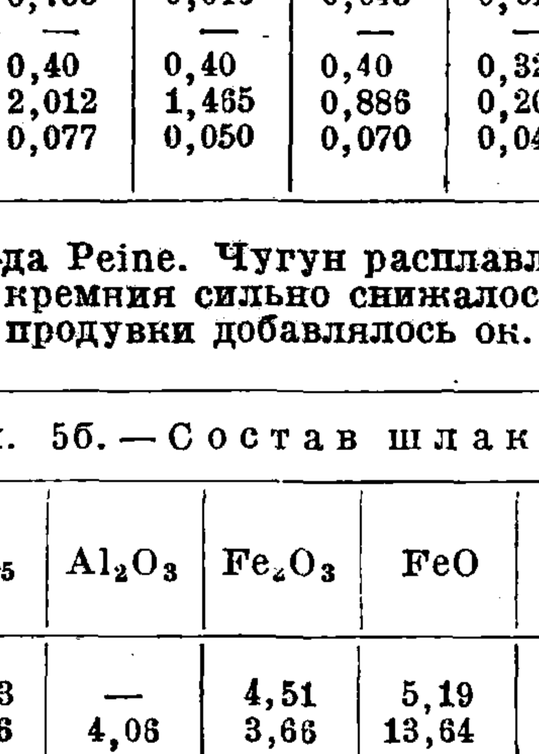
Табл. 5б.—Состав шлака (в %).

Время взятия проб в мин. от начала продувки	SiO_2	P_2O_5	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	CaO	MgO	S
10	6,14	29,23	—	4,51	5,19	4,80	45,49	2,21	0,06
$12^1/_2$	5,90	21,16	4,06	3,66	13,64	4,34	44,16	2,46	0,10
После раскисления	4,42	18,25	—	5,66	19,46	4,29	41,73	3,02	0,11

Фиг. 6а.



Фиг. 6б.



В томасовском конвертере возможна продувка чугунов с пониженным содержанием фосфора при непременном условии, что недостаток тепла будет компенсирован высоким перегревом чугуна. При ненормально высоком содержании фосфора (до 3% и более) приходится, наоборот, заботиться о своевременном поглощении излишнего количества тепла путем добавки в конвертер значительных количеств холодного железного скрапа. Так, на нек-рых герм. заводах при высоком содержании фосфора (3,0—3,5%) количество твердой подсадки скрапа доходило почти до 20% от веса залитого в реторту жидкого чугуна. Наибольшие трудности представляет продувка в основных конвертерах чугунов с одновременным высоким содержанием кремния и марганца. Попытки продувать такие чугуны последовательно в двух ретортах (кислой и основной) или работать с предварительным спуском первого кислого шлака не имели практическ. успеха. От Т. таких чугунов приходится отказываться в пользу передела их в мартеновских печах. Этот случай имеет для нас исключительный интерес в отношении Т. керченских чугунов, успех которого будет зависеть от того минимального содержания Si и Mn, которое возможно будет получить в чугуне при доменной плавке на керченском агломерате. Основным условием получения хорошо раскисленной томасовской стали является нормальная $t°$ периода передувки. При операции, сильно перегруженной теплом, весьма трудно осуществить это условие, так как в период передувки при интенсивном окислении и шлаковании фосфора усиливается и выделение тепла. Своевременная регулировка $t°$ томасовской операции, равно как и своевременная присадка извести, являются поэтому наиболее важными факторами для правильного ведения операции. В томасовском процессе это тем более необходимо, что правильное суждение о ходе периода передувки можно получить только при условии сохранения одинакового $t°$-ного режима при ведении ряда последовательных плавок. В отличие от бессемерования для определения конца томасовской операции нет объективных внешних признаков. Процесс передувки приходится прекращать или по времени или по количеству дутья (по числу оборотов машины). А эти показания могут иметь ценность только при усло-

вии неизменного $t°$-ного режима периода передувки. Анализ конечного шлака (содержание в нем закиси железа) является достаточно ценным указанием на $t°$-ный режим конца томасовской операции. В отличие от всех других способов получения стали содержание закиси железа в конечных томасовских шлаках будет тем выше, чем выше была $t°$ конца операции. Во всех других пределах чугуна в сталь имеет место как-раз обратное явление. Шлаки нормальной томасовской плавки обычно содержат 8—14% закиси железа. В шлаках ненормально горячих плавок содержание закиси железа повышается до 18—24% и даже 26%. Это не только дает излишний угар железа, но значительно ухудшает качество получаемой стали. При нормальных условиях регулировка $t°$ томасовской операции ведется только путем забросси в реторту холодного скрапа. По данным герм. з-дов количество такой твердой подсадки в зависимости от состава чугуна и общих условий его продувки колеблется в пределах от 20 до 150 *кг* на 1 *т* чугуна (более узкие пределы 50—75 *кг*).

При ненормально горячем ходе томасовской операции и при сильных выбросах иногда приходится искусственно задерживать ход продувки, уменьшая количество дутья, поступающего в реторту. Это значительно понижает производительность конвертера, особенно при ненормальных сильно кремнистых и марганцовистых чугунах (например керченские чугуны). Состав газообразных продуктов в различные периоды операции в общем очень сходен с составом продуктов бессемеровского процесса, но отличается значительно бо́льшим содержанием твердых частиц (извести, шлака, металлических выбросов и бурых паров окислов железа и марганца). Это сильно затрудняет суждение о ходе плавки по виду и цвету пламени. В первый период газы содержат свободный кислород (плохая утилизация вследствие больших количеств холодной извести), азот и нек-рое количество углекислоты и водорода. Во втором периоде кислород исчезает, % содержания углекислоты сильно понижается и газообразные продукты состоят гл. обр. из азота и окиси углерода, горящей ярким пламенем над горловиной конвертера. Третий период (период передувки) не имеет внешних отличительных признаков. Пламя окиси углерода падает, усиливается выделение бурых паров окислов марганца и железа, но для суждения о конце продувки нет внешних объективных данных.

Выход годных слитков, материальный и тепловой баланс. Окисление примесей чугуна в конвертере идет за счет кислорода воздуха, а не за счет кислорода железной руды, как это имеет место при рудном процессе *мартеновского производства* (см.). Вследствие этого угар железа и его примесей при Т. достигает значительной величины, и выход годных слитков обычно не превышает 87—90% от веса металлич. завалки. При непостоянном и ненормальном составе томасовских чугунов, особенно при слишком горячих операциях, выход годного значительно уменьшается вследствие увеличения угара и выбросов металла из конвертера. Нормально количество выбросов достигает 10—50 *кг* на 1 *т* продутого чугуна. По данным нем. з-дов расход сырых материалов в *кг* на 1 *т* слитков твердой томасовской стали может быть принят следующий (выход годного 88%):

Задано:	
Чугуна томасовского жидкого	1 020
Скрапа (заброска в конвертер)	50
Раскислителей и карбюраторов (бессем. чугун, зеркальный чугун и ферроманган)	70
Итого металлической садки	1 140
Извести обожженной	150
Доломита для днищ и футеровки	14
Смолы каменноугольной	2
Получено:	
Годных слитков (88%)	1 000
Выбросов	45
Скрапа и недоливков	15
Угара и потерь (по разности)	80
Шлака томасовского	220

Ниже в табл. 6 и 7 приводится материальный и тепловой баланс томасовского процесса (на 1 *кг* чугуна с 0,5% Si; 1,25% Mn и 2,0% P).

Табл. 6.—Материальный баланс томасовского процесса.

Израсходовано	*кг*	Получено	*кг*
Чугуна	1,0000	Стали (годн. слитков, скрапа и выбросов)	0,9117
Воздуха (дутья)	0,4080	Шлака	0,2104
Флюса (извести)	0,0979	Газообр. продуктов	0,4038
Набойки	0,0200		
Итого	1,5259	Итого	1,5259

Табл. 7.—Тепловой баланс томасовского процесса.

Приход тепла	Cal	%	Расход тепла	Cal	%
Жидкий чугун	256	40,0	Сталь	327	51,0
Окисление и шлакование примесей: C	139	21,6	Шлак	113	18,0
Si	39	6,1	Газы	138	21,5
Mn	18	2,8	Разложение H_2O и $CaCO_3$	12	1,9
P	163	25,8	Потери тепла (по разности)	49	7,6
Fe	24	3,7			
Итого	642	100,0	Итого	642	100,0

Подъем $t°$ томасовской ванны при выгорании отдельных примесей чугуна характеризуется табл. 8, в к-рой приводятся расчетные величины повышения $t°$ при выгорании 1% элементов (примесей) в различные периоды томасовской операции.

Табл. 8.—Подъем $t°$ томасовской ванны при окислении 1% примесей.

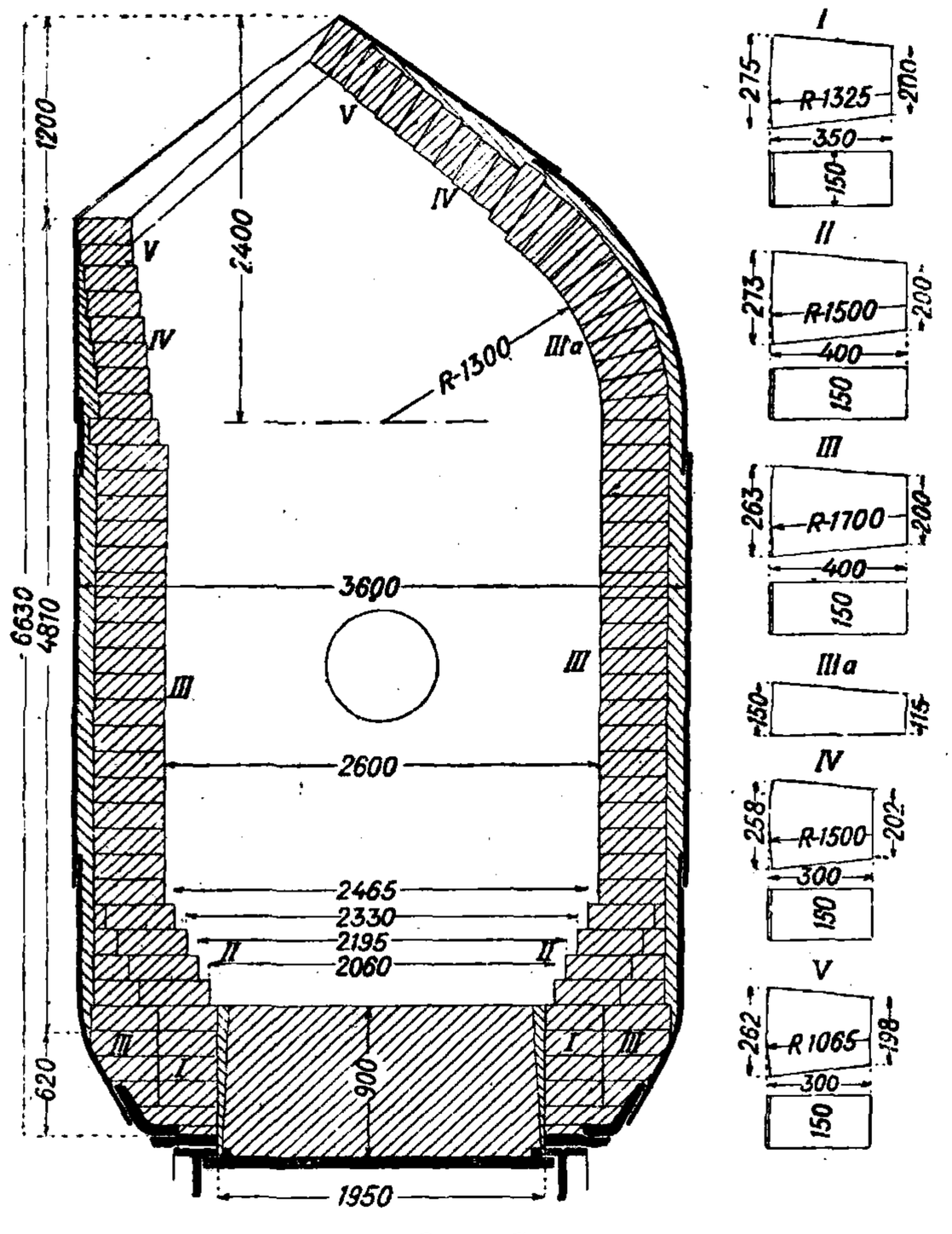
При окислении и шлаковании	1 100°	1 200°	1 300°	1 400°	1 500°	1 600°
P в $(CaO)_4 \cdot P_2O_5$	164	155	146	136	126	117
Si в $(CaO)_2 \cdot SiO_2$	146	137	128	119	110	101
Mn в MnO	36	34	33	32	30	29
Fe в FeO	23	22	21	20	19	18
C в CO_2	137	127	117	108	98	89
C в CO	26	22	18	14	10	6

Из приводимых табл. 7 и 8 видно, какую важную роль играет фосфор в тепловом балансе томасовской операции.

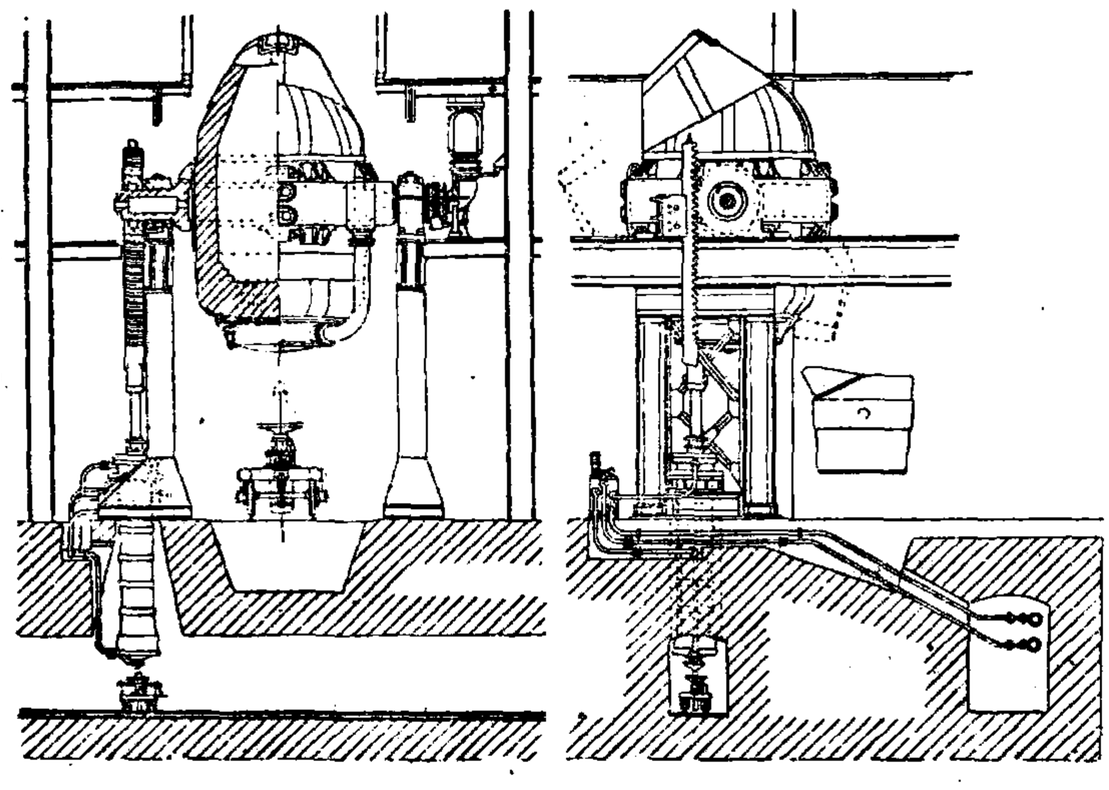
Вопрос об утилизации тепла, уносимого *отходящими газами* (см.) томасовского процесса, не получил благоприятного разрешения вследствие большого количества твердых частиц, увлекаемых газами, а также вследствие

сильных выбросов жидкого металла и шлака. Опыты подогрева дутья и обогащения его кислородом также не дали благоприятных технико-экономических результатов.

Размеры и производительность конвертеров. Емкость конвертеров обычно берется больше, чем при бессемеровании, и достигает 17—25—30 *т*. На отдельных герм. з-дах имеются реторты емкостью 40—45 *т*. Общая конфигурация реторты дана на фиг. 7, а общий вид установки 30-*т* реторты—на фиг. 8. На 1 *т* садки приходится от 0,71 до

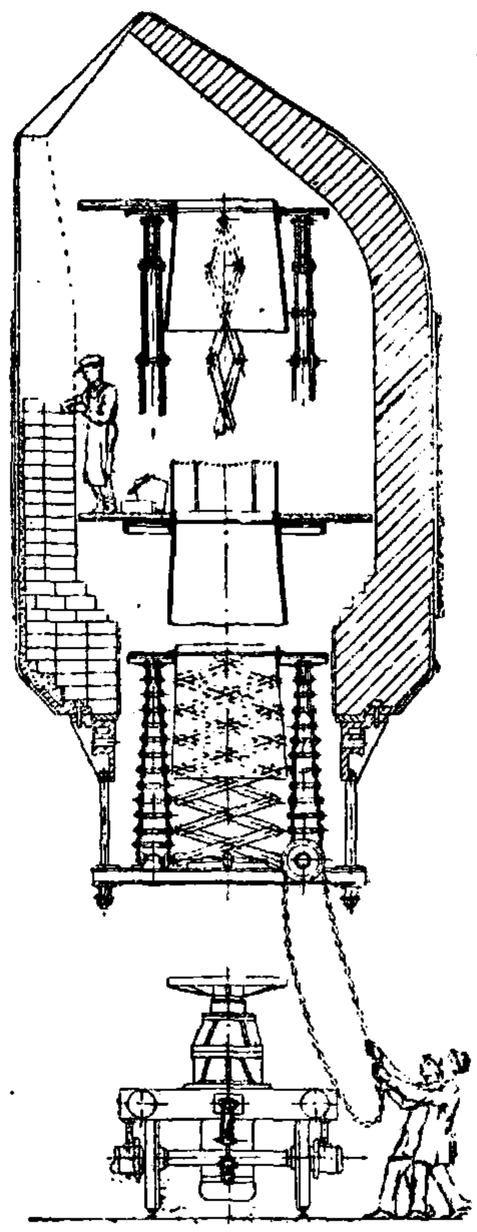


Фиг. 7.



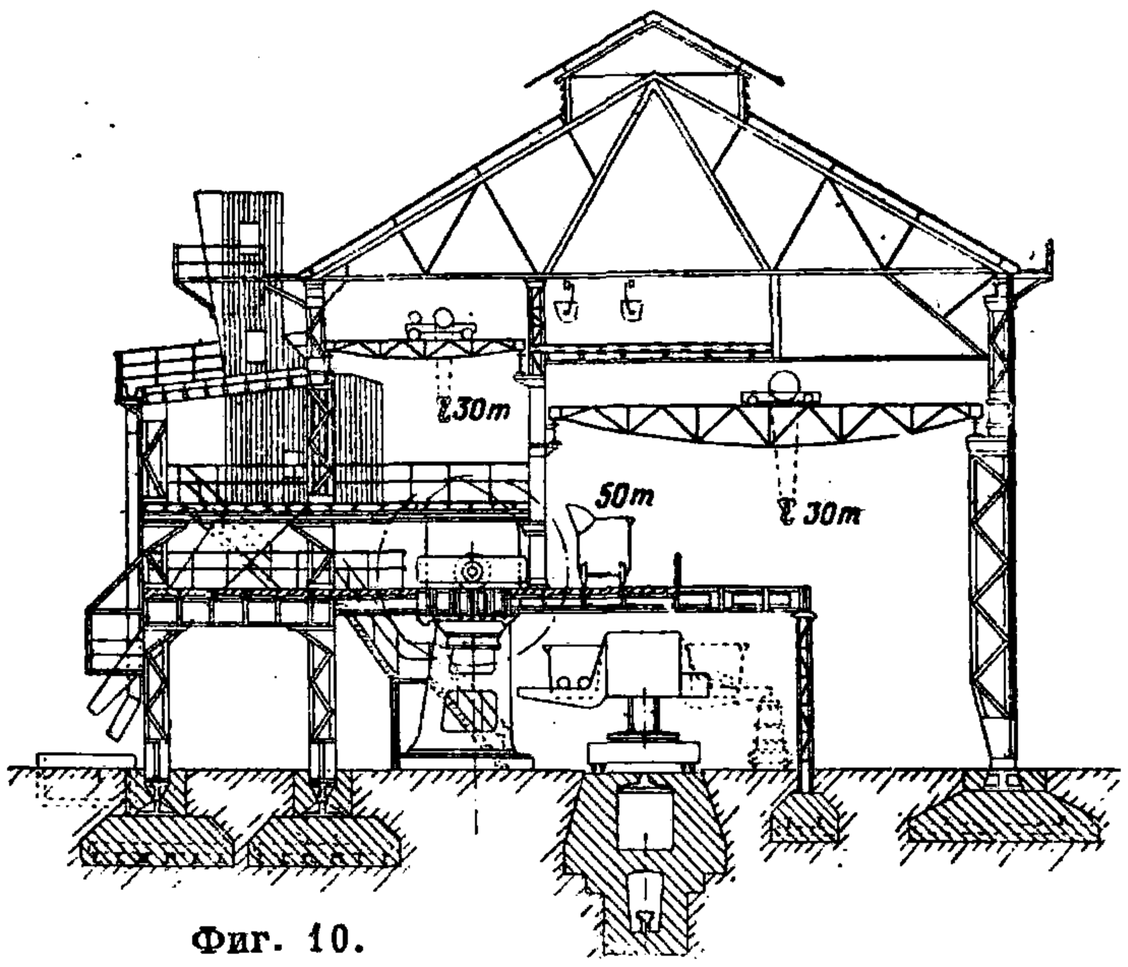
Фиг. 8.

1,6 *м*³ внутреннего объема конвертера при новой футеровке и от 1,35 до 2,32 *м*³ объема при изношенной футеровке. Объем конвертера на 1 *т* садки является довольно характерной величиной и имеет большое значение, т. к. сильно влияет на ход продувки и количество выбросов. По мере износа футеровки внутренний объем конвертера увеличивается, что позволяет работать с садками увеличенного веса. Расчетная глубина ванны при новой футеровке доходит до 550—700 *мм* и даже до 800 *мм*; при изношенной футеровке и увеличенной садке глубина ванны снижается до 300—450 *мм* и обычно не превосходит 500 *мм*. Диам. кожуха современных конвертеров делается от 3,0 до 4,8 *м*, а отношение высоты к диам. обычно колеблется в пределах от 1,3 (для больших) до 1,6 (для меньших конвертеров). Толщина огнеупорной футеровки нижней части конвертера обычно колеблется в пределах 450—700 *мм*. Футеровка боковых стен считается изношенной, если ее толщина становится тоньше 250 *мм*. Толщина днища делается от 700 до 1 000 *мм* при диам. его 1 300—1 400 *мм* (для меньших) и 2 300—2 400 *мм* (для больших реторт). Вес обожженного днища колеблется от 2,75 до 12 *т* (40-*т* конвертера). Днища набивные с игольчатыми соплами диаметром 13—16 *мм*. Число сопел колеблется в зависимости от размера конвертера и конструкции днища и бывает от 100 до 300. Для томасовских конвертеров применяются конические (вставные) днища в отличие от днищ, соединяющихся с футеровкой по горизонтальной плоскости (отъемные), применяющихся в бессемеровских конвертерах. При процессе продувки большое значение имеет расположение сопел и относительная площадь того кольцевого пространства у стен, к-рое не занято соплами. Этот промежуток называется «зоной циркуляции». Он оказывает заметное влияние на ход продувки. Площадь сечения воздушных сопел на герм. з-дах обычно берется от 14 до 19 *см*² на 1 *т* садки и только в отдельных случаях доводится до 23—26 *см*² (американские кислые конвертеры имеют площадь сечения сопел от 26 до 37 *см*² на 1 *т* садки). Давление дутья колеблется в пределах 1,5—2,6 избыточных *atm*. Количество дутья зависит от размера конвертера и достигает 280 *м*³/*мин* для 12-*т* конвертера и 635 *м*³/*мин* для 40-*т*. На 1 *т* чугуна в зависимости от его состава требуется 300—350 *м*³ воздуха (дутья). Скорость дутья в соплах (при 0° и 760 *мм*) достигает 117—306 *м*/*ск* (в среднем от 220 до 230 *м*/*ск*). Продолжительность продувки 1 *т* чугуна уменьшается с увеличением веса садки (емкости конвертера). Так, для 12—14-*т* конвертеров продувка 1 *т* занимает 75 ск., а для 30—40-*т* понижается до 30 ск. Продолжительность продувки в конвертерах с изношенной футеровкой в отдельных случаях понижается на 30%. Полная продолжительность одной томасовской операции (от заливки до заливки) колеблется от 21 до 40 мин. Среднюю производительность реторты на 1 *м*² площади днища можно принять в 600 *кг*/*мин*. Производительность томасовской ф-ки зависит от числа одновременно работающих конвертеров, от их свободного объема, веса садки, состава чугуна, стойкости днищ и футеровки. Приближенно для нормальных условий работы герм. з-дов можно считать, что часовая производительность ф-ки равняется суммарному тоннажу ее



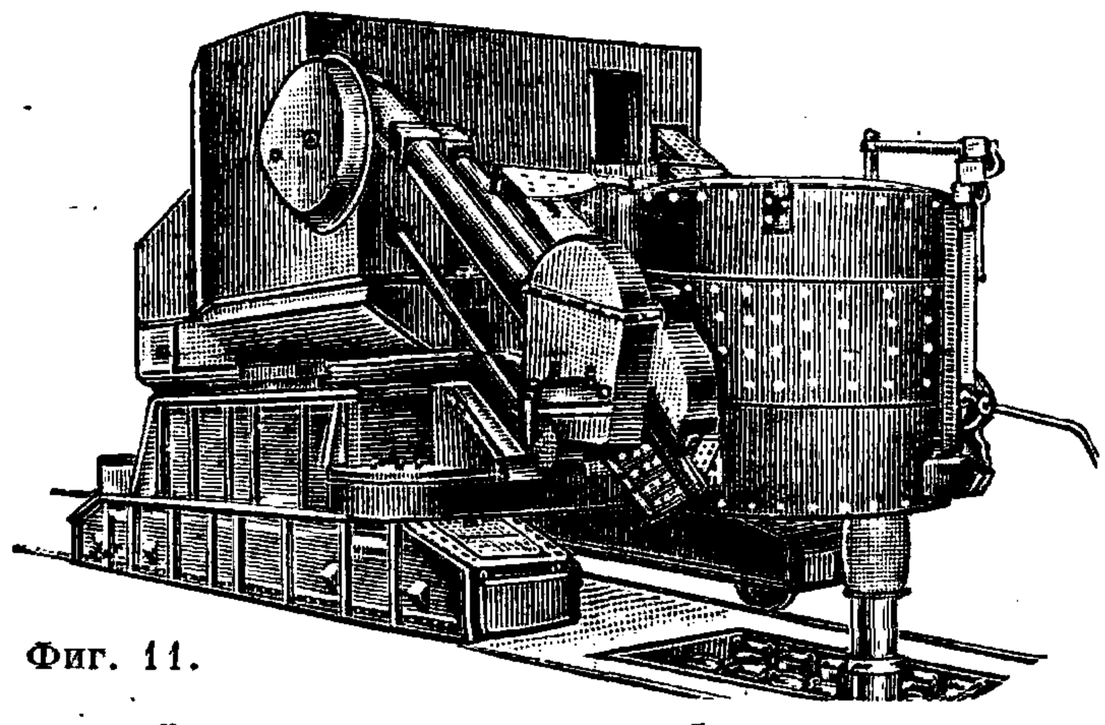
Фиг. 9.

конвертеров (для америк. бессемеровских мастерских часовая производительность будет в 2—2,5 и даже в 3 раза больше суммарной



Фиг. 10.

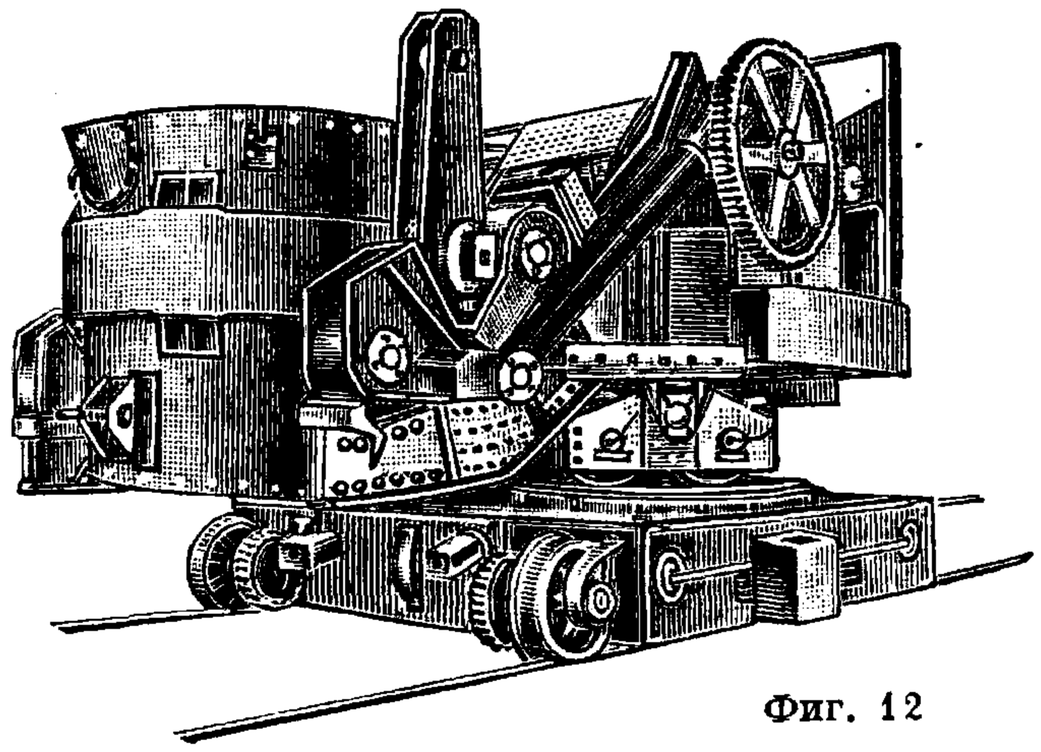
емкости конвертеров). Стойкость днищ и футеровки конвертера зависит от состава чугуна, продолжительности продувки и качества огне-



Фиг. 11.

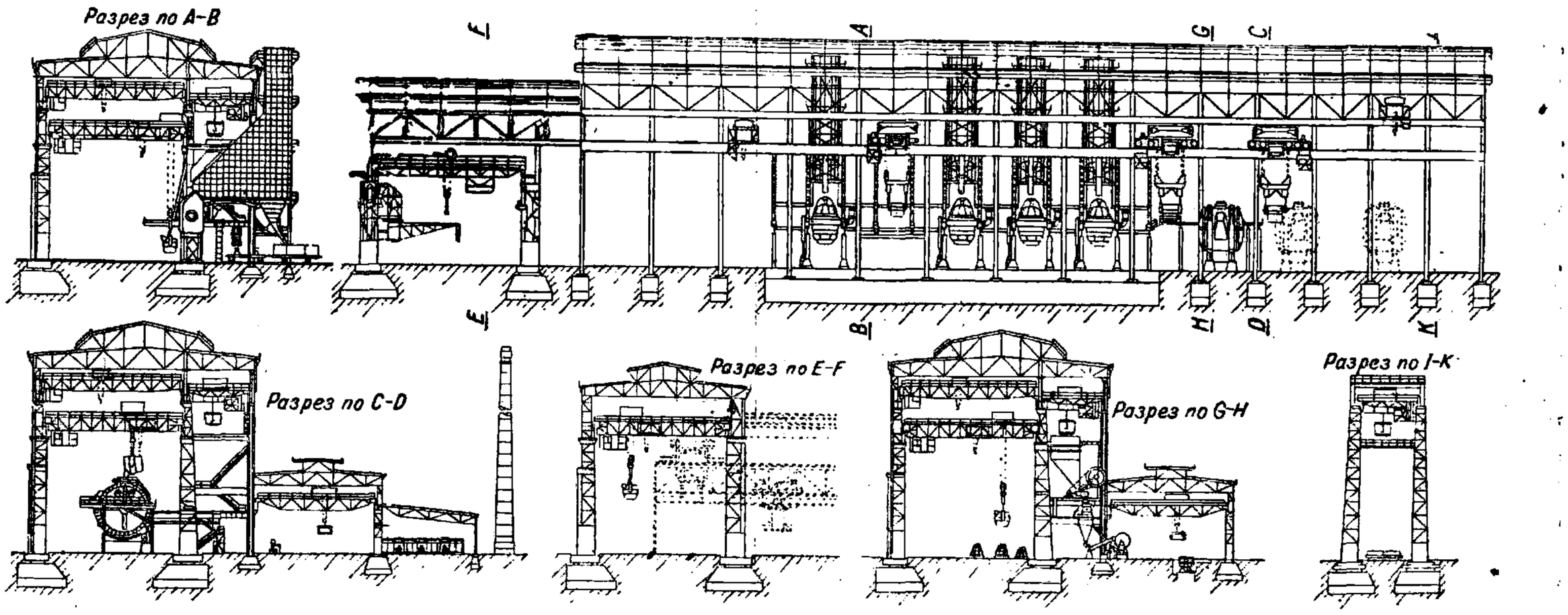
упорной массы (смолы и обожженного доломита). Футеровка стен на германских заводах выдерживает 150—420 операций (в среднем 300), а днище 40—70 операций. При современной работе Керченского з-да футеровка выдерживает только до 125 плавок (в среднем 100—110), а стойкость днища доходит до 18—25 операций. Смена футеровки занимает 24—70 час., а установка нового днища и его окончательный прогрев на месте требует до 10—12 час. Общая продолжительность простоя конвертеров на ремонте составляет от 40 до 100% (в среднем 50—75%) от времени их работы. Механизация ремонтных работ заслуживает поэтому особого внимания (фиг. 9).

Расположение томасовских фабрик представляет значительно больше трудностей, чем ф-к бессемеровских. Это происходит не только вследствие большего числа плавильных агрегатов (4—5 и даже 7 томасовских конвертеров против 2—3 бессемеровских), но и вследствие более сложного хозяйства цеха (доломитные вагранки, известково-обжигательные печи, подача извести, большое количество шлака, сложные устройства для подготовки и



Фиг. 12

размола шлака, мастерская днищ, доломитного кирпича и т. д.). На фиг. 10 представлен поперечный разрез современной томасовской фабрики германского завода Адольф-Эмиль-Гютте. Подача жидкого чугуна обычно производится по рабочей площадке на уровне 6—6,4 *м* над заводским полем. Разливка стали производится при помощи особых электрич. разливочных машин, движущихся под площадкой по ж.-д. путям и имеющих ряд сложных движений (фиг. 11 и 12). На фиг. 11 изображена тележка с литейным ковшом на 21 *т*; литейная яма находится между рельсами; на фиг. 12—литейная тележка на 30 *т*; ковш находится в низшем положении. Некоторые ф-ки германских



Фиг. 13.

з-дов за последнее время оборудуются для удобства заливки чугуна и разливки стали двумя рядами мостовых кранов. При таком оборудовании однако необходимо делать разъемную (поднимающуюся) часть рабочей площадки перед конвертерами, что создает свои конструктивные и эксплоатационные трудности (фиг. 13). Разливка стали производится

или в изложницы, стоящие в литейных канавах, или по американскому способу—в изложницы, установленные на подвижных вагонетках. Последний способ предпочтителен для мастерских с большой производительностью.

Лит.: Павлов М., Бессемеровский процесс, СПБ, 1907 (литогр.); Нобль Г., Производство стали, пер. с франц., ч. 1, М., 1922; Грум-Гржимайло В., Производство стали, 2 изд., М.—Л., 1931; Карнаухов М., Металлургия стали, вып. 1, Бессемеровский и томасовский процессы, Л., 1924; Липин В., Металлургия чугуна, железа и стали, т. 2, ч. 1, Л., 1930; Osann B., Lehrbuch d. Eisenhüttenkunde, 2 Aufl., B. 2, Lpz., 1920; Folkerts H., Die Windführung beim Konverterfrischprozess, B., 1924; Thomas S. a. Gilchrist P., On the Elimination of Phosphorus in the Bessemer Converter, «Journ. of the Iron a. Steel Institute», L., 1879, *1*, p. 120; Ehrenwerth J., Abhandlungen u. Studien über den Thomas-Gilchristprozess, «Oester. Ztschr. f. Berg- u. Hüttenwes.», 1879—1881; Эренверт, Бессемерование фосфористого чугуна по способу Томаса-Джилькриста, «ГЖ», 1881, *1*, стр. 210; 30 Jahre Thomasverfahren in Deutschland, «St. u. E.», 1909, *2*, p. 1465; Guillet L., L'historique des procédés basiques de fabrication de l'acier et Sidney Gilchrist-Thomas, «Revue de Mét.», 1917, Janv.; «St. u. E.», 1931, *36*, p. 1105—1113, *37*, p. 1136—1148 (реф. по докладу сталелит. секции Общества германских металлургов, «Сталь», 1931, *3—4*, стр. 168—177, а также «Советская металлургия», 1932, *3*, стр. 114—140); «St. u. E.», 1930, *24*, p. 825—834 (реф. «Гипромез», 1930, *12*, стр. 79—84); Herzog E., «St. u. E.», 1929, *38* и *39*, p. 1361—1370, 1398—1405 (реф. «Гипромез», 1930, *3*, стр. 83—92); Thomas K., «St. u. E.», 1930, p. 1665—1675, 1708—1718 (реф. «Гипромез», 1930, *12*, стр. 65—78 и 1931, *7—8*, стр. 90—97); Haag J., «St. u. E.», 1925, p. 1873—1878 (реф. «ЖРМО», 1926, ч. 2, стр. 616—623); Bulle G., «St. u. E.», 1924, *9—14*, (реф. «ЖРМО», 1926, ч. 2, стр. 184—189); Jung A., Die Entphosphorung Ilseder Thomas-Roheisens im Konverter u. Martinofen, «St. u. E.», 1921, p. 687; «Demag-Nachrichten», 1930, *11*, 1931, *33*; Herzog E., Die Leistungsfähigkeit von Konverteranlagen, «St. u. E.», 1925, *28*, p. 1122—1125.

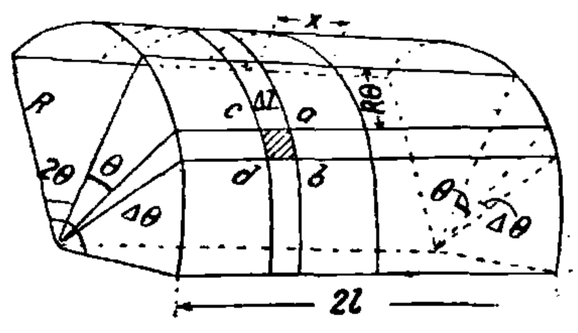
М. Пильник.

ТОН, звуковой процесс, имеющий периодич. характер (а следовательно определенную частоту), достаточно длительный для восприятия его высоты ухом. Звуковые колебания, соответствующие тону, могут иметь сложную форму и состоять из основного тона и обертонов, или гармоник, частота к-рых в целое число раз более частоты основного Т. (см. *Гармонический анализ*). Т., лишенный обертонов, называется чистым, или простым Т.; форма колебания в этом случае выражается простым синусоидальным законом. Звуковой периодич. процесс, длящийся короче $^1/_{20}$ ск., воспринимается ухом уже не как тон, а как импульс (удар), не имеющий определенной высоты. В музыкальной акустике понятие Т. означает также интервал определенной величины. Именно в чистом строе употребляют интервалы: малый целый Т., с отношением частот, составляющих Т., 10 : 9=1,111, и большой целый Т., соответствующий отношению частот 9 : 8 = =1,125. В темперированном строе (рояль) целый Т. равен $\sqrt[12]{2}=1{,}122$ и полутон—1,059.

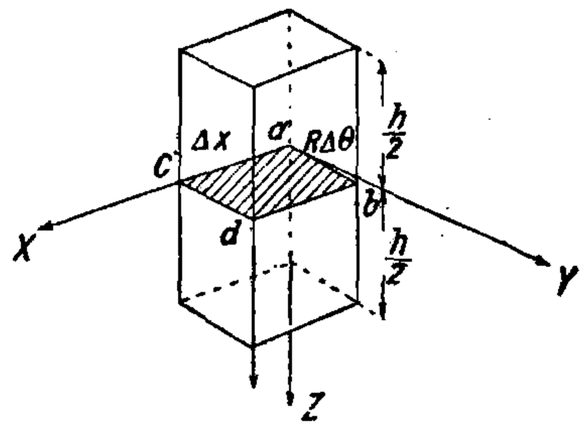
ТОНКОСТЕННЫЕ СВОДЫ, оболочки, отличающиеся от обыкновенных или плоскостных сводов как самой идеей статич. расчета, так и ее конструктивным оформлением. Эти конструкции, впервые примененные в 1925 г. на выставочном здании в Дюссельдорфе, в отличие от обычных сводов работают как пространственные системы, т. е. не только в плоскости кривой свода, но также и в направлении его образующей. В качестве строительного материала для осуществления Т. с. применялся железобетон. В 1929 г. при участии Ин-та промышленных и гражданских сооружений был сконструирован деревянный Т. с.-оболочка.

Расчет сводов-оболочек основан на том предположении, что все действующие в системе растягивающие напряжения распределены равномерно по всей толщине оболочки и что в последней отсутствуют явления изгиба. Такое предположение, подтверждаемое опытными данными, справедливо именно в отношении Т. с., т. е. имеющих при большом протяжении вдоль образующей незначительную толщину, почти исключающую возможность работы элементов конструкции на изгиб. Необходимым условием устойчивости Т. с. является наличие достаточно прочных торцовых стенок или диафрагм, располагаемых непосредственно над опорами свода, а также устройство пятовых элементов в виде бортовых балок. Возникающий в плоскости поперечного сечения свода горизонтальный распор достигает наибольшего значения в ключе, постепенно уменьшаясь до нуля в точках, расположенных несколько выше пересечения круговой кривой свода с горизонтальным диаметром этой кривой. Усилия, возникающие вблизи пятовых элементов, воспринимаются бортовыми балками, которые из-за этого достигают иногда значительных размеров. Все растягивающие и сжимающие усилия, действующие на перекрытие в пределах протяжения свода, передаются на торцовые элементы конструкции, к-рые следовательно должны быть соответственным образом рассчитаны. Наряду с Т. с.-оболочками, имеющими круговое или вообще криволинейное очертание, в качестве дальнейшего развития этой идеи появились т. н. складчатые системы с ломаными прямолинейными элементами, имеющие преимущество в отношении простоты выполнения работ.

Нахождение точных величин усилий, действующих в элементах сводов-оболочек под влиянием собственного веса и временной нагрузки, представляет собою чрезвычайно сложную задачу. Если предположить, что кривая свода имеет форму дуги круга, то сущность расчета м. б. представлена в следующем виде,



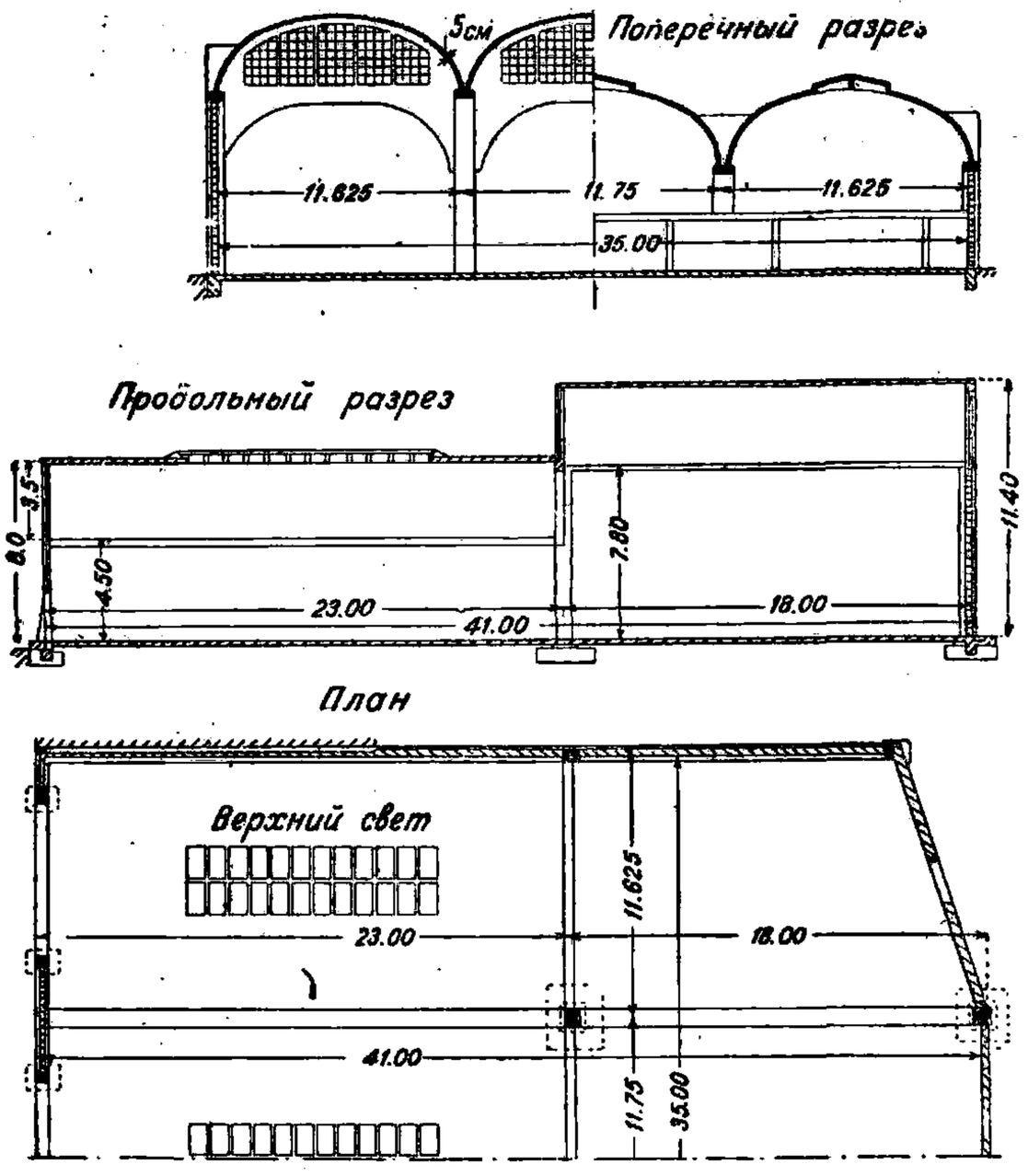
Фиг. 1.



Фиг. 2.

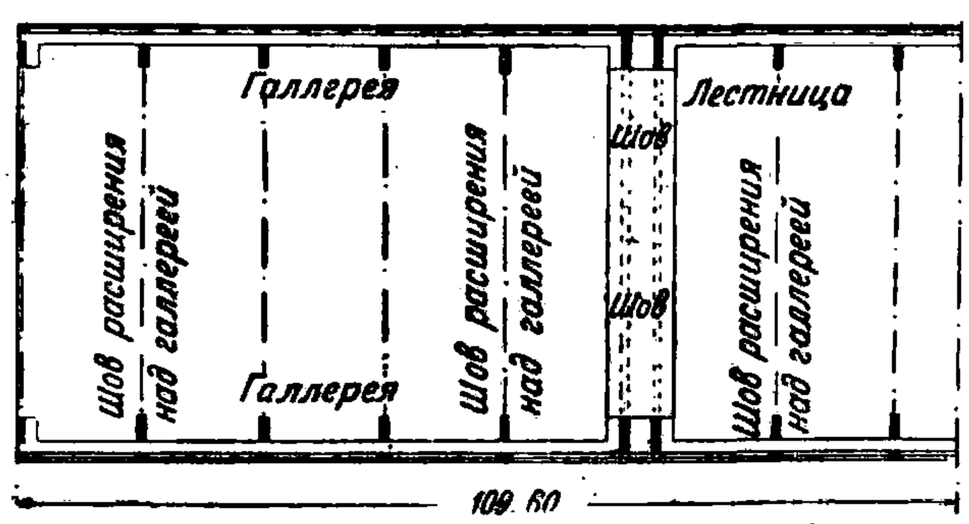
Рассмотрим условия равновесия выделенного бесконечно малого элемента $abdc$ (фиг. 1—2), имеющего в сечении длины сторон Δx и $R\Delta\theta$. По боковым плоскостям элемента действуют следующие силы и моменты: T_1—осевая сила, параллельная образующей, T_2—осевая сила, параллельная касательной к производящей, S—срезывающее усилие, параллельное касательной к оболочке, G_1—изгибающий момент на грани, перпендикулярной к образующей, G_2—изгибающий момент на грани, параллельной образующей, H—крутящий момент, N_1—поперечная сила, соответствующая моменту G_1, N_2—поперечная сила, соответствующая моменту G_2. Для определения этих восьми неизвестных в ф-ии заданных внешних сил требуется кроме условий статики составить три ур-ия, к-рые представляют собой зависимость между силами и деформациями элемента, выраженными в координатах системы. Совместное решение этих ур-ий представляет собой чрезвычайно трудную математич. задачу, практически исключающую возможность пользования этой

теорией в общем виде. Упрощение задачи м. б. достигнуто, если сделать вышеупомянутое пред-



Фиг. 3.

положение о том, что при очень тонкой оболочке сопротивление изгибу и кручению оказывается



незначительным, и тогда величины G_1, G_2, H, N_1 и N_2 приравниваются нулю. В таком случае ур-ия равновесия элемента оболочки м. б. написаны в следующем виде:

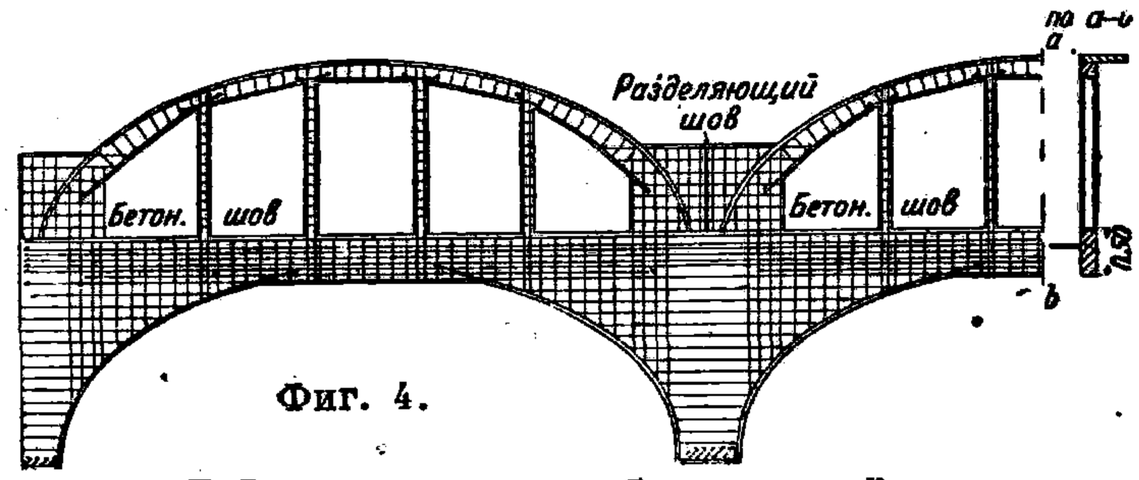
$$\frac{\partial T_1}{\partial x} + \frac{\partial S}{\partial \theta} + X = 0, \qquad (1)$$

$$\frac{\partial T_2}{K\partial \theta} + \frac{\partial S}{\partial x} + Y = 0, \qquad (2)$$

$$T_2 + ZR = 0, \qquad (3)$$

где X, Y, Z—составляющие нагрузки на оболочку, отнесенные к единице площади. Соответствующая такому предположению безмоментная теория расчета оболочек является справедливой только в том случае, когда оболочка превращается в замкнутую трубу. В обычных же условиях работы Т. с. она дает приближенные решения, практически достаточно точные для средней части кривой свода, но не учитывающие условий работы краевых элементов вблизи пят, которые поэтому конструируются с нек-рыми избыточными запасами прочности.

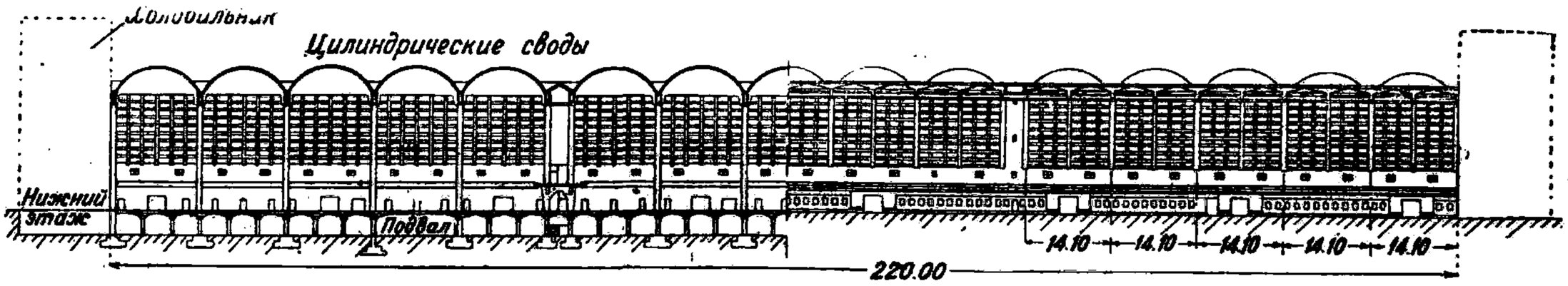
Достоинством тонкостенных сводов-оболочек является чрезвычайная легкость, выгодно отличающая их от обычных сводов, и следовательно большая экономия материалов. Благодаря очень большой жесткости поперечного сечения такого свода появилась возможность перекрывать этой конструкцией весьма значительные



Фиг. 4.

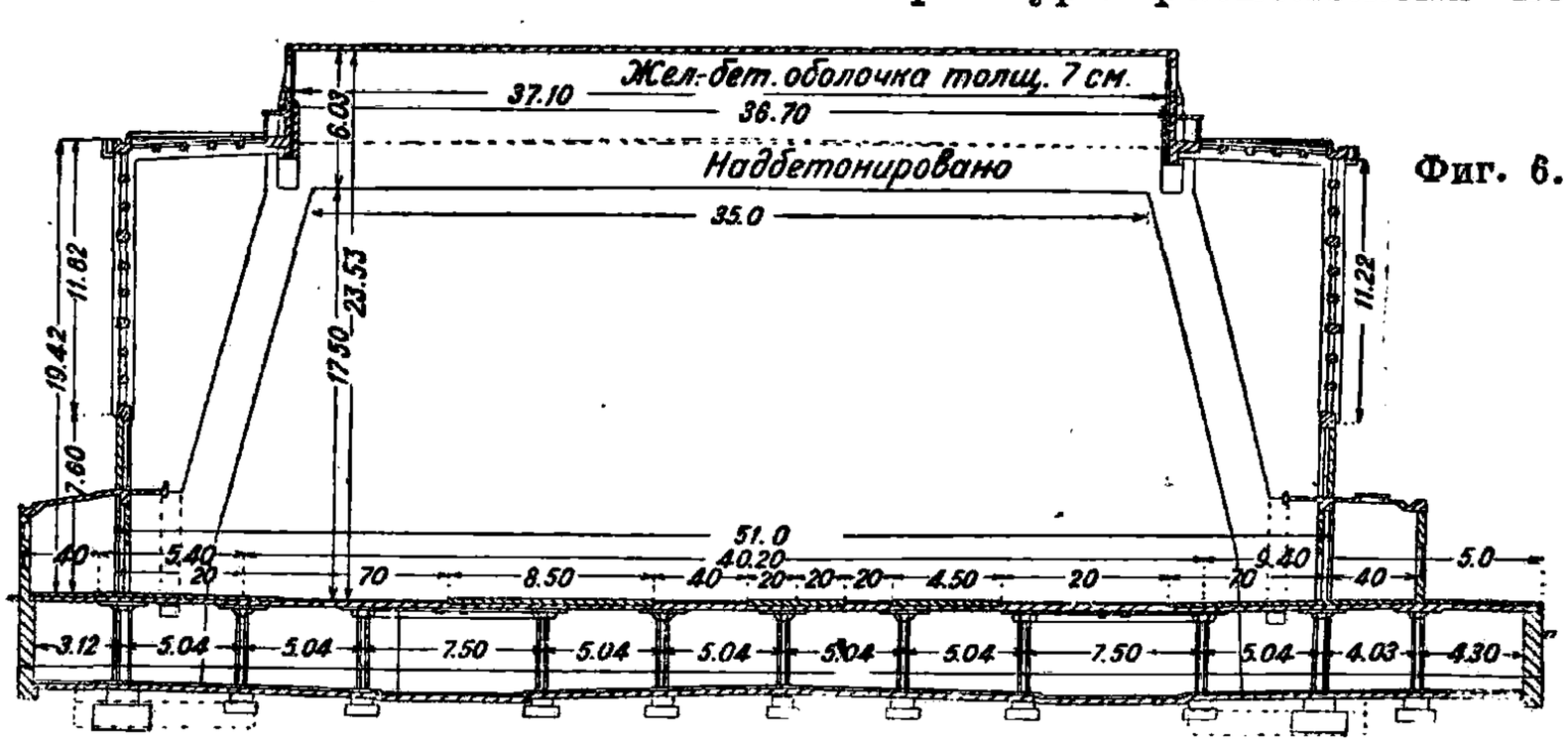
пролеты в направлении образующей цилиндра. Эти конструкции впервые изобретены немецкими инженерами Бауерсфельдом, Дишингером и Фирстенвальдером и осуществлены фирмами Цейс и Дикергоф-Видман, сокращенно именуемыми Цейс-Дивидаг.

Упомянутое в начале настоящей статьи перекрытие на выставочном зале в Дюссельдорфе имеет в плане форму прямоугольника размерами 41×35 *м* (фиг. 3—4). Внутри здания имеются всего две промежуточные колонны, к-рые делят помещение на переднее, длиной 23 *м*, и заднее, более высокое, длиной 18 *м*. Оба они



Фиг. 5.

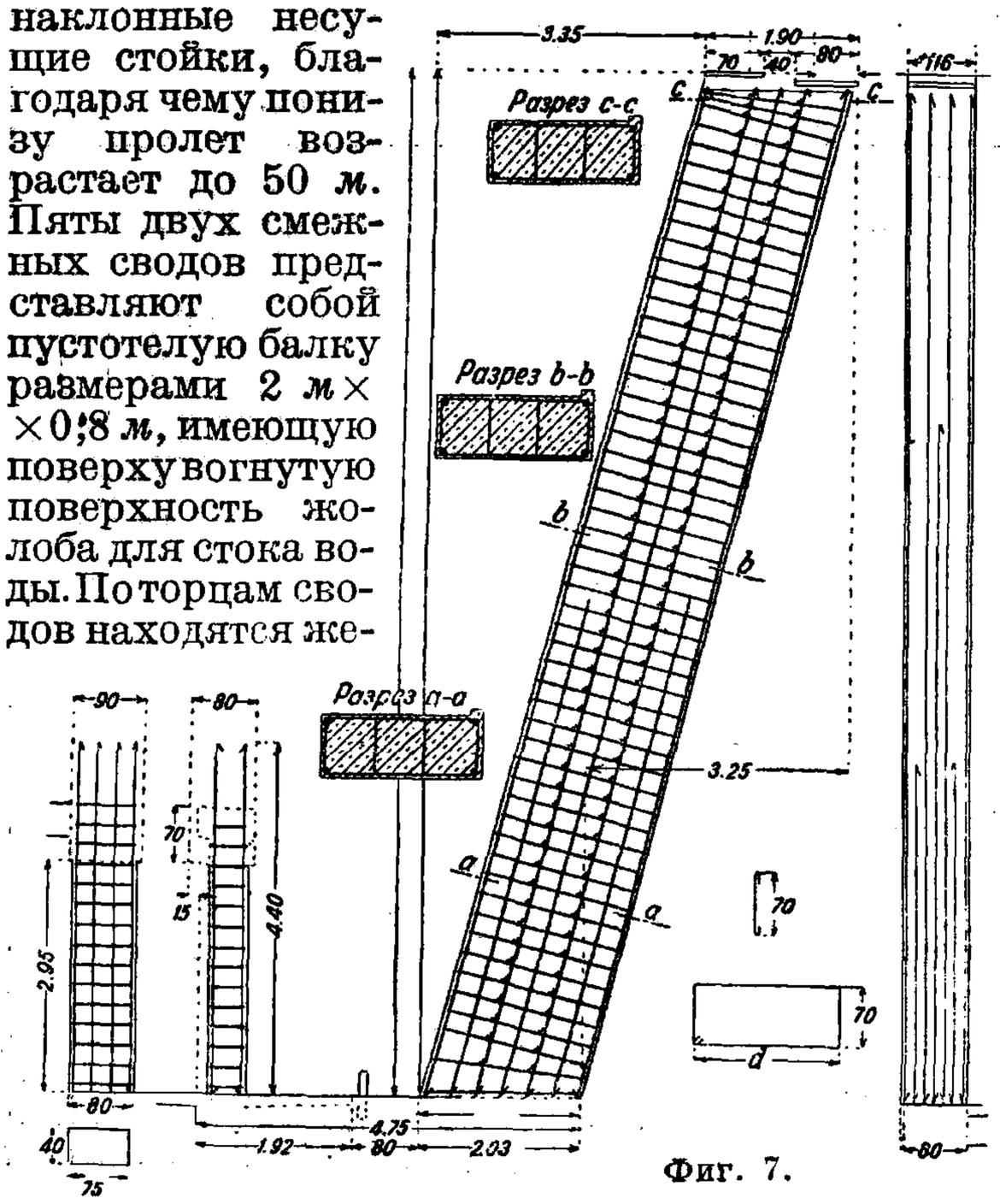
перекрыты железобетонными сводами-оболочками эллиптич. очертания пролетами 11,5 *м* при стреле подъема в 3,5 *м*; толщина оболочки всего 5 и 5,5 *см*. Отделяющие оба помещения диафрагмы расположены выше пониженного свода и потому не стесняют помещения над сводом, а в верхней части диафрагм устроены световые проемы. На фиг. 4 представлено армирование этой диафрагмы. Арматура сводов весит 2,2 *кг* на 1 *м*². Железо ∅ 8 *мм* расположено в виде сетки с квадратными ячейками; дополнительная косая арматура расположена по



Фиг. 6.

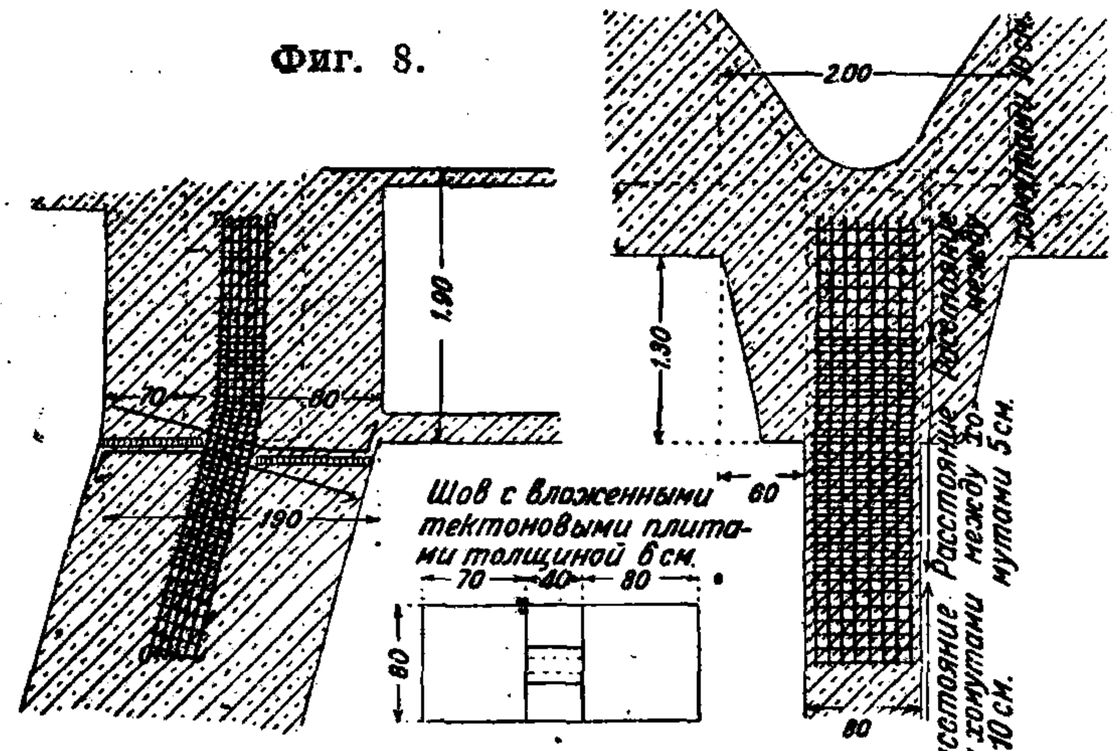
направлению главных растягивающих усилий. На фиг. 5 и 6 представлено здание рынка в Франкфурте на Майне длиной 220 *м*, шириной 70 *м* и высотой 23 *м*. Перекрытие выполнено посредством железобетонного свода-оболочки

с пролетом арки в 14,10 *м* при высоте 6 *м* и с пролетом 37,10 *м* в направлении образующей свода. Своды эллиптич. формы опираются на наклонные несущие стойки, благодаря чему понизу пролет возрастает до 50 *м*. Пяты двух смежных сводов представляют собой пустотелую балку размерами 2 *м* × ×0,8 *м*, имеющую поверху вогнутую поверхность жолоба для стока воды. По торцам сводов находятся железобетонные диафрагмы высотой 4,25 *м* в середине свода, представляющие собой 5-пролетную неразрезную балку. Толщина сводов—7 *см*, увеличивающаяся при переходе к бортовым элементам до 10 *см*. Арматура состоит из пяти слоев железа ∅ 6 и 12 *мм*, расположенного по направлению главных напряжений. Своды длиной 37 *м* опираются на наклонные стойки

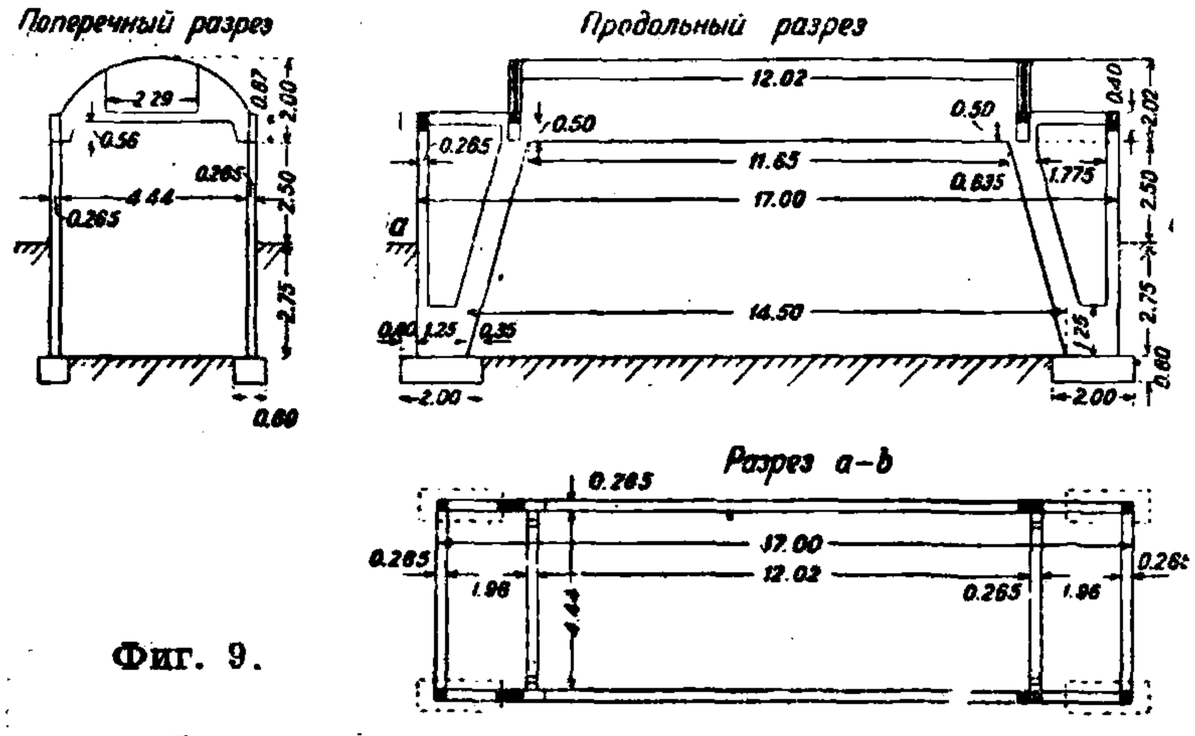


Фиг. 7.

Фиг. 8.

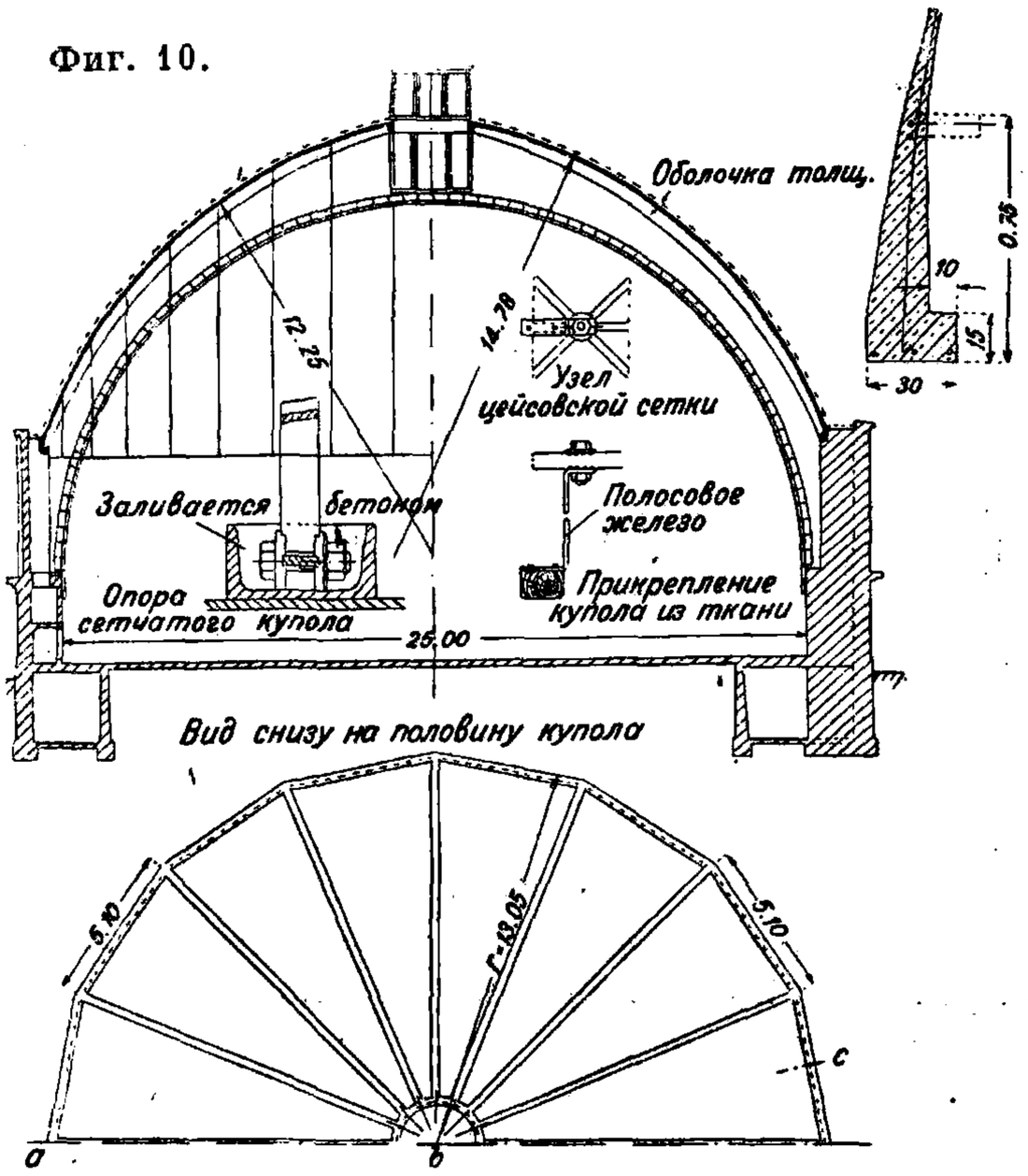


Фиг. 9.



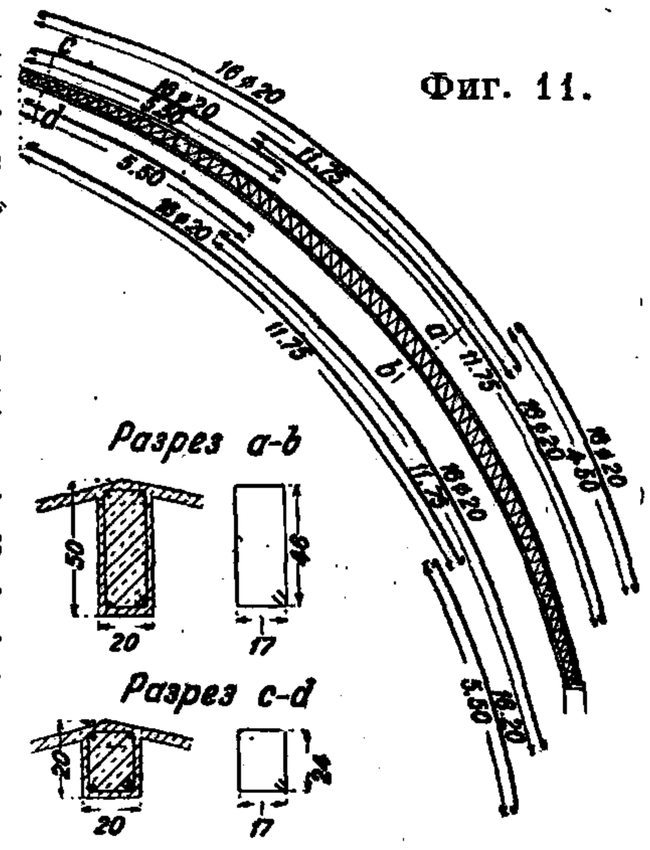
шарнирно с целью осуществления подвижности сводов вследствие изменения длины под влиянием $t°$ (фиг. 7 и 8). В виду новизны дела и необычной величины пролетов строительное об-во Дикергоф и Видман, задумавшее осуществление этого сооружения, произвело предварительно постройку пробной модели в $^1/_3$ натуральной величины (фиг. 9), имевшей толщину свода в 2,7 *см*. Модель подверглась испытанию нагрузкой в 1 000 *кг* на 1 *м*², после чего на бортовых затяжках образовались первые волосяные трещины, в своде же они обнаружены не были. Бетонирование Т. с. производится *торкретированием* (см.).

Фиг. 10.

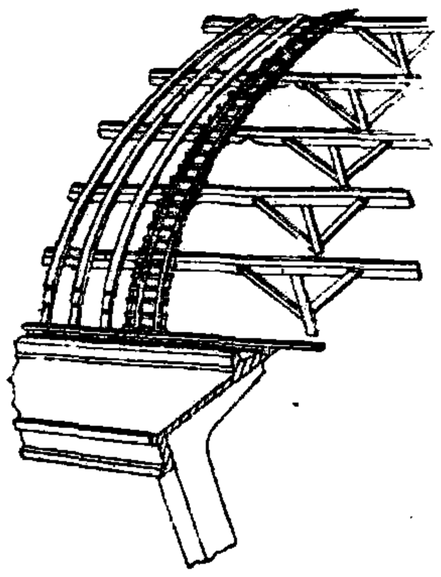


Цилиндрич. своды-оболочки могут выгодно применяться не только для перекрытия прямоугольных площадей, но также и при сооружении многоугольных куполов, образуемых пересечением нескольких сводов. При такой системе куполов возможно значительное увеличение расстояния между опорами, причем цилиндрич. своды играют роль балок, передающих нагрузку на ребра. На фиг. 10 представлены план и разрез перекрытия планетария в Дрездене, представляющего собой 16-угольный купол, построенный из 8 пересекающихся Т. с. сист. Цейс-Дивидаг с толщиной оболочки 4 *см* при радиусе кривизны 14,76 *м*. Своды пересекаются в гуртах, заменяющих диафрагмы, к-рые при нагрузке собственным весом работают только на центральные усилия, изгибающие же моменты при этом отсутствуют вследствие влияния кольцевых напряжений. Поперечное сечение гурта и арматура показаны на фиг. 11. Из числа других перекрытий Т. с. сист. Цейс-Дивидаг, осуществленных в последние годы в Германии, замечательны перекрытия здания электрич.

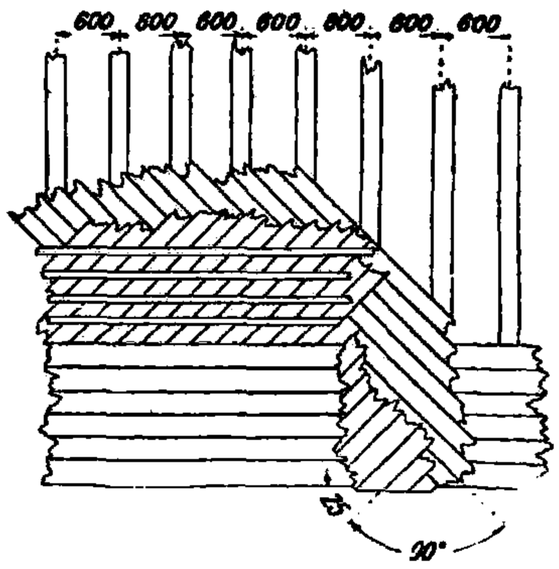
Фиг. 11.



станции в Франкфурте на Майне общей площадью 96×36,25 *м* в виде двухпролетного свода при 8 нефах пролетом 12 *м* при толщине свода 8,5 *см*, перекрытие Лейпцигского рынка,

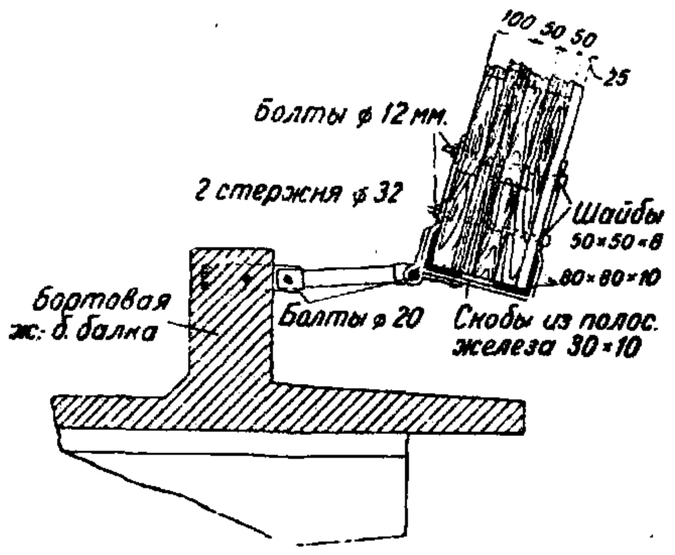


Фиг. 12.



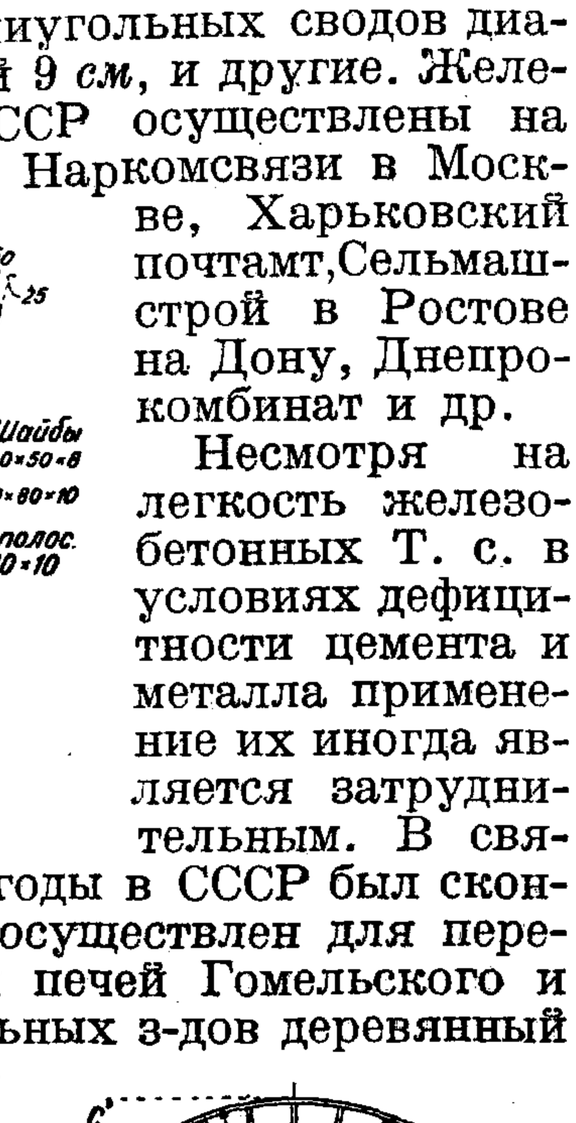
Фиг. 13.

состоящее из трех восьмиугольных сводов диаметром 76 *м* и толщиной 9 *см*, и другие. Железобетонные Т. с. в СССР осуществлены на ряде построек: автобаза Наркомсвязи в Москве, Харьковский почтамт, Сельмашстрой в Ростове на Дону, Днепрокомбинат и др.

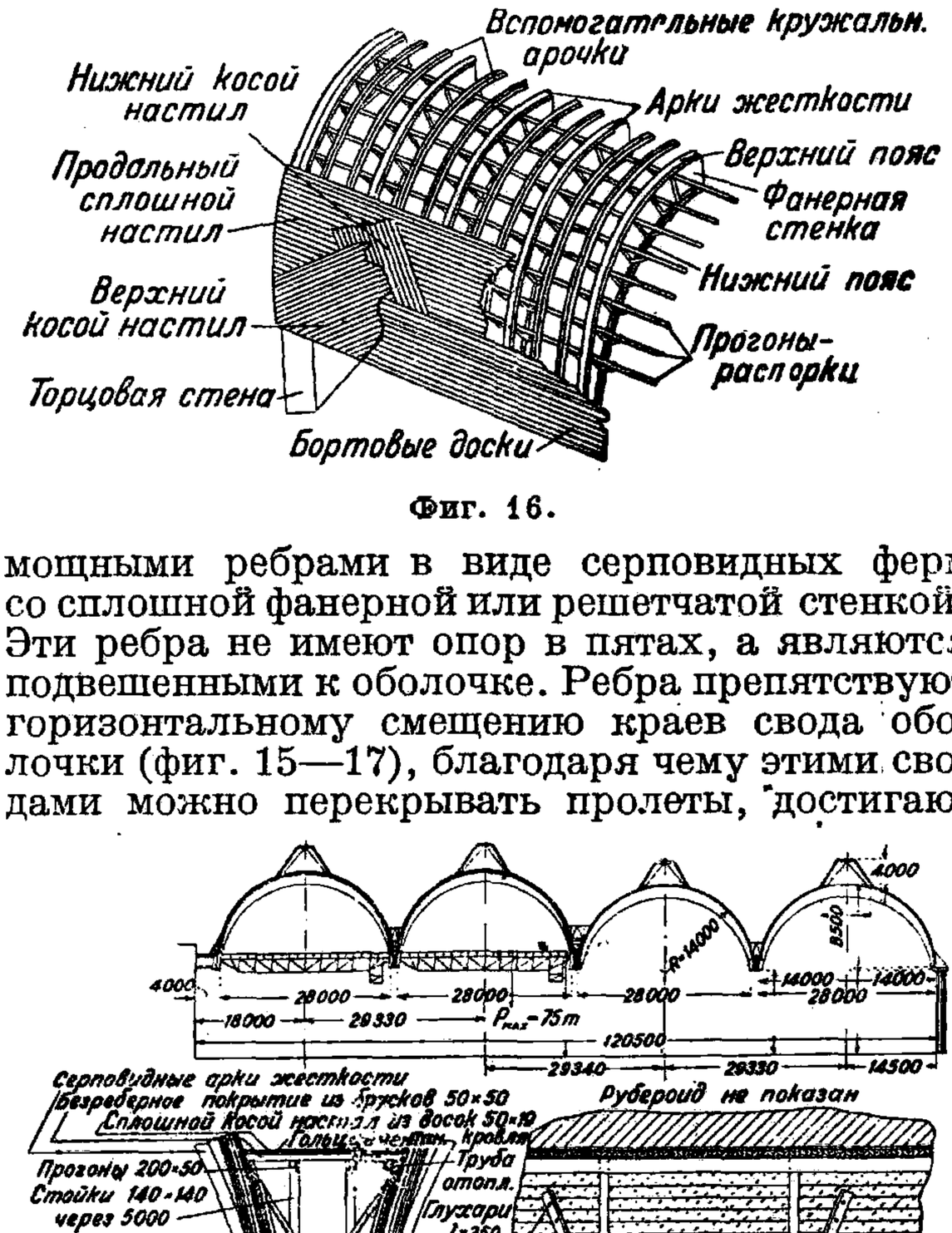


Фиг. 14.

Несмотря на легкость железобетонных Т. с. в условиях дефицитности цемента и металла применение их иногда является затруднительным. В связи с этим в последние годы в СССР был сконструирован впервые и осуществлен для перекрытий зданий ванных печей Гомельского и Нижегородского стекольных з-дов деревянный Т. с.-оболочка, имевший длину 42,6 *м* вдоль образующей и ширину 21,5 *м* при радиусе дуги круга в 10 *м*. Деревянные своды-оболочки с выгодой применяются в настоящее время для перекрытий ангаров, складов, аудиторий, гаражей и других зданий как общественного, так и промышленного значения. Деревянный Т. с. возводится с легких постоянных лесов, на которых устанавливаются деревянные арочки (фиг. 12). Поверх арочек прибивается настил из 2,5—5-*см* досок, укладываемых в несколько слоев в продольном и диагональном направлениях и прибиваемых гвоздями (фиг. 13). В целях противопожарных эти своды-оболочки подшивают фанерой, благодаря чему потолок делается совершенно гладким. В виду того что при действии внешней нагрузки и собственного веса в пятовом элементе возникает действующее радиально усилие, направленное при сплошной, равномерно распределенной нагрузке внутрь свода, необходимо принять меры к недопущению горизонтальных поперечных смещений борта, которые могли бы иметь место в виду отсутствия опирания пятовых элементов свода на стены. С этой целью устраиваются металлич. крепления (фиг. 14). Основным недостатком деревянного Т. с.-оболочки описанной конструкции являются: 1) необходимость устройства стационарных лесов, 2) сложность устройств для закрепления пятовых элементов. 3) трудность осуществления прорезов для световых фонарей, 4) затруднительность подвески сосредоточенных грузов. Дальнейшим развитием этой конструкции, свободным от упомянутых недостатков, является ребристый Т. с.-оболочка, снабженный по нижней поверхности

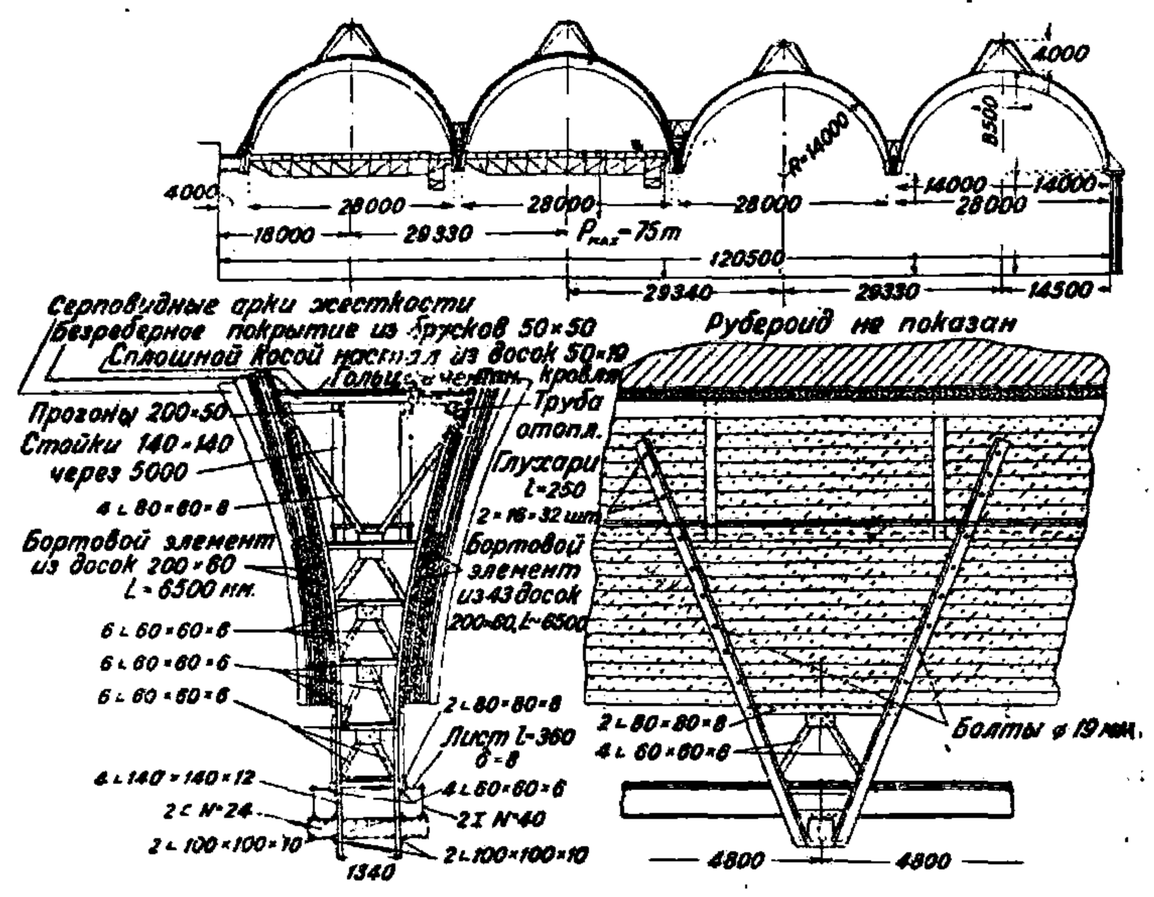


Фиг. 15.



Фиг. 16.

мощными ребрами в виде серповидных ферм со сплошной фанерной или решетчатой стенкой. Эти ребра не имеют опор в пятах, а являются подвешенными к оболочке. Ребра препятствуют горизонтальному смещению краев свода оболочки (фиг. 15—17), благодаря чему этими сводами можно перекрывать пролеты, достигаю-



Фиг. 17.

щие 100 *м* и более. Устройство фонарей и подвеска грузов благодаря аркам не представляют затруднений. Ребра собираются на особой площадке и монтируются в собранном виде. Приводимая таблица иллюстрирует экономичность применения деревянных Т. с.-оболочек по сравнению с другими возможными решениями, разработанными применительно к одному из осуществленных в СССР сооружений.

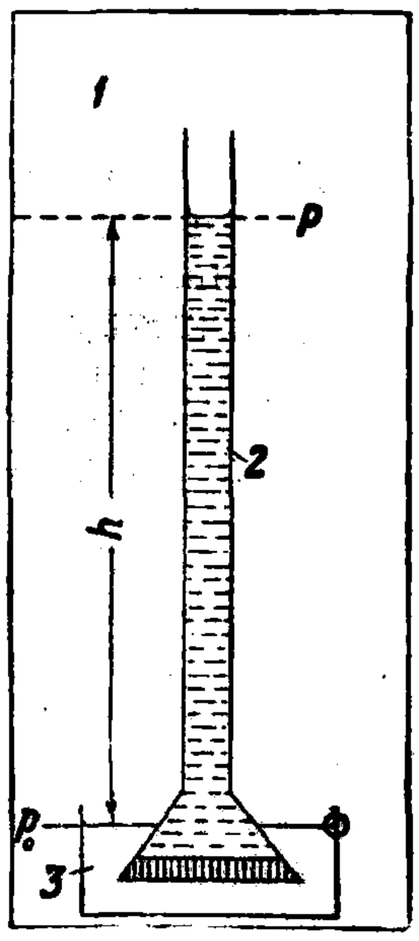
Сравнительная экономичность деревянных тонкостенных сводов.

Типы решений	Количество материала		Стоимость в тыс. руб.
	Сталь, *т*	Бетон, *м*³	
Дерево	280	1 100	1 200
Металл	1 120	2 150	2 600
Железобетон . .	450	6 850	1 900

Лит.: Гвоздев А., К вопросу о расчете цилиндрич. сводов-оболочек, «СП», М., 1932, *1*; Дишингер Ф., Оболочки тонкостенные, железобетонные купола и

своды, пер. с нем., М.—Л., 1932; Ершов П., Деревянный свод-оболочка в производстве, «Научные основы индустриализации строительства», М., 1932, *2—3*; Ершов П. и Коган М., Своды-оболочки в дереве, «СП», М., 1933, *1*; Финк К., Деревянный свод-оболочка, там же, 1933, *1*; Dischinger Fr. u. Finsterwalder U., Die Dywidag-Halle auf d. Gesolei, «Bauingenieur», B., 1925, *48*; Matzdorf, Das Planetarium d. Stadt Berlin, «Ztrlbl. f. Bauverwaltung», B., 1927, H. 2; Scherzinger, Neuartige Ausführungen d. Schalenkupel des Planetariums Mannheim, «Deutsche Bauzeitung», Berlin, 1927, H. 59; Stein G., Deutsche Planetarium, «Der Neubau», Berlin, 1927, H. 8; Wolf G., Das Planetarium Dresden, ibid., 1927, H. 8. **Е. Штамм.**

ТОНОМЕТРИЯ, наука об измерении давления пара растворов, гл. обр. по сравнению с давлением пара чистого растворителя. В Т. измеряют диференциальными методами понижение давления пара раствора p по сравнению с давлением p_0 чистого растворителя $p_0 - p$, вызванное нелетучим растворенным веществом. Относительное понижение давления пара $\frac{p_0-p}{p_0}$ в достаточно разведенных (слабых) растворах не зависит вовсе от природы растворителя и растворенного вещества, а лишь от относительного их содержания, т. е. от относительного числа грамм-молекул растворенного вещества n и растворителя n_0 в растворе (закон Рауля). Вант-Гоффом было показано, что этот основной закон Т. выводится непосредственно из наличия осмотич. давления раствора p (см. *Осмотическое давление, Осмос*). Действительно представим себе простейший осмометр (см. *Осмотическое давление*) в замкнутом пространстве (фигура: *1*—пар растворителя, *2*—раствор, *3*—растворитель). Осмотич. давление P в нем уравновешивается гидростатич. давлением избыточного (поднятого) столба жидкости: $P = h \cdot D_1 \cdot g$; в газообразной фазе на уровне растворителя в чашке давление пара $p = p_0$, а над мениском раствора в трубке p, очевидно равное давлению пара раствора, определится по барометрич. формуле:



$$\ln \frac{p_0}{p} = \frac{M_0 g}{RT} h = \frac{p_0 - p}{p_0}, \qquad (1)$$

т. к. при малых разностях $p_0 - p$, $\ln \frac{p_0}{p} \cong \frac{p_0-p}{p_0}$; но $h = \frac{P}{D_1 \cdot g}$, а $P = RT \cdot \frac{n}{V_1}$ по закону Вант-Гоффа-Клапейрона. Отсюда $\frac{p_0-p}{p_0} = \frac{n}{n_0}$, т. к. $\frac{D_1 V_1}{M_0} = n_0$; здесь M_0—мол. в. растворителя, D_1—его плотность (практически равная плотности слабого раствора), V_1—объем раствора. С понижением давления пара тесно связаны: 1) повышение $t°_{кип.}$ ΔT_s раствора под постоянным атмосферным давлением по сравнению с чистым растворителем и 2) понижение $t°_{пл.}$ раствора (депрессия) ΔT_0. Посредством ур-ия (1) обе эти величины связываются с осмотич. давлением, и в этом большое научное значение основной тонометрич. величины $\frac{p_0-p}{p_0} = \frac{\Delta p}{p_0}$ и закона Рауля. Термодинамически легко показать, что

$$\Delta T_s = \frac{RT_s^2}{Q_s} \cdot \frac{\Delta p}{p_0}$$

и

$$\Delta T_0 = \frac{RT_0^2}{Q_0} \cdot \frac{\Delta p}{p_0},$$

где T_s, T_0—$t°_{кип.}$ и $t°_{пл.}$ раствора под атмосферным давлением, а Q_s, Q_0—соответствующие скрытые теплоты для 1 моля чистого растворителя. Так как измерения давления пара часто сравнительно громоздки, их предпочитают обычно заменять (для вычисления любого из осмотич. свойств раствора) либо измерениями повышения $t°_{кип.}$, непосредственно связанными с понижением давления пара (эта область физико-химической методики называется эбуллиоскопией), либо измерениями депрессии точки замерзания (см. *Криоскопия*). Однако по указаниям некоторых исследователей диференциальные измерения тонометрич. коэфициента $p_0 - p$ и $\frac{p_0-p}{p_0} = \frac{\Delta p}{p_0}$ настолько просто осуществимы и достаточно точны, что могут служить как для определения всех других осмотич. свойств растворов, так и для вычисления среднего мол. в. или степени диссоциации (ассоциации) растворенного вещества в растворе. Из условия $\frac{\Delta p}{p_0} = \frac{n}{n_0}$, учитывая, что $n = \frac{m}{M}$ и $n_0 = \frac{m_0}{M_0}$, находим:

$$\frac{\Delta p}{p_0} = \frac{1}{M} \cdot \frac{m}{m_0} \cdot M_0,$$

здесь M_0—мол. в. растворителя, известная величина, а m и m_0—навески (весовые количества) растворенного вещества и растворителя в *г*; $\frac{m}{m_0} = \frac{m_1}{100}$, где m_1—навеска растворенного вещества в 100 *г* растворителя. Отсюда легко найти $M = \frac{p_0}{\Delta p} \cdot M_0 \cdot \frac{m_1}{100}$. В случае диссоциации или ассоциации в растворе надо ввести коэф. i (см. *Криоскопия*) и $\Delta p/p_0 = i \cdot n/n_0$.

Лит.: Raoult, «CR», 1882, T. 94, p. 1517, T. 95, p. 108, 1030, 1885, T. 101, p. 1056; «Ztschr. f. phys. Chemie», Lpz., 1888, B. 2, p. 488, 1892, B. 9, p. 343, 1896, B. 20, p. 601; Jellinek K., Lehrbuch d. phys. Chemie, 2 Aufl., B. 1, Stg., 1928; Arndt K., Handb. d. physikalisch-chemischen Technik f. Forscher u. Techniker, 2 Aufl., Stg., 1923. **П. Ребиндер.**

ТОПАЗ, минерал ромбич. системы, алюмосиликат с содержанием фтора и гидроксильной группы $Al_2SiO_2(FeOH)_2$. Образует совершенные, преимущественно призматич. кристаллы, иногда значительной величины (кристалл Т. из Борщовочного кряжа, хранящийся в музее Горного ин-та в Ленинграде, имеет 19 *см* длины, 21 *см* в поперечнике и весит 31 *кг*). Наросшие кристаллы попадаются по одиночке или соединенными в друзы; Т. встречается иногда также в сплошном и плотном виде. Т. находится в гранитах, особенно содержащих оловянный камень, иногда в гнейсах; найден в новых вулканич. породах, также в россыпях, обычно недалеко от коренной породы. Спайность по (001) весьма совершенная. Тв. 8, уд. в. 3,51—3,57. Блеск стеклянный; прозрачен в различных степенях. Бесцветен, но часто бывает окрашен в оттенки винножелтого, зеленоватого, фиолетового и розоватого цветов. Окраска иногда непрочна: теряется от дневного света. Желтые топазы при прокаливании становятся розовыми. Заметен дихроизм. Оптически положителен. Преломление света: $\alpha = 1{,}619$; $\beta = 1{,}620$; $\gamma = 1{,}627$. Перед паяльной трубкой не плавится. HCl не действует; H_2SO_4 разлагает весьма слабо. При нагревании с фосфорной солью в закрытой трубке дает реакцию на F. Топаз считается драгоценным камнем 2-го класса. Средняя мировая ценность ежегодной добычи его (по Ферсману) выражается в 40 000 р. Особенно ценятся желтые бразильские и синеватые, розовые и бесцветные уральские (т. н. тяже-

ловесы) и сибирские. Ювелиры название «топаз» придают другим минералам, поступающим в огранку (гл. обр. горному хрусталю и цитрину). Бесцветный Т. часто выдается за алмаз по сходству наружного вида и близости уд. веса. Красный бразильский Т. известен под именем бразильского рубина. Лучшими месторождениями Т. считаются бразильские (Минас-Гераес—Т. желтого и красного цвета, иногда густого оттенка; Минас-Новас—совершенно бесцветные, водяно-прозрачные или светлой синеватой окраски); сибирские из Нерчинского округа (Борщовочный, Кухусеркенский и Адун-Чилонский кряжи—винножелтого цвета, прозрачные) и уральские (Алабашка и Ильменские горы—бесцветные, синеватые, розовые). Кроме указанных месторождения Т. встречаются в США, Мексике, Японии, Саксонии, Чехо-Словакии.

Лит.: Лебедев Г., Учебник минералогии, СПБ, 1897; Ladoo R., Non-metallic Minerals, N. Y., 1925; Dammer B. u. Tietze O., Die nutzbaren Mineralien, 2 Auflage, B. 2, Stuttgart, 1928; см. также *Драгоценные камни*.

И. Мельников.

ТОПИНАМБУР, земляная груша (Helianthus tuberosus L.), семейства сложноцветных, растение, родственное *подсолнечнику* (см.). Разводят Т. из-за клубней и зеленой массы. Клубни в вареном виде идут в пищу, как ценный овощ, а в сыром виде—на корм скоту. Семена Т. вызревают только на юге. К размножению Т. семенами прибегают лишь при селекционных работах или если ощущается недостаток в клубнях. Обычно Т. размножают клубнями, причем посадку производят в хорошо обработанную почву с междурядьями в 40—80 *см* одно от другого при расстоянии между растениями в 25—50 *см*; глубина посадки 5—8 *см*. Мороза клубни не боятся, почему и не требуется их уборка на зиму. Обычно часть урожая убирают поздней осенью, часть—ранней весной. Под культуру Т. отводят участок, выделенный из севооборота, т. к. посаженный Т. может расти на одном и том же месте в течение многих лет (15—20), не требуя ежегодной обработки земли и подсадки клубней. Т. хорошо оплачивает удобрения (калийные, фосфорные, азотистые, известь, навоз, навозную жижу). Урожай клубней Т. (в зависимости от сорта) 15—40 *т* с 1 *га* и стеблей (зеленой массы)—8—15 *т* с 1 *га*. Стебли Т. представляют собой питательный зеленый корм и хороший материал для приготовления силосованного корма. О питательности клубней и зеленой массы Т. можно судить по их химич. составу. Т. содержит (по Кельнеру) в клубнях (в %): воды—79,6, сырого протеина—1,5, жира—0,2, безазотистых экстрактивных веществ—16,9, клетчатки—0,7, золы—1,1. Крахмальных эквивалентов в 100 *кг* клубней Т.—16,4. Ботва Т. содержит (по Кельнеру) (в %): воды—67,7, протеина—3,4, жира—1,1, безазотистых экстрактивных веществ—17,4, клетчатки—5,4 и золы—5. Крахмальных эквивалентов в 100 *кг* ботвы—16,2. Из клубней Т. добывают *инулин* (см.), к-рого в них содержится до 13%. Культурных сортов Т., имеющих торгово-хозяйственное значение, ок. 20; из них необходимо отметить: Т. пурпуровый Кокереля, Т. улучшенный белый, Т. желтый и Т.-патат. Последний сорт дает крупные и гладкие клубни с мякотью желтоватого цвета и ценится как прекрасный овощ. Клубни Т.—прекрасное сырье для винокуренной промышленности. Процесс осахаривания мязги из клубней Т. при *винокурении* (см.) производят кипячением с 0,1—0,2%-ной HCl или H_2SO_4. Социалистич. сектором с. х-ва должно быть уделено Т. должное внимание.

Лит.: Пряништников Д. Н., Частное земледелие, М.—Л., 1929; Калер Л., Земляная груша, М., 1931; Шаин С., Земляная груша—кормовая культура, М.—Л., 1931; Лехнович В., Земляная груша, Л., 1931 (с библиогр.); Вернер Г., Возделывание кормовых растений, М.—Л., 1930; Осипов В., Земляную грушу на поля Московской области, М., 1932; Козловский, Земляная груша, Вильно, 1911; Fruwirth C., Handb. der landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung, 5 Aufl., B., 1924; «Journal d'agriculture pratique», Paris, 1902; «Journal für Landwirtschaft», B., 1904; «Jahreshefte d. Ver. f. vaterländ. Naturk.», Stg., 1902 (p. 64 d. Sonder Abdr.); «Transact. St. Louis Acad.», 1894, p. 471 (zitiert nach Kirchner); «Osservazione e note bot.» (Referat Justs bot.), 1891, p. 515; Douze années de culture des topinambours (Nach Güntz), «Ill. landw. Ztg», 1901, p. 417; «Journal d'agr. prat.», P., 1902, *1*, p. 183; «Journ. f. Landw.», 1904, p. 127; Kraus, Flora, 1877; König J., Chemie d. menschlichen Nahrungs u. Genussmittel, B., 1918—23; Zusammensetzung von Knollen im Herbst und Frühjahr bei Behrend, «Journ. f. Landw.», 1904, p. 127; «Biedermanns Zentral-Blatt», 1892, p. 483; Güntz, «Ill. landw. Ztg», 1899, p. 82; «Journ. d'agr. pratique», P., 1897, p. 201; «CR», P., 1889, p. 869.

Н. Ракицкий.

ТОПКИ, одна из составных частей котла, предназначаемая для сжигания топлива и получения необходимого тепла на парообразование. В зависимости от метода сжигания все Т. можно подразделить на два основных класса: Т. для сжигания топлива в слое и Т. для сжигания топлива в камере. Процесс горения при слоевом сжигании распадается на две части: горение кокса топлива в слое и сгорание выделенных летучих в пределах объема топочного пространства. Современные топки, сжигающие топливо в слое, по принципу работы и конструктивному выполнению подразделяются на ручные, полумеханические и механические. В таблице на ст. 659—660 представлена схема топочных устройств в зависимости от конструктивного выполнения.

Ручные Т. представляют неподвижную колосниковую решетку, топочный объем которой сверху ограничен поверхностью нагрева, с боков—кирпичной кладкой. Несколько иную конфигурацию имеет внутренняя Т., где топочное пространство сверху и с боков окружено котельной поверхностью. Топливо на решетку загружается вручную через специальное шуровочное отверстие. Образовавшийся шлак удаляется или через то же отверстие или же, в более современных топках, сбрасывается при помощи специальных опрокидных колосников в зольный бункер. Необходимый для горения воздух проходит через решетку и слой топлива или под влиянием разрежения в Т. или давления в поддувале. Процесс горения на ручной Т. разделяется на несколько зон (подсушка, выделение летучих, горение и выжиг шлака), к-рые по времени следуют одна за другой, несколько перекрывая друг друга. Тотчас же после загрузки свежего топлива на раскаленный кокс начинается подсушка и выделение летучих. Зона подсушки находится на ручной Т. в весьма благоприятных условиях, т. к. необходимое для испарения влаги тепло в этом случае получается не только за счет лучеиспускания раскаленной кирпичной кладки и пламени, но и за счет тепла горящего кокса. Выделение летучих начинается почти одновременно с подсушкой топлива. Благодаря высокой, $t°$, создаваемой горящим коксом, летучие выделяются весьма интенсивно. Отмеченное явление однако нельзя признать положительной стороной процесса. При сжигании углей с большим и бурным выходом летучих их возгонка происходит за

Топки для сжигания топлива в слое.

Ручные

Неподвижная колосниковая решетка. Топливо подается вручную. Весьма универсальны; работают на многочисленных сортах топлива (дрова, торф, уголь, антрацит и пр., см. текст)

- **Выносные (нормальный тип)**
- **Внутренние (в жаровой трубе)**

Механические

Цепные

Плавное перемещение топлива вместе с полотном цепи. Для топлив: A^c до 20%, W^p углей 25% (торфа 45%); отсутствие сильной спекаемости, а также и растрескивания; $t°$ размягчения золы выше 1 000—1 100° С (см. текст)

- **Цепь со сплошным полотном**
- **Цепь с разрезными бимсами**
- **Цепь с накладными колосниками (сплошные бимсы)**

С нижней подачей

Подача свежего топлива под слой горящего при помощи специальных плунжеров и дальнейшее перемещение вглубь решетки подвижными колосниками. Для топлив с повышенным содержанием летучих $Л^p >$ 15—20%, обладающих небольшой спекаемостью, W^p до 15%; A^c до 27° (см. текст)

- **Т. системы Тейлор**
- **Т. системы Вестингауз**
- **Т. системы Рилей**
- **Т. системы Фридерик**

Полумеханические

Наклонная неподвижная решетка. Продвижение топлива под влиянием собственного веса

- **Наклонные решетки для малозольных бурых углей с развитой шахтой Т. Фолькера. В СССР применения не получили. Имеют распространение в Германии для топлив W^p = 40—50%, A^c до 10%**
- **Шахтные для дров и кускового торфа. Сырые дрова $W^p > 50\%$ — вертикальные шахты**

Наклонно-переталкивающие

Продвижение топлива при помощи поступательного хода отдельных колосников. Для топлив в основном низкосортных с высоким содержанием летучих ($Л^p$ не менее 25%)

- **Нормальные конструкции типа Зейбот, Каблиц, Рэт, Штейнмюллер и пр. могут работать на влажных W^p до 55% и зольных A^c до 60% (сланцы) топливах**
- **С круговым движением. Для топлив многозольных с умеренной влажностью**
- **Корытообразные типа Френкель-Фибан. Для топлив влажных (W=50—55%), но малозольных (A до 10—11%)**
- **Оригинальные. Сегментные, гусеничные, террасные и др., значительного распространения в СССР не получат (см. текст)**

Комбинированные

- **Механические топки с подсушивающим предтопком**
  - **Шахтно-цепная (кусковой торф)**
  - **Наклонно-переталкив. с подсушив. шахтою (для влажных бурых углей типа германских)**
- **Механические топки в комбинации с камерным сжиганием. В зависимости от мест. условий в топке с мех. решетками может быть в виде добавки введена пыль и во взвешенном состоянии мелкое топливо**

сравнительно короткий промежуток времени, благодаря чему этот период характеризуется дымообразованием. Последующий ход Т. протекает также неэкономично, т. к. через уменьшенный слой проходит много лишнего воздуха. Наиболее равномерно на ручной Т. будет протекать процесс горения тех топлив, к-рые имеют небольшой или замедленный выход летучих. Горение всей толщи слоя начинается лишь после того, как топливо достигнет температуры воспламенения. Процесс в слое заканчивается выжигом шлака. Шлак остается на ручной решетке долгое время, что способствует хорошему выгоранию кокса. Весь необходимый для горения воздух проходит через шлаковый слой, выжигает имеющиеся там горючие и, подогреваясь, способствует улучшению процесса горения выше расположенного слоя топлива. Т. о. горение топлива на ручной решетке протекает в благоприятных условиях, и при правильно подобранном сорте может быть достигнута высокая экономичность. Относительно тепловой работы ручных топок можно сделать следующие выводы. 1) Наиболее равномерно, а значит и экономично, протекает процесс горения у топлив, которые имеют небольшое содержание летучих (антрациты), или же топлив, которые имеют замедленный выход летучих (дрова, торф, бурые угли); однако достижению высокой экономичности у последней группы может препятствовать повышенное содержание внешней влаги, а для бурых углей и золы. 2) Тощие угли как неспекающиеся и растрескивающиеся под влиянием высоких $t°$ и мелкие антрациты сорта АШ можно сжигать без заметной механической неполноты сгорания лишь в том случае, если работа будет протекать с невысокой нагрузкой решетки. С целью увеличить мощность Т. и повысить экономичность процесса горения к названным сортам примешивают 15—25% по весу спекающегося угля. 3) Повышенная спекаемость углей ведет также к ухудшению процесса горения. При сжигании таких топлив требуются частые шуровки, которые влекут за собой прорыв в топку излишнего воздуха; кроме того обслуживание топки значительно усложняется. 4) Применение нижнего вентиляторного дутья крайне желательно; последнее в значительной мере сглаживает вредное влияние поступления воздуха через загрузочные дверки во время очередных загрузок и шуровок топлива. Нижнее дутье дает возможность значительно форсировать Т. При сжигании антрацита нижнее дутье обязательно. В этом случае нужно предусматривать одновременно как вентиляторное, так и паровое дутье, причем необходимо работать до накопления небольшого слоя шлака на паровом дутье, остальное же время—исключительно на вентиляторном.

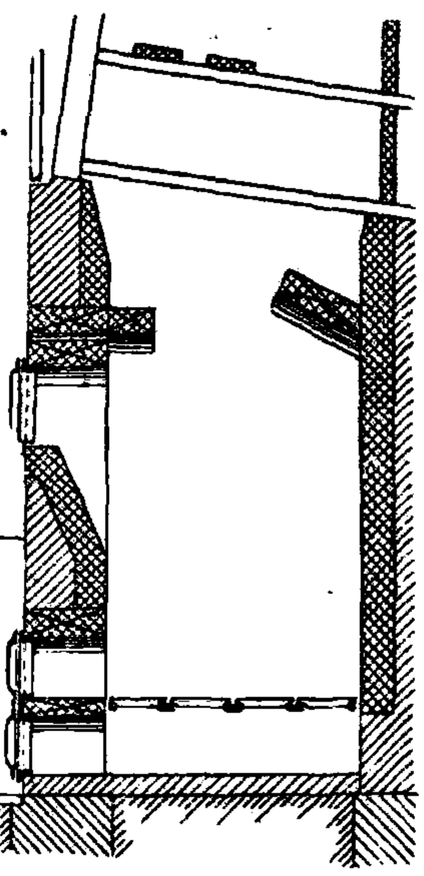
Тепловая характеристика работы ручных Т. Коэф. избытка воздуха в Т. при нормальных нагрузках α_m: а) пламенные угли — 1,35, б) антрациты—1,30. Потеря со шлаком в пределах нормальной нагрузки (700—900 m Cal/$м^2 \cdot ч$) м. б. подсчитана по ф-ле

$$q_4^{шл.} = 0{,}18\, A^c - 0{,}45\%,$$

где A^c—зольность угля на сухую массу в %. Потеря с провалом на современной решетке:

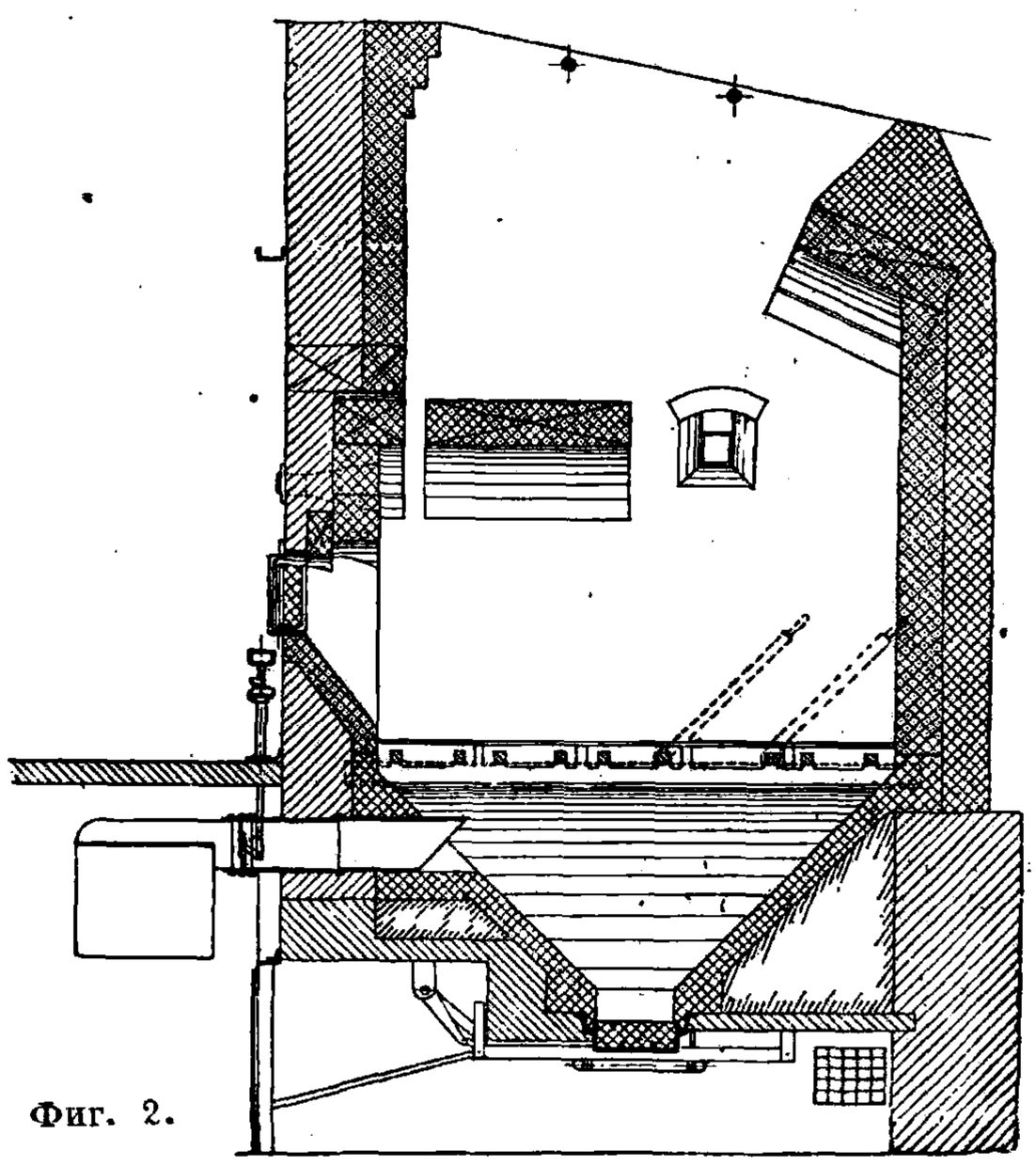
$$q_4^{пр.} = 0{,}5 \div 1{,}5\%$$

(в зависимости от размера топлива и живого сечения). Потеря с уносом при сжигании кускового топлива в правильно рассчитанной Т. не будет превышать 1—3%. Допускаемые напряжения ручных решеток (стационарных) в m Cal/$м^2 \cdot ч$: антрацит кусковой (АК и АП) 800—900 (до 1 000); антрацит мелкий (АМ и АС) 700—850; тощий уголь 600—750; каменные угли 700—900. Бурые угли: 1) многозольные типа мелких сортов подмосковного угля: 650—750; типа крупных сортов подмосковного угля: 750—900; 2) малозольные: 750—900; дрова и торф: 750—1 000. Напряжение объема топочного пространства во избежание заметной неполноты сгорания следует принимать: антрациты 300 m Cal/$м^3 \cdot ч$, угли 225—275 m Cal/$м^3 \cdot ч$. Весьма полезно при сжигании углей с большим и бурным выходом летучих предусмотреть ввод добавочного воздуха поверх горящего слоя с регулировкой последнего по ходу Т.



Фиг. 1.

Конструктивное выполнение. На фиг. 1, 2 и 3 даны типичные схемы современных ручных Т. для дров, подмосковного угля и антрацита. Как видно из приводимых схем, все Т. имеют достаточно развитой объем, в к-ром выделившиеся летучие могут полностью сгореть до соприкосновения с холодной

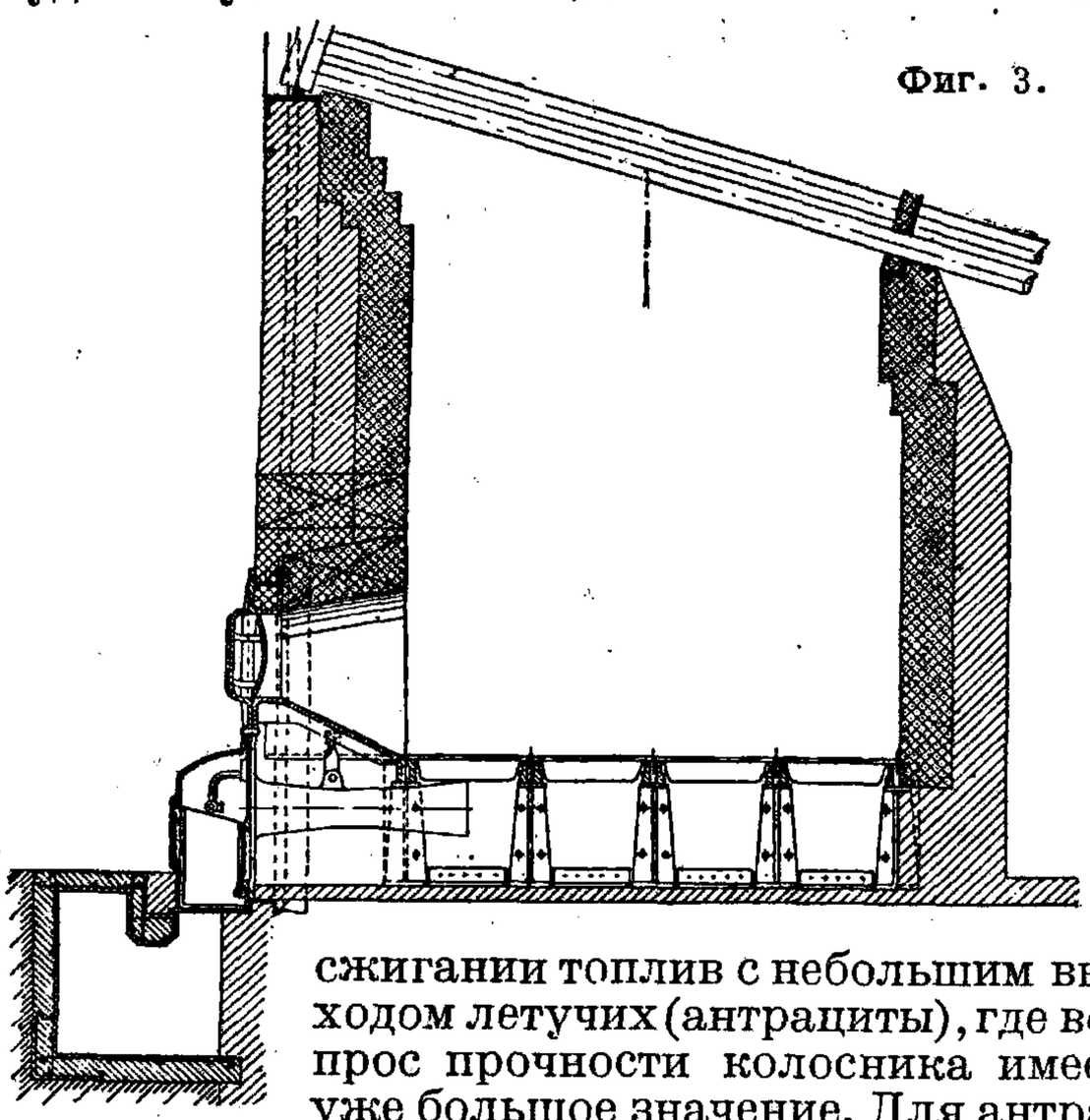


Фиг. 2.

поверхностью нагрева. Т. для влажных дров и мелкого сырого бурого угля снабжаются сводами, назначение которых—повысить $t°$ и улучшить перемешивание продуктов неполного сгорания с излишним воздухом. Эксплоатация котельных, снабженных колосниковыми решетками, показывает, что надежная бесперебойная работа установки в значительной мере зависит от огнестойкости и долговечности колосников. Условия работы колосников у отдельных систем Т. неодинаковы. На ручных решетках при сжигании пламенных топлив колосники находятся в эксплоатации долгое время без значительного ухудшения качеств.

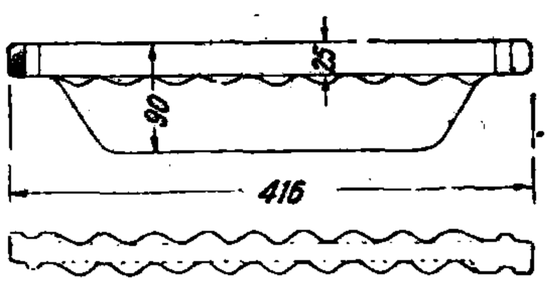
Образовавшаяся при горении шлаковая постель защищает решетку от высоких $t°$ и обеспечивает их длительную работу, особенно на зольных топливах. Современные брусчатые колосники, часто применяемые для пламенных топлив, приведены на фиг. 4. В значительно худших условиях находятся колосники при

Фиг. 3.

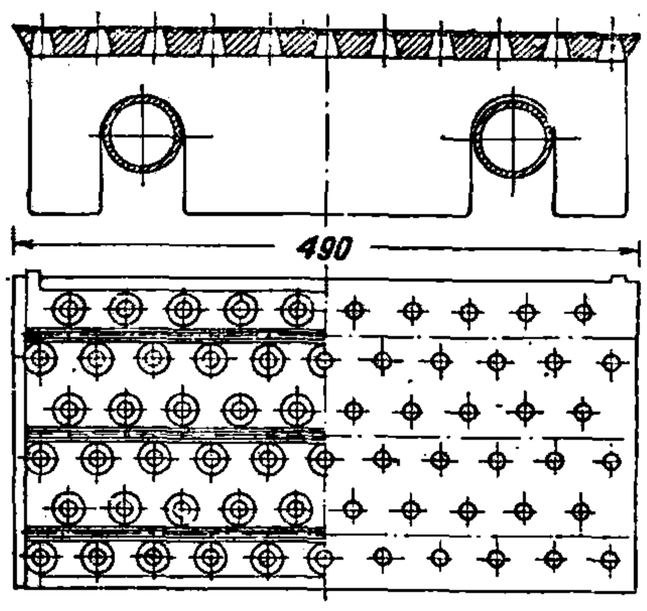


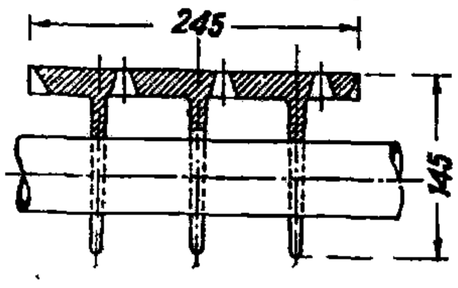
сжигании топлив с небольшим выходом летучих (антрациты), где вопрос прочности колосника имеет уже большое значение. Для антрацита употребляются специальные плитчатые колосники с хорошо развитыми благодаря ребрам поверхностями, отводящими тепло (фиг. 5).

Воздух, необходимый для горения, проходит через круглые или прямоугольные расширяющиеся книзу дыры (фиг. 2). Живое сечение решетки—уголь, антрацит 6—15%; дрова, кусковой торф 25—30%. Обыкновенно одной загрузочной дверкой обслуживаются решетки шириной до 1,2—1,3 *м*; если ширина топки окажется большей, то соответственно ставят 2 или 3 дверки. При широких Т. зольник соответственно д. б. разделен на отдельные секции с самостоятельным подводом дутья. Развивать решетку в длину более 2—2,5 *м* не рекомендуется, т. к. при большей длине весьма трудно равномерно забрасывать топливо и затруднительно чистить решетки от шлака. Высота топочного пространства определяется



Фиг. 4.

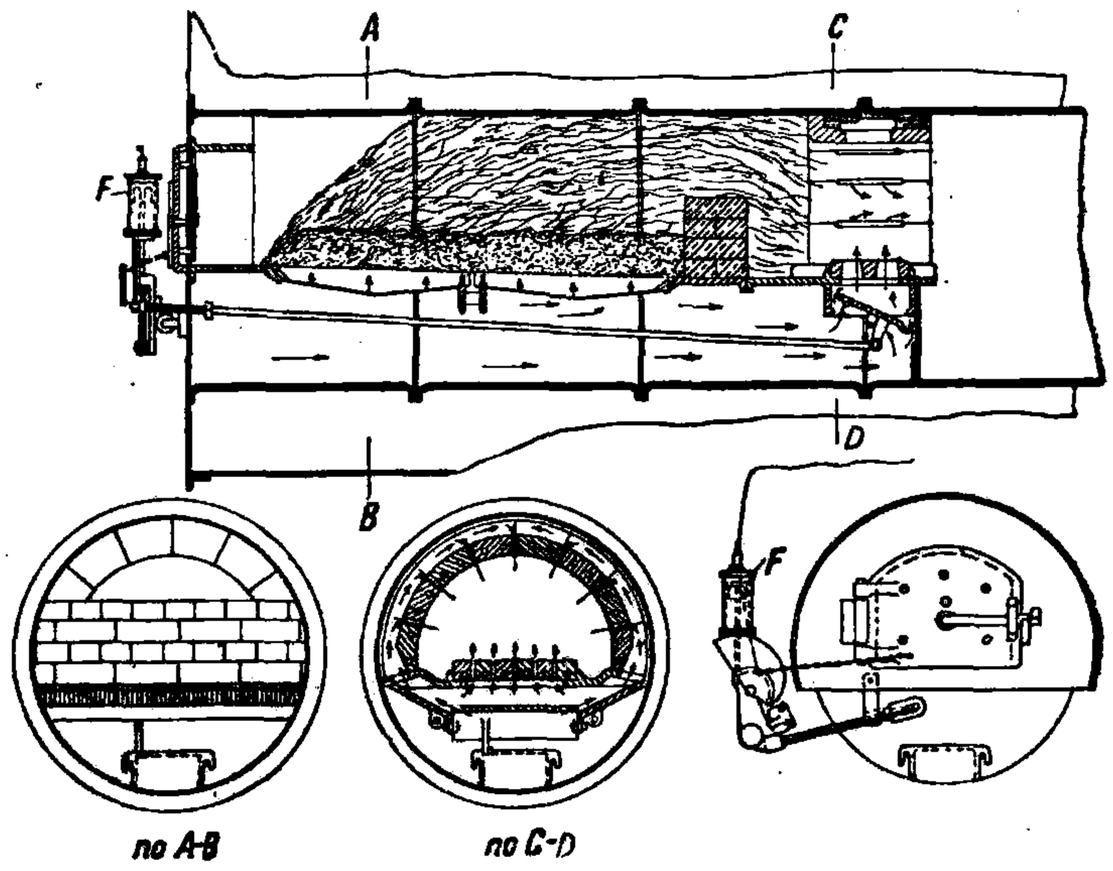




Фиг. 5.

по допускаемым напряжениям объема, однако не д. б. ниже 2 *м*. На фиг. 6 изображена внутренняя Т. жаротрубного котла с вводом добавочного воздуха; количество подводимого воздуха изменяется между очередными закидками специальным катарактом *F*. Нормальной нагрузкой кочегара принято считать 500—600 *кг/ч* угля или антрацита. Ручная топка может обслужить лишь небольшие агрегаты с производительностью, не превышающей 6 000 *кг/ч* (поверхность 200 *м*²).

Полумеханические Т. Тепловая работа. Работа полумеханич. Т. характеризуется тем, что топливо под влиянием собственного веса продвигается вглубь Т., где постепенно сгорает. Образовавшийся в конце решетки шлак удаляется вручную. Для обеспечения непрерывного продвижения топлива подобные конструкции имеют наклонную колосниковую решетку. Процесс горения на полумеханич. Т. значительно отличается от ручной. Здесь устранена неравномерность между закидками; в каждый момент работы Т. можно наблюдать все периоды горения: подсушку, выделение летучих, собственно горение и выжиг шлака. Полумеханич. Т. может устойчиво работать лишь на малозольных влажных топливах. В СССР бурые угли в основном многозольные, поэтому полумеханич. Т. у нас на углях применения

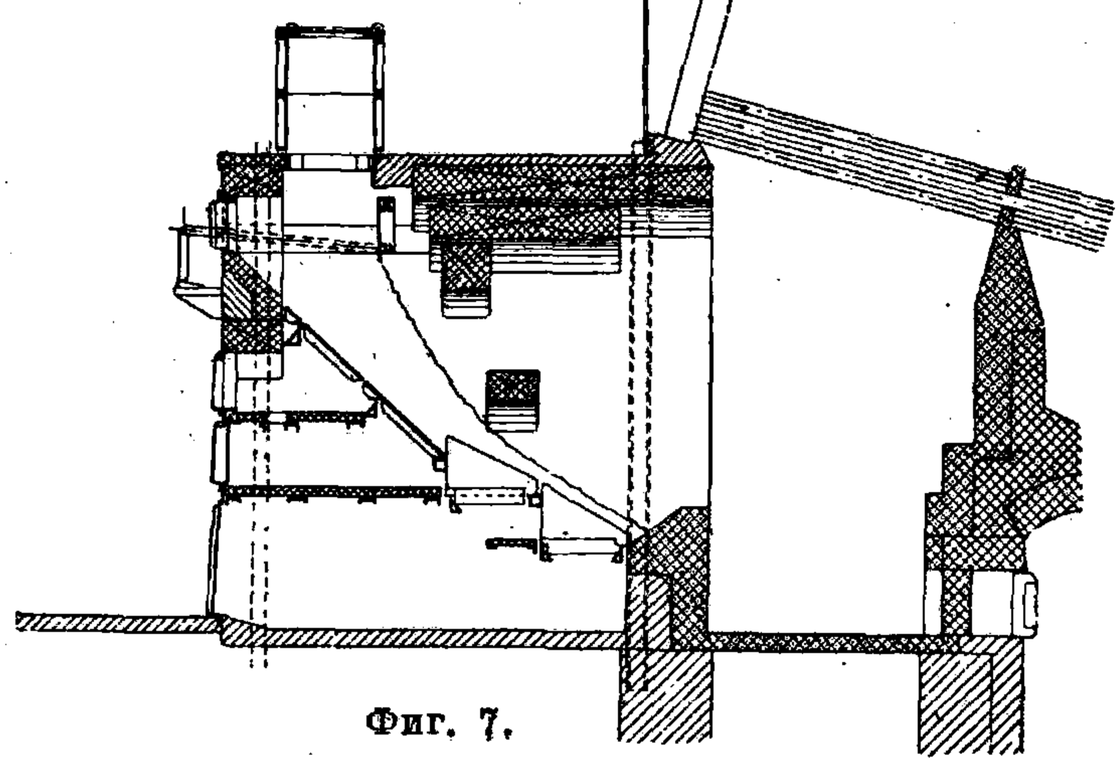


Фиг. 6.

не получили. Широкое распространение имеют подобные конструкции (шахтные Т. для дров и торфа). Шахтные Т., отличаясь простотой устройства, работают на названных топливах при высоких нагрузках вполне экономично. Высокие нагрузки на столь влажном топливе удается поддерживать благодаря значительному подсушивающему эффекту шахтных Т. при сжигании дров и торфа. Процесс подготовки идет под влиянием следующих факторов: 1) прогрева верхнего слоя за счет лучеиспускания раскаленных частей Т. и дальнейшей передачи тепла расположенным ниже слоям топлива; 2) вентиляции воздухом слоя топлива; наибольший эффект дает горячий воздух; 3) действия дымовых газов, получаемых от горения топлива, задерживаемого в уступах шахты. Влияние на подсушку двух последних факторов особенно заметно для дров и торфа, что надо объяснить в основном большим размером отдельных кусков, к-рые при движении в шахте оставляют достаточные промежутки для прохода газа и удаления влаги. Основные тепловые характеристики этих Т. следующие. Коэфициент избытка воздуха в топке 1,20—1,30. Допускаемое напряжение решетки 900 — 1 500 *т* Cal/*м*²·*ч*. Допускаемое напряжение объема топки 300 *т* Cal/*м*³·*ч*. Суммарная потеря от механической неполноты сгорания при нормальной нагрузке—для торфа 1—4%, для дров 0,5—2%. Во избежание дымления шахты разрежение в топке необходимо поддерживать порядка 4—5 *мм* водяного столба. По той же причине дутье сле-

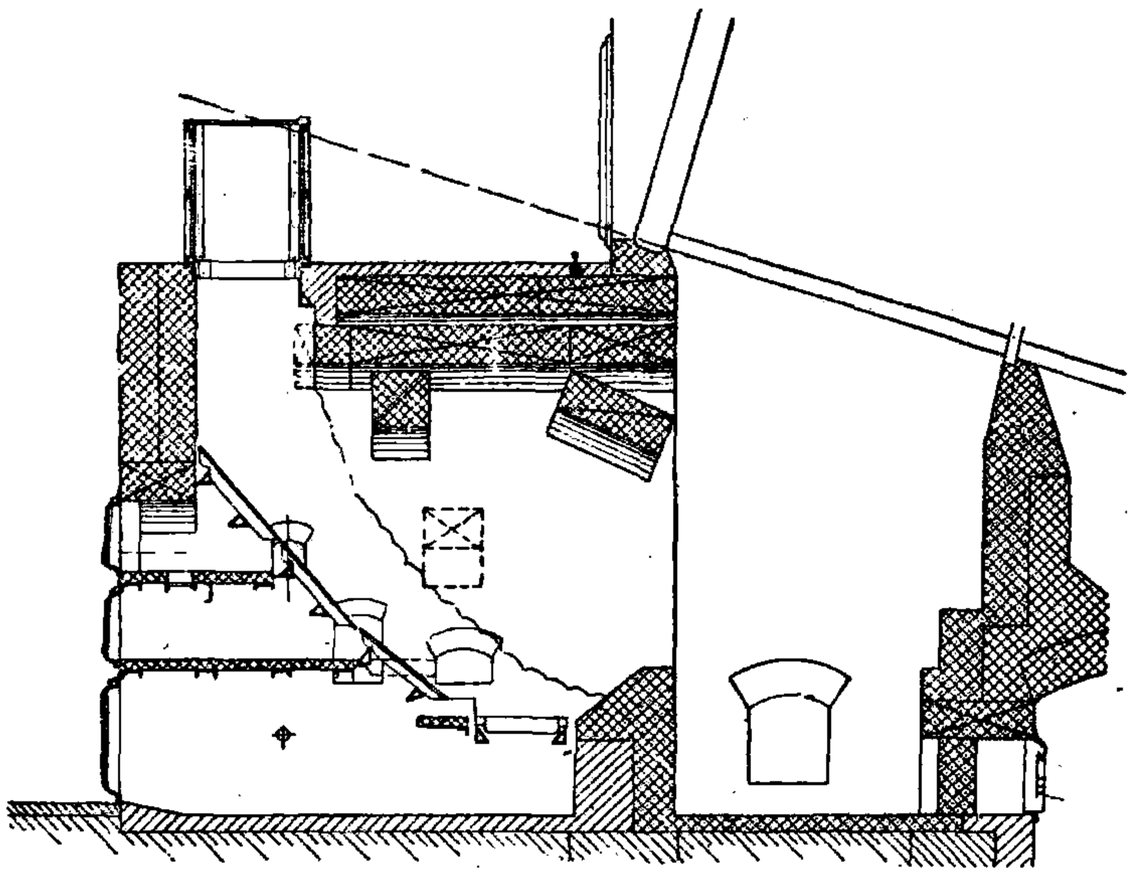
дует подводить лишь в нижнюю часть решетки. Допускается подогрев воздуха до 250° С.

К о н с т р у к т и в н о е в ы п о л н е н и е. На фиг. 7 и 8 приведены шахтные Т. для дров и торфа. Т. имеют: шахту, наклонные колосники (иногда их заменяют небольшими сводами) и в конце горизонтальную решетку. Наклонные колосники изготовляют в



Фиг. 7.

виде отдельных плит и устанавливают под углом ок. 45°. Живое сечение 20—25%. Горизонтальная часть решетки выполняется из обычных брусчатых колосников. Верхняя часть наклонных колосников опирается на чугунные балки, нижняя покоится на пустотелых трубах, обычно охлаждаемых водой. При сжигании торфа с низкой $t°_{пл.}$ золы боковые кирпичные стенки защищаются водяными коробками. Высота горловины шахты делается 0,5—2 *м*, причем объем последней рассчитывается с запасом топлива на 1—1.5 часа при нормальном его расходе. Осуществлять ширину одной шахты более 1,5—



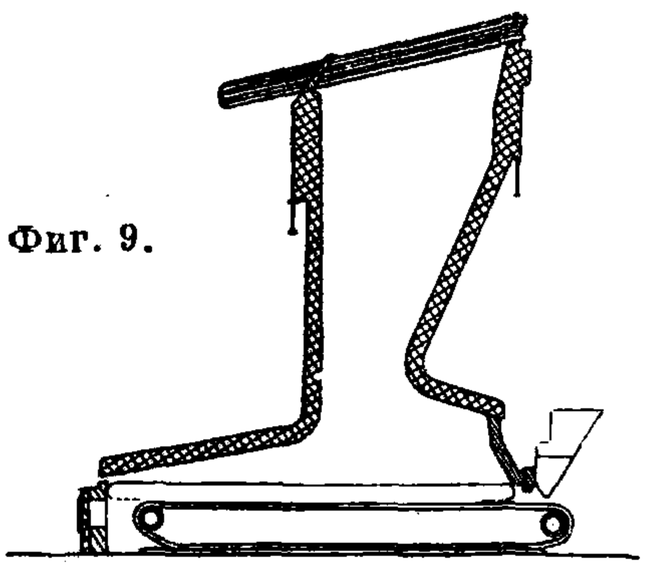
Фиг. 8.

2 *м* не рекомендуется, так как работа перекрывающих сводов становится ненадежной. Под одним котельным агрегатом устанавливают не более двух шахт (с разделительной стенкой); при большем количестве обслуживание крайне затруднительно. Шахта обычно выступает от фронта жаротрубного котла на 3,0—3,2 *м*, других систем 1,2—1,5 *м*. В нормальных шахтах сжигаются топлива с влажностью, не превышающей 45—50%; для особо сырых дров $W^p > 50\%$ применяют шахты с вертикальным зеркалом горения. Нагрузка кочегара на полумеханические топки может быть принята 900—1 300 *кг/ч*. Полумеханические шахтные Т. обслуживают небольшие котлы с поверхностью нагрева до 300 $м^2$, более мощные котельные агрегаты целесообразно снабжать шахтно-цепными торфяными Т.

М е х а н и ч е с к и е Т. Механич. Т. называют такое топочное устройство, где топливо, тем или другим способом поданное на решетку, автоматически, без помощи кочегара, продвигается вглубь Т., сгорает, и полученный шлак также автоматически удаляется с решетки. Современные механические Т. могут быть подразделены на три основных класса: цепные Т., наклонно переталкивающие Т. и Т. с нижней подачей (стокеры).

Ц е п н ы е Т. Т е п л о в а я р а б о т а. Цепная Т. представляет собою бесконечную широкую цепь, медленно перемещающуюся между двумя звездочками или барабанами. Свежее топливо из загрузочного бункера поступает на переднюю часть полотна и далее вместе с цепью продвигается вглубь топки. По мере продвижения происходят подсушка топлива, выделение летучих, горение и выжиг шлака. Все указанные периоды горения (зоны) несколько смещены одна по отношению другой. Подсушка топлива и выжиг шлака на цепи находятся в неблагоприятных условиях. В самом деле, по выходе из-под шибера подсушивается за счет лучеиспускания раскаленной кладки и пламени уже горящего топлива лишь верхний слой, остальная же масса первое время тепла не получает. Лишь после того как верхний слой топлива достаточно прогреется и затем загорится, последний передает тепло слоям, расположенным ниже. Следовательно чем хуже теплопроводность материала, чем больше его влажность, тем дольше длится подсушка топлива. Зона выжига шлака так же, как и подготовительная зона, протекает в весьма неблагоприятных условиях. Если проследить образование шлака, то нетрудно видеть, что последний по мере выгорания горючих веществ образуется сверху горящего слоя, усложняя тем самым выгорание нижних слоев топлива. Т. о. на цепной Т. при прочих равных условиях потеря со шлаком заметно увеличивается при повышении зольности. Чтобы обеспечить высокую экономичность на цепи, топливо должно удовлетворять следующим требованиям: 1) зольность на сухую массу не более 20%; 2) содержание влаги для углей до 25%, для торфа до 45%; 3) отсутствие сильной спекаемости; 4) размер кусков не должен превышать 75 *мм*, содержание мелочи (0—6 *мм*) не более 20—30%; 5) топливо не должно растрескиваться в Т.; 6) $t°$ размягчения золы желательно иметь выше 1 000—1 100°, однако этот вопрос в настоящее время не является выясненным окончательно. Допускаемые напряжения цепных Т. (со шлакоснимателем) $\frac{Q}{R}$ m Cal/$м^2 \cdot ч$: антрацит (АС и АМ) 800; каменные угли (неспекающиеся и слабоспекающиеся) 750—850; малозольные каменные угли (типа прокофьевских Кузбасса) 900; бурые угли (типа челябинского) 800—900; щепа—1 000. Шахтно-цепные Т.: кусковой торф $\frac{Q}{K_{з\ гор.}}$ 2 000. Допускаемое напряжение объема топочного пространства на механич. Т. $\frac{Q}{V} m$ Cal/$м^3 \cdot ч$: топливо с большим и бурным выходом летучих 225—250; топливо с невысоким содержанием летучих, а также и с замедленным выходом 275.

Тепловая характеристика работы цепи при нормальной нагрузке. Коэф. избытка воздуха в Т. 1,20—1,35. Потеря от химической неполноты сгорания на правильно спроектированной Т. не превышает 05,—1,5%. Потеря со шлаком для топлив с содержанием летучих более 30% м. б. подсчитана по ф-ле:



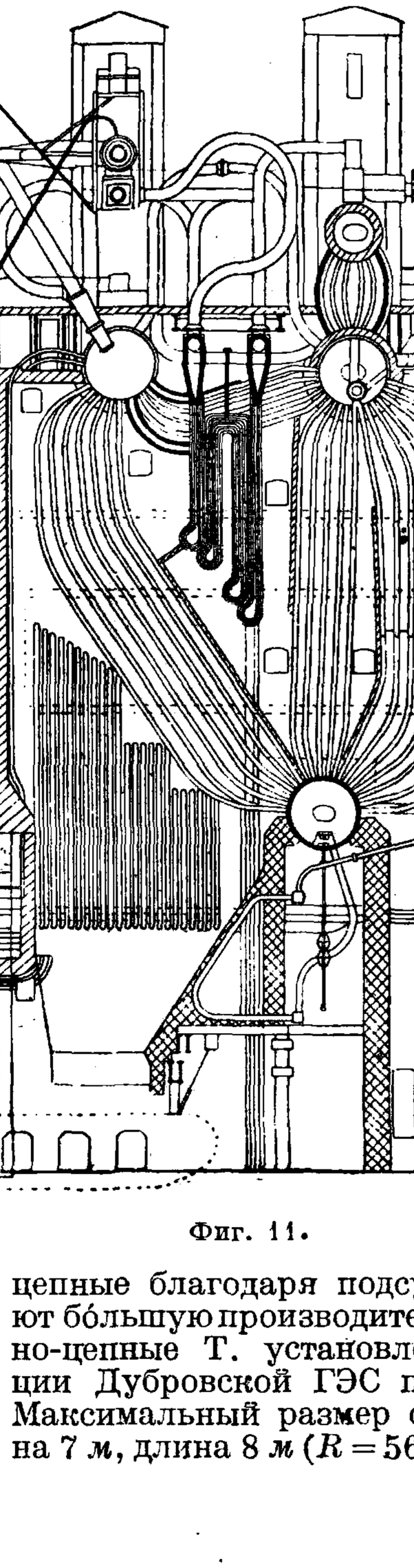
Фиг. 9.

$$q_4^{шл.} = 0{,}185\, A^c.$$

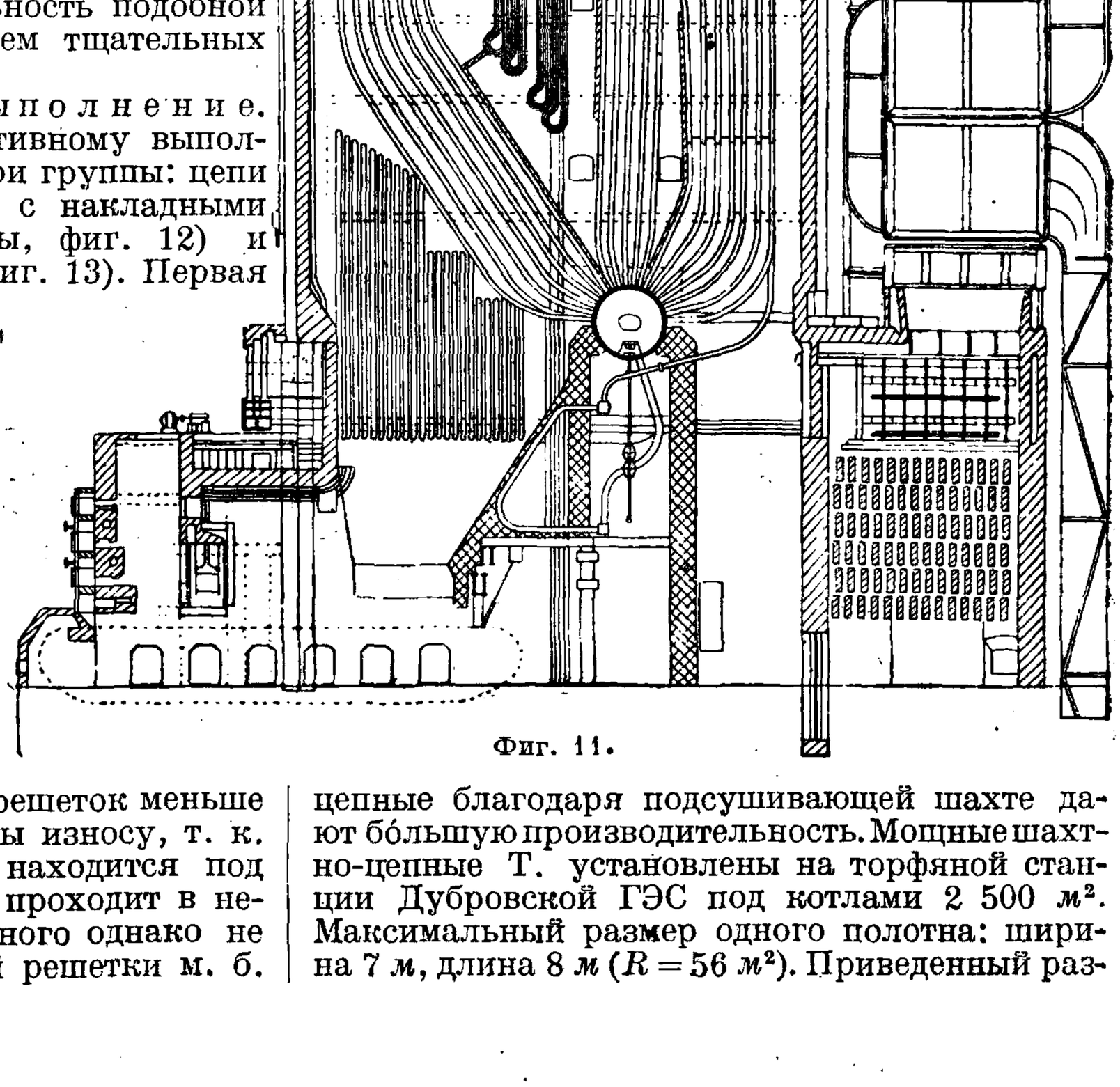
Потеря с провалом на современной механич. Т. невелика (0,5—1%). Потеря с уносом не более 1—3%. С целью повышения экономичности процесса горения следует рекомендовать для всех топлив, за исключением сильно коксующихся, применение горячего дутья. Темп-ра воздуха для цепи м. б. принята ок. 250°.

Обмуровка. Применяют два вида обмуровок: открытую обмуровку и обмуровку со сводами. Современная топочная техника стремится избавиться от сводов, применяя высокие топочные пространства с перекрытиями, покоящимися на экранах. Высокие Т. в известной степени обязаны своим появлением теории Шака о лучеиспускании газового слоя. Возможность применения высоких сводов для всех наших топлив в достаточной степени не выяснена, и ряд сортов очевидно потребует для устойчивого сгорания установку обычных сводов. На фиг. 9 показана цепная Т. со сводами, на фиг. 10—открытая экранированная Т. При сжигании кускового торфа применяют подсушивающие шахты. Шахтно-цепная Т. приведена на фиг. 11. Нек-рые установки цепных решеток за границей комбинируют с сжиганием топлива во взвешенном состоянии, причем дополнительное вдувание пыли или мелочи производят лишь во время максимальной нагрузки. Выяснить рентабельность подобной комбинации можно лишь путем тщательных экономич. подсчетов.

Конструктивное выполнение. Цепные решетки по конструктивному выполнению м. б. подразделены на три группы: цепи со сплошным полотном, цепи с накладными колосниками (сплошные бимсы, фиг. 12) и цепи с разрезными бимсами (фиг. 13). Первая группа Т. показала в эксплоатации неудовлетворительную тепловую работу, поэтому в настоящее время эти конструкции почти не строят. Последние две группы Т. нашли широкое применение в пром-сти. Следует отметить, что широкие цепи с разрезными бимсами имеют перед цепью со сплошными бимсами заметное преимущество, заключающееся в том, что у таких решеток исключается возможность при неравномерном нагреве прогиба бимсов. Колосники цепных решеток меньше других механич. Т. подвержены износу, т. к. только 40% длины решетки находится под топливом, остальная же часть проходит в нерабочем состоянии. Из сказанного однако не следует, что колосники цепной решетки м. б. изготовлены из любого материала, и для долговечной службы цепи необходимо тщательно подбирать состав и форму колосников. Накладной колосник современной цепной топки приведен на фиг. 14 и 15. Современные Т. снабжаются секциональным дутьем; всего чаще встречаются цепи, оборудованные четырьмя зонами. В конце цепной решетки устанавливается шлакоснимателъ или шлаковый подпор. В СССР большинство испытанных цепей оборудовано шлакоснимателями. Опыт с применением подпора — пока весьма небольшой, поэтому нельзя дать точных указаний, на каких сортах эта конструкция окажется вполне приемлема. Можно лишь отметить, что хорошие результаты дал подпор при сжигании кускового торфа. Генераторы для выжига шлака на цепях не применяют. Цепные Т. могут обслуживать котельные агрегаты до 90 *т* пара в час; шахтно-цепные благодаря подсушивающей шахте дают бо́льшую производительность. Мощные шахтно-цепные Т. установлены на торфяной станции Дубровской ГЭС под котлами 2 500 *м*². Максимальный размер одного полотна: ширина 7 *м*, длина 8 *м* ($R = 56$ *м*²). Приведенный раз-



Фиг. 10.

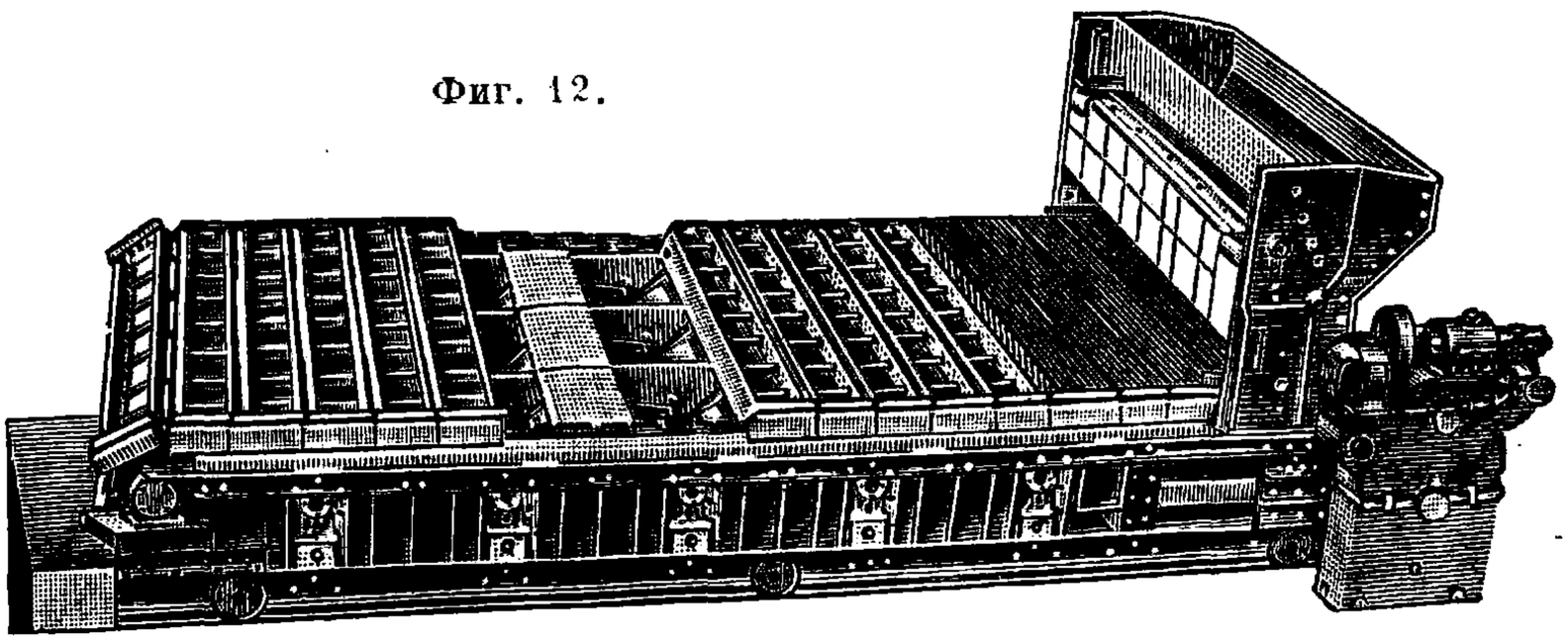


Фиг. 11.

мер однако не является ходовым. Наибольшее распространение получили цепные решетки с размерами 4—5 *м* ширины, 6—7 *м* длины. Обычно под котлы высокой производительности устанавливают по две цепи.

Наклонно переталкивающие Т. Тепловая работа. Наклонно переталкивающая Т. представляет собой решетку, поставленную в большинстве случаев под некоторым углом к горизонту. Перемещение слоя на этой конструкции происходит при помощи толчкообразных движений, создаваемых специальными колосниками. Здесь также наблюдаются все четыре зоны горения, к-рые были отмечены на цепи; однако благодаря толчкообразному перемещению топлива процесс находится

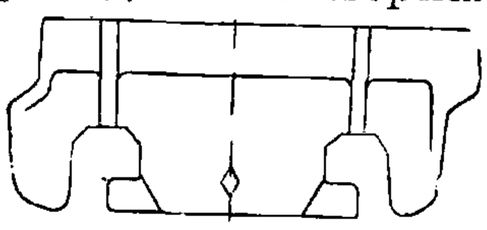
Фиг. 12.



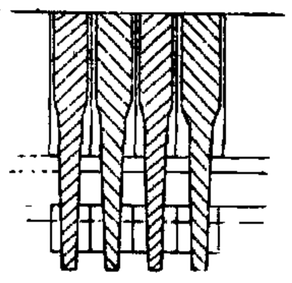
Фиг. 13.



в более благоприятных условиях. Отметим основные особенности горения топлива на наклонно переталкивающей решетке. Из-за непрерывного перемешивания топлива улучшаются условия его подсушки. В этом случае кусочки топлива под влиянием поступательного движения колосников выталкиваются из нижних слоев на поверхность и следовательно получают необходимое для подсушки тепло не только при помощи теплопроводности материала,



Фиг. 14.



Фиг. 15.

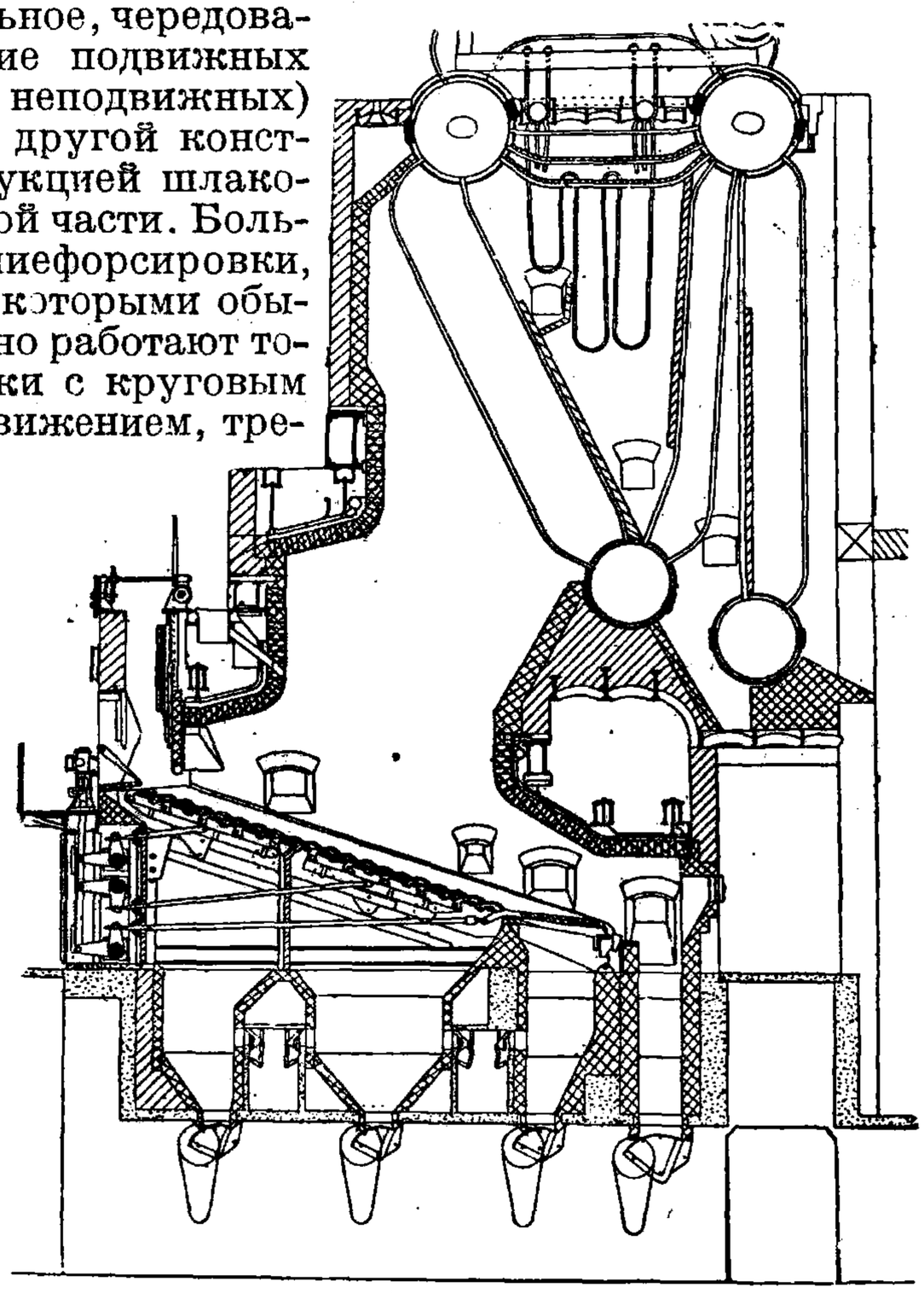
но и непосредственно за счет лучеиспускания раскаленной части Т. Толчкообразное перемещение слоя обеспечивает равномерное и устойчивое горение мелких неспекающихся топлив. Шурующее движение подвижных колосников улучшает выжиг шлака вследствие разрушения золовой оболочки на горящем топливе. Непрерывное движение колосников ослабляет отрицательное влияние полувосстановительной среды слоя на размягчение золы топлива (преимущественно при глубоком шурующем движении колосников). Следовательно наклонно переталкивающая Т. в отличие от цепной может вполне экономично работать на низкосортном влажном и зольном топливе. Обычно топливом для наклонно переталкивающих Т. служат: бурый уголь, сланец, отбросы углемойки (шлам) с содержанием летучих не менее 20—25% на горючую массу. Топливо, имеющее небольшое количество летучих, вызывает быстрый пережог колосников и поэтому как правило не употребляется для решеток разбираемой системы. Наклонно переталкивающие Т. допускают значительно бо́льшую, чем цепи, зольность, к-рая может доходить до 60% на сухую массу. Допускаемая $t°_{пл.}$ для этих топок в настоящее время окончательно не установлена. В Германии на специальных конструкциях наклонно переталкивающих топок (корытообразных) сжигаются вполне экономично очень влажные ($W^p = 50 \div 55\%$) с умеренной зольностью ($A^c = 10 \div 14\%$) бурые угли. Допускаемые напряжения наклонно переталкивающих топок $\frac{Q}{R}$ *m* Cal/*м*²·*ч*: 1) Нормальная наклонно переталкивающая Т.—высокосортный бурый уголь ($W^p \cong 20$; $A^c \cong 12\%$, типа ферганских) 750—850; низкосортный бурый уголь ($W^p \cong 32$; $A^c \cong 31\%$, типа подмосковных МС) 700. 2) Корытообразные наклонно переталкивающие Т.—бурые угли (типа влажных германских, $W^p \cong 50$; $A^c \cong 12\%$) 850. 3) Т. с круговым движением—угольные отбросы ($W^p \cong 15$; $A^c \cong 40\%$) ~ 1 500. Тепловая характеристика работы наклонно переталкивающих Т. при нормальной нагрузке: коэф. избытка воздуха в Т. $\alpha_m = 1{,}20 \div 1{,}30$; потеря со шлаком на нормальную конструкцию наклонно переталкивающей Т.:

$$q_4^{шл.} = 0{,}05\,A^c + 0{,}60;$$

потеря от химич. неполноты сгорания с провалом и уносом—того же порядка, что для цепной Т. Конфигурация обмуровок общая для механических Т.

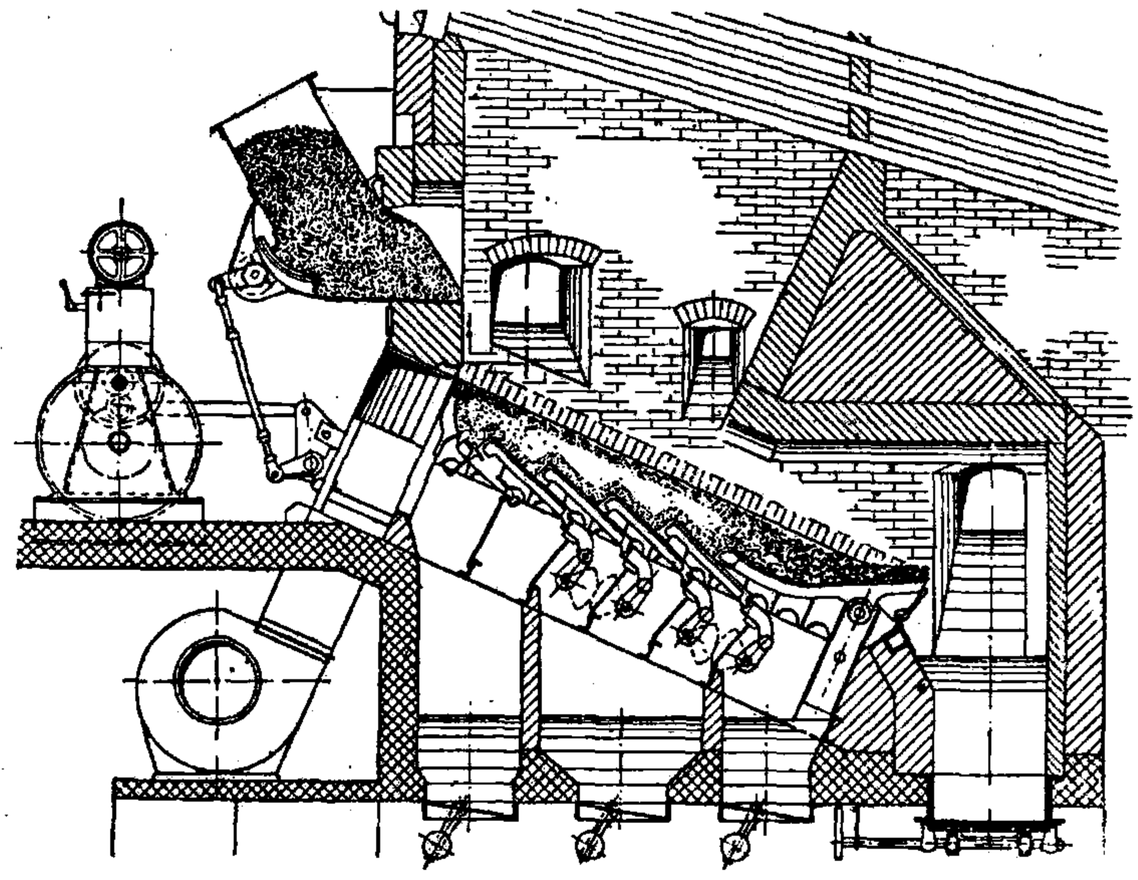
Конструктивное выполнение. Существующие в настоящее время системы наклонно переталкивающих Т. можно подразделить на четыре группы. К первой группе относятся нормальные конструкции типа Зейбот, Штейнмюллер, Бабкок, Каблиц, Плутостокер, РЭТ и др. Наиболее проработанной в конструктивном отношении и достаточно полно изученной на углях СССР является Т. сист. Зейбот. Эта конструкция м. б. принята как исходная при разработке советской нормальной конструкции наклонно переталкивающих Т. На фиг. 16 изображена обмуровка Т. системы Зейбот с высокими сводами. Ко второй группе относятся корытообразные топки (фиг. 17); они обычно бывают снабжены мощными подсушивающими шахтами, благодаря чему эта система бесперебойно работает лишь на топливах с повышенной влажностью при невысоком содержании золы (во избежание шлакования шахты). В СССР подобная конструкция получит ограниченное применение, ибо бурые угли Союза в основном многозольные. Нормальные и корытообразные Т. допускают подогрев воздуха ~200°. В третью группу объединяем Т. с круговым движением топлива. Своеобразное перемещение слоя в совокупности с глубоким шурующим движением обусловливает достижение высоких нагрузок решетки при сжигании низкосортных топлив. На фиг. 18 изображена Т. сист. Мартин. Решетка состоит из по-

движных колосников, наклоненных к фронту котла, и заканчивается большими шлаковыми балками. Угол наклона решетки 24°. Ход колосников 400 *мм*. На фиг. 19 изображена каскадная топка, которая отличается от системы Мартин расположением колосников (горизонтальное, чередование подвижных и неподвижных) и другой конструкцией шлаковой части. Большиефорсировки, с которыми обычно работают топки с круговым движением, тре-



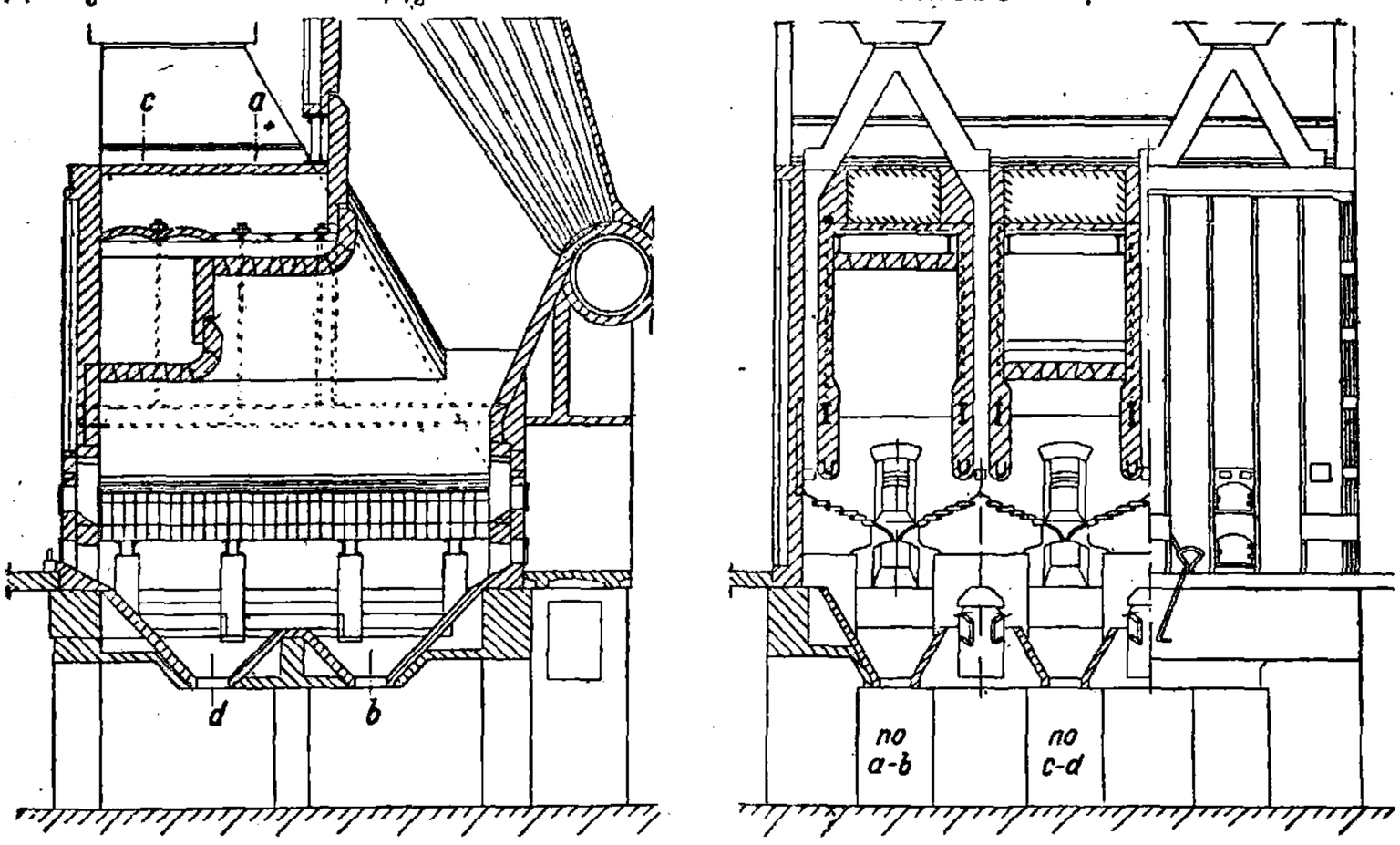
Фиг. 16.

буют применения для колосников специального огнеупорного материала (содержание хрома до 25%), что повышает их стоимость. Топки с круговым движением работают на слабо подогретом воздухе ($t°$ ~70°), однако вопрос о допускаемой $t°$ дутья не является в настоящее время полностью разрешенным. В этом направлении идет опытная проверка. Топки с круговым движением имеют широкие перспективы для распространения в Союзе. Объединенные в четвертую группу оригинальные конструкции (сегментные, гусеничные, террасные и пр.) отличаются своеобразным выполнением, однако не имеют заметного преимущества по сравнению с нормальными системами и поэтому в СССР широкого распространения не получают. Отдельные положительные стороны оригинальных Т. следует учесть при разработке советской конструкции. Наклонно переталкивающая Т. современной конструкции имеет позонное дутье. Применение на разбираемой конструкции шлакового порога или генератора рекомендовано быть не может. При проектировании Т. особое внимание д. б. обращено



Фиг. 18.

на износ колосников, к-рые находятся в весьма тяжелых $t°$-ных условиях. Колосники наклонно переталкивающей решетки подвержены непрерывному воздействию раскаленного слоя. Современная тенденция топочной техники, направленная к созданию Т., работающих с высокими тепловыми нагрузками, еще более повышает актуальность проблемы. Колосник Т. сист. Зейбот нормальной конструкции, весьма удачной по форме, представлен на фиг. 20. Современные наклонно переталкивающие Т. могут обслуживать котельный агрегат мощностью до 90 *m* пара в час. Наибольшее распространение Т. этой системы получили под котлами в 20—40 *m* пара в час. Размеры отдельных решеток колеблются в широких пределах в зависимости от конструкции и сорта сжигаемого топлива. Под котлами большой мощности устанавливаются Т. в четыре полотна.

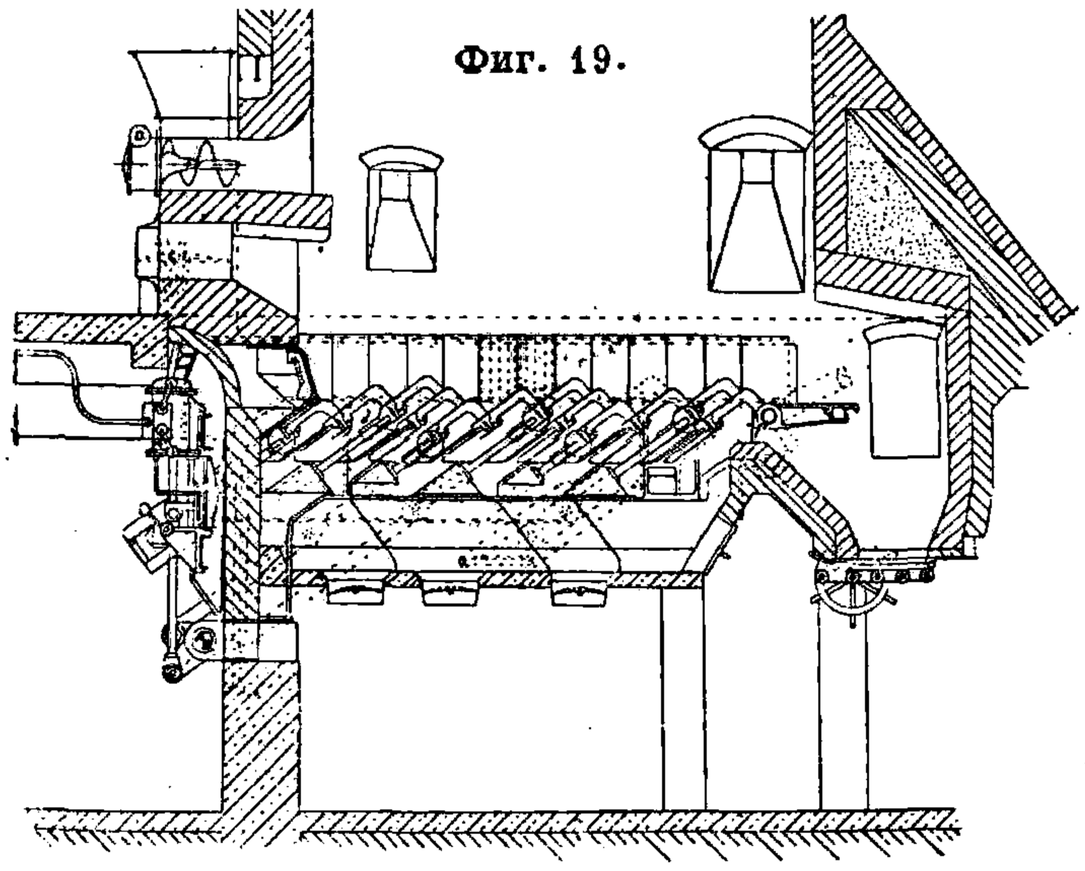


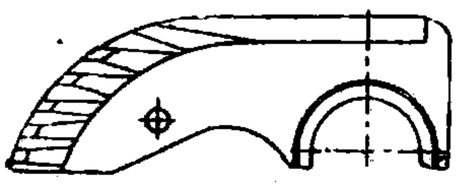
Фиг. 17.

Т. с нижней подачей. На фиг. 21 приведена схема современной Т. с нижней подачей, где схематически показано распределение топлива на решетке Тейлора, причем *1*—поступившее свежее топливо, *2*—зона подсушки и выделения летучих, *3*—зона горения и *4*—зона выжига шлака. Работа ее протекает сл. обр.: уголь из загрузочного бункера попадает на дно реторты, откуда поршнем выталкивается в Т. Выдвинутая указанным образом свежая порция угля попадает вниз под горящее уже топливо, и т. о. осуществляется принцип нижней подачи. Дальнейшее перемещение топлива производится при помощи подвижных горизонтальных и затем наклонных колосников. Движение передается от общего коленчатого вала. Для окончательного догорания предусматриваются либо шлаковые плиты (более ранняя

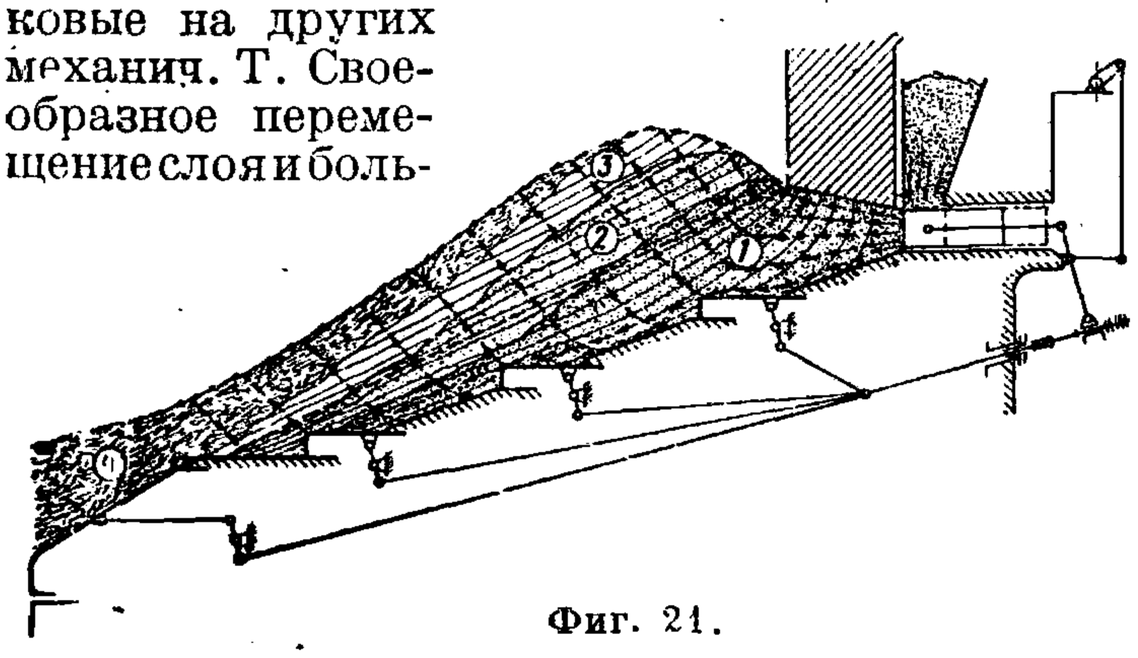
конструкция) либо шлаковый генератор (современная конструкция). Шлаковый генератор представляет шахту, ограниченную с одной стороны вертикальной частью колосниковой решетки, с других сторон—экранированной поверхностью, покрытой плитами. Поддерживают всю толщу слоя генератора два вальца, снабженные чугунными шипами. Удаление шлака производится путем вращения вальцов, к-рые захватывают при помощи указанных шипов массу шлака и сбрасывают его в бункер. Общий вид Т. сист. Тейлор приведен на фиг. 22. Процесс горения, как и на разобранных выше механич. Т., подразделяется на четыре зоны: 1) подсушка, 2) выделение летучих, 3) горение и 4) выжиг шлака; однако распределение отмеченных зон по длине решетки Т. совершенно иное, чем на разобранных системах. В топках с нижней подачей отдельные зоны размещаются в вертикальном направлении, т. е. в нижних слоях начинается процесс подготовки топлива (подсушка и выделение летучих), который заканчивается в верхней части слоя, где происходит горение и выжиг шлака. Благодаря оригинальному протеканию процесса горения, а также работе с большим слоем, где топливо находится под давлением, представляется возможным работать с нагрузками, значительно превышающими таковые на других механич. Т. Своеобразное перемещение слоя и большие нагрузки стокера предъявляют к топливу весьма жесткие требования, а именно: топливо должно иметь выход летучих не менее 15—20%; небольшую спекаемость (подобно донецкому газовому углю); влажность не выше 15%; зольность на сухую массу не более 27% и $t°_{пл.}$ золы не ниже 1 250° (последняя цифра в настоящее время еще не является установленной окончательно). Т. с нижней подачей на углях СССР еще недостаточно изучены для того, чтобы можно было дать законченную характеристику тепловых потерь, однако имеющийся небольшой экспериментальный материал позволяет сделать оценку как отдельных потерь, так и нагрузки решетки для нек-рых сортов топлива. Допускаемые напряжения Т. с нижней подачей: каменный уголь марки Г (Донбасс) 1 500—1 700, угли Кузбасса (спекающиеся) 1 200—1 800, промпродукт Кизеловского угля (с $t°$ размягчения золы 1 300°) 1 500—1 600. Площадь для стокеров берется по горизонтальной проекции без шлаковых колосников или генератора. Коэфициент избытка воздуха в Т. $\alpha_m = 1{,}25 \div 1{,}35$. Потери со шлаком на топках, снабженных шлаковыми колосниками, при нагрузке решетки 1 400—1 500 m Cal/$м^2 \cdot ч$, колебались от 6 до 7%. В Т. с нижней подачей современной конструкции шлаковые плиты заменены генератором. Степень выжига шлака зависит от времени пребывания последнего в генераторе. На фиг. 23 на основании америк. данных приведена отмеченная зависимость. Т. о. на современном стокере с достаточно развитым генератором приведенную потерю со шлаком можно значительно понизить. Потери от химич. неполноты сгорания, с провалом и уносом, не будут превышать со-

Фиг. 19.

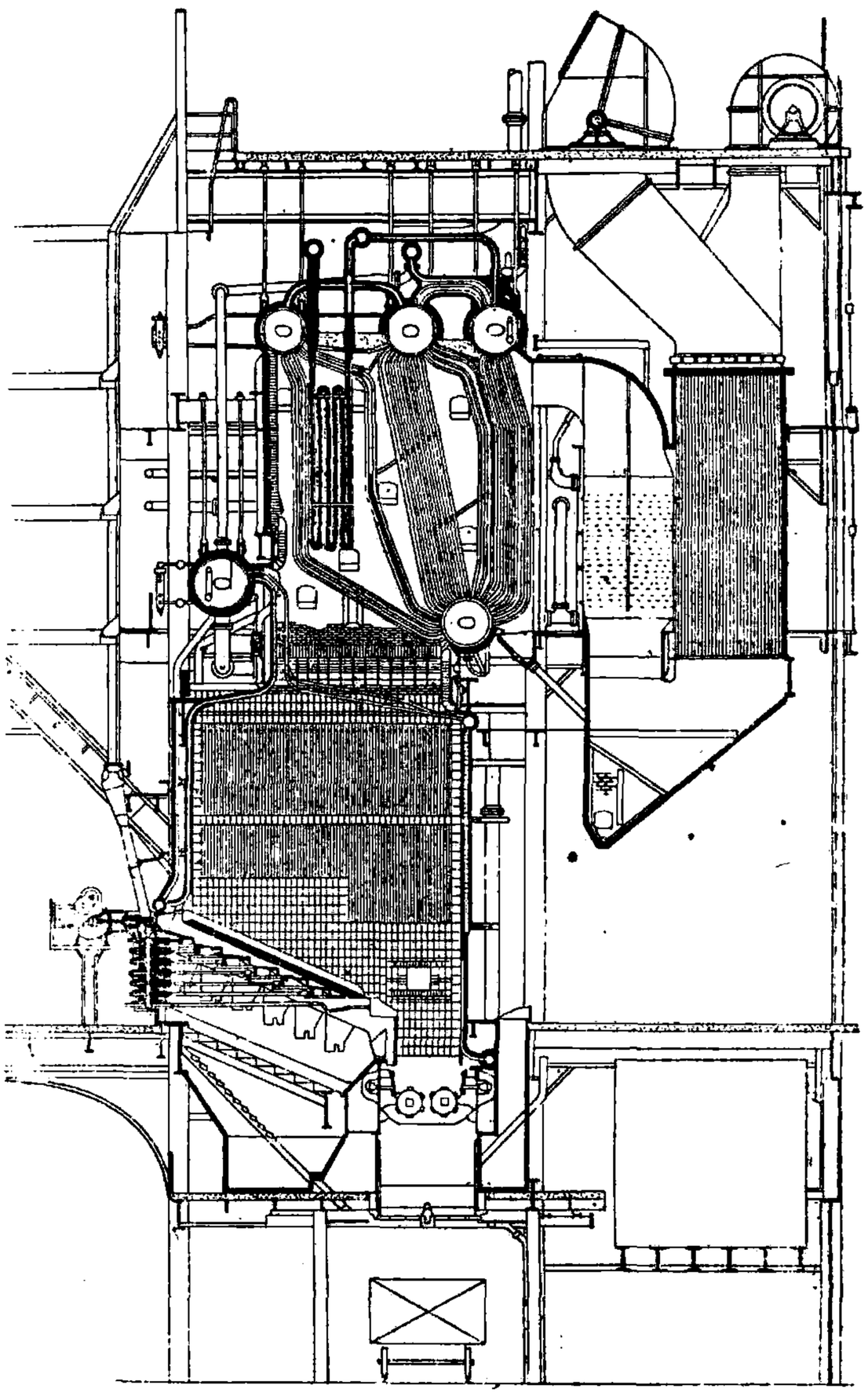




Фиг. 20.



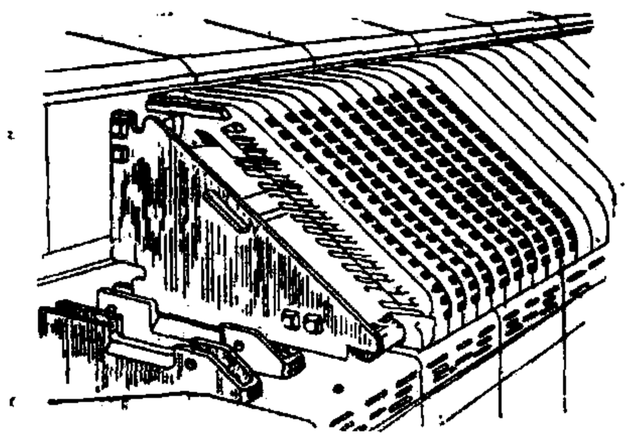
Фиг. 21.



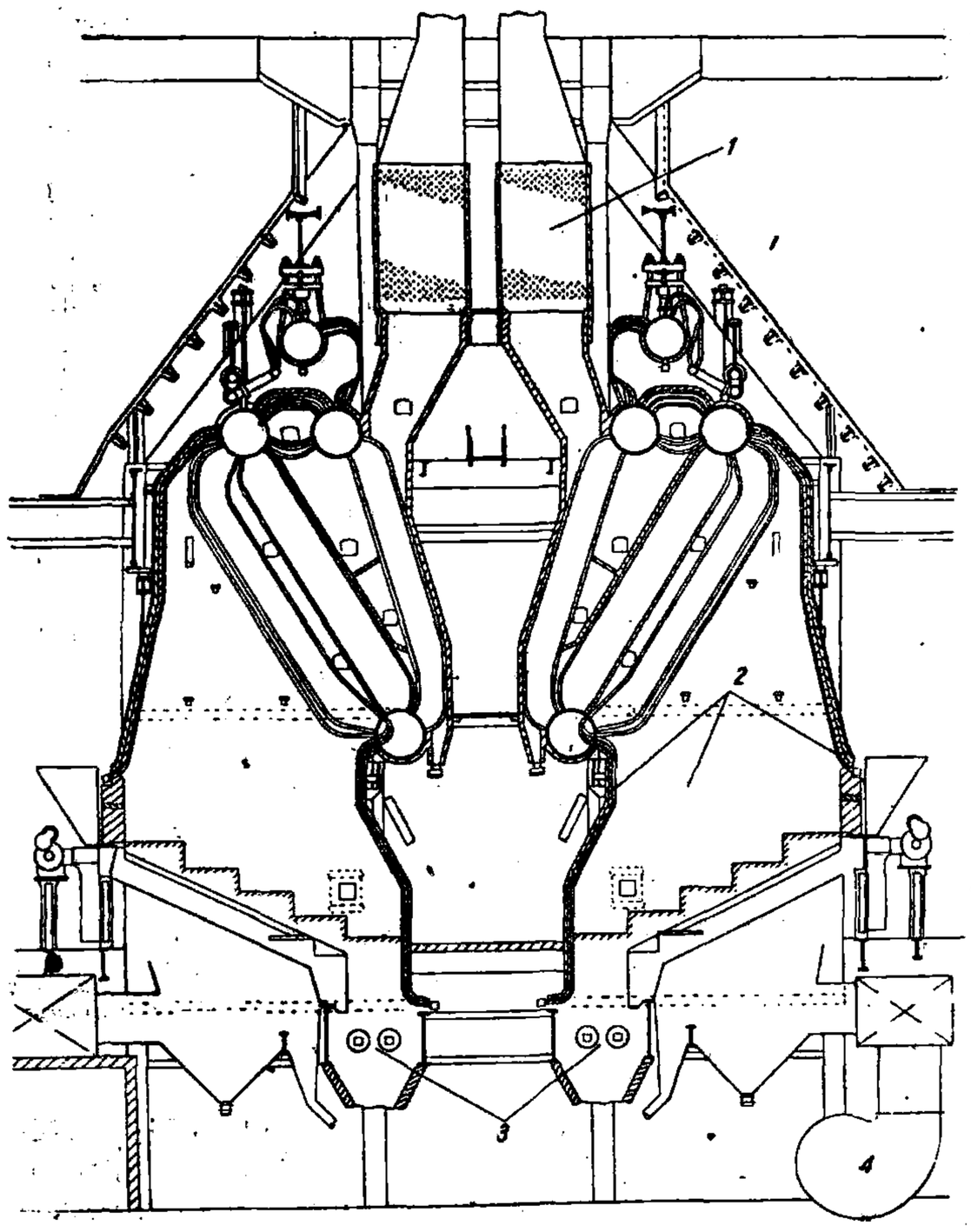
Фиг. 22.

Фиг. 23.

ответствующих потерь на цепной Т. Работающие с большими нагрузками на высококалорийном угле Т. с нижней подачей обмуровываются без сводов, причем кирпичные стенки экранированы. Для повышения экономичности процесса горения предусматривается горячее секционное дутье. Темп-ру подогретого воздуха для стокера можно принять порядка 200°. Выбор формы и материала для Т. с нижней подачей имеет весьма важное значение. Наиболее уязвимыми в смысле пережога являются шлаковые каретки и колосники нижней части сопловых коробок. Поэтому особое внимание д. б. обращено на форму и структуру литья этих деталей. Изображение каретки и соплового колосника для механических Т. помещено на фиг. 24. Помимо стокера сист. Тейлор существуют стокеры несколько иной конструкции, выпускаемые фирмами Рилей, Вестингауз, Фридерик и др., однако принципиальной разницы в работе и конструктивном оформлении этих Т. не наблюдается. Т. с нижней подачей может обслуживать котлы очень большой мощности: в США имеется котельная установка мощностью в 210 *m* пара в час. На фиг. 25 изобра-



Фиг. 24.



Фиг. 25.

жена подобная установка, где *1*—экономайзер, *2*—экранированные поверхности, *3*—вальцы для раздробления шлака, *4*—вентилятор для дутья. Одной из основных предпосылок бесперебойной работы Т., сжигающей топливо в слое, является правильный выбор формы и материала колосников.

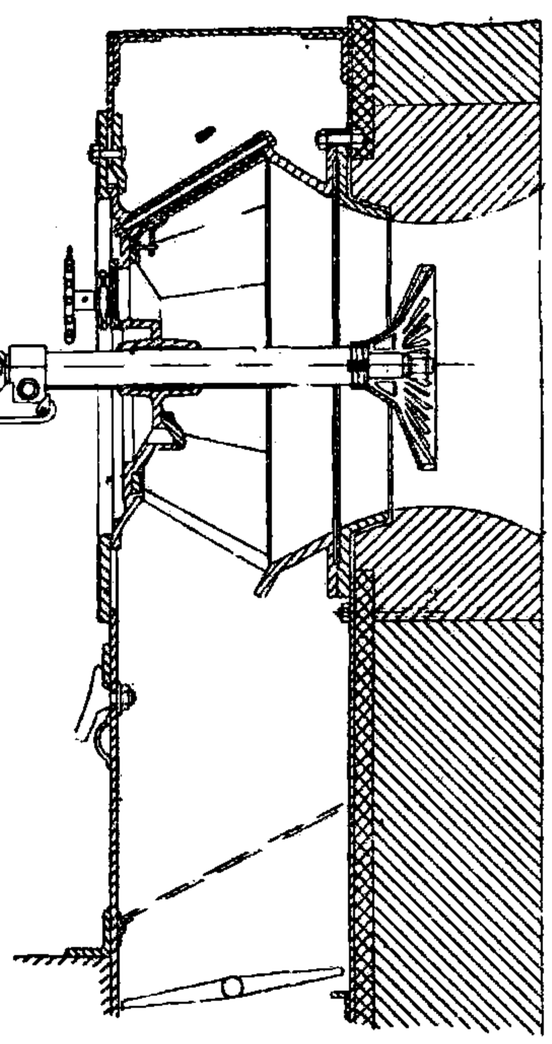
Можно считать практически обоснованными следующие основные требования, предъявляемые к рациональной форме колосников. 1) Небольшой размер отливки. Примерным образцом в этом отношении может служить для цепных решеток колосник Т. сист. Wirth, имеющий длину 265 *мм* и ширину 16 *мм*; для наклонно переталкивающей Т.—колосники Зейбот длиной 430 *мм* и шириной 30 *мм* (фиг. 14 и 20). 2) Наличие достаточно развитых теплоотводящих поверхностей. Колосники современных цепных решеток имеют отношение рабочей поверхности к поверхности охлаждения $^1/_{15}$—$^1/_{20}$; колосники наклонно переталкивающих Т.—$^1/_8$ и более. 3) Хорошая обтекаемость. 4) Правильное распределение живого сечения, предусматривающее равномерный подвод воздуха по отдельным зонам колосников решетки. Выбору надлежащего материала для изготовления колосников до настоящего времени уделялось недостаточно внимания как за границей, так и в СССР. Проведенные исследования работы колосников, выполненных из различных материалов, указывают на отсутствие стандарта чугунного литья для их изготовления. Наиболее правильно принять за основу состав материала, предложенный Германской комиссией по нормам (в %):

C	Si	Mn	P	S
3,5—4,0	1,0—2,0	0,5—0,8	<0,3	<0,08

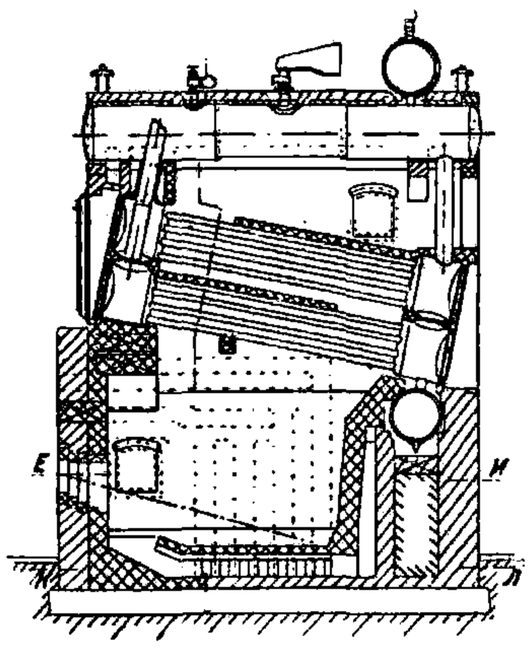
При этом необходимо иметь в виду следующее: а) Фосфор и в особенности сера являются вредными примесями, поэтому содержание их в материале д. б. ничтожным. Фосфор значительно понижает $t°_{пл.}$ чугуна и делает его ломким при высокой $t°$. Сера ослабляет структуру материала и способствует увеличению хрупкости. Наличие серы приводит к излому при красном калении. б) Влияние кремния и марганца в должной мере не изучено, однако по имеющимся опытным данным эти элементы следует применять в минимальном количестве. в) В целях получения более плотной огнестойкой детали углерод д. б. в химически связанном с железом состоянии. Наличие большего количества графита, особенно крупночешуйчатого, ослабляет структуру материала и способствует его быстрому износу. При изготовлении колосников из чугуна, в к-ром углерод химически связан с железом, необходимо соблюдать точные размеры, т. к. обработка последних крайне затруднена. г) Хром повышает огнестойкость колосников, но в виду высокой стоимости применение его м. б. оправдано лишь для специальных Т., работающих с большими нагрузками. д) Никель отрицательно влияет на структуру материала, поэтому применять этот материал нецелесообразно. Уплотнение верхней поверхности колосника специальными веществами (в частности алюминием) должного эффекта пока не дало. Вопрос этот однако заслуживает внимания топкостроительных организаций.

Процесс сжигания жидкого топлива можно разбить на четыре стадии: распыливание, карбюрация (образование горючей смеси), воспламенение и горение. На отдельных участках факела одновременно можно наблюдать испарение, воспламенение и горение. Проведенное опытное и теоретич. исследование указывает, что следует стремиться вести окислительный процесс при низких $t°$, вводя максимальное количество воздуха у устья факела. Подвод необходимого для горения воздуха в середине или к концу процесса недопустим, т. к. образовавшиеся при недостатке воздуха в факеле

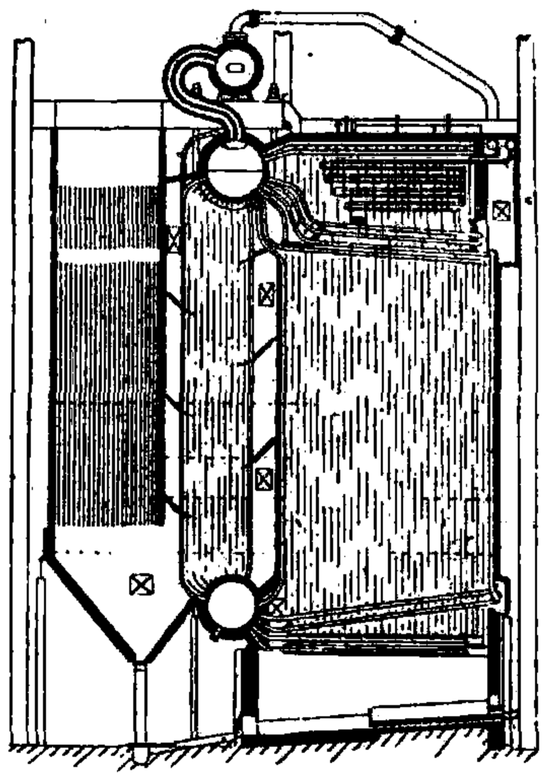
твердые соединения (сажа, кокс) дожечь в дальнейшем чрезвычайно трудно. Т. о. экономичность процесса горения жидкого топлива зависит в значительной степени от способа подвода воздуха. Имеющийся по этому вопросу материал позволяет дать схему рационального подвода воздуха для парового и механич. способа распыливания мазута. Процесс горения при механич. распыливании значительно улучшается при турбулентной подаче воздуха. В этом случае весь воздух, необходимый для горения, следует вводить под давлением (не менее 50 *мм* вод. ст.) через завихривающий(турбулентный) фронт у устья форсунки, защищая корень факела во избежание отрыва розеткой. Подобная установка приведена на фиг. 26. При паровом распыливании в начале факела скорость выходящего мазута чрезвычайно велика, благодаря чему создается хорошая эжекция воздуха. При работе на холодном воздухе не встречается необходимости применения искусственного дутья, при горячем же—целесообразно подводить воздух к Т. под давлением. Сжигая мазут при помощи паровых форсунок, необходимо стремиться, как и при механич. распыливании, весь воздух подавать у корня факела, защищая последний от отрыва розеткой. В случае применения воздушного охлаждения стенок топочной камеры(для небольших установок без экрана) подогретый в каналах воздух следует подводить снизу факела на расстоянии от форсунки не более 200—300 *мм*. Рациональная схема обмуровки под небольшим котлом сист. Шухова приведена на фиг. 27. Напряжение объема Т. не более 250—300 *т* Cal/*м*³·*ч*. Необходимо отметить, что в современных сильно экранированных Т. напряжение можно несколько повысить, как показывает опыт судовых котлов. Коэф. избытка воздуха в Т. при нормальной нагрузке 1,10—1,15. Потеря от химич. неполноты сгорания 0—0,5%. Весьма полезно для повышения экономичности агрегата подавать в Т. воздух с $t°$ до 400°. Т. следует экранировать. Об экранированных колодезных Т. как для мазута, так и для газа и пыли смотри ниже.



Фиг. 26.

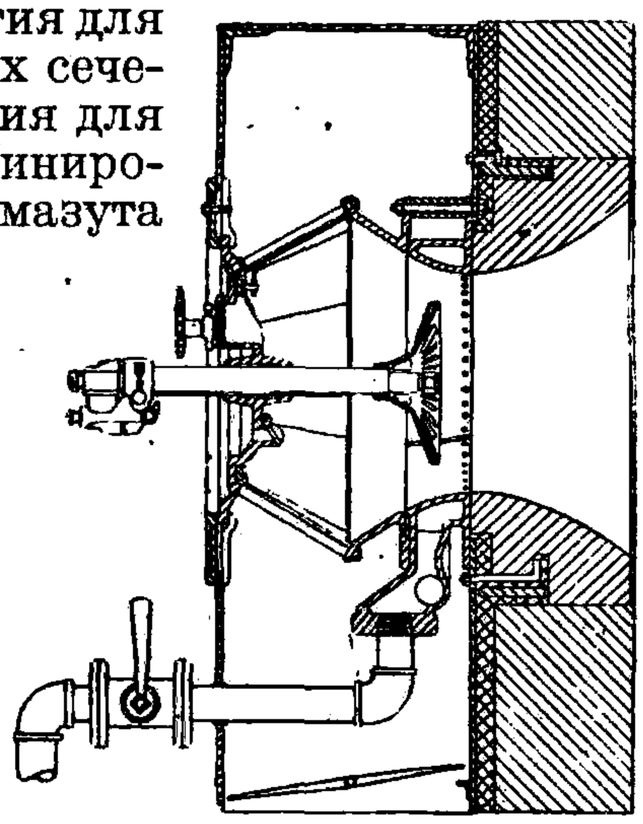


Фиг. 27.



Фиг. 28.

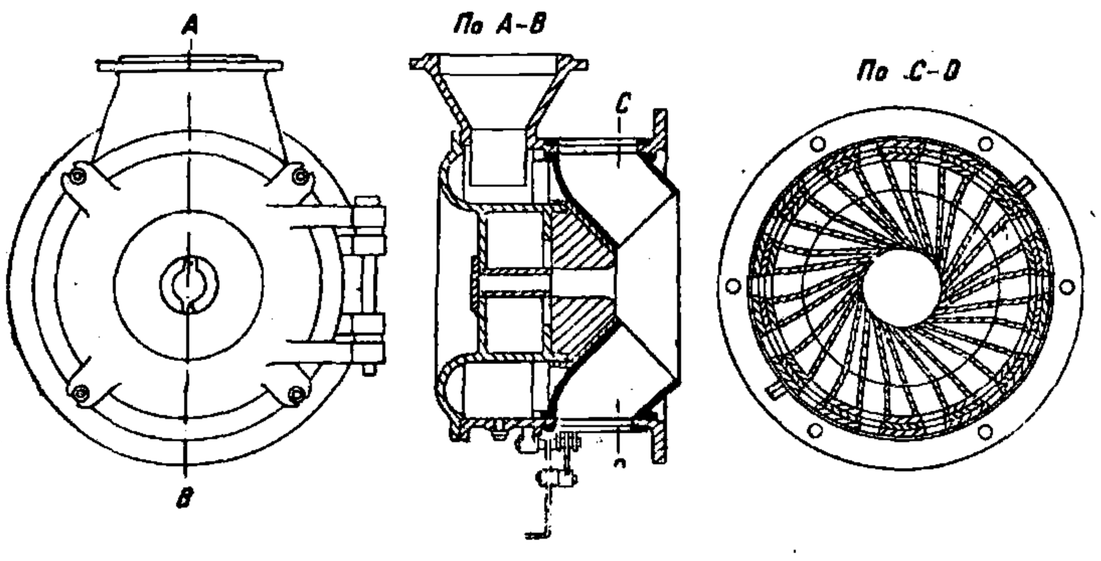
Т. для газа. Газообразное топливо отличается рядом ценных теплотехнич. свойств (возможность полного сгорания в топке, удобство транспортирования и пр.), которые позволяют весьма успешно применять его для отопления паровых котлов. Наибольшей теплотворной способностью обладает естественный газ. Газ вместе с воздухом вводится в топку через специальное устройство—горелку. Всякая правильно спроектированная горелка должна хорошо перемешивать газ с воздухом, создавая при минимальном сопротивлении турбулентный поток газо-воздушной смеси. Горелки для высококалорийных газов благодаря подводу большего количества воздуха, потребного для сжигания (примерно 1 *м*³ газа требует 12 *м*³ воздуха), должны иметь отверстия для воздуха значительных сечений и малые отверстия для прохода газа. Комбинированная горелка для мазута и газа приведена на фиг. 29. Газ проходит через небольшие круглые отверстия горелки, встречается с турбулентным потоком воздуха и, хорошо перемешиваясь, поступает в Т. Тепловая характеристика работы Т. на естественном газе весьма близка к мазутной. Весьма полезно и здесь применять горячий воздух. Высококалорийный естественный газ следует сжигать в экранированной Т. Современная экранированная Т. для мазута, газа и пр. приведена на фиг. 28.



Фиг. 29.

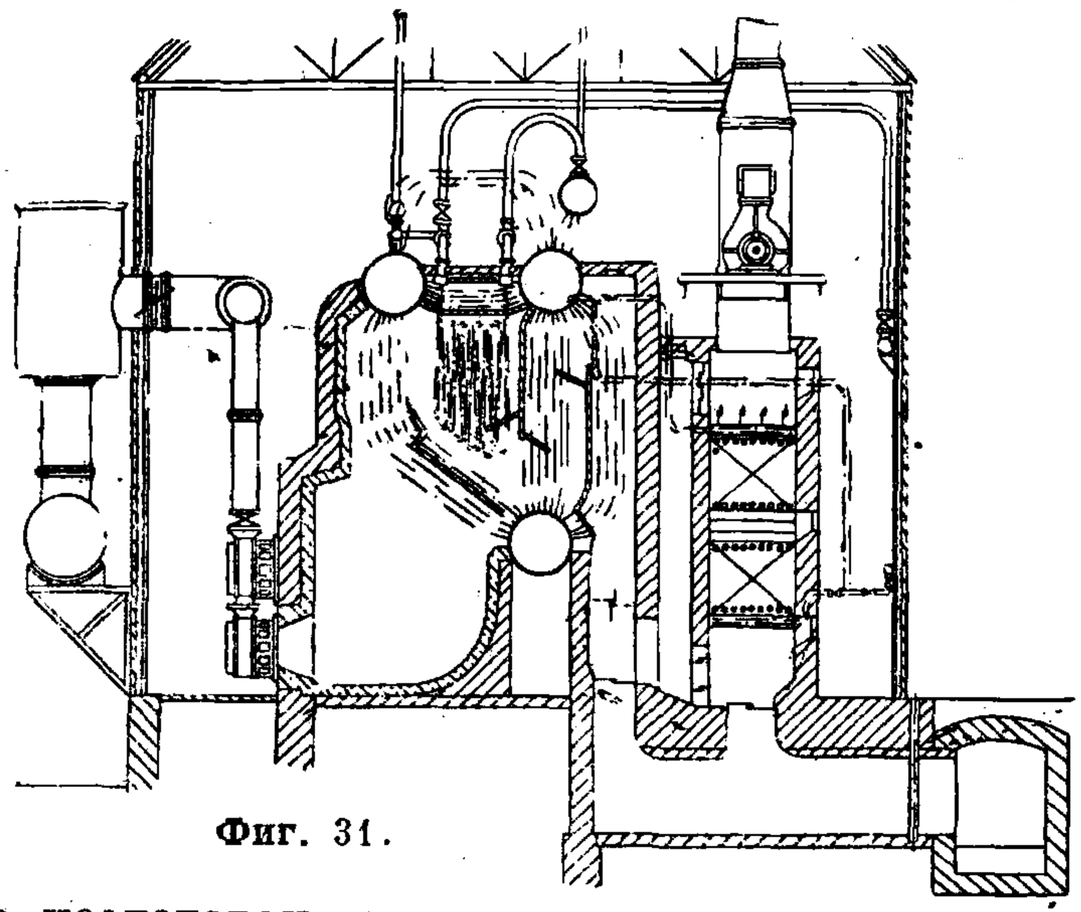
В связи с ростом нашей металлургии весьма актуальным является вопрос рационального использования горючих газов, получаемых в результате ряда технологич. процессов. Для топочной техники наибольший интерес представляет доменный газ, являющийся побочным продуктом доменных печей. Грубо можно считать, что на 1 *т* выплавленного чугуна выходит ок. 3 500—4 000 *м*³ газа. Теплотворная способность доменного газа благодаря большому содержанию N_2 и CO_2 весьма невелика, в среднем м. б. принята ок. 1 000 Cal/*м*³. Доменный газ, не говоря уже о более калорийном коксовом газе, побочном продукте коксовых печей, в первую очередь д. б. применен для технологич. целей (кауперы, томильные колодцы, в смеси с коксовым в мартенах и пр.). Как известно, технологич. производства поглощают большое количество высокосортного топлива (нефть, спекающие угли и пр.), а котельные потребляют обычно низкосортное топливо, поэтому более рационально использовать доменный газ в производстве и лишь излишки газа подавать в котельную. Т. о. котельная установка металлургич. з-да, работая на местном топливе, д. б. снабжена комбинированными Т. для использо-

вания излишков доменного газа. Помимо комбинированных топочных устройств в отдельных случаях (напр. з-д имеет только доменные печи; отсутствуют газгольдеры и пр.) м. б. применены топочные устройства для индивидуального сжигания доменного газа. Доменный газ из печи выходит загрязненным взвешенными частицами руды, кокса и флюса (в зависимости от качества содержание примеси 6—70 *г/м³*). Основные потребители доменного газа требуют тонкой очистки (до 0,01—0,03 *г/м³*); что касается



Фиг. 30.

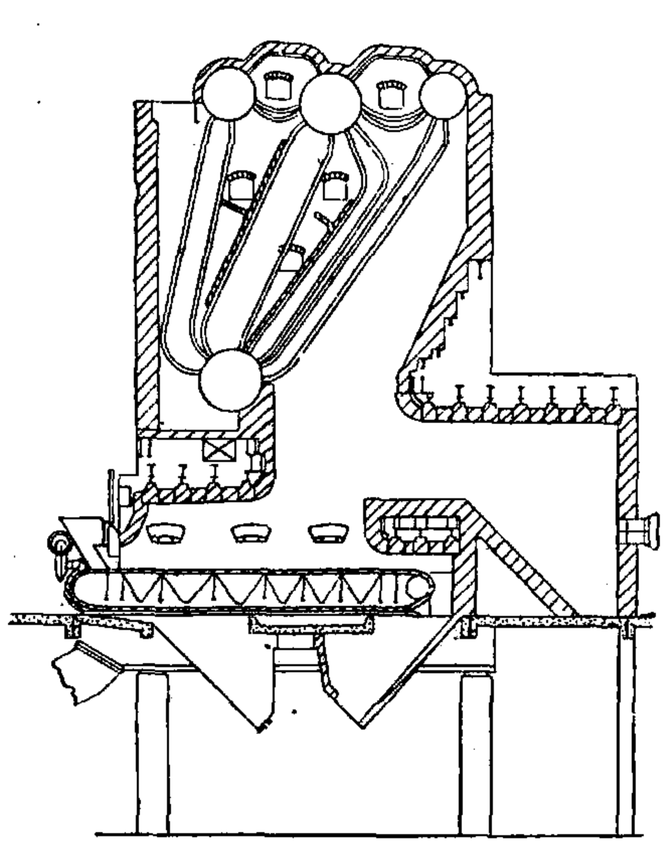
котельных Т., то они могут работать как на очищенном, так и на загрязненном газе, однако сжигание неочищенного газа вызывает ряд трудностей, к-рые усложняют и удорожают котельный агрегат. При работе на неочищенном газе являются необходимыми предварительный точный подсчет топочной камеры с целью выяснения степени экранирования Т. для предупреждения возможного зашлакования первых рядов труб котла ($t°$ размягчения взвешенных частиц ок. 1 140°) и устройство золовых бункеров и подвала (60—80% всех взвешенных частиц задерживается в котельном агрегате). Если принять во внимание, что очистка основной массы газа для технологич. целей обязательна, а также и то, что вопрос шлакования Т. при сжигании загрязненного газа в настоящее время



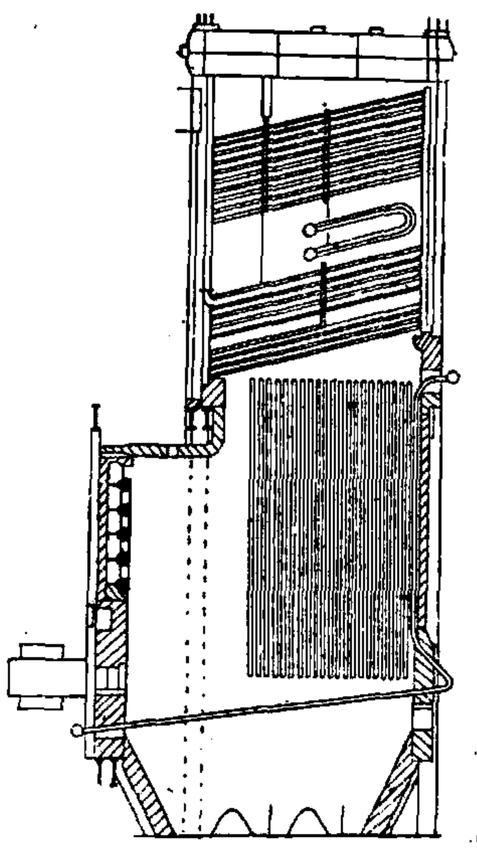
Фиг. 31.

не исследован, то до разрешения последнего вопроса наиболее правильно прибегать к очистке всего газа, потребного как для технологических, так и для энергетич. целей.

Тепловая характеристика Т. для индивидуального сжигания газа. Нормальная нагрузка объема Т. может быть принята в 225 *m* Cal/*м³·ч*. Коэф. избытка воздуха в Т. при указанной нагрузке 1,10—1,15. Потеря от химич. неполноты сгорания в правильно выполненном топочном устройстве (турбулентная горелка, удачная конфигурация, работа с приведенной нагрузкой и пр.) имеет весьма небольшое значение—0—0,5%. Для повышения экономичности процесса горения и удешевления установки следует рекомендовать горячее дутье; $t°$ подогрева ограничивает лишь конструкция подогревателя (ок. 400°). При наличии горячего дутья целесообразно также подогревать и доменный газ; в последнем случае следует обратить особое внимание на конструкцию газоподогревателя, выполняя ее герметичной с целью предупреждения утечки газа. Горячее дутье позволяет экранировать Т. Давление газа перед Т. может быть принято в 40 *мм* вод. ст. На фиг. 30 изображена турбулентная горелка сист. Молль, создающая благодаря завихриванию доменного газа и воздуха хорошее перемешивание. Здесь в отличие от горелки для высокосортного газа предусмотрено значительно большее сечение для прохода воздуха. Т. для небольших котлов, отапливаемых доменным газом, изображена на фиг. 31. На фиг. 32 показана комбинированная Т. для сжигания доменного газа и коксика на цепной решетке. Нагрузка объема топки подобного устройства поддерживается около 225 *m* Cal/*м³·ч*. Экранированная топка под котлом повышенной мощности, работающая на доменном газе и угольной пыли, приведена на фиг. 33.



Фиг. 32.



Фиг. 33.

Лит.: Татищев С., Каганович С., Механические наклонно-переталкивающие топки, Москва, 1933; Ауфгейзер Д., Топливо и его горение, пер. с нем., М.—Л., 1933; Предтеченский А., Из какого чугуна отливать колосники, «Тепло и Сила», М., 1921, *3*; Дворецкий А., Сжигание доменного газа в топках паровых котлов, «ИТИ», 1933, *1—2*; Татищев С., Тепловой баланс котельной установки, Сборник статей по энергетике, М.—Л., 1932; его же, Сжигание ферганских углей на ручной топке, «ИТИ», 1931, *8/67*; Козлинский Г., Отчет о командировке в Германию, там же, 1929, *10/53*; Юденич Г., Топки с нижней подачей, «Тепло и Сила», М., 1930, *12*; Моисеев А., Развитие современной цепной механич. топки, там же, 1931; Применение парафинистых мазутов в котельных установках, «ИТИ», 1927, *2/25*; Pearson H., Dallas Experiences Good Results with Natural Gas as Fuel, «Southern Power Journal», Atlanta, Ga, 1932, *11*; Marcel Steffes, Reihenversuche an einem hochofengasbeheizten Steilrohrkessel mit Feuerungsregler, «Die Wärme», B., 1933, *8*; «Archiv für Wärmewirtschaft», B., 1931, *1, 2, 4, 5, 9, 10*; 1932, *6, 9*; «Ztschr. d. Bayerischen Revisions-Vereins», Mch., 1929, *7, 9, 10*; «Prime Movers Committee a. Furnaces», 1931, *159*; «Braunkohle», Halle a/S., 1930, *14, 45, 47, 48*; 1931, *48, 49*; «Die Wärme», Berlin, 1929, *49*; 1931, *15—19*; «Die Feuerung», Berlin, 1931, *3, 4, 5, 8*.

С. Татищев.

ТОПЛИВО, гл. обр. углеродистые или углеводородистые вещества, сжигаемые с целью получения тепла для производства работы и нагрева; в отдельных случаях эти же вещества служат для осуществления различных технологич. процессов (напр. коксование, в метал-

лургии процесс восстановления) и в качестве сырья в химич. пром-сти. Нек-рые виды Т. используются непосредственно без переработки их, напр. дрова, торф, ископаемые угли, нефть, природный газ; другие же получаются из первых в результате той или иной переработки, облагораживания: древесный уголь, торфяной и каменноугольный коксы, полукокс, брикеты, смола, спирт, генераторный газ и т. д. Первые называются естественными, вторые — искусственными видами Т. Реже применяются продукты химич. реакций, например водород, ацетилен. В виде исключения играют роль Т. сера, при выплавке ее, алюминий в виде термита (см. *Алюминотермия*). Все виды Т. имеют запас энергии гл. обр. за счет энергии солнца (теплоты и света) в результате процесса ассимиляции растениями углекислоты по реакциям:

$$6CO_2 + 6H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2;$$
$$nC_6H_{12}O_6 = (C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O.$$

Несмотря на все разнообразие видов топлива они легко укладываются в классификацию, построенную по двум признакам: агрегатному состоянию и происхождению, как это видно из табл. 1.

Табл. 1.—Классификация топлива.

Естественные виды топлива		Искусственные виды топлива
Твердое	Солома, дрова, торф, бурый, каменный уголь, антрацит, богхед, горючий сланец. Отходы лесной и деревообрабатывающей пром-сти. Суррогаты	Брикеты: древесный, торфяной, каменноугольный, антрацитовый, кизяк. Древесный уголь, полукоксы, коксы—торфяные, каменноугольные, нефтяной.
Жидкое	Нефть	Нефтяные продукты: бензины разных сортов, керосин, пиронафт, мазуты, смолы, бензол, толуол, смоляные масла, метиловый и этиловый спирты и смесь их с бензином. Метанол. Коллоидное топливо. Тетралин и т. д.
Газообразное	Природный газ	Первичный газ. Светильный газ, коксовый, полуводяной, водян., двойн. и тройн. генераторный, смешанный, доменный, карбюрированный, блаугаз, воздушный газ, крекинг-газ. Ацетилен, водород. Ожиженные газы. Остаточный газ после извлечения водорода для синтетич. аммиака и т. д.

Основные свойства. К основным свойствам Т. относятся следующие. 1) Теплотворная способность, измеряемая количеством калорий, выделяющихся при полном сгорании 1 *кг* твердого и жидкого топлива или 1 *м³* газа (см. *Калориметрия*). Различают: а) Теплотворную способность высшую $Q_в$, если сгорание идет до углекислоты и воды условно в жидком виде (при $t°$ 15—20°), б) теплотворную способность по бомбе $Q_б$, где не учитывается теплота образования серной и азотной кислот при калориметрическом определении, и в) низшую $Q_н$ при сгорании до углекислоты и паров воды. Теплотворная способность является основным мерилом качества топлива. Единицей измерения теплотворной способности считается Q условного Т.; равная 7 000 Cal; калорийные эквиваленты Т. при эталоне—условное Т.— приведены в *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 361, 364. О терминах для твердого Т. см. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 349. 2) Испаритель ная способность—то количество *кг* воды при 0°, к-рое может испарить 1 *кг* Т. Ее можно подсчитать, разделив теплотворную способность на 637 (для превращения 1 *кг* воды при 0° в пар при 100° требуется 637 Cal). Эти числа при практич. использовании Т. всегда ниже теоретических, так как сжечь Т. в необходимом (теоретически) количестве воздуха не удается; кроме того часть Т. уносится вместе с продуктами горения (дым), часть тепла теряется через лучеиспускание и теплопроводность. 3) Жаропроизводительная способность (по Менделееву)—наивысшая $t°$ горения Т. при теоретически необходимом количестве воздуха. 4) Воспламеняемость—способность загораться при соприкосновении с пламенем и гореть при удалении источника подогрева. 5) Удельный вес: чем он выше, тем большее количество Т. заключается в единице объема, тем менее места оно занимает при хранении и перевозке. 6) Механическая прочность (на разрыв, истирание и т. д.). 7) Способность изменяться при хранении, связанная с ухудшением качества и потерей или уменьшением напр. спекаемости, с *самовозгораемостью* (см.). 8) Гигроскопичность, т. е. удержание известного количества влаги поверхностным притяжением, причем % ее при обычных условиях атмосферного давления, $t°$ (в среднем 20°) и влажности (50%) является характерным для ряда ископаемых Т. 9) Плавкость золы нек-рых твердых видов Т., к-рая при низкой $t°_{пл.}$ ее может обусловить непригодность высококачественного в других отношениях Т. 10) Спекаемость, т. е. способность ископаемых углей б. или м. спекаться при надлежащем нагреве в одно целое и давать компактный твердый остаток—т. н. «королек». 11) Вспучиваемость, т. е. способность давать этот королек увеличенного объема (по Дамму) при возможности расширения. 12) Коксуемость, т. е. способность давать прочный кокс. 13) Сила вспучивания—то давление, к-рое развивают нек-рые угли при процессе образования кокса. Это свойство определяется чаще по Копперсу. 14) Пластическое состояние углей, наступающее при известной $t°$, т. е. свойство размягчаться, напоминая плавление угля, что имеет большое значение для процесса коксования. 15) Пористость. 16) Реактивная способность и др. Эти свойства играют большую роль при сжигании, коксовании и даже самом исследовании твердых Т.

Свойства Т. находятся в тесной зависимости от химич. состава. Каждое Т. (кроме отдельных газов, напр. H_2, C_2H_2, CH_4) состоит из горючей части и негорючей, или балласта. Последний для большинства Т. состоит из влаги, золы и негорючей серы. В газах балластом являются кислородные негорючие части, азот и кислород. При большом избытке балласта Т. уже не является таковым, напр. углистые колчеданы с содержанием 15—20% углерода. При содержании золы в углях 75% и более последние уже негорючи. Горючая масса каждого вида Т. определяется вычитанием балласта (в %) из общего количества (100%), и

для твердых Т. в состав ее входят C, H, S, O, N (в незначительных количествах присутствуют иногда в углях P, As, Cl), причем горючи только три первых элемента; H, связанный с O, также негорюч. Если из всего количества H вычесть ($H-O/8$), получается т. н. «свободный H»; O является «внутренним» балластом; азот негорюч, но полезен в тех случаях, когда используется для получения ценных азотистых соединений. Сера горюча, но дает вредные продукты сгорания. За вычетом из горючей массы процента колчеданной (сульфидной) серы получают т. н. органическую горючую массу. По элементарному составу Т. разнятся очень сильно, как видно из следующего (в %):

Род топлива	C	H	N+O+S
Клетчатка	41,43	6,22	49,35
Дрова	50,0	6,1	43,9
Торф молодой	54,0	5—6	до 40,0
» старый	58,0		
Бурый уголь	66,0	5,5	28,5
Каменный уголь	81,0	5,0	14,0
Антрацит	95,0	2,5	2,5
Нефть	86,0	13,0	1,0

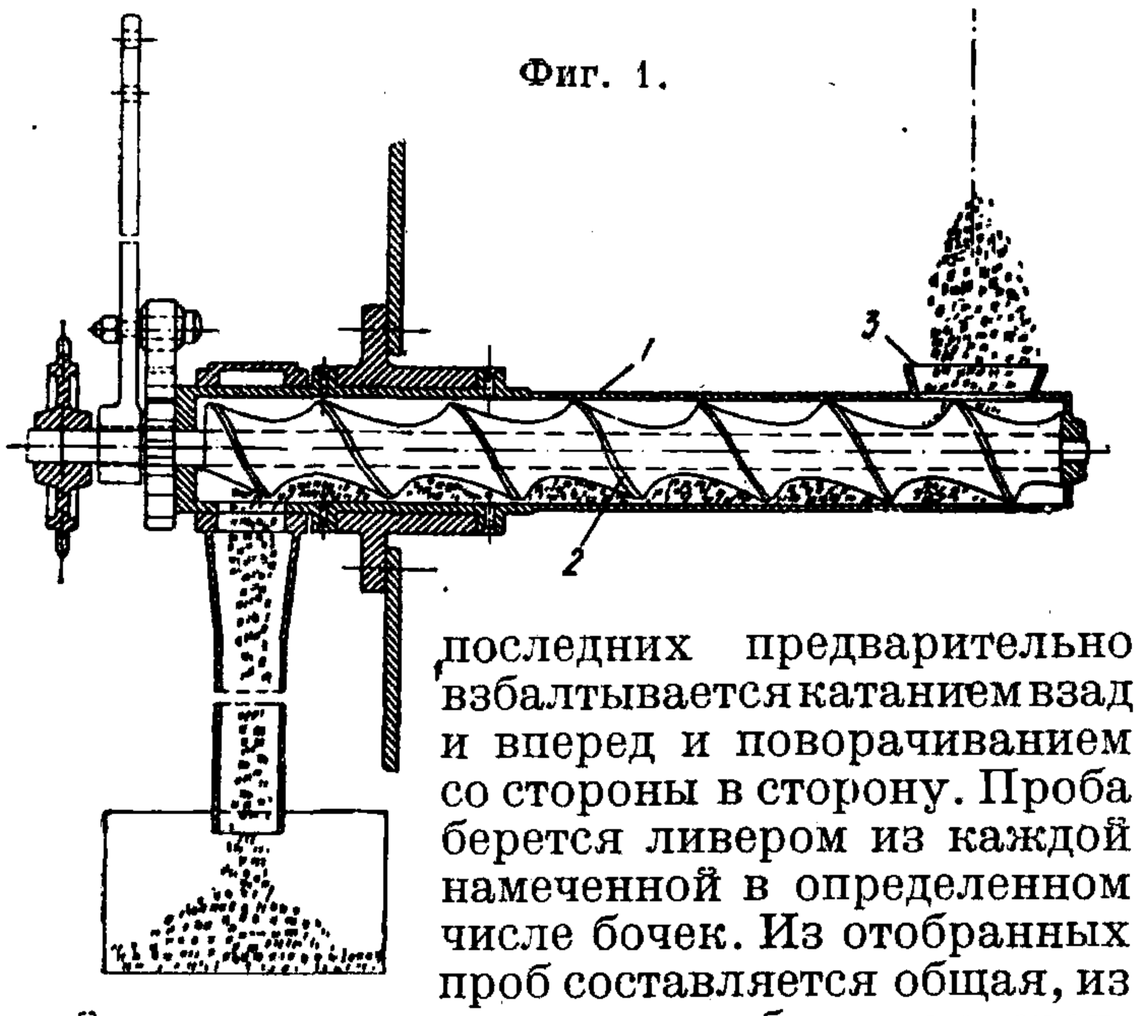
Рабочее Т. (в том виде, как оно применяется при сжигании) содержит известное количество влаги, к-рая слагается из: а) механически примешанной (внешняя $W_{вн.}$), удаляющейся при лежании на воздухе до достижения воздушно-сухого состояния, б) гигроскопич. влаги $W_{гигр.}$, удерживаемой Т. в воздушно-сухом состоянии, т. е. при обычных давлении, $t°$ и влажности воздуха (удаляется лишь искусственным подсушиванием), в) небольшого количества влаги конституционной, напр. связанной с частицами глины в углях или с кристаллами солей, и т. д.; она удаляется только при значительном нагреве. Зола—негорючая минеральная часть A, к-рую правильнее было бы называть остатком при прокаливании, состоит из: а) минеральных частей, входящих в состав Т., б) минеральных примесей, попавших в Т. при его образовании, в) примесей из почвы, кровли и прослойков пластов и г) случайных примесей. Минеральные примеси в Т. состоят гл. обр. из: карбонатов ($CaCO_3$, $MgCO_3$, $FeCO_3$ и др.), сульфатов ($CaSO_4$, Na_2SO_4, $FeSO_4$ и др.), железа в виде окисей и серного колчедана, силикатов с Al_2O_3, MnO, CaO, Na_2O, K_2O, SiO_2, фосфатов, иногда соединений титана, ванадия, поваренной соли (редко в значительном количестве), хлористого магния и др. В золе некоторых древесных пород встречается много K_2CO_3. При озолении минеральные части вступают во взаимодействие, что сильно меняет состав остатка при прокаливании и количество его; для точных определений требуется подсчет количества истинной золы. Насколько значительны расхождения, видно из следующего (по Дольху в %):

Угли	Найден. зола	Истин. зола	Разница
Англ. каменный	21,38	26,22	+ 4,84
Герм. бурый	10,21	13,14	+ 2,93
Баварский бурый	9,68	14,68	+ 5,20
Герм. курной	10,35	6.73	— 3,62

Поэтому все пересчеты на горючую массу данных элементарного состава V, Q и пр. являются в этих случаях заведомо неверными. Летучие вещества (V)—это газы и пары, выделяющиеся при нагревании без доступа воздуха из горючей части. Остающийся твердый остаток, заключающий в себе и всю золу исходного Т., называется *коксом* (см.). Вычитая из него золу, получаем нелетучий беззольный кокс; кокс и летучие выражаются в процентах от веса всего количества. Из полученного процента летучих вычитается процент влаги.

Исследование Т. ведется для различных целей: напр. в спорных случаях при расходящейся оценке арбитражных проб, при решении вопросов, подвергать ли Т. облагораживанию и какому (см. *Каменный уголь*, методика исследования К. у.). Исследования проводятся в лабораторном, иногда и полузаводском и промышленном масштабах. Для исследования отбирается средняя *проба* (см.). В ряде стран имеются для отбора средних проб Т. свои стандартные методы, основанные гл. обр. на экспериментальных и практич. данных. В Англии минимальный размер средней пробы зависит от зольности и крупности Т.; угли разбиты на классы: с 6, 10, 15, 20, 25% золы. При зольности до 15% достигается точность ±1% (от истинной); свыше 15%±1,4%; минимальный вес пробы крупностью в 25 *мм* (при 10% золы) 41 *кг*, в 76 *мм*—102 *кг*, при 20% золы—118 *кг*; при 25% золы и крупности в 25 *мм* вес—168 *кг*; 51 *мм*—336 *кг*; 76 *мм*—430 *кг* и т. д. По технич. условиям СССР (1929 г.) отбор пробы может производиться из штабелей, из погруженных вагонов и во время погрузки последних—лопатами, причем необходимо брать все Т., попадающее на лопату, не отбрасывая крупные куски или породу, согласно выработанной инструкции. Минимальные размеры проб указываются 400 *кг* на каждые 100 *т*, а при Т. неоднородном, явно загрязненном породой, больше, иногда до 1 000 *кг*; при партиях менее 100 *т* проба уменьшается, но она д. б. не менее 200 *кг*. Измельчение производится трамбовкой на чистом деревянном или железном помосте, под крышей, при отсутствии сквозняков; Т. располагается тонким слоем в виде квадрата или круга. Измельчение и отбор проб ведут согласно техническим условиям. По правилам Америк. стандарта измельченная проба пропускается через грохот (25 *мм*), перемешивается на конус, насыпается в длинную кучу; ее делят на 2 части, отбирая уголь у основания кучи, обходя ее кругом; четные лопаты идут в дальнейшую переработку (нечетные отбрасываются), подвергаясь измельчению, грохочению, перемешиванию на конус, пока проба не уменьшится до 100 *кг*. Пересыпав уголь два-три раза с места на место, конич. кучи сплющивают и делят лопатой по двум диаметрам на 4 части, из к-рых две противоположные отбрасываются. При пробах в 50 *кг* и меньше перемешивание ведется на брезенте. Последняя проба в 6 *кг*, измельченная до прохождения через грохот в 1 *мм*, делится на 4 части и рассыпается в банки; получается лабораторная проба, к-рая пересылается для анализа в воздухонепроницаемой укупорке. В СССР для углей и антрацитов вес лабораторных проб (в 2—3 банках) д. б. не менее 3 *кг*, для кокса—4 *кг*. Для определения общего количества влаги, особенно в торфах и бурых углях, отбирается отдельная проба весом до 5 *кг*. Для отбора пластовых проб пользуются специальными инструкциями. Для отбора проб за границей существует много приборов. На фиг. 1 представлен нем. автоматич. прибор для отбора проб шихты. Он состоит из трубы *1* ⌀ 100 *мм*, в к-рой имеется медленно вращающийся шнек *2*; через отверстие *3* с конусообразной воронкой, расположенной посредине угольного потока, поступает неп-

прерывно уголь; в 3 минуты набирается одна проба, падающая в приемник. Отбор нефтяных продуктов из резервуаров, вагонов-цистерн, баржи или нефтеналивного парохода ведется по инструкции Госплана. Из резервуара первая проба берется на расстоянии 0,3 *м* от дна, вторая—0,75 *м*, третья на середине, четвертая на 0,15 *м* от поверхности. Вода, отстоявшаяся на дне резервуара, предварительно спускается. Из цистерны после налива ее отбирается проба с глубины, равной $^1/_2$ слоя Т., и т. д. При доставке жидкого Т. в бочках содержание



Фиг. 1.

последних предварительно взбалтывается катанием взад и вперед и поворачиванием со стороны в сторону. Проба берется ливером из каждой намеченной в определенном числе бочек. Из отобранных проб составляется общая, из к-рой после перемешивания отбирается средняя проба. Проба газообразного Т. отбирается засасыванием помощью аспиратора с насыщенным раствором поваренной соли.

Специальный случай о т б о р а п р о б пылевидного Т. ведется или из неподвижной массы его, напр. из сосудов, вагонеток, бункеров, трюмов (в четырех распределенных равномерно по поперечному разрезу местах берется проба соответствующим прибором—щупом, по возможности до дна хранилища), или из пыли во время ее движения черпаком, или особыми отсасывающими трубками: а) из соединительного или выводного патрубка вблизи места выработки пыли, причем черпак должен по возможности перерезать весь поток пыли, не вызывая падения высоты давления в этот момент более чем на 55 *мм*; б) из трубопроводов и пневматич. установок, хотя это и менее надежно, через патрубок, из к-рого периодически отбирается небольшое количество, причем для устранения влияния давления устраиваются в патрубке две заслонки; в) из трубопроводов от мельниц с дутьем, избегая при этом образования вихрей при введении трубки для отбора (диам. не больше 10 *мм*), причем пробу надо отсасывать из многих мест; г) или же во время наполнения и опорожнения резервуаров. Вес пробы по германскому стандарту 0,01—0,005%, но не менее 1 *кг*.

П о д г о т о в к а п р о б и а н а л и з. Полученную пробу твердого Т. необходимо привести к в о з д у ш н о-с у х о м у с о с т о я н и ю подсушкой при комнатной $t°$ и во всяком случае (как требуется технич. условиями на поставку углей) при $t°$ не свыше 30°. Специальную среднюю пробу на влагу подсушивают при $t°$ не свыше 50°. Если проба достаточно сухая, то ее измельчают в ступке или специальной мельнице до размера зерен, проходящих сквозь сито, имеющее 100 отверстий на *см*^{2}, перемешивают, уменьшают, отбирая из ряда квадратиков, расположенных на поверхности порошка угля, ложкой во всю глубину слоя, примерно порций 200—300, которые после измельчения и пропуска через сито с 500 отверстиями (часто и 900) на *см*^{2} и перемешивания составляют а н а л и т и ч е с к у ю п р о б у. Для измельчения применяют чаще всего дисковые мельницы типа «Эксцельсиор». На швейцарской испытательной станции по топливу грубое измельчение производится на одной мельнице, более совершенное—на другой (сист. Пежо) и окончательное растирание и перемешивание—на вальцах. В лаборатории Берлинского газового з-да измельчение пробы на быстроходной мельнице, вместе с продувкой пылесосом, занимает 10 мин.; в ВТИ применяется типовая мельница, а также и шаровая, к-рая дает и более тонкое измельчение и перемешивание. После мельниц (кроме шаровых) перемешивание обязательно.

О п р е д е л е н и е с о с т а в а. Технич. анализ, т. е. определение общего состава—золы, влаги, летучих (см. *Каменный уголь*, м е т о д и к а и с с л е д о в а н и я к а м е н н о г о у г л я) с качественной характеристикой коксового королька, иногда общей серы и калориметрич. определения Q, ведется по инструкциям госплановских технич. условий на поставку углей.

1. При анализе горючих сланцев, при точных определениях ископаемых углей необходимо учитывать содержание карбонатов, разновидностей S (а также P, As). Определение элементарного состава ведется обычным методом органич. анализа. О п р е д е л е н и е т е п л о т в о р н о й с п о с о б н о с т и Q Т. можно вести или н е п р я м ы м п у т е м помощью формул, основанных на результатах определения общего состава, а также основанных на данных элементарного состава, или п р я м ы м п у т е м с ж и г а н и я в калориметрич. бомбах: а) в сдавленном кислороде, б) в калориметрах без давления, в) в калориметрах без подведения кислорода. Для определения Q предложено много ф-л, важнейшие из которых следующие.

Формула Дюлонга:

$$Q_в = \frac{8\,140 + 34\,200\,(H - O/8) + 2\,500\,S}{100}. \qquad (1)$$

Если ввести поправку на теплоту испарения воды, как имевшейся в Т., так и образовавшейся из водорода его, т. е. приблизиться к тем условиям, в каких получается теплота от Т. при сжигании его на практике (причем для большей сравнимости результатов условно допускают, что дымовые газы охлаждаются до 20°, но пары воды не переходят в жидкое состояние), то ф-ла Дюлонга будет иметь такой вид:

$$Q_н = 81{,}40\,C + 288{,}00\,(H - O/8) + 25{,}00\,S - 6{,}00\,W, \qquad (2)$$

где C, H, S—процентное содержание C, H, S в сыром Т. Ф-ла Союза герм. инженеров имеет почти такой же вид:

$$Q_н = 81{,}00\,C + 290{,}00\,(H - O/8) + 25{,}00\,S - 6{,}00\,W. \qquad (3)$$

Формула Швакгёфера:

$$Q_н = 80{,}8\,C + 344{,}62\,(H - O/8) - 6{,}37\,(W + H/12). \qquad (4)$$

Имеются также ф-лы Ленобля, Юптнера, Гуталя, Керля, Феррини, Ставровского, Коновалова, Вондрачека и др. Большим распро-

странением пользовалась долгое время у нас ф-ла Менделеева, к-рая имеет такой вид:

$$Q_в = 81\,C + 300\,H - 26\,(O - S). \quad (5)$$

Ф-ла Ланта:

$$Q_н = 81{,}37\left(C - \frac{3}{16}\,O\right) + 342{,}2\left(H - \frac{O}{16}\right) + 25\,S - 6{,}35\,W + 9\,H. \quad (6)$$

Ф-ла Штейера:

$$Q_н = 81\,(C - 3/8\,O) + 57 \cdot 3/8 \cdot O + 345\,(H - O/16) + 25\,S - 6\,(W + 9\,H). \quad (7)$$

Ф-ла Парра для определения Q с введением поправок на золу:

$$Q_в^i = \frac{Q_в^a \cdot 100}{100 - (1{,}08\,A + 0{,}21\,S)}. \quad (8)$$

По данным Крыма (для донецких углей) наиболее схожие результаты с экспериментальными данными калориметрической бомбы получились по формуле Штейера (среднее отклонение 0,7%). Остальные давали колебания в несколько %, а формула Дюлонга—до 6%. Это объясняется рядом причин, из которых важны следующие: вещества с одинаковым элементарным составом выделяют не всегда одно и то же количество тепла; так, бензол C_6H_6 дает 10 041 Cal, а ацетилен C_2H_2—12 112 Cal и т. д.; самый углерод в своих видоизменениях дает различную теплоту сгорания в зависимости от аллотропического состояния и т. д. Поэтому при сколько-нибудь точных определениях надлежит пользоваться только калориметрич. методом, проверяя по его данным по надежной ф-ле точность элементарного анализа, а не наоборот. Определения Q бензойной стандартной к-ты в 1931 г. в США и Германии дали (по Роту) схождение в 0,017%. Определение теплотворной способности твердых и жидких топлив ведется в калориметрич. бомбе (см. *Калориметрия* и *Бомба калориметрическая*) и иногда в патроне Парра. Калориметры без давления в настоящее время не применяются. Для определения Q газов применяют калориметры Юнкерса, Доммера («Унион») и калорископ Штрахе-Леффлера, работающие с меньшими количествами газа и быстрее. Разница между $Q_в$ и $Q_н$ в бомбе при постоянном объеме достигает 540 Cal на 1 *кг* воды, образующейся при сжигании, а при постоянном давлении—570 Cal на 1 *кг* при условии насыщения пространства водяными парами. При обычных лабораторных определениях, где $Q_н = Q_в - 5{,}85\,(9\,H + W)$, разница для маловлажных Т. с небольшим % H углей равна 200—350 Cal, для Т. с большим % H (напр. нефти, смолы) 600—750 Cal. Определение Q Т., содержащих серу, удобно соединить с определением количества последней. По англ. стандарту бомбу после сжигания оставляют в покое на $^1/_2$ часа для оседания к-ты; затем сливают смыв бомбы, клапана, тигля, прибавляют раствор соды, фильтруют, подкисляют, осаждают сернокислый барий. Азот воздуха в бомбе играет роль катализатора. Возможно усилить действие смачиванием наружных стенок тигля 1—2 каплями дымящей азотной кислоты, а поглощение вести в бомбе не водой, а раствором соды. Для ряда углей СССР такие определения показали близкое схождение с результатами по Эшка. При определении Q в калориметре упрощенного типа по Парру в патроне быстро и просто получается и процентное содержание общей серы. По теплотворной способности Т. очень разнообразны; ниже приведены значения $Q_н^p$ в Cal на *кг* твердых и жидких Т.:

Дрова с 30% влаги	2 950	Каменный уголь	5 500—7 200
» возд.-сухие	3 500	Антрацит	6 500—6 900
Солома с 40% влаги	2 100	Кокс	7 000
Торф с 40% »	2 680	Нефть	9 900
Бурый уголь с 30% влаги	3 100	Спирт этил.	6 200

2. Определение испарительной способности на стационарных установках ведется путем сжигания отвешенных количеств Т. в строго контролируемых условиях, с периодич. записью $t°$ топки и дымоходов, давления пара и $t°$ перегрева, состава дымовых газов, учитывая по весу количество испаренной воды, уноса золы и шлаков. Зная количество калорий в Т. и количество использованных при испытании и потерянных в газах и т. д., определяют тепловой баланс. Определение испарительной способности больших количеств угля (1 000 *кг* и более) имеет свои преимущества, устраняя влияние ошибок при отборе средней пробы, но обладает недостатками: а) вычисленная при этом теплотворная способность (низшая) не есть точная характеристика угля, а условная—для данных условий сжигания, при наличии определенной топки и т. д. Поэтому возможны колебания в определениях (10—15%), между тем определение Q в калориметрич. бомбе ведется с точностью 0,2—0,5%; б) при сжигании под котлом, даже в самых благоприятных условиях и при том же обученном персонале, имеются факторы вне сферы нашего воздействия, например коэф. лучеиспускания; в) приходится отрывать на время производственную единицу, так как только в исключительном случае можно провести опыт в условиях непрерывной работы при неменяющемся расходе пара и постоянстве влияния всех прочих факторов и т. д.

3. Жаропроизводительная способность Т. вычисляется по ф-ле

$$T = \frac{Q_н^p - 600\,(9\,H + W)}{\Sigma\, nc} + t,$$

где n—количество различных продуктов сгорания, c—их теплоемкость, t—темп-ра Т. Для практических целей имеет большое значение $t°$ сжигания, к-рая фиксируется пирометрами (ртутными термометрами, пирометрами сопротивления, оптич. пирокалориметрами и т. д.). Ртутные,—удобные для $t°$ не свыше 750°, с течением времени показания их становятся неверными; пирометры сопротивления удобны для $t°$ до 500°. Оптич. пирометры, из к-рых лучшие Курльбаума и Холборна, дают точность $\pm 5°$, измеряют $t°$ раскаленной поверхности топки. Наиболее ходовые приборы—термопары (см. *Пирометрия*).

4. Воспламеняемость характеризуется $t°$ воспламенения, т. е. той $t°$, при к-рой при наличии воздуха наступает горение. Определение ведется в специальных приборах при подогреве, с подводкой воздуха или кислорода по системе Штейнбрехера, Мура—для угля и по Абелю-Пенскому, Пенскому-Мартенсу, Бренкену, Маркуссону и др.—для жидкого Т. Ниже приведена $t°$ воспламенения нек-рых видов Т.:

Рыхлый торф	225°	Кокс	700°
Твердые породы дерева	290°	Керосин	380°
Древесный уголь	350°	Бензол	520°
Каменные угли	360—400°	Водород	580°
		Окись углерода	601°

5. Удельный вес—кажущийся или просто уд. в. твердых Т. с заключенными в них

порами и заполняющими их жидкостями (истинный уд. в.—вес самого вещества Т.)—определяется часто по методу пикнометра или в волюмометре Тернера, по Хейссеру и т. д.; для жидкостей—ареометрами, весами Мора и Вестфаля; для точных определений — пикнометром (до 0,0001 — 0,0004); для газов—прибором Бунзена-Шиллинга, весами Люкса, подсчетом по данным анализа. Ниже приведены уд. в. некоторых видов Т.:

Дерево сырое	0,640—0,913
» возд.-сухое	0,450—0,760
Торф	0,3 —1,2
Ископаемые угли	до 1,5 (ист. 1,1—1,5)
Кокс	0,7—1,1 (ист. 1,2—2,0)
Антрацит	1,27—2,0
Коксовая смола	1,15—1,19
Полукоксовая смола	0,95—1,03
Мазут	0,900—0,915—0,935

6. Механическая прочность твердых Т., особенно кокса, испытывается на раздавливание, на истирание, на сброс с высоты 3 *м* на твердую плиту.

7. Способность изменяться при хранении имеет важное значение для твердых природных Т. и для полукокса и древесного угля. Комиссия по хранению углей при НТС КУП считает желательным такие характеристики: 1) для антрацитов и тощих углей $t°$ самовозгорания, иодное число, адсорбция кислорода; 2) для коксовых и спекающихся углей добавляется определение спекаемости элементарного состава; 3) для тощего и длиннопламенного угля добавляется также проба на полукоксование с исследованием первичной смолы и газа; 4) для бурых углей добавляется % гуминовых к-т и битумов; 5) для торфа—полукоксование, $t°$ воспламенения торфа и полукокса, реакционная способность последнего. Характерным для ископаемых углей является увеличение при хранении процента сульфатной серы. Аппаратурой служат приборы Эрдманна и Бюнца-Денштедта, где подсушенный уголь обрабатывается током подогретого кислорода, для определения $t°$ самовозгорания и нахождения кривых повышения $t°$, алюминиевая и реторта Фишера-Шрадера для полукоксования, аппарат Сокслета для извлечения битумов и т. д.

8. Гигроскопичность определяется методами подсушивания, причем надо считаться с легкой окисляемостью ряда углей, особенно молодых. Надежнее поэтому применять не обычную сушку в шкафу при 105° до постоянного веса, а отгонку и непосредственное измерение объема влаги в аппарате Дина и Старка с бензином определенного сорта или с ксилолом. Для полукоксов по Дольху этот метод тоже ненадежен, и надлежит определять влагу криогидратным способом, базирующимся на нахождении $t°$ расслоения керосиновой эмульсии, полученной после обработки испытуемого угля или полукокса абсолютным спиртом и смешения последнего с керосином. Процент влаги колеблется в широких пределах: углей и кокса до 18%, березовых дров и торфа до 25%. Гигроскопичность жидких топлив незначительна. Об определении других свойств углей см. *Каменный уголь*, методика исследования К. у. О степени пластичности угля по Фоксуэллу, Одиберу, Шиммелю судят по сопротивлению проникновению газов или по изменению объема угля. При коксовании на практике играют роль и поведение углей за пределами пластической зоны, явления разложения и усадки самого полукокса. Метод Днепропетровского института, проведенный на углях Донбасса, дает возможность уловить гамму этих изменений, что существенно при подборе шихты для коксования.

Виды Т. Характеристика различных видов Т. и их месторождений приведена в табл. 2. Дрова и древесные отходы играли в дореволюционное время у нас главенствующую роль. По количеству лесов СССР занимает первое место в мире, однако лесистость вблизи промышленных центров сильно уменьшена прежними порубками. Распространенность лесов, простота и дешевизна методов получения дров, удобство применения, особенно в домашнем быту, малозольность обеспечивали широкое использование этого Т. См. *Дрова* и *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 351. Теплотворная способность дров $Q_в^c$ (в Cal/*кг*) приведена ниже:

Сосна	4 900	Ива	4 700
Ель	4 860	Липа	4 600
Береза	4 800	Осина	4 580
Дуб	4 750		

Торф распространен в СССР более, чем в других странах. Широкая разработка началась лишь в послереволюционное время (с 1917 г. возросла в 18 раз). См. *Торф* и *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 362—364.

Ископаемые угли, на базе потребления к-рых сводятся гл. обр. топливные балансы (в Европе более чем на $^3/_4$, в США почти на $^2/_3$, у нас на 60%), бурые и каменные, антрациты и сланцы по Стадникову распределяются на 3 класса—сапропелиты, гумусовые и смешанные с преобладанием первых или вторых. Единой классификации не только мировой, но даже американской, где имеются 3 стандартные классификации, не выработано. В СССР классификация для углей находится в стадии проработки. Маркировка углей имеется для ряда бассейнов (см. *Каменный уголь*). При оценке углей часто пользуются классификацией Грюнера. Интересна по простоте классификация Парра на базе двух признаков: выхода летучих из горючей массы и Q, вычисляемых по уточненным ф-лам:

$$Q_в^z = \frac{Q_в^p - 2\,778\,S}{1-(W+1{,}08\,A+0{,}55\,S)};$$

$$V^z = \frac{100\,[V^p-(0{,}08\,A+0{,}4/S)]}{1-(W+1{,}08\,A+0{,}55\,S)}.$$

За границей бо́льшая часть углей сортируется, мелочь неспекающихся углей идет на брикетирование, мелочь спекающихся—главн. образом в шихту для коксования. У нас значительная часть углей идет как рядовой несортированный. Как Т. угли представляют громадное значение, обладая большой теплоплотностью, большим уд. в. по сравнению напр. с дровами. Испарительная способность 2—2,5 для бурых, 6—7,7 для каменных. Теплотворная способность значительнее у старых углей, она максимальная не у антрацита, а у полуантрацитовых углей, минимальная—у бурых. Максимальная жаропроизводительная способность 2 300°; % влаги в свежедобытом буром угле достигает 60, обычно он сравнительно невысок (от десятых долей % до 18%), для бурых углей у нас 35—40; % золы в углях достигает 30—40, у сланцев—до 75. Вредной примесью является сера, к-рой напр. в заграничном арзасском угле свыше 10% (у нас в подмосковном угле до 8%). Негорючей сульфатной серы редко более 0,5—1%; органич. и мелко распределенная сера (в пирите) иногда составляет бо́льшую часть серы и создает

Табл. 2. — Характери

№ по порядку	Район месторождения	Наименование месторождения	Пласт, марка, сорт и пр.	Элементы хара						
				$W^л$	$W^р$	$A^с$	$S^с_{об}$	$S^с_а$	$C^г$	$H^г$
				%	%	%	%	%	%	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	А. Дрова		Хвойные	7,0 5,6—9,0	30,0	1,0 0,4—2,0	—	—	51,0 49,7—52,1	6,15 6,0—6,3
			Лиственные	7,0 5,0—10,0	30,0	1,0 0,3—1,6	—	—	50,5 49,7—51,1	6,1 6,0—6,2
	Б. Торф		—	10,5 7,3—11,6	40,0 24,3—59,4	8,5 1,4—41,4	0,4 0,1—2,0	0,1	58,3 53,4—61,5	5,8 5,2—6,2
	В. Сланцы									
1	Ленингр. область	Веймарнское . . .	II и III пласты	2,3 0,9—4,0	15,0 7,0—30,0	46,2+12,3*1 от 39,8+ 9,1*1 до 49,3+15,2*1	0,9 0,5—1,5	0,1	75,2 70,8—79,0	9,1 8,5—9,6
2	Средняя Волга	Кашпирское . . .	—	4,3 3,2—6,5	13,0 5,8—25,0	57,3+ 9,2*1 от 50,9+ 7,0*1 до 61,7+12,7*1	5,1 4,2—7,2	0,4 0,2—1,0	71,1 68,7—73,7	8,5 8,1—9,4
3		Ундорско-Захарьевское	—	6,3	13,0	63,2+ 7,3*1	3,5	0,1	68,2	8,7
	Г. Ископаемые угли									
1	Подмоск. бассейн*2		—	8,0 5,6—12,3	32,0 20,4—42,0	26,8 22,5—38,3	3,7 2,0—5,9	0,2 0,1—1,3	69,7 61,8—71,3	4,9 4,4—5,4
2	Ленингр. область	Боровичское . . .	—	6,5	30,0 21,5—34,0	28,0 19,5—33,4	7,7 3,7—13,0	0,3 *7	68,5 65,5—73,0	5,7 5,2—6,3
3	Карелия	Шунгит	—	2,0	6,5 2,0—10,0	40,0 35,6—46,8	3,1 0,3—6,5	0,2 *7	89,5 85,7—93,1	1,1 0,7—1,6
4	Печорский край	Неча	—	9,9	20,8	33,9	0,4	—	72,0	5,0
5		Тальбей	—	9,0	21,2	40,1	0,9	0,03	71,5	5,0
6		Заостренный . . .	—	9,7	21,9	31,3	0,8	0,03	74,1	5,1
7		Варкутское	—	1,3 1,0—1,6	6,0 4,0—12,0	11,9 6,6—21,3	0,7 0,6—1,1	0,05 0—0,2	85,6 84,5—86,6	5,3 5,1—5,5
8	Донецкий бассейн	—	Длиннопламенный (Д)	5,2 3,1—7,2	13,0 7,4—21,0	11,2 8,0—26,3	3,6 1,5—6,0	0,2 0,1—0,3	77,3 74,8—78,8	5,4 5,1—5,6
9		—	Газовый (Г)	2,8 1,0—4,8	5,9 2,1—18,6	11,1 7,0—21,2	2,9 1,1—3,0	0,1 0,1—0,3	81,0 78,5—82,7	5,4 5,0—5,6
10		—	Паровичный жирный ПЖ)	1,1 0,4—2,1	3,2 1,3—15,3	11,4 4,0—32,0	2,5 0,9—5,9	0,2 0,1—0,5	84,6 82,4—87,0	5,2 4,8—5,5
11		—	Коксовый (К)	1,0	3,5 2,0—8,0	10,7 6,0—25,0	2,0 0,8—5,5	0,1	87,0	4,9
12		—	Паровичн. спекающ.	0,8 0,6—1,4	3,5 1,3—9,9	9,7 7,9—22,0	2,1 1,0—5,0	0,1	88,5 87,1—91,2	4,6 4,1—5,1
13		—	Тощий	1,0 0,4—1,8	3,4 1,4—12,1	8,5 2,0—13,7	1,5 1,0—2,5	0,1 0,03—0,1	90,6 89,4—92,4	4,3 4,0—4,6
14		—	Антрацит *3	2,0 0,9—4,6	5,5 2,3—17,0	9,7 1,3—23,6	1,9 0,8—5,5	0,1	93,8 91,3—95,1	1,95 1,4—2,8
15		—	Антр. шт. (АШ)	2,0 0,8—3,5	7,4 2,0—15,4	17,3 11,5—24,6	1,8 0,8—5,5	0,15 0,04—0,6	93,2 91,1—95,4	1,85 1,5—2,9
16	Крым	Бешуйское *5 . . .	—	2,2	2,5	41,0	2,6	0,3	75,4	5,9
17	Украина	Александрийск. *4	—	10,0 6,8—13,0	55,0 50,0—60,0	29,0 15,0—50,0	4,4 2,5—5,6	0,1 0,2—0,6	68,4 54,5—68,0	5,9 5,0—6,2
18		Зиновьевское . . .	—	10,0 7,5—11,0	45,0 40,0—50,0	46,0 36,5—50,0	3,1 2,5—4,4	0,6*7	62,5 61,6—64,0	5,3 5,1—5,7
19		Криворожское *5 .	—	9,0	55,0 50,0—60,0	23,0	5,5	0,4	69,8	6,2
20	Закавказье	Ткибульское . .	—	4,0 2,4—6,6	11,0 6,5—18,0	18,5 12,0—28,0	1,4 0,8—1,7	0,15 0,1—0,2	78,5 77,1—80,4	5,7 5,3—6,0
21		Ткварчельское *5 .	—	1,0	2,0	18,0	1,0	—	77,5	5,8
22	Урал	Кизеловское . . .	—	1,2 0,5—3,0	5,5 1,5—12,0	22,7 16,5—28,0	6,3 3,6—8,3	0,2 0,1—0,4	80,3 78,0—82,3	5,8 5,2—5,8
23		Челябинское . . .	—	9,0 4,0—11,5	19,0 11,0—23,6	19,2 15,0—39,0	1,2 0,6—2,4	0,05 0,01—0,07	73,6 70,9—75,6	5,2 4,9—5,4
24		Богословское . . .	—	15,0 13,5—18,0	30,0 25,0—33,0	17,5 14,1—21,0	0,5 0,4—0,7	0,1 0,05—0,1	69,5 68,6—70,4	4,4 4,2—4,9
25		Егоршинское . . .	—	1,2 0,9—1,4	5,9 2,6—10,3	19,0 13,0—27,0	0,5 0,3—0,6	0,1	91,3 90,9—92,1	3,5 3,3—3,6
26		Полтаво-Брединское *5	—	3,0	4,0	23,0	0,9	0,02	93,4	1,7

*1 Первое слагаемое — содержание золы без углекислоты карбонатов; второе — содержание углекислоты кар температура плавления > 1 450°. *2 В среднем для всех марок без штыба. *4 Семеновское и Пантаевское.

стика топлива СССР.

ктеристики								Сух. мас.	Рабочая масса			$t°$ золы в жидкоплавком состоянии	№ по порядку
$S_к^i$	$S_{ор}^i$	N^i	O^i по разности	$Q_б^i$	$Q_в^i$	V^i	Характеристика кокса	$Q_б^c$	A^p	$S_{об}^p$	$Q_н^p$		
%	%	%	%	Cal	Cal	%		Cal	%	%	Cal	°C	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
—	—	0,3	42,25	4 900 4 700—5 050	4 890	85,0	Слипшийся, рыхлый	4 850	0,7	—	2 980	—	
—	—	0,6	42,8	4 800 4 700—1 970	4 790	85,0	То же	4 750	0,7	—	2 910	—	
0,3		2,6 2,3—3,3	33,0	5 350 5 050—5 990	5 830	70,0 37,5—75,0	Порошкообр. или слабоспекшийся	5 170	5,1	0,2	2 680	1 060	
1,9		0,37*7	13,5	8 100 7 430—8 800	8 040	83,0	Порошкообразный	3 330	39,3+10,5	0,8	2 530	1 190 1 140—1 230	1
11,0		1,6*7	4,8	7 850 7 460—8 230	7 620	79,0 73,0—84,0	То же	2 640	49,9+8,0	4,4	2 010	1 120 1 010—1 170	2
10,5		1,5	11,1	7 200	7 000	—	—	2 120	55,0+6,4	3,0	1 590	1 140	3
5,1 1,8—3,4		1,4 0,9—1,7	18,9	6 750 5 980—7 100	6 630	45,0 40,0—51,0	То же	4 940	18,2	2,5	2 930	1 210	1
10,3		1,0*7	14,5	7 230 6 900—7 400	6 990	49,0 41,0—51,0	То же	5 200	19,6	5,4	3 190	—	2
5,0		1,4*7	3,0	7 600 7 450—7 730	7 480	5,0*7	То же	4 530	37,4	2,9	4 120	1 300 *7	3
0,6		1,6	20,8	6 670	6 650	42,0	То же	4 410	26,9	0,3	3 220	1 400	4
1,5		2,2	19,8	6 670	6 630	41,0	То же	3 990	30,3	0,7	2 770	1 330	5
1,1		19,4		7 800	6 980	41,0	Порошкообр.	4 810	24,7	0,6	3 490	1 300	6
0,7		2,4 2,2—2,7	6,0	8 440 8 270—8 600	8 410	29,0 28,0—31,0	Спекшийся, спл., плотн. или вспуч.	7 440	11,2	0,7	6 680	1 320 1 260—1 350	7
3,8		1,6 1,2—2,0	11,9	7 800 7 500—8 050	7 700	44,0 42,0—48,0	Порошкообразный или слипшийся	6 930	9,7	3,1	5 640	1 230 1 080—>1 400	8
3,2		1,6 0,9—1,8	8,8	8 100 7 830—8 400	8 020	39,0 35,0—44,0	Спекшийся, сплавлен., иногда вспуч.	7 200	10,4	2,7	6 430	1 200 1 160—1 270	9
2,3		1,6 1,4—1,8	6,0	8 470 8 220—8 700	8 390	30,5 26,0—35,0	Спекшийся, сплавл., плотн. или умерен. плстн.	7 500	11,0	2,4	6 910	1 250 1 170—>1 400	10
2,1		1,6	4,4	8 590 8 450—8 700	8 530	22,0 18,0—26,0	То же	7 680	10,3	1,9	7 120	1 300 *7	11
2,2		1,5 1,3—1,6	3,2	8 590 8 410—8 720	8 530	17,0 12,0—18,0	То же	7 760	9,4	2,0	7 190	1 180 1 150—1 240	12
1,6		1,6 1,3—1,9	1,9	8 620 8 500—8 730	8 570	13,0 17	Порошкообразный или слипшийся	7 890	8,2	1,4	7 350	1 210 1 130—1 280	13
1,3 0,1—6,0	0,7 0,5—1,0	1,2	1,05	8 200 7 970—8 430	8 140	3,5 1,2—6,0	Порошкообразный	7 400	9,2	1,8	6 820	1 210 1 070—1 320	14
1,3 0,2—3,0	0,7 0,5—1,0	1,2	1,75	8 100 7 720—8 310	8 040	4,0 2,9—7,3	То же	6 700	16,0	1,7	6 010	1 360 1 230—1 440	15
2,4	1,6	1,3	12,1	7 760	7 660	14,0	Спекш. плотн.	4 580	40,0	2,5	4 210	—	16
2,0 0,0—6,9	3,6 3,2—4,0	0,7 0,6—0,8	21,4	6 500 5 410—7 170	6 390	56,5 52,0—59,0	Порошкообразный	4 620	13,1	2,0	1 590	1 240 1 210—1 290	17
1,1*7	3,5*7	0,9	23,7	5 730 5 470—6 140	5 600	55,5	То же	3 090	25,3	1,7	1 310	>1 450 *7	18
6,6		0,9	16,5	7 300	7 120	60,5	То же	5 620	10,4	2,5	2 030	—	19
1,5		1,5	12,8	7 780 7 500—7 900	7 730	41,0 36,0—47,0	Слабоспекш. или спекшийся плотный	6 340	13,5	1,2	5 310	—	20
1,1		1,7	13,9	7 750	7 720	37,0	Спекшийся, сплавленный	6 360	17,7	0,9	5 930	—	21
5,1 1,3—8,2	2,8 2,1—3,1	1,3 1,0—1,5	4,9	8 370 7 920—8 500	8 180	41,0 34,5—43,0	Спекшийся, плотн., иногда сплавленный	6 470	21,5	6,0	5 720	1 390 1 220—>1 490	22
0,8 0,1—3,0	0,7 0,5—0,8	1,8 1,7—2,3	17,9	7 150 6 680—7 240	7 101	41,0 37,5—41,0	Порошкообразный	5 780	15,6	1,0	4 350	1 210 1 150—1 280	23
0,5		1,5	24,1	6 250 6 100—6 500	6 230	43,0 40,0—44,5	То же	5 160	12,3	0,3	3 280	1 150 1 130—1 200	24
0,5		0,6*7	4,1	8 200 8 000—8 390	8 180	8,0 6,8—9,0	То же	6 640	17,9	0,5	6 050	—	25
0,3	0,8	0,8	3,0	7 900	7 870	3,0	То же	6 080	22,1	0,9	5 730	—	26

бонатов (CO_2). *2 Встречающаяся низкая темп-ра плавления золы не характерна для подмосковного угля, обычно
*5 Данные, приведенные на основании ограниченного количества анализов (см. текст).

Табл. 2. — Характери

№ по порядку	Район месторождения	Наименование месторождения	Пласт, марка, сорт и пр.	Элементы хара						
				W^a	W^p	A^c	$S^c_{об}$	S^c_a	C^c	H^c
				%	%	%	%	%	%	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
27	Казахстан	Карагандинское	Пласты: Нов., Верх. Мариана, Ниж. Мар.	2,1 1,0—2,5	7,0 3,1—12,0	7,5 6,0—30,5	0,8 0,4—1,3	—	85,3 80,6—87,8	5,2 4,4—5,8
28		Берчогурское *8 .	—	1,5	1,7	33,0	4,4	0,2	78,5	6,4
29		Ленгеровское . .	—	11,0 7,5—12,3	22,5 13,5—28,7	16,5 11,4—20,7	3,3 1,5—4,1	0,5 0,1—0,7	73,6 72,9—75,0	4,2 3,8—5,9
30	Кузнецкий бассейн	Анжеро-Судженские копи . . .	—	0,6 0,4—0,7	4,9 2,0—6,4	9,0 7,0—11,6	0,5 0,4—1,0	—	91,2 89,6—92,4	4,3 4,1—4,0
31		Прокопьевские копи	—	1,0 0,5—1,2	6,0 2,0—9,0	7,0 2,5—12,0	0,5 0,3—0,7	—	89,1 86,8—91,0	4,5 4,1—4,9
32		Кемеровские копи	—	1,0 0,7—1,4	8,1 4,0—11,3	13,7 3,0—19,0	0,5 0,3—1,0	—	83,4 85,0—88,0	4,8 4,2—5,5
33		Ленинские копи .	Коксовый	1,8 1,5—2,5	6,0 3,0—8,0	9,0 3,0—13,0	0,5 0,4—0,9	—	83,5 82,5—84,4	5,8 5,7—6,0
34		» »	Энергет.	3,5 3,2—4,0	9,0 8,0—11,0	9,0 6,0—14,0	0,3 0,2—0,6	—	79,1 78,9—79,4	5,6 5,4—5,8
35		Араличевские копи	—	2,4 1,3—3,0	9,0 3,5—12,0	16,0 13,1—26,4	0,8 0,3—1,4	0,05 0,03—0,1	88,1 86,3—89,8	4,0 3,7—4,1
36		Осиновские копи .	—	—	8,0 7,0—12,0	8,0 6,5—12,1	0,5 0,1—0,7	—	86,3	5,5
37	Западная Сибирь	Хакасское *6 (Черногорские копи)	—	3,5 2,8—4,7	11,0 10,4—13,5	14,0 3,5—27,8	1,0 0,5—4,2	0,1 0,05—0,5	78,9 76,4—81,5	5,5 5,0—6,0
38		Канское *8	—	10,0	10,0—28,2	3,7—7,7	0,5—1,3	—	63,3—70,5	4,3—4,7
39	Восточная Сибирь	Черемховское . .	—	3,7 2,4—8,0	10,0 5,0—17,0	13,0 4,8—33,0	1,3 0,5—3,1	0,1 0,05—0,3	77,9 73,7—81,5	5,8 5,1—6,5
40		Черновское	—	11,3 8,5—14,6	32,0 25,8—37,0	8,5 5,0—13,4	0,7 0,5—0,9	0,1	75,8 73,7—77,6	5,0 4,6—5,4
41	Дальневосточный край	Букачачинское . .	—	3,8 1,1—9,4	11,1 3,4—24,9	11,1 1,6—36,0	0,9 0,4—5,2	—	79,1 70,8—84,5	5,0 3,7—5,3
42		Кивдинское . . .	—	10,6 7,7—21,7	21,0 17,2—40,0	13,1 7,0—21,0	2,0 0,1—0,4	—	71,5 68,8—75,7	4,2 3,8—4,6
43		Артемовское . . .	—	11,3 5,9—18,4	25,6 18,9—32,3	11,1 6,2—34,7	0,5 0,3—0,9	—	71,9 68,6—74,9	5,5 4,9—1,0
44		Сучанское	—	1,2 0,3—2,0	3,5 1,1—5,5	18,5 12,3—27,0	0,4 0,3—0,5	—	83,7 85,6—88,6	4,9 4,4—5,6
45		Тавричанское . .	—	8,5 4,0—12,8	12,0 8,4—17,7	10,7 5,3—32,2	0,5 0,1—1,1	—	75,2 73,1—77,7	5,6 5,0—5,9
46	Сахалин	Октябрьское . . .	—	1,7 0,4—5,4	5,3 0,9—15,4	13,3 2,6—51,2	0,4 0,3—0,8	—	85,8 76,1—90,7	4,4 3,2—5,3
47	Камчатка	Корфовское . . .	—	12,7 6,7—17,8	23,2 17,1—25,5	17,2 2,8—59,2	0,5 0,2—1,0	—	72,0 69,0—73,8	4,7 4,2—5,0
48	Средняя Азия	Сулюкта	—	11,2 9,2—13,9	20,3 15,4—25,5	11,8 7,0—17,1	1,1 0,5—1,9	0,4 0,2—0,7	78,5 77,2—79,8	3,8 3,4—4,2
49		Кизил-Кия	—	11,2 8,3—13,0	23,8 14,4—32,8	13,5 8,9—20,1	1,7 1,3—2,5	0,3 0,1—0,7	73,9 73,7—79,6	4,0 3,4—4,2
50		Кок-Янгак	—	5,5 4,2—8,8	13,9 8,3—15,7	20,4 15,2—25,6	2,0 1,6—2,6	0,1 0,05—0,1	77,3 75,9—78,1	5,2 4,9—5,3
51		Шураб	—	11,5 9,1—13,8	24,3 13,0—30,0	13,8 7,3—18,5	2,0 1,0—2,8	0,2 0,1—0,3	79,8 78,1—79,3	3,5 3,2—3,7
52		Нарым	—	5,5 4,5—6,1	10,6 6,7—15,1	8,7 2,4—17,0	0,5 0,3—0,6	0,05 0,02—0,1	78,8 79,0—81,1	4,9 4,6—5,4
53		Ханака	—	1,5	10,1	46,5	1,6	0,1	79,4	5,0
54		Кштут-Зауранское	—	5,6 4,3—8,0	9,9 7,0—20,2	15,3 4,7—41,7	2,8 0,8—7,3	0,25 0,05—0,7	76,6 72,8—80,0	4,8 4,0—5,5
	Д. Жидкое топливо *7									
1		Моторное топливо (тяжелое)	—	—	1,3 0,0—7,3	—	—	—	83,6 86,4—83,8	13,0 12,7—13,3
2		Мазут	—	—	3,0 0,0—9,8	—	—	—	86,8 83,3—87,1	12,6 12,3—13,1
	Е. Суррогаты топлива									
1		Одубина	—	9,0 5,8—13,4	65,8 47,7—76,2	7,1 2,8—11,9	0,2 0,03—0,7	—	51,7 50,0—53,5	5,9 5,6—6,3
2		Лузга подсолнуха	—	6,0 4,4—8,2	3,8 9,2—17,4	2,4 1,9—2,8	0,1 0,1—0,2	—	5 ,0 50,7—51,1	5,9 5,8—5,9
3		Костра льняная .	—	7,5 6,8—8,6	11,1 7,5—13,4	3,2 1,4—5,3	0,1 0,04—0,15	—	51,0 50,3—51,8	6,1 6,0—6,3
4		Рисовая шелуха .	—	7,2 6,5—8,1	9,8 7,7—11,1	20,5 20,3—20,8	0,1	—	50,3 49,8—50,6	6,1 6,0—6,2
5		Солома *8	—	—	10,5	4,7	0,1	—	50,5	6,2

*6 Оно же Минусинское. *7 Бакинское, Грозненское и Эмбенское. *8 Данные, приведенные на осно

стика топлива СССР. (Продолжение)

ктеристики								Сух. мас.	Рабочая масса			$t°$ золы в жидкоплавком состоянии	№ по порядку
$S_к^i$	$S_{ор}^i$	N^i	O^i по разности	$Q_б^i$	$Q_в^i$	V^i	Характеристика кокса	$Q_б^c$	A^p	$S_{об}^p$	$Q_н^p$		
%	%	%	%	Cal	Cal	%		Cal	%	%	Cal	°C	
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0,8		1,4 1,0—1,7	7,3	8 350 8 230—8 680	8 320	29,0 25,0—35,0	От порошкообразного до спекшегося, спл., плотн.	6 890	16,3	0,7	6 120	—	27
6,3		8,8		8 240	8 080	46,0	Спекшийся	5 520	32,4	4,3	5 090	—	28
2,0 0,3—2,9	1,4 1,3—1,5	1,0*7	17,8	6 970 6 680—7 200	6 880	40,0 33,0—52,0	Порошкообразный	5 820	12,8	2,6	4 170	1 110 1 030—1 250	29
0,5		1,8 1,6—2,1	2,2	8 600 8 510—8 720	8 580	15,5 14,0—17,0	От слабоспекшегося до спекшегося, плотного	7 820	8,6	0,5	7 280	>1 450	30
0,5		2,1 1,6—2,5	3,8	8 400 8 200—8 610	8 380	18,0 15,0—21,0	От порошкообразн. до спекш., спл., плотн.	7 810	6,6	0,5	7 090	1 320	31
0,6		2,0 1,7—2,4	6,2	8 200 7 950—8 600	8 180	29,0 21,0—34,0	От слипш. до спекшегося, сплавл., плотн.	7 080	12,6	0,5	6 240	1 240—1 540	32
0,5		2,7 2,4—2,9	7,5	8 250 8 100—8 430	8 220	41,0 37,0—44,0	Спекшийся, сплавл., умеренно-плотн.	7 510	8,5	0,5	6 720	1 250 1 200—1 260	33
0,3		2,1 1,9—2,2	12,9	7 650 7 450—7 840	7 630	43,0 40,0—45,0	От слипш. до спекш., плотн.	6 930	8,2	0,3	6 010		34
0,9		1,7 1,4—2,0	5,3	8 300 8 170—8 480	8 260	12,0 9,0—24,0	Порошкообразный	6 980	14,6	0,7	6 090	1 300—1 530	35
0,6		2,1	5,3	8 250 8 000—8 450	8 230	29,0 23,0—33,0	Спекшийся	7 590	7,4	0,5	6 670	—	36
1,0		2,3 1,8—2,5	12,3	7 800 7 610—8 100	7 730	43,0 38,0—46,5	От слабослипшегося до спекшегося	6 700	12,5	0,9	5 610	—	37
0,5—1,8		—	—	6 180—6 620	—	41,0—48,0	Порошкообр.	—	—	—	—	—	38
1,4		1,6 1,0—2,3	13,3	7 750 7 200—7 980	7 700	45,0 41,5—52,0	От слипш. до спекш., плотн.	6 510	14,4	1,2	5 520	1 170—1 270	39
0,7		18,5		7 200 6 800—7 320	7 170	41,5 39,0—43,8	Порошкообразный	6 580	5,8	0,5	4 100	—	40
0,8 0,3—1,7		1,0 0,6—2,2	14,1	7 730 6 980—8 370	7 730	37,0 30,0—45,3	От порошкообр. до спекш.	6 900	10,0	0,8	5 810	—	41
0,1 0,01—0,2		1,2	23,0	6 610 6 500—6 800	6 600	41,0 34,0—45,0	Порошкообразный	5 740	10,0	0,2	4 030	—	42
0,4 0,1—0,7		1,5 1,1—2,7	20,7	7 050 6 510—7 390	7 030	48,0 44,5—50,0	То же	6 270	8,3	0,4	4 300	1 290 1 230—1 330	43
0,3 0,1—0,5		1,4 1,0—1,7	6,7	8 400 8 260—8 770	8 380	25,5 20,8—30,0	Спекш., сплавлен., вспучен.	6 810	17,9	0,4	6 330	—	44
0,4 0,2—0,7		1,6	17,2	7 300 7 100—7 400	7 280	44,5 37,4—50,3	Порошкообразный	6 520	9,4	0,4	5 410	—	45
0,1 0,3—0,5		9,4		8 250	8 230	19,0 14,7—27,1	Спекш., сплавлен., вспучен.	7 180	12,6	0,1	6 530	—	46
0,2 0,1—0,7		1,4 0,8—1,8	21,7	6 700	6 680	47,5 43,2—53,4	Порошкообразный	5 540	13,2	0,4	3 950	—	47
0,6 0,2—1,3	0,2 0,1—0,4	0,8 0,7—1,0	16,1	7 070 6 950—7 170	7 040	28,5 24,0—32,5	То же	6 240	9,1	0,9	4 680	1 270 1 180—1 370	48
1,1 0,6—1,9	0,5 0,4—0,7	0,9 0,7—1,1	16,6	7 010 6 540—7 200	6 930	33,5 29,5—38,0	То же	6 060	10,3	1,3	4 300	1 170 1 040—1 290	49
1,7 0,1—2,5	0,7 0,4—1,0	1,0	11,1	7 550 7 490—7 610	7 490	36,0 34,0—38,0	Порошкообр. или слабослипшийся	6 010	17,6	1,7	4 850	1 310	50
1,6 0,5—2,4	0,6 0,5—0,7	0,8 0,7—0,8	11,7	6 950 6 900—7 000	6 900	29,5 26,0—33,0	Порошкообразный	5 990	10,4	1,5	4 240	1 350 1 300—1 420	51
0,5 0,3—0,7		1,2 1,0—1,3	13,6	7 650 7 560—7 750	7 620	35,0 32,0—35,5	То же	6 980	7,8	0,4	5 940	1 260 1 110—>1 450	52
2,9		0,9	11,8	7 550	7 480	30,0	То же	4 040	41,8	1,4	3 410	—	53
3,0		15,6		7 416 6 700—7 660	7 330	35,5 30,0—41,0	Порошкообр. или слабослипшийся	6 280	13,8	2,5	5 340	1 270 1 050	54
0,1 0,05—0,2		0,3		10 830 10 730—10 920	10 810	—	—	—	—	—	9 971	—	1
0,15 0,0—0,35		0,45		10 760 10 630—10 860	10 740	—	—	—	—	—	9 740	—	2
0,2 0,03—0,8		0,9 0,6—1,0	41,3	4 850 4 630—5 070	4 830	76,0 *7	Порошкообразный	4 510	2,4	0,1	1 049	1 400 *7	1
0,1 0,1—0,2		43,0		4 860 4 850—4 890	4 850	80,0 *7	Слипшийся	4 750	1,9	0,1	3 740	—	2
0,1 0,01—0,15		42,8 0,7	42,8	4 890 4 820—4 980	4 880	83,0	То же	4 730	2,8	0,1	3 850	1 200 *7	3
0,1				4 790 4 720—4 830	4 780	80,0	Порошкообразный	3 810	18,5	0,1	3 130	—	4
0,1		43,2		4 750	4 740	—	—	4 530	4,2	0,1	3 690	950	5

вании ограниченного количества анализов (см. текст).

невозможность обогащения. Азот в количестве до 3% при сжигании пропадает, но при коксовании и полукоксовании, также и газофикации, улавливается в виде аммиака и его соединений. Для ряда углей имеются стандарты, а для углей разных марок технич. условиями предусматриваются браковочные пределы содержания золы в Т. Так, для Донецкого бассейна (в %):

Каменные угли				Антрациты			
Д . . .	19	К . . .	18	АП . . .	9	АЗ . .	25
ПЖ . . .	17	Т . . .	13	АКО . . .	13	АМ . .	20
ПС . . .	16			АШ . . .	30	АРШ . .	20
Г . . .	17			АС . . .	22		

Для антрацита литейного 6—8%; для подмосковных: К—26%, О—33%, МС—35%, РМ—34%; кузнецких углей 13—14%. На практике применяются и более зольные. При сжигании пылевидного Т. получается зола, являющаяся подходящим материалом для производства цемента (сланцевая зола) или полезной добавкой при выплавке руд на коксе, также для строительных целей (получение плит, пустотелых камней и т. д.); генераторная зола подмосковных углей может служить для обесфеноливания сточных вод. При высоком % окиси алюминия возможно использование ее для извлечения последнего, а также иногда редких элементов, напр. ванадия. При сжигании и генераторном процессе имеет значение плавкость золы и шлаков (см. *Топки*). Большой % золы и серы сильно затрудняет применение Т., особенно вблизи населенных местностей. Правда, сжигание даже низкосортных Т. теперь можно вести с высоким кпд в 85%, высокосортных—до 92%. Для крупных установок оказалось удобным переводить мелочь, рядовой уголь, антрацит, торф, полукокс в мельчайшую пыль с размером частиц 0,25—0,025 *мм* (в среднем 0,06 *мм*), но при этом до 70% золы улетает с дымовыми газами (в Лондоне благодаря принятому методу сжигания в каминах ежегодно оседает 51 000 *т* сажи), а проблема очистки последних не решена вполне ни технически ни экономически. Состав золы нек-рых углей и антрацитов Донецкого бассейна таков: 18,6—62,2% SiO_2; 6,5—35,1% Al_2O_3; 6,2—39,6% Fe_2O_3; 0,4—22,3% CaO; 0,4—2,0% MgO; 0,7—6,8% K_2O+Na_2O; 0,1—13,3% SO_3 и т. д.

Сланцы. По Г. Стадникову горючими сланцами с характером богхедов следует считать такие содержащие альги, или споры, образования, содержание золы которых превышает 30%; они напоминают по виду иногда мергель или глину, сапропелитовые образования (см. *Сапропелиты* и *Сапропель*). Наибольшее практич. значение имеют сланцы Ленинградской обл., Среднего и Нижнего Поволжья (Общий Сырт), Чувашской республики, Горьковского края. $Q_в$ горючей массы сланцев по Стадникову для гдовских сланцев около 9 700 Cal, но $Q^p_в$ принимают ок. 3 500 Cal. Для кашпирского сланца $Q^p_в$ 1 750—4 200 Cal, ундорского—ок. 2 000 Cal. При огромном % золы, доходящем напр. в сланце Общего Сырта и ундорском до 70, и известном % влаги (до 10 и более %) и серы (до 10) сланцы являются Т. низкосортным, исключительно местным, представляя большой интерес для термич. переработки и комплексного использования (см. *Сланцы*). Смоляные Т. обладают уже меньшей Q, спирты еще меньшей. Природные газообразные Т. играют у нас пока незначительную роль.

Облагораживание Т. Для уменьшения балласта и увеличения внутренней ценности Т., особенно твердого, оно подвергается облагораживанию тем или иным способом. Методы облагораживания м. б. разделены на: 1) физико-механические, 2) термические, 3) химические, 4) комбинированные. Простейшие приемы облагораживания физико-механич. способом заключаются в сортировке, разделении например углей на куски приблизительно одинаковой величины. За границей продается обыкновенно сортированный уголь (в США на рудниках имеются приспособления для сортировки 80% добываемых углей); у нас пока чаще рядовой. Технич. условия на поставку углей СССР предусматривают крупность кусков и определенный % мелочи для специальных сортов—донецких, подмосковных, черемховских и для антрацитов и кокса. Для отборки породы и для получения малозольных углей применяют (кроме выемки кусков вручную) сухое и мокрое обогащение (см. *Обогащение полезных ископаемых*). Угольная мелочь некоксующихся углей подвергается прессованию—*брикетированию* (см.) или с добавкой связующих средств или, для бурых германских и австралийских, без нее. Мелочь спекающихся углей чаще подвергается *коксованию* (см.). Иногда мелочь или рядовой уголь, а также антрацит, полукокс, торф переводят путем дробления и измалывания в пылевидное Т.—мельчайшую пыль (после предварительного подсушивания). Смесь угольной пыли с нефтяными маслами, парафинистым мазутом дает т. н. коллоидальное Т. Термич. методы облагораживания включают: 1) подсушивание; 2) бертинирование; 3) газификацию частичную; сюда входят: а) сухая перегонка при низких $t°$ (полукоксование), б) сухая перегонка при высоких $t°$ (коксование)—получение светильного газа; 4) газификацию полную в газогенераторах; 5) газификацию подземную в пластах.

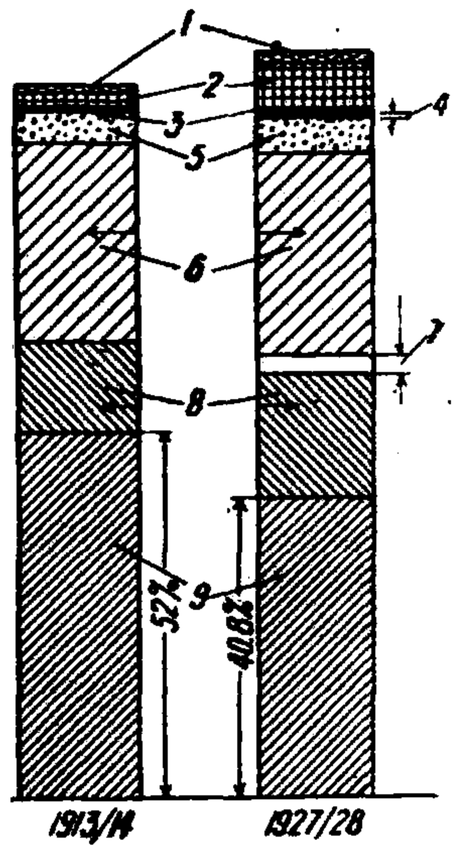
Подсушивание является первой ступенью термич. воздействия. Оно применяется для уменьшения балласта при перевозке и повышении теплотворной способности Т. и как предварительная операция при помоле Т. или при прессовании в брикеты, иногда и при полукоксовании. Подсушивание может вестись нагревом извне или пропуском горячих инертных газов, а также перегретого пара (по Флейснеру) через Т. или над ним. Подогрев до более высоких $t°$, или т. н. бертинирование (в Германии способ запатентован, применяется с 1900 г.), сопровождается процессом обогащения углеродом горючей части. При этом часть кислорода и водорода удаляется в виде воды, часть кислорода и углерода—в виде углекислоты, часть серы—в виде сероводорода; для каменных углей $t°$ держится примерно при 300—350°. Сухая перегонка при низких $t°$ (см. *Каменный уголь*, сухая перегонка) есть пирогенетич. разложение при $t°$ начинающегося распада углеводородов первичной смолы, т. е. по Джентри в пределах 450—750°. Она получила распространение, особенно для ископаемых углей, лишь после войны 1914—1918 гг. До этого она применялась для дерева (но без использования всех продуктов), курных углей, сланцев. Способ сухой перегонки преследует цели: 1) превратить низкосортные сорта Т. в более ценные, дав и первичную смолу и газ; 2) получить моторные сорта Т. и смазочные масла, что особенно важно для стран, лишенных запасов нефти; 3) добыть бездымное Т.—полукокс, идущий также как добавка в

шихту при коксовании нек-рых углей. Полукоксование находит себе применение как на самостоятельных установках, так и в комбинировании с электростанциями и газовыми заводами. В СССР для облагораживания углей по этому методу имеются пока две опытные установки на 5 *m* в сутки—в Москве и Кемерове, одна для торфа, другая для сланцев, и строится з-д в Сибири на 100 *m*. Сухая перегонка при высоких *t*° (1 000—1 200°) как метод облагораживания имеет давнишнее применение в форме коксования для получения металлургич. и литейного кокса. В области коксования за последние годы развернуто широкое строительство новых печей по последнему слову техники в Керчи, Донецком бассейне, Магнитогорске, Кузнецке, Кемерове. Полная газификация (получение генераторного, простого и двойного, и водяного газа из торфа, кокса, угля) развита у нас в сравнительно небольших размерах. Она дает газ для целей металлургии, стеклоделия, двигателей и т. д. В то время как в газе коксовых печей заключается по Штрахе примерно 17% теплотворной способности угля, в водяном газе ее уже 60%, а в двойном генераторном 72%. Разрабатываются новые типы генераторов (например для газификации во взвешенном состоянии) и новые приемы работы на парокислородном дутье. Применение полной газификации местного Т. является очередной задачей. Особый интерес для использования маломощных слоев углей представляет подземная газификация, идея которой была высказана еще до войны Д. Менделеевым и Рамсэем; на нее было обращено внимание В. И. Лениным в 1923 г. Пока проблема находится в стадии опытной разработки (например на одном из подмосковных рудников возле Товаркова, в Донбассе, в Кузбассе).

Взгляд на Т. не только как на теплоноситель, но и как на источник сырья для различных отраслей пром-сти, гл. обр. химической, привел к развитию за последние годы химич. методов облагораживания. Объектом их служат как самое Т., так и продукты переработки смолы, газ и отдельные побочные продукты (например нафталин превращается в моторное Т.—тетралин). Не перечисляя многочисленных химич. методов, предложенных в последнее время, следует указать следующие наиболее разработанные и представляющие не только научный, но и технич. и промышленный интерес.

Гидрогенизация состоит в обработке твердого Т. водородом по тому или иному методу (см. *Жидкий уголь*). Бергиус применяет обработку водородом при *t*° порядка 450° и при давлении в 200 *atm* без катализаторов (последние играют у него роль лишь при связывании вредных сернистых соединений). Этим путем можно превратить ок. 65% перерабатываемого угля в жидкое Т. По Франку из 100 *кг* угля получается 15 *кг* моторного Т. с $t°_{кип.}$ 30—220°, 20 *кг* масла для дизелей и пропитки, 6 *кг* смазочных масел, 8 *кг* смолы, 0,5 *кг* аммиака. В Ленау по методу Бергиуса получают уже сотни тыс. *m* нефтепродуктов. По методу BASF уголь превращают предварительно в водяной газ, к-рый обрабатывается водородом при *t*° 450° и давлении 100 *atm* в присутствии катализаторов. Гидрировать можно также мазут, первичную смолу и полукокс. Ландер, а затем Орлов сделали наблюдение, что легкое оводорожение в условиях бергинизации сообщает некоксующимся углям и антрацитам способность спекаться и давать плотный кокс. Химич. методы (в том числе экстрагирование растворителями и извлечение битумов) являются новейшими и многообещающими методами облагораживания. Извлечение водорода методом глубокого охлаждения (напр. из коксового газа) для целей получения синтетич. аммиака дает базу для получения ряда азотных продуктов и уменьшает себестоимость кокса. Комбинирование методов облагораживания встречается очень часто. Так, кокс получается нередко из мытого угля; брикетирование, а также получение пыли ведутся только после значительного подсушивания; встречается газификация брикетов, коксование углей в смеси с полукоксом, гидрирование уже облагороженных продуктов, газификация угольной пыли и т. д. По Фишеру при воздействии на смесь H_2 и CO при *t*° 420° и давлении ок. 150 *atm* в присутствии алкализированного железа как катализатора получается смесь высших спиртов и кетонов, частью альдегидов и жирных к-т; маслянистый слой ее, синтол, кипящий при *t*° 80—200°, путем последующего нагревания дает нефтеподобную жидкость—синтин. В 1925 г. Фишером и Тропшем проведен синтез нефти из водяного газа без применения высоких давлений при помощи катализаторов железа или кобальта. При давлениях в 10—12 *atm* получается смесь синтола, нефти и парафина. Синтин пригоден как моторное Т. для двигателей внутреннего сгорания.

Распространенность методов облагораживания в СССР сравнительно с заграницей еще незначительная. В Англии из 250 млн. *m* углей, добываемых ежегодно, сжигают непосредственно 147 млн., т. е. 58% (в том числе и в виде угольной пыли), а 42% подвергают облагораживанию (по данным Кровье). В Германии в 1913 г. примерно половина (52%) добываемых углей сжигалась непосредственно, а в 1927/28 г. только 40,8%, остальное потребитель получил в облагороженном виде. Для наглядности дана диаграмма (фиг. 2, где *1* — жидкое топливо ввезенное, *2*—продано в виде энергии, *3*—подвергнуто полукоксованию, *4*—гидрированный уголь, *5*—продано в виде газа, *6*—кокс, *7*—пылевидное Т., *8*—брикетированный уголь и *9*—необлагороженное Т.). Из нее видно, что за 15 лет увеличилось количество кокса, брикетов, газа и угольной пыли. Надо отметить, что в % сырого угля входит и часть фактически облагороженного на рудниках сухим или мокрым путем. Вышеприведенное иллюстрирует не только значение методов облагораживания, но и удельный вес методов облагораживания; в каждой стране он обусловливается рядом факторов: развитием пром-сти, транспорта, наличием тех или иных запасов Т. и ценой их и т. д. Существенное влияние оказывает и возраст метода, давность возникновения соответственных отраслей пром-сти и размеры вложенных в них капиталов. Промышленные страны с крупным выпуском металла и вследствие этого потребляющие много кокса применяют как предварительное обогащение, так и коксование



Фиг. 2.

(в США, где получается до 40% мирового выхода кокса, Англии, Германии, Франции, Бельгии, СССР и т. д.). Недостаток жидкого Т. (в Англии, Германии и т. д.) обусловливает необходимость развития сухой перегонки ископаемых углей, а также их ожижение. Наличие древесных богатств при недостатке кокса давно уже обусловило в СССР развитие газификации частичной (углежжение) или полной, чаще всего без использования побочных продуктов, несмотря на недостаток последних. Применение тракторов и автодвигателей в СССР обусловливает необходимость облагораживания углей, в первую очередь сапропелевых, особенно в местностях, удаленных от крупных залежей нефти (напр. в Сибири). Пылевидное Т., столь распространенное в США, в Европе находит себе сравнительно небольшое применение; в СССР имеются уже отдельные крупные установки на угольной пыли, между тем сжигание в виде пыли особенно важно для низкосортных Т. На полукоксование за границей идет менее 0,5% добываемого угля, лишь для бурых герм. углей % доходил до 3,5 этих углей. (В связи с современным кризисом применение этого метода переработки сильно сократилось, особенно в Германии для каменных углей.) Наконец ожижение угля, получив базу в Германии (получается ~ 300 000 *т* бензина таким способом), только начинает применяться в других странах (в Англии в 1932 г. было 10 установок с общей производительностью в 322 616 *т* угля, т. е. ок. 0,1% от добычи). У нас нет еще и крупных опытных установок. Рационализация домового отопления вызовет несомненно рост облагораживания Т. Развитие грузового и легкового автомобильного движения (шоссейные дороги) и строительство новых городов (улицы) ставят вопрос о переработке смолы и пека; по приблизительным данным 1 *км* путей потребует 18—40 *т* пека. В Англии около трети каменноугольной смолы идет для этих целей. Для пропитки ж.-д. шпал требуются также масла каменноугольной смолы. В США около половины смолы применяется не в виде Т. Побочные продукты газификации находят себе значительный сбыт в целом ряде отраслей промышленности — военной, искусственных удобрений, красителей, фармацевтической и т. д. В США процент газа в топливном балансе достиг 11%, а угля—упал до 61%.

Брикеты цементируются после подсушивания чаще с различными связующими материалами (буроугольные брикеты получаются путем одного прессования). К этому виду Т. относят также хвойные брикеты, кизяк и т. п. Они компактны, удобны для перевозки и хранения, прочны в смысле изменяемости. В Германии более $^2/_3$ по весу бурых углей подвергается брикетированию, причем на 1 *т* брикета идет 2,8 *т* бурого угля с влажностью 50—60%. При *брикетировании* (см.) уменьшается влажность до 15% и повышается Q до $^2/_3$ Q каменного угля. Особенно охотно применяют брикеты за границей в домашнем быту (несмотря на сильную конкуренцию газа), также на ж. д., во флоте и т. д. В СССР они пока мало распространены.

Древесный уголь несмотря на дороговизну применяется для выплавки высокосортного чугуна в доменных и электропечах на Урале и в Швеции, для передела чугуна в железо кричным процессом в Швеции, производства цементной стали (гл. обр. в Англии), поверхностной цементации изделий, для нагрева железа до сварочного жара в кузнечных горнах, в домашнем быту, для домового отопления (в Японии). Содержание С зависит от $t°$ переугливания и пропорционально ей (см. *Древесный уголь*).

Кучной уголь содержит 80—94% С (600—700°), имеет большую пористость, плотность и прозрачность и лучше печного, к-рый при $t°$ 350—400° имеет 76—80% С. Последний однако выгоднее, т. к. допускает использование ценных и дефицитных у нас побочных продуктов. Q при выходе 21—25% 6 500—7 800 Cal, Q^1—до 8 000 Cal. При хранении этот уголь легко крошится, разогревается, при соприкосновении с водой поглощает много влаги (до 200% ее и более по Павлову). Полукокс является продуктом сухой перегонки при низких $t°$ (по Джентри до 750°, обыкновенно ок. 500—550°) (см. *Каменный уголь*, сухая перегонка); это—бездымное Т. с 10—12% V, сжигаемое в обычных топках (домашних или промышленных) или в виде пыли. За границей имеет распространение гл. обр. буроугольный полукокс (в Германии). Выходы полукокса 66—76% от исходного материала. Q — выше, чем у исходного материала, но иногда, например у подмосковного богхеда ($Q_в$ богхеда 7 027 Cal, $Q_в$ полукокса из него 5 395 Cal), ниже вследствие получения из него до 44% первичной смолы с высокой $Q_в$ (10 000 Cal). Буроугольный полукокс плохо переносит хранение.

Кокс. Каменноугольный, буроугольный и торфяной кокс обладает по сравнению с исходным материалом меньшей гигроскопичностью, большей крепостью и механич. прочностью, большей жаропроизводительной способностью. Эти виды Т. дают бездымное (или почти бездымное) сгорание, не сплавляются в топке, хорошо выдерживают хранение, не имея склонности к самовозгоранию. Q кокса по заграничным данным ок. 7 950 Cal. Хороший кокс характеризуется металлич. звоном при ударе по куску его. По технич. условиям СССР кокс литейный донецкий должен иметь размеры кусков свыше 40 *мм*, нормальный % влаги 6, золы 11, браковочный предел (зола) 13%, $S^c_{об}$ 1,6%. Для металлургич. кокса марок $КМ_1$, $КМ_2$, $КМ_3$ браковочный предел по S—2; 2,5; 3%; по A—14; 14; 17%, а для второго сорта по сере браковочный предел 3%, по золе 18%, нормальный % влаги 7. Браковочный предел по барабанной пробе 200. Для кузнецкого кокса—куски размером свыше 35 *мм*, нормальный % влаги 7, золы 13, браковочный предел по золе 15%, по барабанной пробе 200. Зольность и сернистость наших донецких *коксов* (см.) выше обычных заграничных. В связи с рационализацией *коксования* (см.) и установления сортамента высококачественных чугунов и сталей выявилась необходимость в коксе с содержанием золы до 6% и фосфора до 0,015%. За границей применяется также газовый кокс, а в США и нефтяной кокс; в 1930 г. последнего получено 2 млн. *т*.

Жидкое Т. *Нефть* (см.) и продукты из нее, смолы и смоляные масла, продукты конденсации газов, или крекинга, спирты имеют меньшее значение в балансе Т., чем твердые Т., но они теплоплотны, незаменимы для двигателей внутреннего сгорания, почти не имеют балласта, сгорают без дыма, развивают высокую $t°$ сгорания, хорошо переносят хранение и транспорт, удобны для накопления запасов, что важно для обороны страны. Благодаря

однако меньшему уд. в. при одинаковом объеме (напр. мазута и хорошего угля) развивается примерно одинаковое количество тепла. Они применяются как для целей получения тепла и света, так и технологич. переработки. Гидрирование продуктов смол и мазута дает моторное топливо, тогда как первичная смола как таковая для этих целей непригодна. По Q нефтяные Т. располагаются в таком порядке: бензин, керосин, мазут, т. е. Q тем больше, чем ниже уд. в. Характеристики жидких топлив даны в *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 365—422. Свойства тяжелых нефтяных Т. указаны в ОСТ 429. Бензины, газолины и керосины находят в промышленности и в домашнем быту все большее применение в связи с развитием авиации, автомобилизма, тракторизации. Иногда препятствием к применению служит излишний процент S. Характеристика жидких топлив Германии приведена в табл. 2.

Табл. 2. — Жидкие топлива Германии.

Вид топлива	Уд. вес при 15°	$Q_в$	$Q_н$
Нефтяной бензин	0,725	11,150	10,350
Газолин для дизелей	0,875	11,035	10,175
Мазут	0,955	10,240	9,650
Бензол моторный	0,885	10.075	9,650
Смолян. масла для дизелей	1,035	9,530	9,150
» » » топок	1,09	9,350	9,100
Жидкая смола для топок	1,120	9,170	8,850
Смолян. масла для дизелей из буроуг. смолы	0,925	10,140	9,550

Газообразное Т. имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами Т.: 1) возможность сжигания при небольшом избытке воздуха, 2) возможность использования в двигателях внутреннего сгорания, 3) высокий термич. коэф. и кпд газовой топки, 4) быстрота пуска в ход, легкость регулировки, возможность подогрева, 5) отсутствие отбросов и бездымное сгорание, 6) возможность получения его из отбросов и низкосортных местных Т., 7) дешевизна, особенно природного, газа.

Хранение Т. вызывается необходимостью иметь известный запас как в местах добычи, так и потребления, не считая обязательных запасов ж.-д., портовых, военных и т. д. Хранение должно производиться различно в зависимости от вида и сорта Т. Наиболее сложной и мало разработанной является проблема хранения твердого Т., в особенности торфа, ископаемых углей и полукоксов, гл. обр. в связи с их способностью изменяться и самовозгораться (см. *Самовозгораемость*). Дрова в общем хорошо переносят хранение в амбарах или на сухих незатопляемых складах (сырость вызывает загнивание); свежеприготовленный древесный уголь обнаруживает склонность к самонагреву, поэтому его выдерживают перед укладкой; кокс не изменяется при хранении. Потери на складах и при транспорте в открытых вагонах зависят от распыливания, увеличения % мелочи и ухудшения качества (понижение коксуемости, теплотворной способности, понижение выходов используемых побочных продуктов и возрастание гигроскопичности). Хранение ведется обычно в штабелях, чаще всего трапецевидного сечения, причем временная обязательная высота на ж.-д. складах для углей колеблется в пределах 0,7—2 *м* (см. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 360). В Германии нормальная высота 2,5 *м*, в Англии, где угли дают много мелочи, 2,3 *м*, в США допускаются бо́льшие высоты—от 4,5 и до 15 *м*. На размер потерь влияют качество угля, крепость, климат, способ укладки и хранения и длительность последнего, размеры штабелей. Хранить угли можно в открытых штабелях с прокладкой (или без прокладки) охлаждающих вентиляционных труб, а также на искусственном поду. Предохранительные меры разделяются на полузащитные (сухие ямы, изоляция помощью слоя глины или извести, сортировка, послойное уплотнение при укладке штабеля) и защитные (хранение под водой или в атмосфере нейтральных газов). В СССР обычно применяется хранение в открытых штабелях без прокладки труб; самая укладка часто ведется с нарушением основного правила—равномерного распределения мелочи и кусков. При хранении надлежит вести наблюдение темп-ры в штабелях. По нашим технич. условиям уголь Донецкого, Кизеловского, Егоршинского, Кузнецкого бассейнов при подъеме $t°$ на глубине 1 *м* до 50°, Ферганского и Черемховского—выше 40° м. б. допущен к погрузке только после охлаждения и определения Q. Опасная $t°$, при к-рой надо уже перекладывать штабель, 65—80°. Очень часто самовозгорается фрезерный торф.

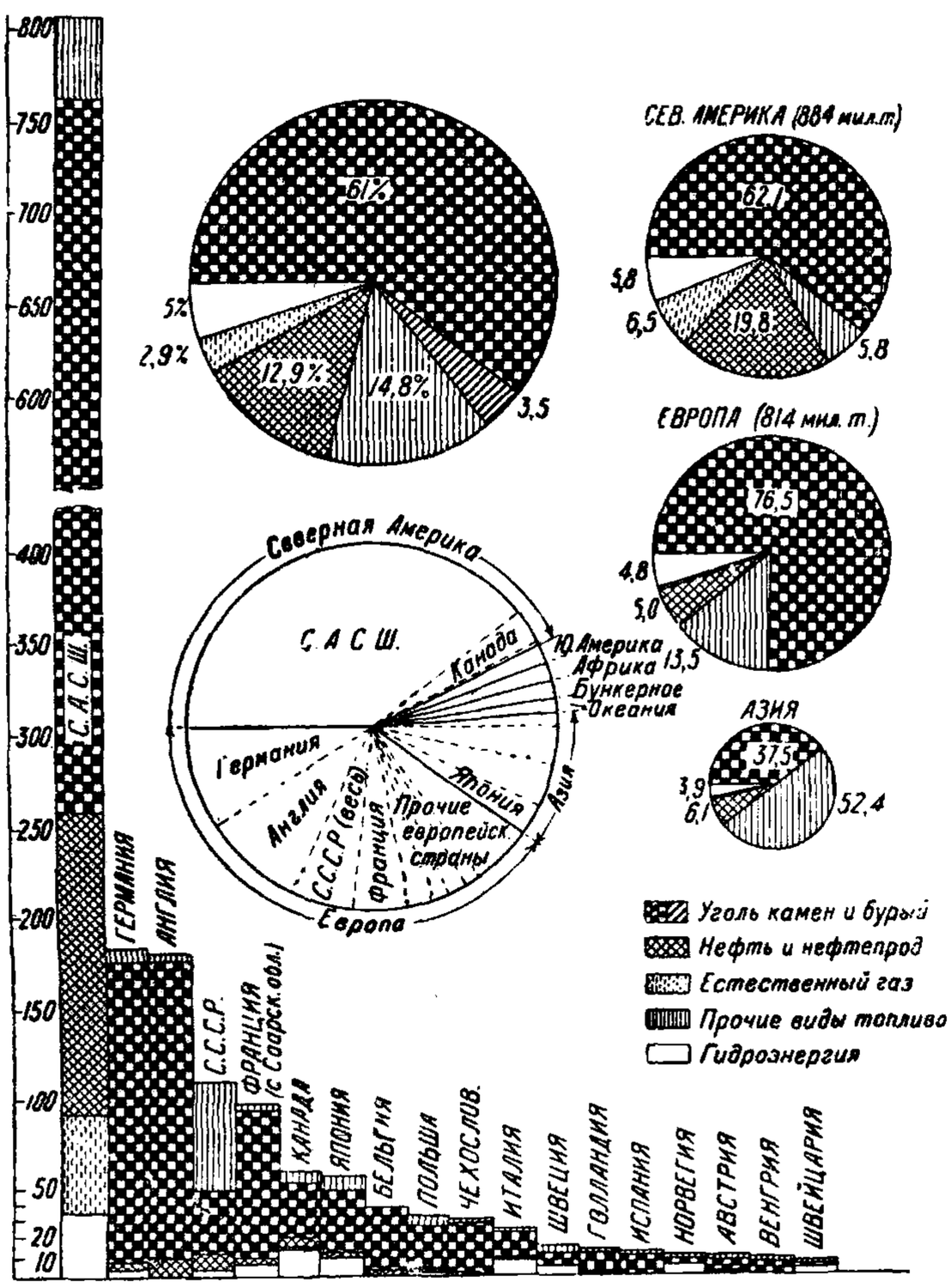
Хранение жидких Т. производится в подземных и надземных железных клепаных резервуарах специального устройства или, как напр. смола, в ямах, выложенных защитным слоем (см. *Нефтехранилища*). Перевозка этого Т. ведется в цистернах, наливных баржах или пароходах, частично в деревянных проклеенных внутри бочках. Применяется в широких размерах за границей и у нас перекачка по трубопроводам, причем избегаются потери легких частей, что имеет место на складах и в цистернах, особенно в летнее время. Парафинистый мазут затвердевает в прохладное время в цистернах, поэтому необходим подогрев его острым или глухим паром; размыв струей подогретого мазута (способ ВТИ) оказался удобным и более дешевым. Для хранения газообразного Т. применяют *газгольдеры* (см.).

Запасы и использование Т. Общие запасы Т. в СССР принимались обычно в 10% от мировых (для углей 7,2%) при населении в 7,5% от мирового. Для ископаемых углей запасы считали 552 300 млн. *т*, но усиленными разведками были выявлены бо́льшие запасы. Всесоюзный геологич. съезд установил в 1932 г. цифру в 640 000 млн. *т*, кроме крупнейших Тунгусского и Печорского бассейнов. По данным М. Пригоровского и акад. И. Губкина (1933 г.) запасы следует определить в 1 200 млрд. *т*; т. о. СССР занимает по запасам третье место в мире, причем мировые запасы по качеству ниже наших; в СССР бурых углей ок. 20%, а за границей ок. 38%. Если учесть, что стоящая на втором месте Канада (1 380 млрд. *т*) имеет до 80% бурых углей, то при переводе на условное Т. СССР выдвигается на второе место. Средние эквиваленты Т. при переводе его на условное Т. следующие:

Дрова с 30% влаги	0,13	Хакасский уголь	0,81
» 1 *м*³	0,18	Сучанский (ДВК) уголь	0,85
Сланцы	0,3	Донецкий антрацит	0,97
Торф (3 500 Cal)	0,49	» уголь	0,98
» с 40% влаги	0,4	Кузнецкий »	1,0
Подмосковный уголь	0,47	Кокс	1,0
Челябинский »	0,62	Мазут	1,4
Среднеазиатский »	0,70	Бензин	1,5
Черемховский »	0,81		

Запасы сланцев ок. 7 620 млн. *т*; твердо установленных запасов нефти ок. 3 млрд. *т*

(по И. Губкину), т. е. они занимают первое место в мире; по площади лесов СССР также занимает первое место в мире. Под лесами занято до 40% территории. Запасы торфа примерно 52 млрд. *m* в условном Т. При таких запасах Т. и при незначительном развитии пром-сти прежняя Россия была страной хронических кризисов Т. Хищнически сжигались часто лучшие сорта Т. Доля участия в мировой добыче углей в 1913 г. была 2,6%. Топливный баланс сводился за счет привоза 15—18% углей и кокса из-за границы (в 1913 г. ввезено 8,3 млн. *m*). Характеристика мирового потребления Т. и гидроэнергии для 1928 г. дана в диаграмме на фиг. 3. Из нее видно, что гидроэнергия играет



Фиг. 3.

малую роль (в среднем менее 5%), главную—ископаемые угли, меньшую—нефть и ее продукты; в СССР еще видное место занимают дрова, торф, солома и т. п. В настоящее время импорт углей у нас незначителен, зато имеет место экспорт углей и особенно нефти и нефтяных продуктов несмотря на быстрый рост промышленного потребления. По данным Госплана топливный баланс на 1932 г. сведен т. о.:

Ископаемых углей, млн. *m* (в 1928/29 г. 41,1 млн. *m*) . . . . . ок.	61,0
Нефти. нефтяных продуктов и нефтяного газа, млн. *m*	22,3
Торфа, млн. *m*	13,85
Горюч. сланцев, млн. *m*	0,32
Дров, млн. *м*³	80,0

При этом усилена роль местных низкосортных топлив. Ежесуточная добыча углей равна 230—250 тыс. *m*. Бóльшая часть принадлежит Донбассу (130—155 тыс. *m*), Кузбассу (24—32 тыс. *m*), Уралу (11—13 тыс. *m*), Москвауглю (11—12 тыс. *m*). На 1937 г. намечен объем потребления Т. в 225,9 млн. *m*. Т. применяется для чисто энéргетических целей и как сырье в химической пром-сти. Т. используется весьма несовершенно: термич. кпд для паровых машин малых 5—10%, больших 15%, газовых машин до 25%, паровозов 6—9%, паротурбин 18—20%, для двигателей внутреннего сгорания доходит до 25—35%. Рациональное использование крупных электроцентралей с проведением теплофикации может значительно повысить этот процент (до 70—75%).

Лит.: Окнов М., Топливо и его сожигание, Л., 1931; Штрахе-Лант, Химия угля, пер. с нем., Харьков, 1931; Стадников Г., Анализ и исследование углей, Харьков, 1932; Крым В., Ископаемое топливо Донецкого бассейна, его свойства, сдача и приемка, 2 изд., Харьков, 1929; Федоров В., Несколько слов о методах забора и пересылки проб газа, «ИТИ», 1925, *2/4*; Ануфриев В., Проект типового оборудования для отбора средних проб твердого топлива и анализа, там же, М., 1928, *1/34*; Шахно А., О методике определения влаги в углях, «Кокс и химия», Харьков, 1932, *11*; Мулерт Ф., Сера в угле, пер. с нем., Л., 1932; Стадников Г., Титов Н., О методах определения серы в твердых топливах, «Кокс и химия», Харьков, 1932, *5—6*; Нефедьева О., Зола твердых топлив и ее исследование, М.—Л., 1933; Щукарев А., Испытание теплотворной способности топлива методом сожигания его в сдавленном кислороде, Л., 1928; Шахно А., Определение *Q* в калориметрах упрощенного типа, «ИТИ», 1931, *1/61*; Крым В., К вопросу о возможности применения формулы Гуталя, там же, 1923, *1/3*; его же, О формуле Гуталя, там же, 1925, *9/11*; Кейнат Г., Электрические приборы для измерения, пер. с нем., Л.—М., 1930; Губкин И., Естественные богатства СССР и их использование, Л., 1931; Пригоровский М., Угленосные районы СССР, Л., 1932; Сазонов Н., Недра Советской Азии, Уголь, М., 1931; Кузнецов М. и Панченко С., Опытное коксование углей Кузнецкого бассейна, Харьков, 1932; Заремба К., Современные газгольдеры, «Кокс и химия», Харьков, 1931; Караваев Н. и Башкиров А., Проблема полукоксования в Урало-Кузнецком комбинате, «Химия твердого топлива», М., 1931, *6*; Караваев Н. и Раппопорт И., Состав смолы из сапропелитов р. Барзасс, там же, 1930, *3*; Орлов Н., О шунгите, там же, 1932, *2—3*; Гофтман М., Характеристика углей Лисичанского района, там же, 1931, *9*; Курындин К., Об ачинских сапропелитах, там же, 1932, *9—10*; Солодников П., Получение газа из подмосковного угля, там же, 1931, *8*; Чижевский Н., Коксование подмосковных углей вместе с донецкими и самостоятельно, М.—Л., 1932; его же, Проблема расширения сырьевой базы для коксовой пром-сти, «Химия твердого топлива», М., 1930, *4*; Шахно А., Краткий обзор заграничных классификаций для углей, там же, 1931, *11—12*; Клишевич Н., О применении антрацита в доменную плавку на Мариупольском заводе, там же, 1931, *3*; Федоров В., К вопросу о газификации угля в пластах, М.—Л., 1932; Солодовников П., Новиков Л. и Жуков А., Газификация сырого подмосковного угля, «Химия твердого топлива», М., 1932, *4*; Жемчужников Ю., Микроскопическое исследование углей, там же, 1930, *3*; Кноблаух О. и Генке К., Точные измерения темп-ры в технике, пер. с нем., Л., 1931; Климов Б., Проблема газификации углей и Б. металлургии на торфе, Л., 1933; Стадников Г., Анализ горючих сланцев, Л., 1933; Дель, Полная газификация бурых углей над давлением, «Русско-Герман. Вестник науки и техники», 1933, *4*; Сапожников Л. и Бахун П., Лабораторные методы подбора шихты и определения ее коксуемости, Днепропетровск, 1932; Эберлин Л., К вопросу о технических условиях на поставку угля, Механич. пробоотбиратель, Харьков, 1915; Корелин А. и Коллегаев А., Качественная характеристика топлив СССР, «ИТИ», М., 1932, *10*; Зикеев Т. и Поджарская Д., Метод определения общей влаги в донецких углях и антрацитах, «Заводская лаборатория», Л., 1932, *11*, *12*; Шахно А., О проблеме применения ископаемых углей как искусственных удобрений, «ЖХП», 1931, *14*; Стадников Г., Ископаемые угли и горючие сланцы, «Химия твердого топлива», М., 1932, *4—8*, *9—10*; Шахно А., Об унификации терминов и обозначений при исследовании топлива, «ЖХП», 1930, *5—6*; Лоханский И., Основы коксования с улавливанием побочных продуктов, Л., 1930; Товароведение, под ред. П. Петрова и Ф. Церевитинова, М.—Л., 1926; Справочная библиотека хозяйственника-практика, под ред. А. Шустова, ст. Н. Караваева, вып. 1, М., 1927; Теплотехник, Справочная книга по расчету, проектированию и эксплоатации теплосиловых установок, под ред. А. Астафьева, т. 1, Л., 1928; Технические условия на поставку твердого минерального топлива, утвержденные Госпланом СССР 1/IV 1929 г., М., 1929; Стандартные методы отбора проб и анализа каменного угля и кокса, пер. с англ., под ред. Д. Монастырского, Л., 1932; Британский стандарт отбора проб и анализа неэкспортного угля, «Труды Ин-та стандартов каменноугольной промышленности», М., 1932, вып. 2; Германские стандарты испытания топлива, там же, М., 1932, вып. 4; Методы отбора средних проб топлив. «Труды 2 Всесоюзн. теплотехнич. съезда», М., 1926, т. 1,

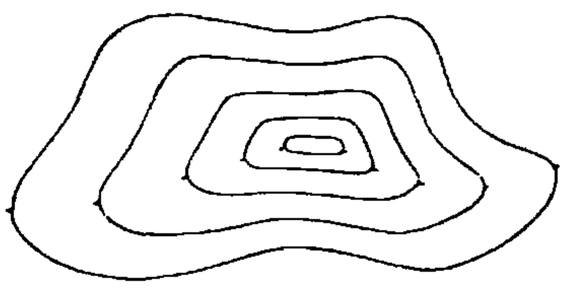
вып. 2; Методы испытаний нефтепродуктов, «Вестник комитета стандартизации», М., 1928, вып. 5; Топливоснабжение главнейших стран, под ред. А. Горянова, М.—Л., 1932; Рациональное использование топлив СССР, под ред. Гольцмана, М.—Л., 1930; Обзор главнейших месторождений углей и горючих сланцев СССР, под ред.: М. Пригоровского, В. Яворского, П. Степанова, А. Криштофович и Ю. Жемчужникова, Л., 1930; Гаврилов Н., Проблемы химии топлива в 20 в., «Социал. реконструкция», М., 1932, вып. 2; Итоги выполнения первого пятилетнего плана развития народного хозяйства СССР, М., 1933; Труды международных конференций по топливу, Лондон, 1924, Берлин, 1930, труды междунар. конференций по битуминозным углям в Питтсбурге, 1925, 1928; Stach E., Kohlenpetrographisches Praktikum, 1928; Aufhäuser A., Brennstoff u. Verbrennung, Berlin, 1926; Dolch M., Die Untersuchung d. Brennstoffe u. ihre rechnerische Auswertung, Halle a/S., 1932; Strache-Lant, Kohlenchemie, Berlin, 1924; Schwackhöfer F., Die Kohlen Oesterreichs, Deutschlands, der Czechoslowakei, Polens usw., 4 Aufl., W., 1928; Dolch M., Brennstofftechnisches Praktikum, Halle a/S., 1931; Simmersbach O., Schneider G., Grundlagen d. Kokschemie, 3 Aufl., Berlin, 1930; Fischer F., Gesammelte Abhandlungen z. Kenntnis d. Kohle, B. 1—10, B., 1915—32; Parr S., The Analysis of Fuel, Gas, Water, N. Y., 1922; Haslam R. a. Russel R., Fuel a. Theier Combustion, N. Y., 1926; Litterscheidt W., Die neuere Kohlenforschung u. ihre Bedeutung für die Gastechnik, «Gas u. Wasserfach», 1933, *10*; Lessing, Determination of Fusen, «J. Ch. I.», 1925, *24*; Davis, «Fuel», L., 1929, *9*; Heathcoal F., The Reactivity of Coal, The Permanganate Number, ibid., 1933, *1*; König F., Richtlinien für den Betrieb einer modernen Kokerei, «Brennstoff-Chemie», Halle a/S., 1931, *19, 20, 21*; Duparque A., «CR», 1932; Foxwell G., «J. Ch. I.», 1921, p. 193; Foxwell G., «Brennstoff-Chemie», Essen, 1932, p. 1; Hofmeister, «Glückauf», Essen, 1932, p. 405; Bunte K., Baum, «Das Gas- u. Wasserfach», Mch., 1928, p. 97; Bunte K., Reerink, «Archiv für Wärmewirtschaft», 1931, *76*; Stach, Kühlwein, «Glückauf», Essen, 1878, p. 841, 1929, p. 321, 1930, p. 1465; Norman, Kemp C., «Chimie et Ind.», P., 1924; Trutnowsky H., Schwelgas, Halle a/S., 1928; Schläpfer P., Ueber das Verhalten des Kokses bei hohen Temperaturen, «Monatsbulletin des schweiz. Vereins v. Gas- u. Wasserfachmännern», Zürich, 1924; Sander A., Kolloidale Brennstoffgemische aus Kohlenstaub u. Ölen, «Brennstoff u. Wärmewirtschaft», Halle a/S., 1932, p. 133; Koppers H., Handbuch d. Brennstofftechnik, Essen, 1928; Staemmler C., Versuche zur Bertinierung d. Braunkohlen, «Brennstoff-Chemie», 1931, *23*; Wehrmann F., Probenahme u. Schüttgewicht von Kohlen, «Das Gas u. Wasserfach», 1933, *10*; Bergius T., Contribution for Knowledge of the Transformation Cellulose a. Lignin to Coal, «Proceed. of the II Intern. Confer. Bitum-Coal», Pittsburg, 1928, V. 1; Stadnikoff G., The Nature a. Properties of Siberian Bogheads, ibid., 1928; Frank F., Gas aus Braunkohle, «Ztschr. f. anorg. Chemie», Lpz., 1929, *29*; Schuster, «Glückauf», 1931, p. 232; Kronacher G., «Gas Age Record», N. Y., 1931, *2*; Engler C. u. Höfer H., Das Erdöl, seine Physik, Chemie, Geologie, Technologie u. sein Wirtschaftsbetrieb, B. 1—3, Lpz., 1931, *2*; Dunstan A., «J. Ch. I.», 1932, p. 822—31, 846—55; Agde, Lyncker L., «Brennstoff-Chemie», Halle a/S., 1929, p. 86; Schroth, Erfahrungen, Untersuchungen und Versuche an grossen Doppelgasgeneratoren, «Gas- u. Wasserfach», Mch., 1930, *22*; Lambris G., Das Backen, Blähen u. Treiben von Kokskohlen, «Brennstoff-Chemie», 1931, p. 181; Hoffert W., «Gas Journal», L., 1932, p. 414; Hoskin A., A Study of Spontaneaus Combustion in Storage Coal; «Engineering Experiment Station», Bull., Indiana, 1928, *30*; Stansfield a. Sutherland, Coal Division, N. Y., 1930; Holroyd H., Wheeler R., «Fuel», L., 1930, *9*; «Proceedings of the III International Conference on Bituminous Coal», Carnegie Inst., Pittsburg, 1932.

А. Шахно.

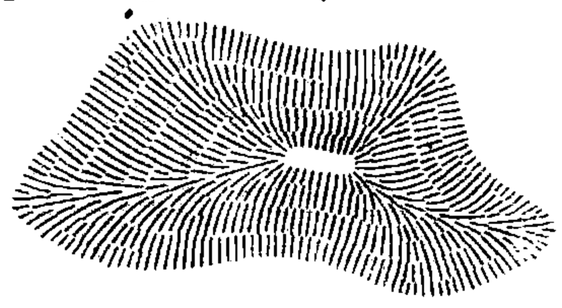
ТОПОГРАФИЯ местности, совокупность всех неровностей местности (рельеф местности), всех контуров, находящихся на местности (лесов, лугов, рек, озер и пр.), всех местных предметов—естественных и искусственных. С такой точки зрения Т.— внешний вид действительной поверхности суши со всеми ее выпуклостями, углублениями, мелкими шероховатостями. В другом представлении Т.—прикладная математич. отрасль знаний, родственная низшей *геодезии* (см.), указывающая простейшие способы и приемы *съемки* (см.) поверхности земельных участков, принимаемых за плоскость, и соответствующие приемы составления плана, т. е. нанесения результатов съемки на бумагу в виде проекции очертаний местности на горизонтальную плоскость в требуемом уменьшении (масштабе); в результате топографической съемки на местности и нанесения добытых ею данных на бумагу получается чертеж (план, планшет, брульон, кроки). План, планшет, брульон представляют более точные и полные изображения рельефа местности и других ее очертаний; кроки—менее точное и менее полное приближенное их изображение. Наибольшею полнотою отличается планшет-фотоплан с рельефом, изображенным горизонталями, получаемый при *аэрофотосъемке* (см.).

I. По внешнему виду неровности местности (ее рельеф) весьма разнообразны, но при внимательном их рассмотрении в натуре все они м. б. приведены к весьма ограниченному числу типичных простых форм неровностей местности.

а) Вершина—выпуклая часть земной поверхности; вода, налитая на вершину в изобилии, сверху отвесно потекла бы с нее вниз от высшей точки по всем направлениям, называемым скатами вершины; каждый скат характеризуется его крутизною, определяемой углом наклонения, т. е. углом, составленным направлением ската на местности (направлением, по которому стекала бы вода, падающая отвесно) с горизонтальною плоскостью; та линия, по которой скаты данной вершины переходят в горизонтальную поверхность (в равнину), называется подошвою ската; сверху каждая вершина ограничивается б. или м. обширною горизонтальною площадкою (плато) разнообразных очертаний, б. или м. постепенно переходящею в скаты вершины; остроконечные вершины называются шпицем, сопкою, пиком. Направления скатов данной вершины, спускающиеся от верхней площадки под наименьшими углами наклонения относительно смежных с ними направлений скатов, образуют так называемые хребтовые, или водораздельные, линии. Отдельная вершина значительных размеров называется горою; незначительная отдельная вершина называется холмом; незначительная отдельная вершина искусственного происхождения называется курганом (фиг. 1 и 2; направления водораздельных линий даны берг-штрихами).



Фиг. 1.

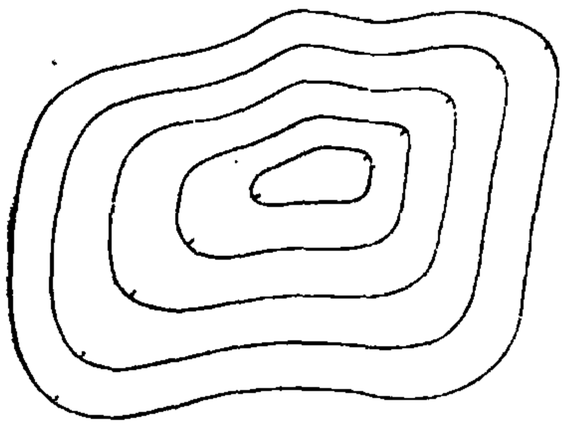


Фиг. 2.

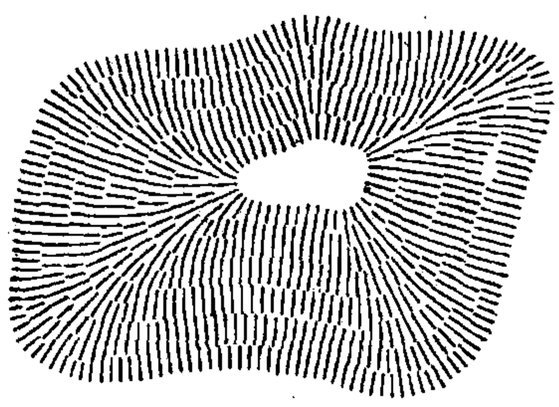
б) Котловина — чашеобразная вогнутая часть земной поверхности; эта форма—противоположная вершине. Плато здесь представляет дно котловины; скаты называются щеками котловины; линия, по которой щеки переходят в окружающую равнину, называется окраиной котловины. Направления скатов наименьшего уклона называются водосливными линиями. Незначительная котловина называется впадиной, или ямой (фиг. 3 и 4; направления водосливных линий даны берг-штрихами).

в) Хребет—вершина, вытянутая в одном направлении; в приближенном представлении хребет—как бы треугольная призма, лежащая на одной из боковых граней. В поперечном разрезе хребет напоминает вершину (или гору)

с двумя крутыми скатами; в продольном разрезе хребет представляет волнообразную кривую, постепенно понижающуюся в одну сторо-



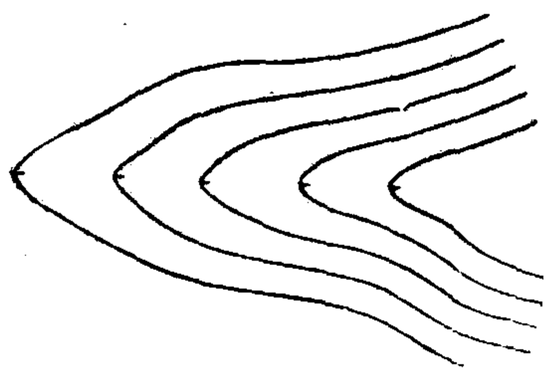
Фиг. 3.



Фиг. 4.

ну или к обоим концам от нек-рой высшей точки (плато). В хребте различают два ската (боковые) и среднюю хребтовую, или водораздельную, линию, идущую вдоль хребта по его гребню; эта линия (гребень) соединяет высшие точки всех поперечных разрезов (профилей) хребта. Низшие, сравнительно со смежными, части хребтовой линии (гребня) называют перевалами. От главного основного хребта часто отделяются боковые хребты меньших размеров; их водораздельные линии (гребни) спускаются в стороны от водораздельной линии (гребня) главного основного хребта.

г) Лощина — форма, обратная хребту, представляет углубление, вытянутое в одном направлении; в поперечных разрезах лощина напоминает поперечный разрез котловины. Боковые скаты лощины называются щеками, имеющими бо́льшую или меньшую крутизну, определяемую углом между направлением наклона щеки и горизонтальною плоскостью. Нижняя часть лощины между щеками представляет



Фиг. 5.



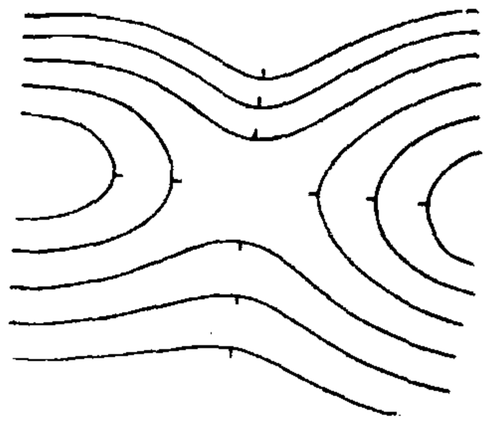
Фиг. 6.

дно лощины, по которому проходит водосливная линия, или тальвег, лощины по направлению наименьшего наклона дна лощины; обычно водосливная линия является руслом ручья или реки, протекающих по дну лощины. Водосливная линия (тальвег) данной лощины может иметь или постоянный общий наклон к горизонту, называемый падением, или различные падения в различных участках дна лощины. То место, откуда начинается падение тальвега, называют началом лощины; то место, где тальвег данной лощины выходит на равнину или где тальвег данной лощины сливается с тальвегом другой лощины, называется устьем лощины. Широкая лощина с раздвинутыми в стороны от тальвега щеками, с мало наклонным тальвегом называется долиною. Узкая лощина с крутыми наклонами щек и с сравнительно быстро понижающимся тальвегом называется теснино́ю, или ущельем, если она прорезает хребет, и оврагом, если она прорезает скаты вершины или углубляется в равнину. Незначительная лощина с почти отвесными щеками называется балкою, рытвиною, промоиною (фиг. 5 и 6).

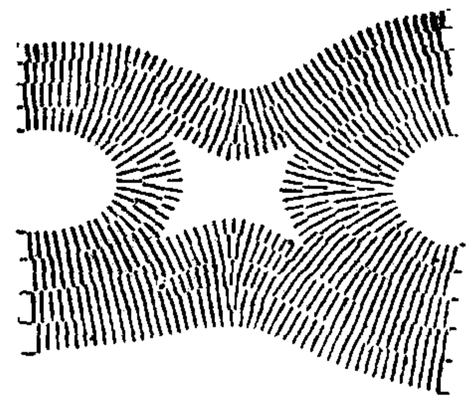
Сочетания вершин и лощин дают следующие промежуточные формы неровностей местности.

д) Седловина — более или менее значительная площадка, образующаяся при начале двух или более лощин, расходящихся в разные стороны, и у подошв вершин, расположенных между этими лощинами. Разрез седловины по направлению хребтовых линий двух вершин представляет собою кривую линию, обращенную вогнутостью вверх; разрез седловины по направлению тальвегов двух лощин представляет собою кривую линию, обращенную выпуклостью вверх (фиг. 7 и 8; направления тальвегов лощин и хребтовых линий вершин обозначены берг-штрихами; седловина — посредине).

е) Терраса, или уступ, — почти горизонтальная площадка на скате вершины, горы, хребта. От террасы (уступа) в одну сторону



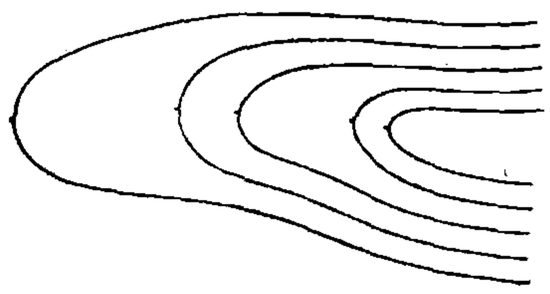
Фиг. 7.



Фиг. 8.

скат идет вниз; в противоположную сторону — подъем вверх. Линия, по к-рой терраса переходит в скат и в подъем, называется перегибом. Иногда подъем от террасы и скат от нее представляют собою крутые, даже почти отвесные обрывы (фиг. 9 и 10; направления скатов обозначены берг-штрихами).

Всякая местность в отношении неровностей представляет собою сочетание вышеописанных основных и промежуточных форм; поэтому, прежде чем производить на местности действия, имеющие задачею съемку ее рельефа, съемщик должен увидеть, отличить на местности те простые формы, из сочетания к-рых слагается рельеф местности снимаемого участка. Этому благоприятствует (прежде всего) умение обнаруживать на местности основные линии рельефа, а именно: очертания плато вершин, водораздельные (хребтовые) линии, водосливные линии (тальвеги), окраины и очертания дна котловин, очертания площадок седловин, очертания террас (уступов). В природе очень редко встречаются вершины, хребты, лощины и другие формы рельефа, лежащие совершенно отдельно; обыкновенно от главного, самого возвышенного



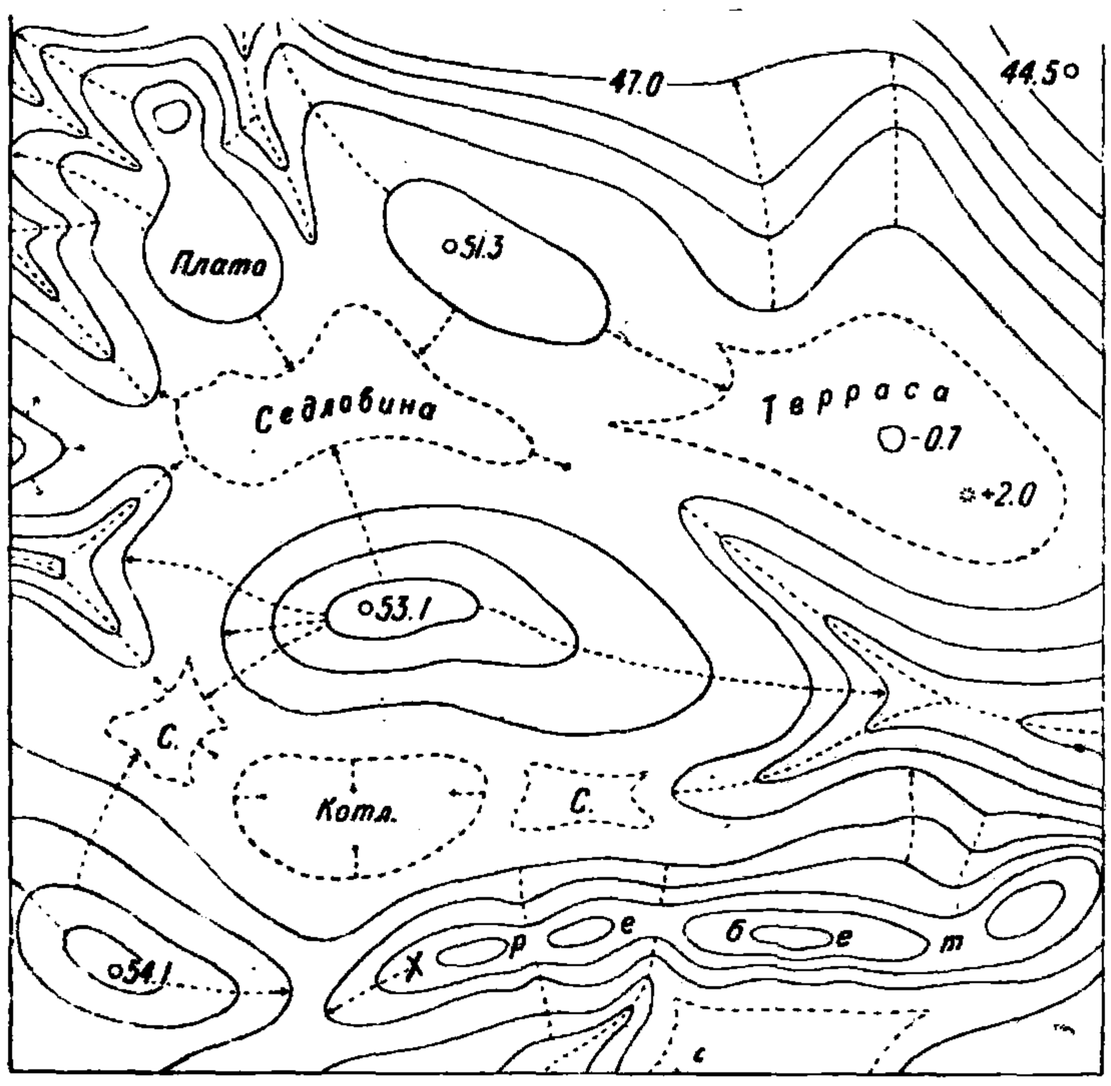
Фиг. 9.



Фиг. 10.

хребта идут боковые хребты; от них в свою очередь отделяются еще более мелкие хребты и т. д.; в промежутках между этими хребтами лежат лощины, или долины, причем в главную лощину (долину) впадают (сходятся) второстепенные лощины; в эти лощины впадают более мелкие лощины, овраги, балки и т. д. В общем вся система водораздельных (хребтовых) и водосливных (тальвегов) линий данного участка местности напоминает собою ветви дерева, причем разветвления водораздельных линий входят в промежутки между разветвлениями водосливных линий. Совокупность хребтовых линий, отделяющих одну речную систему от другой,

окаймляет нек-рую площадь, орошаемую одною рекою со всеми ее притоками; эта площадь называется б а с с е й н о м данной речной системы. Отличив на местности основные линии рельефа в их взаимном сочетании, легче разобраться в отдельных простых формах рельефа, из сочетания к-рых слагается весь рельеф (вид поверхности) данного участка местности. Т. о. полное изучение рельефа местности в натуре состоит: 1) в отыскании о с н о в н ы х л и н и й рельефа (см. выше); 2) в обнаруживании ф о р м рельефа и их связи между собою; 3) в определении в ы с о т характерных и нек-рых второстепенных точек рельефа местности: а б с о л ю т н ы х высот над нек-рою уровенною поверхностью, общею для данного участка, или о т н о с и т е л ь н ы х, т. е. превышений одних точек над другими; абсолютные высоты точек называются их о т м е т к а м и; отметки и превышения выражаются в *м*; 4) в определении н а п р а в л е н и й с к а т о в каждой формы рельефа, т. е. тех направлений, по к-рым стекала бы вода, падающая на местность сверху отвесно; 5) в определении к р у т и з н ы с к а т о в каждой формы рельефа, выраженной в градусной величине их углов наклонений относительно горизонтальной плоскости. На фиг. 1—10 изображены основные и промежуточные формы рельефа местности в *горизонталях* (см.) и в ш т р и х а х. Фиг. 11 дает изображение рельефа нек-рого



Фиг. 11.

участка местности в горизонталях с указанием основных линий и простых форм неровностей местности (рельефа); на этой фигуре хребтовые линии, а также и тальвеги обозначены пунктирными стрелками, плато вершин—сплошными замкнутыми кривыми линиями, котловины, террасы и седловины—пунктирными замкнутыми кривыми линиями. Изучение рельефа составляет главную часть познавания Т. данной местности; если его дополнить изучением контуров, находящихся на местности, с их внутренним содержанием (леса, луга, реки, озера и пр.) и всех местных предметов, то все это вместе составит полное представление о Т. данной местности. Изучение Т. местности, и натуре значительно облегчается и ускоряется, если у изучающего имеются при себе достаточно полные и точные топографические п л а н или к а р т а местности; лучше всего с этою целью иметь планшеты-фотопланы изучаемой местности с рельефом, изображенным на них горизонталями, получаемые как результат аэрофотосъемки. Изучение Т. местности значительно облегчается, если изучающий обладает достаточными познаниями по *геологии* (см.).

II. В другом представлении Т. является как бы сокращенной низшей геодезией; она изучает простейшие виды съемок, позволяющих со всей подробностью, хотя и с меньшею степенью точности, изобразить внешний вид поверхности земельного участка, принимаемого за плоскость (а не выпуклую поверхность), в его плане и в профиле, т. е. получить план как проекцию на горизонтальную плоскость всех контуров и местных предметов с изображением на нем неровностей местности (ее рельефа) горизонталями или какими-либо другими знаками и способами, принятыми для изображения неровностей местности (рельефа). В силу такой задачи, более узкой по сравнению с задачами низшей геодезии, Т. преимущественно изучает г р а ф и ч е с к у ю (углоначертательную) съемку, каковою является м е н з у л ь н а я съемка, обращаясь к другим видам съемочных работ на местности только по мере необходимости в них для успешности мензульной съемки. Т. о. кроме полной мензульной съемки (в плане и в профиле) Т. изучает общие основания у г л о м е р н о й съемки—теодолитом, б у с с о л ь н у ю съемку, г л а з о м е р н у ю съемку; топография изучает также простое топографич. нивелирование, к которому приходится прибегать при мензульной съемке в зависимости от особых свойств местности снимаемого участка (напр. закрытая местность) и для более прочного обоснования мензульной съемки в отношении определения высот основных, характерных точек местности. В некоторых случаях является необходимость исполнить мензульную съемку в кратчайший срок, хотя бы с приближенным нанесением рельефа местности, местных контуров и местных предметов; для таких случаев Т. указывает способ п о л у и н с т р у м е н т а л ь н о й м е н з у л ь н о й с ъ е м к и. Графич. метод съемки обеспечивает графич. степень точности нанесения линий на план (планшет) 0,1—0,2 *мм*. Углы получаются на плане (планшете) своим начертанием, без указания их градусной величины, к-рая в случае надобности м. б. измерена на плане с точностью, допускаемою тем прибором, к-рый будет применен для измерения угла на плане (различные виды транспортиров). Цифровых данных для определения положения точек местности на плане (планшете), т. е. координат и данных для вычисления площадей участков и контуров из мер в натуре, графич. способ съемки также не дает; измерение площадей производится только по плану. Непосредственное измерение линий на местности применяется при графич. съемке ограниченно, а именно: для измерения *базисов* (см.) и при нек-рых приемах съемки подробностей местности (контуров, местных предметов, рельефа); измерение базисов производится более точно стальною лентою; при измерении линий для съемки подробностей ограничиваются дальномерным определением расстояний. В полуинструментальной мензульной съемке некоторые второстепенные расстояния определяют даже глазомерно; в глазомерной съемке применяется измерение основных линий шагами, прочих расстояний—глазомер-

но. В соответствии с методами и приемами съемочных работ в перечисленных видах топографической съемки применяются те или иные инструменты и приборы до самой простой линейки с делениями и картонной папки включительно. Характерною особенностью графич. съемки является составление плана снимаемой местности в поле, постепенно по мере накопления материала, в карандаше; при этом перенесение отдельных измерений с *абриса* (см.) допускается вообще тем реже, чем открытее и доступнее местность снимаемого участка; при этом методе съемки чертежные работы заключаются в вычерчивании плана (планшета) тушью строго по карандашу и в дальнейшей его отделке по правилам, устанавливаемым инструкциею для данной съемки. В общем съемка, изучаемая в Т., не дает такого широкого выбора методов и приемов съемочных работ, в сочетании к-рых заключается съемка, поставленная на основах высшей и низшей геодезии; топографич. съемка дает план, позволяющий судить о величине расстояний на местности с графической степенью точности (0,1—0,2 *мм*), что выражается на местности земельною мерою в зависимости от масштаба съемки.

Т. в применении к военному делу носит название военной Т., к-рая ставит своею конечною целью изучение боевых (тактических) свойств местности и отдельных местных предметов, т. е. стремится выявить выгодные и невыгодные свойства местности в отношении действий войск, каковыми являются: всякого рода движения войск, маневрирование вне сферы и в сфере воздействия противника, расположение войск на месте с тою или иною целью и наконец бой как окончательное решительное средство достижения определенной цели применением войсками оружия и всякого рода технич. средств. Военная Т. в части методов и приемов изучения топографич. свойств местности и съемки целиком основывается на общей Т., указывая лишь свои специальные приемы, позволяющие наилучшим образом с наименьшею затратою времени исполнить преследуемые ею боевые задачи в зависимости от тактич. обстановки.

III. Некоторые научные работники устанавливают взгляд, что Т. как отрасль знаний изучает вид действительной поверхности суши, не ограничиваясь только простейшими видами съемок, а применяя всякого рода съемки и методы измерений; при таком взгляде как бы вовсе уничтожается представление о низшей геодезии, и под Т. разумеется содержание низшей геодезии. Другие, наоборот, считают, что Т. имеет своим предметом изучение только неровностей местности (ее рельефа), но не полного вида действительной поверхности суши с ее рельефом, контурами и местными предметами. Наконец существует и такой взгляд, что в термине Т. нет никакой надобности, т. к. содержание низшей геодезии вполне охватывает и включает в себя содержание Т. В разделе II настоящей статьи определено содержание Т. как отдела знаний ограниченной специальности по сравнению с низшей геодезией, что вполне соответствует стремлению иметь топографа как специалиста ограниченной специальности и инженера-геодезиста как специалиста, исчерпывающего специальность в полном ее объеме.

Лит.: Беликов С., Полный курс Т., М., 1888; Соловьев С., Курс низшей геодезии, 3 изд., М., 1914; Витковский В., Топография, 3 изд., Москва, 1928; Лоренц К., Топография, СПБ, 1914; Pelletan A., Traité de topographie, 2 éd., P., 1911. **М. Бонч-Бруевич.**

ТОПОЛЬ, крупные деревья сем. Sallicaceae L., принадлежит к роду Populus, в к-ром насчитывается до 30 основных видов и 100 мелких видов с бесконечным числом мелких форм и разновидностей, образующихся в результате склонности Т. к естественной гибридизации. Т. произрастают в умеренной зоне сев. полушария: в Северной Америке насчитывается 52% общего количества видов, в Евразии и Сев. Африке 18% и в Азии 30%. Важнейшие виды Т., естественно произрастающие в пределах СССР: P. nigra—осокорь, P. alba—Т. серебристый, P. suaveolens—Т. душистый, P. laurifolia—Т. лавролистный, P. Euphratica—талтурангыл и P. tristis—Т. темнолистный. Т. достигают 50 *м* и более высоты при ⌀ на высоте груди до 2 *м*, будучи семенного происхождения, они обнаруживают долговечность 300—400 лет. По форме кроны различают Т. с широкой раскидистой кроной, а также с узкой, сжатой пирамидальной и шаровидной формой. Т. растения двудомные. Возмужалость у Т. наступает рано, у нек-рых видов с 10-летнего возраста, урожайные года повторяются почти ежегодно, изредка через год. Плод — коробочка, в которой содержится весьма большое количество очень мелких семян, снабженных длинными пучками волосков, что делает их легко разносимыми ветром. Т. дают после срубки корневую поросль, многие из них образуют корневые отпрыски и размножаются черенками. Т.—светолюбивые и достаточно морозостойкие древесные породы, хотя у нек-рых из видов тополей и отмерзает часть верхушечных побегов, не успевающих опробковеть. По быстроте роста Т. относятся к исключительно быстрорастущим породам северного полушария. Белый Т. в 25 лет на поймах Ср. Волги достигает высоты 25 *м* при ⌀ на высоте груди 21,3 *см* и дает продукцию древесины в 268 $м^3$ на *га*. Особенно же быстрым ростом отличаются Т.—гибриды, полученные от межвидового скрещивания. Гибрид, полученный от скрещивания P. angulata × P. trichocarpa в 16-летнем возрасте достигает 18,6 *м* высоты при ⌀ 40 *см*. В отношении к почве Т. нетребовательны, но предпочитают произрастать на глубокой, хорошо гумусированной, рыхлой и достаточно увлажненной почве. Они развивают мощную корневую систему, разветвленную более в ширь, чем в глубину. В естественных древостоях Т. произрастают совместно с ольхой, липой, дубом и ильмом. Древесина Т. белого цвета, мягкая, вязкая и легкая в сухом состоянии; ее объемный вес 0,45. Древесина Т. весьма широко применяется в древесномассном, целлюлозном, спичечном и стружечном производствах, а также идет на изготовление ящичной тары, клепки, дранки и для разного рода щепных изделий и как строевой материал. При предстоящих лесокультурных работах и озеленении городов Т. в силу своих вышеуказанных особенностей будут играть громадную роль, и на них д. б. обращено самое серьезное внимание. Т. в высокой степени декоративные деревья, быстро обеспечивающие успех озеленения; ароматич. вещества, выделяемые их листвой, освежают воздух, а кроме того они устойчивы против повреждения дымовыми газами населенных мест. Быстрота нарастания древесины у Т. делает их исключительными для создания баз для бумажной пром-сти, на что обращено серьезное внимание в США. Италии, Германии, Франции, где создан целый ряд плантаций Т. и ведется серьезная работа по

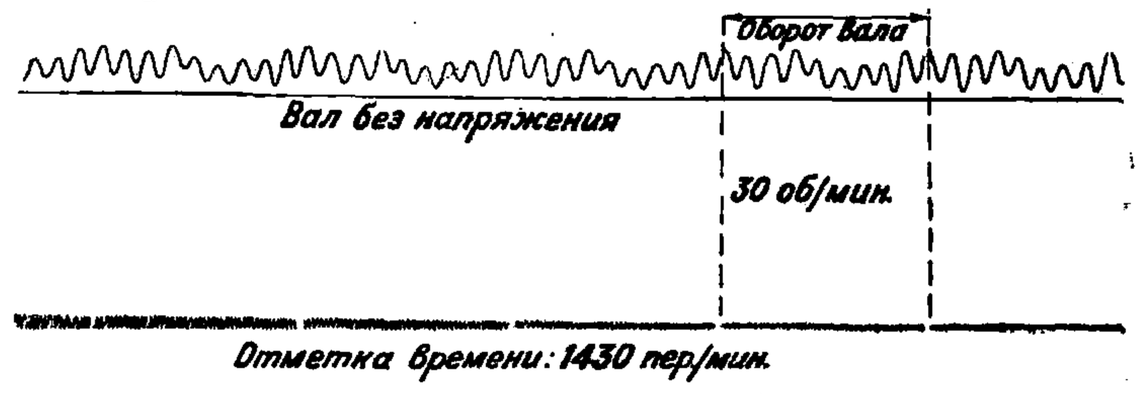
их селекции, позволяющая рассчитывать получать нужную древесину в 10—15-летний срок. В СССР подобная работа ведется в Центральном научно-исследовательском ин-те лесоводства проф. В. Н. Сукачевым и во Всесоюзном научно-исследоват. ин-те лесных культур и агромелиораций в Москве. Селекция Т. и введение в практику различного рода иноземных видов позволяют разрешить целый ряд насущных вопросов лесной пром-сти и коммунального хозяйства СССР.

Лит.: Пеньковский В., Деревья и кустарники как разводимые, так и дико растущие в Европ. России, на Кавказе и в Сибири, ч. 2, Херсон, 1901; Вехов Н., Эвкалипты Севера (Тополя), «На лесокультурном фронте», 1932, *2*; Гуман В., Проблема быстрорастущих пород в лесном хозяйстве и промышленности Союза, «Известия Лесотехакадемии», Л., 1932, *1*; Комаров Ф. и Яковлев А., О получении целлюлозы из древесины тополя (Populus nigra), липы и ивы (Salik caprea), Л., 1932; Никитин И., О внедрении быстрорастущих пород в лесокультурную практику, «Лесное хозяйство и лесоэксплоатация», Л., 1932, *10*; Stons A., Kec R., Schreiner E., The Breeding of Forest Trees for Pulp Wood, «Journal of the New York Botanical Garden», 1927, v. 28, *327*; Ascherson P. u. Graebner P., Synopsis d. mitteleuropäischen Flora, B. 4, Lpz., 1911; Schreider C., Illustriertes Handbuch d. Laubholzkunde, B. 1, Jena, 1906; Mayr H., Fremdländische Wald- u. Parkbäume für Europa, B., 1906; Dippel L., Handbuch d. Laubholzkunde, B. 2, B., 1892; Henry A., The Art of Producing Vigorous Trees by Hybridization, «Quart. Journ. of Forestry», L., 1920—21; Henry A., The Artificial Production of Vigorous Trees, «Journal of Forestry», Wsh., 1927; Bailey H., Populus, «The Stand. Cyclop. of Harticulture by Bailey», v. 3, N. Y., 1930; Lunez G., Recent Studies on the Poplar, «Intern. Revew of Agriculture», Rome, 1931, *11*; Tessier L., Les papliers, «Revue des Eaux et Forêts», Paris, 1930, *4*.

Н. Кобранов.

ТОПЧАК, приемник работы живого двигателя, в к-ром движущей силой является вес животного. В свободное от работ время в с. х. рабочий скот м. б. использован для приведения в действие различных стационарных машин. Применяется в небольших хозяйствах для сортировок зерна, маслобойках, просорушках и т. п. Устарелый механизм, заключающийся в наклонной подвижной плоскости или диске, на к-ром переступает животное.

ТОРЗИОГРАФ, прибор для автоматич. записи крутильных колебаний. Одним из первых по времени его осуществления является Т. сист. Фрама, который с удобством м. б. применяем при исследовании крутильных колебаний гребных валов. Этот Т. состоит из втулки *a* (фиг. 1), укрепленной одним концом на определенном месте испытуемого вала, напр. в сечении *AB*. В месте сечения *CD* вала укрепляется кольцо *b*; т. о. при крутильном колебании вала конец *c* втулки *a*, следуя в своем движении за движением сечения *AB* вала, будет иметь нек-рое периодически изменяющееся относительное перемещение по отношению кольца *b*, расположенного на



Фиг. 2.

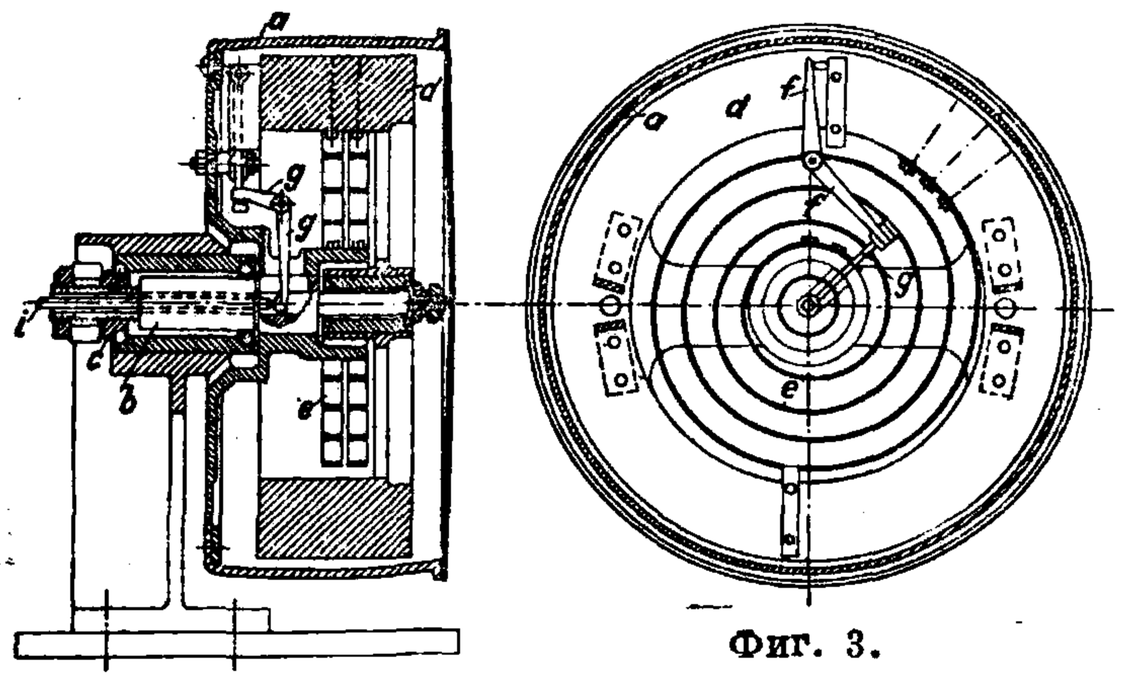
расстоянии *l* от сечения *AB*. Кольцо *b* шарнирно связано с небольшим сферич. зеркалом *d*, расположенным на конце втулки *a*, благодаря чему при относительном повороте сечения *AB* по отношению сечения *CD* зеркальце *d* также повернется и отраженный им луч света, исходящий от электролампы *e*, попадая через объектив *g* в фотокамеру *f*, зафиксируется на кинопленке. Передвижение кинопленки осуществляется при помощи диференциальной передачи *h* от испытуемого вала, причем движение м. б. включаемо и выключаемо во время вращения испытуемого вала при помощи рукоятки *i*. Маркировка времени на кинопленке осуществляется лучом, отраженным от зеркальца *k*, укрепленного на конце плоской пружины, собственный период колебаний к-рой известен. Т. к. частота собственных колебаний втулки *a* вследствие ее относительно небольшой длины достигает 40 000 пер/мин., то Т. системы Фрама м. б. применяем для исследования быстровращающихся валов. На фиг. 2 дана торзиограмма, снятая Т. сист. Фрама с гребного вала, приводимого в движение трехцилиндровым дизелем при 30 об/мин. и 51,5 об/мин.



Фиг. 1.

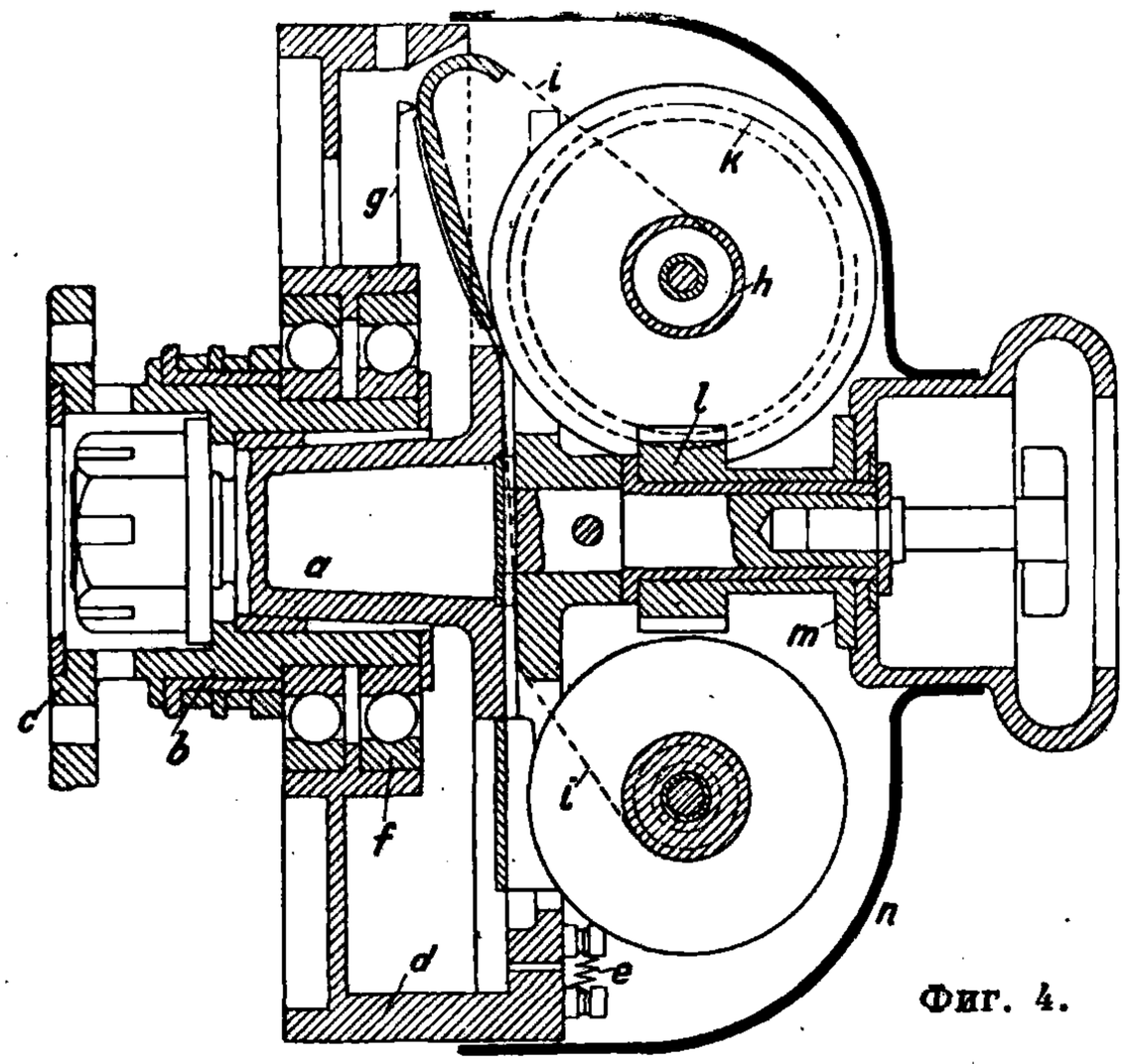
Недостатком Т. сист. Фрама является необходимость укрепления его непосредственно на испытуемом валу. Т. к. не всегда вал доступен для такой установки Т., то применение Т. этого типа не всегда удобно; в этом отношении более совершенным является Т. сист. Гейгера (фиг. 3). Легкий шкив *a* этого Т. приводится во вращение от ремня, по возможности малоэластичного, надетого на испытуемый вал. Благодаря легкому весу шкив *a*

относительно точно передает все изменения угловой скорости вала, воспроизводя без изменения по величине и фазе все самые быстрые колебания испытуемого вала. Шкив *a*



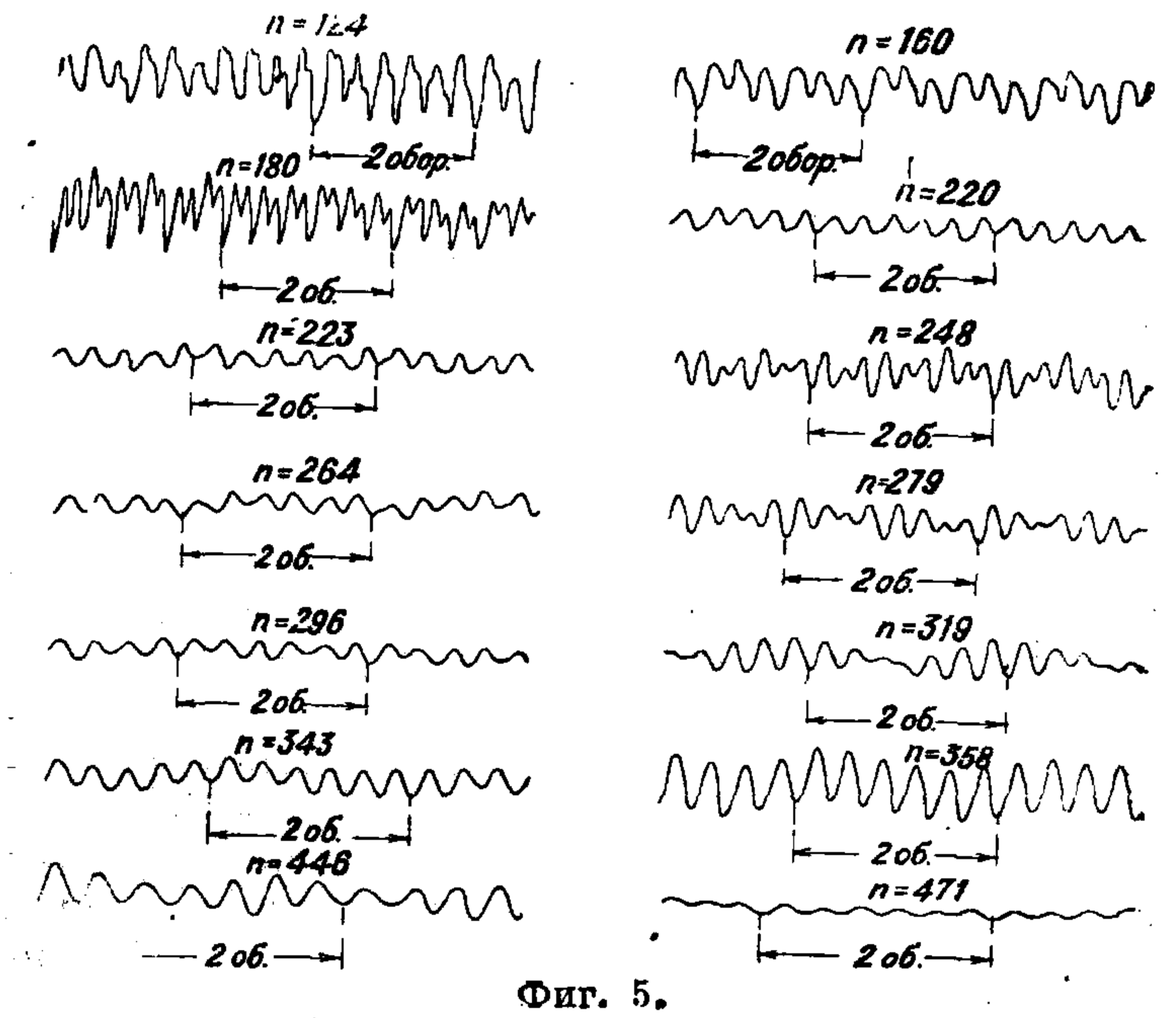
Фиг. 3.

жестко связан с осью *b*, установленной на шарикоподшипниках *c*. На этой же вращающейся оси *b* свободно посажен маховик *d*, помещающийся внутри шкива *a*, с которым он связан спиральной пружиной *e*. Частота собственных колебаний системы маховика равняется 50 пер/мин., т. ч. при всех частотах колебаний испытуемого вала, бóльших 100 пер/мин., маховик вращается вполне равномерно. Увеличением веса маховика, уменьшением жесткости пружины можно еще более уменьшить частоту собственных колебаний системы маховика, так что прибор будет пригоден и для исследования самых тихоходных валов (до 14 об/мин.). При работе прибора шкив *a*, который в точности воспроизводит крутильные колебания вала, будет совершать по отношению к равномерно вращающемуся маховику *d* угловые перемещения, которые при помощи двух угловых двуплечих рычагов *f*, *f* и *g*, *g* линейно перемещают стержень *i*, проходящий внутри сверления оси *b*. Стержень *i* связан с самопишущим пером, к-рое на ленте вычерчивает торзиограмму крутильных колебаний вала. Кроме этого пера, записывающего на движущейся ленте угловые отклонения в исследуемом отрезке вала, есть второе перо, записывающее время в виде кривой колебания специального вибратора. Вибратор представляет собою стальную пла-



Фиг. 4.

стинку с установленной частотой собственных колебаний (3 000 пер/мин.); вибратор периодически через 1—2 ск. получает толчок от электромагнита, ток к-рого замыкается контактным прибором с часовым механизмом. На торзиограмме время изображается следовательно в виде кривой затухающих колебаний, по числу амплитудных значений к-рых можно установить на ленте отрезок, соответствующий определенному времени. Третье перо служит для отметок на ленте отрезков, соответствующих одному или двум оборотам вала; это перо соединено с якорем электромагнита, ток к-рого замыкается контактом, установленным на какой-либо вращающейся детали двигателя. Скорость движения ленты может изменяться в больших пределах—0,2÷10 *м/мин*. Т. сист. Гейгера с успехом м. б. использован при испытании валов стационарных двигателей. Для испытания авиационных двигателей Т. сист. Гейгера мало пригоден вследствие того, что частота подлежащих записи колебаний для этих двигателей достигает 25 000 в мин., амплитуды колебаний относительно небольшие, масса колеблющегося



Фиг. 5.

вала также относительно невелика, что влечет за собой необходимость ограничения вращающейся массы Т.; кроме того обслуживание Т. сист. Гейгера во время полета представляет значительную трудность. Для авиадвигателей находит применение Т. сист. Юнкерса и Т. сист. DVL. Конструктивное выполнение Т. сист. DVL следующее. Крестовина *a* (фиг. 4) посредством втулки *b* с фланцем *c* жестко прикрепляется к концу вала испытываемого двигателя и следовательно при вращении будет точно воспроизводить крутильные колебания вала. Маховик *d*, соединенный пружинами *e* с крестовиной *a*, вращается на шариковых подшипниках *f* и стремится сохранить равномерность своего вращения; при вибрации вала и связанной с ним крестовины *a* маховик будет иметь по отношению к крестовине угловое перемещение. Колебания вала двигателя при помощи алмазного острия, укрепленного на плоской пружине *g*, вычерчиваются на фильме *i*, движущейся со скоростью ~3 *м/ск*. Лента наматывается на барабан *h*, укрепленный на крестовине *a*. Вращение барабана *h* осуществляется при помощи зубчатой передачи *k*, *l* с винтовыми зубьями. Винтовое колесо *l*, свободно сидящее на оси крестовины *a*, при помощи фланца *m* связано с кожухом *n*. Если при вращении испытуемого вала и связанной с ним крестовины остановить при помощи приспособления или рукою кожух *n*, то колесо *l* бу-

дет остановлено, а колесо k, участвующее во вращательном движении вала, будет обегать вокруг колеса l и вращаться около своей оси, тем самым вращая барабан h и перемещая фильму. Т. системы DVL строится двух размеров: 200 *мм* и 120 *мм* внешнего диам. Образцы торзиограмм, снятых Т. системы Гейгера с вала 6-цилиндрового дизеля, даны на фиг. 5. Из рассмотрения этих торзиограмм следует, что для этого испытанного двигателя критич. скоростями (см. *Скорость критическая*) будут скорости вращения вала при 120, 180 и 360 об/мин., т. к. при этих оборотах вала амплитуды его колебаний являются наибольшими.

Лит.: Мартенс Л., Динамика поршневых двигателей, М., 1932; Geiger J., Mechanische Schwingungen, B., 1927; Hengebauer F., Schwingungsdämpfer bei endlicher Dampferträgheit, «Techn. Mech. u. Thermodynamik», B. 1, B., 1930. **Б. Шпринк.**

ТОРИЙ, Th, радиоактивный химич. элемент четвертой группы периодич. системы (аналог титана, циркония и гафния). Ат. в. 232,12. Порядковое число 90; последнее относится и к пяти радиоактивным его изотопам, важнейшие свойства к-рых сопоставлены в таблице. Наибольшим периодом полураспада обладает ионий, продукт распада урана. А т. к. ториевые минералы содержат почти всегда уран, то полученные из них препараты Т. почти никогда не бывают свободны от иония. О продуктах распада Т. см. *Радиоактивность*.

Свойства изотопов тория.

Изотопы тория	Символ	Ат. в.	Семейство	Период полураспада
Торий . . .	Th	232,12	—	$16{,}5\times10^9$ лет
Радиоторий	Rd Th	228	Тория	1,9 года
Уран X_1 . .	UX_1	234	Урана	23,8 дня
Уран Y . .	UY	231	Актиния	27,8 часа
Ионий . .	Io	230	Урана	$8{,}2\times10^4$ лет
Радиоактиний	Rd Ac	227	Актиния	18,9 дня

Элементарный Т.—серебристобелый, мягкий и ковкий металл, уд. в. ~ 11,2, $t_{пл.}$ ~ 1 840°. В силу большого сродства Т. к большинству элементов получение его в чистом виде очень затруднительно. Удается его получить например путем восстановления хлорида Т. натрием или двуокиси Т. магнием. Компактный сплавленный Т. относительно стоек: разбавленные минеральные к-ты и растворы едких щелочей на него почти не действуют. Быстро растворяют Т. крепкая соляная к-та и царская водка. При $t°$ около 500° торий соединяется непосредственно с галоидами и серой, при более высоких $t°$ и с азотом с образованием нитрида Th_3N_4. Кроме того Т. соединяется непосредственно (сгорает) с кислородом с образованием двуокиси Т. ThO_2 и с водородом с образованием гидратов или вероятнее твердых растворов, имеющих вид черных порошков, в к-рых атомное соотношение Т. и водорода соответствует приблизительно составу ThH_3.

Во всех соединениях Т. является электроположительным (наиболее электроположительным в ряду Ti, Zr, Hf, Th) четырехвалентным элементом. Так как гидроокись тория является однако слабым основанием, то соли ее легко гидролизуются при нагревании. Соли тория, особенно нитрат, обнаруживают большую склонность к образованию комплексных и двойных соединений.

Двуокись Т. ThO_2 получается при прокаливании гидроокиси Т. (см. ниже) или его солей с летучими к-тами; это белый порошок, уд. в. ок. 9,87. При плавлении с соответствующими плавнями (напр. бурой) переходит в кристаллич. (кубическую) разновидность, почти нерастворимую в кислотах; перевести ее в растворимое состояние можно путем сплавления с бисульфатом или путем длительной обработки конц. серной к-той. В отличие от двуокиси циркония двуокись Т. при высоких $t°$ не излучает яркого света. Сильное свечение двуокиси Т. наблюдается лишь, когда к последней примешаны небольшие количества окислов церия или нек-рых других редких земель. При воздействии щелочей на растворы солей Т. получается аморфный белый осадок гидроокиси Т., к-рая при нагревании в растворе превращается в двуокись. Растворяется в к-тах и в щелочных карбонатах (с образованием комплексных соединений). Четыреххлористый Т. $ThCl_4$ — бесцветные игольчатые кристаллы, уд. в. 4,59, $t°_{пл.}$ 820°, — получается воздействием хлора на Т. или на смесь двуокиси Т. с углем или действием четыреххлористого углерода на двуокись Т. Растворяется в воде и спирте. Нитрат Т. $Th(NO_3)_4$ кристаллизуется в виде разных гидратов из растворов гидроокиси Т. в азотной к-те. Легко растворим в воде и спирте. Применяется в производстве калильных сеток. Уксуснокислый Т. получается в виде основной соли при кипячении раствора азотнокислого Т. с уксуснокислым натрием; раствор в муравьиной к-те применяется в производстве калильных сеток.

Распространение тория в земной коре равно 0,002% (как свинца). Важнейшими специфич. минералами тория являются: *монацит* (см.), торит и оранжит $ThSiO_4$, ториант, минерал, в состав которого входит ок. 50—70% ThO_2, а кроме того уран, цирконий, свинец и т. д.; в менее значительных количествах Т. входит в состав почти всех минералов *редких земель* (см.). Практич. значение для добычи Т. имеет в настоящее время только монацит. Побочными продуктами при добыче соединений тория из монацитов являются соединения редких земель и мезотория (см. *Радий*). Из 1 *т* монацитового песка получают около 50 *кг* ThO_2 и около 2,5 *мг* мезотория. Переработка монацитового песка, содержащего 0,2—60% монацита, на соли Т. начинается с обогащения, в результате к-рого получают продукт, содержащий 4—5% ThO_2. Полученный концентрат разлагают чаще всего серной к-той при $t°$ ок. 200°. Дальнейшая обработка полученного продукта может итти по разным путям. Обычно его растворяют в воде, и из раствора осаждают оксалат или фосфат Т., менее растворимый в кислотах, чем соответствующие соли редких земель. Полученный т. о. продукт содержит еще много редких земель, от к-рых очищается последующими операциями. Металлический торий применений не имеет. Нитрат тория является одной из важнейших солей, служащих для пропитки газокалильных колпачков (см. *Калильная сетка*). Другие соединения Т. (окись) применяются в производстве вольфрамовой проволоки для калильных и электронных ламп (торированные нити); незначительные количества соединений тория применяются в медицине, в рентгенодиагностике и в некоторых областях светотехники.

Лит.: Унковская В., Редкие земли и торий, «НИ», т. 2, Л., 1927; Шеллер В. и Поуэлл А., Анализ минералов и руд, содержащих редкие элементы, Л., 1928; Мур Р., Химический анализ редких техни-

ческих металлов, Л., 1931; Влодавец Н., Редкие земли (церий, торий, цирконий и гафний), «Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1925/26 г.», Л., 1927; его же, Редкие земли (церий, торий, цирконий), «Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1926/1927 г.», Л., 1928; Johnstone J., The Rare Earth Industry, L., 1915; Cumperz A., Entwicklung des Gasglühlichtes, B., 1929; Santmyers R., Monazite, Thorium a. Cerium, U. S. Bureau of Mines, Wsh., 1930, Inform. Circul. 6321; см. также *Редкие земли*. **Е. Кронман.**

ТОРКРЕТИРОВАНИЕ, особый способ производства бетонных работ, состоящий в том, что насухо перемешанная смесь из цемента, песка, щебня или гравия вводится в струю сжатого воздуха помощью особого аппарата (цементпушки) и подается по резиновому рукаву и шлангу к соплу и далее на покрываемую поверхность. Необходимая для получения бетона вода подводится к соплу особым шлангом меньшего диаметра и подается в сухую смесь перед самым выходом ее из сопла. Подача воды регулируется при помощи крана. Практиковавшийся ранее мокрый способ Т., при котором цемент-пушка заполнялась жидким бетоном, в настоящее время почти оставлен. При сухом способе сопротивление в шланге, подающем бетон, значительно меньше, нежели при мокром, и нет опасности преждевременного схватывания бетона. Выходящая из сопла под давлением сжатого воздуха смесь набрызгивается на заранее заготовленную опалубку новых сооружений или на части существующих уже конструкций при ремонте их. При изготовлении новых конструкций достаточно иметь легкую одностороннюю переносную опалубку, к-рая по мере затвердевания бетона м. б. снята и переставлена на новое место. При ремонтных работах набрызгивание бетона производится непосредственно на предварительно очищенную пескоструйным аппаратом и промытую водой поверхность сооружения. После выхода из сопла бетон выбрасывается с большой силой на покрываемую им поверхность. При первых ударах более крупные частицы смеси отскакивают, и только мелкие частицы песка остаются на обрабатываемой бетоном поверхности, пока не образуется настолько толстый слой, что в него будут впрессовываться при дальнейшем набрызге и более крупные части. Отскочивший от поверхности материал весьма беден цементом и может быть собран и затем снова обращен в дело.

Вся установка для торкретбетонных работ состоит из бетономешалки для приготовления сухой смеси, постоянного или передвижного компрессора для получения сжатого воздуха, цемент-пушки, шланг и сопла. Необходимой принадлежностью компрессора является воздушный фильтр для удаления из воздуха влаги и пыли и воздушный резервуар (колпак) для смягчения толчков компрессора и компенсирования последствий неравномерного расхода воздуха. Давление сжатого воздуха от $2^1/_2$ до $3^1/_2$ *atm* в зависимости от длины подающей бетон линии (шланг). Длина подачи бетонной смеси от цемент-пушки до сопла может достигать 200 *м*, высота же сопла над уровнем цемент-пушки доходит до 80 *м*. Давление воды, подводимой к соплу, д. б. несколько больше, нежели давление сжатого воздуха в нем. Цемент-пушка располагается в наиболее удобном для подвоза и подачи стройматериалов месте.

Т. применяется для получения наиболее плотного бетона. Преимущества торкретбетона по сравнению с обычным трамбованным бетоном следующие: 1) большее (в 2—2,75 раза) сопротивление растяжению и сжатию и соответственно с этим больший модуль упругости; 2) гораздо бóльшая плотность и поэтому весьма высокая водонепроницаемость, причем испытания показали полную водонепроницаемость тонких торкретбетонных стенок при продолжительном давлении воды в 20 *atm*; 3) большее сцепление (в $2^1/_2$—3 раза) бетона с арматурой; 4) высокое сопротивление химич. воздействиям (к-т и щелочей). Недостатки торкретбетона следующие: 1) сравнительно высокая стоимость, обусловленная большим расходом материалов; 2) необходимость особо обученной и потому высокооплачиваемой рабочей силы; 3) высокая стоимость всей машинной установки и оборудования. Торкретбетон с успехом применяется: 1) для возведения тонкостенных конструкций (сводов-оболочек, куполов, заборов, стен и проч.); 2) для ремонта и усиления существующих каменных, бетонных и железобетонных сооружений; 3) для придания деревянным конструкциям огнестойкости; 4) для получения штукатурки особо высокого качества. В горном деле торкретбетон находит применение для быстрого возведения противопожарных перемычек, для прохождения шахт без крепления и для возведения железобетонных креплений в местах с особо сильным давлением пород.

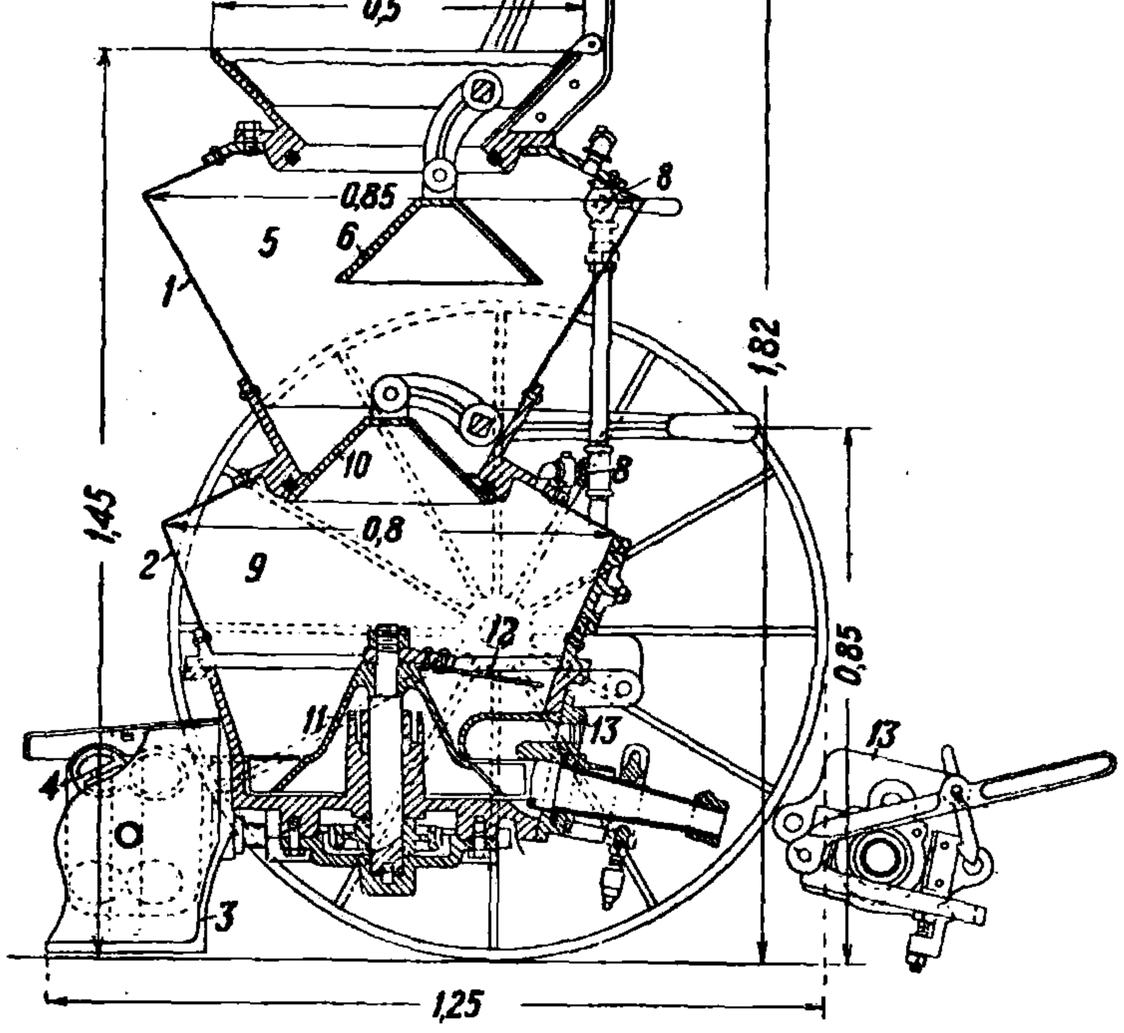
При определении стоимости Т. необходимо иметь в виду следующие данные. 1) Песок д. б. просеян, т. к. крупные зерна, древесные стружки, кусочки проволоки, гвозди и другие примеси вызывают перебои и перерывы в работе. 2) Потери на отскакивание зерен песка из смеси составляют при набрызге: а) на горизонтальную поверхность сверху вниз 15%, б) то же снизу вверх 60%, в) на вертикальную поверхность 40%, г) в среднем 40%. Величина отскока зависит в первую очередь от опытности сопловщика и размера сопел; по данным проф. Дружинина составляет 20—25% от пола, 40—50% от вертикальной стенки и до 60% для потолков. Отскочившие зерна песка содержат не более 3% цемента. Отскакивание зерен влечет за собой перенасыщение смеси цементом, что необходимо учесть при назначении пропорции торкретбетона. 3) Уплотнение бетона составляет 30—35%. 4) Для обслуживания установки необходим штат в 9—10 человек, а именно: 1 механик при компрессоре, 1 чел. для обслуживания цемент-пушки, 2 чел. на сопле (сопловщик и подручный, причем при непрерывной работе д. б. две смены), 2 чел. на приготовлении смеси, 2 чел. на подвозке и загрузке цемент-пушки, 1—2 чел. на вспомогательных работах по уборке песка, установке опалубки и подмостей при высоких стенах и пр. 5) Расход песка на 1 $м^3$ готового торкретбетона в деле составляет, учитывая потери, при работе набрызгом вниз 1,5 $м^3$, вверх 2,0 $м^3$ и на стены 1,8 $м^3$. 6) Расход цемента на 1 $м^3$ готового торкретбетона при объемном весе цемента в 1 400 $кг/м^3$ указан в табл. 1. 7) Практически применяемый состав смеси состоит обычно из цемента и песка средней крупности. Более тощие, чем указанные в таблице, растворы не употребляются. Т. производится обычно в 2 слоя и более; первый слой в 5 *мм* толщины должен делаться всегда раствором не менее тощим, чем 1 : 3. Слои торкрета делаются толщиною в 5—10 *мм*; последний слой делается обычно под затирку толщиной в 2—3 *мм*; однако это вовсе не является обязательным для

Табл. 1. — Расход цемента при торкретировании.

Пропорция смеси . . .	1 : 3	1 : 4	1 : 5	1 : 6
Цемента на 1 *м*³ готового бетона при 30%-ном уплотнении, в *кг*	610	460	365	305
Цемента на 1 *м*³ рыхлой смеси при работе набрызгом, в *кг*:				
а) вниз	410	315	250	210
б) вверх	300	220	175	—
в) на стены	310	260	200	170

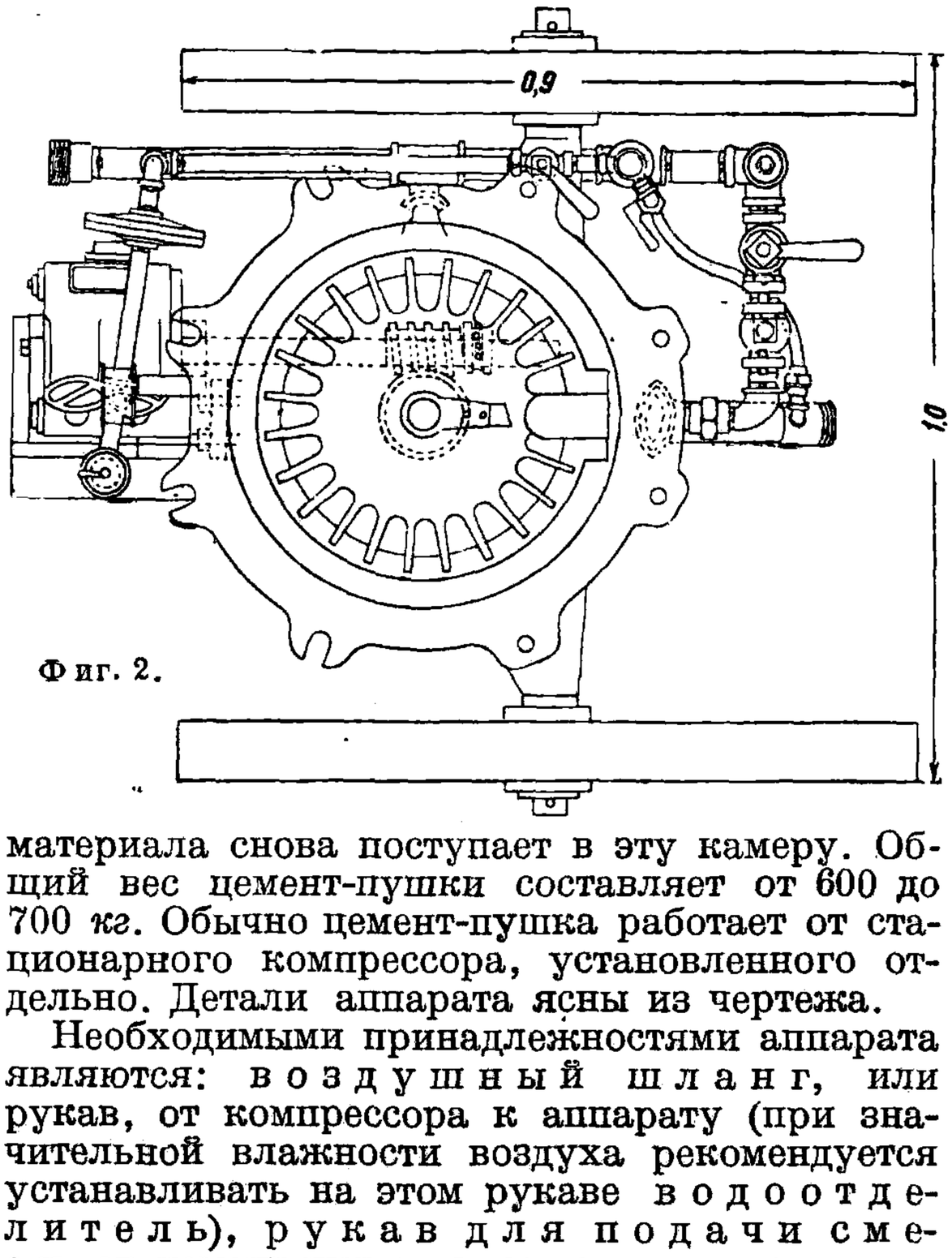
получения водонепроницаемой стенки. При Т. в несколько слоев между ними делается перерыв в работе на 2—3 дня до полного схватывания слоя.

Цемент-пушка (фиг. 1 и 2) представляет два усеченных конуса-кузова *1*, *2* (фиг. 1), укрепленных на раме, снабженной с каждой стороны короткими осями, на которые надеты колеса. В нижней части цемент-пушки имеется подставка *3*, на к-рой при помощи кронштейнов устанавливается воздушный вентилятор *4*. Материал поступает в рабочую камеру *5*, затем верхний конич. клапан *6* закрывается при помощи рычага *7* вручную, и камера наполняется при помощи кранов *8* сжатым воздухом, подаваемым по рукавам от компрессора. Как только давление в камерах *5* и *9* сравняется, сейчас же открывается конич. клапан *10*, материал падает на горизонтальный питательный маховик (или тарелку) *11*, расположенный в центральной части внутреннего пространства на вертикальной оси, вращающейся в подшипниках. Тарелка имеет по нижнему ребру соединенные с ней в одно целое вертикальные, расположенные на нек-ром расстоянии друг от друга стенки, или лапки. Промежутки между лапками образуют карманы. На верхнем конце оси колокола (тарелки) укреплен наклонный металлич. стержень—возбудитель *12*. В нижней части колокола, в месте примыкания к нему выпускного клапана *13*, имеется жолоб, разме-



Фиг. 1.

рами по ширине кармана тарелки, перехватывающий ту часть смеси, к-рая находится в кармане в момент нахождения его против выпускного клапана. Через этот клапан смесь толчкообразно подается в рабочий шланг, или рукав. Затем клапан *10* снова закрывают, давление воздуха в камере *5* снижают до нормального, открывают клапан *6*, и новая порция



Фиг. 2.

материала снова поступает в эту камеру. Общий вес цемент-пушки составляет от 600 до 700 *кг*. Обычно цемент-пушка работает от стационарного компрессора, установленного отдельно. Детали аппарата ясны из чертежа.

Необходимыми принадлежностями аппарата являются: воздушный шланг, или рукав, от компрессора к аппарату (при значительной влажности воздуха рекомендуется устанавливать на этом рукаве водоотделитель), рукав для подачи смеси от цемент-пушки к соплу, сопло, или насадка, состоящая из снабженного резьбой кольца, при помощи к-рого сопло навертывается к рукаву для подачи смеси, и металлич. конуса-насадки с каучуковой сменной втулкой, предохраняющей сопло от истирания. В конце имеется отверстие, в к-рое при помощи крана может поступать необходимая для смеси подаваемая по особому рукаву вода. Сопло представляет весьма важную деталь всей установки. Точная дозировка подаваемой воды играет значительную роль в смысле качества получаемого в результате работы цемент-пушки слоя бетона или штукатурки. При недостатке воды смесь «пылит», при избытке воды налет «стекает». Срок работы резиновой втулки зависит от сорта песка и давления сжатого воздуха и составляет от 1 до 3 недель при непрерывной работе; воздушный и водяной шланги служат около 6 000 рабочих часов, шланг для подачи смеси—около 3 000 часов. Производительность цемент-пушки колеблется от 40 до 200 *м*² обрабатываемой поверхности за 8 часов или от 0,8 до 4,3 *м*³ торкретбетона. Время чистой работы цемент-пушки составляет около 40% от всего времени, необходимого для работ. Цемент-пушки строятся сейчас восьми различных типов с производительностью от 0,5 до 10 *м*³/*ч* свежей массы торкретбетона. Размеры и производительность нек-рых типов цемент-пушки приведены в табл. 2. Для получения торкретбетона наивысшего качества следует приме-

Табл. 2.—Производительность и главнейшие размеры различных типов цемент-пушки. *1

Наименование	Тип и номер							
	B		N		S		G	
	00	0	1	2	3	4	5	6
Шланг-рукав ⌀ в свету в *мм*	19	25	32	35	57	63	76	102
Расход воздуха в *м³/мин*	1,7	3,5	5	6,5	12	14	22	33
Давление в *atm*	$2^1/_2$—$3^1/_2$		$2^1/_2$—$3^1/_2$		$1^1/_2$—$2^1/_2$		1—2	
Мощность двигателя для компрессора в HP	12	25	35	45	60	70	70—100 *2	
Производительность (сухой смеси) в *м³/ч*	0,5	1	1,5	2	4	5	6,5	10
Величина зерен песка в *мм*	2	5	8	10	20	25	30	40

*1 По данным каталога фирмы Torkret G. M. B. H., Berlin, на 1933 г. *2 По длине подачи (от 20 до 200 *м*).

нять цемент-пушку типа B и N. В случаях же необходимости иметь бо́льшую производительность и возможности допустить бетон не первоклассного качества можно применить цемент-пушку типа S и G. Цемент-пушки могут служить и для транспортирования бетона пневматич. способом, входящим теперь все более и более в практику, в особенности при постройке крупных гидротехнич. сооружений и плотин. Для этого случая служат специальные сопла.

Лит.: Афанасьев К., Цементная пушка и ее применение, М., 1927; Виленкин А., Торкрет, Организация работ и нормы, 1930; Еремик А., Механизация и оборудование бетонных работ, М., 1930; Мальцев А., Основы железобетонного строительства, М., 1929; Сцилярд А., Торкрет, или набрызгиваемый бетон, М., 1927; Толстопятов В., Механизация строительных работ, М., 1932; его же, Каменные работы, М., 1932; Павлов Н., Бетон и бетонные работы, М., 1932; Ключанский Г., О пылевидном бетонировании—торкретировании, «СП», 1924, *2*; Лукницкий, Стоимость пневматич. бетонирования, «СП», 1925, *2*, *5*; «ГЖ», 1925; Жданко А., Торкрет и первые опыты применения его в большом масштабе в СССР, «ГЖ», 1926, *6—7*; «СП», 1928, *9*, 1929, *2*; «Строитель», М., 1929, *12—13*; Торкрет, Производство бетона пульверизацией, Брошюра, Берлин, 1932; Junk - Herzka, Der Bauratgeber, 9 Auflage, W., 1931; David L., Praktischer Eisenbetonbau, München—Berlin, 1929.

Н. Павлов.

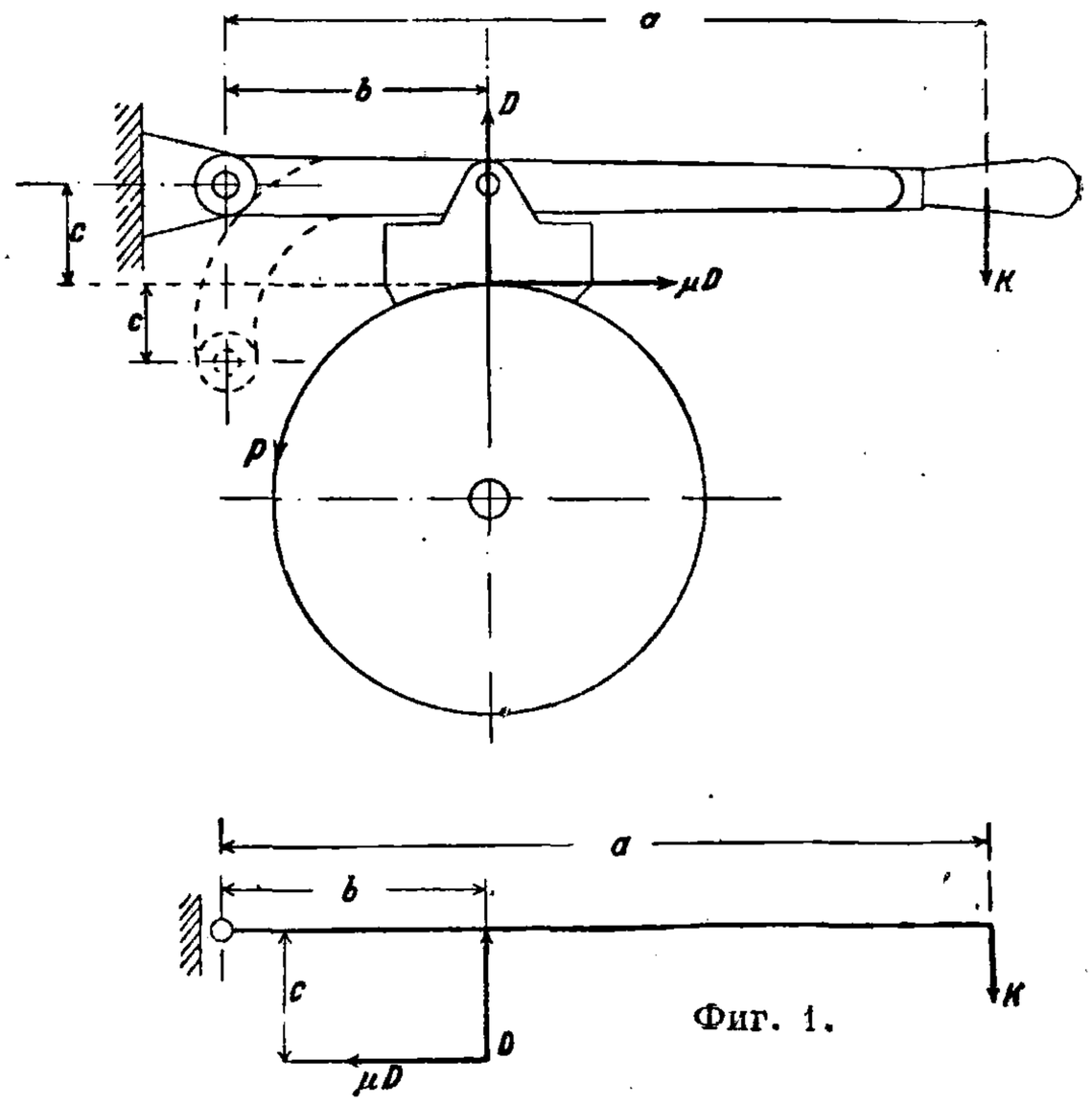
ТОРМОЗА, приспособления, служащие для задержки машины или перемещаемого груза плавным или быстрым изменением скорости движения их, к-рая может поддерживаться в определенных пределах или быть доведенной до нуля. Работа Т. основана на введении сил (моментов) сопротивления движению и на поглощении кинетич. энергии задерживаемых масс.

Наибольшее распространение имеют Т., в которых энергия поглощается трением и электрич. торможением. Т. трения разделяются на управляемые и автоматические. К управляемым Т. относятся: 1) Т. незамкнутые, в к-рых торможение производится при затягивании Т. нажатием от руки (иногда ноги) на рукоятку (или педаль); 2) замкнутые, в к-рых задержка движения груза происходит при помощи храповика и собачки, а растормаживание—подъемом груза, посаженного на рукоятке; 3) безопасные рукоятки; 4) электрич. Т. По конструкции эта группа Т. разделяется на колодочные, ленточные, с колодочной лентой, комбинированные, конические, пластинчатые, винтовые.

Основной деталью колодочного Т. являются тормозная шайба, укрепленная на тормозном валу при помощи затяжной шпонки, тормозной рычаг с неподвижной осью вращения и связанная с ним деревянная колодка (фиг. 1). При окружном усилии на тормозной шайбе, равном P, необходимое усилие на рычаге для затормаживания равно

$$K = \frac{P(b \mp \mu c)}{\mu a}; \qquad (1)$$

знак минус берется при вращении, обратном часовой стрелке, или при положении шарнира, указанном пунктиром. Усилие не должно превосходить 15 *кг*. Для спокойной работы Т.



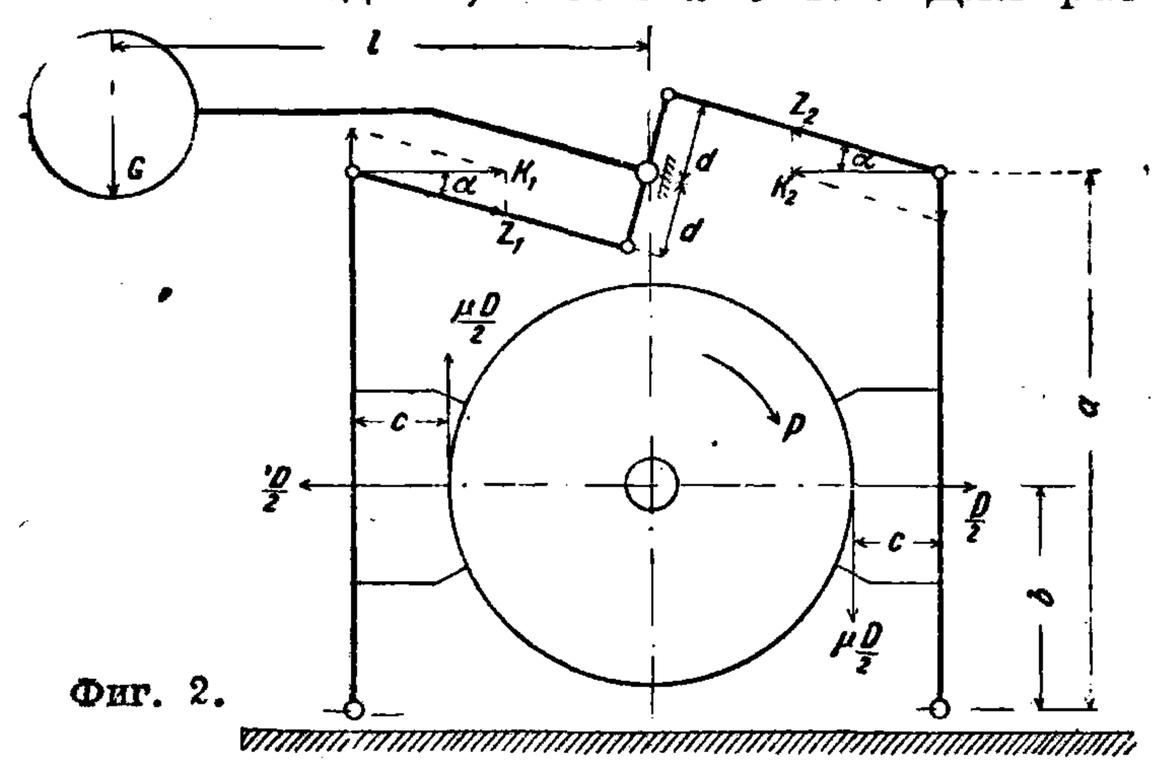
Фиг. 1.

разность в ф-ле (1) не следует доводить до нуля. Материал колодок—тополевое дерево. Для уменьшения износа и постоянства коэф-тов трения колодку следует смазывать. Коэф. трения для смазанных колодок $\mu = 0{,}15$—$0{,}2$, для сухих—$\mu = 0{,}4$—$0{,}5$. Диаметр тормозной шайбы назначается $D = (10$—$12)\,d$, где d—диаметр тормозного вала. Допускаемое удельное давление на поверхность колодки $q = 6$ *кг/см²*. Тормозящее действие Т. усиливается при клинчатых колодках. В этом случае

$$K = \frac{P(b \sin\alpha \pm \mu c)}{\mu a},$$

где α—угол скоса колодки. Во избежание ущемления необходимо, чтобы $2\alpha \geqslant 45°$. Для разгрузки тормозного вала и при больших тормозных моментах применяют Т. с двумя колодками. Пример такого Т. показан на фиг. 2. Этот Т. замыкается весом груза:

$$G = \frac{Pbd}{\mu al} \cdot \frac{1}{\cos\alpha}.$$

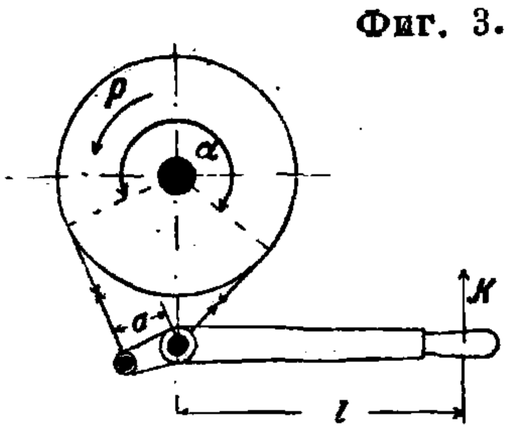


Фиг. 2.

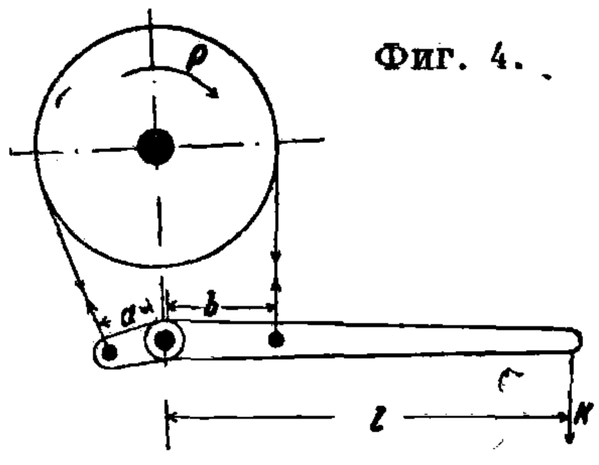
Колодки необходимо отрегулировать на одновременное нажатие.

В ленточных Т. затягивание тормозной шайбы производится при помощи стальной ленты, к-рая охватывает шайбу при значительном угле ($\alpha \cong 270°$). В простом ленточном Т. (фиг. 3) набегающий на шкив конец ленты закрепляют непо-

Фиг. 3.



Фиг. 4.



движно, сбегающий конец соединяют с тормозным рычагом. Необходимое усилие на рычаге

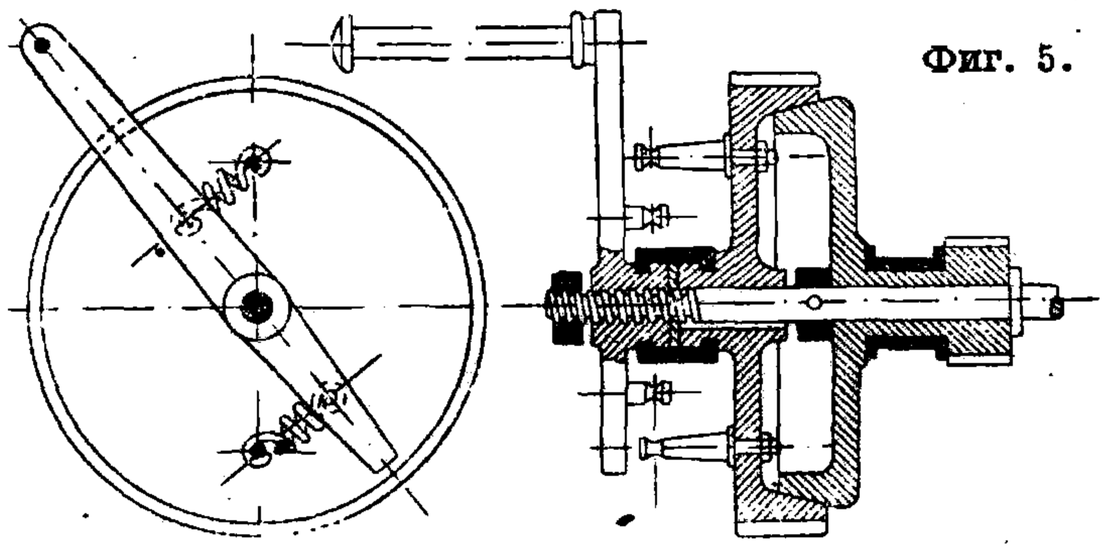
$$K = \frac{Pa}{(e^{\mu\alpha}-1)l}.$$

В диференциальном Т. (фиг. 4) оба конца ленты связаны с рычагом, причем натяжение набегающего конца используется для затягивания тормозной шайбы. Усилие на рычаге

$$K = \frac{P(b-e^{\mu\alpha}a)}{(e^{\mu\alpha}-1)l}.$$

Для стали по чугуну $\mu = 0{,}18$, что при $\alpha = \frac{3}{2}\pi$ дает $e^{\mu\alpha} = 2{,}34$. Т. к. для спокойной работы Т. разность в числителе не должна доходить до

Фиг. 5.



нуля, то b берут равным 2,5—3 a при a = =30—50 *мм*. Толщина ленты берется 1,5—4 *мм*, ширина до 80 *мм*. Расчет производится по натяжению набегающего конца при допускаемом напряжении на разрыв (с учетом износа) $R_z = 600$ *кг/см²* для стали и $R_z = 300$ *кг/см²* для полосового железа. Если расчет дает ширину ленты более 80 *мм*, на тормозную шайбу накладываются в целях равномерного прилегания две ленты.

Неудобство незамкнутых тормозов заключается в том, что для опускания груза необходимо от руки откинуть собачку храповика при одновременном нажатии на тормозной рычаг. Более удобным в управлении является замкнутый Т., в к-ром тормозная шайба затянута постоянным грузом (см. *Подъемные машины*, фиг. 10). Чтобы рукоятки на рабочем валу не вращались при опускании груза, вал смещают в осевом направлении для включения зубчатой передачи. Этого не требуется при применении безопасных рукояток. Пример таковой—рукоятка Вейдтмана (фиг. 5). Здесь Т. конический. Внешний конус одновременно служит храповиком; внутренний составляет одно целое с шестерней. Благодаря пружинам и вин-



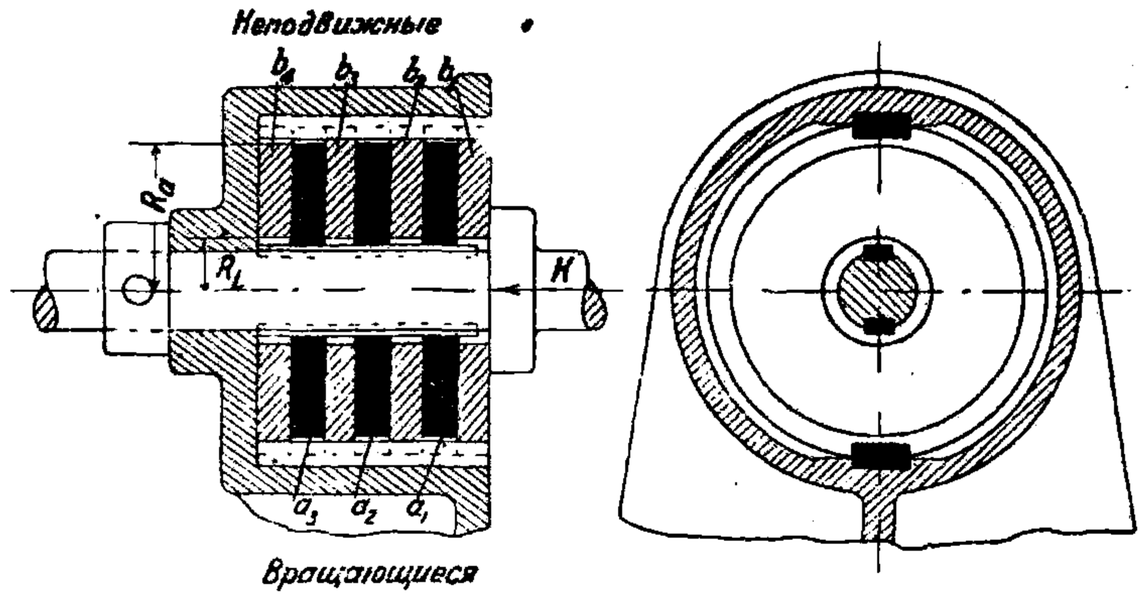
Фиг. 6.

товой нарезке на тормозном валу Т. всегда замкнут силами трения на конич. поверхностях. При нажатии на рукоятку в сторону, обратную подъему, рукоятка с внешним конусом отходит влево, и груз опускается с регулируемой скоростью.

Для увеличения сцепления между тормозной шайбой в ленточных Т. под лентой укрепляют ряд деревянных колодок или кожаный ремень. Коэф-ты трения для кожи принимают те же, что и для дерева. Наибольшее удельное давление на поверхности ленты, допускаемое для стальной ленты, $q = 10$ *кг/см²*, а для кожи и деревянных колодок $q = 6$ *кг/см²*, проверяется по ф-ле

$$q_{max} = \frac{T}{rb},$$

где T—натяжение набегающего конца ленты, r—радиус шайбы и b—ширина ленты. При опу-



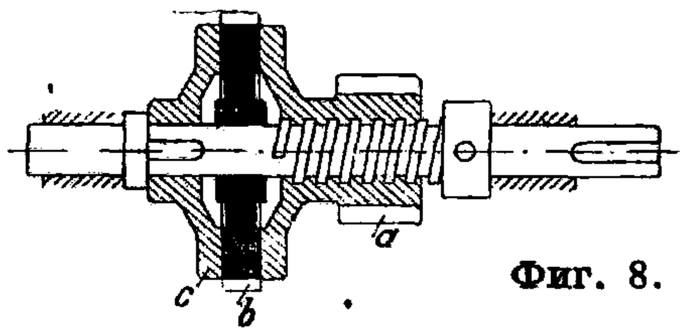
Фиг. 7.

скании груза на Т. удельная работа трения на поверхности его $k = q\mu v$ переходит в тепло, и Т. следует проверять по ф-ле

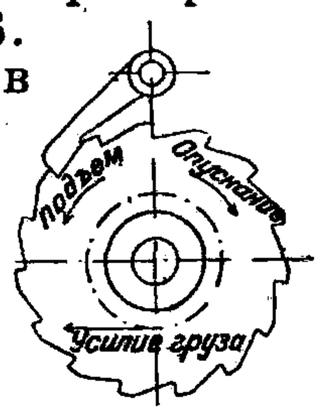
$$k \geqslant \frac{Pv}{5rb},$$

причем $k = q\mu v = 10$—30 *кг м/см² сек* в зависимости от продолжительности работы и интенсивности охлаждения. Для использования давления тормозного рычага на ось в целях торможения ось рычага устраивают подвижной, соединяя ее с деревянной колодкой. Пример такого комбинированного Т. на фиг. 6.

На фиг. 7 дан пластинчатый Т., в



Фиг. 8.



к-ром возникает работа трения между неподвижными дисками b и дисками a, вращающимися вместе с валом. Необходимое для торможения осевое давление

$$K = \frac{3}{2}\frac{M_m(R_a^2-R_i^2)}{\mu(R_a^3-R_i^3)n},$$

где M_m—тормозной момент, n—число трущихся поверхностей. Допускаемое удельное давление $q = 6$ *кг/см²*, коэф. трения со смазкой $\mu = 0{,}05$. Винтовой тормоз с одной пластинкой, служащей одновременно храповиком, дан на фиг. 8. Т. подобного рода применяют на грузоподъемных блоках, причем тормозной вал служит одновременно валом тягового цепного колеса. При подъеме груза храповик b зажат между тарелками c силою

$$K = \frac{M_a}{\frac{d}{2}\operatorname{tg}(\alpha+\varphi)},$$

где M_a — момент на шестерне a, d — средний

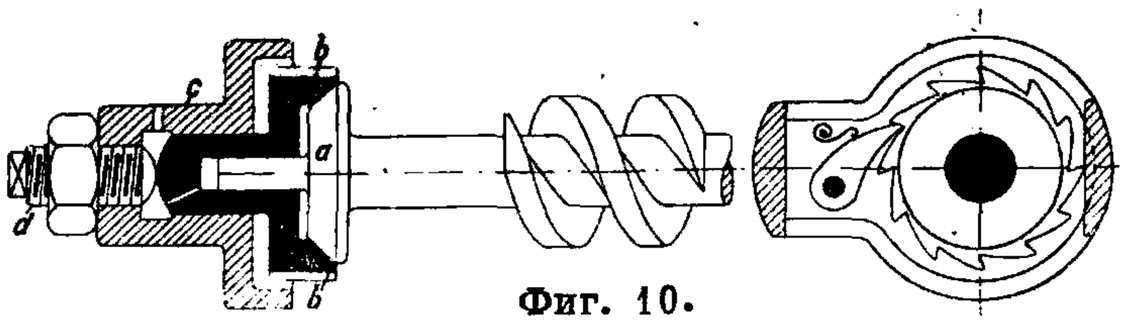
диам. винта. При опускании груза необходимо вращать тяговое колесо все время в сторону, обратную подъему, причем разомкнутый Т. будет стремиться к замыканию действием момента на шестерне.


Фиг. 9.

Автоматические тормоза служат для плавного опускания груза и приводятся в действие от давления поднятого груза или центробежными силами при его опускании. Последние называют также скоростными. Конец каната прикрепляется к одному концу рычага (фиг. 9), а на другом конце колодка прижимается к тормозной шайбе. Шайба сидит на валу свободно и посредством собачек сцепляется с храповиком, заклиненным на валу. При спуске груза необходимо преодолеть момент трения на шайбе минус момент от груза, так как тормоз работает как остановочный. В червячных тормозах для остановки и спуска груза (фиг. 10) используется осевое давление по червяку, ось к-рого оканчивается конусом a и входит в полый конус b, выполненный с наружной поверхности, как храповик. Полый конус упирается в установочный болт d, ввернутый во втулку c, к-рая связана наглухо с рамой червячного подъемного блока (Т. сист. Беккера). Средний диам. конуса D определяется по зависимости

$$D \geqslant d \frac{\sin \beta \operatorname{tg} (\alpha - \varphi)}{\mu},$$

где d—средний диам. червяка, β—половина угла при вершине конуса, μ—коэф. трения на

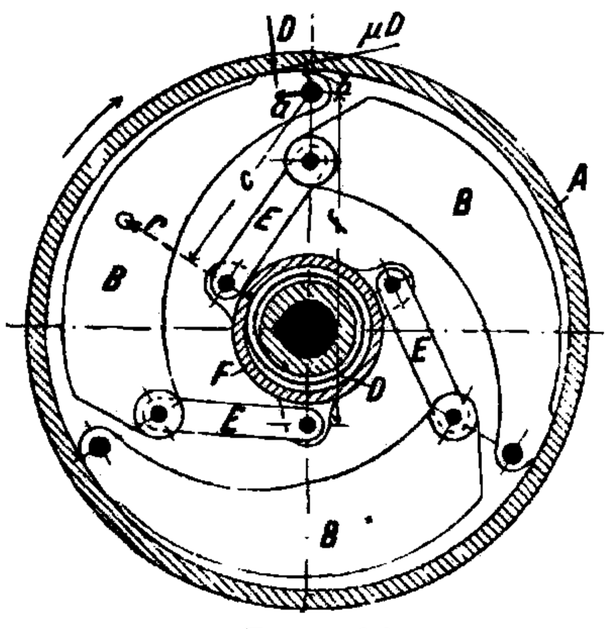


Фиг. 10.

поверхности конуса. В среднем $\beta=24°$, $\mu=0{,}08$. Давление на поверхности конуса принимается 6 *кг/см*^{2} и равно

$$q = \frac{K}{\pi D b \sin \beta},$$

где K—осевое усилие, b—длина образующей конуса. Скоростной Т. сист. Беккера (фиг. 11) состоит из неподвижного кожуха A, тормозных колодок B, шарнирно связанных с заклиненной на валу тарелкой, пружины D, служащей для оттягивания колодок при помощи тяг E и муфты F. Центробежная сила одной колодки



Фиг. 11.

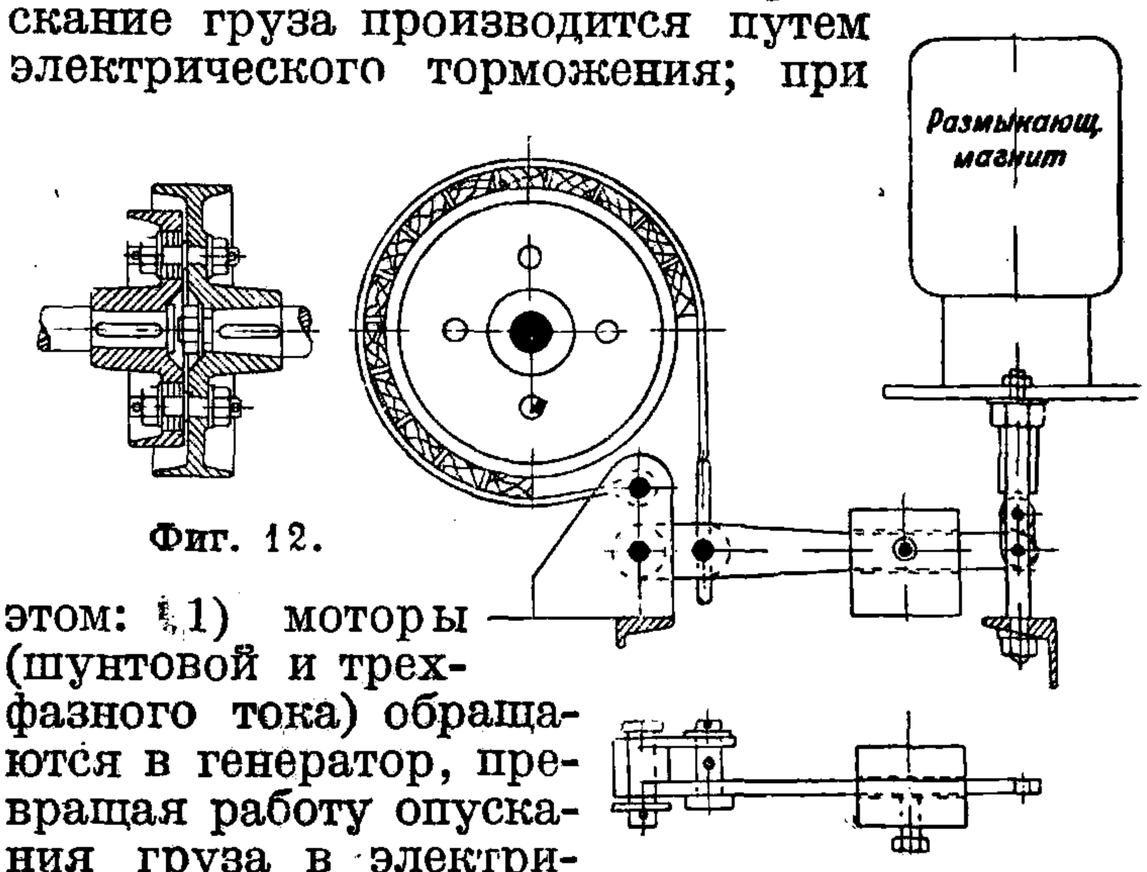
$$C = G \frac{rn^2}{900}$$

вызывает на поверхности кожуха силу трения P, к-рая связана с весом колодки G и плечами зависимостью:

$$G = \left[P \left(\frac{a}{\mu c} + \frac{b}{c}\right) + F \frac{f}{c}\right] \frac{900}{rn^2},$$

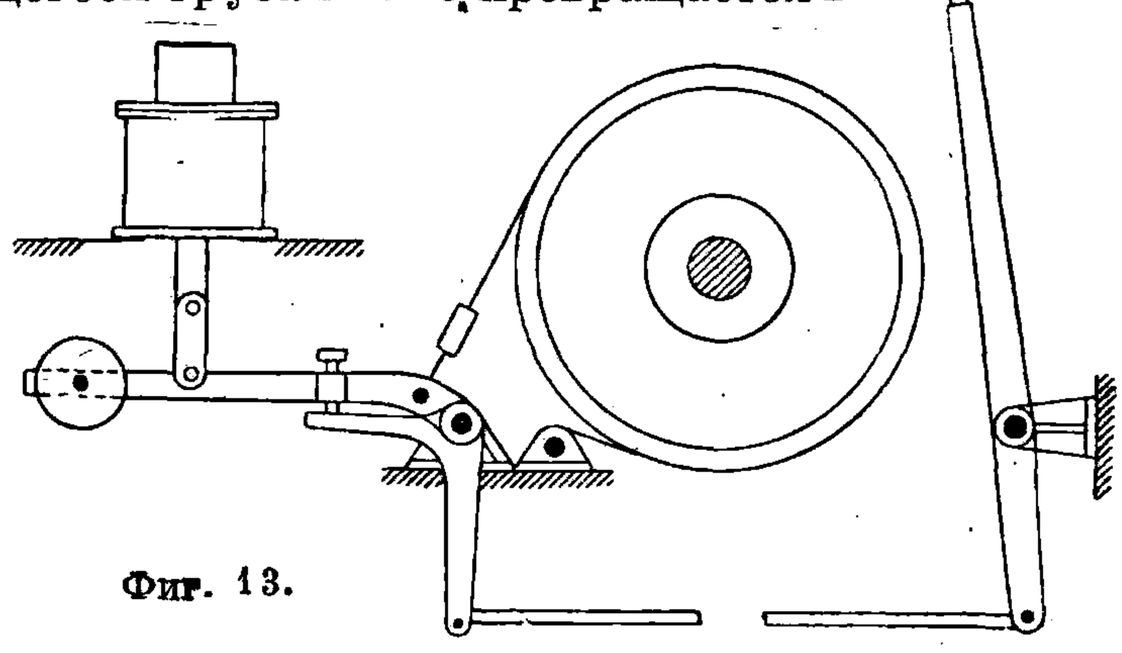
где a—плечо нормального давления, b—плечо силы трения, c—плечо центробежной силы относительно шарнира колодки, F—натяжение пружины, f—плечо пружины относительно того же шарнира. Конструктивно берется $a=b$, $\frac{a}{c} = \frac{b}{c} = \frac{1}{8} \div \frac{1}{12}$, $\frac{f}{c} = \frac{3}{2}$, причем $F=5 \div 7$ *кг*. Скоростной Т. употребляется при больших грузах и скоростях опускания. При нем необходим еще остановочный Т.

Электромагнитный Т. применяется в электромоторных подъемниках. Он состоит из соленоида, который втягивает якорь электромагнита при включении мотора и тем размыкает Т. При включении мотора рычаг Т. опускается и затягивает Т., к-рый берется обычно ленточной или колодочной конструкции (фиг. 12). Регулировка опускания груза производится при непосредственном управлении с помощью тяг, связывающих тормозной рычаг с пусковой рукояткой мотора, или помощью дополнительных рычагов, действующих на тормозной рычаг (фиг. 13). При управлении на расстоянии опускание груза производится путем электрического торможения; при



Фиг. 12.

этом: 1) моторы (шунтовой и трехфазного тока) обращаются в генератор, превращая работу опускания груза в электрическую энергию, или 2) коротко замыкается якорь через сопротивление (шунтовой мотор) и изменением сопротивления регулируется скорость опускания; в моторах последовательного возбуждения коротко замыкается обмотка магнитов, а при большом тормозном моменте кроме тока короткого замыкания через обмотки магнитов пропускают ток сети, при этом работа опускающегося груза также превращается в


Фиг. 13.

электрич. энергию и в теплоту. Т. к. при этих способах торможения скорость опускания груза не меньше скорости подъема, то для остановки груза необходим еще остановочный Т. 3) Торможение встречным током (при трехфазном токе) дает медленное и точное опускание. В кранах с большой грузоподъемностью соединения электромашин производят по схеме Леонарда (см. *Подъемные машины*), что создает широкие

пределы плавного регулирования подъема, спуска и торможения. В электромоторных грузоподъемниках при больших скоростях движения груза необходимо при расчете Т. считаться с инерционными силами, развиваемыми якорем мотора, передачами и грузом. При данном маховом моменте якоря $M=GD^2$, где G—вес якоря и D—двойной радиус инерции массы его; момент инерционных сил якоря при продолжительности торможения t, при начальном числе оборотов n равен (в *кгм*)

$$M_я = I_я \frac{\omega}{t} = \frac{GD^2}{4g} \cdot \frac{\pi n}{30t} = \frac{GD^2 n}{380t}.$$

Если передаточное число от мотора до тормозного вала i_1, а от последнего до крюка i_2, соответствующие кпд передач η_1, и η_2, то на тормозной вал передается момент

$$M_1 = \frac{GD^2 n}{380t} i_1 \eta_1.$$

Инерционная сила груза Q при начальной скорости торможения его v равна

$$U = \frac{Qv}{gt}$$

и создает на тормозном валу момент

$$M_2 = \frac{Uv}{0{,}105n} i_2 \eta_2 = \frac{Qv^2}{nt} i_2 \eta_2,$$

причем $\omega_m = \frac{0{,}105n}{i_2}$. Силы инерции вращающихся масс подъемного механизма можно приближенно учесть, увеличивая маховой момент якоря на 25%. При этом полный момент на Т. окажется равным

$$M_m = \frac{Qv}{0{,}105n} i_2 \eta_2 + \frac{Qv^2}{nt} i_2 \eta_2 + 1{,}25 \frac{GD^2}{380t} i_1 \eta_1.$$

При электрич. торможении мотор получает перегрузку моментом

$$M_м = \frac{Qv}{0{,}105n} i_1 i_2 \eta_1 \eta_2 + \frac{Qv^2}{nt} i_1 i_2 \eta_1 \eta_2 + 1{,}25 \frac{GD^2}{380t}.$$

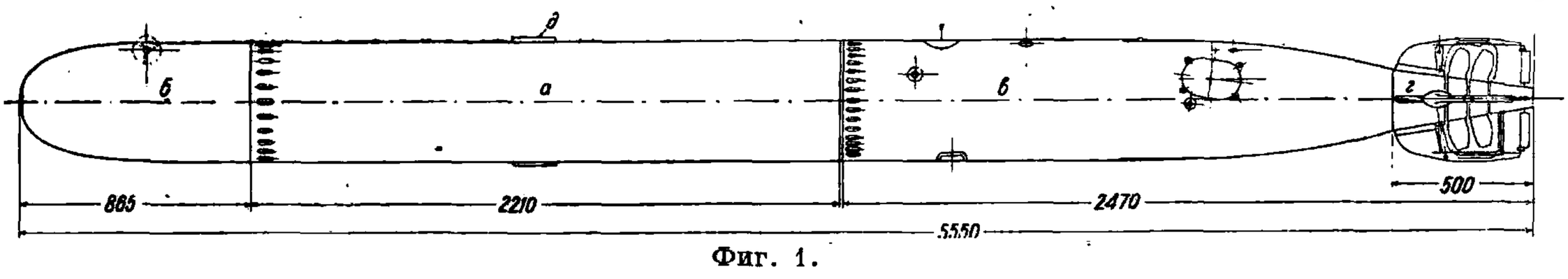
Время торможения выбирается в пределах 2—4 ск. или принимается $j = \frac{v}{t}$ от 0,5 до 1 *м/ск²*. В целях большей безопасности Т. необходимо располагать на валу барабана (шахтные подъемники) или на ближайшем промежуточном валу (в зубчатых лебедках). Однако часто Т. ставят на валу мотора (в червячных лебедках). Упругая муфта, соединяющая мотор с червяком, при этом обращается иногда в тормозную шайбу. Очевидная экономия получается вследствие низкого кпд обращенной червячной передачи $\eta_ч = \frac{\operatorname{tg}(\alpha-\varphi)}{\operatorname{tg}\alpha}$. В последнем виде его и надо подставлять в тормозной момент мотора.

Лит.: Берлов М., Детали машин, вып. 9, М., 1926; Кифер Л., Грузоподъемные машины, т. 1, 2 изд., М., 1922; Попов В., Проектирование подъемных механизмов, Л., 1928; Бетман Г., Грузоподъемные машины, пер. с нем., М., 1930; Пресс С., Электрич. оборудование подъемных и транспортных устройств, т. 1, Москва—Ленинград, 1930; Ernst J., Hebezeuge, B. 2, Berlin, 1903.

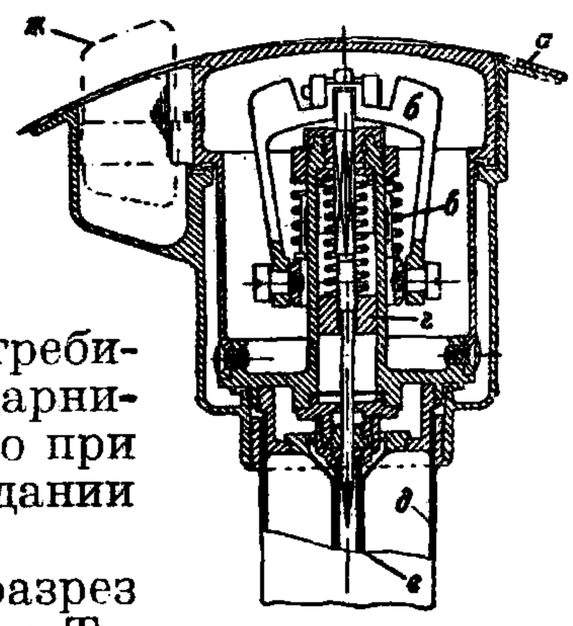
Е. Гутьяр.

ТОРПЕ́ДА, самодвижущийся и самоуправляемый подводный снаряд, несущий в носовой части взрывчатое вещество для подрывания подводной части корабля. Тип Т. определяется торпедным аппаратом (ТА), из к-рого она выбрасывается. В настоящее время установлены следующие типы Т. для стрельбы: 1) с подво́дных лодок, 2) с крейсеров, 3) с линкоров, 4) с катеров, 5) с самолетов и 6) с береговых установок. Для подрывания подводной части неприятельского корабля, находящегося на расстоянии, необходимо: 1) выпустить Т. с корабля при помощи ТА; 2) довести Т. до цели с возможно большего расстояния, для чего служат механизмы для движения; 3) сохранить Т. определенное направление при помощи специального прибора сист. Обри; 4) удержать Т. на заданной глубине при помощи гидростатич. аппарата и рулевых приводов; 5) вызвать взрыв Т. в требуемый момент.

Диам. Т. колеблется от 45 до 53 *см* при длине от 5,5—7,5 *м*. Корпус Т. имеет сигарообразную форму и состоит из следующих главных частей: 1) зарядного отделения, 2) резервуара со сжатым воздухом, 3) кормовой части и 4) хвостовой части. На фиг. 1 дан общий вид одного из образцов Т., где *а*—резервуар со сжатым воздухом, *б*—зарядное отделение, *в*—кормовая часть, *г*—хвостовая часть, *д*—наделка, служащая для поддержания Т. при выходе ее из ТА. В зарядном отделении помещается взрывчатое вещество с приспособлением для его взрыва, состоящим из ударника и двух детонаторов. Резервуар со сжатым воздухом в количестве, потребном для работы механизмов, помещается между зарядным отделением и кормовой частью. Воздух в резервуаре сжат до 150—200 *atm*. Для прочности резервуары выполняются из хромоникелевой стали с толщиной стенок 9÷12,5 *мм*. Все резервуары после изготовления подвергаются на з-де гидравлич. испытанию давлением 200÷250 *atm*, а затем воздушному давлению 150÷200 *atm*. Зарядное отделение содержит в себе тротил, вес к-рого достигает 300 *кг*. В носовой его части в диаметральной плоскости помещаются гнезда ударника с оболочкой, в которую вставляется запальный стакан с тетрилом. Наиболее употребительными являются ударники, действующие только при непосредственном попадании торпеды в цель.



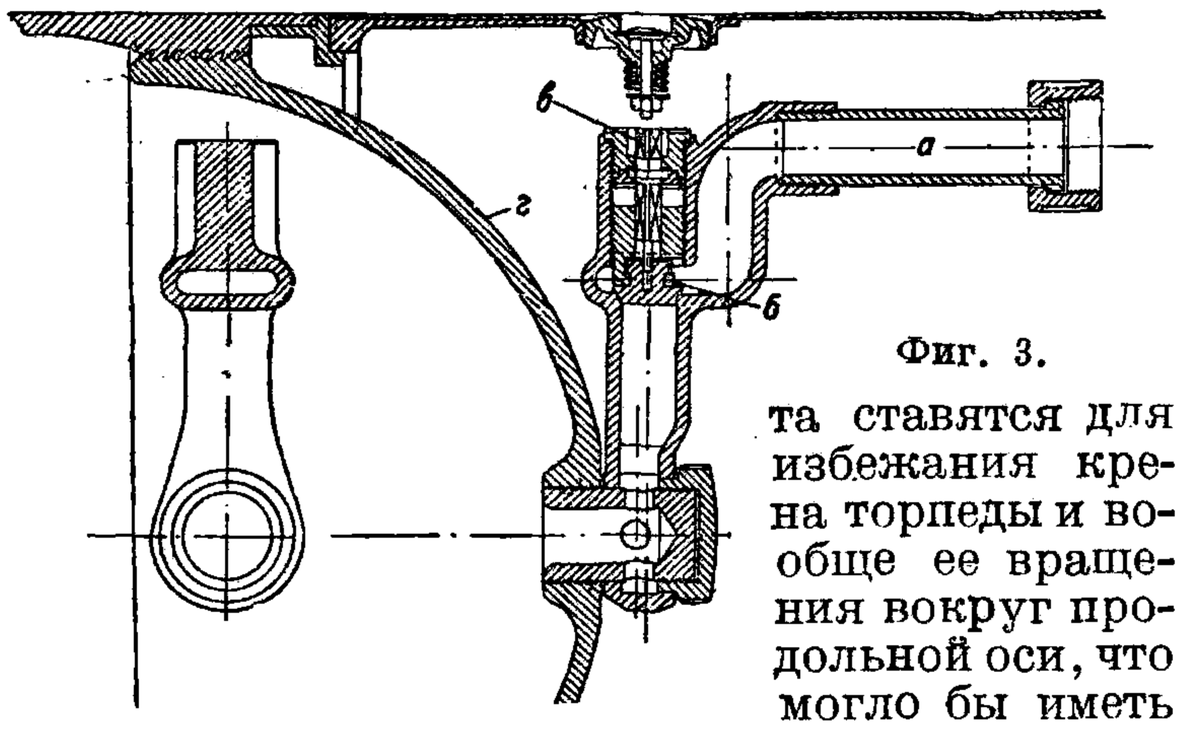
Фиг. 1.



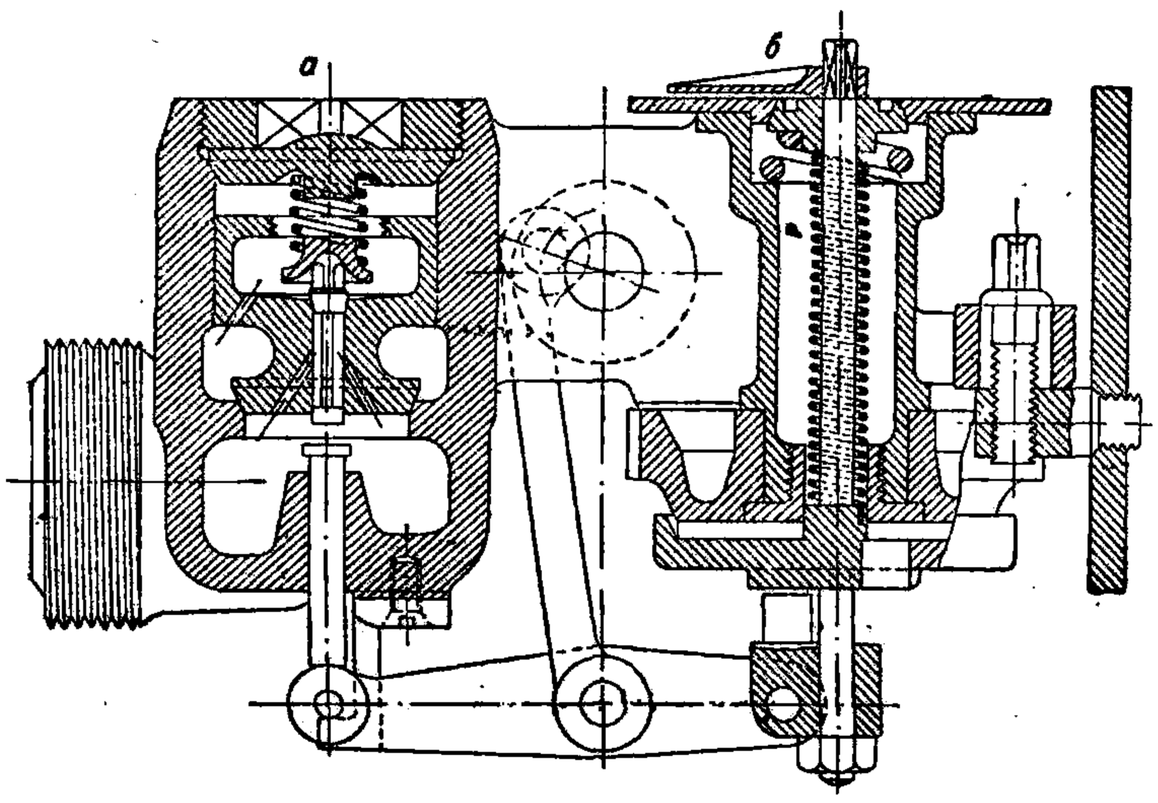
Фиг. 2.

На фиг. 2 изображен разрез ударника, где *а*—корпус Т., *б*—маятник, *в*—боевая пружина, *г*—боек с иглой, *д*—запальный стакан, *е*—капсюль, *жс*—вертушка, к-рая, вращаясь во время хода Т., взводит боевую пружину так, что ударник совершенно безопасен до выстрела Т. и становится опасным только, пройдя определенную дистанцию. Кормовая часть представляет собою тело вращения обтекаемой формы; оболочка ее сделана из листовой стали толщиной 2 *мм*. На заднем конце имеется бронзовая втулка. К втулке крепится хвостовая часть Т., и через нее проходят валы главной ма-

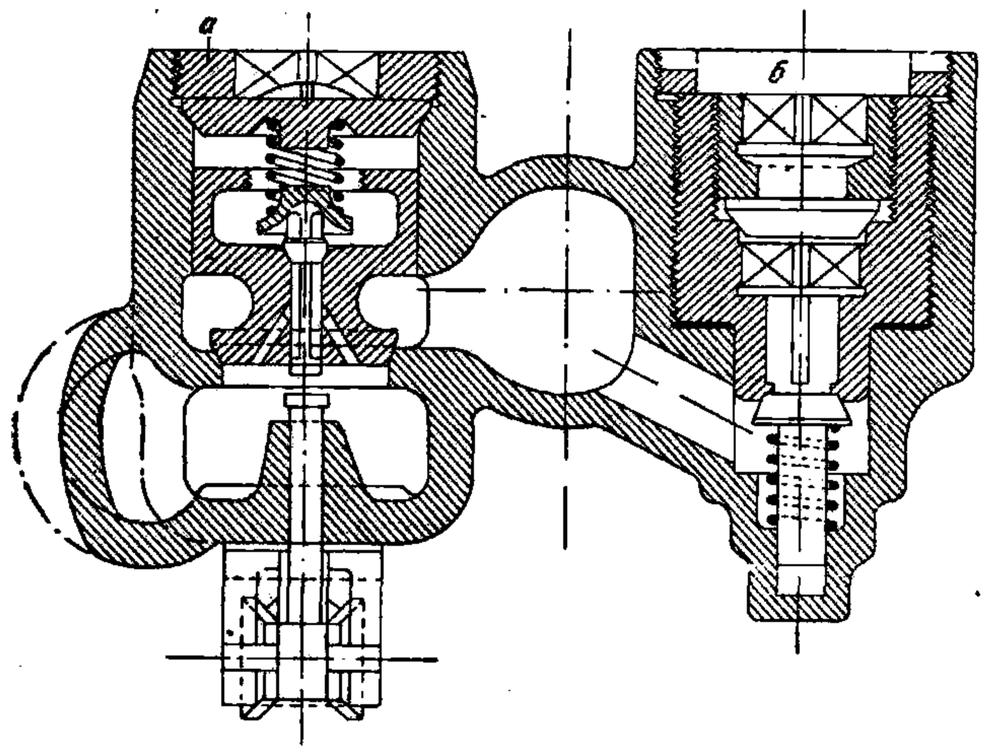
шины, на концах к-рых сидят два встречновращающихся гребных винта; последние при ходе Т. отбрасывают воду назад; реакция воды и является силой, движущей Т. Два гребных винта ставятся для избежания крена торпеды и вообще ее вращения вокруг продольной оси, что могло бы иметь место при наличии одного винта. Внутреннее пространство кормовой части разделяется на отделения: а) подогревательного аппарата, б) машинное, в) гидростатическое, г) кормовое, воздушное, д) рулевое, в которых помещаются все механизмы и приборы, обеспечивающие движение и управление Т. Для доступа к нек-рым приборам, когда торпеда собрана, имеются горловины, закрываемые крышками для обеспечения водонепроницаемости Т. В отделении подогревательного аппарата находятся: 1) запирающий клапан, служащий для запирания воздуха в резервуаре (перед



Фиг. 3.



Фиг. 4а.

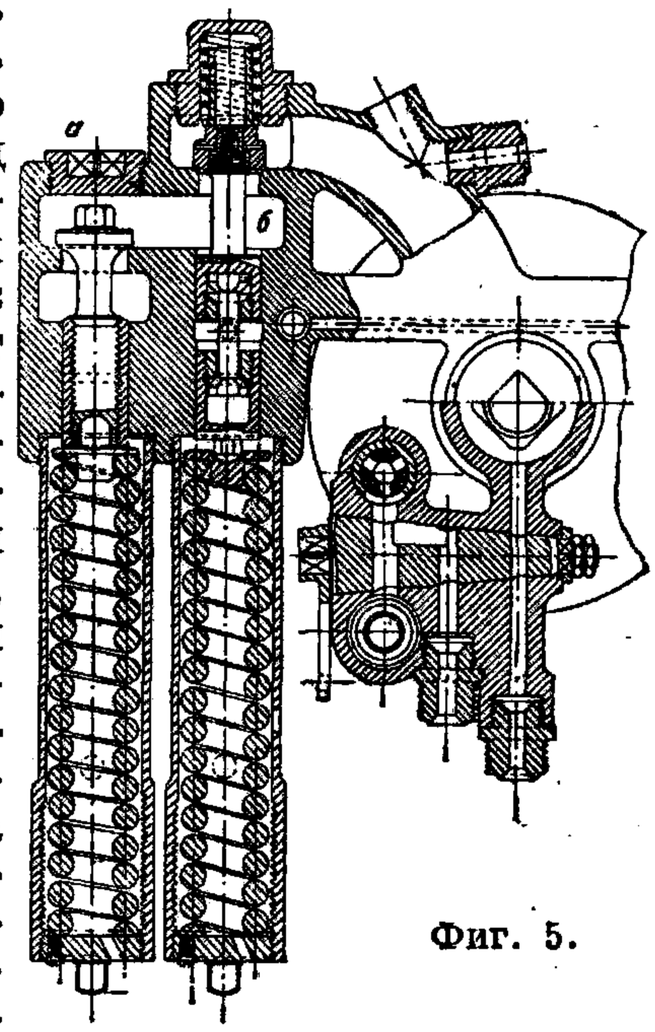


Фиг. 4б.

стрельбой клапан открывается заблаговременно и дает доступ воздуху к машинному крану). На фиг. 3 дан разрез запирающего клапана, где *а*—путь воздуха к машинному крану, *б*—клапан, *в*—шток запирающего клапана, *г*—резервуар сжатого воздуха. 2) Машинный кран, подающий воздух через машинные регуляторы к механизму и приборам Т. Клапан машинного крана поднимается автоматически в момент откидывания курка, задеваемого во время прохождения Т. в трубе аппарата за крючок. 3) Впускной клапан, составляющий одну отливку с машинным краном, служит для накачивания воздуха через воздушные трубки от компрессора. 4) Прибор расстояния, служащий для закрывания машинного крана, когда прекращается подача воздуха к механизмам Т., что необходимо при учебных упражнениях, т. к. Т. должна остановиться по прохождении ею установленного расстояния. Действие прибора расстояния на машинный кран происходит после определенного числа оборотов вала главной машины. Расстояние, на к-ром должен действовать прибор, может быть изменяемо, для чего производится перед выстрелом его установка. При боевой стрельбе, если Т. в конце хода обладает положительной плавучестью, специальным рычажком, соединенным с валиком прибора расстояния, открывается клапан потопления по прошествии той дистанции, на к-рую произведен выстрел. На фиг. 4а, 4б, 4в дан разрез клапана машинного крана, впускного клапана и прибора расстояния, где *а*—клапан машинного крана, *б*—впускной клапан, *в*—прибор расстояния. 5) Машинные регуляторы (фиг. 5) понижают давление воздуха, поступающего из резервуара в камеру подогревательного аппарата, до требуемого машиною и поддерживают это давление равномерным и постоянным. В новейших Т. имеется 2 регулятора, из к-рых первый *а*—высокого давления—понижает давление до 50—55 *atm*, а второй *б*—низкого давления—понижает его до рабочего в машине. Изменение скорости движения Т. достигается установкой регулятора низкого давления. Действие регу-

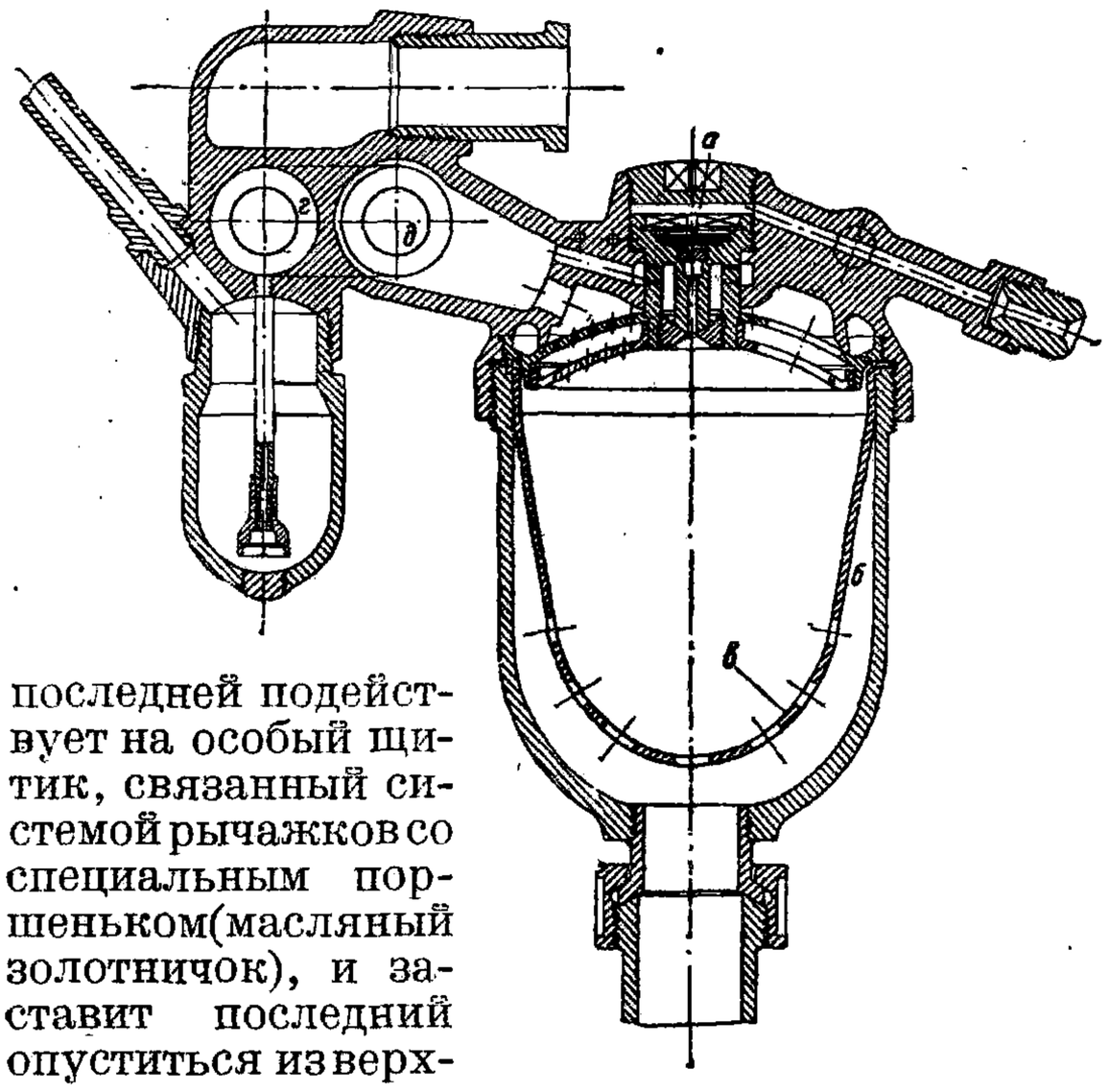


Фиг. 4в.



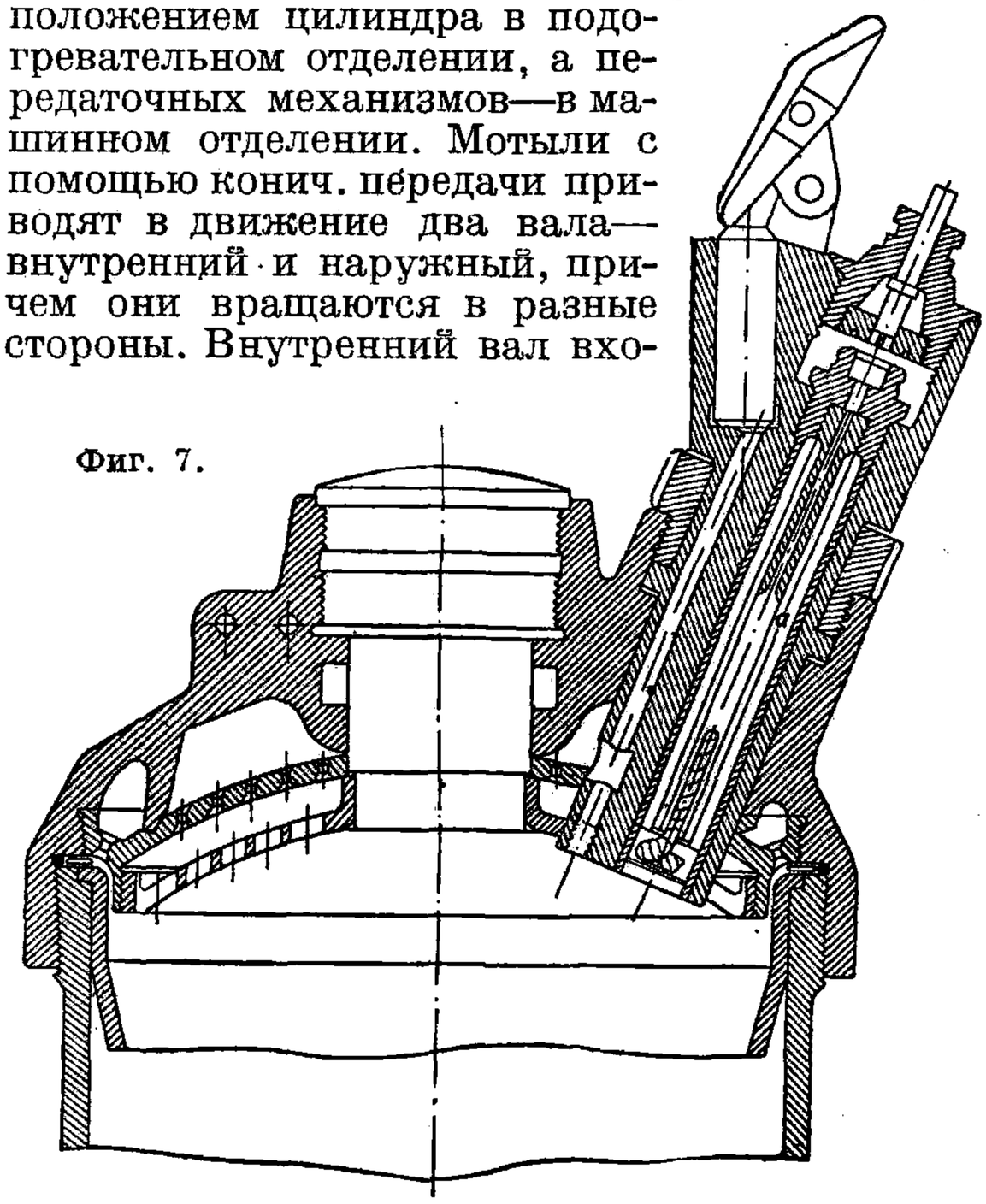
Фиг. 5.

лятора высокого давления начинается с момента откидывания курка машинного крана, а значит и попадания в него воздуха из машинного крана. Регулятор низкого давления при стрельбе из надводных ТА начинает свою работу с момента падения Т. в воду, когда давление



Фиг. 6а.

последней подействует на особый щитик, связанный системой рычажков со специальным поршеньком (масляный золотничок), и заставит последний опуститься из верхнего положения в нижнее, при к-ром указанный золотничок перепускает масло из масленки среднего давления через канал в полость между поршеньками регулятора низкого давления и раздвигает их, чем приводит в действие последний. Подобное приспособление служит для воспрепятствования развития главной машиной большого числа оборотов во время полета Т. в воздухе. При стрельбе из подводных аппаратов масляный золотничок заранее опускается; катерные Т. имеют вместо золотничка специальное устройство для пуска машины. 6) Подогревательный аппарат дает возможность увеличить запас энергии Т., что повышает тактические элементы (дальность и скорость) без увеличения ее размеров. В подогревательном аппарате происходит горение керосина, а в Т. новейших образцов в нем происходит еще испарение воды, пары которой значительно увеличивают объем газов, что еще более повышает запас энергии Т. На крышке подогревательного аппарата, имеющего одну отливку с корпусом машинных регуляторов, находятся следующие приборы: а) форсунка для распыления керосина, б) приспособление для зажигания керосина внутри подогревательного аппарата, в) водяной кран для регулировки воды, поступающей в подогревательный аппарат, г) тройной кран для перекрытия доступа воды и керосина в камеру подогревательного аппарата. На фиг. 6а: *а*—форсунка, *б*—камера горения, *в*—колпак, *г* и *д*—машинные регуляторы высокого и низкого давления. На фиг. 6б: *а*—фильтр для очистки воды, которая поступает в подогревательный аппарат, *б*—регулирующий кран воды, поступающей в камеру горения. На фиг. 7 дано изображение приспособления *а* для зажигания керосина. С момента попадания воздуха в подогревательный аппарат и начала работы машины в камеру горения проходит вода и керосин в распыленном виде. Одновременно с попаданием воздуха в подогревательном аппарате загорается зажигательный патрон, а с ним и керосин. Полученная смесь продуктов горения керосина, паров воды и частично воздуха идет на работу машины. 7) Главные машины. К машинам Т. предъявляются следующие требования: а) они не должны иметь мертвых точек, б) работа их должна быть плавной, без чрезмерных сотрясений при большом числе оборотов. В состав машины входят: а) цилиндр с поршнем, б) кривошипно-шатунный механизм, получающий движение от поршня, в) распределительный золотник, приводимый в движение самой машиной. Главная машина по своей конструкции представляет горизонтально расположенную двухцилиндровую машину двойного действия с расположением цилиндра в подогревательном отделении, а передаточных механизмов—в машинном отделении. Мотыли с помощью конич. передачи приводят в движение два вала—внутренний и наружный, причем они вращаются в разные стороны. Внутренний вал вхо-



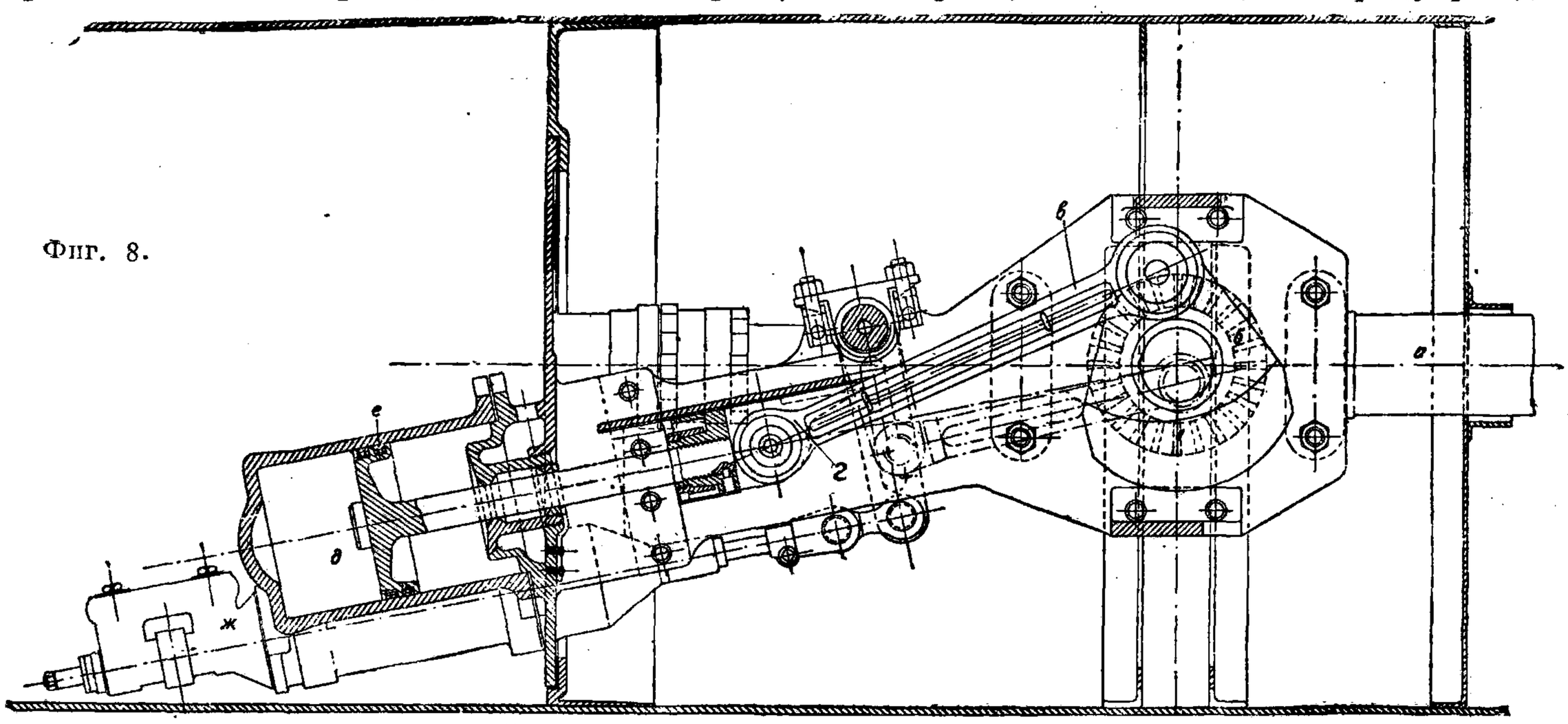
Фиг. 7.

дит передним концом в камеру отработанного газа, поступающего из цилиндров машины и уходящего по валу наружу (в воду). На концах обоих валов со стороны хвостовой части помещены сальники в целях воспрепятствования проходу внутрь Т. забортной воды.

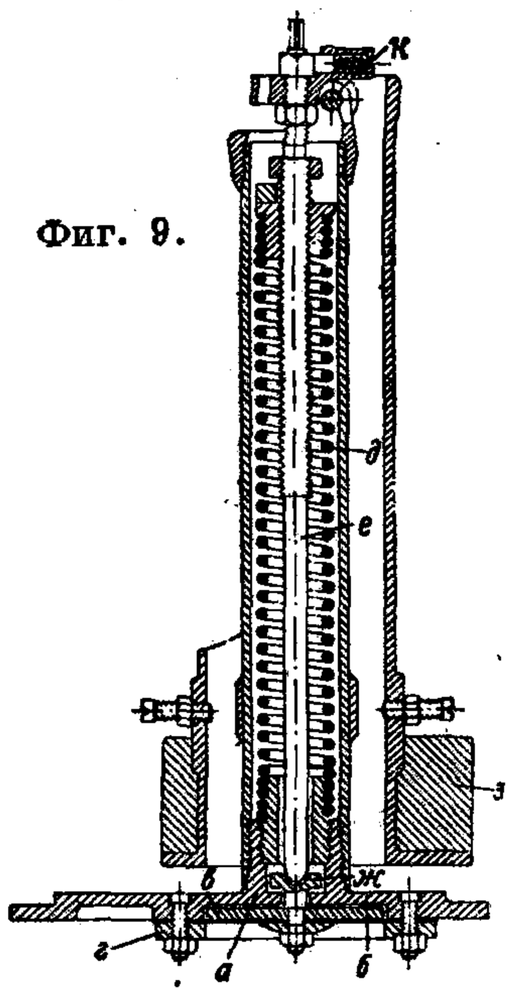
Смазка подшипников главной машины производится автоматически масляной помпой, приводимой в действие самой машиной. Впереди главной машины помещается водяная помпа, подающая воду в подогревательный аппарат и в керосиновую камеру для вытеснения из последней керосина. На фиг. 8 дан разрез главной машины, где *а*—валы гребных винтов, *б*—эксцентрик, *в*—шатун, *г*—передаточные механизмы, *д*—цилиндр, *е*—поршень главной машины, *жс*—водяная помпа. 8) Управление движением Т. по глубине производится гидростатическим аппаратом, помещаемым в особом отделении. Его устройство основано на равновесии натяжения пружины и давления столба воды на глубине движения Т., причем обе силы приложены к одной и той же части аппарата—к подвижному диску. Послед-

ний, находясь под действием этих двух сил, может совершать движения вверх и вниз в небольших пределах. Этими движениями перекладываются горизонтальные рули, управляемые рулевой машинкой, работающей сжатым воздухом. При изменении глубины хода Т. нарушается равновесие между давлением столба воды и натяжением пружины, подвижной диск передвигается в соответствующем направлении и тем заставляет работать рулевую машинку. Последняя перекладывает рули в требуемом направлении и этим приводит Т. снова на требуемую глубину погружения. Если бы перекладка рулей глубины зависела только от перемещения подвижного диска, вызывались бы большие колебания продольной оси Т. в вертикальной плоскости, так как при продолжительном действии рулей Т. по инерции отклонялась дальше требуемой глубины. Поэтому для уменьшения угла наклона оси Т. к горизонту вводится маятник. Когда подвижной диск под давлением воды или пружины вызывает перекладку горизонтальных рулей, наклоняя Т., маятник начинает ему противодействовать, перекладывая руль в обратном направлении. Т. о. всякие отклонения Т. по глубине или диференту вызывают соответствующие перемещения рычагов, связанных с золотничком рулевой машинки, направляющей горизонтальные рули Т. Гидростатический аппарат состоит из следующих главных частей: неподвижного диска *а* (фиг. 9), на к-ром монтируется весь аппарат и которым он крепится к корпусу Т., подвижного диска *б*, резинового диска *в*, прижимаемого к неподвижному диску нажимным кольцом *г*, пружины *д*, натяжение к-рой передается помощью стержня *е* и винта *ж* подвижному диску, и маятника *з*, подвешенного на оси *к* и связанного рычажками с золотничком рулевой машинки.

Фиг. 8.

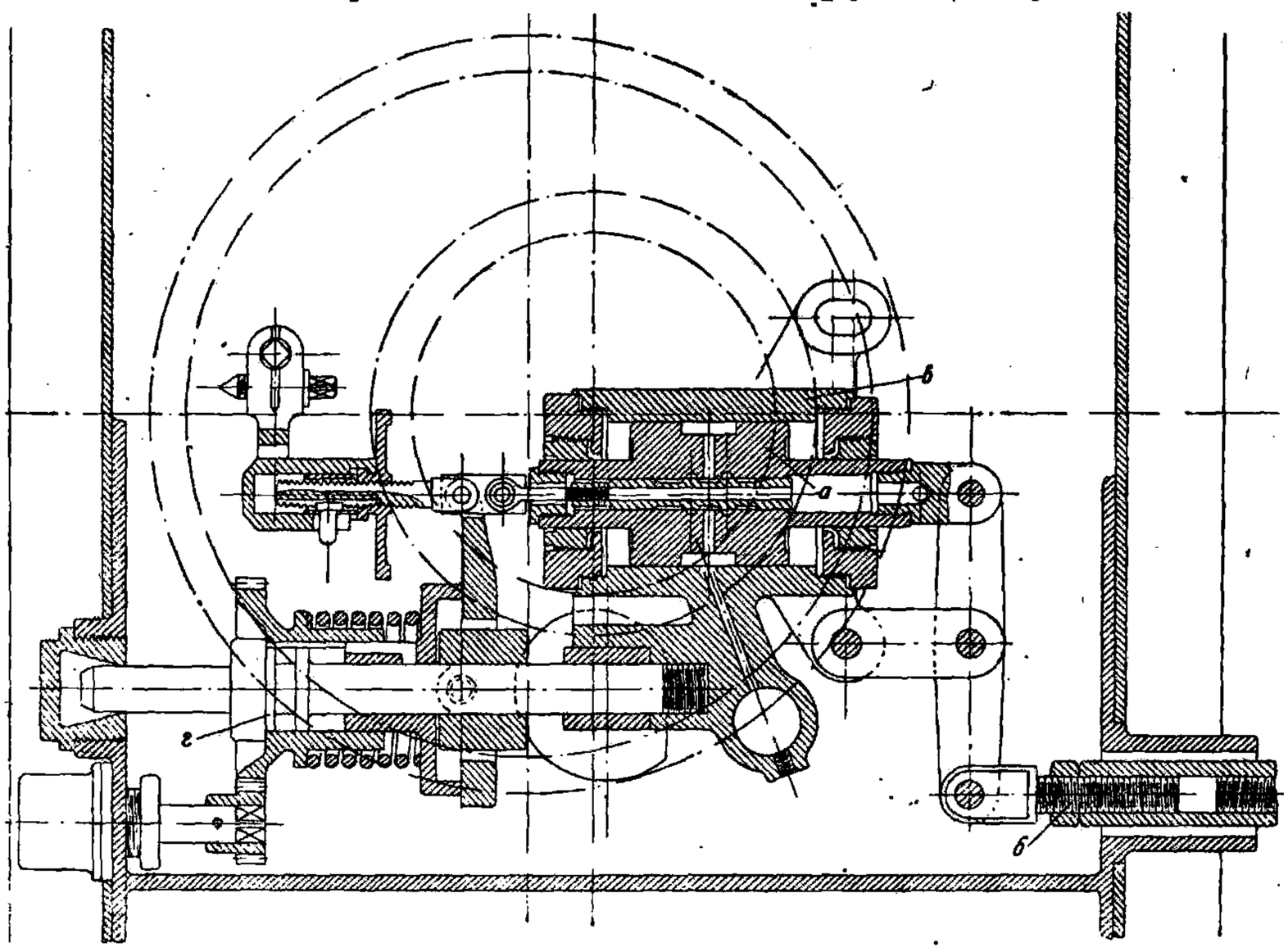


Фиг. 9.



Рулевая машинка (фиг. 10) работает сжатым воздухом, служит для перекладки рулей и д. б. достаточно сильна, чтобы преодолеть сопротивление воды на рули при их перекладке во время хода Т. Диск и маятник гидростатич. аппарата при своих движениях перемещают золотничок рулевой машинки для впуска воздуха в соответствующую полость цилиндра, чтобы перемещением поршня *а*, связанного тягами *б* с горизонтальным рулем, вызвать перекладку их. Рулевая машинка помещается в особой выгородке в нижней части Т. Воздух для работы машинки берется от крышки подогревательного аппарата, т. е. теплый, чем предупреждается сгущение масла в машинке при стрельбе при низкой $t°$ воды. Рядом с рулевой машинкой *в* (фиг. 10) помещается рулевой стопор *г*, служащий для стопорения золотника и горизонтальных рулей в первые моменты начала движения Т., когда скорость последней еще нарастает и маятник не пришел в равновесие. В начале движения Т. она или настолько приближается к поверхности воды, что может из нее выскочить, или уходит на глубину и при недостаточности ее зарывается в грунт. По прохождении Т. известного расстояния рулевой стопор автоматически выводится, а золотничок освобождается и гидростатич. аппарат с этого момента может производить перекладку рулей. Для управления торпедой в горизонтальной плоскости по направлению служит прибор Обри (фиг. 11), основанный на свойстве быстровращающегося жироскопа (*волчка*, см.) сохранять то направление своей оси, которое она имела в момент первоначального разворачивания. 9) Прибор Обри состоит из следующих частей: *а*—волчка, вращающегося около горизонтальной оси в кольце карданного подвеса *б*, турбинки *в* для разворачивания волчка, осуществляемого пружиной, с особым колоколом в Т. старых образцов или специальной турбинкой в Т. последних конструкций и рулевой машинки *г* для перекладки вертикальных рулей. Действие прибора Обри заключается в следующем: во время вылета Т. из ТА разворачивается волчок. Вертикальное кольцо прибора Обри, через к-рое проходит ось горизонтального кольца и в подшипниках к-рого вращается волчок, соединяется эксцентриком и тягою с золотничком рулевой машинки. Волчок, сохраняя направление своей оси в пространстве, данное ей ТА, оказывает противодействие всякому усилию, приложенному к кольцам. А т. к. к горизонтальному кольцу

никаких усилий не приложено, кроме весьма малого трения в подшипниках, а вертикальное кольцо связано при помощи золотничка руле-



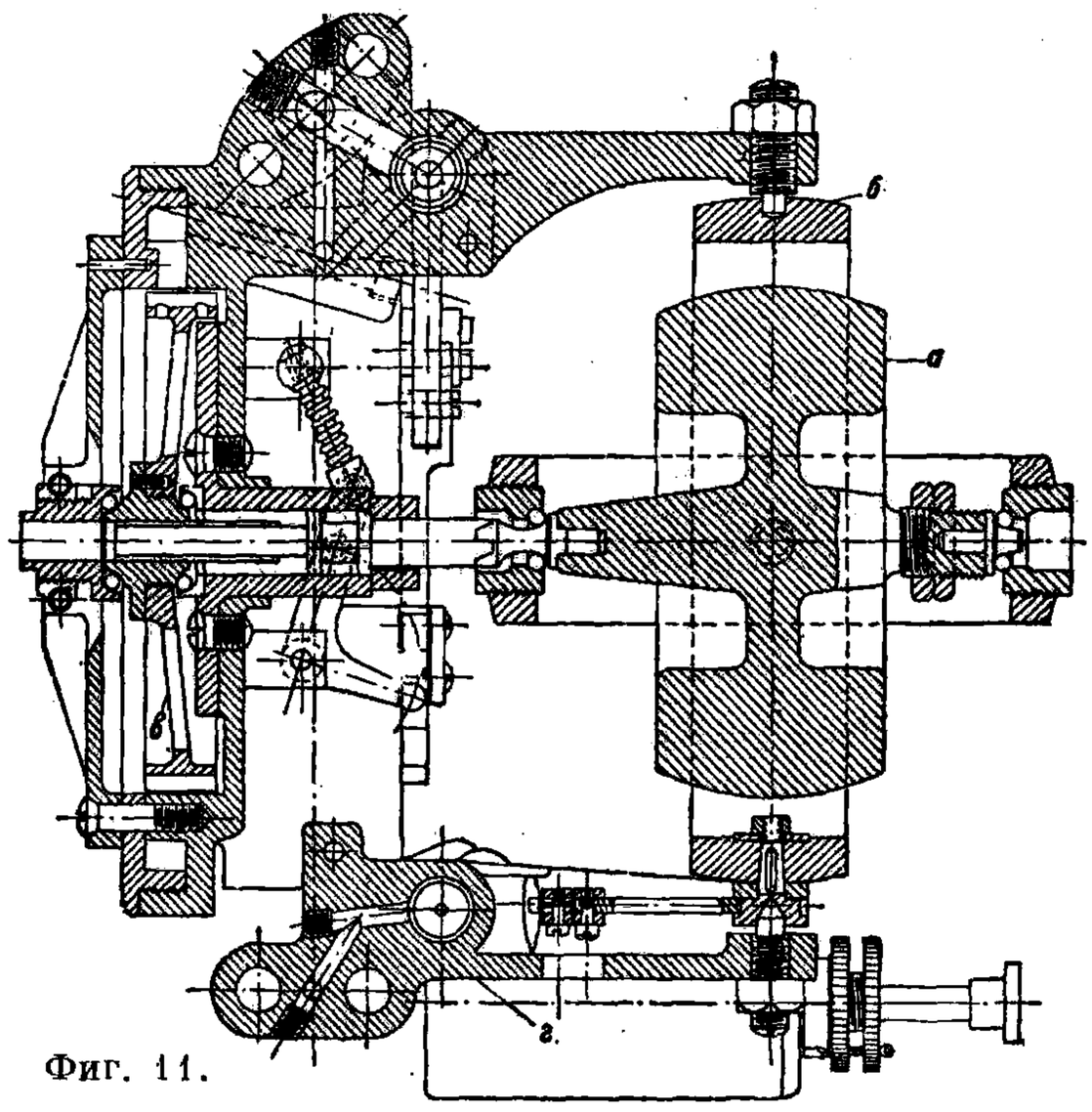
Фиг. 10.

вой машинки с корпусом Т., то только поворот Т. в горизонтальной плоскости производит воздействие на вертикальное кольцо, вызывая с его стороны реакцию, вследствие чего вертикальное кольцо остается неизменным в пространстве, а сдает золотничок, который выходит из среднего положения, в результате чего происходит нужное распределе́ние воздуха в рулевую машинку. При отклонении Т. от прицельной линии золотниковая коробка рулевой машинки начинает перемещаться относительно золотничка, что вызывает впуск воздуха в ту или иную полость цилиндра, перемещение поршня, а вместе с тем и перекладку вертикальных рулей.

Хвостовая часть Т. состоит из конич. втулки с вертикальными и горизонтальными перьями и рулевой части. Оперение хвостовой части служит стабилизатором Т., так как ее перья препятствуют быстрому повороту Т. около оси под действием гребных винтов. В хвостовой части (фиг. 1) помещаются два гребных винта, вертикальные и горизонтальные рули и тяги к ним. При повседневной учебной стрельбе Т. применяются специальные зарядные отделения, называ́емые у ч е б н ы м и. Их размеры одинаковы с размерами боевых зарядных отделений, но вес значи́тельно меньше. В зарядном отделении для вывески помещается свинцовый груз. В гнездо для ударника вставляется стакан с фосфористым кальцием, дающим огненные вспышки и дымок, облегчающие нахождение торпеды.

Все Т. по сборке на з-де подвергаются следующим испытаниям: а) вывеске, б) испытанию на тормозе, в) прокачке. В ы в е с к а—это определение пловучести Т. при заданных количествах воды, воздуха, горючего и масла, определение ц. т. торпеды относительно среза хвостовой части и относительно оси Т. и уничтожение крена. Для увеличения остойчивости Т. ее ц. т. помещают возможно ниже. Обычно стремятся Т. вывесить с учебным зарядным отделением так, чтобы она после прохождения заданной дистанции обладала положительной пловучестью, что необходимо при практических стрельбах. И с п ы т а н и е Т. н а т о р м о з е служит для выяснения исправности работы механизмов, определения мощности главной машины и установления соответствующих расходов воздуха, воды и керосина. Вертикальная п р о к а ч к а имеет назначением проверку приборов, служащих для управления движением Т. в вертикальной плоскости, т. е. по глубине. Горизонтальная прокачка—это способ наблюдения работы прибора Обри относительно правильности его регулировки. Каждая торпеда после сборки и испытания на з-де подвергается испытанию стрельбой на пристрелочной станции на требуемые дистанции для выяснения: а) имеет ли она требуемую скорость на заданную дистанцию, б) правильно ли ее движение как по глубине, так и по направлению, в) какая должна быть установка машинного регулятора для получения требуемой скорости.

Для стрельбы Т., т. е. для выпуска их с корабля по известному направлению, применяются ТА, представляющие собою трубу, в которую вкладываются приготовленные к выстрелу торпеды. Последние выталкиваются из ТА в воду действием сжатого воздуха (подводные ТА) или пороховых газов (надводные ТА). Надводные ТА устанавливаются на легких

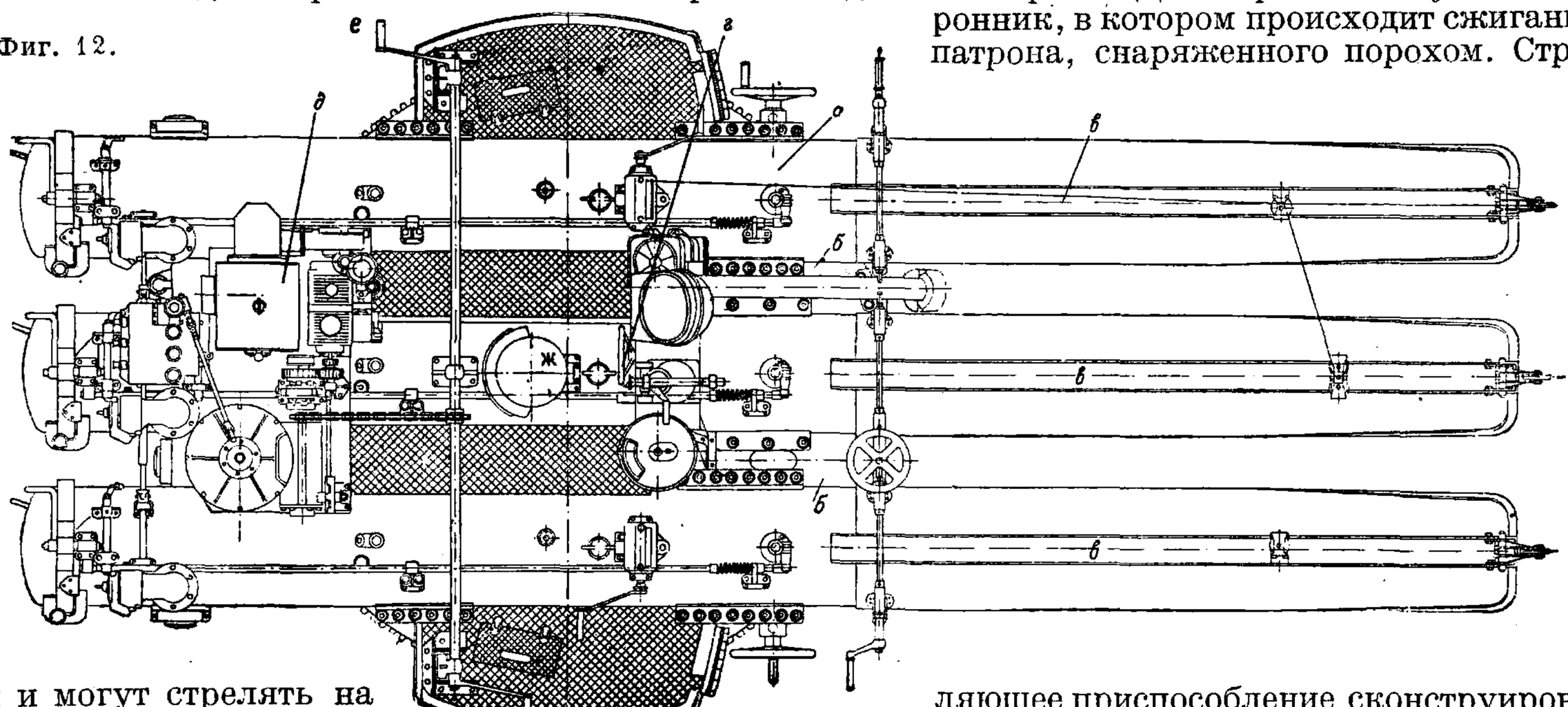


Фиг. 11.

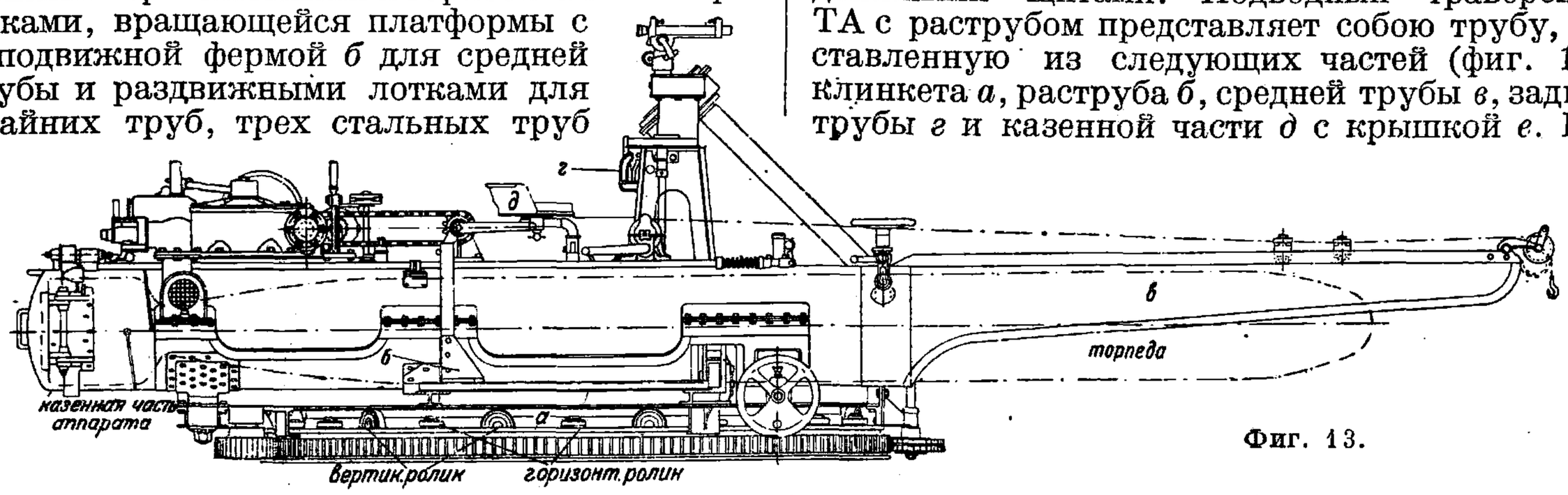
крейсерах, эсминцах, сторожевых кораблях и торпедных катерах, а в настоящее время и на линкорах, а подводные—на крейсерах, линкорах и подлодках. Надводные ТА (фиг. 12, где *а*—зубчатый венец, *б*—привод для растворения аппаратов, *в*—совки аппаратов, *г*—пост наводчика и рукоятка управления электродвижением аппарата, *д*—механизм электродвижения, *е*—привод ручного вращения аппарата, *жс*—трубы аппарата с казенной частью) м. б. поворотные (крейсеры, сторожевые корабли, эсминцы) и неподвижные (торпедные

катеры). Подводные ТА имеют постоянное положение на корабле или параллельно диаметру плоскости (подлодки) или перпендикулярно к борту (большие корабли). По месту, занимаемому на корабле, надводные ТА устанавливаются или в диаметральной плоскости корабля и могут стрелять на оба борта, или бортовые, стреляющие только на один борт. К ТА предъявляются следующие требования: а) точность наводки или установки, отвечающая условиям торпедной стрельбы; б) скорость наводки, также отвечающая условиям стрельбы; в) возможно меньшие размеры и вес; г) способность производить повторные выстрелы в условиях боя; д) скорость заряжания и скорострельность; е) возможно большие углы обстрела; ж) возможность залповой стрельбы с интервалами, если аппарат состоит из нескольких труб; з) невидимость выстрела для неприятеля; и) возможность пользования при любой погоде. Наибольшим применением в настоящее время пользуются трехтрубные надводные ТА (фиг. 12, 13). Подобный ТА состоит из: основания *а* с зубчатым венцом и с сектором, снабженным вертикальными и горизонтальными роликами, вращающейся платформы с неподвижной фермой *б* для средней трубы и раздвижными лотками для крайних труб, трех стальных труб с совками *в*, стреляющего приспособления *г*, механизма электродвижения и ручного привода и поста наводчика *д*. С казенной части трубы закрываются крышками с буфером на внутренней их поверхности. Внутри труб по всей их длине приклепаны направляющие бронзовые планки. Для предупреждения прорыва газов при стрельбе в передней части трубы помещается обтюрирующее кольцо. На трубах располагаются: 1) коробка *е* крючком для откидывания машинного курка Т. в момент вылета последней из ТА, 2) коробка со стопором, в который упирается Т. своей наделкой, 3) боковые тормоза для зажимания резервуара Т., отжимаемые перед стрельбой, 4) лебедка для втягивания Т. при заряжании внутрь ТА, 5) патрубок для крепления корпуса патронника с затвором, 6) тяги для производства выстрела. Для стрельбы служит патронник, в котором происходит сжигание патрона, снаряженного порохом. Стреляющее приспособление сконструировано так, что исключается возможность ошибок при заряжании и стрельбе. Вблизи наводчика установлены приборы, необходимые для управления и контроля ТА.

Фиг. 12.



Подводные ТА устанавливаются на платформах, лежащих ниже грузовой ватерлинии на 2,5—4 *м*. Стрельба из подводных траверсных (расположенных нормально к борту) ТА встречает значительные затруднения, так как при больших скоростях движения корабля возможны поломки Т. Поэтому при конструировании ТА необходимо выполнить следующие требования: а) Т. должна быть защищена от ломающих усилий воды; б) вылет Т. из ТА должен производиться беспрепятственно; в) отклонение торпеды по направлению должно быть минимальным. Для удовлетворения этим требованиям применяются ТА с раструбом или выдвижными щитами. Подводный траверсный ТА с раструбом представляет собою трубу, составленную из следующих частей (фиг. 14): клинкета *а*, раструба *б*, средней трубы *в*, задней трубы *г* и казенной части *д* с крышкой *е*. Все части ТА делаются из бронзы. В стенке ТА с внутренней стороны сделаны 2 дорожки для двух направляющих наделок на резервуаре Т. Снаружи ТА располагаются тяги для производства выстрела, коробка с курком, коробка со стопором, механизм для открывания клинкета, воздухохранитель и боевой клапан для впуска воздуха в ТА при стрельбе. Стрельба производится сжатым воздухом. Имеются также предохранительные приспособления, не позволяющие открыть клинкет при открытой крышке ТА или произвести выстрел при закрытом клинкете. После выстрела клинкет закры-

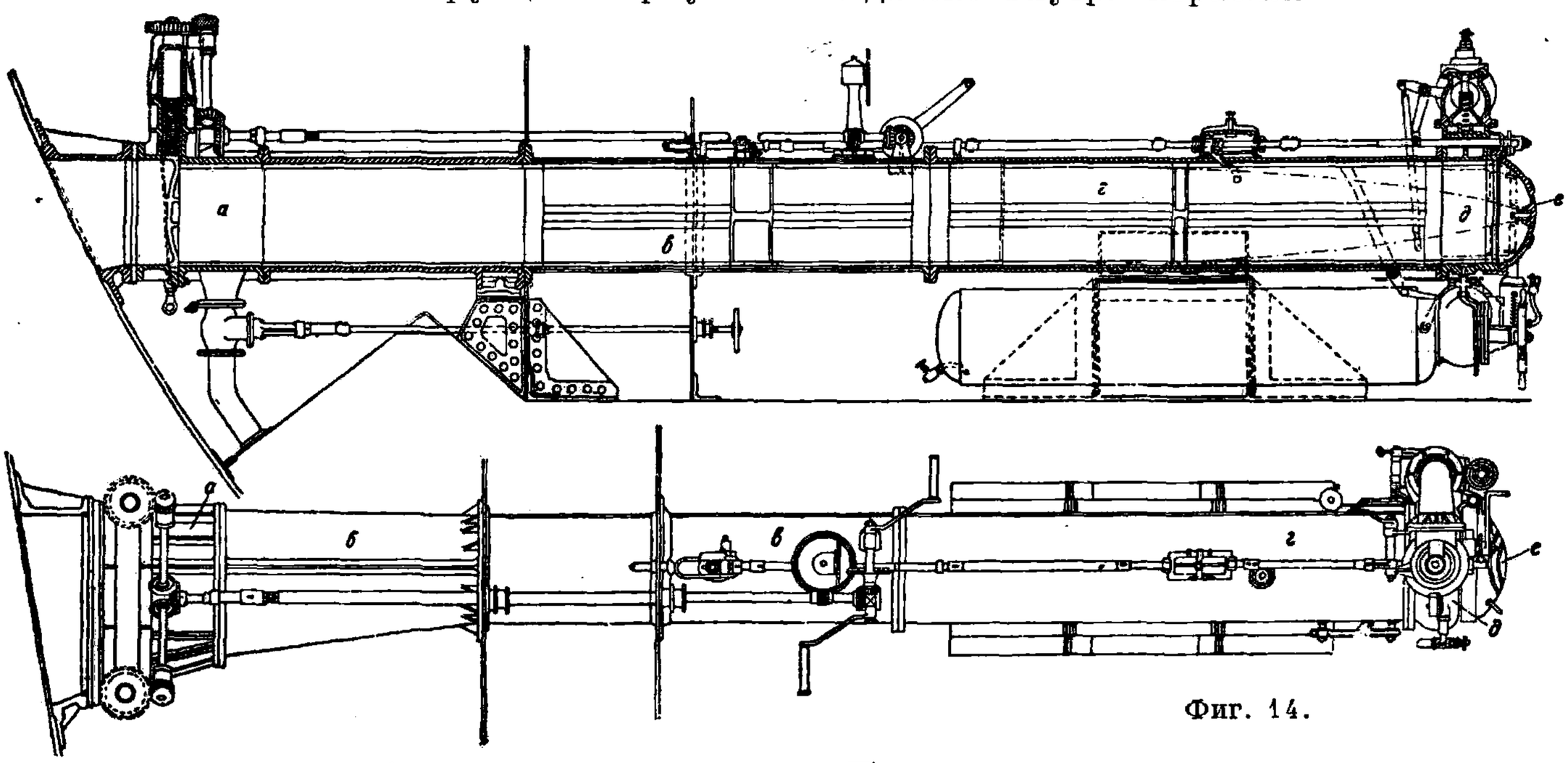


Фиг. 13.

вается, а вода, проникшая в ТА, спускается в трюм корабля. Число надводных ТА (тройных) 1÷4; число подводных ТА на линкорах 4, по 2 с борта, такое же число и на крейсерах, на подлодках (ординарных) 2÷8. На эсминцах помещается до 5 тройных ТА. На торпедных катерах применяется желобчатый ТА, представляющий собою жолоб, сделанный в кормовой части катера. Т. удерживается в аппарате специальными бугелями. Число Т. на каждый ТА различно; англичане принимают до семи Т. на каждый аппарат. Т. хранятся как в самом ТА, так и в помещениях, в к-рых помещаются подводные ТА. На эсминцах запасные Т. хранятся на верхней палубе в ящиках вблизи ТА. Для подводных ТА в одном помещении с ними находятся воздушные компрессоры, откуда сжатый воздух подается в ТА для выстреливания Т. Головные части Т. хранятся в особом погребе, оборудованном, как и погреба для артиллерийских снарядов. Головные части присоединяются к остальному телу Т. перед стрельбою.

Громадное разрушительное действие взрыва Т. или мины требует для предохранения корабля специальных конструкций корпуса. В настоящее время разработаны и применяются способы защиты от бортовых взрывов. После Русско-японской войны при проектировании боевых кораблей флота установилось требование обеспечения боевой остойчивости при заданном количестве подводных взрывов в самых невыгодных для корабля условиях. После войны 1914—18 гг. требования повысились, и боевые корабли должны были после одновременного попадания 2—3 торпед или такого же количества минных взрывов не только сохранить остойчивость и пловучесть, но и сохранить боевые и маневренные качества.

На боевых кораблях герм. флота еще до войны 1914—18 гг. противоминная защита была сильно развита. Противоминная переборка удалялась возможно дальше вглубь корабля от наружного борта, приблизительно до 4 *м*, причем толщина брони достигала 50 *мм*. За противоминной переборкой следовали угольные ямы шириною до 1,8 *м*. Продольные переборки угольных ям входили также в противоминную защиту. Центр взрыва Т. или мины т. о. был удален почти на 6 *м* от жизненных частей корабля, причем взрыву противодействовали 2 обшивки и 2 переборки, одна из которых была броневою. Целесообразность подобной защиты неоднократно подтверждалась боевым опытом. Английская система защиты сводится также к возможному удалению центра взрыва от жизненных частей корабля, для чего снаружи корпуса ставятся бортовые наделки (блистеры). Вместе с тем признана необходимость постановки броневой противоминной переборки толщиною 37 *мм*. Кроме того опыт показал целесообразность введения между жизненными частями корабля и наружным бортом воздушной и водяной прослоек, причем водяная прослойка должна сообщаться с забортной водой. Подобная система защиты применена на крейсерах и наибольшего совершенства достигла на крейсере «Hood». В американском флоте при модернизации большого количества устарелых линкоров также применены бортовые наделки. На линейном корабле «Indiana» защита осуществлена из продольных и поперечных водонепроницаемых переборок. Продольные переборки расположены на расстоянии 1 *м* одна от другой. Поперечные переборки идут в шахматном порядке между продольными, так что повреждение одной из них не передается далеко внутрь корабля.



Фиг. 14.

Приведенная система защиты принята после многочисленных и всесторонне поставленных опытов. Уязвимым местом в подводной защите является днищевая часть корабля. Кроме настилки второго дна и местами третьего дна иной защиты не имеется. Удаление же центра взрыва на такое расстояние, как и бортовой, невозможно в виду чрезмерного увеличения углубления корабля.

Лит.: Гончаров Л., Торпеда и средства борьбы с ней, Ленинград, 1928; Трофимов А., Торпеда образца 1912 г., Л., 1933; Светлик и Гранин, Описание трехтрубных минных аппаратов, П., 1915; Деркачев Е., Описание траверсных аппаратов линейных кораблей, Л., 1924.

С. Яковлев.

ТОРФ представляет собою насыщенное водой отложение растительных остатков. Остатки эти принадлежат к растениям, произраставшим на месте теперешнего залегания Т. Они находятся в различных стадиях разрушения под влиянием физич., химич. и микробиологических агентов. В зависимости от степени этого разрушения (степени разложения) Т. представляется по внешности очень разнообразным — от волокнистого рыхлого тела до однородного на вид, размазывающегося в сыром виде, как масло. Цвет Т. меняется в связи

со степенью разложения от светлокоричневого или желтого до темнокоричневого (почти черного). В высушенном виде торф значительно меняет свою консистенцию. Воздушно-сухой Т. представляет все переходы от малоразложившейся рыхлой и объемистой упругой массы до плотного, твердого, как дерево, хорошо разложившегося Т. Физические свойства Т.—влагоемкость, способность к уменьшению объема (у с а д к а) и уд. в.—резко отличаются от других ископаемых видов топлива. Высокая влагоемкость торфа обусловлена прежде всего капиллярными свойствами имеющихся в нем неразложившихся остатков и в меньшей мере способностью гуминовых веществ к набуханию. По мере увеличения степени разложения Т. падает его влагоемкость. Особенно высокой влагоемкостью обладают сфагновые Т. Неразложившийся сфагновый торф может поглотить воды до 1 500% (в 15 раз более своего сухого веса), т. е. влажность насыщенного водой Т. достигает 93—94%. Влагоемкость Т. ставит предел водоотнимающему действию осушительной сети на подготовленных к использованию торфяных залежах. Следующей характерной особенностью торфа является его способность, теряя воду при высыхании, уменьшаться в объеме. Для малоразложившегося Т. усадка происходит за счет уплотнения волокна, для хорошо разложившегося Т. имеет значение свойство коллоидов, входящих в состав гуминовой части, сокращаться в объеме при высыхании. Размер объемной усадки колеблется от 20% для подвергшейся осушению залежи и до 50% для высушиваемого торфяного кирпича. Благодаря усадке один и тот же объем торфа содержит различное количество сухого вещества при различных влажностях; поэтому выход сухого Т. из единицы объема залежи—величина переменная. Это отличие Т. от горючих горных пород с постоянным объемом (каменный уголь, бурый уголь, горючие сланцы) имеет большое производственное значение прежде всего для производительности торфодобывающих машин.

В отношении уд. в. Т. следует различать и с т и н н ы й уд. в., т. е. уд. в. сухого вещества Т. при абсолютно плотном заполнении частицами единицы объема, и о б ъ е м н ы й в е с (или к а ж у щ и й с я уд. в.), т. е. вес единицы объема вместе с воздухом или водой, заполняющими пространство между частицами Т. Истинный уд. в. для данного вида и данной степени разложения Т. есть величина постоянная и колеблется от 1,3 (хорошо разложившийся) до 1,6 (мало разложившийся). Кажущийся уд. в. колеблется от 0,2 для сухого мало разложившегося Т. до 1,0 или несколько более при полном насыщении торфа водой. Дальнейшее увеличение кажущегося уд. в. является следствием минеральных примесей (наноса). Характернейшим признаком Т. как природного тела является присутствие г у м и н о в ы х веществ (см. *Гуминовые кислоты*). Содержание их в Т. возрастает по мере увеличения степени разложения последнего. Гуминовые вещества придают Т. (в особенности высоких степеней разложения) типичные свойства *коллоида* (см.). Свойство Т.—раз высохнув не намокать до первоначальной влажности представляется чрезвычайно важным с практич. точки зрения, т. к. позволяет вести осушку Т. (за исключением фрезерного) даже в дождливое лето. В естественном состоянии влажности гуминовые вещества, как и всякие коллоиды в состоянии набухания, с большим трудом отдают воду. Отчасти поэтому попытки механич. обезвоживания Т. отжатием терпели до сего времени неудачу. Разрушение коллоидального состояния гуминовых веществ прибавлением к-т, минеральных солей, электролизом и пр. (коагуляция) облегчает отдачу воды.

Процесс гумификации растительных остатков, т. е. превращение их в торф, проходит в основном как процесс микробиологический. Насколько позволяет судить далеко еще недостаточное изучение явлений торфообразования, микроорганизмы (бактерии, грибы из группы актиномицетов) обильно населяют верхний слой каждого торфяного болота, даже верхового, вопреки существовавшему ранее мнению о стерильности торфяных залежей. Даже на больших глубинах (до 5—6 *м*) обнаружены бактерии, правда в значительно меньшем количестве, производящие крайне медленно работу по разрушению растительных остатков. Из составных частей растительных тканей в первую очередь микроорганизмы разрушают углеводную группу—клетчатку, пектиновые вещества, гемицеллюлозу, доводя их до полной минерализации, т. е. давая в результате углекислоту и воду. Материалом для образования гуминовых к-т служит повидимому лигнин. Битуминозные вещества (смолы, воски), содержащиеся в остатках болотных растений, без изменения сохраняются в образующемся Т., повышаясь в процентном отношении по мере увеличения степени его разложения. По мере накопления новых насыщенных водой слоев растительных остатков горизонт с активной микробиологической деятельностью оказывается лишенным доступа кислорода воздуха. В получившихся анаэробных условиях быстро исчезает большинство микроорганизмов, и сохраняются лишь некоторые виды анаэробных бактерий, существующие с пониженной жизнедеятельностью даже в глубине залежи торфа. Обильная микроорганизмами прослойка, которую можно назвать т о р ф о г е н н ы м слоем, залегает вблизи поверхности болота на глубине 10÷50 *см*, в зависимости от влажности поверхностного слоя. Итак, процесс гумификации, являющийся по существу процессом образования Т., протекает в основном как процесс аэробный в условиях доступа воздуха; степень разложения, присущая тому или иному виду Т., определяется условиями аэрации, т. е., иными словами, степенью влажности поверхностного слоя болота.

Химич. сторона процесса торфообразования далеко еще не ясна. Существуют различные мнения о том, какие вещества в составе растительных остатков подвергаются полному разложению (окисляясь до углекислоты и воды) и какие вещества дают характерную для торфа составную часть—*гумус* (см.). Состав одного из главнейших растений-торфообразователей—сфагнума (Sphagnum parvifolium)—по данным Инсторфа таков (в %):

Клетчатка (целлюлоза)	30÷35	Белки (в воде нерастворимые) .	6
Гемицеллюлоза (включая пектиновые вещества)	40÷43	Растворимые в воде вещества (сахара, отчасти белки)	5÷6
Воски, смолы, жиры	7÷9	Лигнин	6÷9

По наиболее распространенной теории торфо- и углеобразования Фишера и Шрадера вслед за

водорастворимыми веществами уничтожается прежде всего клетчатка, к-рая быстро подвергается полному разложению под влиянием деятельности микроорганизмов. Исходным материалом для образования гумуса является по этой теории лигнин. Авторов этой теории в этом убеждало сходство в химич.составе гумуса и лигнина, т. к. и тот и другой имеют в составе своей молекулы бензольные кольца (ароматич. структуру). Гуминовые вещества представляют собой чрезвычайно сложную смесь различных химич. индивидуумов; многочисленные попытки разделить эти индивидуумы и дать точное химическое определение состава гуминовой части Т. были пока что безуспешны. В результате гумификации отлагающийся ежегодно волокнистый слой растительных остатков сокращается в течение одного-двух десятилетий в высоту, по объему и по массе. В итоге созидательно-разрушительного процесса прирост поверхности торфяного болота в высоту в условиях Московской области составляет около 1 *мм* в год, в Ленинградской области—около 1,5 *мм*. Прирост абсолютно сухой массы по данным Инсторфа для Московской области составляет около 1 *т* на 1 *га* в год. Исходя, с одной стороны, из цифр прироста торфяного болота в высоту, с другой,—основываясь на археологических данных, можно считать, что возраст наших наиболее мощных торфяных залежей (6—6,5 *м* глубиной) не превышает 8—10 тысяч лет.

Основным подразделением для видов торфа, слагающих торфяную залежь, является деление их на низинные и верховые. Это деление основано как на ботанич. составе, так и на ряде химич. признаков, в первую очередь на содержании в Т. минерального вещества (золы.). Деление видов Т. на низинный и верховой типы вполне естественно и отвечает как научным, так и практич. требованиям. Торфообразование низинного типа идет в условиях достаточного богатства минеральными веществами питающей болотные растения воды. Такое богатое минеральное снабжение возможно при питании болота ключами, жесткой грунтовой, озерной и речной водой. В растительном покрове низинного типа из травянистых растений преобладают осоки, тростник, хвощи, вахта, сабельник и др.; из мхов обычны зеленые мхи (гипновые и др.), нередки некоторые виды сфагновых мхов. В древесном ярусе, если таковой имеется, преобладает береза или ольха, нередко примесь сосны и ели. Торфообразование верхового типа происходит в растительных группировках, довольствующихся ничтожным количеством минеральных веществ, находящихся в атмосферной влаге или в мягких грунтовых водах. Преобладающими по массе растениями верховых растительных группировок, а следовательно и образуемого торфа являются сфагновые мхи (Sphagnum medium, Sph. fuscum, Sphagnum parvifolium и др.), пушица и значительно реже шейхцерия. Обильно развивается клюква и др. мелкие болотные кустарники (багульник, кассандра, голубика и др.); в древесном ярусе—только сосна, большей частью сильно угнетенная, низкорослая и кривая. Колебания зольности верхового торфа имеют незначительную амплитуду 1,5—5%. Зольность низинного торфа при низшем пределе в 4,5—5% достигает 20% и более, переходя при зольности более 60% в минеральные торфянистые почвы.

В пределах каждого из двух основных типов—верхового и низинного—выделяются в иды Т., обозначаемые по отложившим их растительным группировкам. Растительные группировки, отлагающие тот или иной вид Т., определяют собой не только его ботанич. состав, но также и его физич. и химич. свойства. Каждое растительное сообщество весьма узко характеризует условия среды, в которой оно произрастает. Оно имеет свой определенный режим влажности, аэрации, минерального питания, заиления, ту или иную степень облесенности. Поэтому степень разложения Т., его зольность, теплотворная способность и пнистость залежи определяются той растительной группировкой, которая отложила данный вид Т. Основанная на этом принципе классификация называется генетической и впервые введена в практику исследования промышленных залежей в 1931 г. (Герасимов). В приводимой в табл. 1 схеме классификации виды торфа низинного типа объединены в группы (лесная, топяная, переходная).

Табл. 1.—Схема генетической классификации Т.

I. Низинный торф.			II. Верховой торф
А. Лесная группа	Б. Топяная группа	В. Переходная группа	
Ольхово-лесной	Тростниково-топяной	Комплексный переходный	Fuscum
Березово-лесной Елово-согровый Осоково-лесной	Хвощево-топяной Гипново-топяной Сосново-топяной Сфагново-топяной Шейхцериево-топяной	Осоковый переходный Сфагновый переходный	Medium Комплексный верховой Шейхцериевый верховой Пушицевый Сосново-кустарничковый

Исчерпывающими данными по физич. и химич. характеристике приведенных видов Т. торфяная наука еще не располагает. Однако в Научно-исследовательском институте по торфяной пром-сти (Инсторф) накопилось большое количество анализов, позволяющих характеризовать основные виды Т. в отношении состава органич. массы и состава золы (табл. 2 и 3). Из таблиц видны важнейшие для теплотехнич. использования свойства Т.

Элементарный состав органич. части Т. колеблется в известных, довольно узких пределах и отличается от бурого и каменного углей прежде всего меньшим содержанием углерода. Увеличение степени разложения сопровождается возрастанием содержания С и уменьшением О. Содержание минерального балласта в Т. (золы) и состав этого минерального балласта сильно меняются в зависимости от вида Т. Прежде всего бросается в глаза различие между верховыми и низинными видами Т. В то время как зольность первых колеблется в среднем 1,5÷4,7, низинные Т. имеют зольность более 5%, достигающую для некоторых видов Т. 20% и более. Нужно считать на основании имеющихся анализов растений-торфообразователей, что минеральное вещество свыше 8—10% является наносным и не входит в состав растительных тканей торфообразующих остатков.

Теплотворная способность горючей массы (органич. вещества) для верхового Т. увеличивается по мере его разложения. Для мало разложившегося сфагнового торфа она имеет значение 4 700—5 100 Cal, для хорошо разложившегося достигает 6 000 Cal. Это обусловлено, с одной стороны, более высокой теплотворной способностью гуминовых веществ по сравнению с клетчаткой и гемицеллюлозами, преобладающими в составе неразложившегося мха, а, с другой стороны,—концентрацией смолистых и воскообразных веществ (битумов) по мере разложения других составных частей. Приведенные цифры относятся к образцам Т.-сырца, взятым при исследовании болот. На основании имеющихся данных характеристик торфяного топлива, поступающего в котельные электростанций и других потребителей, трудно выделить верховой и низинный Т. Полезная рабочая теплотворная способность ($Q_н^р$) верхового торфа зависит главным образом (благодаря ничтожным колебаниям зольности) от влажности образца (см. *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 362).

Табл. 2.—Теплопроизводительность (Q) и химический состав Т. (в %).

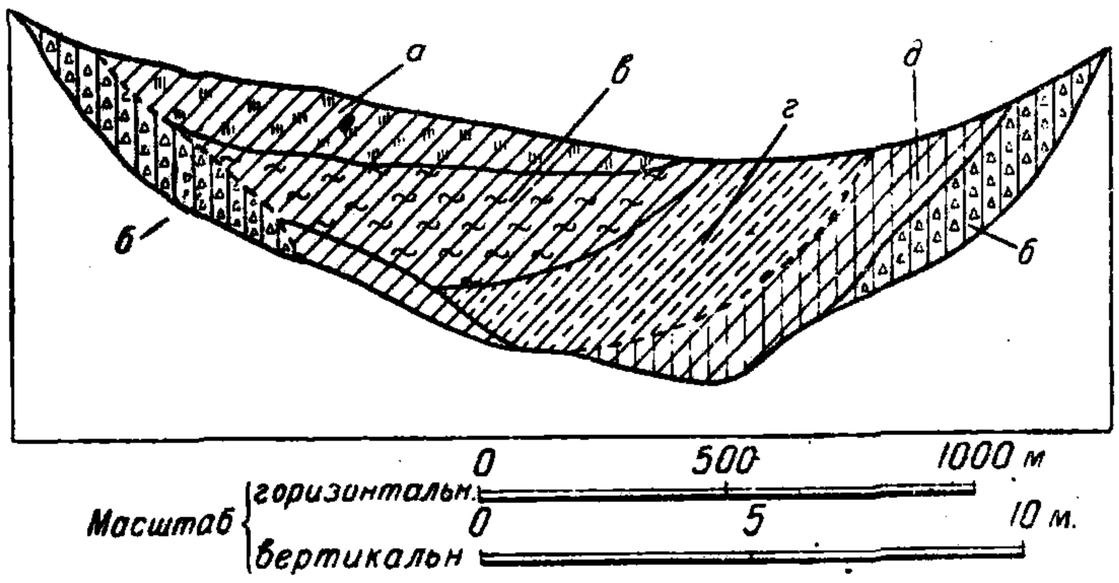
Виды торфа	Зола	Q, Cal/кг	C_2	H_2	O	N_2	S общ.
Низинный тип							
Гипново-топяной (степень разлож. 25%) . .	6,18	5 760	59,1	6,15	32,1	2,3	0,22
Верховой тип							
Fuscum-торф (степ. разлож. 15%)	3,72	5 120	53,27	5,68	40,0	1,1	0,11
Комплексный (степень разлож. 30%)	2,06	5 750	57,40	6,21	34,36	1,9	0,12
Medium-торф (степ. разлож. 50%)	2,68	5 950	61,20	6,07	31,68	1,05	0,13

Табл. 3.—Химический анализ золы торфа.

Виды торфа	Зола в %	В 100 частях золы содержится					
		SiO_2 и др., нераств. в HCl	CaO	Fe_3O_2+ $+Al_2O_3$	MgO	KCl+NaCl	P_2O_5
Осоково-лесной (низинный тип)	10,57	37,15	21,9	26,63	0,99	3,15	6,7
Medium-торф *1 (верховой тип)	3,01	33,6÷49,6*2 / 42,7	13,0÷25,9*2 / 20,2	14,2÷31,0*2 / 20,1	1,9÷4,7*2 / 3,2	—	2,7

*1 На основании анализа 7 образцов. *2 Крайние значения над чертой, средние—под чертой.

Перечисленные виды торфа, залегая слоями различной мощности, слагают в той или иной последовательности торфяную залежь наших болот. В зависимости от преобладания того или иного вида Т. производится классификационное разделение торфяных залежей. Различают следующие три типа торфяных залежей: низинные залежи сложены исключительно низинными слоями (фиг. 1: *а*—шейхцериево-топяной, *б*—елово-согровый, *в*—сфагново-топяной, *г*—гипново-топяной, *д*—осоково-лесной Т.); смешанные залежи сложены низинным Т., прикрытым сверху слоем верхового торфа мощностью менее половины всей глубины залежи, но не более 2 *м* (фиг. 2: *а*—medium-Т., *б*—сфагново-топяной, *в*—сосново-кустарничковый, *г*—тростниково-топяной, *д*—ольхово-лесной, *е*—березово-лесной, *ж*—осоково-лесной, *з*—осоково-топяной). Верховые залежи сложены нацело из верховых видов торфа или последние составляют более половины глубины промышленной залежи. Дальнейшее подразделение низинных залежей на топяные и лесные и верховых на fuscum-болота и medium-болота производится опять-таки по преобладающему виду Т.



Фиг. 1.

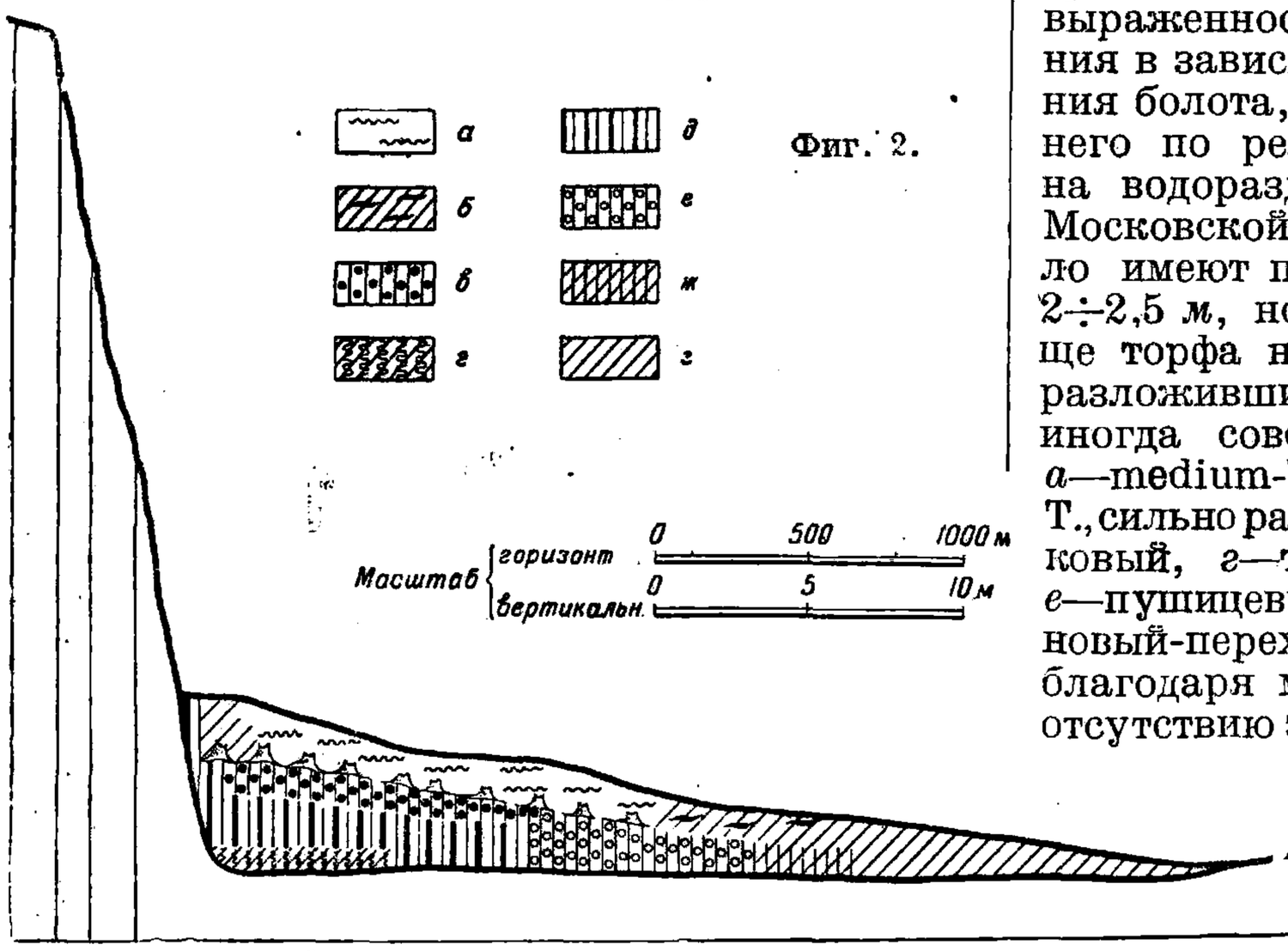
Такая классификация предполагает знание строения торфяного болота, чередования слоев в его залежи, иными словами д. б. стратиграфической. Выяснение при помощи бурений и разрезов чередования в залежи различных видов Т. составляет важнейшую задачу исследования болот. Изучение смены слоев в залежи имеет непосредственное практич. значение, позволяя судить о наиболее рациональных способах экскавации Т., его переработки и использования. Факторы, вызывающие смену слоев в торфянике, м. б. разбиты на две группы. Первая группа является отражением свойства самого растительного покрова изменять условия для своего произрастания на болоте благодаря отложению им Т.; накопление Т. сказывается на режиме водного и минерального питания и вызывает смену одних растительных группировок другими, более приспособленными к новым создавшимся условиям. Это—внутренне обусловленное развитие болота. Вторая группа факторов относится к внешним влияниям, в первую очередь климата, затем геологических условий (состав грунтов, ключи, речные наносы и пр.). Эти внешние влияния врываются в естественную смену растительных группировок, как бы внося нарушение в «нормальную» схему строения залежи.

Для низинных залежей имеющиеся данные говорят о слабо выраженной закономерности в последовательности слоев. Влияние ключей, сносов с минерального берега, заливания, естественной смены растительных сообществ, климатич. изменений вызывает в своем сложном сочетании совершенно неожиданные изменения в строении низинных торфяных залежей. Для промышленных целей следует пользоваться указанным выше принципом классификации по преобладающему виду Т. В таком случае возможно различать: топяные, переходные (топяно-лесные) и лесные виды торфяных залежей.

Верховые болота в противоположность низинным показывают чрезвычайную однотипность в строении залежи. Развитие их связано гл. обр. (но не полностью) с атмосферными осадками, т. е. с климатом. Последний же придавал однотипный характер развитию верховых залежей в значительных по размеру географич. областях. Наиболее обычный тип верховых болот имеет нижний слой залежи из Т. топяной группы (гипново-топяной или сфагново-топяной), достигающий 1—2 *м* толщины. Вся вышележащая залежь в 4—5 *м* мощностью сложена верховым, преимущественно medium- и fuscum, комплексным верховым и сосново-кустарничковым, Т. в различной последовательности и различной мощности в зависимости от географич. положения района и от влияния грунтового питания болота.

Следует остановиться на двух слоях, закономерно выраженных во многих верховых торфяных залежах: на очесном слое и на пограничном горизонте. Очесом, или подстилочно-изоляционным слоем, в торфяной промышленности называют верхний слой мало разложившегося торфа. Название «очес» отражает нерациональное, доставшееся нам от капиталистич. времени, сбрасывание верхнего слоя (обычно в карьер) как непригодного отброса.

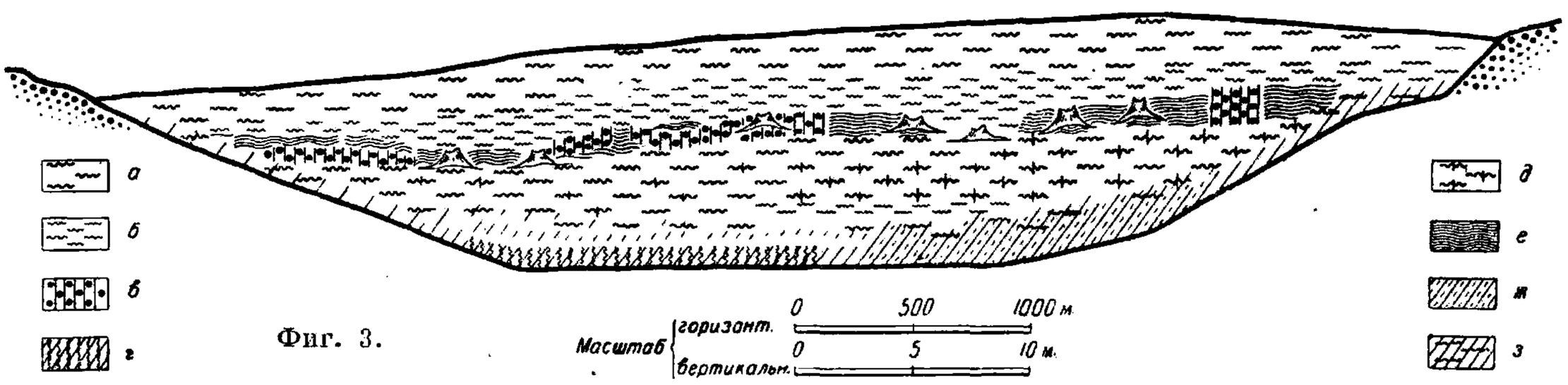
Как увидим в дальнейшем, советская наука и техника полностью применила лозунг «нет отходов, есть сырье» в отношении торфяного очеса,



Фиг. 2.

включая в торфяные комбинаты производство строительных (изоляционных) плит и подстилки. Мощность очеса различна в разных географических районах; наиболее значительным слоем очеса обладают верховые болота Сев. края, Восточного Урала и Зап. Сибири, где мощность его достигает 2 *м* и более. В Ленинградской области средняя мощность неразложившегося Т., пригодного для строительных плит (со степенью разложения не более 7%), оценивается в 0,75 *м*; Т., пригодный для выработки подстилки (степень разложения не более 15%) идет до глубины 1—1,25 *м*. В Московской и Ивановской областях и Горьковском крае Т. для строительных плит имеет мощность в среднем до 40 *см* и то далеко не на всех верховых болотах; подстилочное сырье можно считать до глубины 60 *см*.

Характерной особенностью строения залежи большинства верховых болот к западу от Уральского хребта является наличие п о г р а н и ч н о г о г о р и з о н т а—слоя хорошо разложившегося, б. ч. сосново-кустарничкового, торфа с сидящими в этом же слое крупными пнями сосны. Образование пограничного горизонта относится ко времени 2 500÷500 лет до нашей эры, когда климат изменился в сторону большей сухости и сделался более теплым, что вызвало подсыхание торфяных болот. Подсохшие верховые болота покрылись крупным сосновым лесом с подлеском из мелких кустарников (багульник, кассандра). Этому периоду соответствовало медленное отложение хорошо разложившегося Т. с обильными остатками кустарников и сосны. Благодаря хорошей степени разложения пограничный горизонт является водоупорным слоем и сдерживает лежащий на нем горизонт воды. Пограничный горизонт имеет различную степень выраженности и различную глубину залегания в зависимости от географического положения болота, а также от расположения последнего по рельефу (на песчаной террасе реки, на водоразделе, на склоне террасы). Болота Московской и Ивановской областей как правило имеют пограничный горизонт на глубине 2÷2,5 *м*, но кроме того в вышележащей толще торфа нередко имеется несколько хорошо разложившихся прослоек с менее крупными, иногда совсем мелкими пнями сосны (фиг. 3: *а*—medium-Т., мало разложившийся, *б*—medium-Т., сильно разложившийся, *в*—сосново-кустарничковый, *г*—тростниково-топяной, *д*—fuscum-Т., *е*—пушицевый, *ж*—гипново-топяной, *з*—сфагновый-переходный). В Ленинградской области благодаря меньшему количеству или полному отсутствию этих разложившихся прослоек мощность Т. над пограничным горизонтом больше и достигает нередко 3,5—4 *м*. Наличие в верховых торфяниках пограничного горизонта в сильнейшей степени влияет на возможность промышленного использования этих торфяников. Прежде всего залегание слоя крупных пней, сопровождаемого в центральных областях европейской части СССР несколькими вышележащими прослойками с пнями, крайне затрудняет экскавацию торфа и не позволяет применять механизирующих выемку багеров. В то же время хорошо разложившийся Т. пограничного горизонта, смешиваясь при машинно-формовочном или гидравлических способах добычи с мало разложившимися слоями, придает хорошие физич. качества торфяному топливу (прочность, большой объемный вес, малую влагоемкость, высокую теплотворную способность). Химич. свойства пограничного горизонта также выделяют его в толще менее разложившегося Т. Процесс гумификации, удаляя легко разрушаемые микроорганизмами клетчатку, пектиновые вещества и другие углеводы, концентрировал не подвергающиеся разложению воскообразные вещества и смолы (битумы). Благодаря этому в пограничном горизонте наблюдается резкое увеличение количества битумов—до 12, 18 и даже 24%. Понятно, что высокая теплотворная способность Т. из пограничного горизонта, достигающая 6 000 Cal и обязанная отчасти гуминовым веществам, увеличивается также за счет битумов.



Фиг. 3.

Используя болото для промышленных целей, приходится особенно считаться с его строением (стратиграфией). Верхний мало разложившийся слой Т. пригоден для изготовления подстилки или строительных материалов. Благодаря снятию очеса топливные качества Т., получаемого из оставшейся массы, улучшают-

ся за счет разложившихся прослоек; пригодность торфа для коксования и брикетирования также увеличивается. Таким образом торфяную залежь следует рассматривать как наслоенный комплекс различных видов торфа, крайне благоприятный для целей комбинированного использования.

Основным видом использования Т. как в Зап. Европе, так и в СССР является его применение в виде топлива путем непосредственного сжигания в котельных электростанций, з-дов, центрального отопления и в домашних печах. В народном хозяйстве СССР энергетич. использование Т. является серьезным хозяйственно-политич. моментом, т. к. Т. в качестве местного топлива заменяет дальнепривозные уголь и нефть. За исключением ничтожной части, перерабатываемой в кокс, строительные плиты и подстилку, весь вынимаемый из болот Т. употребляется в настоящее время как энергетич. топливо. Как видно из приведенных выше характеристик, Т. во многих своих разновидностях представляет хорошее малозольное топливо с теплотворной способностью большею, чем у лучших березовых дров.

Прежде чем приступить к разработке торфяной залежи на топливо, надо основательно осушить выбранное и исследованное на свою пригодность торфяное болото. Осушение производится целой системой канав. Глубокие магистральные каналы отводят воду со всего болота; в них впадают меньшего размера валовые канавы, собирающие воду с отдельных участков болота. Наконец поверхностную воду собирает в валовые канавы обширная сеть мелких «картовых» канав. Только через два года после проведения осушительных канав можно приступить к добыче торфа. Сводят и выкорчевывают лес и кустарники, выравнивают кочки и устанавливают торфодобывающие машины. В дореволюционное время добыча торфа производилась путем ручной резки кирпичей из залежи или при помощи очень несовершенной элеваторной машины. Элеваторный способ и сейчас еще существует. Однако процент его значения в общей добыче с каждым годом уменьшается вследствие развития новых механизированных способов добычи. Так, еще в 1929 году 72% всего добываемого в СССР торфа получено было элеваторным способом. В сезоне 1932 г. элеваторный способ составил всего 39%. Добыча Т. элеваторным способом требует много тяжелого физич. труда. В настоящее время элеваторная машина значительно усовершенствована Научным торфяным ин-том. Вагонетки, на к-рых отвозились торфяные прессованные кирпичи, заменены канатным транспортером, передающим механически груженые доски на поле сушки и возвращающим их обратно пустыми. Устроен специальный механизм для вытаскивания пней, вытягивавшихся раньше вручную. Однако и в усовершенствованном виде элеваторная машина требует еще много физического труда С 1922 г. появился на торфяных болотах новый способ, зародившийся в первые же годы революции. Этот новый способ был назван гидравлическим или г и д р о т о р ф о м (см. *Гидравлический способ добычи торфа*). Хотя при гидравлич. способе механизирована бо́льшая часть работы (выемка торфяной массы из залежи, транспортировка массы на поля для расстила, сушки и разрезания на кирпичи), но такие операции, как переворачивание сохнущих кирпичей, укладка их в кучки различных размеров для лучшего высыхания и наконец собирание готового торфяного топлива в большие штабели, выполняются до сих пор вручную. Эти стадии работы не имеют пока еще специальных машин. Ведется усиленная научная и изобретательская работа по созданию механизма, выполняющего все операции сушки кускового торфа. Партия и правительство требуют от научной мысли нахождения таких способов добычи торфа, которые, с одной стороны, всемерно облегчали бы труд рабочих, с другой стороны, давали бы возможно более дешевый продукт. И вот с 1929 г. начинается быстрое развитие фрезерного способа добычи. Этот способ, разработанный во всех своих частях Научным торфяным институтом (Инсторфом), резко отличается от только что описанных элеваторного и гидроторфа. Различие заключается, во-первых, в том, что залежь вынимается фрезерным способом не на всю глубину, а постепенно снимается слоями, начиная с поверхности. Второе отличие касается формы готовой продукции—фрезерный способ дает мелкую крошку вместо крупных кусков кирпичей при других способах. К обычному сел.-хоз. трактору Фордзон-Путиловец прицепляется барабан, на оси к-рого быстро вращаются небольшие ножи, фрезеруя и превращая в крошку верхний слой залежи толщиной в 2—3 *см*. Слой полученной сырой крошки ворошится специальными орудиями-ворошилками и граблями, прицепленными к трактору. После нескольких ворошений, через 1—2 дня, фрезерный торф уже высыхает и собирается сначала в небольшие кучки, а затем в штабели. Сборка торфа производилась вручную, но с сезона 1933 г. введены специальные уборочные машины, следовательно полностью механизируется весь процесс производства. Нужно отметить, что добывать фрезерный Т. можно только при ясной и сухой погоде, в то время как кусковой Т. сохнет постепенно, даже при дождливой погоде, пролеживая на полях сушки 20÷40 дней. Однако фрезерный способ имеет большие преимущества перед другими способами, что привело к его необычайно быстрому росту. Если в 1924 г., первом году промышленной добычи по фрезерному способу, было получено по всему СССР всего 27 000 *т* фрезерной крошки, то в 1932 г. фрезерным способом добыто более 3 000 000 *т*, что составляет ок. 30% общей добычи Т. Преимущества фрезерного способа состоят в том, что, во-первых, процесс добычи чрезвычайно простой, требующий несложных и недорогих орудий, и, во-вторых, легко осуществима механизация всех стадий производства. Готовый продукт—ф р е з е р н а я к р о ш к а — получается по себестоимости вдвое дешевле, чем при других способах. Фрезерный способ не может применяться на всех видах торфяных залежей; мало разложившийся слой и большое количество пней ограничивают распространение этого способа. Однако можно считать, что до 50% всей продукции торфяной пром-сти может получаться по фрезерному способу. Сжигать в котельных кусковой Т. наши электростанции и з-ды умеют прекрасно. Для этого сконструированы специальные топки (первая такая топка была установлена в 1922 г. на Шатурской электростанции). Для фрезерного торфа приходится создавать новый тип топки. В настоящее время изобретательская мысль усиленно работает над

конструкциями таких топок. Во многих котельных уже установлены новые топки, на к-рых успешно сжигается фрезерная крошка.

Кроме перечисленных способов—элеваторного, гидравлического и фрезерного—имеется еще один, мало распространенный пока вид добычи Т. Это добыча *багерами торфяными* (см.). Багерный способ, дающий кусковой Т., применяется пока на беспнистых болотах, так как нет еще багера, который справлялся бы удачно с сидящими в залежи пнями. В ближайшие же годы д. б. создан багер для работы на пнистых залежах. Тогда этот способ найдет очень широкое применение.

Во вторую пятилетку торфяная промышленность вступает, имея возможность механизации почти всех стадий торфяного производства. Уже имеются в результате изобретательской и исследовательской работы многочисленные машины для этой механизации — канавные, корчевальные, выравнивающие болото, погрузочные, уборочные и прочие. Все эти машины созданы силами советских изобретателей и ученых, так как капиталистическая техника за границей почти ничего не имеет в области торфяного дела.

Т. может быть использован не только как топливо в котельных з-дов и электростанций, но и как материал в других отраслях пром-сти. В Германии давно была известна возможность разнообразного применения его в пром-сти и с. х-ве, но более выгодная в условиях капиталистич. х-ва добыча и переработка для химич. и других целей бурого угля, имеющегося в Германии в громадном количестве, давала больше прибыли владельцу, чем более сложное и технически еще неосвоенное торфяное производство. Поэтому два-три германских завода для переработки торфа в металлургич. кокс и в строительные плиты не находили себе подражателей даже в годы наибольшего подъема германской промышленности. Советская техника ищет путей для полного и всестороннего использования производительных сил страны. Торфяная промышленность с начала первой пятилетки ставила перед своим научным ин-том задачу изучить вопросы получения из торфа различных требуемых народным х-вом продуктов. Одним из таких продуктов является т о р ф я н о й к о к с, который мог бы заменить недостающий древесный уголь на Урале и облегчить получение высококачественного чугуна в Подмосковном районе на местных рудах. Торфяной кокс содержит ничтожное количество серы, в чем и заключается его главное преимущество перед каменноугольным *коксом* (см.). Для постройки первого коксового з-да при ст. Редкино Октябрьской ж. д. был использован заграничный опыт—привлечены были немецкие инженеры. Завод удачно работает и в настоящее время расширяется. Опытные плавки чугуна были проведены с торфяным коксом на Выксунском и Косогорском заводах. Несмотря на свою меньшую, чем у каменноугольного кокса, прочность, торфяной кокс дал хорошую работу домны и первоклассный чугун. Пригодный для металлургии кокс может получаться только из верховых торфяных залежей хорошей степени разложения. Несколько крупных болот с таким Т. имеется в разных районах СССР. Они д. б. использованы для постройки при них торфококсовальных з-дов. В 1932 г. на Косогорском з-де (под Тулой) в течение 20 дней испробован был для доменной плавки непосредственно кусковой торф без предварительного коксования. Опыт вполне удался. Дальнейшее изучение этого вопроса подтвердит выгодность одного из путей—плавить ли чугун прямо на торфе или предварительно его обугливать (коксовать) в специальных печах. Более широкий интерес, чем коксование, для пром-сти представляет г а з и ф и к а ц и я торфа, т. е. превращение его в особых газогенераторах в горючий газ. На стекольном з-де в Гусе-Хрустальном Ивановской области в 1930 г. были построены газогенераторы на Т., дающие газ для стекольных печей. В октябре 1932 года пущена более крупная торфяная газовая станция на Уральском машиностроительном з-де под Свердловском; здесь газ используется в обжигательных и мартеновских печах. На одном из машиностроительных з-дов реализуется в настоящее время проект газогенератора для двойного газа из Т. Заменяя собой нефтяное топливо и давая чистое пламя, не уступающее нефтяному, торфяной газ имеет громадное будущее в областях, богатых торфяными залежами. В первую очередь газификация должна развиваться в Ленинградской области, в которой многочисленные металлургич. и машиностроительные з-ды потребляют нефть, привозимую за тысячи *км*.

При коксовании Т. и при его газификации получается в виде отхода т о р ф я н о й д е г о т ь или т о р ф я н а я с м о л а. Напоминая по внешнему виду каменноугольный деготь, торфяная смола содержит иные, весьма ценные химич. продукты. Работы торфяного ин-та дали проверенный на опытном заводе способ получения из торфяной смолы воска, карболовой кислоты, крезолов, горючих масел (бензин и керосин), пека и пр. Нет сомнения, что в ближайшие же годы должна развиться специальная отрасль пром-сти по химич. переработке торфяной смолы, связанная с газовыми станциями и коксовальными заводами. Перечисленные новые виды использования Т. имеют в основе его сухую перегонку в специальных печах или ретортах. Для торфяной пром-сти представляют интерес помимо т е р м и ч е с к о й п е р е р а б о т к и Т. также и способы механич. обработки Т. Путем механической переработки из Т. можно получать торфяные брикеты, торфяную пыль и строительные (изоляционные) плиты. При брикетировании Т. применяется техника получения брикетов из бурого угля, давно установившаяся в Германии. В 1930 г. на опытной станции торфяного ин-та под Тверью был пущен первый в СССР опытно-промышленный торфобрикетный завод. На этом заводе изучены сейчас способы наилучшего применения существующей брикетной техники в ее применении к новому виду сырья—фрезерному торфу. Т о р ф я н о й б р и к е т получался прессованием фрезерной крошки под сильным давлением (до 1 000 *atm*) (см. *Брикетирование*). Т о р ф я н а я п ы л ь используется как пылевидное топливо в котельных. Опыты (напр. на з-де «Серп и Молот») показали пригодность торфяной пыли для замены нефтяного топлива в металлургических, керамич. и цементных печах. С т р о и т е л ь н ы е п л и т ы см.—*Торфолеум*. Кроме указанных видов промышленного использования Т. необходимо еще упомянуть о возможности получения бумаги и картона с большой добавкой Т. и получения спирта из мало разложившегося сфагнового Т. (см. *Винокурение*). Эти новые

пути использования Т. находятся сейчас в стадии изучения и первых промышленных опытов.

Сельскохозяйственное использование торфяных залежей. Близко примыкает к промышленной разработке торфяных болот получение торфяной подстилки для скота. Благодаря своим свойствам моховая подстилка впитывает большое количество влаги, поглощает запах и прочно удерживает важную удобрительную часть навоза—азот. Применение торфяной подстилки имеет большую давность в Зап. Европе и в последнее время прививается в Америке, куда ввозится значительное количество ее из Швеции и Германии. В совхозах и колхозах СССР торфяная подстилка должна найти широчайшее применение. Добыча и приготовление ее чрезвычайно несложны и легко осуществимы даже кустарными способами. Т. (в первую очередь низинный высокозольный) представляет также хорошее *удобрение* (см.). Работа многочисленных опытных станций за границей и в СССР доказала чрезвычайную выгодность применения Т. в качестве удобрения (напр. для бедных песчаных почв). Осушенная торфяная залежь низинного типа является прекрасной почвой для огородных и луговых культур, требуя внесения лишь очень незначительных порций минеральных удобрений. Помимо пром-сти и сел. х-ва торф находит себе применение в медицине. Торфяной мох, сфагнум, высушенный и простерилизованный, может применяться как хорошее перевязочное средство, заменяющее в хирургии вату и лигнин (см. *Вата*). Разложившийся Т. в нагретом виде применяется для грязевых ванн, давая очень хорошие результаты для ряда болезней.

Разнообразные свойства отдельных сортов Т., слагающих обычно крупные торфяные залежи, позволяют использовать одно и то же болото для различных промышленных и с.-х. целей. Природа торфяных залежей как бы сама толкает нас на путь постройки комбината различных производств, т. е. к форме хозяйств, наиболее выгодной в условиях социализма. Простейшей формой комбината на залежах Т.—торфодобывающее х-во, соединенное с з-дом торфяной подстилки и строительных плит. Эти з-ды снимают и потребляют для своего производства верхний слой мало разложившегося Т. Остающаяся торфяная масса получает благодаря этому значительно лучшие топливные качества.

Торфяные болота из непроходимых, бросовых, «диких» земель должны превратиться в руках пролетариата в источник полезнейших для народного х-ва производств. Только в условиях планового социалистич. х-ва возможно подобное комплексное и тем самым максимально выгодное для трудящихся использование производительных сил страны. Количественное и качественное распределение торфяных болот по территории Союза ССР обусловлено, с одной стороны, климатом и, с другой,—рельефом и характером грунтов. На распространение болот влияет прежде всего климат, к-рый способствует уменьшению общей их площади с С. и С.-З. на Ю. и Ю.-В. (см. табл. 4).

О площади болот и ее распределении в Азиатской части СССР достоверными данными мы не располагаем. Во всяком случае они весьма велики. НКЗ РСФСР возможную площадь торфяных болот ориентировочно оценивает здесь цифрой не менее 100 млн. *га*. Следует однако

Табл. 4.—Распределение болотных площадей в Европейской части СССР.

Области и республики	Общая площадь заболоченных земель		Площадь торфяных болот		Запасы торфа в млн. *т* условного топлива
	млн. *га*	%	млн. *га*	%	
Северный край	48,4	43,3	15,0	13,4	16 500
Ленинградская область (с КАССР)	20,6	42,5	6,0	12,3	6 600
Западная	2,3	13,9	0,8	5,0	880
Московская	1,62	11,5	0,601	3,8	664
Ивановская	1,9	15,3	0,6	4,8	660
Горьковский край с Татреспубликой	2,8	8,3	0,85	3,5	938
Уральская (с Башреспубликой)	4,5	4,7	1,4	1,5	1 540
ЦЧО	0,55	2,8	0,06	0,3	66
Средневолжский край	0,2	0,8	0,04	0,2	41
Нижневолжский край	—	—	0,01	0,02	11
Северокавказский край	0,6	2,0	—	—	—
Закавказье	0,2	—	—	—	—
БССР	4,2	33,1	1,4	11,0	1 540
УССР	3,2	7,1	0,8	1,7	880
Всего	91,27	—	27,564	—	30 323

указать, что имеющиеся материалы исследований показывают плохие топливные качества крупнейших торфяных массивов Западной Сибири благодаря незначительной степени разложения верховых болот и сильной зазоленности низинных. Площади отдельных торфяных болот в Европ. части СССР колеблются от нескольких *га* до 20—60 тыс. *га*; в З. Сибири известны болотные массивы с площадями в несколько сотен тысяч *га*. Средняя глубина торфяной залежи м. б. принята ок. 2,0—2,3 *м* при колебаниях от 1 до 3,5—5,0 *м* и более для отдельных массивов. Наибольшая глубина залегания Т., отмеченная в целом ряде пунктов, достигает 10—11 *м*.

В различных географич. областях СССР климатич. условия настолько несходны, что вызывают образование разновидностей верховых и низинных болот. Эти разновидности могут сильно различаться между собой в отношении возможностей экскавации торфа, его технологич. переработки и теплотехнич. использования. Основной географич. закономерностью является возрастание уд. в. верховых торфяников к северу и убывание к югу. В Московской области площадь верховых и низинных болот находится в отношении примерно 1 : 1, в Сев. крае 3 : 1, на Украине верховые болота занимают ничтожный процент. Ниже приводится краткая характеристика основных торфопромышленных районов, к-рые намечены гл. обр. работами Инсторфа по рекогносцировочному выборочному обследованию главнейших промышленных областей СССР. В Северном крае (Архангельский район) преобладающими и характерными являются верховые болота с плоской центральной частью и с небольшими по площади круто падающими склонами. Залежь до глубины 2—4 *м* сложена мало разложившимся (5÷20% степени разложения) fuscum-Т.; придонный слой мощностью в 0,5—1,5 *м* из тростникового или, значительно реже, из осоково-лесного Т. Содержание пней не превышает 0,5% от объема залежи; зольность верхового Т. 1,5—2%, теплотворная способность (органич. вещества) 5 000÷5 200 Cal. Встречаются единично верховые залежи с medium-Т. или пушицевым Т. значительной степени разложения. Сев.-зап. район (гл. образом Ленинградская область) имеет обширные верховые торфяники типа fuscum (до 20 000 *га* и более) с малой пнистостью по окраинной полосе (не свыше 0,5% пня от объема Т.-сырца) и почти беспнистыми центральными частями, где возможна разработка залежи багерами. Степень разложения малая (5÷15%) до глубины 1,0—1,25 *м*. Нижняя половина залежи с глубины 2—3 *м* имеет хорошую степень разложения Т. (40÷50%). Средняя для района степень разложения 20÷30%. Московская, Ивановская, Нижегородская области имеют разнообразные по размерам верховые бо-

лота типа medium, характеризующиеся в общем большей пнистостью (0,5—2%) и более высокой степенью разложения (30—35%), чем болота с.-з. района. Пограничный горизонт в неосушенной залежи проходит на глубине 2—3 *м*; выше него имеется несколько прослоек разложившегося торфа с некрупными пнями. Подстилочный торф (5÷15% степени разложения) редко имеет мощность более 60 *см*. В Московской области выделяется по своим размерам болото «Оршинский Мох» близ Твери (57 000 *га*), степень разложения (в среднем) 25÷35%. Т. этого болота—ценнейшее сырье для коксования. Западный Урал (от Перми до Чердыни) имеет верховые болота типа medium, б. ч. небольших размеров, за исключением отдельных массивов, достигающих 1 000 *га*. По пнистости и степени разложения они сходны с болотами Московской области. Низинные болота—небольших размеров вдоль речных долин, главным образом лесные. На Восточном Урале верховые болота, занимающие не более 20% от общей площади болот, относятся к типу fuscum и сложены мало разложившимся fuscum, реже комплексным верховым торфом до глубины 4—4,5 *м*; пни встречаются как исключение, гл. образом по окраинам болот. Низинный тип представлен в северной половине Восточного Урала (Верхотуринский, Надеждинский, Салдинский з-ды) обширными гипновыми топями, расположенными на пологих склонах, площадью до 10 000 *га*. Эти болота имеют весьма равномерную глубину залежи в 3—4 *м* (в неосушенном виде), беспнисты, с зольностью в 6—7%. В районе Н. Тагила, Свердловска, Кыштыма наряду с подобными же топяными болотами (но меньших размеров) нередки котловинные болота, меньшие по площади и с более высокой зольностью (8—10%). Окраины пнистых болот заняты б. ч. лесными болотами с высокой зольностью Т. Южный Урал имеет несколько средних по размерам низинных торфяных болот (300—400 *га*) и значительное количество болот меньших размеров. Крупные торфяники имеют значительную глубину (до 10 *м*) и высокую зольность (10—14%). Следует отметить наблюдающееся как на Восточном, так и на Южном Урале характерное для уральских осушенных болот явление—наличие мерзлоты, местами до 1 *м* мощности, сохраняющейся нередко до зимы. Для Западной Сибири имеются сведения довольно общего характера, выясненные за последние три года. Обширные верховые массивы типа fuscum залегают на водоразделах, занимая для Нарымского края до 75% общей площади. Залежь в этих болотах состоит из мало разложившегося fuscum-Т. на глубину 4—5 *м* и нередко более; пни почти совершенно отсутствуют. Вдоль южной границы верховых болот (примерно по линии Сибирской ж. д.) встречаются небольшие сильно выпуклые р я м ы, сложенные из мало разложившегося fuscum-Т. В долинах рек имеются большие гипновые топи, а также лесные болота (с о г р ы). В БССР к северу от линии Слуцк—Бобруйск—Рогачев—Климовичи широко распространены верховые болота, занимающие 60—70% общей площади болот. К Ю. от этой линии преобладают низинные болота, расположенные в понижении р. Припяти. Верховые болота северной части БССР имеют нередко площадь 1 000÷5 000 *га*; залежь среднепнистая (0,8—1%) с пограничным горизонтом на глубине 2—3 *м* и редкими маломощными прослойками расслоившегося Т. выше пограничного горизонта. Подстилочный слой (5÷15% степени разложения) имеет мощность 0,7÷1,4 *м*. Средняя степень разложения залежи 20÷30%. Низинные болота юга БССР достигают часто площади в 10 000 *га*; мощность залежи незначительная, в среднем 1—1,5 *м*; верхний слой из гипново-топяного, нижний—из тростниково-топяного торфа. Зольность 10÷14%. УССР в целом м. б. характеризована как район пойменных, нередко весьма обширных (более 5 000 *га*) низинных болот беспнистых и высокозольных. Наличие наносных прослоек с песком и глиной делает крайне пестрым распределение зольности в залежи. Колебания зольности достигают 9÷60%; в среднем для низинных болот УССР вероятно можно принять зольность 15—20%. В ю.-з. углу УССР (б. Коростеньский округ) близ южной границы верховых болот имеются несколько типичных верховых торфяников с хорошо развитым слоем мало разложившегося Т., вполне пригодного для приготовления изоляционных плит и подстилок. ЦЧО обладает некрупными низинными торфяными болотами, гл. обр. в речных долинах. Наносные прослойки редки; средняя зольность 12÷14%. Западная область близка по типу верховых болот к БССР; преобладают верховые болота склонов со средней степенью разложения. Выделяется в области крупный верховой массив «Жарковский Мох», намеченный как база для крупного агроиндустриального комбината.

Данные о запасах торфа и их количественном и качественном распределении по территории Союза показывают, что торфяным сырьем, пригодным для разнообразного промышленного использования и в первую очередь для энергетики, мы чрезвычайно богаты. С исключительной дальновидностью вождь пролетариата В. И. Ленин определил роль и значение Т. Смелыми штрихами набросал он перспективу использования торфяных богатств. Обращение к Т. он не рассматривал как временную меру, применяемую лишь в годы топливного кризиса. По идее Ленина, осуществленной в плане, составленном Комиссией по электрификации России (ГОЭЛРО), на торфе должна основываться электрификация страны. Обильно разбросанные по стране СССР торфяные залежи позволяют строить электрические станции в районах, удаленных от каменного угля и не имеющих водной энергии. Первенец советской электрификации — Шатурская районная электростанция была пущена еще при жизни В. И. Ленина. В последующие годы план строительства, намеченный ГОЭЛРО, был не только выполнен, но к концу первой пятилетки и значительно перевыполнен. Во вторую пятилетку СССР вступает с 10 районными электростанциями на торфяном топливе. Общая установленная мощность их составляет на 1932 г. 632 тыс. kW, т. е. почти в три раза превышает наметку плана ГОЭЛРО, согласно к-рому на Т. должно быть установлено 218 тыс. kW. В результате правильной оценки советским правительством значения торфа для народного х-ва СССР добыча торфяного топлива увеличилась с 1 600 000 *т* в 1913 г. до 13 600 000 *т* в 1932 году, т. е. в 8 ½ раз. По количеству добываемого торфа СССР более чем в два раза превосходит общую добычу всех остальных государств Европы и Америки. В решениях XVI Съезда ВКП(б) с большой силой подчеркнута роль местных топлив и в частности Т. в хозяйственной жизни СССР; также отмечено значение, к-рое будут иметь для промышленности различные виды технологической переработки торфа. XVII партийная конференция отмечает значение торфа и других низкосортных видов топлив для создания новой энергетической базы второго пятилетия.

Добыча торфа, децентрализуя производство топлива в СССР, имеет величайшее оборонное значение, ослабляя зависимость ряда областей от дальнепривозного топлива из южн. части СССР.

Лит.: Г е р а с и м о в Д., Торф, его происхождение, залегание и распространение, М.—Л., 1932; е г о ж е, Комбинированное использование торфяных болот, М.—Ленинград, 1932; С т а д н и к о в Г., Химия торфа, 2 изд., М.—Л., 1932; В е г а к Д., О приросте торфяников, «Торфяное дело», М., 1927, *11—12*; В а р л ы г и н П., Определение степени разложения торфа применительно к практическим целям, там же, 1924, *9*; К у р б а т о в И., К вопросу о составе торфообразователей верхового болота, там же, 1929, *2*; М а т ю ш е н к о В., К вопросу о районировании торфяников, «Труды Научно-исслед. торфяного ин-та (Инсторф)», М.—Л., вып. 9, 1931; Т ю р е м н о в С., Геоботаническое исследование торфяных болот в восточной части ЦПО, «Торфяное дело», М.—Л., 1928, *7*; е г о ж е, Торфяные болота БССР, там же, 1931; «Гидроторф», сборник, ч. 1—3, Москва, 1924—26; «Торфяное дело», М.—Л., 1924—32; «Труды Научно-исслед. торфяного ин-та (Инсторф)», вып. 1—11, М.—Л.—Новосибирск, 1928—32; von P o s t o c h G r a n l u n d, Södra sverige's torvtillgångar, «Sver. Geol. Unders», Stockholm, 1926, Ser. C, 335.

Д. Герасимов.

Т. в текстильном производстве применяется из верхних слоев торфяных залежей (т. н. волокнистый Т.), сохранивших в отличие от нижних слоев в большей или меньшей степени гистологическое строение растений, служивших для образования Т. Эти слои Т. имеют мшистую структуру (мшистый Т.) и м. б. использованы как волокнистый материал. Благодаря высокой гигроскопичности волокнистый Т. находит применение в виде ваты как перевязочный материал при хирургич. операциях (см. *Вата*). Зап.-европ. текстильная промышленность применяет небольшие количества торфяного во-

локна и в качестве прядильного материала. Наилучшее волокно дает более молодой торф.

Процесс получения волокна заключается в том, что торф подвергают продолжительной, в течение нескольких часов, мойке в содовой воде, в результате к-рой волокна выделяются, а грязь, земля и перепревший торф отмываются, после чего волокно просушивается, взрыхляется, протрепывается и сортируется, обычно при этом и отбеливается. Торфяное волокно крайне неоднородно в отношении основных свойств. По Линдсбауеру длина элементарного волокна колеблется между 0,3 и 2,3 *см*, ∅ 4,9÷9,9 *μ*. Канал очень резко выражен, клеточный слой имеет сеткообразное строение. Волокно по строению имеет, по мнению Линдсбауера, некоторое сходство с джутовым волокном. При действии флороглюциносоляной к-ты волокно получает красноватую окраску, что указывает на сильное одревеснение клеточного слоя; при действии швейцерова реактива получается зеленая окраска волокна и набухание его, которое в первой своей стадии аналогично набуханию хлопкового волокна, однако растворения волокна не происходит. Технич. волокно достигает длины 150 *мм*. Наиболее длинное волокно обычно бывает и наилучшим. Волокно имеет неравномерную тонину и встречается как жестким, так и мягким. Протрепанное и отбеленное волокно обрабатывается по аппаратному способу прядения.

Наилучшие сорта волокнистого торфа идут на изготовление перевязочного материала, применяемого для тампонов при хирургич. операциях. Средние и низшие сорта волокна применяют в смеси с искусственной шерстью и грубыми сортами натуральной шерсти для производства грубых плательных тканей, покрывал, ковров, дорожек и пр.

Лит.: Mattews J. M., Anderau W., Die Textilfasern, B., 1928; Handbuch der gesamten Textilindustrie, Lpz., 1913.

В. Линде.

ТОРФОЛЕУМ, торфяная изоляционная плита, определенной формы и размеров пластина, изготовленная из мало разложившегося сфагнового *торфа* (см.) путем прессования, сушки и термической обработки и употребляющаяся в качестве строительного и изоляционного материала. Благодаря малой теплопроводности, достаточной прочности и незначительной влагоемкости Т. во многом заменяет импортную пробку. Лучшими видами торфяного мха, идущего на изготовление Т., являются Sphagnum fuscum и Sph. medium.

Т. в СССР изготовляется двумя способами: сухим (Инсторф) и мокрым (Триангель, Германия). Сухой способ состоит из прессования под давлением в 1 *кг/см²* предварительно хорошо размельченного *волк-машиной* (см.) мха со степенью разложения до 7% и при влажности в 50—55%. Высушивание и прогревание Т. производят в специальной сушилке при *t°* в 170—180° в течение 12 часов. Для изготовления Т. по мокрому способу мох со степенью разложения ~5—8% и при влажности в 89—90% поступает на з-д, где он дробится на волк-машине на отдельные куски и волокна, затем в варочном чане при прибавлении теплой воды тщательно перемешивается. При изготовлении особых сортов Т. производят прогревание массы в чанах паром или в массу добавляют различные химикалии. Приготовленную массу наливают в форму, к-рая поступает в гидравлич. пресс, где прессуется и отжимается до влажности 88—92%. Термическую обработку производят в сушилке сист. Шильде в течение 20—24 ч.

В обоих случаях изготовления после термич. обработки плиты «отходят», т. е. поглощают из воздуха влагу, содержание которой в нормальных условиях насыщения воздуха влагой достигает не более 12%.

Размеры плиты: длина 1 000 *мм*, ширина 500 *мм* и толщина 30 *мм*, объемный вес 130÷220 *кг/м³*, коэф. теплопроводности 0,035—0,040; влагоемкость при полном погружении образца в воду на 24 ч. ~ 100%; прочность, характеризуемая временным сопротивлением на изгиб, 3—4 *кг/см²*, причем для плит стандартного размера величина разрушающих нагрузок колеблется 12÷25 *кг*.

Основное применение торфолеум находит в строительном деле для утепления наружных каменных и деревянных стен. В этом случае достигается экономия строительных материалов до 65%, удешевляется стоимость постройки до 50% и создается облегченная конструкция (от 3 до 5 раз).

Торфолеум употребляется также в качестве строительного и звукоизолирующего материала для внутренних стен и перегородок, причем перегородки могут быть сделаны почти полностью из торфолеума путем закладывания его в каркас, состоящий из деревянных вертикальных реек с расстоянием между ними в 500 *мм* (ширина плиты).

Большие запасы мало разложившегося торфа верховых болот, годного в качестве сырья для изготовления Т., имеются в Северном крае, а также в сев. части Западной обл. и БССР, на вост. склоне Урала и в Зап. Сибири.

Применение изоляционных строительных плит см. *Стены*.

Лит.: Изоляционные плиты из торфа, Сб. статей, составленный Л. Длугоцким и Л. Ремизовым, М.—Л.—Новосибирск, 1932; «Германское торфяное хозяйство», Москва, 1931; Длугоцкий Л., Торф в строительстве, Торфо-изоляционные плиты, М., 1929; Горшунов Д., Заготовка малоразложившегося торфа для изоляционных плит, «Торфяное дело», Москва, 1930, *6—7*; Тезиков С., Влияние обработки материала на влагоемкость и некоторые другие свойства торфяных плит, 1929, *10—11*; его же, Изготовление торфяных изоляционных плит по способу Инсторфа, там же, 1929, *12*; Виганд К., О применении торфоизоляционных плит по способу Инсторфа, «Германская строительная техника», 1928.

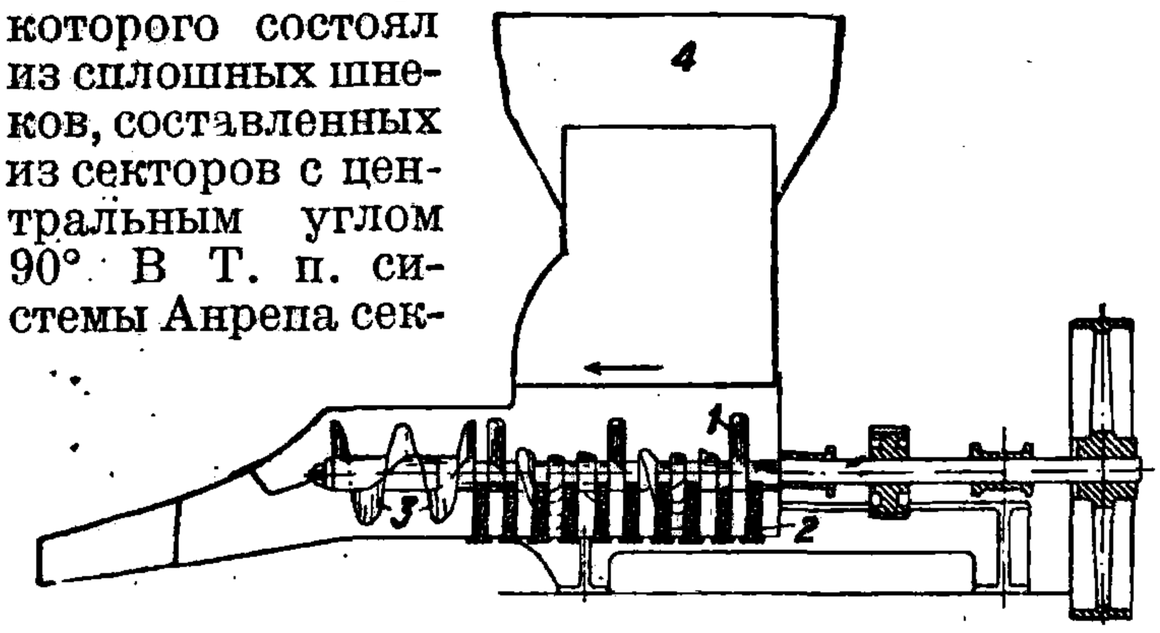
Е. Семенский.

ТОРФЯНОЙ ПРЕСС, машина, применяемая для формования торфяной массы в кирпичи. Торф, вырезанный из различных слоев торфяной залежи вследствие разного ботанич. состава и разной степени разложения дает неоднородное топливо: одни кирпичи легко крошатся и намокают, имеют небольшой удельный вес и калорийность, другие прочны, мало гигроскопичны, тяжелы и высоко калорийны. Еще кустари заметили, что наилучшее топливо получается из кирпичей, отформованных из пластической массы, приготовленной путем тщательной размески торфа, взятого из всех слоев залежи одновременно.

Для механизации работы по смешиванию, размеске и формованию, начиная с 50-х годов прошлого столетия, было предложено много машин, получивших название Т. п. Пром-сть предъявляет к Т. п. следующие требования: большой производительности, хорошей размески и минимальной затраты энергии при простоте конструкции и ухода и при универсальности применения на болотах с разными качествами торфа. Из массы предложенных прессов преобладающая часть оказалась или вовсе неработоспособными или неудовлетворяющими требованиям промышленности.

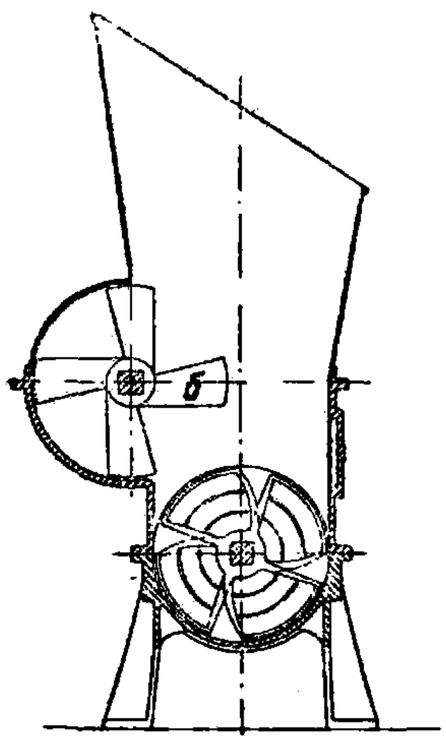
Основные формы Т. п.: 1) чугунный лежачий цилиндр, с одного конца открытый сверху для постановки загрузочной воронки, с другого—постепенно суживающийся и переходящий в железный формующий мундштук. Через заднее днище пропущен вал—шнек, который при вращении перерабатывает подающийся в воронку торф, гонит его к выходу и выдавливает через мундштук; 2) два спаренных цилиндра с расстоянием между осями, меньшим диаметров их, и с двумя валами, вращающимися в разные стороны внутрь Т. п.

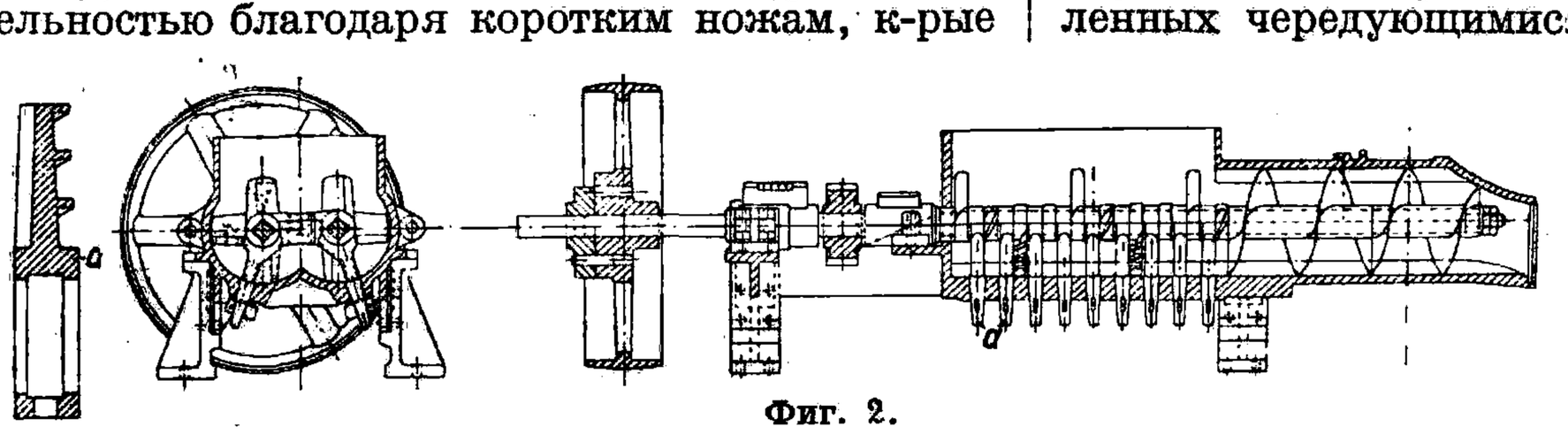
Двухвальные машины. Т. п. системы Анрепа (фиг. 1) получился в результате усовершенствования пресса Дольберга, «набор» валов которого состоял из сплошных шнеков, составленных из секторов с центральным углом 90°. В Т. п. системы Анрепа сек-



Фиг. 1.

торы шнека преобразованы в однопластные ножи, или топоры, *1*, расставленные под ∠ 90° с промежутками, в которых помещены стойки *2*, просунутые в днища корыта и к нему приболченные. Стойки служат одновременно опорами для валов, почему заливаются баббитом. Шнеки *3* сохранены только на концах валов. Все пространство, занятое ножами, в первоначальной модели перекрыто воронкой *4*, передняя часть которой закруглена, чтобы сузить входное отверстие и направить падающие куски торфа вдоль задней стенки, что заставляет их подвергаться обработке всеми ножами. Машина дает хорошую размеску, но не обладает достаточной производительностью благодаря коротким ножам, к-рые



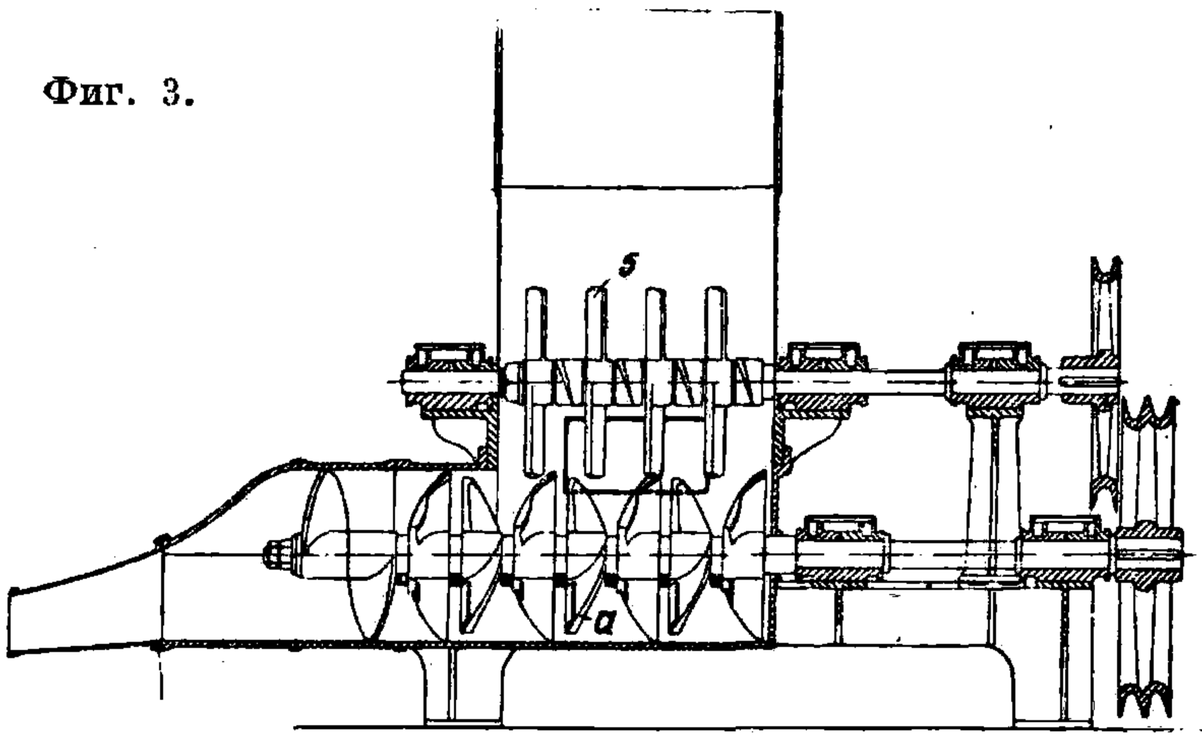


Фиг. 2.

не могут захватывать прочные и крупные куски слабо разложившегося торфа, вследствие чего воронка часто заваливается и требуется человек для проталкивания кусков в ножи. Этот недостаток, легко устранимый удлинением ножей, побудил многих изобретателей совершенствовать эту теоретически удовлетворительно построенную машину. Делались попытки усилить производительность удлинением шнеков и закрытой части цилиндров до вертикальной передней стенки воронки за счет уменьшения количества ножей и стоек (Анреп-Коппеля, фиг. 2) или разделением шнеков на 2 части—один оборот под передней стенкой и $1^1/_2$—на конце вала, а между ними ножи *а* стойки, но эти попытки не могут устранить завалов. Для борьбы с ними начали ставить в воронке т. н. дробители, т. е. быстро вращающиеся валы, с ножами, или билами, ударами к-рых крупные куски разбиваются налету (Анреп-Зубралкина, Анреп-Синева). Как в первоначальном виде, так и в измененном машина пользовалась большим распространением; она требует локомобиля в 12 Н.

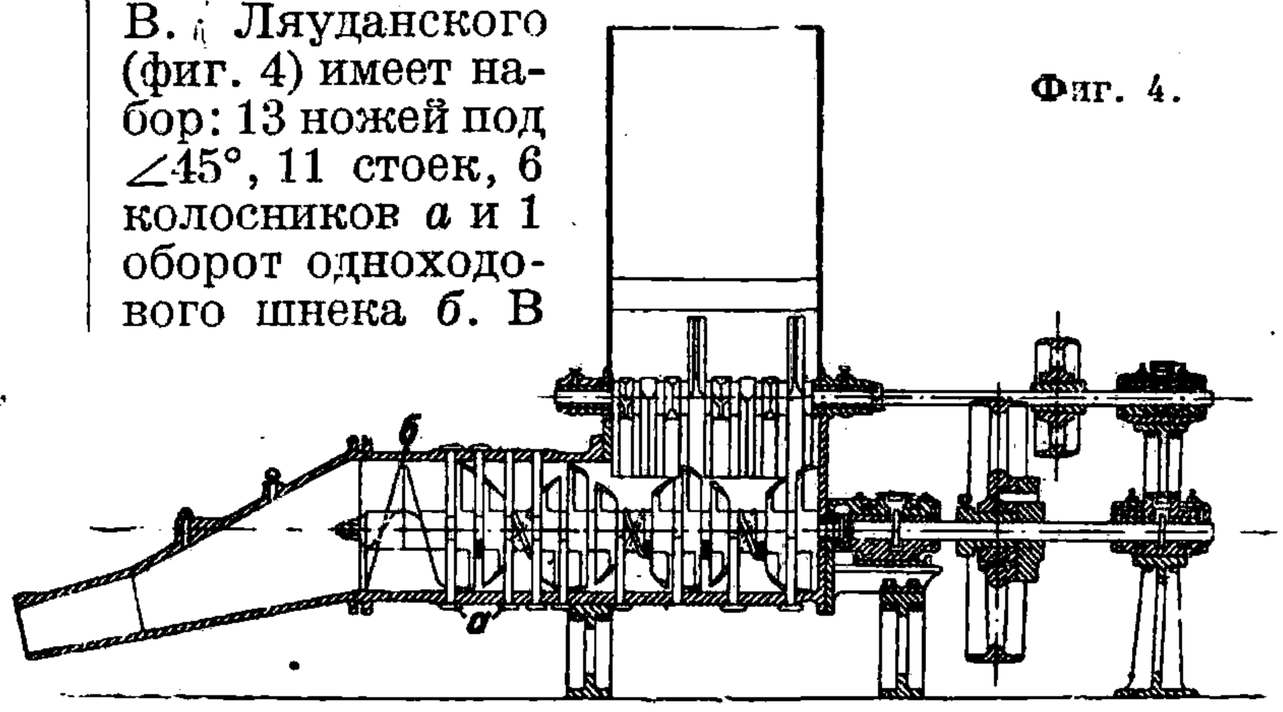
Одновальные машины. Т. п. системы Дениса (фиг. 3) (получился в результате усовершенствования пресса Шликейдена) имел набор на валу из 7 двухлопастных широких (по окружности 70°) ножей *а* под ∠ 90°, разделенных колосниками, и один оборот одноходового шнека на конце вала. В воронке—один дробитель из двухлопастных ножей *б* под углом 90° без контрножей. Благодаря большому шагу ножей пресс давал достаточную производительность при локомобиле в 12 Н, но при неудовлетворительной размеске; поэтому все дальнейшие попытки усовершенствования этого пресса преследовали гл. обр. цель улучшения качества размески, например Т. п. системы И. Воскресенского и В. Ляуданского.

Фиг. 3.



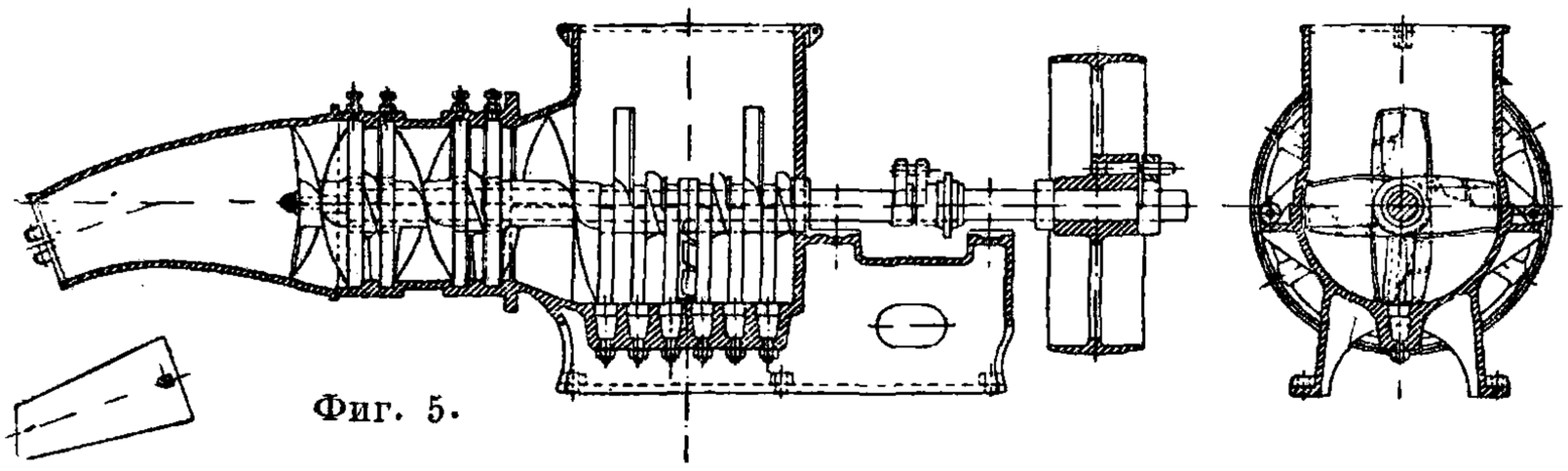
Т. п. сист. И. Воскресенского имеет набор 15 двухлопастных узких ножей под ∠ 90°, разделенных чередующимися колосниками, и один оборот одноходового шнека. Кроме того в закрытой части цилиндра 4 стойки укреплены в крышке цилиндра. В воронке 2 дробителя по 8 таких же ножей под ∠ 90°. Такое обилие режущих и дробящих деталей конечно дает хорошую размеску, но требует для достаточной производительности большого расхода энергии (локомобиль 14—16 Н). Т. п. В. Ляуданского (фиг. 4) имеет набор: 13 ножей под ∠45°, 11 стоек, 6 колосников *а* и 1 оборот одноходового шнека *б*. В

Фиг. 4.



воронке помещается дробитель с 8 двухлопастными ножами, проходящими между 9 контрножами, приболченными к стенке воронки. Благодаря углу в 45° пресс дает большую производительность, но при посредственной размеске, требуя все же повышенного расхода энергии (ло-

комобиль 14—16 HP). Т. п. системы Анреп-Копель (фиг. 5) принадлежит к немногочисленной группе прессов, не имеющих дробителей. Необходимость постановки дробителей устранена здесь удлинением ножей, расположенных под воронкой, и тем, что 3 двухлопастных ножа чередуются с 3 однолопастными. Между ножами поставлено 6 стоек. Переход от большого диаметра к меньшему занят одним оборотом одноходового конич. шнека, за к-рым идет следующий



Фиг. 5.

своеобразный набор: в кольцевых канавках цилиндра помещены 2 пары колес, во втулках к-рых проходит вал, а спицы играют роль стоек. Посреди пары колес вращается двухлопастный нож, а между обеими парами—полоборота двухходового шнека. Такой же шнек насажен и на конце вала. Колеса, начиная от воронки, имеют 1—2—3 и 4 спицы. Колеса оказались непригодной деталью и вскоре были заменены верхними и нижними стойками. Пресс давал достаточную производительность при небольшом расходе энергии (локомобиль 10—12 HP), но при неудовлетворительной размеске. Нельзя не упомянуть о третьей группе Т. п., построенных по принципу мясорубки, напр. машине Гендуне, где торф широкими билами продавливался через решетку, и машинах Косцельского и Swedala, где торф продавливался через отверстия в диске. Эти машины оказались мало пригодными на мало разложившемся прочном торфе и распространения не получили. Главторф, сознавая необходимость стандартизации Т. п. при объединении промышленности, в начале своей деятельности также затруднялся сделать выбор и, лишь начиная с 1929 г., стал заказывать исключительно Т. п. системы Рогова, к-рый построен на основании предварительных теоретич. исследований работы пресса, главнейшие результаты которых заключаются в следующем. 1) Производительность. Линейное продвижение торфа L вдоль оси Т. п. за один оборот вала при однолопастных ножах выражается ф-лой

$$L = \left(\frac{360}{\alpha} - 1\right) h, \qquad (1)$$

где α—центральный угол между ножами, к-рый при однолопастных ножах не м. б. больше 180°, h — подъем ножа по винтовой линии, или толщина обуха. Т. к. $\frac{360}{\alpha}$ выражает количество ножей в одном шаге их набора, то, обозначая его через N_1, получим

$$L = (N_1 - 1) h. \qquad (2)$$

Из ф-лы (1) видно, что производительность тем больше, чем меньше α и больше h, поэтому в универсальном Т. п. эти величины д. б. переменными. 2) Смешивание. Куски торфа разного качества подают в воронку один за другим, поэтому для хорошего смешивания необходимо, чтобы каждый кусок не сразу продвигался из воронки в закрытую часть цилиндра, а некоторая его часть после каждого оборота оставалась бы под воронкой и смешивалась бы с следующим куском. Если обозначить через b величину чистого промежутка между ножами, то количество торфа Q, продвигаемого за один оборот однолопастными ножами, в % от помещающегося в одном шаге выражается ф-лой

$$Q = \frac{100\,L}{N_1 (h+b) - h}.$$

Напр. в Т. п. сист. Рогова при $h = 40$, $b = 55$ и $\alpha = 90°$ продвижение торфяной массы составляет 35,3% емкости шага ножей, а 64,7% постоянно остается для смешивания с новыми кусками. В Т. п. Ляуданского при $b = 25$, $h = 62$ и $\alpha = 45°$ продвижение составляет 68,5%, а для смешивания остается только 31,5%. Из этого следует, что вследствие уменьшения из экономии места величины b до возможного минимума получалась конструкторская ошибка. 3) Качество размески. Из предположения, что торф под действием ножей разделяется на слои определенной толщины, следует, что чем тоньше эти слои, тем лучше будет размеска. При требовании, чтобы слои получались толщиной, равной $\frac{b}{Z}$, где Z—целое число, выражающее размеску, пресс должен иметь количество ножей

$$N = N_1 + N_2,$$

где $N_2 = Z(N_1 - 1)\frac{h}{b}$. Задаваясь углом α и числом Z, мы имеем 2 неизвестных: N_2 и $\frac{h}{b}$, решить которые можно только путем подбора; подбор производится сл. обр.: задаваясь числом ножей N_2, к-рое не должно иметь общего делителя с числом Z, определяют отношение $\frac{h}{b}$. Зная это отношение и число ножей, по конструктивным и производственным соображениям назначают окончательные размеры h и b. Зная b и Z, определяют толщину слоев, на которые будет разрезаться торф. Для каждого угла α результаты подбора можно представить в виде следующей таблицы (стб. 769).

Числа таблицы выражают величину h при $\angle \alpha = 90°$ и $b = 1$, следовательно по ф-ле (1) пропорциональны производительности. С этой оговоркой таблица позволяет сделать следующие выводы. 1) При одинаковой размеске (горизонтальные строчки) N_2 пропорционально производительности; 2) при одинаковом N_2 (вертикальные столбцы) производительность обратно пропорциональна качеству размески. Поэтому, желая например сохранить производительность, но улучшить размеску, мы должны пропорционально последней увеличить число ножей N_2 (числа по диагоналям, напр. производительности 1,50—1,55—1,58 соответствуют N_2 = =9—14—19 при $Z = 2—3—4$). Увеличение N_2 почти пропорционально увеличивает и расход энергии, а в виду пропорциональности N_2 производительности и качеству размески расход энергии будет пропорционален их произведению, т. е. равен $Z\frac{h}{b}$. Напр., чтобы увеличить производительность вдвое и улучшить размеску вдвое, нужно расход энергии увеличить вчетверо. Из этого видно, что прежние конструкторы работали над неразрешимой задачей, желая, чтобы при одном и том же двигателе Т. п. давал и большую производительность и хорошую размеску.

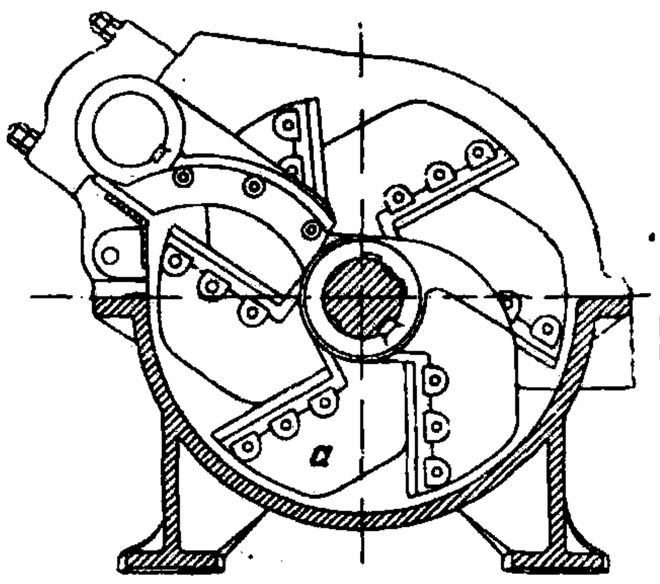
Торфяной пресс системы Рогова показан на фиг. 6 и 7. Набор по валу: 12 однолопастных ножей (формы *а* и *б*) при $h = 40$ и $b = 55$ со сменным приклепанным лезвием, отодвинутым назад от вертикали, 2 широкорасставленных оборота шнека с уменьшенным против общепринятого шагом, между которыми поставлен широкий колосник. Передний конец вала выпущен

через конус наружу и вращается в шариковом подшипнике, поставленном на специально отлитом кронштейне. Задний конец вала вращается в шариковом упорном подшипнике.

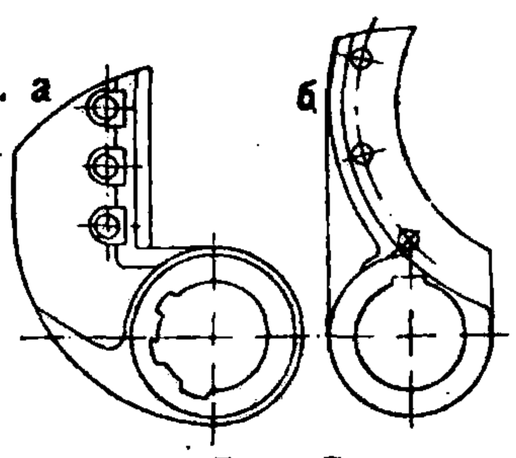
Соотношение между производительностью L, размеской Z и числом ножей N_2.

	N_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha=90°$, $N_1=4$	$Z=2$	0,17	—	0,50	—	0,83	—	1,16	—	1,50	—
	$Z=3$	0,11	0,22	—	0,11	0,55	—	0,78	0,89	—	1,11
	$Z=4$	0,08	—	0,25	—	0,42	—	0,58	—	0,75	—
	$Z=5$	0,07	0,13	0,20	0,27	—	0,40	0,47	0,53	0,60	—
	$Z=6$	0,06	—	0,17	—	0,28	—	0,39	—	0,50	—
	N_2	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$\alpha=90°$, $N_1=4$	$Z=2$	1,83	—	2,17	—	2,50	—	2,83	—	3,16	—
	$Z=3$	1,22	—	1,44	1,55	—	1,77	1,89	—	2,10	2,20
	$Z=4$	0,92	—	1,08	—	1,25	—	1,42	—	1,58	—
	$Z=5$	0,73	0,80	0,87	0,93	—	1,07	1,13	1,20	1,27	—
	$Z=6$	0,61	—	0,72	—	0,83	—	0,94	—	1,05	—

Вал круглый и имеет 4 шпоночные канавки под $\angle 90°$, а втулки ножей—по 3 шпоночные канавки под $\angle 60°$, что позволяет насаживать ножи под углами, кратными 30°, а чередуя углы, и под $\angle 15°$. Контрножи набраны также на круг-



Фиг. 6.



Фиг. 7.

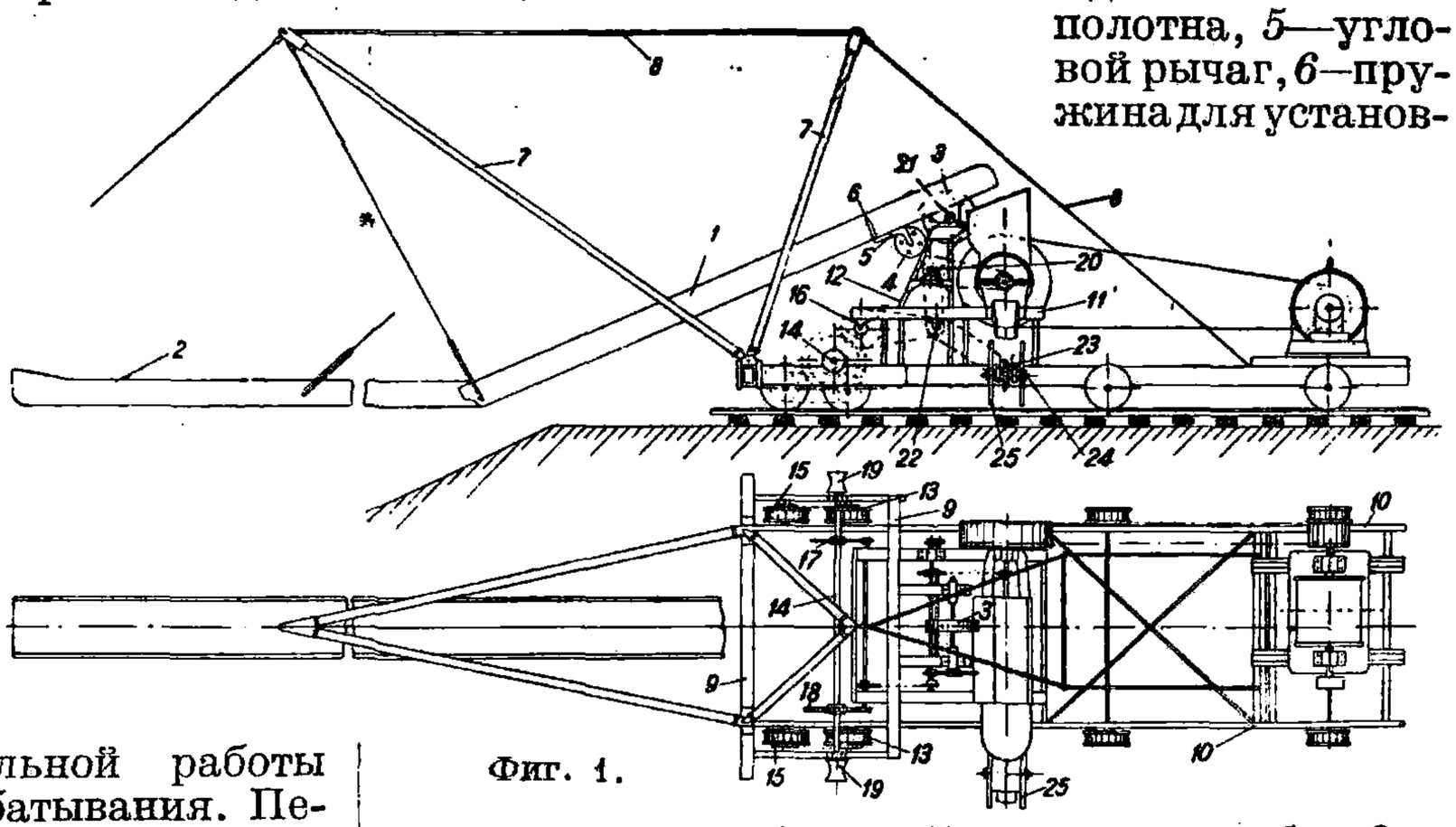
лом валу на шпонках и снабжены сменными лезвиями. Контрножевый вал помещается в последней четверти окружности и выше ножевого вала и имеет возможность перемещаться вдоль оси по мере срабатывания ножей и контрножей. Воронка стоит над всеми ножами, но торф падает на задние ножи. Такое устройство дает следующие преимущества. Форма ножей, их однолопастность и место расположения контрножей обеспечивают захват крупных кусков, так что в дробителе нет надобности. Способ постановки контрножей гарантирует их неподвижность и точное расположение в одной радиальной плоскости с ножами, что в связи с возможностью перемещения контрножевого вала гарантирует точную работу ножниц несмотря на срабатывание. Опоры ножевого вала предохраняют его от изгиба и дрожания во время работы, что также важно для правильной работы ножниц и уменьшения их срабатывания. Перемена угла α дает возможность в широких пределах регулировать производительность и размеску в зависимости от имеющейся мощности двигателя. Но если принятое отношение $\frac{h}{b}=0{,}72$ окажется в некоторых случаях неудовлетворительным, посадка ножей и контрножей на круглых валах позволит расставлять их с любым $\frac{h}{b}$. Воронка служит регулятором для пресса. В случае временной перегрузки задних ножей воронка позволяет лишним кускам скатываться на передние ножи, а в случае временного ослабления работы шнеков (увеличение сопротивления от сухого торфа) лишний торф выдавливается ножами кверху, не увеличивая вредного сопротивления в ножах. Двухступенчатый шнек создает в конусе значительно большее давление сравнительно с другими прессами. Этот пресс может работать при любой мощности двигателя, давая возможность расходовать энергию или преимущественно на производительность или преимущественно на размеску.

Лит.: Гехт Р., Торф, Современные способы разработки торфа, П., 1914; Вихляев И., Торфяные болота, использование их в технике и сельском хозяйстве, П., 1914; Бартель Ф., Торфяное хозяйство, пер. с нем., М., 1924; Пухнер Г., Торф, пер. с нем., М., 1929; Оппоков Е., Машины для видобування торфу на паливо, Киев, 1932; «Труды комиссии по изучению торфяного дела при О-ве содействия мануфактурной промышленности», вып. 1, Москва, 1916; Торфяные машины, заказанные Отд. зем. улучшений, «Вестник торф. дела», Петроград, 1916, *1*.

И. Рогов.

ТОРФЯНЫЕ МАШИНЫ, машины для добычи, погрузки и транспорта торфа и для подготовки торфяной залежи. К Т. м. по добыче торфа относятся элеваторные установки, багеры, фрез-формовочная машина, гидроторф, гидроэлеваторная установка и машины для добычи фрезерного торфа.

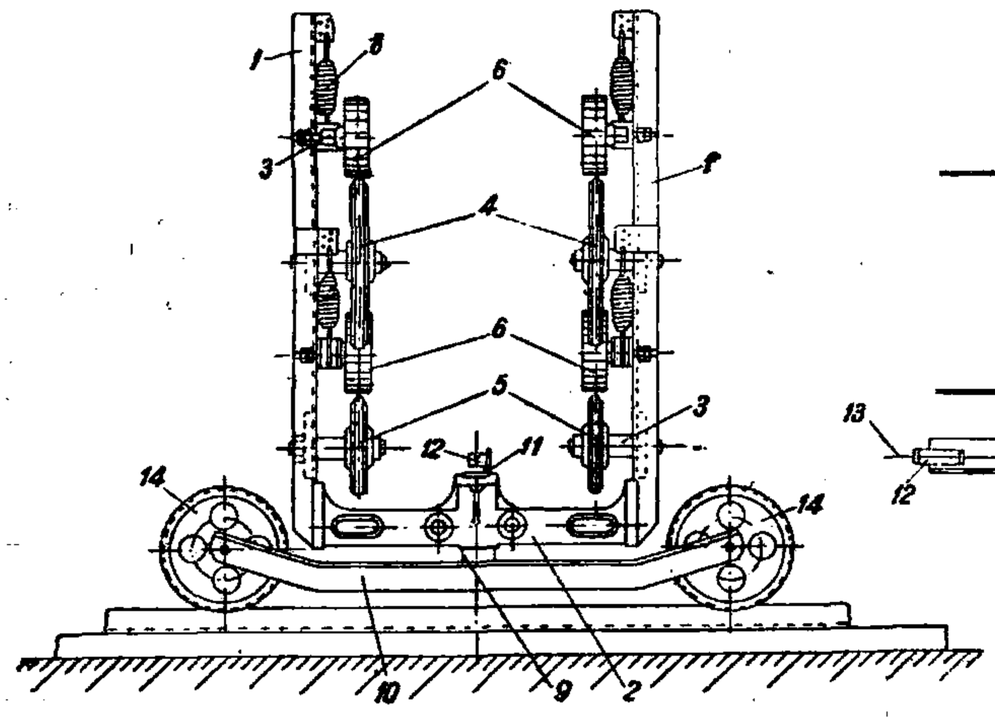
Наиболее усовершенствованная элеваторная установка Инсторфа (Центр. ин-та по торфяной пром-сти) дана на фиг. 1 (*1*—верхняя часть элеватора, *2*—нижняя часть элеватора, *3*—блок для цепи элеваторного полотна, *4*—поджимный блок для натяжения полотна, *5*—угловой рычаг, *6*—пружина для установ-

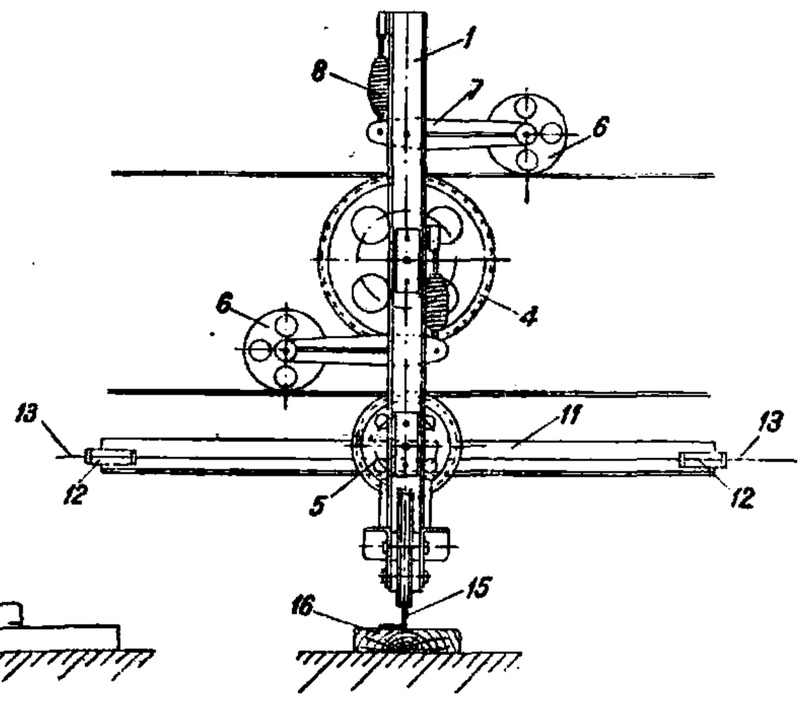


Фиг. 1.

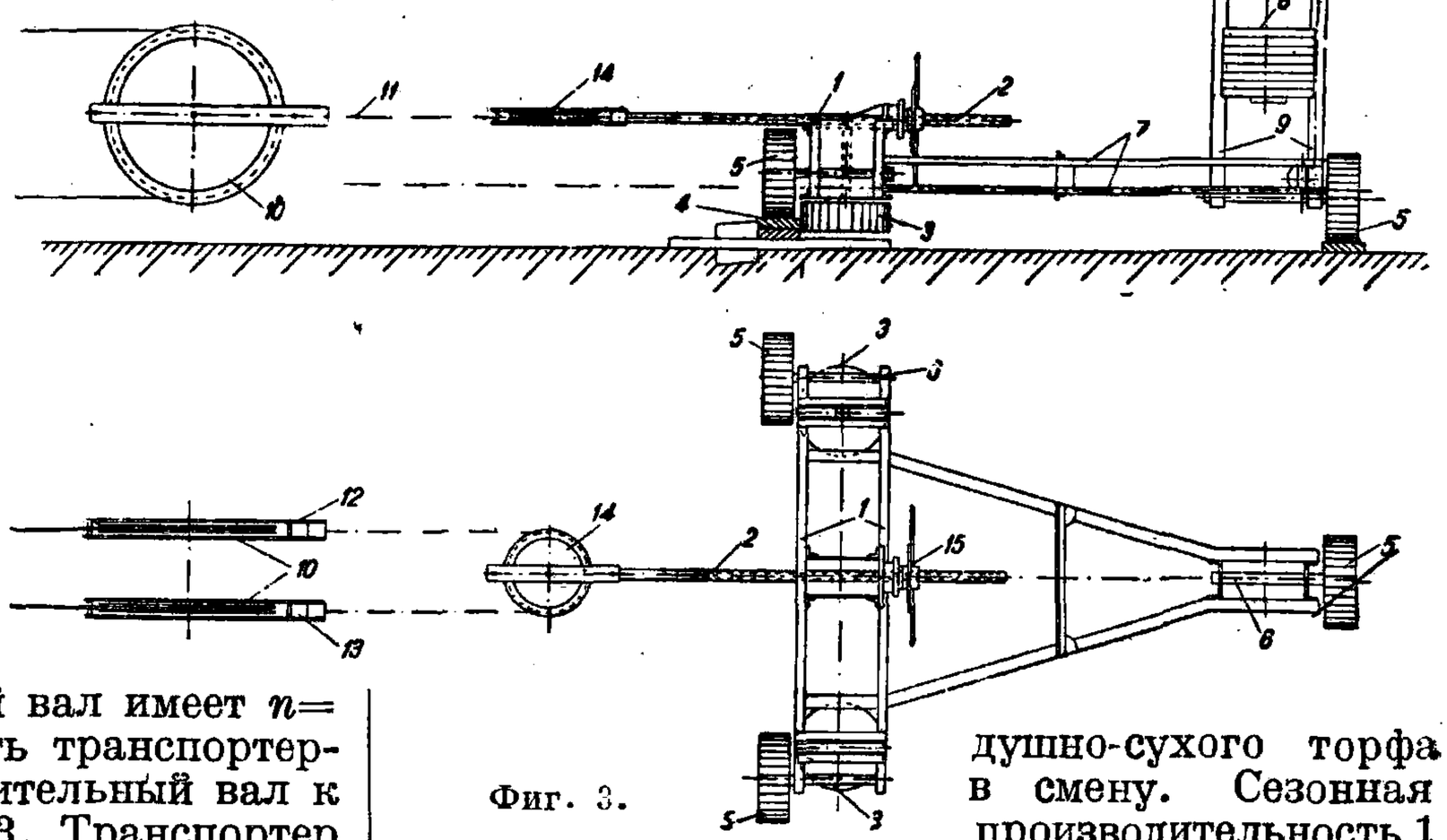
ки поджимного блока, *7*—газовые трубы, *8*—тяги для подвеса элеватора, *9*—короткая рама для опоры подвеса элеватора и задних ходовых колес, *10*—основная рама торфяной машины, *11*—опора для трансмиссионных козел и пресса, *12*—трансмиссионные козлы, *13*—ходовые колеса, *14*—шпилевой вал, *15*—задняя

пара ходовых колес, *16*—промежуточный вал, *17*—цепная передача, *18*—малая шестерня, *19*—шпили, *20*—первый промежуточный вал, *21*—элеваторный вал, *22*—второй промежуточный вал, *23*—дополнительный вал к транспортерному, *24*—транспортерный вал ведущих блоков и *25*—ведущие блоки транспортера). Коленчатый элеватор имеет две перемещающиеся около шарнира части, из к-рых верхняя длиною 5 600 *мм* и нижняя 10 600 *мм*. Элеватор за конец нижнего колена (примерно на $^1/_3$ от конца) подвешен к наклоненному над карьером вылету. Дно элеватора является гладкой и подвижной поверхностью и служит для транспортирования торфяной массы в пресс. Платформа имеет в длину 9 000 *мм* и в ширину 2 310 *мм*; на ней установлена опора под пресс длиной 2 315 *мм* и высотой 665 *мм*. На опоре укреплены трансмиссионные козлы для верхней части элеватора и для трансмиссии. Для передвижения установки подвиг имеет восемь колес, причем все ходовые колеса снабжены храповым устройством. Передвижные установки осуществляются при помощи самохода, имеющего передний и задний ход с линейной скоростью продвижения машины 6 *м/мин*. Шпилевое устройство имеет своим назначением корчевание крупных пней, встречающихся в залежи при добыче торфа, и рассчитано на 3 *т*. Эта операция производится путем наматывания на чугунные барабаны, шпили, цепи, один конец к-рой закрепляется за пень. Скорость движения цепи при ⌀ шпиля 180 *мм* около 70 *мм/ск*. Прессовый вал имеет $n = 290$; промежуточный вал имеет $n = 116$, i=2,5; элеваторный вал—n=30, i=3,86; линейная скорость элеваторного полотна 0,94 *м/ск*; 2-й промежуточный вал имеет n=116 и i=1; дополнительный вал к транспортерному имеет $n \cong 77$ и $i = 1{,}5$; транспортерный вал имеет $n = 26$ и i=3; линейная скорость транспортерных канатов 1,08 *м/ск*. Дополнительный вал к шпилевому имеет n=38,6 и i=3. Транспортер элеваторной установки состоит из головной части с рольным столом, промежуточных опор, натяжной тележки и канатов. Работа канатного транспортера заключается в том, что два параллельно расположенных каната движутся в направлении от машины к задней тележке, к-рая располагается от машины на расстоянии 200—250 *м*. Огибая у задней тележки ведомые блоки, канаты возвращаются обратно и у машины огибают ведущие блоки. Верхние и нижние ветви канатов на всем протяжении поддерживаются роликами, расположенными на промежуточных опорах, которые находятся друг от друга на расстоянии от 6 до 7 *м*. На фиг. 2 представлена промежуточная опора (*1*—стойки, *2*—чугунная перекладина, на к-рой при помощи болтов крепятся стойки, *3*—неподвижная ось блока, *4*—верхние ручейковые блоки, *5*—нижние ручейковые блоки, *6*—холостые ролики для поддержки канатов, *7*—рычаг для холостого ролика, *8*—пружина для нажима ролика, *9*—вертикальная ось рамы, *10*—каретка, *11*—угольник, *12*—крючки, *13*—неподвижный канатик, *14*—передвижные колеса, *15*—угольник и *16*—доска). При передвижке машины все опоры по уложенным рельсам передвигаются вручную, а задняя тележка по специальному настилу передвигается при помощи ручной лебедки. Задняя натяжная тележка транспортера (фиг. 3, где *1*—рама, *2*—винтовой механизм для натяжения блоков, *3*—горизонтальные блоки, удерживающие тележку от стаскивания, *4*—деревянные рельсы для упора горизонтальных блоков, *5*—ходовые колеса, *6*—оси ходовых колес, *7*—боковые стороны, *8*—контргруз, *9*—стойки для контргруза, *10*—ведомые канатные блоки, *11*—цепь, *12* и *13*—серьги, *14*—блок для цепи и *15*—маховичок) служит для натяжения канатов, к-рое осуществляется посредством винтового механизма и изменения длины цепи, соединяющей ведомые блоки и блок, через который проходит эта цепь. В качестве двигателя при элеваторной установке служит электромотор или локомобиль, потребная мощность ~75 HP. Установка обслуживается 29 рабочими и 6 подсменными. Сезонная производительность установки при продолжительности сезона в 90 дней равна 3 500 *т* воздушно-сухого торфа в смену. Сезонная производительность 1 рабочего равна 100 *т*.





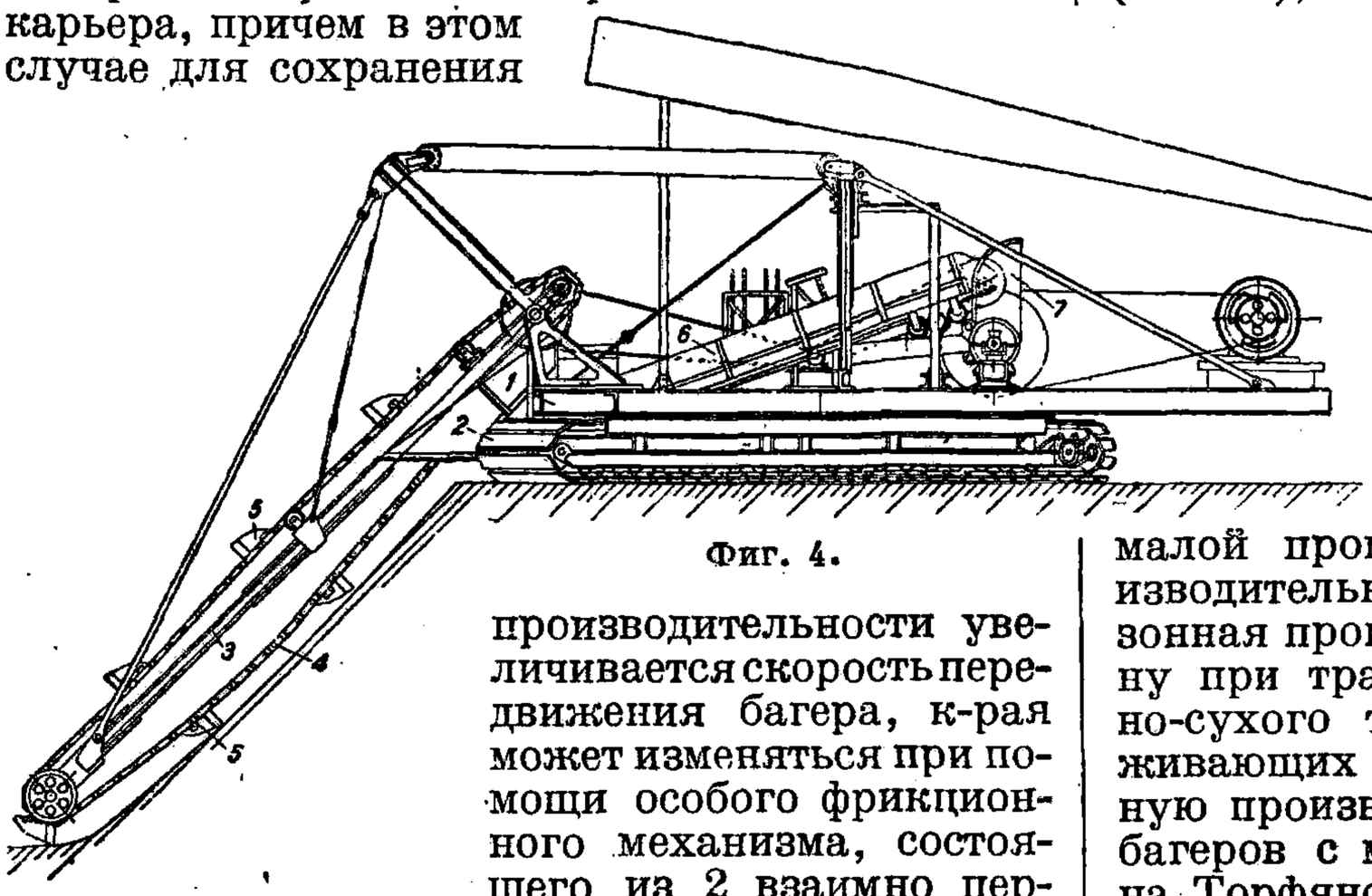
Фиг. 2.



Фиг. 3.

Багерный способ добычи торфа представлен целым рядом б а г е р о в различных систем (см. *Багер торфяной*). На фиг. 4 дан разрез багера Инсторфа модели 1929 г., «И-29-С», в основу конструкции к-рого положен принцип многоковшевого экскаватора (где *1*—рама, *2*—гусеница, *3*—ковшевая рама, *4*—ковшевая цепь, *5*—ковши, *6* — наклонный элеватор, *7*— воронка пресса).

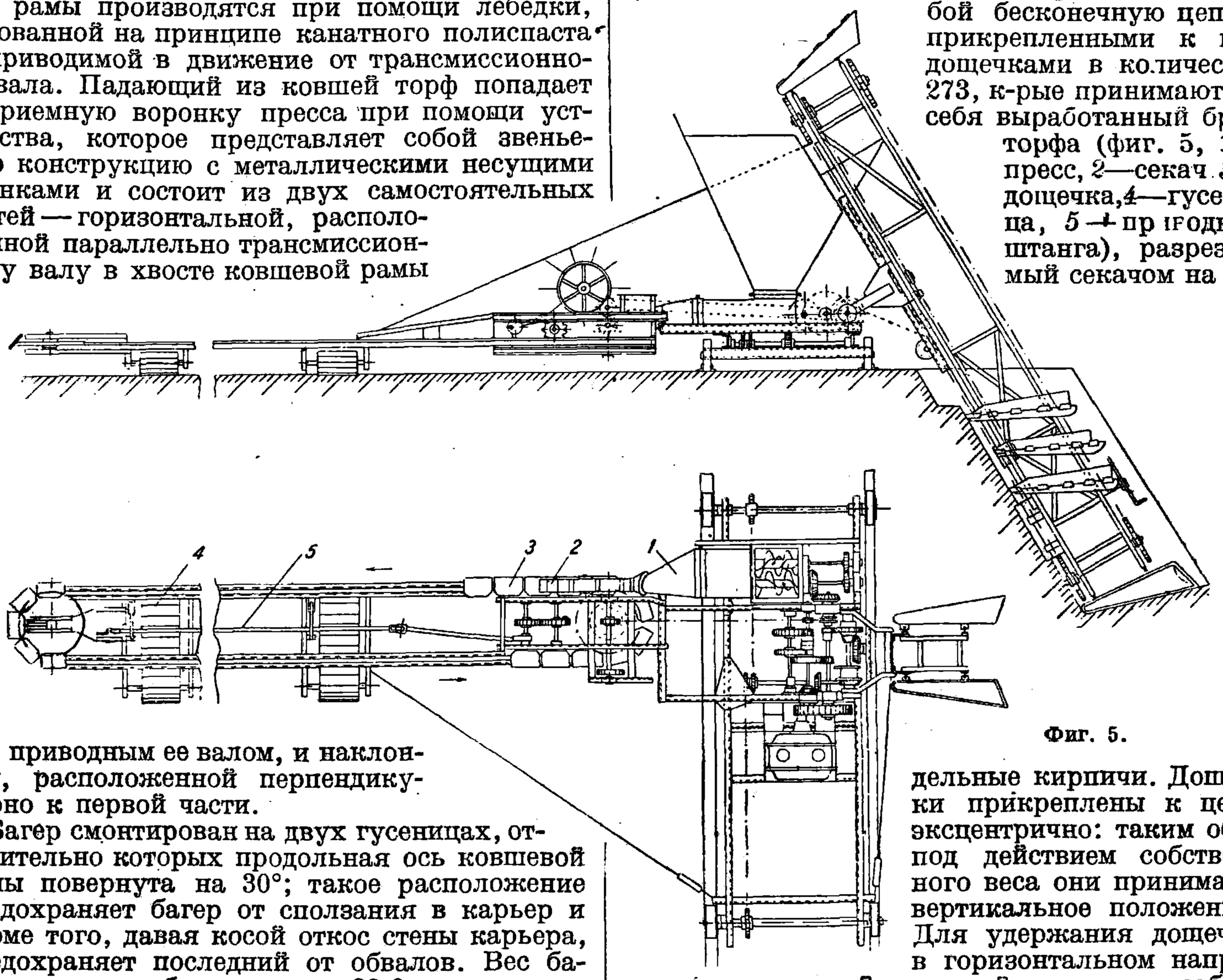
Ковшевая цепь находится на подъемной ковшевой раме клепаной конструкции. Цепь имеет четыре ряда по 8 ковшей в каждом. Максимальная глубина карьера 4 *м*, ширина тоже 4 *м*. Багер может работать и при меньшем сечении карьера, причем в этом случае для сохранения



Фиг. 4.

производительности увеличивается скорость передвижения багера, к-рая может изменяться при помощи особого фрикционного механизма, состоящего из 2 взаимно перпендикулярных дисков. Скорость ковшевой цепи 0,346 *м/ск*, шаг ковшей 2 200 *мм*, число ковшей в час 2 260, емкость ковша 90 *л*, тяговое усилие ковшевой цепи 2 *т*. Подъем и опускание ковшевой рамы производятся при помощи лебедки, основанной на принципе канатного полиспаста и приводимой в движение от трансмиссионного вала. Падающий из ковшей торф попадает в приемную воронку пресса при помощи устройства, которое представляет собой звеньевую конструкцию с металлическими несущими планками и состоит из двух самостоятельных частей — горизонтальной, расположенной параллельно трансмиссионному валу в хвосте ковшевой рамы под приводным ее валом, и наклонной, расположенной перпендикулярно к первой части.

Багер смонтирован на двух гусеницах, относительно которых продольная ось ковшевой рамы повернута на 30°; такое расположение предохраняет багер от сползания в карьер и кроме того, давая косой откос стены карьера, предохраняет последний от обвалов. Вес багера с электрооборудованием 32,9 *т*, уд. давление гусениц на поверхность болота 0,175 *кг/см²*, скорость рабочего хода 10 — 16 *м/ч*, скорость холостого хода 230 *м/ч*. Рама—клепаной конструкции, по середине ее установлена шпренгельная ферма, к которой одновременно крепятся детали механизма для подъема ковшевой рамы. На заднем конце рамы устанавливаются особые кронштейны, служащие опорой для цапф ковшевой рамы. В средней части рамы располагается главный трансмиссионный вал ($n=275$), а впереди электромотор мощностью в 75 — 90 HP для приведения в действие всей установки. Между мотором и трансмиссионным валом располагается пресс. Производительность багера 160 *м³* торфасырца в час может быть достигнута только при механической стилке выработанного торфа. Аппарата для механич. стилки багер «И-29-С» еще не имеет. Употребление для этой цели канатного транспортера благодаря его малой пропускной способности снижает производительность багера до 50 *м³* в час. Сезонная производительность багера в одну смену при транспортере равна 3 500 *т* воздушно-сухого торфа, что при количестве обслуживающих багер 15 рабочих составляет сезонную производительность 1 рабочего 233 *т*. Из багеров с механич. стилкой в СССР работает на Торфяной опытной станции (ТОС) Инсторфа близ Редкина багер Виланда (см. *Багер торфяной*). В отличие от багера «И-29-С» на нем вместо транспортера установлен аблегер (см. *Аблегер торфяной*). Он представляет собой бесконечную цепь с прикрепленными к ней дощечками в количестве 273, к-рые принимают на себя выработанный брус торфа (фиг. 5, *1*— пресс, *2*—секач, *3*—дощечка, *4*—гусеница, *5* — приводная штанга), разрезаемый секачом на отдельные кирпичи. Дощечки прикреплены к цепи эксцентрично: таким обр. под действием собственного веса они принимают вертикальное положение. Для удержания дощечек в горизонтальном направлении они одной стороной входят в особую щель и только по выходе из нее принимают вертикальное положение. Аблегер движется вместе с багером на гусеницах, получая поступательное движение от общей приводной штанги. В последних моделях этой машины гусеница оставлена только в хвостовом



Фиг. 5.

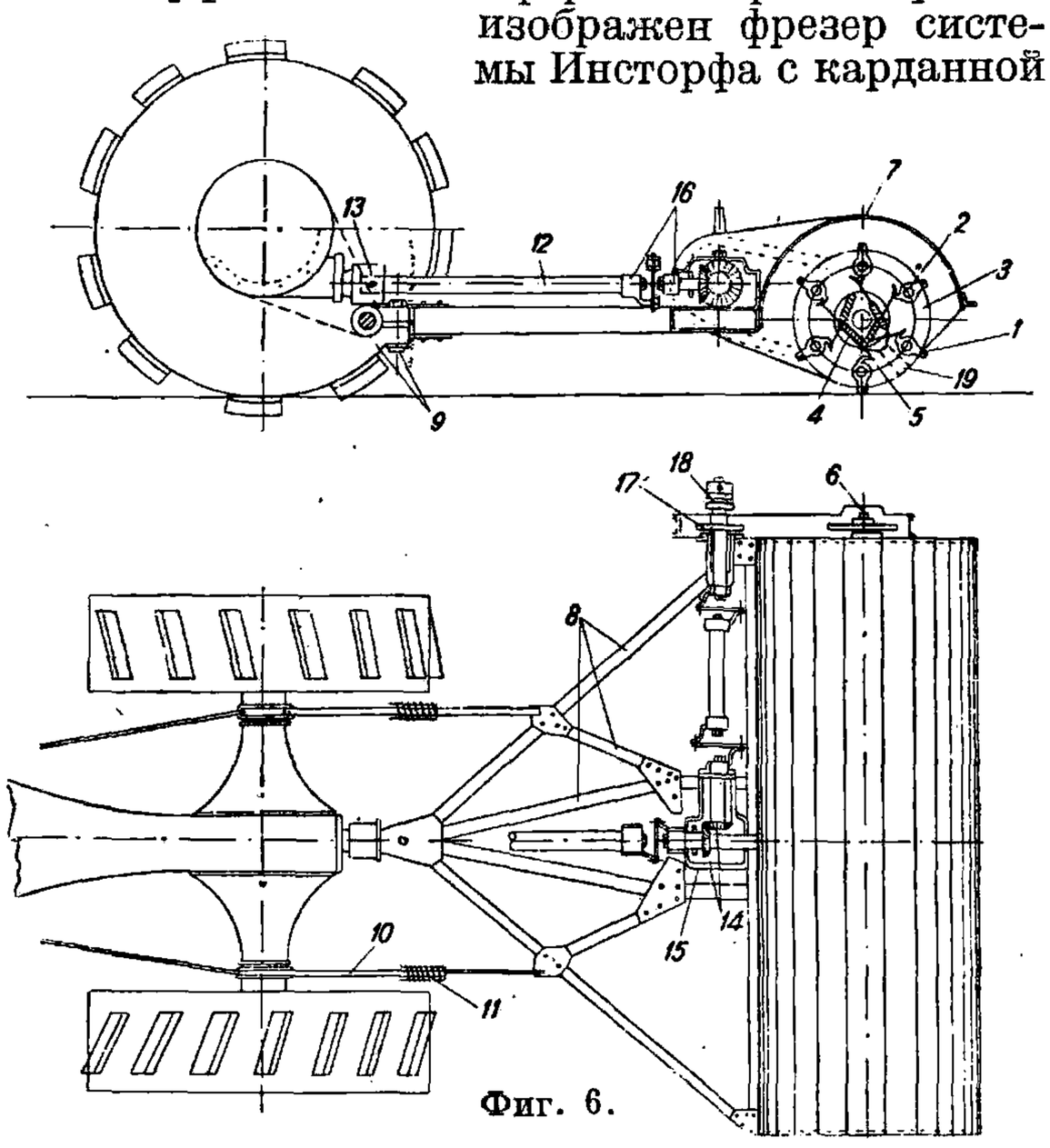
звене аблегера, остальные гусеницы заменены барабанами. Машина имеет 2 электромотора общей мощностью в 75 Н. Часовая производительность багера 50 $м^3$ сырца в час; обслуживают установку в условиях малопнистой низинной залежи 3 чел. Сезонная производительность 1 рабочего 1 100 *т*. Из багеров с аблегером за границей работает (помимо распространенного в Германии багера сист. Виланда) багер сист. Бауман-Шенка. Рабочим аппаратом на нем является рама с несколькими фрезерами, передвигающаяся взад и вперед по особым направляющим. Выработка торфа происходит слоями на толщину фрезера параллельно краю карьера. Производительность машины до 40 $м^3$ в час, потребная мощность 60 Н.

Фрез-формовочная машина предназначена для добычи кускового торфа путем послойного фрезерования торфяной залежи и одновременного формования размельченной торфяной массы. Рабочий аппарат машины представляет собой 4-оборотный фрезер, состоящий из вертикального вала с насаженными на него по винтовой линии пилами, придающими фрезеру вид усеченного конуса, обращенного вершиной вниз с размерами: $D = 420$ *мм*, $d = 330$ *мм*, $h = 420$ *мм*. Окружная скорость верхней части фрезера 14 *м/ск* и нижней 11 *м/ск*. Форма зуба пил—равнобедренный тр-к. Во время работы фрезер делает 640 об/м. Цилиндрический кожух, закрывающий фрезер, имеет 2 отверстия: одно—входное шириной в 170 *мм*, и другое—выходное, через к-рое торф направляется в мундштук, имеющее высоту в 225 *мм* и ширину в 135 *мм*. Глубина захвата залежи фрезером 200 *мм*, ширина забираемой полосы 170 *мм*. Машина передвигается на гусеничном ходу и имеет 3 рабочие скорости: $v_1 = 8{,}7$ *м/мин*, $v_2 = 16{,}4$ *м/мин* и $v_3 = 22{,}5$ *м/мин* и одну маршевую скорость 45 *м/мин*. Уд. давление на поверхность болота 0,18 *кг/см²*. На машине установлены 2 двигателя: первый в 58 Н, приводящий в движение фрезер, и второй в 26 Н, служащий для передвижения машины. Часовая производительность машины 30 $м^3$ торфа-сырца в час. Сезонная производительность машины в течение 80 рабочих дней при 3-сменной работе (21 час) равна 5 700 *т* воздушно-сухого торфа, что при обслуживающем персонале в 2 чел. составляет сезонную производительность 1 рабочего—950 *т*. Оптимальные условия работы—низинное болото со степенью разложения не ниже 25% и влажностью 84—88%.

Гидроторф (см. *Гидравлический способ добычи торфа*) кроме машин по добыче торфа имеет формующие гусеницы, механизирующие формовку подсохнувшей гидромассы на отдельные кирпичи. Эта машина представляет собой гусеничный трактор; формовка торфа производится деревянными окованными шпалами прямоугольного сечения, прикрепленными на ребро к гусеничной цепи трактора на определенных промежутках друг от друга. Ширина шпал 1 200 *мм* с промежутком между внутренними концами шпал правой и левой гусеницы 920 *мм*. Каждая шпала снабжена тремя ножами, разрезающими формующийся брусок на 2 торфины. Получающаяся между гусеницами после их прохода несформованная полоса гидромассы формуется при повторном обратном ходе трактора. В качестве двигателя устанавливается бензиновый мотор или дизель мощностью в 50 Н. Скорость движения формующих гусениц постоянна (3,7 *км/ч*) и может варьироваться только за счет изменения числа оборотов мотора. Вес формующих гусениц 7 *т*.

Гидроэлеваторная установка представляет собою элеваторную установку, приспособленную для добычи торфа гидравлич. способом (фиг. 5). При этом способе торфяная залежь размывается в карьере струей воды из брандспойта от насоса с давлением до 7 *atm*. Полученная гидромасса поднимается приспособленным элеватором в пресс, откуда она под напором пресса выталкивается по трубам. Подача воды в брандспойт осуществляется насосом, к-рый располагается на подвиге локомобиля и питается водой из карьера. Обслуживается установка 4 рабочими. При сезонной производительности установки в 2 смены в 5 000 *т* сезонная производительность одного рабочего составляет 625 *т*.

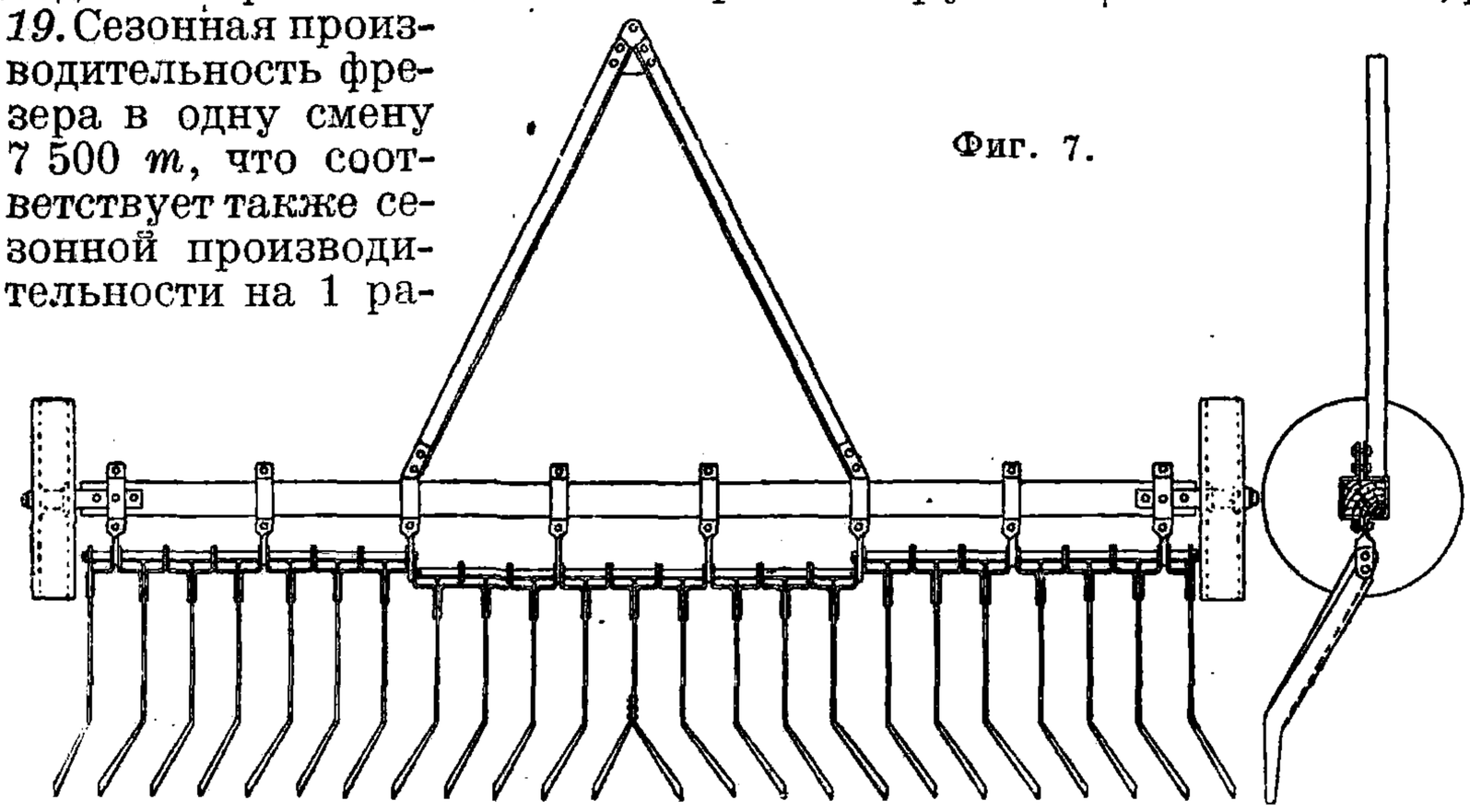
Основным механизмом для добычи фрезерного торфа является фрезер. На фиг. 6 изображен фрезер системы Инсторфа с карданной



Фиг. 6.

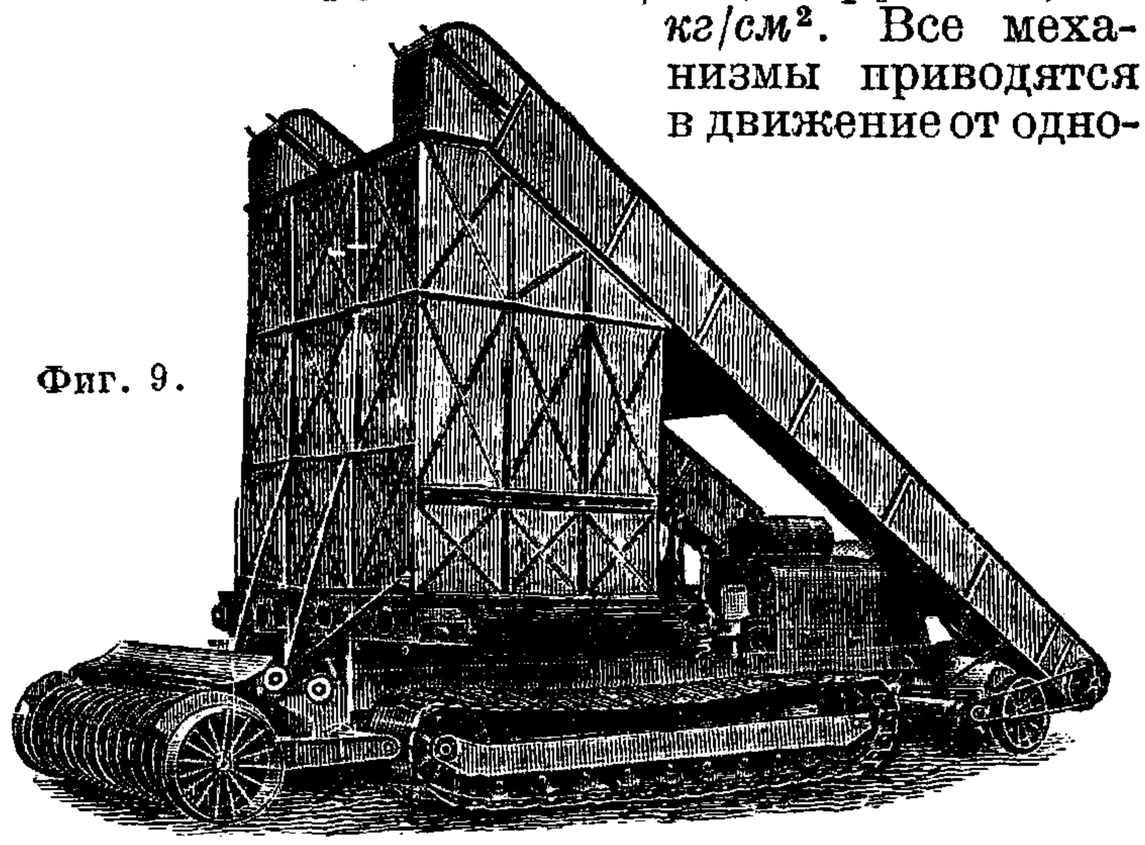
передачей от трактора Фордзона-Путиловца. Рабочими элементами для фрезерования являются ножи *1*, шарнирно посаженные на осях *2* барабана *3*. Ножи пружинами *4* удерживаются в радиальном положении и при встрече с препятствиями прячутся за диски *5*, к-рые делят барабан на 13 секций. Все ножи расположены по образующей барабана в шахматном порядке. Всего плоскостей резания 40 с 3 ножами в каждой. Внешний ∅ ножей 500 *мм*. Барабан с числом оборотов 290 вращается на оси *6*, поставленной в щеках кожуха *7*, с к-рым связана рама *8*, прицепляющаяся к скобе трактора при помощи шарнира *9*. Кроме шарнирного прицепа имеются боковые тяжи *10* с пружинами *11*, цель к-рых смягчать боковое отклонение. Передача к фрезерному барабану берется с червячного вала трактора. Червячный вал соединяется с карданным валом *12* при помощи шарнирной муфты *13*. С карданного вала вращение передается конич. шестернями *14* на промежуточный вал. Как карданный вал, так и промежуточный соединяются с валами коробки передачи *15* при помощи гибкого соединения *16*. С промежуточного вала на ось барабана вращение передается при помощи цепи. Передаточное число с цепной передачи $i = 0{,}78$,

шаг передаточной цепи—35 *мм*. Ведущая звездочка *17* включается при помощи кулачковой муфты *18* с отводкой. Натяжение цепи производится при помощи эксцентрика с ручкой *19*. Сезонная производительность фрезера в одну смену 7 500 *м*, что соответствует также сезонной производительности на 1 рабочего. Для ворошения фрезерного торфа употребляется целый ряд в о р о ш и л о к, работающих по принципу грабель или волокуш. Наиболее совершенными из них являются ворошилки сист. Кащеева и Козлова (фиг. 7) и сист. Инсторфа (фиг. 8). При работе ворошилки прикрепляют к трактору непосредственно или с помощью группового прицепа, дающего возможность одновременно работать двум или трем ворошилкам. Собирание фрезерного торфа из расстила осуществляется при помощи деревянных валкособирателей. Для сбора фрезерного торфа из расстила и транспортировки его за пределы поля фрезерования вводится с 1932 г. у б о р о ч н а я м а ш и н а, рабочими механизмами к-рой служат: 1) уборочная щетка, состоящая из трех металлич. дисков с прикрепленными к ним по окружности деревянными планками с резиновыми язычками, 2) односторонний с правым ходом шнек, 3) гребковый элеватор с направляющим жолобом из листового железа и 4) саморазгружающийся на гусеничном ходу кузов.



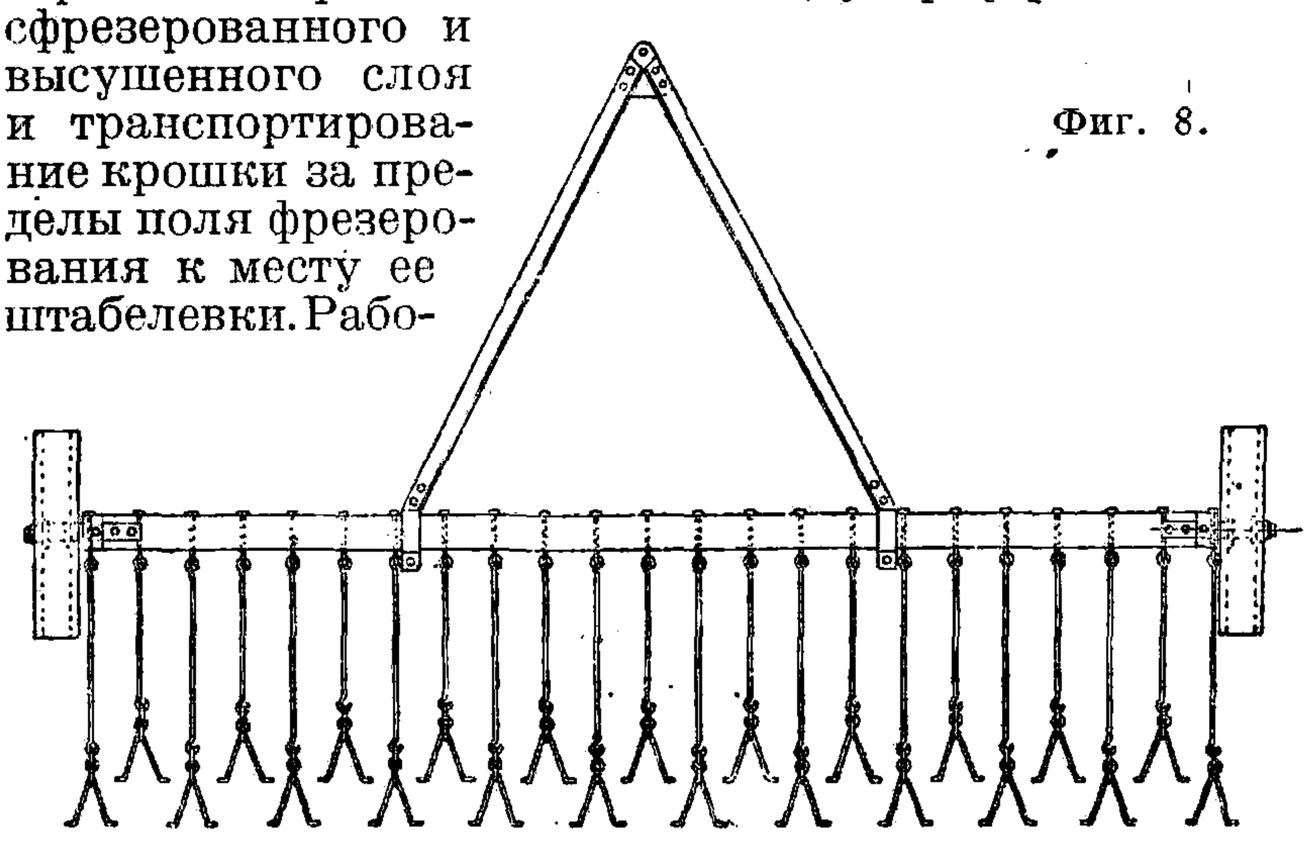
Фиг. 7.

Наиболее совершенной машиной является м е х а н и ч е с к и й к о м б а й н (фиг. 9), назначение к-рого одновременно выполнять фрезерование верхнего слоя залежи, уборку ранее сфрезерованного и высушенного слоя и транспортирование крошки за пределы поля фрезерования к месту ее штабелевки. Рабочими аппаратами механич. комбайна для выполнения этих операций служат: фрезерный барабан, уборочная щетка, шнек с двумя гребковыми элеваторами и кузов с подвижным дном. Фрезерный барабан имеет 10 рядов пружинных ножей, расположенных по образующим, общим количеством 480 шт.; ⌀ барабана 700 *мм* при 227 об/м., рабочая ширина захвата 2 200 *мм*. Уборочная щетка состоит из 10 рядов резиновых язычков, расположенных в середине барабана по образующим и в концах по винтовой линии; длина язычка 150 *мм* при 239 об/м. Шнек выполнен с левым и правым ходом с диам. 375/165 *мм* и шагом винтовой поверхности 400 *мм*; длина шнека 1 700 *мм* при 102 об/м. Гребковые элеваторы с расстояниями между звездочками 8000 *мм* имеют по 42 гребка размерами 830 × 80 *мм*. Угол наклона элеватора 30°, скорость движения гребков—0,95 *м/сек*. Кузов емкостью 12,5 $м^3$ имеет подвижное дно шириною 2 000 *мм*, скорость движения резинового полотна (дна) $v = 0{,}6$ *м/сек*. Механич. комбайн имеет 4 скорости: одну маршевую $v_1 = 6$ *км/ч*, две рабочие—$v_2 = 4{,}5$ *км/ч* и $v_3 = 3$ *км/ч*—и одну заднюю или обратную $v_4 = 1{,}3$ *км/ч*. Уд. давление гусениц машины: без груза 0,196 $кг/см^2$, с грузом 0,289 $кг/см^2$. Все механизмы приводятся в движение от одного бензинового мотора мощностью 75 HP. Количество обслуживающего персонала: один высококвалифицированный водитель и одна работница для отбора пня перед работой механич. комбайна. Сезонная производительность машины при работе в одну смену 3 150 *м*, сезонная производительность 1 рабочего 1 575 *м*.

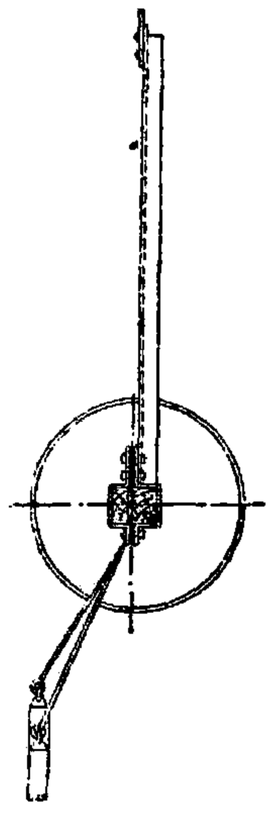


Фиг. 9.

Для уборки с полей высушенного кускового торфа служит к а н а т н ы й б а д ь е в о й т р а н с п о р т е р сист. Инсторфа (фиг. 10), устройство к-рого заключается в том, что бесконечный канат *1* натянут между двумя блоками, оси к-рых вертикальны. Ведущий блок *2* монтирован на головной тележке и получает движение через ряд передач от двигателя в 10 HP, находящегося на этой тележке. Другой блок *3* находится на натяжной тележке и служит для регулирования натяжения каната. Обе тележки передвигаются по деревянному настилу. Между тележками канат опирается на промежуточные опоры *4*. Торф транспортируется при помощи опрокидных бадей, имеющих крючки, при помощи ко-



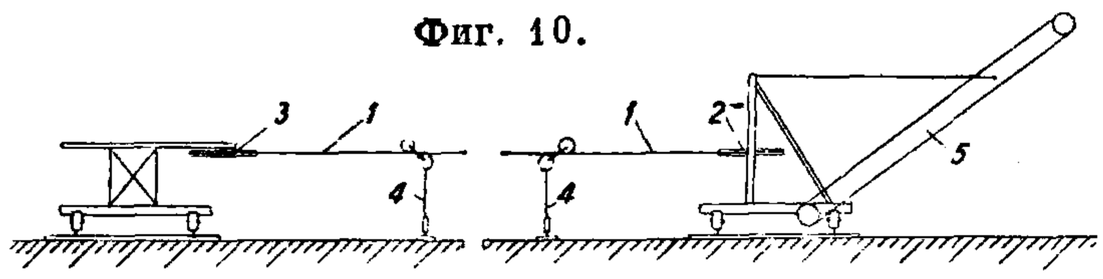
Фиг. 8.



торых бадьи вешаются на канат. Содержимое бадей вручную высыпается в воронку наклонного элеватора 5, к-рый подает торф в штабель или вагонетки. Этот торфособиратель может работать на длину до 500 *м*; часовая производительность торфособирателя—40 *т* воздушно-сухого торфа.

Для погрузки торфа из штабелей в вагоны служат погрузочные машины: машина

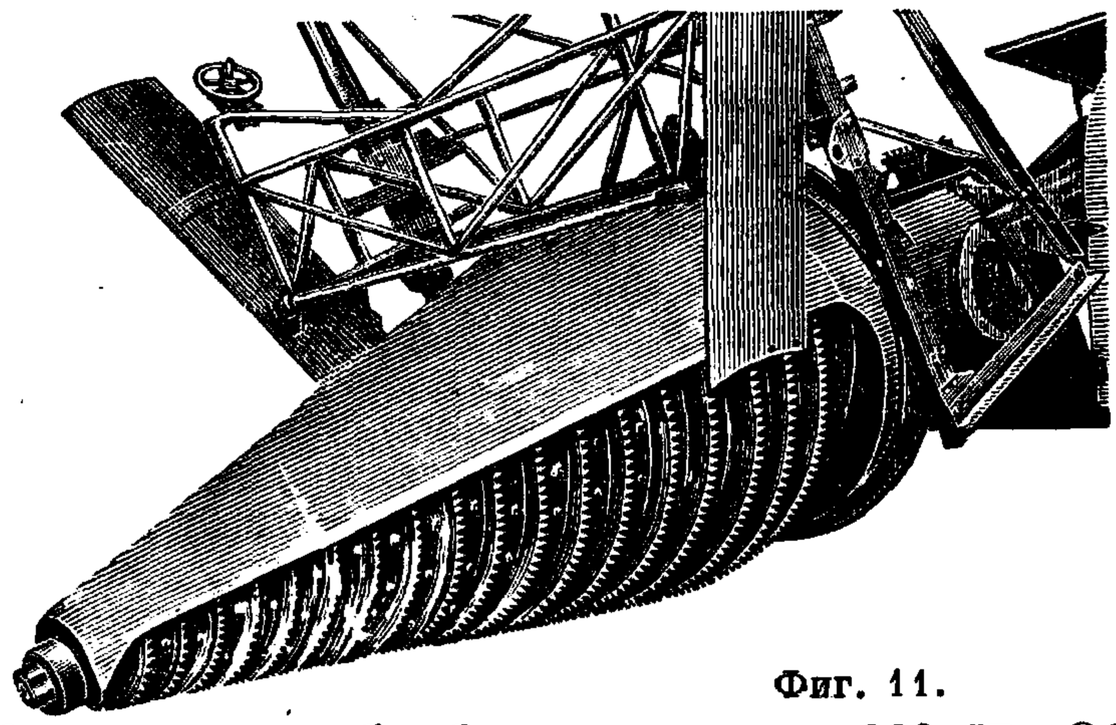
Фиг. 10.



сист. Шашкова и машина непрерывного действия. Первая машина основным рабочим элементом имеет ковшевой барабан, из которого торф поступает на коленчатый гребковый элеватор, укрепленный неподвижно параллельно оси барабана. Вторая машина для забирания торфа имеет гребковый элеватор с шириною захвата в 2 890 *мм*. С гребкового элеватора торф поступает на поперечный элеватор и с него в вагонетки узкой колеи.

К машинам по подготовке болот относят: полировочную, канавную и корчевальную. К полировочным машинам относятся: 1) немецкий болотный фрезер Ланца. Фрезерный барабан, находящийся позади трактора, с 4-цилиндровым мотором 80 HP, работающим на смеси керосина с бензином, разделен на 2 секции, по окружности к-рых болтами прикреплено 120 ножей **L**-образной формы. Обе секции барабана получают вращательное движение от карданного вала через пружинные муфты, которые при попадании ножей на пни позволяют выключаться той или другой секции барабана. Трактор имеет 2 ходовых колеса ($d=1{,}9$ *м*) и 2 рулевых ($d=1$ *м*); общий вес его 9,5 *т*. Трактор имеет 3 скорости: I—1,8 *км/ч*, II—3,0 *км/ч* и III—6,0 *км/ч*. 2) Полировочный фрезер системы Инсторфа к Фордзону-Путиловцу. Рабочим элементом его являются стальные прикрепленные к стальным дискам ножи, концы к-рых загнуты в обе стороны на 90°. Последние свободно насажены вперемежку с деревянными проставками на вал и зажаты осевой пружиной. В одной плоскости (секции) имеется 6 ножей, всего по длине барабана установлено 6 секций. С заднего выводного вала трактора при помощи конич. шестерен вращение передается на промежуточный вал со звездочкой на конце, с к-рой через цепь Галля вращение передается на вал барабана; число оборотов фрезера 138. Сезонная производительность 110 *га* в 1 смену.

К канавным Т. м. относятся малая и большая канавные машины системы Тыпермаса. Малая машина предназначена для прорытия канав глубиною не более 1 *м*. Она представляет собой платформу на гусеничном ходу, на одном конце к-рой подвешен конический фрезер, являющийся основным рабочим элементом машины. К корпусу фрезера приварены по винтовой линии полосы, к которым при помощи болтов прикреплены пилы, которые при вращении разрыхляют залежь и встречающиеся в ней пни, а переработанную массу выкидывают по обеим сторонам канавы. Подъем и опускание фрезера производятся вручную посредством лебедки и троса, прикрепленного к плечу головной части фрезера. Размеры фрезера дают сечение канавы 0,65 *м*² с линейными размерами поверху 1 *м*, понизу 0,3 *м* и в глубину 1 *м*. Уд. давление на поверхность болота 0,88 *кг/см*². Скорости передвижения: I—1,25 *м/мин* и II—18 *м/мин*. Для приведения в действие фрезера имеется двигатель внутреннего сгорания в 130 HP и для передвижения машины другой мотор в 24 HP. Обслуживающего персонала на машине 2 чел. Часовая чистая производительность 45 *м*³. Большая канавная машина рассчитана на рытье канав глубиной до 2 *м*. Рабочий аппарат (фиг. 11) построен по тому же принципу, что на малой канавной машине. Уд. давление на поверхность болота 0,1 *кг/см*². Большая канавная машина имеет 3 скорости: $v_1=1$ *м/мин*, $v_2=1{,}7$ *м/мин* и $v_3=2{,}5$ *м/мин*, маршевая скорость $v_4=12{,}3$ *м/мин*. На машине установлены



Фиг. 11.

3 двигателя общей мощностью в 223 HP. Обслуживают машину 2 чел. Часовая чистая производительность 80 *м*³.

Корчевальная машина сист. Тыпермаса рабочим аппаратом имеет реечный домкрат с рычагом, заостренным на конце. Общая длина рычага 2 000 *мм*, соотношение плеч рычага 2 : 1. Угол подъема и опускания 22, высота подъема и опускания от средней линии 380 *мм*, скорость их 0,06 *м/сек*. Допускаемое рабочее усилие на конце рычага 4 000 *кг*. Уд. давление на поверхность залежи 0,1 *кг/см*². Корчевальная машина имеет сл. рабочие скорости: $v_1=25$ *м/мин* вперед и 11 *м/мин* назад и $v_2=50$ *м/мин* вперед и 22 *м/мин* назад и маршевую скорость $v_1=83{,}5$ *м/мин* вперед и $v_2=37{,}2$ *м/мин* назад. Двигателем служит бензиновый мотор мощностью в 35 HP. Сезонная производительность машины при работе в одну смену при 1 мотористе и 2 рабочих 25 *га*.

К числу механизмов, связанных с торфяным производством (исследование болот), относится бур торфяной, служащий для отбора проб. Торфяной бур сист. Инсторфа представляет собой полый челнок с открытой боковой поверхностью, равной немного менее половины окружности, в котором находится стержень, снабженный в челноке гребнем, а за челноком с нижнего конца—копьем. Челнок соединен со штангой, посредством к-рой он погружается в торфяную залежь и на требуемой глубине м. б. раскрыт и снова закрыт, причем копье препятствует вращению стержня. Торфяной бур сист. Гиллера, наиболее распространенный до настоящего времени, имеет челнок, состоящий из двух вращающихся один в другом цилиндров. Одна треть передней стенки внутреннего цилиндра удалена. Во внешнем цилиндре имеется прорез, причем стенка этого прореза отогнута под углом 45° к радиусу цилиндра. Ото-

гнутая стенка с обоих концов срезана полукругом и отточена. Внутренний цилиндр челнока с нижней стороны заканчивается заостренным концом или винтом. Верхний конец цилиндра соединяется со штангой. Наружный цилиндр вращается сверху внутреннего. При взятии проб челнок, опущенный на нужную глубину, вращением бура слева направо открывается и заполняется торфом. Вращением бура в обратную сторону челнок закрывается и с пробой поднимается на поверхность.

Лит.: Солопов С., Усовершенствованная элеваторная установка сист. Инсторфа, «Торфяное дело», М., 1929, *2*; Зайцев И., Теоретическое исследование работы канатного транспортера, «Труды Инсторфа», М., 1931, вып. 10; его же, Багер Виланд-Хезепер и результаты пробной его работы на ТОС в сезон 1927 года, «Торфяное дело», 1928, *2—3*; Тыпермас М., Торфяные машины системы Тыпермаса, М.—Л., 1932; Глыбовский И., Машины гидроторфа, М.—Л., 1933; Ефимов П. и Земцов Н., Сверхстандарт Гидроторфа, «Торфяное дело», 1928, *4*; Нормальная гидроэлеваторная установка, М., 1930; Добыча торфа послойно-поверхностным фрезерованием, «Труды Инсторфа», М., 1931, вып. 8.

Е. Семенский.

ТОЧИЛА, см. *Шлифовальные круги.*

ТОЧНАЯ ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ применяется для придания предварительно просверленным или расточенным отверстиям правильной геометрич. формы, требуемых в пределах допуска размеров и наконец возможно гладкой и блестящей поверхности. В последнее время сильно возросло требование к качеству обработки, т. к. установлено, что продолжительность и надежность работы изделий в значительной степени зависят от состояния их рабочих поверхностей. Для Т. о. о. применяют следующие методы. 1) Расточка на обычном токарном станке дает довольно точного размера диаметр отверстия и б. или м. чистую поверхность стенок; 2) развертка дает точного размера диаметр отверстия и довольно чистую поверхность стенок; 3) прошивка—те же качества отверстий, что и развертка; 4) шлифование дает точный размер диаметра отверстия и чистую поверхность стенок; 5) притирка дает самые точные размеры отверстия и самую чистую поверхность стенок; 6) шабровка дает точную в отношении соприкосновения и чистую поверхность стенок; 7) развальцовка дает точного размера диаметр отверстия и гладкую уплотненную поверхность стенок; 8) шлифование — хонинг-процесс — дает точного размера диаметр отверстия и очень чистую поверхность стенок; 9) точная расточка (алмазная) дает то же, что и притирка. Выбор того или иного метода обработки зависит от назначения отверстия и материала изделия. Отверстие перед окончательной обработкой должно быть изготовлено с точной цилиндрич. поверхностью и правильно расположенной осью, так как изменение направления оси возможно только при окончательной обработке расточкой или шлифованием. Поэтому предварительная обработка обязательно производится в несколько проходов различными инструментами в зависимости от размера отверстия и метода окончательной обработки. Припуск на чистовую *развертку* (см.) оставляется 0,05—0,03 *мм* в зависимости от диаметра. Под *прошивку* (см.) достаточно просверленного или рассверленного отверстия, но лучше для работы прошивки пройти его черновой разверткой. Припуск под прошивку во избежание излишнего удлинения ее оставляется минимальный, порядка 0,3 *мм* и меньше. Под шлифовку отверстие отделывается чистовой разверткой, если в процессе обработки самого изделия отверстие требуется как установочная база, или начисто растачивается. Во избежание большой затраты времени на шлифование припуск оставляется как можно меньше: для незакаленных отверстий 0,15÷0,70 *мм* и для закаленных 0,15÷0,85 *мм* в зависимости от диаметра и длины. Более подробные данные о припусках см. *Шлифовка*. Под притирку отверстие отделывается начисто шлифовкой с припуском на притирку ок. 0,01—0,005 *мм*. Под шабровку отверстие растачивается или развертывается с припуском в 0,01 *мм*. Под развальцовку отверстие отделывается чистовой разверткой с припуском 0,005—0,03 *мм*. Под шлифование—хонинг-процесс—отверстие может быть отделано расточкой с припуском 0,05—0,08 *мм*, разверткой 0,02—0,04 или шлифовкой 0,01 *мм* и меньше. Эти припуски относятся к отверстиям небольшого размера. При размерах отверстия до 500 *мм* припуск доходит до 0,12—0,20 *мм*. Под точную расточку отверстие отделывается с припуском 0,02÷1 *мм*, при этом чем меньше припуск, тем чище и точнее расточка.

Расточка б. ч. применяется как предварительная обработка. Как окончательная применяется при обработке цилиндров большого размера, т. е. больше 300—500 *мм*. Расточка производится на сверлильных, расточных, карусельных или револьверных станках в зависимости от размера отверстия и изделия. Точность расточки достигает до 0,05—0,10 *мм* для отверстий диаметром до 300 *мм*. Преимущество расточки в том, что ею можно исправлять неправильное положение оси отверстия.

Развертывание применяется как для предварительной, так и для чистовой обработки до 300—500 *мм* диаметром. Развертывание производится гл. обр: на сверлильных станках. Точность достигается для диам. до 13 *мм*—0,012; от 13 до 25 *мм*—0,02 *мм* и для бóльших диам.—0,04 *мм*. Если же необходима бóльшая точность, то применяются ручные развертки. Тогда точность диам. до 25 *мм*—0,01 *мм* и для бóльших 25 *мм*—0,015 *мм*. Недостаток развертывания—невозможность исправления оси отверстия, т. е. если ось отверстия наклонная, то она остается такой же и после развертывания.

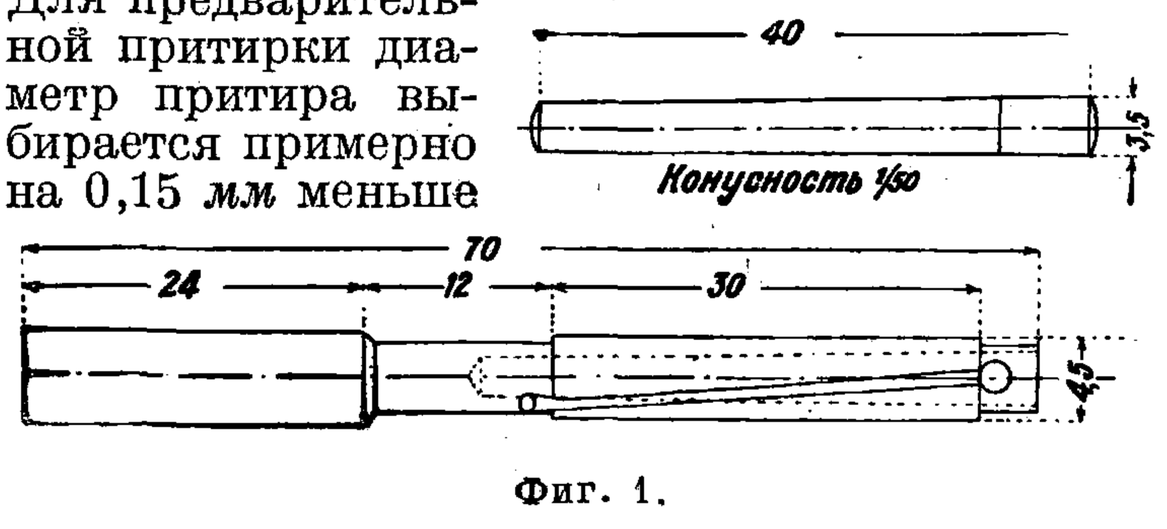
Прошивка раньше применялась для обработки фасонных отверстий, но теперь она конкурирует с развертками по обработке круглых отверстий диам. до 100 *мм*. Преимущества ее по сравнению с разверткой заключаются в большей производительности, в более чистой поверхности отверстия, в большей точности размера, т. к. биение шпинделя исключается, и в большей стойкости инструмента. В то время как развертка выдерживает обработку примерно 100 отверстий, прошивка выдерживает 10 000—15 000. Для прошивки применяются прошивочные станки (см. *Прошивка*).

Шлифование теоретически д. б. признано обработкой, дающей наиболее точные результаты из всех известных методов, т. к. при снятии малых стружек ошибки от неодинаковой твердости обрабатываемого материала, от неодинаковости припуска и от пружинения изделия и инструмента сильно ослабляются, и отверстие должно получаться в пределах точности станка; однако применение этого метода для Т. о. о. ограничено благодаря трудностям, возникающим при конструировании внутришлифовальных станков. Малое пространство внутри отверстия при значительной длине по-

следнего затрудняет создание устойчивой конструкции шпинделя. Все же благодаря тому что возможно обрабатывать материалы любой твердости и неоднородной структуры, шлифование получило широкое распространение и во многих случаях является излюбленным методом для Т. о. о. за исключением случаев, когда требуется очень чистая поверхность стенок, напр. отверстия цилиндров автомобильных двигателей, калибров и пр. Точность шлифования легко достигает 0,005—0,002 *мм* на хороших станках при отверстиях небольшого диаметра; определяется она при одинаковых прочих условиях зернистостью шлифовального камня и твердостью его связки. В случае большего припуска на шлифовку и легкости точной установки изделия на станке рекомендуется шлифование проводить в две операции: черновое шлифование—при большей глубине шлифования мягким крупнозернистым камнем и отделочное шлифование—при незначительной глубине шлифования порядка 0,01 *мм* более твердым и мелкозернистым камнем или сначала работают с большей глубиной шлифования, а последние 30—20% припуска снимают с минимальной глубиной шлифования.

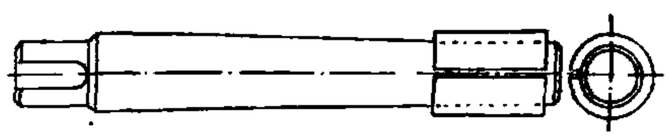
Притиркой называется метод Т. о. о., при котором инструмент (притир), являющийся обратной формой обрабатываемого предмета и изготовленный из более мягкого материала, несет на поверхности мелкие твердые зерна притирочного порошка, образующие режущую поверхность, соприкасающуюся со всей обрабатываемой поверхностью. В этом и заключается отличие притирки от шлифования, при котором соприкосновение обрабатываемой и обрабатывающей поверхностей происходит только по общей образующей, и эта линия, перемещаемая помощью станка, воспроизводит ту или иную поверхность; поэтому точность шлифования зависит от точности станка. При притирке же действие станка на точность работы исключается и она зависит исключительно от метода притирки. Точность, получаемая при притирке, выражается тысячными долями *мм*. Т. к. при притирке требуется очень много времени по сравнению с другими методами обработки (например отверстие диам. 20 *мм*, длиною 30 *мм* при припуске 0,005 *мм* и точности 0,001 *мм* притирается ок. 1 часа) и кроме того требуется предварительная точная обработка разверткой или шлифованием, то обработка притиркой является самым дорогим методом и применяется гл. обр. в инструментальном деле. Притирка дает хорошие результаты при обработке стали закаленной или нитрированной, серого чугуна, бронзы и совершенно непригодна для вязких и мягких металлов, так как на поверхности будут оставаться риски от притирочного порошка.

Для притирки применяют металлические п р и т и р ы, допускающие регулировку размера. Фиг. 1 изображает притир для отверстий небольшого диаметра. На рабочей части имеются прорезы по спирали, а центральное отверстие расточено на конус, в к-рый входит конич. штифт и раздвигает притир на требуемый размер. После установки притир обязательно протачивается, так как он расширяется у толстого конца штифта больше, чем у тонкого. На фиг. 2 изображен притир, состоящий из стальной оправки с конусностью $^1/_{50}$—$^1/_{30}$ и мягкой разрезной втулки (чугунной или медной), к-рая зашплинтовывается против проворачивания. На фиг. 3 дан свинцовый притир *а*, отливаемый непосредственно на конусной оправке *б*; благодаря профрезерованной на оправке шпоночной канавке он не проворачивается. Этот притир допускает регулировку диаметра путем давления прессом на свинцовую часть. Для предварительной притирки диаметр притира выбирается примерно на 0,15 *мм* меньше

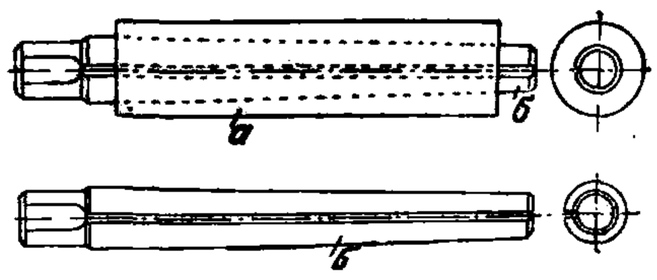


Фиг. 1.

диаметра отверстия, а для окончательной—на 0,004 *мм*. Притир д. б. длиннее притираемого отверстия, а его рабочая часть короче. Притиры изготовляются из мягкой стали, чугуна, красной меди, свинца. Мягкие металлы хорошо удерживают крупные зерна, поэтому притиры из них служат для предварительной притирки и для снятия более или менее значительного слоя материала. При чистовой притирке дает хорошие результаты притир из перлитового чугуна. Для легких точных работ хороши свинцовые притиры. Они хорошо держат притирочный порошок и не дают следов на обрабатываемой поверхности, легко подгоняются к изделию и при легкой работе хорошо удерживают свою форму. Но при сильном нажиме они легко изнашиваются. Материал притира д. б. мягче материала изделий, в противном случае притирка переменит направление, и будет притираться притир, а роль притира перейдет к изделию. Притирка обычно производится притирочной мазью, состоящей из абразивного порошка со смазывающим веществом; смесь эта наносится втиранием или же навальцовкой на притир. Для предварительной притирки применяется наждачный, карборундовый, рубиновый или стеклянный порошок. Карборундовый порошок вначале действует энергично, но постепенно ослабевает, так как легко крошится. Лучшим притирочным порошком является алмазная пыль, она практически почти не изнашивается, но при обработке ею стали получается матовая поверхность. Для окончательной притирки употребляется очень мелкий наждак, крокус, венская известь и окись хрома. Последняя дает наиболее удовлетворительные результаты, а первые, хотя и дают тонкую притирку, но требуют больше времени. Смазывающими веществами служат: керосин, оливковое масло и парафиновое масло с примесью минерального масла. Для точной притирки применяется бензин, благодаря к-рому равномерно распределяется притирочный порошок и легко удаляется грязь, но нужно быть осторожным, чтобы не заело притир, т. к. бензин быстро испаряется. Притир закрепляется в трехкулачковом патроне или на центрах



Фиг. 2.

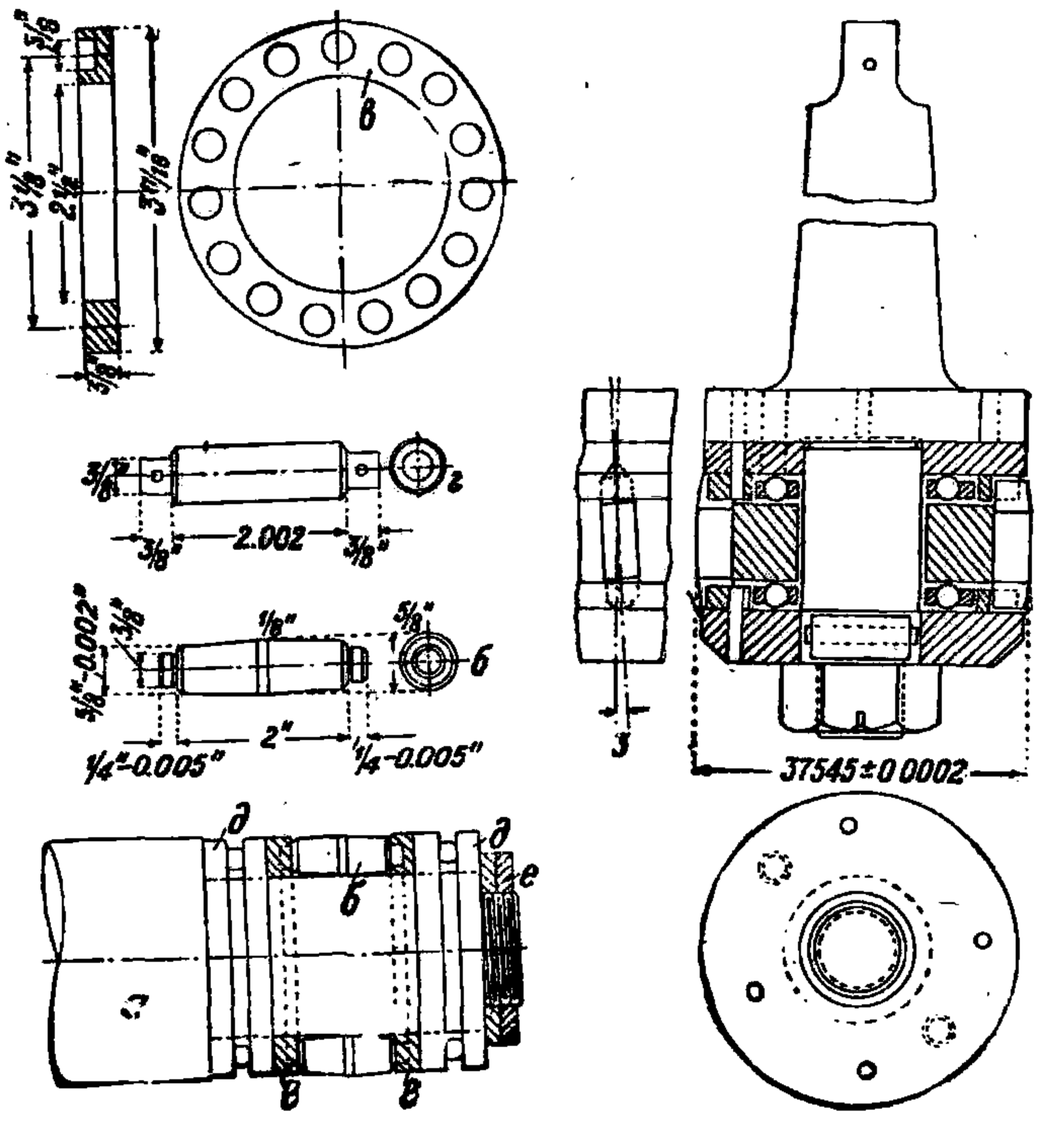


Фиг. 3.

простого быстроходного токарного станка, а изделие передвигается от руки взад и вперед. Окружная скорость—10÷30 *м/мин*, но при очень точной работе понижается до 6 *м/мин*. Желательно, чтобы станок имел правое и левое вращение.

Шабровка заключается в обработке поверхности шабером по краске для достижения полного соприкосновения трущихся поверхностей и вкладышей подшипников и шеек валов. Более подробно—см. *Шабер и шабрение*.

Развальцовка отверстий состоит в том, что закаленные и отполированные ролики обкатывают под давлением обрабатываемое отверстие; т. о. получается гладкая и уплотненная поверхность. Этот метод пригоден только для вязких материалов мягких и средней твердости, закаленные же изделия этому способу Т. о. о. не поддаются, равно как и изделия с неравномерной толщиной стенок. Конструкций развальцовок существует много. На фиг. 4 изображена развальцовка и ее детали для цилиндров двигателей внутреннего сгорания небольшого размера. Корпус *а* сделан из стали, он цементирован на глубину 1,5 *мм*, шлифован и отполирован и служит опорной поверхностью для 12 роликов *б*. Ролики также каленые и полированные, установлены концами в обоймах *в* из фосфористой бронзы. Три распорных стержня *г* удерживают обоймы на определенном расстоянии. Давление вверх и вниз передается через шариковые упорные подшипники *д*, закрепленные двумя гайками *е*. Существуют конструкции, у которых ролики наклонены к оси развальцовки на 3° (фиг. 5); это



Фиг. 4.

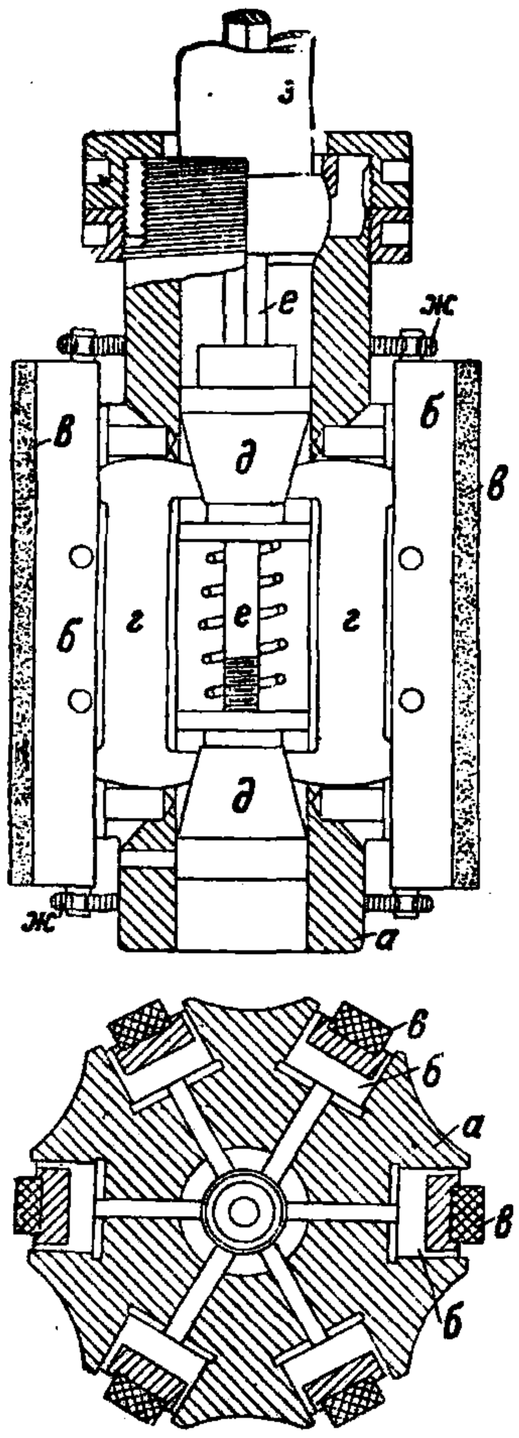
Фиг. 5.

облегчает введение и вытаскивание из отверстия развальцовки. Преимущество этого метода заключается в получении уплотненной поверхности с большим сопротивлением износу, и так как эта обработка происходит без примеси абразивного вещества, то устраняется опасность въедания его в стенки. Недостатки следующие: эта обработка не сопровождается снятием металла, а лишь уплотнением поверхности, а потому точные размеры д. б. приданы отверстию при предварительной обработке, т. е. предварительная обработка д. б. очень точной. Получение вполне круглого отверстия затруднительно, т. к. от сильного давления на стенки отверстия они пружинят, толщина их неодинакова, а поэтому и пружинение будет также неодинаково. В результате получается неправильное отверстие, но эта неточность будет невелика, т. к. припуск на развальцовку дается в пределах 0,005—0,05 *мм*. При определении диаметра развальцовки необходимо опытом определять пружинение стенок и сжатие их после выемки развальцовки. Для развальцовки применяют нормальные сверлильные или специальные станки. Скорость обкатки и подачи сильно колеблется: первая 40—110 *м/мин* и вторая 1 700—250 *мм/мин*. При вальцовке применяется смазка маслом. Отделка отверстий развальцовкой еще несколько лет тому назад очень широко применялась для обработки точных отверстий со стенками, подвергающимися износу, напр. в автомобильной пром-сти. Однако с развитием хонинг-процесса метод развальцовки все больше и больше выходит из употребления.

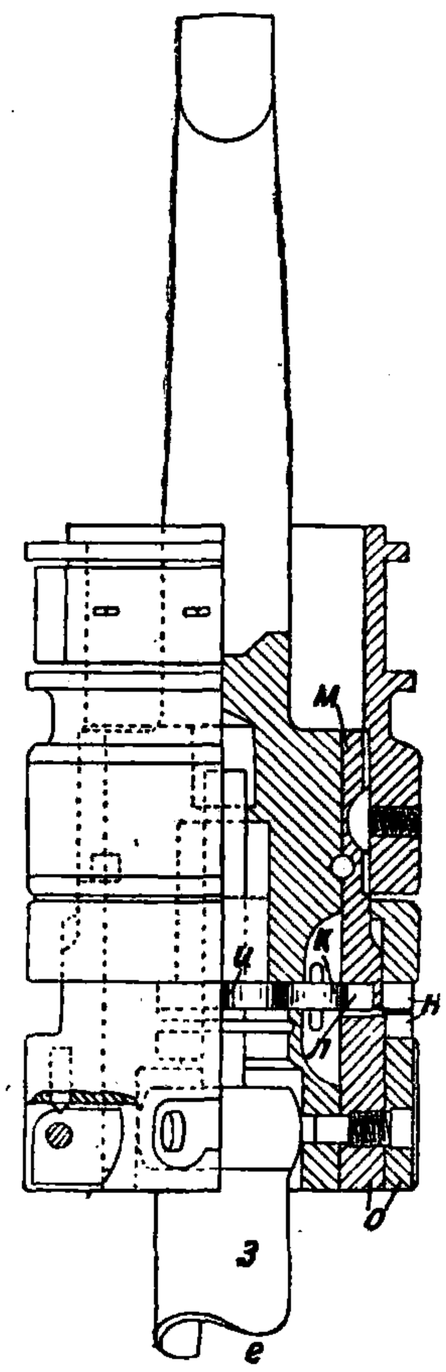
Точная обработка отверстий продавливанием через обрабатываемое отверстие стального каленого шара (шарование) по характеру похожа на развальцовку. Обработка заключается в том, что шар продавливается через более узкое отверстие, при этом поверхность стенки уплотняется и заглаживается, отчего твердость увеличивается примерно на 50% в пределах весьма тонкого слоя. Эта обработка легко и просто может производиться на эксцентриковом прессе дешевым инструментом (шаром), имеющим исключительно долгий срок службы на мягком материале. Недостатки при этой обработке те же, что и при развальцовке, кроме того от неоднородности материала может искривиться ось. Размер шара обычно берется на несколько сотых *мм* больше против окончательного размера отверстия, чтобы после сжатия отверстия размер его получился в требуемых пределах. Приспособление для непрерывной подачи шаров при шаровании отверстий состоит из канала, по к-рому шар, продавленный через отверстие обрабатываемого изделия штемпелем снизу вверх и отклоненный козырьком, скатывается вниз и снова подводится под штемпель.

Хонинг-процесс представляет собой новый метод шлифования, получивший с 1923 г. широкое распространение. Он заключается в том, что обработка производится абразивными брусками, вставленными в специальную державку, к-рая совершает винтовое движение в обрабатываемом отверстии. Достижимая точность 0,01—0,02 *мм* для отверстий среднего размера. На фиг. 6 изображена в разрезе шлифовальная головка для хонинга; подача, т. е. разжим камней головки, делается помощью тормозной рукоятки вручную. Головка *а* имеет шесть продольных пазов, в к-рые вставлены державки *б* с абразивными брусками *в*, и шесть узких пазов до внутреннего отверстия державки, в к-рых помещаются планки *г*, опирающиеся на два конуса *д*, *д* на центральном валике *е*. Т. о. при повороте валика *е* осуществляется разжим или сжатие головки. Державки *б* удерживаются в пазах пружинными кольцами *жс*, *жс* вверху и внизу. Шлифующая часть головки при помощи стержня *з* со штыковым затвором и шаровым утолщением на конце соединена с регулирующей частью (фиг. 7). Валик проходит через стержень *з* и квадратным концом входит в шестерню *и*, сцепляющуюся через паразитную шестерню *к* с внутренним зубчатым

венцом *л* на торце втулки *м*, к-рая может вращаться независимо от шпинделя. Т. о., замедляя вращение втулки через зубчатки, можно поворачивать валик *е*, а следовательно и изменять диаметр шлифующей части. Для установления размера диаметра головки служат упорные зубцы *н*, из к-рых один расположен на конусе головки, а другой на регулирующем кольце *о*.

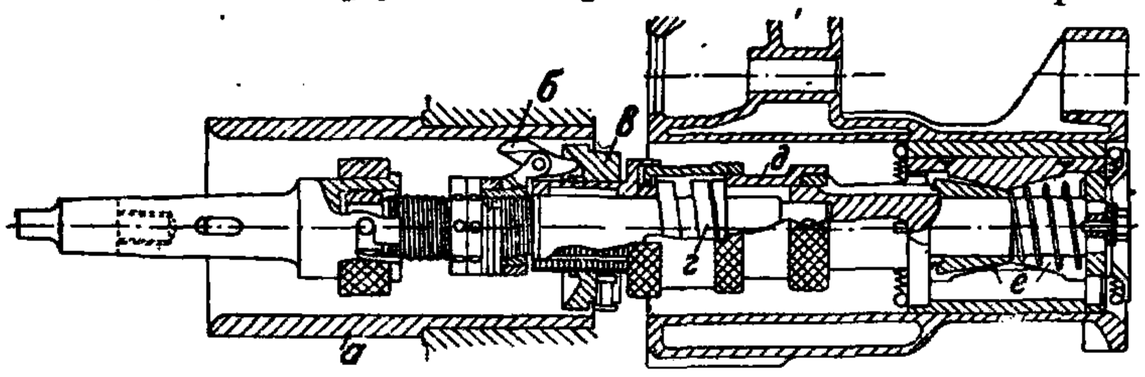


Фиг. 6.



Фиг. 7.

На фиг. 8 изображена головка в рабочем положении в обрабатываемом отверстии. Эта конструкция имеет автоматич. разжимающий механизм, приводимый в действие направляющей втулкой *а* и кулачками *б* через регулирующее кольцо *в*, пружину *г*, втулку и конус *е*. Установку абразивных брусков совершают так же, как в головке фиг. 6. При выводе головки из отверстия кулачки *б* выходят из втулки *а* и головка автоматически сжимается, благодаря чему облегчается обратный ввод головки в отверстие. Такие головки изготовляют для отверстий 20÷1 500 *мм* в диам. и практически для любой длины отверстия. Для хонинг-процесса существуют специальные станки, имеющие для инструмента вращательное и возвратно-поступательное движение: для отверстий малых диаметров с вертикальной осью и больших—с горизонтальной осью. В массовом производстве, напр. для отверстий цилиндров автомобильных блоков, строят многошпиндельные станки. Окружная скорость инструмента 60—75 *м/мин*, а число ходов от 16 до 10 в зависимости от глубины отверстия. Время, потребное на обработку, зависит от вида поверхности, припуска и от требуемой степени гладкости. При припуске 0,01—0,08 *мм* продолжительность обработки равна 2—4 мин., при 0,2—0,3 *мм*—7,5 мин. и при 1 *мм*—40 мин. Для предотвращения проникновения зерен брусков в стенки отверстия применяется обильное охлаждение керосином.



Фиг. 8.

Точная расточка—это также новый метод обработки, производимый алмазом или резцом из сверхтвердого сплава победита, видия и карболоя. При этом методе обработки достигаются, можно сказать, абсолютная гладкость поверхностей стенок и правильная геометрич. форма отверстия, т. к. применяемый инструмент настолько тверд, что перерезает отдельные кристаллы, и т. о. получается непрерывная гладкая поверхность, хорошо сопротивляющаяся износу, в то время как обработка развертко*й*, прошивко*й*, шлифовко*й* и даже хонинг-процесс связаны в большей или меньшей степени с разрушением структуры материала на обработанной поверхности, что отражается на сопротивлении деталей износу. Точность обработки достигает до 0,003 *мм* при станке в хорошем состоянии. Этот метод применим при обработке цветных металлов и неметаллич. изоляционных и керамич. материалов: эбонита, фибры, бакелита и пр. Для обработки железа этот метод не применим, для стали и чугуна только в особых случаях, но распространения не получил, т. к. инструмент быстро притупляется и выкрашивается. При точной расточке наиболее дешевым и дающим лучшее качество поверхности стенок инструментом является алмаз, несмотря на то что он стоит примерно в 435 раз дороже резца из сверхтвердых сплавов, т. к. продолжительность службы его в 2 000 раз дольше. Получение последним худшей поверхности объясняется тем, что сверхтвердые сплавы не имеют однородной структуры, а состоят из мельчайших зерен карбида наподобие зерен шлифовального круга. Так. обр. отполированные начисто резцы через короткое время выкрашиваются и теряют правильность режущей кромки. Для правильной работы алмаз должен иметь следующие значения углов резания (см. *Резцы*): задний угол γ делают 4—12° (в среднем равен 8°); передний угол β благодаря гладкой поверхности алмаза, а следовательно и малому трению стружки делают очень незначительным: для легких материалов доходят до 7°, а для твердых материалов и бронзового литья от +5° до −5° (в среднем 0°). Передний и задний углы влияют на продолжительность службы алмаза, но на чистоту поверхности изделия заметного влияния не оказывают; для последней важно значение угла $\varkappa_1$ задней кромки с осью отверстия (фиг. 9), который обычно делают 1—2°. При расточке небольших диаметров применяется выпуклая режущая кромка, т. к. при этом установка алмаза на правильное значение угла $\varkappa$ невозможна. Для наружной обточки и внутренней в тех случаях, когда размер отверстия позволяет применять державку с регулировкой, применяют алмаз с 4—5 отшлифованными гранями шириной 0,6—0,8 *мм* с углами ε между ними, равными 160—170°; при затуплении одной фаски ее заменяют другой, поворачивая соответственным образом алмаз. Способы за-

Фиг. 9.

делки алмазов см. *Резцы*. Долговечность алмаза весьма различна. При обточке пластмасс и осторожном обращении он может работать 2—3 года, при расточке мягкого металла он служит 400 час. до переточки. Алмаз допускает 3—5 переточек. Алмазы низкого качества неэкономичны, т. к. легко растрескиваются. Станки для точной расточки см. *Станки расточные*. Скорость резания применяется 200—600 *м/мин*, и даже работа со скоростью 5 000 *м/мин* не приносит вреда алмазу. Подачу рекомендуют делать порядка 0,01—0,02 *мм*/об. при выпуклой режущей кромке и 0,02—0,06 *мм*/об. при фасетированной кромке; глубина резания при точной обточке д. б. около 0,03 *мм*; если же требуется снять больший слой, то рекомендуется сначала проточить начерно (глубиной до 0,2—0,3 *мм*), а затем начисто. Как показали опыты при расточке алмазом охлаждение керосином, скипидаром или маслом не улучшает поверхности и не повышает производительности алмаза, а только облегчает удаление стружки.

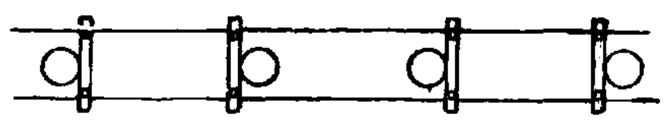
Лит.: Гузевич Д., Изготовление калибров, Ленинград, 1928; Буксбаум Б., Шлифование металлов, перевод с немецкого, Москва, 1927; Соколовский А., Технология машиностроения, вып. 2, Москва—Ленинград, 1932; Соколов Б., Прошивка точных отверстий, «Предприятие», Москва, 1929, *11*, стр. 41; A. W. F., Feinstbearbeitung, B., 1932; Diamond Boring, «Machinery», New York, 1931, October, p. 112—114; 1930, January, p. 401; 1930, March, p. 561; 1930, June, p 775—777; Staples Finishing the Bore of Ring-Gear by Rolling, Machinery», New York., 1931, October, p. 115.

М. Шестаков.

ТОЧНЫЕ ПРИБОРЫ геодезические. Геодезические приборы (инструменты), которые служат для обозначения точек, измерения линий, измерения углов, нивелирования, составления и копирования планов специального назначения, поверки и испытаний инструментов (см. *Геодезические приборы*), все без исключения дают результаты с известной степенью точности, зависящей от их устройства, иначе говоря, каждый геодезический прибор при его применении допускает некоторые ошибки, влияющие на результаты, получаемые от применения. При организации геодезич. работ обычно задаются для каждого рода измерений вполне определенною степенью точности, получающей численное выражение, и к этой степени точности подбирают соответствующие приборы (инструменты). При геодезич. *съемках* (см.) применяются инструменты и приборы, дающие такие точности измерений в натуре, к-рые позволяют составить план снимаемой местности с графической степенью точности. При создании геодезической основы для геодезич. съемок в горизонтальной и вертикальной плоскостях, требующей более высокой степени точности: обозначения точек, измерения линий, измерения углов, нивелирования, поверки и испытаний инструментов, а также в некоторых работах специального назначения, применяются геодезич. инструменты, дающие результаты более высокой степени точности; такие инструменты и приборы принято называть точными, прецизионными (Präzisionsinstrument), инструментами. Напр. прецизионный нивелир, прецизионная рейка применяются при точном нивелировании или, как часто выражаются, при нивелировании высокой точности. Геодезическая практика в СССР не применяет название точный, прецизионный, к угломерным инструментам и к приборам для измерения линий, хотя бы эти инструменты и приборы давали результаты высокой степени точности, т. е. были действительно точные, прецизионные. В то же время в практике имеются напр. прецизионные пантографы, повышающие точность работы обыкновенного пантографа, но вовсе не представляющие собою точного инструмента. В общем точные, прецизионные, инструменты и приборы имеют такое устройство, к-рое при их применении доводит нек-рые или все ошибки измерений, свойственные инструментам и приборам обыкновенной точности, до возможного минимума. Для достижения этого установки и применение точных инструментов и приборов ведутся по схемам, специально разрабатываемым для данного точного прибора или инструмента, напр.: схема наблюдений при измерении углов, схема наблюдений прецизионного нивелирования, схема базисного измерения и пр. В соответствии с каждою схемою наблюдения разрабатываются: схемы записи наблюдений в натуре и схемы обработки результатов наблюдений путем вычислений; характерною особенностью этих схем является возможность контролирования правильности не только окончательных, но и промежуточных результатов как при наблюдениях в натуре, так и при вычислениях.

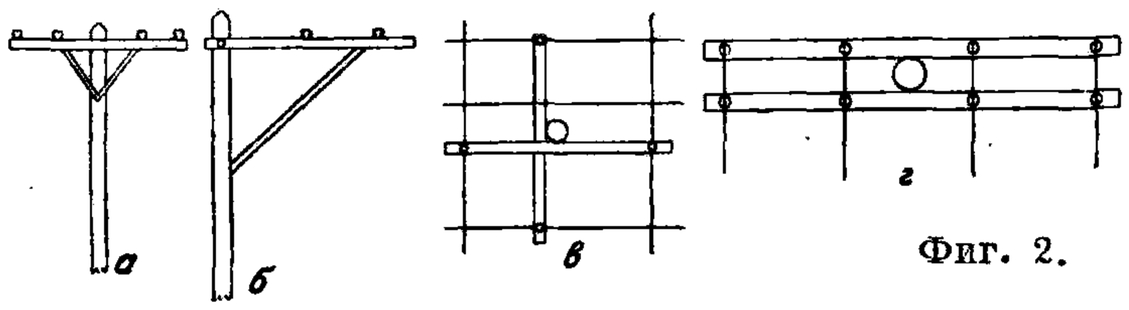
М. Бонч-Бруевич.

ТРАВЕРСА в электротехнике, поперечина, прикрепляемая к опорам (см. *Сети электрические*) электрических воздушных линий (см. *Линии передачи* и *Линии связи*) и служащая преимущественно для поддержки *изоляторов* (см.), к которым крепятся провода, хотя иногда на траверсах монтируются разрядники, трансформаторы, выключатели и т. п., чтобы оставить опору свободной от всего, что могло бы помешать влезать на нее для производства работ. Применяются при большом числе проводов на опоре, при высоких напряжениях, требующих больших расстояний между проводами, когда невозможно крепление изоляторов непосредственно на опорах. Нормально траверсы располагаются перпендикулярно к трассе линии и (за исключением односторонних, типа консолей, и сдвоенных) на каждых двух смежных опорах по разным сторонам этих опор (фиг. 1). В двухпроводных линиях (постоянного тока и однофазного переменного) Т. несет на каждом конце по одному изолятору; при двух двухпроводных цепях применяют одну более длинную Т. или две Т., располагая их одна под другой. В трехпроводных линиях помещают два изолятора на Т. (по одному у каждого ее конца), а третий на верхушке опоры, что однако делает невозможной прокладку защитного заземленного троса; при двух трехпроводных цепях располагают одну под другой две Т. (короткую на 2 изолятора наверху, длинную на 4 внизу или наоборот). Вертикальное расстояние между Т. должно давать достаточный просвет для устройства ответвлений к потребителям и обеспечивать необходимое свободное пространство для безопасной работы линейного персонала; обычно оно не менее 60 *см*. Т. изготовляют из железа или (также и для железных и бетонных опор) из дерева (в США, за последнее время и в СССР, в целях экономии железа). Деревянные траверсы тяжелее, менее долговечны; преимуществом по сравнению с железными являются их изоляционные свойства. Т. прикрепляют к опорам болтами, хомутами, кронштейнами и подпорками.



Фиг. 1.

Т и п ы Т. Нормальный тип Т.—линейная, симметричная относительно столба, прикрепленная к нему посредине поперечина для поддержки главных проводов линии (фиг. 2, *а*). Б о к о в ы е, или о д н о с т о р о н н и е, Т. (к о н с о л и), большая часть длины к-рых расположена по одну сторону опоры (фиг. 2, *б*),



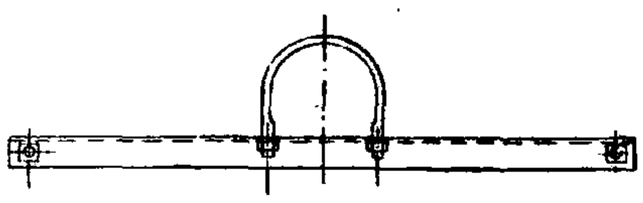
Фиг. 2.

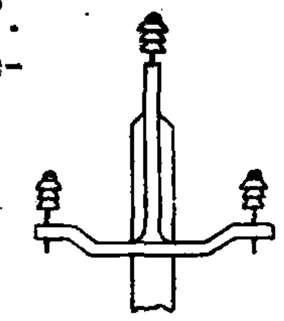
применяются там, где свободное пространство ограничено близостью деревьев или строений или где опора несколько смещена по отношению к прямолинейной трассе линии. Для ответвлений и при пересечениях с другими линиями монтируют особую Т. п о д у г л о м (обычно в 90°) к линейной (фиг. 2, *в*). На угловых и оконечных опорах, при пересечениях с путями сообщения и для больших нагрузок служат с д в о е н н ы е Т.—из двух Т. на одной высоте, по одной с каждой стороны опоры (фиг. 2, *г*).

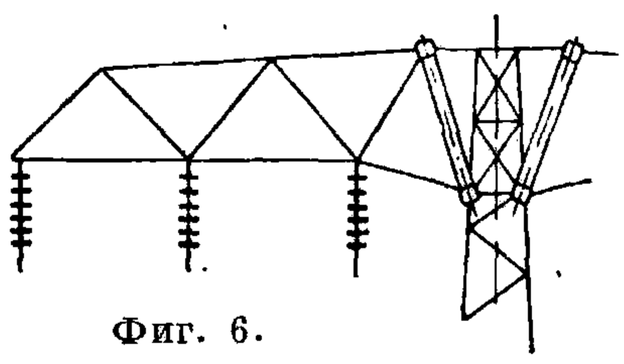
Д е р е в я н н ы е Т. Дерево для траверс применяется тех же сортов и должно удовлетворять тем же требованиям, что и для опор (см. *Сети электрические*, *Дерево* и *Леса сорта*); в СССР чаще хвойные сорта (лучше лиственница), реже (по месту произрастания) дуб, бук и др. Дерево д. б. хорошо просушено (естественная просушка не менее 3 месяцев) и без дефектов (косослойности, трухлявости и пр.); лучшие Т.,—содержащие не менее 75% сердцевины дерева (брусья, вырезанные из толстых деревьев); желательно мелкослойное дерево горного происхождения; Т. иногда для предотвращения разрушения от гниения подвергают пропитке дезинфицирующими составами (см. *Дерево*, П р о п и т к а д е р е в а). Не пропитанные Т. рекомендуется покрывать двумя слоями белой свинцовой краски. По америк. данным при соблюдении этих условий срок службы Т. из хорошего дерева (сосна, пихта) составляет 8—11 лет. Размеры Т. в СССР пока не нормированы; обычно это—брусья, длина к-рых определяется числом проводов (штырей для укрепления изоляторов) и расстоянием (в зависимости от напряжения и пролета между опорами) между ними (см. *Линии передачи* и *Сети электрические*). Между штырями, расположенными ближе к опоре (желательно возможно большее свободное расстояние, чтобы влезать на опору для работ), расстояние обычно 40—70 *см*; между остальными штырями 25—50 *см*; при напряжениях выше 6,6 kV расстояния значительно больше; от крайнего штыря до конца Т. у деревянных Т. не меньше 7,5—10 *см* (в виду опасности расщепления конца Т.), у железных оно м. б. меньше. Чтобы линия имела аккуратный симметричный вид, желательно, чтобы расстояния между штырями были одинаковыми на всех Т., как на 2 штыря, так и на 4 и т. д. Сечение Т. прямоугольное, в зависимости от нагрузки, от 8×11 *см* (для нормальных распределительных линий) до 13×18 *см* (при больших нагрузках). Верхнюю поверхность Т. рекомендуется делать слегка выпуклой для лучшего стекания влаги. Отверстия в Т. для штырей изоляторов и болтов для крепления Т. к опорам надлежит сверлить после полной просушки траверс (иначе при высыхании дерева отверстия могут принять форму эллипса, и штыри не будут подходить к ним).

Ж е л е з н ы е Т. Достоинства и недостатки по сравнению с деревянными те же, что и у железных опор по сравнению с деревянными (см. *Сети электрические*). Изготовляются Т. из углового или швеллерного (коробчатого, корытного) железа; последнее удобнее, так как полки швеллера, располагаемые горизонтально, в к-рых просверливают отверстия для штырей, обеспечивают хорошее крепление последних. Для деревянных опор Т. имеют вид полос, часто типа консолей, как на фиг. 3 (вылет нижней консоли больше, чтобы верхний провод не был в одной плоскости с нижним, к-рый при внезапной разгрузке от гололеда мог бы взвиться вверх и коснуться верхнего провода); изображенная на фиг. 4 конструкция предусматривает крепление траверс к опоре хомутом, избавляя от необходимости ослабить сечение столба пропущенным через него болтом или врубкой. В местностях, где вызывают особенно много аварий на высоковольтных линиях птицы, путем наклона Т. или придания им особой формы (напр. изгиб вблизи изоляторов, как на фиг. 5) стараются исключить возможность посадки птиц на Т. (иногда опоры снабжают для птиц специальными посадочными устройствами, с которых нельзя достать до проводов) либо увеличить расстояния от Т. до проводов. Для железных опор типа столбов конструкции Т. схожи с применяемыми для деревянных опор; для решетчатых железных опор Т. принимают вид консолей, иной раз также решетчатого типа в виде клепаных ферм; взамен заклепок начинают прибегать к электросварке. За последнее время для уменьшения продольных нагрузок применяют п о в о р о т н ы е (ш а р н и р н ы е) Т. (фиг. 6): при обрыве провода Т. на каждой промежуточной опоре поворачивается относительно укрепленной на шарнирах оси, благодаря чему пролеты между анкерными опорами (которые должны быть снабжены жесткими траверсами) сокращаются, и тяжение провода уменьшается. Дальнейшие преимущества поворотных траверс: возможность горизонтального расположения проводов понижает


Фиг. 3.


Фиг. 4.


Фиг. 5.


Фиг. 6.

перенапряжения при грозовых разрядах и вес опоры, уменьшая испытываемый ею изгибающий момент (интересны для местностей СССР, в которых наблюдается исключительно сильное обледенение проводов, вследствие чего опоры обычного типа сильно удорожают линию). Недостатки поворотных траверс: усложнение конструкции; при обрыве крайнего провода перегрузка двух других может вызвать обрыв их; нерациональная для нормальной эксплоатации чрезмерная подвижность всей системы в направлении линии.

Крепление Т. к опоре должно выдерживать действие всех сил, нормально приложенных к Т., и ее собственного веса; оно не должно ослабевать от усилия, оказываемого на Т. вращающим моментом, который возникает при обрыве одного или нескольких проводов, расположенных по одну и ту же сторону от опоры. Сторона опоры, на к-рой укреплена Т., называется лицевой. Траверсы должны быть плотно пригнаны к опоре. В деревянных столбах для этого до их установки вырубают гнезда глубиною в 2 *см*; у непропитанных столбов гнездо (врубку) покрывают надежным слоем минеральной краски. Для установки железных Т. столбы только затесывают на плоскость шириною 10 *см*. К деревянным столбам Т. крепят сквозными болтами (глухарями) диам. в $^5/_8$ дм., длиной 30—40 *см*. Многие авторитетные источники отмечают опасность такого крепления (загнивание дерева в отверстиях). Для условий СССР другие способы крепления (особыми хомутами и пр.) представляются слишком дорогими. Опасность гниения дерева можно свести до минимума тщательным промазыванием отверстий для болтов креозотовым маслом (иногда перед введением болтов в отверстия болты обматываются пропитанной креозотом паклей). С применением сквозных болтов связано некоторое ослабление сечений опоры, однако направление дыр таково (вдоль трассы линии), что существенного влияния на прочность конструкции в ответственном направлении (главное влияние на расчет опор оказывают силы, перпендикулярные к трассе) это ослабление не оказывает. Во избежание перекашивания Т. кроме того укрепляют на столбе с помощью подкосов, чаще всего из полосового железа сечением 20×6 *мм* или 25×6 *мм* и длиной в 65—75 *см*; подкосы прикрепляют к столбу (на 30 *см* ниже Т.) глухарями, а к Т. болтами: для Т. более тяжелого типа и односторонних (консолей)—подкосы из углового железа. На оконечных опорах, если все провода расположены на одном конце Т. (по одну сторону от опоры), необходимо, чтобы удержать Т. в правильном положении, укрепить нагруженный конец ее оттяжкой, протянутой к колу или другой опоре.

Расчет Т. имеет целью определить такие размеры поперечного сечения, чтобы Т. могла выдержать все действующие на нее нагрузки. Точный расчет Т. с учетом всех усилий (напр. могущих возникнуть при поворачивании штырей), представляя значительные трудности, дает результаты, превышающие оправданные практикой размеры. Поэтому в США предпочитают основываться на данных экспериментальных испытаний прочности пробных конструкций. При расчете учитывают как нагрузки при необорванных проводах, так и различные случаи обрыва проводов. Нагрузки на Т.: собственный вес траверс, вес изоляторов и покрытых гололедом проводов и тросов, приходящийся на данную Т. (вертикальные нагрузки), составляющая от давления на провода ветра, действующего перпендикулярно к линии; для случая обрыва проводов (а для траверс оконечных опор при необорванных проводах) к этому присоединяется равнодействующая натяжений всех проводов (если принимаются оборванными все провода в одном пролете) или всех необорванных проводов (если принимается, что оборвана часть проводов); кроме того траверса должна выдерживать вес линейного рабочего (80 *кг*). Опасное сечение у симметричных траверс—посредине или у одной из дыр для штырей.

Лит.: Каппер Ф., Электропередача, Сооружение воздушных линий, пер. с нем., М., 1927; СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 2, отд. 7, т. 3, отд. 18, Л., 1931; Стилл А., Линии передачи электрич. энергии, пер. с англ., М., 1925; Фаульь Ф., Справочник по электротехнике, пер. с англ., т. 3, отд. 11 и 12, М.—Л., 1929; Хащинский В., Электрич. сети, ч. 2, Л., 1926; Электротехнические правила и нормы, 4 изд., М.—Л., 1931; Справочник по электромонтажным работам, ч. 1, М., 1931; Сапожников А., Современное состояние вопроса о предохранении телеграфных столбов от преждевременного разрушения, «Электричество», М.—Л., 1926, *11*, стр. 478; Kurtz E., The Linemans Handbook, N. Y., 1928; «N. E. L. A. Publications», Overhead Systems Reference Book, N. Y., 1927; Painton E., Mechanical Design of Overhead Electrical Transmission Lines, L., 1925; Pannell E. V., High Tension Line Practice, L., 1925; Pender H., Handbook for Electrical Engineers, N. Y., 1922; Rziha E. u. Seidener J., Starkstromtechnik, B. 2, Abschn. 2, 7 Aufl., B., 1931; Seelye H. P., Electrical Distribution Engineering, N. Y., 1930; Stürzenegger H., Maste u. Türme in Stahl, B., 1929; U. S. Forest Service, Circular 204, Strength Tests of Cross-Arms, N. Y.; Austin E., Wood Cross-Arms for High Tension Lines, «El. World», N. Y., 1927, v. 90, p. 1345; Iltgen E., Neuerungen in Hochspannungsfreileitungen, «AEG-Mitt.», B., 1927, p. 188.

В. Хащинский.

ТРАВЛЕНИЕ шлифов, обработка поверхности шлифов к-той в целях выявления их *макроструктуры* (см.) и *микроструктуры* (см.). Для этого приготовленный шлиф обезжиривается спиртом и погружается в реактив. Применяя соответствующий реактив, можно выявить отдельные кристаллические составляющие сплава, причем выявляются или граница между отдельными зернами (кристаллами), или же отдельные кристаллиты окрашиваются в различные цвета, или же наконец на кристаллитах вытравливаются т. н. фигуры Т., в зависимости от ориентации кристалла. Для Т. металлографических шлифов применяются жидкие реактивы, разделяющиеся по химич. составу на три группы: 1) кислотные реактивы (не медные), реактивы, подобные по действию кислотным, 2) щелочные реактивы и 3) медные реактивы. При Т. употребляющимися в настоящее время реактивами шлифа сплава, состоящего из двух или нескольких фаз, различных по своей электрохимической природе, поверхность шлифа подвергается б. или м. интенсивному действию со стороны жидкости, причем механизм действия реактива состоит из двух явлений: а) электролитического растворения участков поверхности, связанного с функционированием микрогальванич. элементов, составленных из разнородных фаз и ионизированной жидкости—электролита; б) окисления нек-рых участков поверхности шлифа, вследствие чего они оказываются окрашенными в определенный цвет. Для определения неметаллич. включений в стали шлиф тщательно шлифуется, чтобы сохранились хрупкие включения, и увеличенное изображение его проектируется на матовое стекло микроскопа при ярком белом свете, без применения светофильтров.

Реактивы для Т. различных металлов и сплавов.

Травящий реактив и его состав	Условия травления	Результаты действия
1. Азотная к-та и этиловый спирт: HNO_3—1 *см*³ C_2H_5OH—100 *см*³	На поверхности шлифа наносят капли реактива; продолжит. Т. от 15 ск. до 3 мин.	Выявляет микроструктуру Fe — C-сплавов
2. Реактив Ижевского. Пикриновая к-та и этиловый спирт: $C_6H_2(NO_2)_3OH$—4 *г*, C_2H_5OH—100 *см*³	Продолжит. Т. от 10 ск. до неск. мин.	Выявляет микроструктуру Fe—C-сплавов
3. Реактив Курбатова (А) HNO_3—5 *см*³ Амиловый спирт—95 *см*³	Те же, что и для обычного реактива с HNO_3	Окрашивает троостит и троостосорбит в темнокорич. цвет, не окрашивая мартенсита и аустенита, т. е. особенно резко и отчетливо выявляет микростр. закал. стали
4. Реактив Курбатова (В) Амиловый спирт—1 ч. / Метиловый спирт—1 ч. / Этиловый спирт—1 ч. } (1) HNO_3 в уксусном ангидриде—4% (2)	Перед употреблением смешивают (1) и (2)	По сравн. с другими реактивами отличается весьма пониженной интенсивностью растворения, благодаря чему выявляет структуру высокой степени дисперсности подобно троститу
5. Соляная к-та и этилов. спирт: HCl (уд. вес 1.19)—10 *см*³ C_2H_5OH—90 *см*³	Быстродействующий реактив; продолжительность Т. 15—30 ск.	Более резко и отчетливо выявляет иглы мартенсита в закал. стали
6. Перекись водорода и едкий натр: 3% H_2O_2—20 *см*³ 10% NaOH—20 *см*³	Реактив применяют кипящим. Продолжительность травления от 5 до 15 ск.	Выявляет структуру быстрореж. сталей; окрашивает в темный цвет карбиды W и Mo
7. Реактив Яцевича Железосинеродист. калий и едкий натр: 10% $K_3Fe(CN)_6$—20 *см*³ 10% NaOH—10 *см*³	Продолжительность Т. от 4 до 10 ск.	Этот реактив действует аналогично вышеуказанному реактиву
8. Пикрат натрия (щелочной): $C_6H_2(OH)_2$—2 *г* 25%-ный водн. раствор NaOH—98 *см*³	Применяют кипящим; продолжит. Т. от 5 до 30 мин.	Сетку и круп. выделения цементита, входящего в состав перлита, выявляет весьма слабо или вовсе не выявляет при кратковр. действии; окрашивает цементит, также Fe_2W; Fe_2W_2C и т. п.
9. Реактив Пиллинга Слабый раствор HNO_3 в смеси безводного метилов. спирта и нитробензола	Применяют в холодном состоянии. Вследствие полной безводности этого реактива ржавление шлифа не имеет места	Более тонко выявляет самые мелкие включения карбидов Fe_3C
10. Реактив Murakami $K_3Fe(CN)_6$—10 KOH—10 *г* H_2O—10 *см*³	В холодн. состоянии продолжит. Т. 10—12 мин., кипящий травит быстрее	Выявляет хром. и вольфрам. карбиды. Реактив не пригоден для Т. чугуна, углеродистой и Cr—Ni стали
11. Водный раствор 2% HCl (уд. вес 1,19)	Применяют при нагрев. до 75°. Продолжительность травлевия 5—10 мин.	Выявляет структуру нержавеющей стали
12. Хлорное железо и соляная к-та $FeCl$—5 *г* HCl —5 *см*³ H_2O —100 *см*³	Продолжит. Т. несколько ск.	Выявляет структуру аустенитных никелевых и хромистых сталей
13. 1-й раствор: спиртовый иодный раствор 1:10, 2-й раствор: 4%-ная пикриновая к-та (2)	Применяют двойное Т., сначала в течение 20 мин. раствором (1), затем в течение 0,5—1 мин. раствором (2)	Выявляет более отчетливо микроструктуру кремнистой стали
14. Водные растворы соляной к-ты (начиная от 6%)		Выявляет поверхн. кристаллитов чистой меди
15. Реактив Фри HCl (уд. в. 1,19)—40 *см*³ H_2O -30 *см*³ C_2H_5OH—25 *см*³ $CuCl_2$—5 *г*	Ватой, смоченной реактивом, протирают желаемую поверхн. шлифа; удаление окислов иодной тинктурой	Выявляет структуру меди и ее сплавов, микроструктуру чугунов
16. Реактив d'Huart Дистиллир. H_2O—100 *см*³ Конц. HCl—100 *см*³ Хромов. к-та в кристаллах—40 *г* $NiCl_2$ безводный—16 *г*	При легком нагревании растворяют $NiCl_2$ в HCl, после охлаждения добавл. хромовую к-ту. Продолжит. Т. от нескольких ск. до 1 мин.	Выявляет отчетливо микроструктуру мягкой стали, чугуна, меди и ее сплавов; дефекты, как то: усадочн. раковины, сегрегации S и P, трещины и линии скольжения в мягких сталях
17. Реактив Vilell'a 3 ч. глицер. / 2 ч. HF / 1 ч. HNO_3 } (1) 7%HF+27%HNO_3 водн. (2)	Продолжит. Т. 5—30 ск.	Выявляет кристаллиты дуралюминия
18. Пикрат натрия	Применяют в нагретом состоянии	Выявляет первичную структуру, причем оси дендритов, более бедные углеродом, остаются неокрашенными, а междуосные пространства окрашиваются в темный цвет
19. Реактив Гейна 8%-ный раствор двухлористо-аммиачн. меди в воде	Шлиф погружают в раствор на 30—60 ск. Осевшая на поверхн. шлифа медь очищается ватой под проточн. водой	Выявляет дендритную структуру, распределение P и S и дефекты (ликвация зональная, ликвация местная. неметаллич. включения, пористость, внутрен. трещины)
20. 4%-ный раствор медного купороса	Те же, что и для реакт. Гейна	По действию аналогичен с реактивом Гейна
21. 10%-ная двухлористо-аммиачная медь (1), насыщенный на холоду водный раствор пикриновой к-ты (2)	Реактив применяют в равных пропорциях растворов (1) и (2). Шлиф погружают в раствор на $1^1/_2$—5 мин.	Выявляет дендриты и ликвационные места
22. Реактив Обернеффера C_2H_5OH—500 *см*³ H_2O—500 *см*³ $SnCl_2$— 5 *г* $CuCl_2$— 1 *г* $FeCl_3$—20 *г* HCl—50 *см*³	На поверхность шлифа наносят капли реактива. Продолжит. Т. 45—90 ск.	Выявляет волокнистое строение, дендритную структуру и дефекты металла, ликвации зональную и местную, усадочную рыхлость. Сегрегации и пр. места, содержащие фосфор, окрашивает тем меньше, чем больше в них

Травящий реактив и его состав	Условия травления	Результаты действия
		феррита. Феррит окрашивается в наиболее темный цвет, перлит остается светлым
23. Реактив Лешателье $CuCl_2$ —10 *г* $MgCl_2$ —10 *г* HCl —20 *см*³ H_2O —180 *см*³ C_2H_5OH—1 000 *см*³	Продолжит. Т. 1½—3 мин. Повторность реакций устанавливается практически, т. е. до проявления отчетливой макроструктуры (и ликвации)	Выявляет макроструктуру, распределение P, ликвации местную, зональную, волокнистое строение
24. Соляная к-та (техническая): водный раствор HCl (1 : 1)	Применяют в нагретом состоянии (70°)	Выявляет волокнистое строение, дефекты металла, ликвацию зональную, ликвацию местную, усадочную рыхлость, пористость
25. Серная к-та (техническая): водный раствор 25% H_2SO_4	Продолжит. Т. в холодн. состоянии 24 ч.	Выявляет рельефное отличие частей плотных и частей пористых металла
26. Реактив Кешнена HCl —500 *см*³ H_2SO_4— 70 *см*³ H_2O —180 *см*³	Применяют при нагревании до 65°. Продолжит. Т. от 30 мин. до 2 ч.	Выявляет первичную структуру, волокнист. строение, дефекты металла, внутренние трещины, ликвацию зональную, ликвацию местную, неметаллические включения, усадочн. рыхлость, разъедание (пористость)
27. Реактив для Т. нитриров. шлифов: H_2O—100 *см*³ $CuSO_4$—1,25 *г* $CuCl_2$—2,50 *г* $MgCl_2$—10 *г* HCl—2,0 *см*³ C_2H_5OH—до 1 000 *см*³	Продолжит. Т. 10 ск.	Определяет азотиров. слой нитрирован. сталей
28. Серная проба по Бауману Для взятия проб используют контрастную бромосеребряную фотографич. бумагу и 10%-ный водный раствор серной кислоты (уд. вес 1,84)	Предназнач. для испытания поверхность заготовки или детали гладко обрабатывают тупым резцом; при обработке на станках или вручную крупнозерн. бумагой № 4 в целях обезжирения и удаления грязи поверхность протирается бензином. После этого нарез. на куски (по разм. испытуем. поверхности) и вымоч. в растворе H_2SO_4 бумага накладывается на испыт. поверхность. По истеч. 3 мин. бумага снимается, хорошо промывается в течение 15 мин. и фиксир. раствором гипосульфита ок. 15 мин., снова промывается и сушится, как обычные фотоснимки. Все операции производятся на свету	Выявляет ликвации S и P
29. Азотная к-та и этилов. спирт: 8%-ный спиртовой раствор HNO_3		Выявляет структуру трансформ. и динамного железа
30. Персульфат аммония: 10%-ный раствор $(NH_4)S_2O_8$ в воде		Выявляет структуру медных сплавов
31. 3%-ный раствор $FeCl_3$ в 10% HCl		Выявляет структуру сплавов латуни и цинка
32. Аммиачный 8%-ный раствор $CuCl_2$		Действует аналогично предыдущему
33. 0,5%-ный раствор HF в воде		Выявляет структуру цветных сплавов
34. Растворы плавиковой к-ты (10—20%)		Выявляет структуру алюминиевых сплавов

В таблице приводится перечень общеупотребительных реактивов для Т. различных металлов и их сплавов.

Лит.: Евангулов М. и Вологдин С., Металлография, 1905; Сахаров и Рыбинский, Методика механических испытаний металлов, «Труды Научно-технич. комитета НКПС», М., 1930, вып. 68; Одинг И., Прочность металлов, М.—Л., 1932; Минкевич Н., Дефекты высокосортной стали, М., 1928; «Вестник металлопромышленности», Москва, 1925—31; «ЖРМО», 1912—28; «Промстандарт», М., *141*; «Hütte», Справочн. книга для металлургов, М.—Л., 1927; Sauveur A., The Metallography a. Heat Treatment of Iron a. Steel, N. Y., 1926; Guillet L. et Portevin A., Précis de métallographie et de macrographie, Paris, 1924; Handbook ASST, Cleveland, Ohio, 1927; «Revue de Métallurgie», Paris, 1929, *6*, p. 300; «St. u. E.», 1916—20; «Army Ordnance», Wsh., 1931, February; «Kruppsche Monatshefte», Essen, 1930, p. 265, 1926, p. 67. **И. Зудин.**

ТРАГАНТ, трагаканта, адрагант, камедь бассориновой группы (см. *Камеди*), доставляемая многими видами Astragalus (Малая Азия). Т. выступает на стеблях и ветвях растения (частью самопроизвольно, частью вследствие укусов животных и порезов) в виде слизи, быстро затвердевающей на воздухе в плоские образования неправильной формы: червевидной или в виде ленты, белого цвета, прозрачные, толщиной от 1 до 3 *мм*, роговидного строения, без запаха, пресного вкуса. Затвердевший Т. с трудом растирается в порошок, мало растворим в воде, лучше в аммиаке. С избытком воды (лучше горячей) Т. набухает, превращаясь в мутную студнеобразную массу, обладающую клеящими свойствами. Нерастворимая, набухающая в воде часть Т.—трагантин,—состоит из пентозанов; бассорин представляет $(C_{11}H_{20}O_{10})_{11}$. Применяют Т., пользуясь его клеящими свойствами, при аппретуре шелковых тканей, в ситцепечатании для закрепления красок и в качестве загустки в кондитерском деле и в медицине; применяют его также как примесь к другим клеям для их смягчения. Худшие сорта Т. применяют в сапожном деле для наведения лоска на подошвы; плохие неочищенные сорта Т. носят название кутера-камеди. **Н. Ельцина.**

Лит.: см. *Камеди*.

ТРАЕКТОРИЯ, линия, представляющая собой совокупность всех последовательных положений точки, движущейся относительно некоторой системы отсчета или системы координат. Так как эти последовательные положения непрерывно следуют в пространстве друг за другом, то Т. представляет собой линию не-

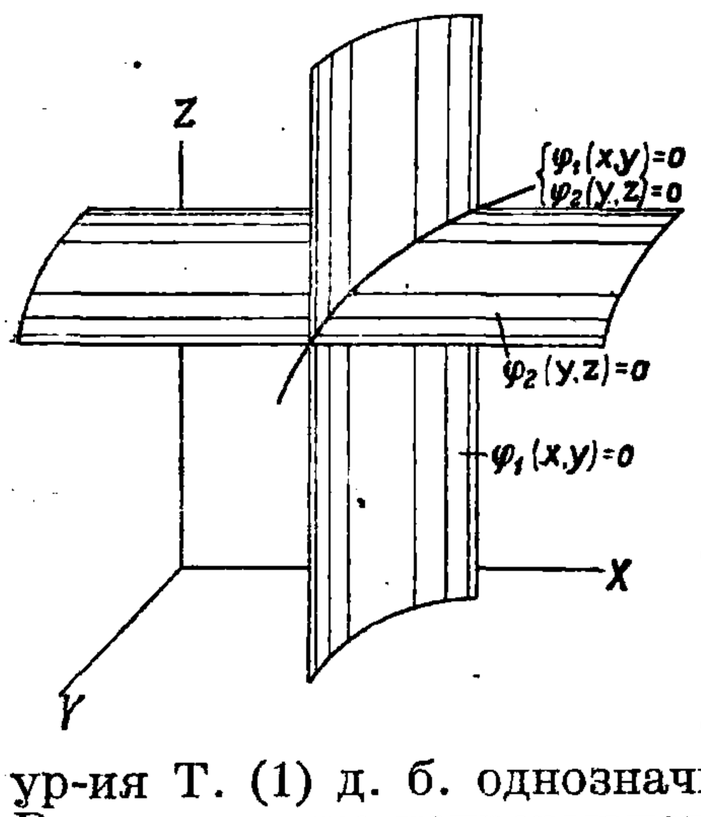
прерывную. Если точка движется, оставаясь в одной и той же плоскости, то и Т. представляет собой п л о с к у ю кривую; в противном же случае Т. есть кривая н е п л о с к а я или кривая д в о й н о й к р и в и з н ы. Последний случай представляется например при движении точки по винтовой линии. В частности Т. может представлять собой прямую линию. Необходимо иметь в виду, что вид траектории точки зависит от кинематич. состояния системы отсчета, по отношению к к-рой происходит данное движение, т. ч. одно и то же движение точки в одно и то же время может происходить относительно наблюдателей, связанных с различными системами отсчета, по различным Т. Так, если наблюдатель, стоящий неподвижно на палубе движущегося парохода, бросает предмет вертикально вверх, то последний будет двигаться по отношению к этому наблюдателю по вертикальной прямой. Для наблюдателя же, стоящего неподвижно на берегу, Т. этого же движущегося предмета будет казаться в виде параболы. Допустим, что движение точки отнесено к декартовой системе *координат* (см.), и пусть даны функциональные зависимости текущих координат точки x, y, z от времени t, т. е. пусть даны ур-ия движения точки

$$\left.\begin{aligned} x &= f_1(t) \\ y &= f_2(t) \\ z &= f_3(t) \end{aligned}\right\}. \qquad (1)$$

Эти ур-ия представляют собой в то же время и ур-ия Т. в параметрич. форме, т. е. ур-ия, определяющие вид Т. в зависимости от параметра t. Если исключить из ур-ий (1) параметр t, то можно получить ур-ия кривой в обычной форме, а именно в виде:

$$\left.\begin{aligned} \varphi_1(x, y) &= 0 \\ \varphi_2(y, z) &= 0 \end{aligned}\right\}. \qquad (2)$$

Первое из ур-ий (2) представляет собой нек-рую цилиндрич. поверхность, параллельную оси Z (фигура), а второе из ур-ий (2)—цилиндрич. поверхность, параллельную оси X. Т. будет представлять собой кривую, по которой эти две поверхности взаимно пересекаются. Т. к. в один и тот же момент движущаяся точка не может находиться в различных точках пространства, то параметрические ур-ия Т. (1) д. б. однозначными ф-иями от t. Вследствие же непрерывного характера Т. бесконечно малому приращению времени dt должно соответствовать бесконечно малое изменение положения точки, т. е. бесконечно малые изменения координат dx, dy, dz, поэтому ф-ии (1) д. б. непрерывными относительно t. Помимо этого точка в каждый момент имеет определенные, и притом конечные, скорости и ускорения; следовательно ур-ия (1) должны допускать для любого значения t первую и вторую производную по t.



В случае плоского движения точки можно, взяв в плоскости движения две ортогональные оси координат X, Y, представить Т. только при помощи двух ур-ий:

$$\left.\begin{aligned} x &= f_1(t) \\ y &= f_2(t) \end{aligned}\right\}. \qquad (3)$$

Исключив из (3) параметр t, получим ур-ие Т. в виде

$$y = \varphi(x). \qquad (4)$$

Если точка движется по прямой, то, взяв эту прямую в качестве оси X, получим ур-ие движения точки в виде

$$x = f(t). \qquad (5)$$

Вместо декартовой системы координат м. б. взята и любая другая система координат q_1, q_2, q_3, напр. цилиндрич. координаты r, φ, h, сферич. координаты r, ψ, θ. В этом случае будем иметь параметрич. ур-ия Т., аналогичные (1), а именно вида

$$q_i = f_i(t), \qquad (6)$$

где $i = 1, 2, 3$.

Исключая из трех ур-ий (6) параметр t, мы можем получить ур-ия Т. в виде:

$$\left.\begin{aligned} \psi_1(q_1, q_2) &= 0 \\ \psi_2(q_2, q_3) &= 0 \end{aligned}\right\}. \qquad (7)$$

Аналитич. свойства ф-ий (6) д. б. те же, что и вышеупомянутые свойства ф-ий (1).

Если имеется система, состоящая из n точек, то в нек-рых случаях вводят понятие Т. с и с т е м ы т о ч е к, причем под этим понятием подразумевают нижеследующее. Пусть n точек системы имеют относительно нек-рой декартовой системы $3n$ координат

(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), (x_3, y_3, z_3), ..., (x_n, y_n, z_n),

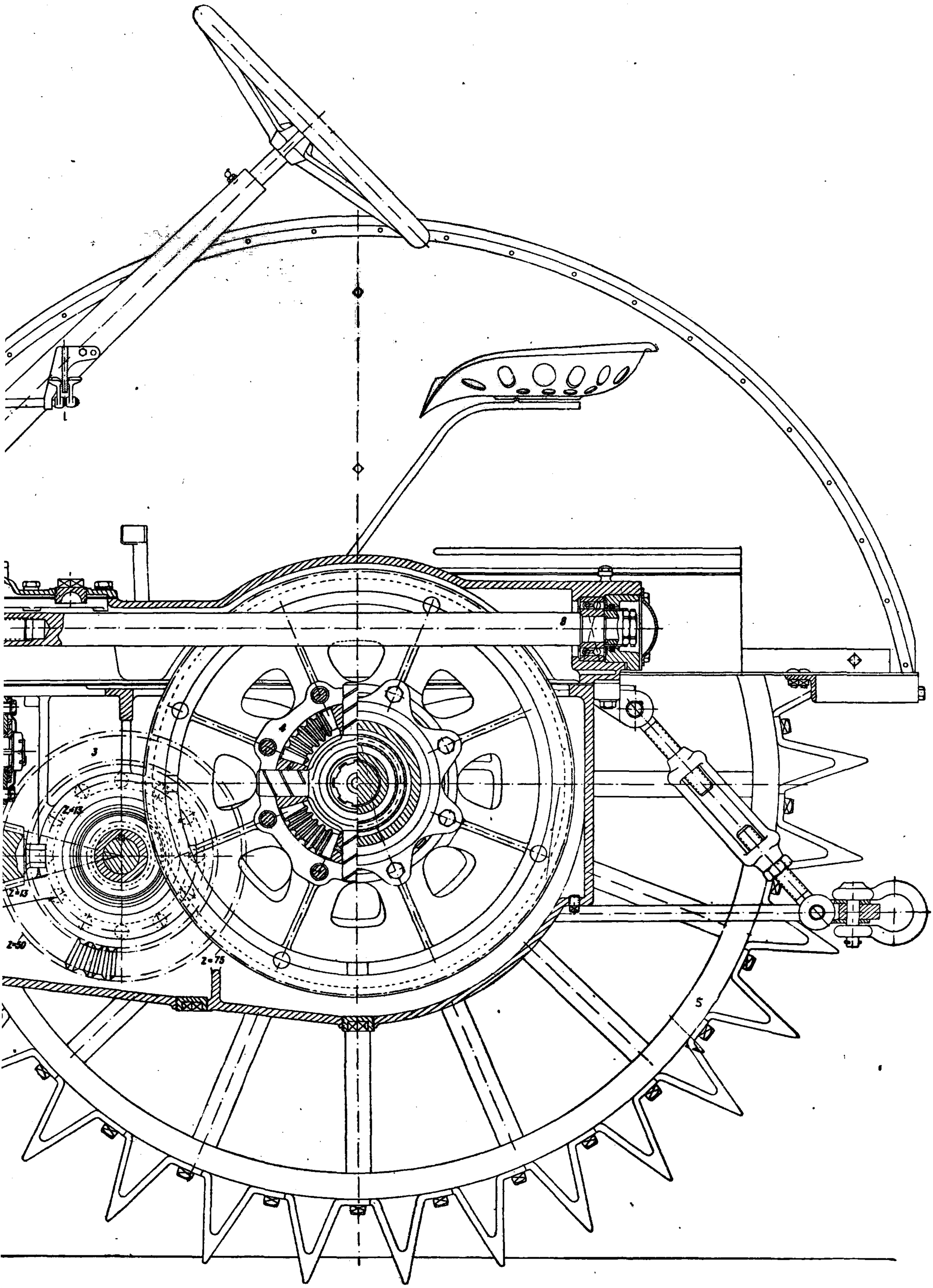
так что движение системы определяется $3n$ ур-иями вида

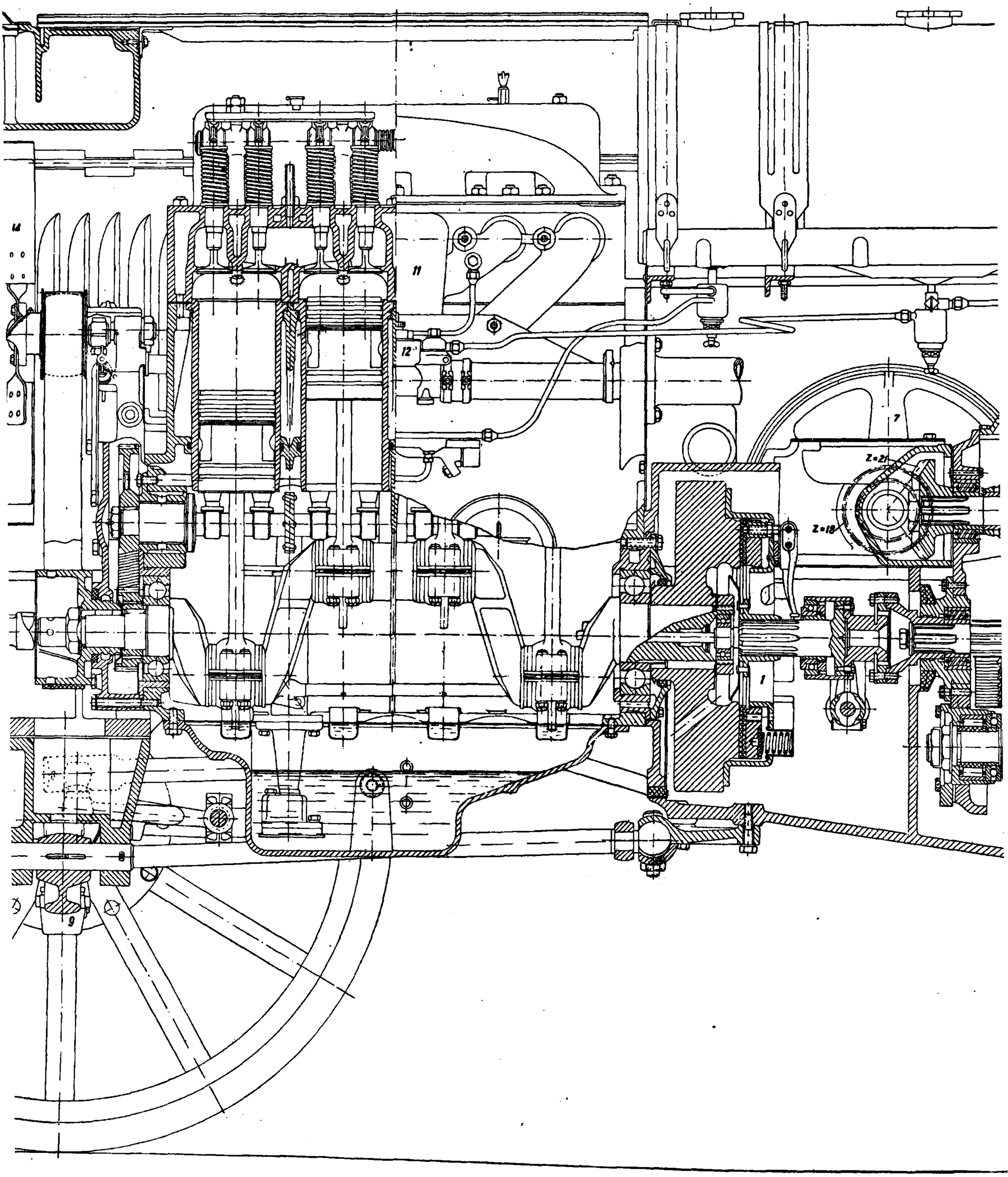
$$x_i = f_{i_1}(t),\ y_i = f_{i_2}(t),\ z_i = f_{i_3}(t), \qquad (8)$$
$$(i = 1, 2, \ldots, n)$$

соответствующими трем ур-иям (1) для одной движущейся точки. Мы можем однако абстрактно считать все $3n$ координат координатами одной е д и н с т в е н н о й точки, перемещающейся по некоторой кривой $3n$-мерного пространства. Эту кривую, имеющую $3n-2$ измерения, называют условно Т. системы. В нек-рых случаях такое обобщение понятия Т. оказывается полезным при теоретич. выводах. О Т. материальной точки, брошенной под углом к горизонту в пустоте и в сопротивляющейся среде, см. *Баллистика*. **М. Серебренников.**

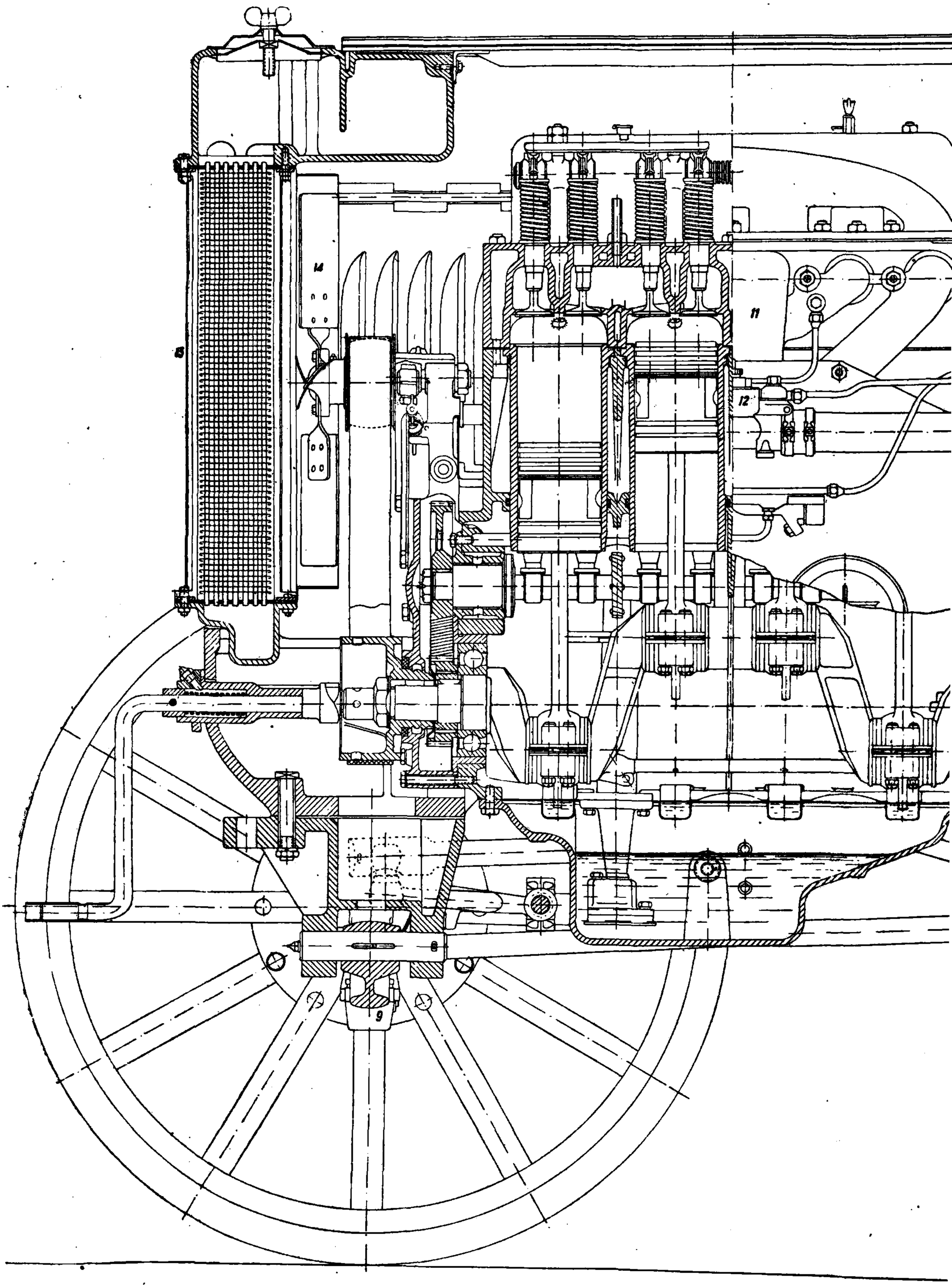
Лит.: см. *Механика теоретическая* и *Баллистика*.

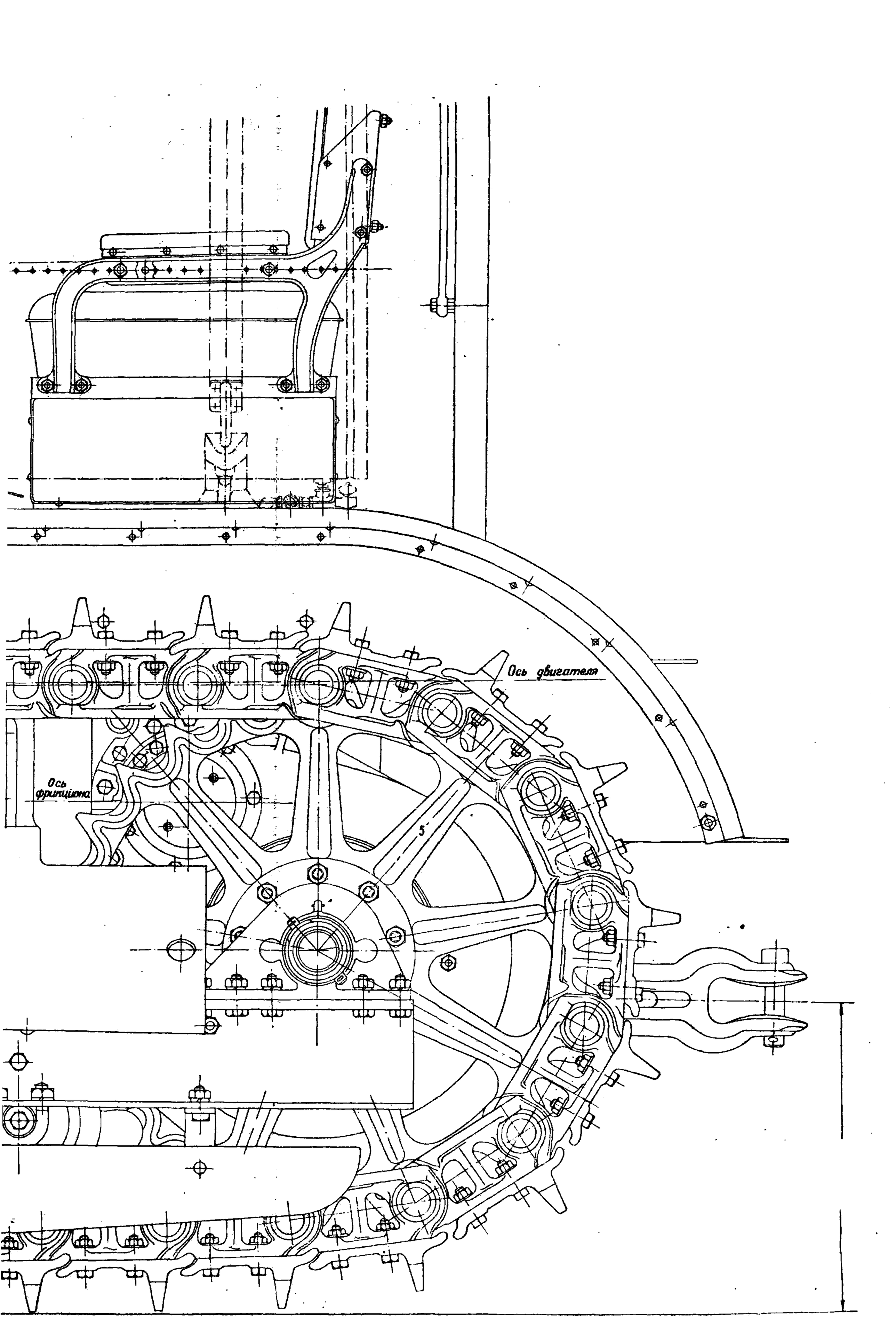
ТРАКТОР, самоходная по бездорожью машина-двигатель с большой свободной силой тяги на прицепном крюке, используемой для передвижных машин-орудий и для перевозки тяжестей. Началом развития современного типа Т. следует признать 1903 г.—год выпуска первых тракторов с двигателем внутреннего сгорания. Изобретение гусеничных Т. принадлежит америк. фирме Холт в 1912 г. Массовое производство и массовое применение в эксплоатации Т. положено америк. фирмой Форд, с выпуском в 1917 г. Т. «Фордзон» [1]. Производство Т. в СССР положено в 1918 г. одновременно двумя заводами: ленинградским з-дом «Большевик»—серийное и опытное производство гусеничных Т. «Большевик» и ГХПЗ (Государственным харьковским паровозостроительным заводом)—серийное производство нескольких гусеничных типов Т. «Коммунар», различающихся главным образом по мощности и скорости, и опытное, с 1930 г., производство Т. «Коминтерн».

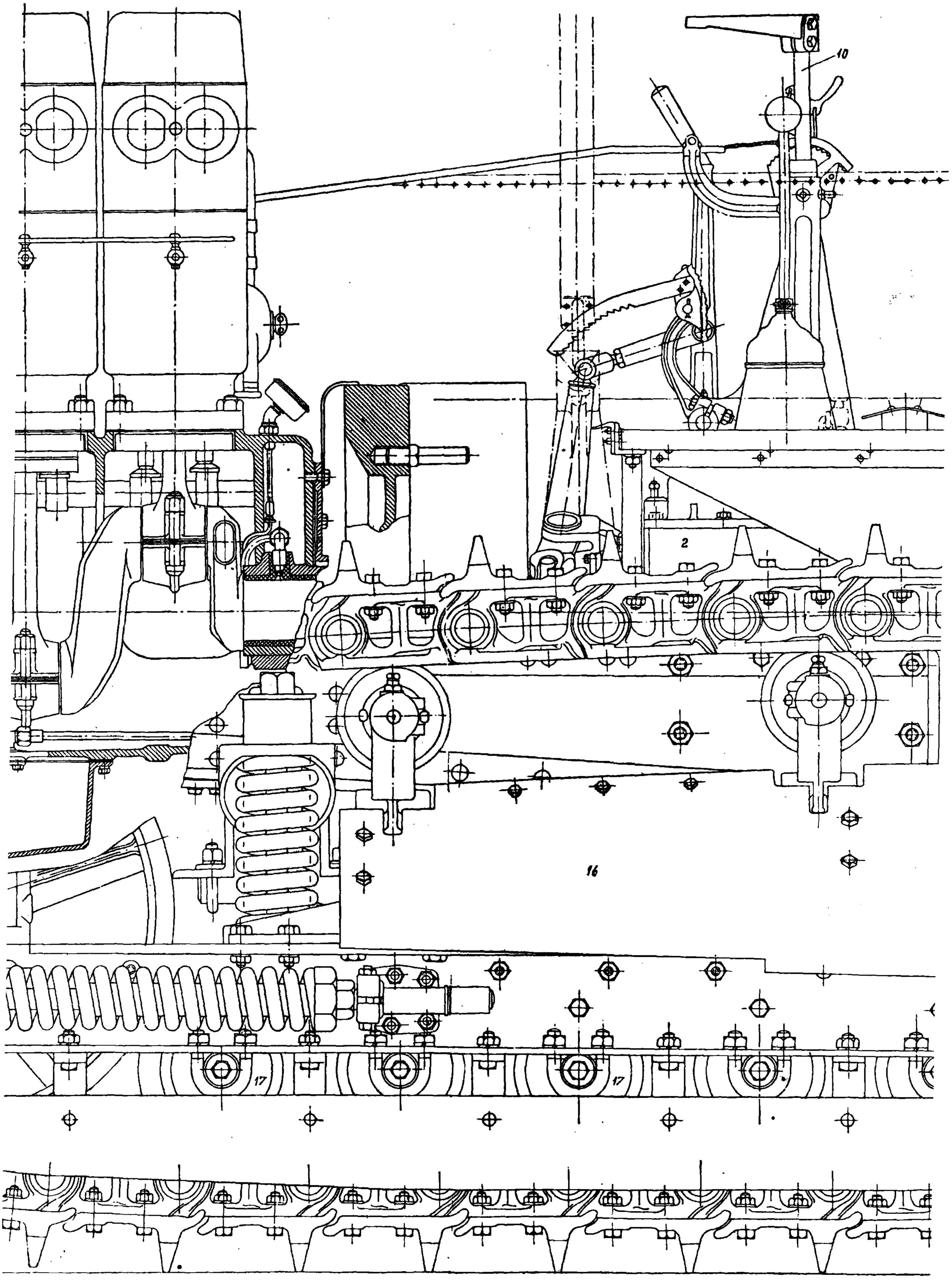

2-13
2-13
2-50
2-75
3
4
5



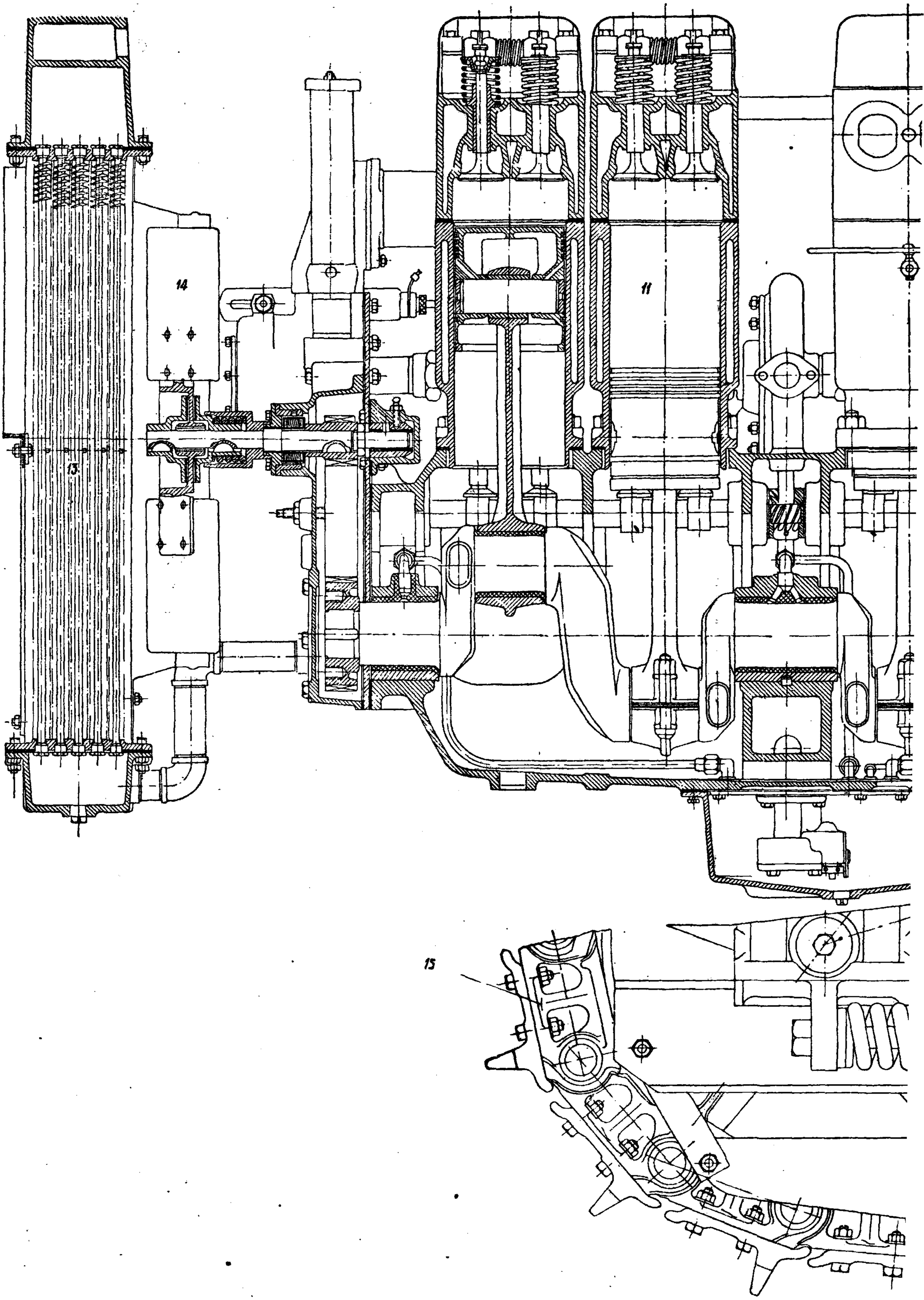
Фиг. 1. Трактор «СТЗ» 1


14
11
12
9


Ось двигателя
Ось фрикциона
5



Фиг. 2а. Трактор «ЧТЗ» 48/60 Н.


14
13
11
15

«Коломенец», «Запорожец», «Карлик», все с нефтяными двигателями, колесного типа, были выпущены разными заводами в небольших количествах, и производство их прекращено. С 1923 г. Путиловский з-д начал серийное, а затем перешел на массовое производство Т. «ФП», колесного типа мощностью 10/20 НР. В 1932 г. производство их прекращено. В 1930 г. пущен первый тракторный гигант—сталинградский завод им. Дзержинского — на массовое производство 50 000 шт. в год Т. «СТЗ», колесного типа, мощностью 15/30 НР (15 НР на тяговом крюке и 30 НР на приводном шкиве). В 1932 г. второй гигант—харьковский тракторный з-д им. Орджоникидзе—приступил к массовому производству, 50 000 шт. в год, Т. «ХТЗ», аналогичного «СТЗ» типа. Оба завода ведут опытное производство по повышению качества и улучшению типа производимых ими Т. В 1933 г. вступил в строй сверхгигант—челябинский тракторный з-д—с массовым производством гусеничных Т. «ЧТЗ» мощностью 48/60 НР, в количестве 40 000 шт. в год. Т. о. в течение ближайших лет тракторный парк Союза достигнет необходимой ему цифры 600 000 Т., общей мощностью 17 000 000 НР на крюке.

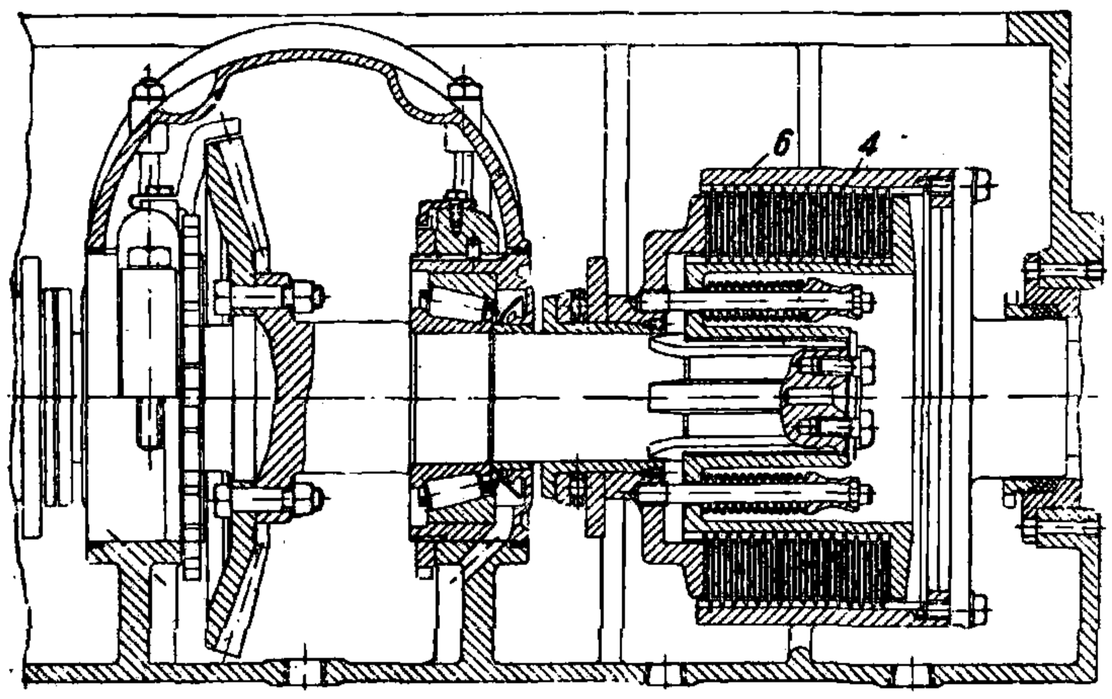
Научный авто-тракторный ин-т (НАТИ) непрерывно работает над опытным производством Т. по модернизации и улучшению типов Т. союзного производства. Им выпущены опытные образцы: формующие гусеницы для гидроторфа, гусеничные придатки ГИНАМИ для Т. «ХТЗ», двигатели Дизель для Т. «ЧТЗ» и «СТЗ» и газогенераторы для Т. «Коммунар»,«ЧТЗ», «СТЗ» и «ХТЗ». В опытном производстве находятся гусеничный тип Т. «СТЗ» и быстроходный Т. «ЧТЗ».

За время своего существования Т. пережил большое количество видоизменений и приспособлений к работам во всех областях техники, особенно за последние годы. Пережитком сейчас уже являются мощные колесные типы, рамные колесные конструкции, комбинированные колесно-гусеничные хода, гусеничные придатки к колесным типам Т., гусеничные Т. с простым диференциалом, комбинации с крупными с.-х. машинами-орудиями и пр. и, наоборот, значительно продвинулось вперед развитие специальных типов, напр. для пропашных культур, садово-огородные, специально транспортные типы—колесные и гусеничные тягачи, дорожные Т. и наконец военные—*артиллерийские тракторы* (см.) и *танки* (см.). В настоящий момент Т., все более специализируясь, начинают отходить по конструктивным формам от автомобиля и приобретать свой специфический в зависимости от назначения тип. Наиболее распространенный с.-х. тип Т. характеризуется на сегодня скоростью в пределах 3—5—8 *км/ч*, относительно тихоходным (650÷1 200 об/мин.) двигателем, работающим на дешевом топливе—керосине или моторной нефти, простой, дешевой, в большинстве жесткой или полужесткой подвеской корпуса, наличием приводного шкива и привода к машинам-орудиям. Новый тип—пропашной (универсальный) Т., в большинстве маломощный (10—25 НР), тихоходный, трехколесный с большим, ок. 700 *мм*, клиренсом, узкими колесами и переменной шириной колеи, приспособляемой к принятым размерам междурядий. Малые садово-огородные Т. мощностью до 10 НР делаются обычно с опорой на одну ось; другой опорой служат жестко укрепленная к нему машина-орудие и рычаг управления, за к-рые поддерживает и направляет машину обслуживающий рабочий. Транспортный тип Т. отличается большим диапазоном скорости в пределах 3÷30 *км/ч*, относительно быстроходным (1 000÷1 800 об/мин.) двигателем большой (до 150 НР) мощности, работающим в большинстве на бензине, хорошим подрессориванием всего корпуса, высоко расположенным прицепным крюком и наличием лебедки или шпиля; основное назначение—перевозка тяжестей по грунтовым дорогам. Колесные дорожные Т.-тягачи имеются пока в виде переделанных с.-х. Т. мощностью 20÷40 НР и отличаются от них повышенными (6÷30 *км/ч*) скоростями, большим (нормально 4) числом передач. Колеса обычно на пневматиках, передняя ось подрессорена. Применяются наравне с грузовыми автомобилями при емких, требующих длительной погрузки и разгрузки грузах. Транспортный гусеничный Т. имеет большое применение в пром-сти, гл. обр. в лесном и дорожном деле. На лесоразработках Т. используется по большей части как тягач и потому не отличается от нормального транспортного типа, за исключением специального (для снега) гусеничного хода и некоторых приспособлений для специальных работ. В дорожном деле и на земляных работах приспособление Т. к работам приняло столь большой масштаб, что в некоторых случаях вылилось в совершенно оригинальные конструкции, где Т. играет только второстепенную роль—перемещение основного орудия (см. *Дорожные машины*). В других областях пром-сти Т. также имеет большое применение: так напр., в качестве формующей гидроторф машины, тягача на ж.-д. ветках, передвижного подъемного крана и др. По принципиальным схемам устройства Т. можно разбить на два основных типа: гусеничные и колесные.

К о л е с н ы е Т. в общем сходны с *автомобилем* (см.) и отличаются обычно добавочной передачей, снижающей все скорости и повышающей крутящий момент на ведущих колесах, упрощенной жесткой подвеской корпуса, не требующей применения карданного вала, отсутствием рамы (в современных типах), большими ведущими колесами, отсутствием тормозов на колесах и наконец более тяжелой конструкцией всех механизмов. На фиг. 1 показан разрез Т. «СТЗ» [2] и на фиг. 3 схема его трансмиссии (цифры у шестерен обозначают число зубьев). Колесный Т. состоит из двигателя *11*, обычно керосинового, со всем необходимым при нем оборудованием (карбюратор *12*, магнето, радиатор *13*, вентилятор *14*, помпа, воздухоочиститель, регулятор и пр.), фрикционной муфты двигателя (сцепление) *1*, коробки скоростей *2*, промежуточной или бортовой (после диференциала) передачи *3*, диференциала *4* и ведущих колес *5*. Управление колесным Т. осуществляется поворотными цапфами на передней, качающейся в вертикальной плоскости оси *9*, управляемыми рулевым механизмом *10*. Тормоз *6* (фиг. 3) обычно один—в трансмиссии. Кроме того имеются приводной шкив *7* для работы машин-орудий на стационаре и привод *8* к машинам-орудиям для работы на ходу.

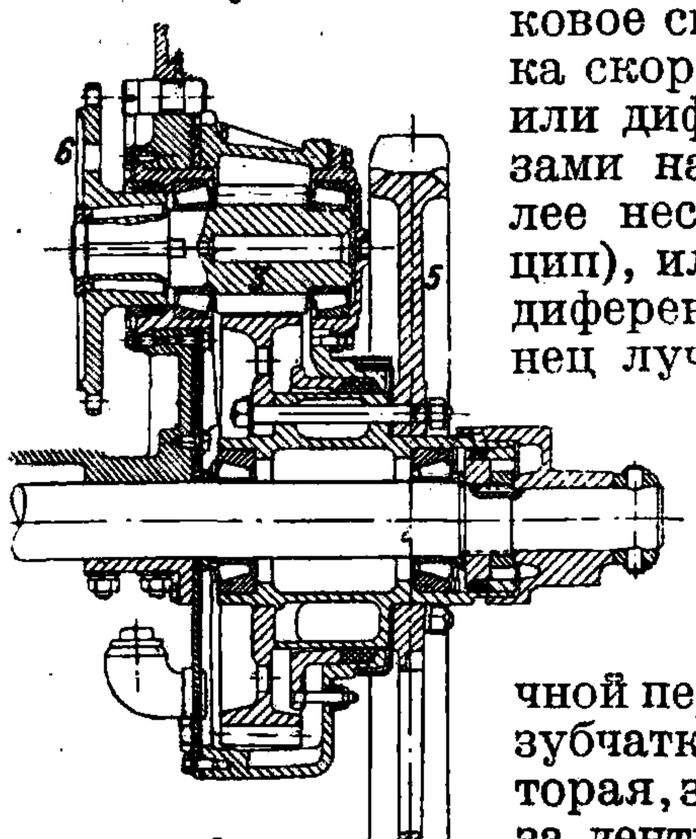
Конструкция г у с е н и ч н ы х Т. отличается от колесных в основном ходовой частью, а именно: отсутствием направляющих колес и наличием гусениц *15* (фиг. 2а), по к-рым Т. катится на опорных подрессоренных отдельно или в общей каретке *16* катках *17*, как по рель-

сам, и рулевым управлением *10*, действующим на тормоза гусениц, в связи с чем изменяется и трансмиссия. На фиг. 2а, 2б и 2в пред-

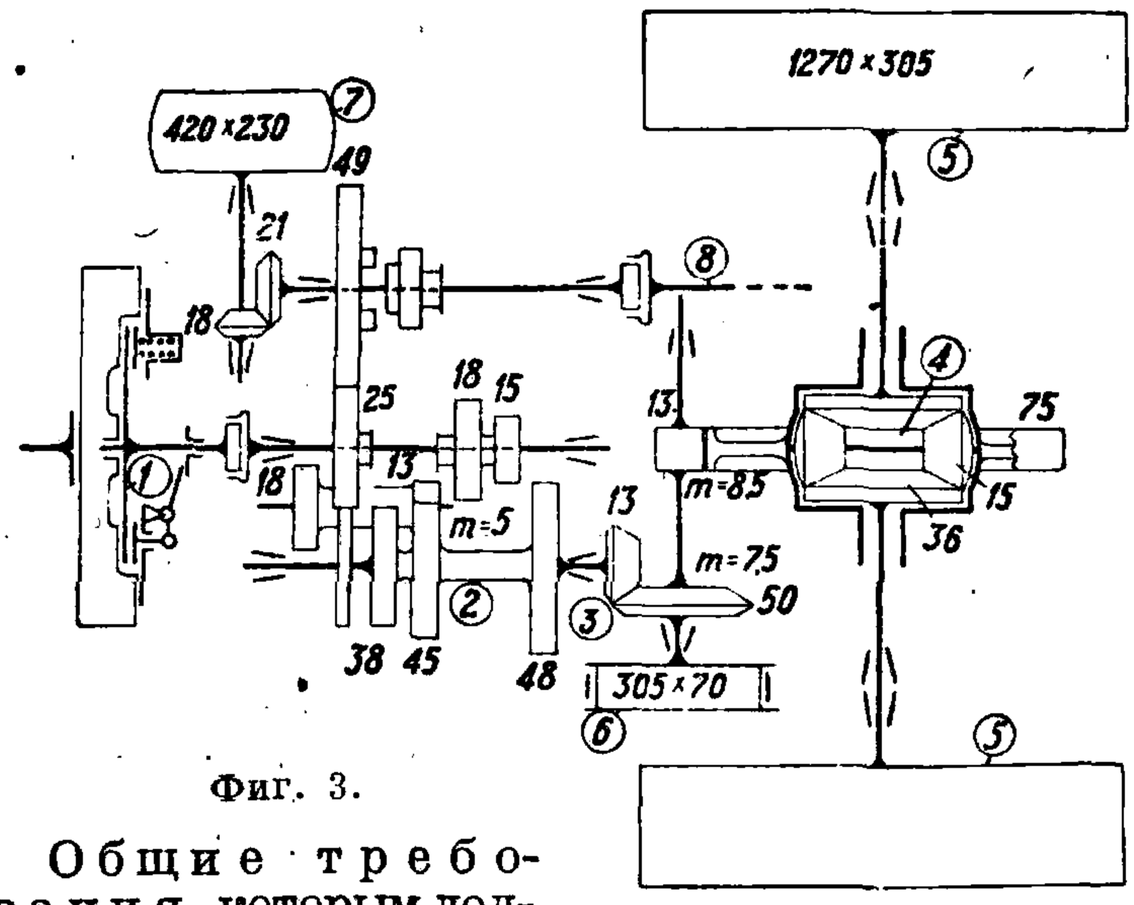


Фиг. 2б.

ставлен Т. «ЧТЗ», а на фиг. 5—схема его трансмиссии. Аналогично колесному трактору за двигателем гусеничного трактора расположено дисковое сцепление *1* и коробка скоростей *2*. Далее идет или диференциал с тормозами на полуосях (наиболее несовершенный принцип), или двойной (фиг. 6) диференциал, или наконец лучший из современных тип—бортовые фрикционы *4* (фиг. 2б) с тормозами *6* (фиг. 5). Трансмиссия заканчивается конечной передачей *3* и ведущей зубчаткой *5* гусеницы, которая, зацепляясь зубьями за ленту, заставляет Т. перекатываться на опорных роликах вперед или назад по ленте *15*. Поворот достигается торможением одной из полуосей. На фиг. 3, 4, 5 и 6 показаны принципиальные схемы трансмиссий колесных Т. «СТЗ», «ХТЗ» и «Кейс» и гусеничных Т. «ЧТЗ» и «Линке-Гофман».



Фиг. 2в.

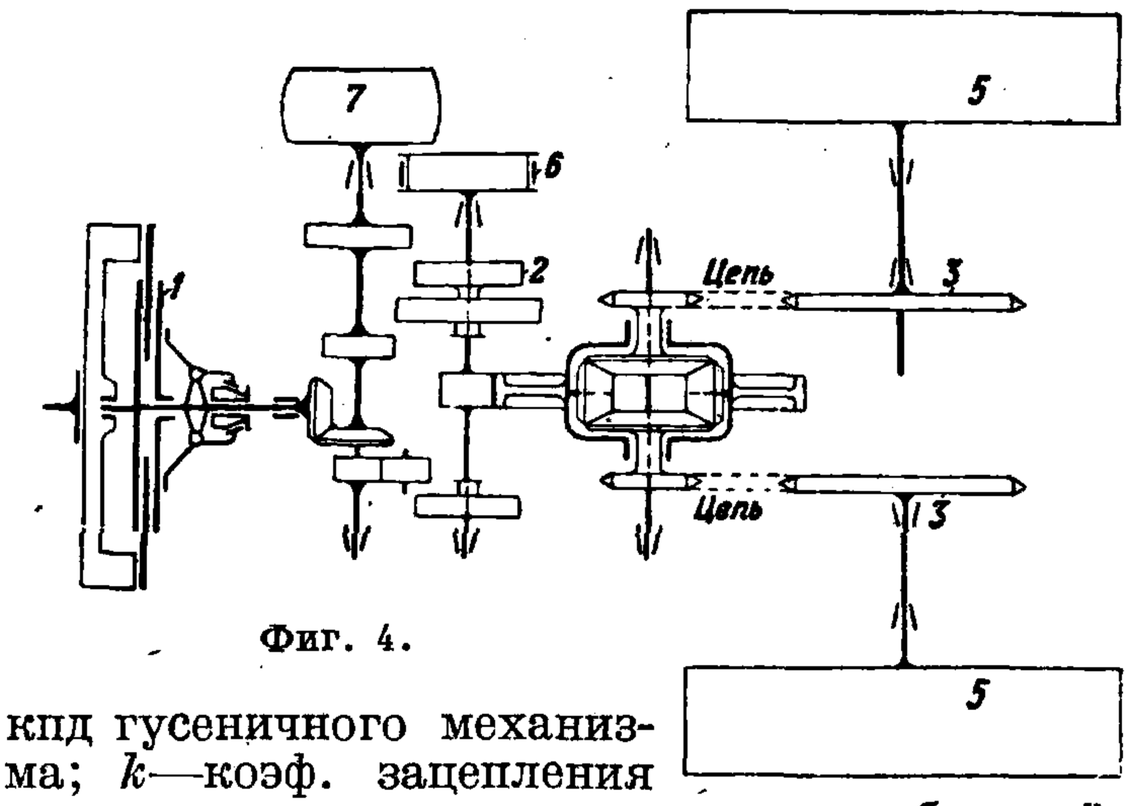


Фиг. 3.

Общие требования, которым должен удовлетворять каждый Т. независимо от его назначения, м. б. сведены к следующим: 1) соответствие мощности $N_э$ двигателя (в HP), веса G'' (в *кг*) на ведущих органах Т. ($G''\cos\alpha$—сцепной вес), сцепных качеств их с грунтом и скорости v *км/ч*, выражаемое ф-лой:

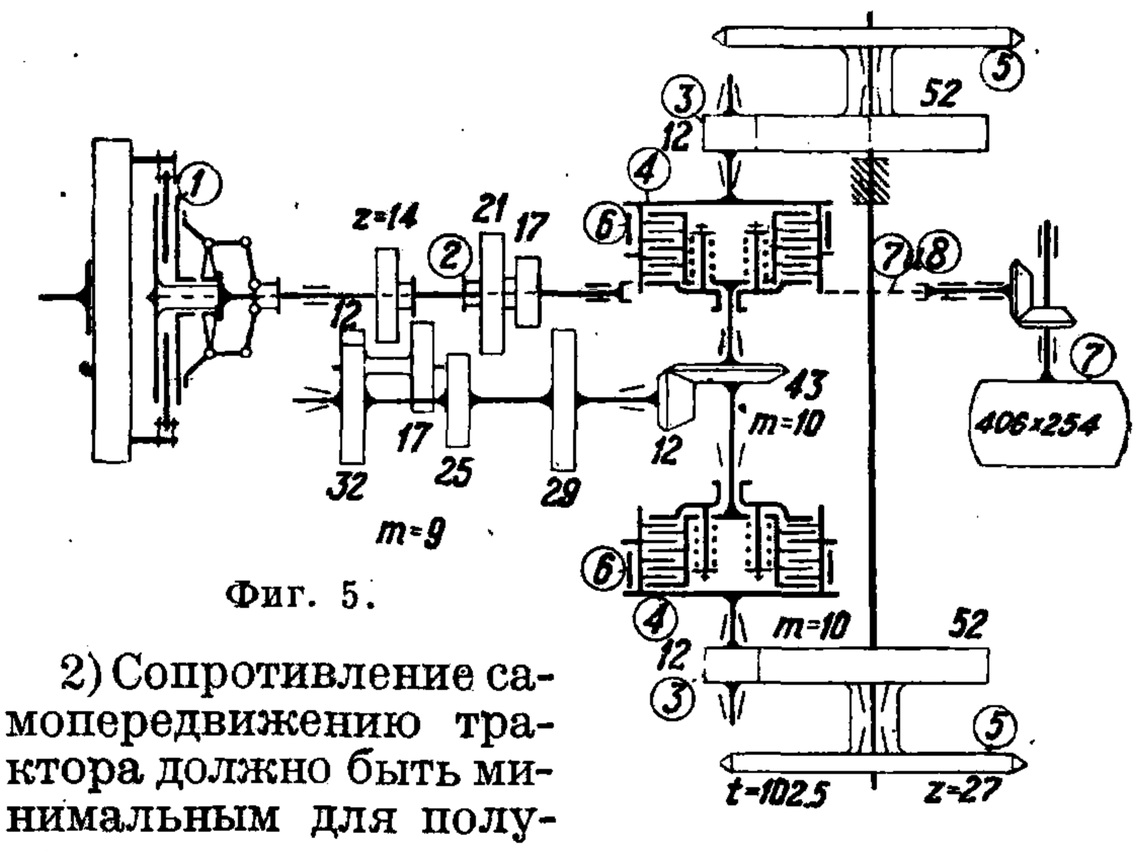
$$N_э \leqslant \frac{hG''v\cos\alpha}{270\eta}, \qquad (1)$$

где η—кпд трансмиссии и ведущего механизма; $\eta = \eta_ц^a\,\eta_к^b\,\eta_ч^c\,\eta_{цп}\,\eta_г$—произведение кпд цилиндрических, конических, червячных, цепных передач в степенях, равных числу последовательно передающих энергию двигателя пар шестерен, и



Фиг. 4.

кпд гусеничного механизма; k—коэф. зацепления ведущих органов с грунтом, колеблющийся от 0,2—для колес со шпорами на песке до 1,2—для гусениц со шпорами на сухой грунтовой дороге; α—угол подъема пути.

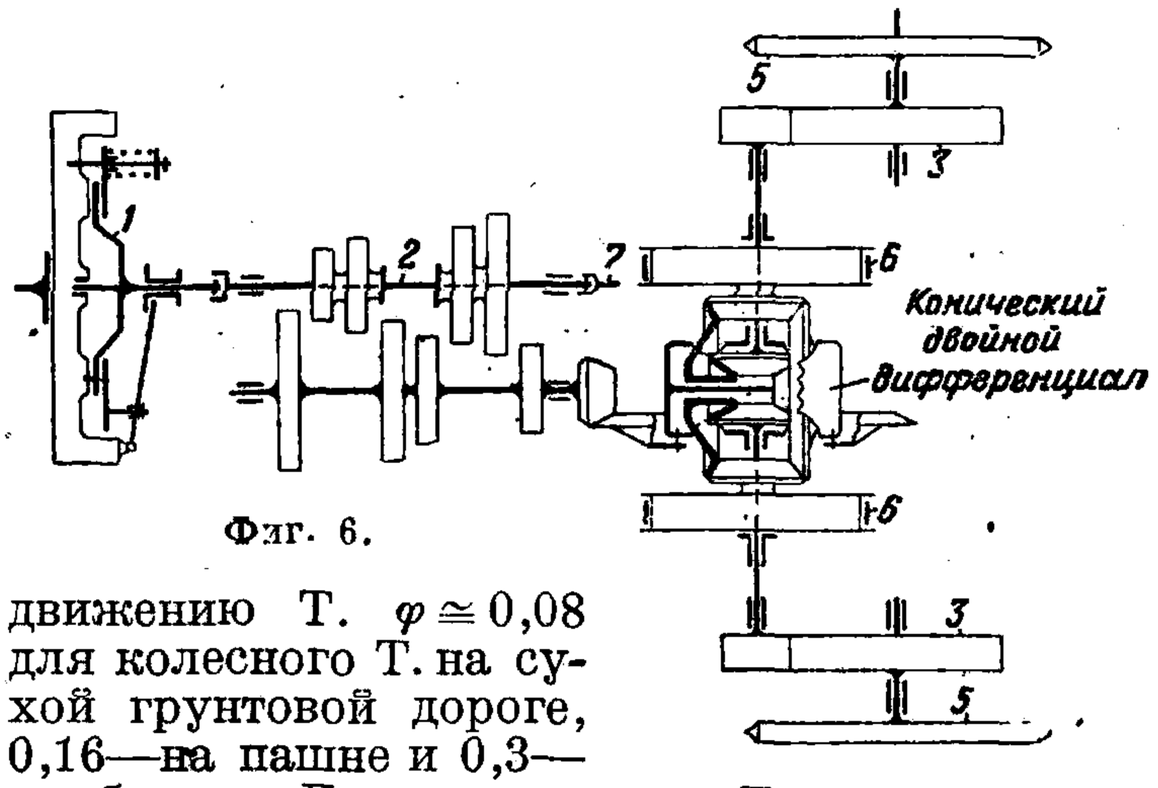


Фиг. 5.

2) Сопротивление самопередвижению трактора должно быть минимальным для получения при всех прочих равных условиях наибольшей мощности на крюке $N_к$ HP для буксирования прицепа.

$$N_к = N_э\eta - \frac{G\,(\varphi\cos\alpha + \sin\alpha)}{270}\,v, \qquad (2)$$

где G (в *кг*)—полный вес Т. $= G'' + G'$—нагрузкам на ведущие и направляющие колеса, α—угол подъема пути, φ—коэф. сопротивления



Фиг. 6.

движению Т. $\varphi \cong 0{,}08$ для колесного Т. на сухой грунтовой дороге, 0,16—на пашне и 0,3—на болоте. Для гусеничного Т. в тех же условиях коэф. $\varphi \cong 0{,}06$, 0,09 и 0,1. В колесном Т. φ' на передних колесах и φ'' на задних не одинаковы в виду наличия на последних шпор, дополнительно в виде ячеек прессующих

грунт; поэтому для колесных тракторов формула (2) представится в следующем виде:

$$N_к = N_э\eta - \frac{G'(\varphi'\cos\alpha+\sin\alpha)+G''(\varphi''\cos\alpha+\sin\alpha)}{270}v. \quad (2')$$

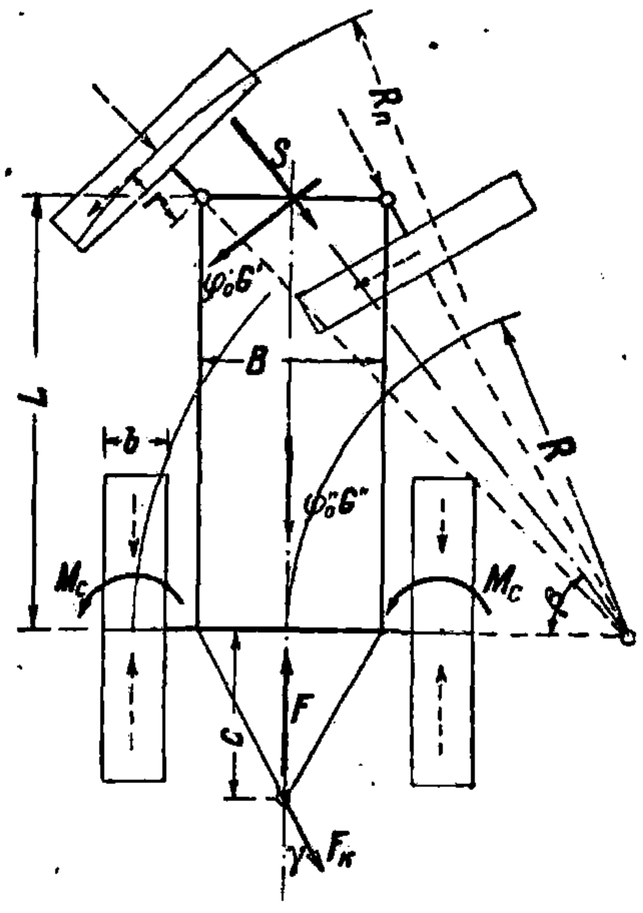
3) Двигатель Т. должен иметь достаточный запас мощности для преодоления поворотов. В колесных машинах при наличии диференциала и широких ведущих колес со шпорами при повороте бо́льшая часть энергии расходуется на проворачивание шпор в грунте, на преодоление момента сопротивления повороту от силы тяги на крюке, на боковое прессование грунта ребордами направляющих колес и наконец на сопротивление самопередвижению, как при прямолинейном движении. Рассматривая перемещение колес со шпорами состоящим из двух элементарных движений в каждый момент—перемещения вследствие качения колеса, сопротивление которому учитывается коэф. φ'' (см. ниже), и поворота шпоры в грунте,—определим момент сопротивления повороту из ф-лы:

$$M_c = 2\int_0^{b/2}\left(k_0\,a\,dx\,x\,i + f_0\frac{G''}{b}dx\,x\right) = \frac{1}{4}k_0\,ab^2\,i + \frac{f_0G''b}{4}, \quad (3)$$

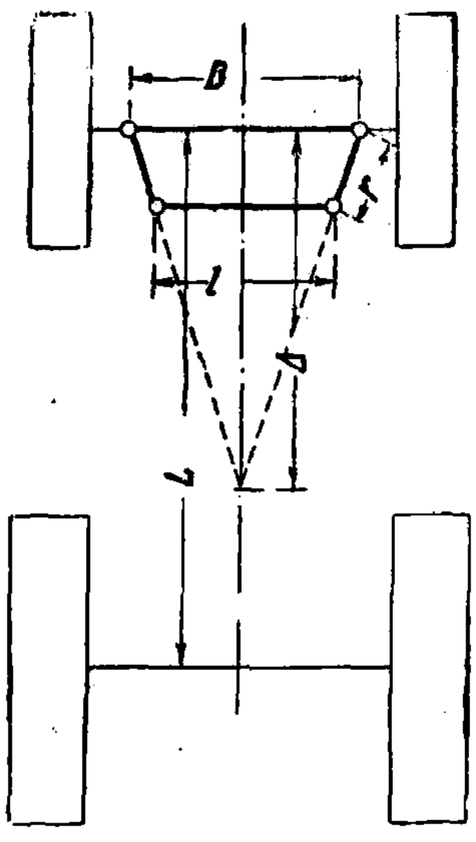
где a, b и i—размеры и число шпор, погруженных в грунт, k_0—уд. сопротивление грунта сдвигу и смятию его шпорой, f_0—коэф. трения о грунт. Величина k_0 изменяется вместе с величиной сдвига и м. б. с достаточной точностью определена из кривых буксования Т. (фиг. 27). Число шпор в зацеплении i для колеса определяется по ф-ле:

$$i = \frac{z}{360}\left(\arccos\frac{R-h}{R+a} + \arccos\frac{R}{R+a}\right),$$

где z—число шпор на всей окружности колеса, R—радиус колеса по ободу, a—высота шпор и h—глубина следа, оставляемого колесом в грунте. Из условий равновесия внешних



Фиг. 7.



Фиг. 8.

сил, действующих на Т. при повороте (фиг. 7), получим:

$$S = \frac{2M_c}{L\cos\beta} + \varphi' G'\operatorname{tg}\beta + F_к\frac{c}{L}\frac{\sin\gamma}{\cos\beta},$$

$$F_к = \varphi_0' G'\sqrt{1+\left(\frac{L}{R}\right)^2} + \varphi_0'' G'' + \frac{2M_c}{R} + F_к\sqrt{1+\left(\frac{c}{R}\right)^2} \quad (4)$$

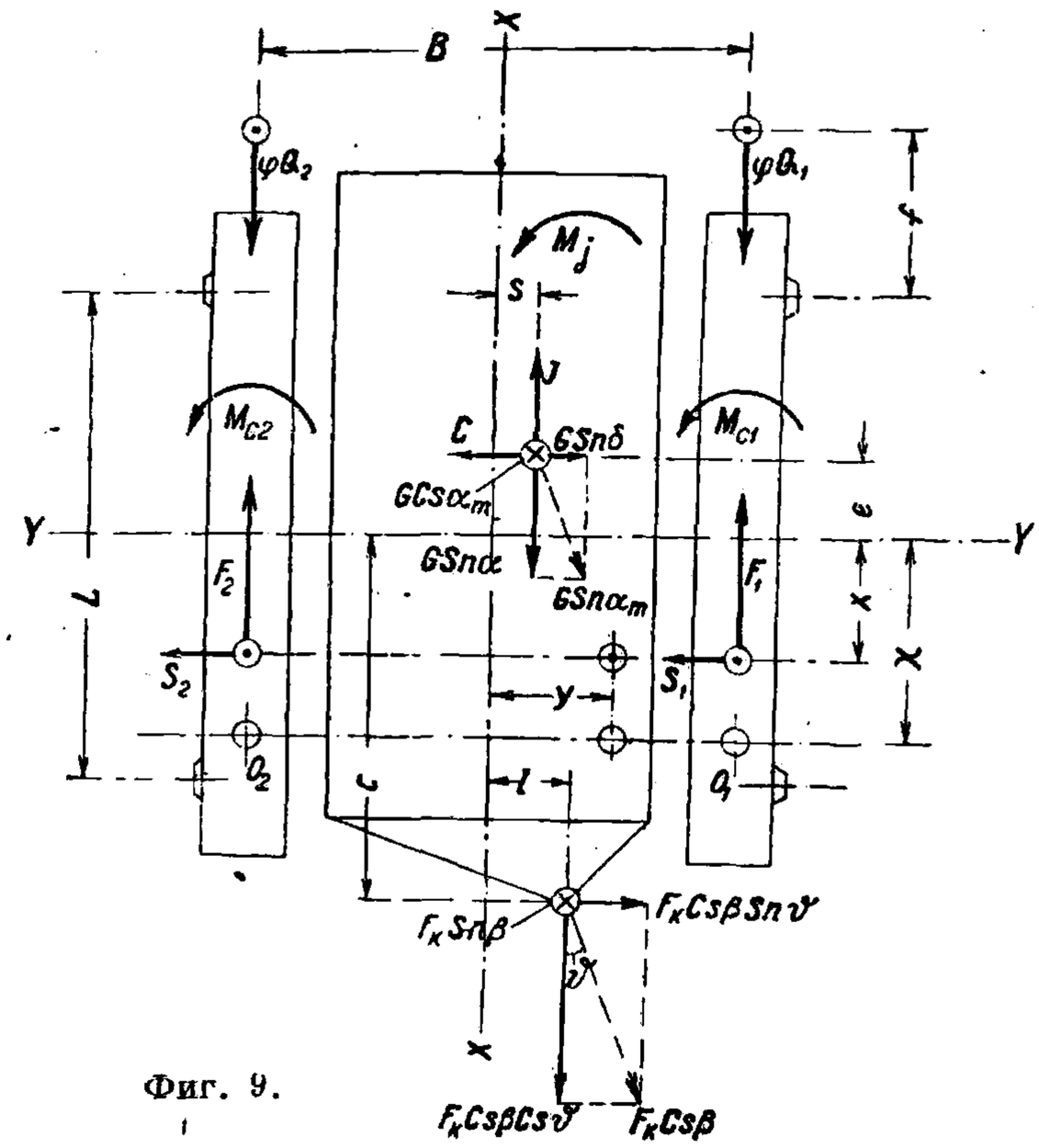
и мощность, расходуемая на преодоление сопротивлений при повороте,

$$N_0 = \frac{Fv}{270}; \quad (5)$$

здесь φ_0' и φ_0''—коэф-ты сопротивления качению передних и задних колес; на подъеме α они определяются из ф-л:

$$\varphi_0' = \varphi'\cos\alpha + \sin\alpha,$$
$$\varphi_0'' = \varphi''\cos\alpha + \sin\alpha.$$

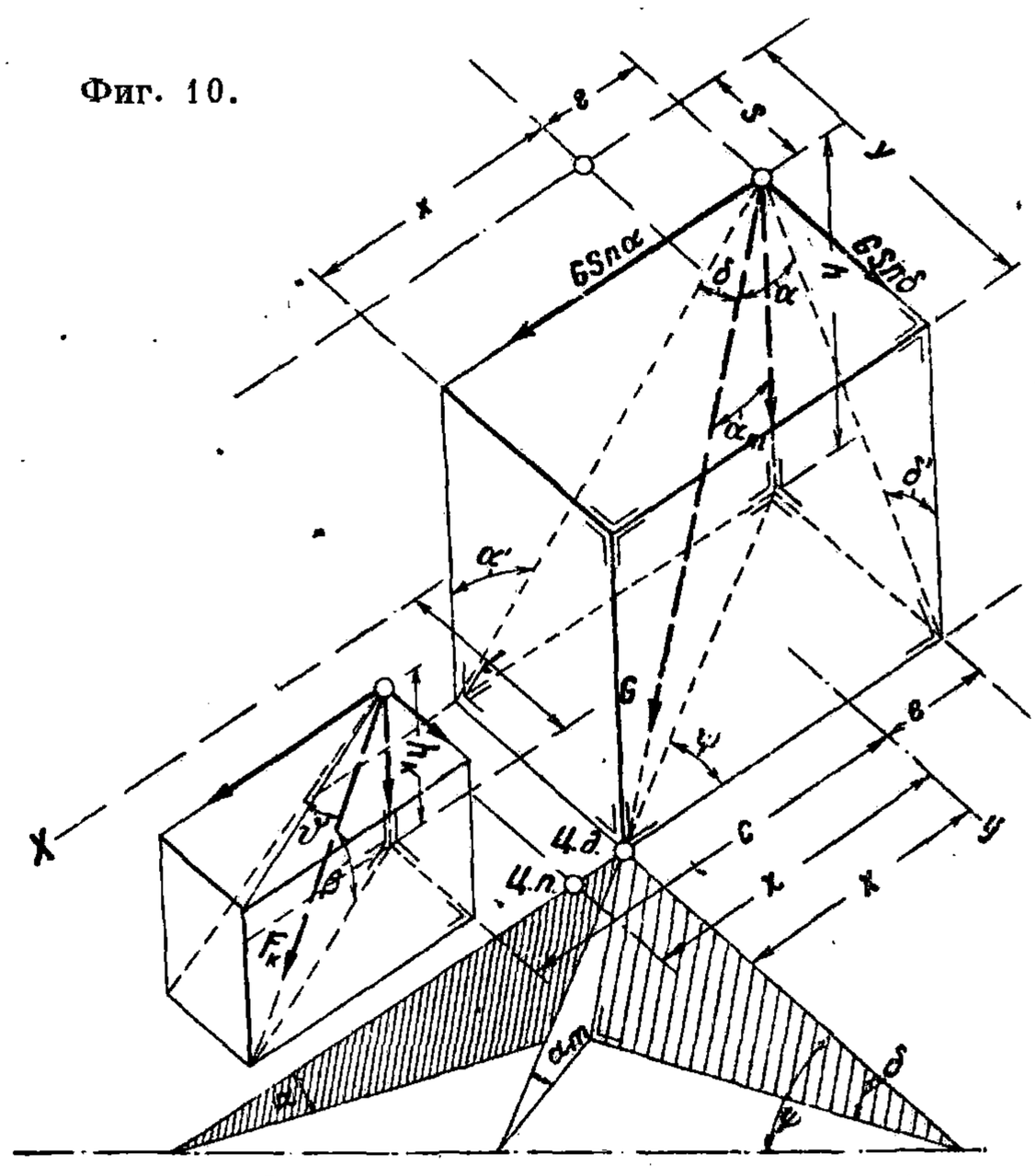
G' и G''—распределение веса G машины на переднюю и заднюю оси при горизонталь-



Фиг. 9.

ном участке; R—средний радиус поворота равен $\sqrt{(R_n-r)^2-L^2}-\frac{B'}{2}$, где R_n — радиус поворота по внешней колее. При неправильно рас-

Фиг. 10.



считанных размерах трапеции Жанто (фиг. 8) появится дополнительное сопротивление повороту от несовпадения центров поворота отдельных колес. Расчет трапеции Жанто с доста-

точной точностью м. б. произведен по эмпирическим ф-лам, справедливым при $\frac{B}{L}$ в пределах $0{,}44 \div 0{,}62$:

$$\Delta = 0{,}215\frac{B}{L} + 0{,}594 \text{ при } \frac{r}{l} = 0{,}12,$$

$$\Delta = 0{,}2\frac{B}{L} + 0{,}587 \text{ при } \frac{r}{l} = 0{,}14,$$

$$\Delta = 0{,}18\frac{B}{L} + 0{,}580 \text{ при } \frac{r}{l} = 0{,}16.$$

Поворот гусеничного Т. сопровождается трением лент о грунт, боковым сдвигом грунта глубиной, равной глубине следа, и проверты-ванием шпор, погруженных в грунт. Повороту сопротивляются также сила тяги на крюке, слагающая веса на подъеме и др. Из условия равновесия моментов внешних сил, действующих на Т. при повороте и показанных на фиг. 9 и 10 относительно центра поворота O_1 правой (отстающей) и O_2 левой (забегающей) гусениц, получим:

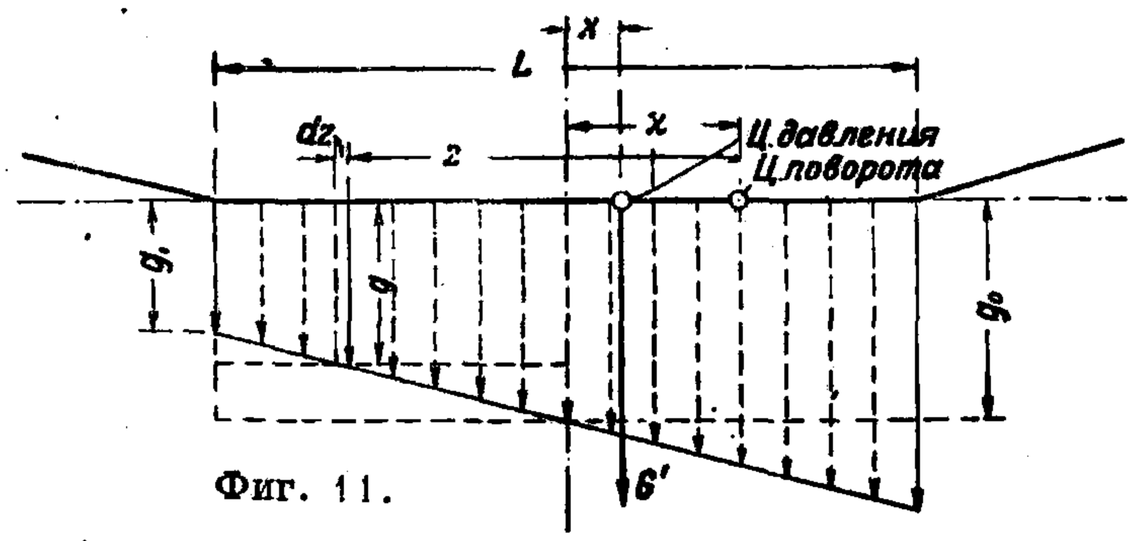
$$F_2 = \varphi\left[G\left(\frac{1}{2} - \frac{s}{B}\right)\operatorname{ccs}\alpha_m - \frac{h}{B}(G\sin\delta - C)\right] +$$
$$+ \varphi F_\kappa\left[\left(\frac{1}{2} - \frac{l}{B}\right)\sin\beta - \frac{h_\kappa}{B}\cos\beta\sin\vartheta\right] +$$
$$+ (G\sin\alpha - J)\left(\frac{1}{2} - \frac{s}{B}\right) + F_\kappa\left(\frac{1}{2} - \frac{l}{B}\right)\cos\beta\cos\vartheta +$$
$$+ \frac{\mu GL}{4B}K + F_\kappa\frac{c-\chi}{B}\cos\beta\sin\vartheta -$$
$$- (G\sin\delta - C)\frac{\chi + e}{B} + m'\frac{f_0 G\,b}{4B} +$$
$$+ m''\,i\,k_0\frac{b^2 a}{4B} + M_j, \qquad (6)$$

$$F_1 = \varphi\left[G\left(\frac{1}{2} + \frac{s}{B}\right)\cos\alpha_m + \frac{h}{B}(G\sin\delta - C)\right] +$$
$$+ \varphi F_\kappa\left[\left(\frac{1}{2} + \frac{l}{B}\right)\sin\beta + \frac{h_\kappa}{B}\cos\beta\sin\vartheta\right] +$$
$$+ (G\sin\alpha - J)\left(\frac{1}{2} + \frac{s}{B}\right) + F_\kappa\left(\frac{1}{2} + \frac{l}{B}\right)\cos\beta\cos\vartheta -$$
$$- \frac{\mu GL}{4B}K - F_\kappa\frac{c-\chi}{B}\cos\beta\sin\vartheta +$$
$$+ (G\sin\delta - C)\frac{\chi + e}{B} - m'\frac{f_0 G\,b}{4B} -$$
$$- m''\,i\,k_0\frac{b^2 a}{4B} - M_j, \qquad (7)$$

где μ—суммарный коэф. сопротивления боковому сдвигу и сопротивления трению f_0 ленты о грунт, зависящий от качества грунта, уд. давления $\left(\frac{G}{2BL}\right)$ на грунт и главным образом от формы опорной поверхности ленты; β—угол наклона направления силы тяги (F_κ) на крюке к плоскости движения; ϑ—угол F_κ с продольной осью (xx) Т. в плоскости движения; δ и δ'—углы бокового крена Т. в вертикальной плоскости и в плоскости, перпендикулярной плоскости движения; α и α'—углы действующего подъема, измеряемые в аналогичных δ и δ' плоскостях; α_m—наибольший угол подъема, иначе угол наклона плоскости движения к горизонту. Основные формулы, связывающие эти углы, определяются из фиг. 10:

$$\left.\begin{aligned}
\sin\alpha_m &= \sqrt{\sin^2\alpha + \sin^2\delta},\\
\cos\alpha_m &= \sqrt{\cos^2\alpha - \sin^2\delta} = \sqrt{\cos^2\delta - \sin^2\alpha},\\
\cos\alpha' &= \frac{\cos\alpha_m}{\cos\delta},\\
\cos\delta' &= \frac{\cos\alpha_m}{\cos\alpha},\\
\sin\alpha &= \sin\alpha_m\cos\psi,\\
\sin\delta &= \sin\alpha_m\sin\psi,
\end{aligned}\right\}, \qquad (8)$$

где ψ—угол в плоскости движения между направлением линии наибольшего подъема α_m и направлением движения. Величина K (ф-лы 6 и 7)—поправочный коэфициент, учитывающий влияние смещения χ центра поворота относительно середины гусеницы. На основе фиг. 11



Фиг. 11.

K определяется при выводе ф-лы момента M_c сопротивления грунта повороту при смещенном на величину x от середины гусеницы центре давления:

$$M_c = \int_0^{\chi+\frac{L}{2}} \mu g z\,dz + \int_0^{\chi-\frac{L}{2}} \mu g z\,dz;$$

заменяя местное уд. давление g его значением из условия распределения нагрузки $G = g_0 L$ по длине L гусеницы

$$g = g_0 - \frac{2(g_0 - g_1)}{L}z + \frac{2(g_0 - g_1)}{L}\chi =$$
$$= g_0\left(1 - \frac{12\,xz}{L^2} + \frac{12\,x\chi}{L^2}\right), \qquad (9)$$

после подстановки и интегрирования получим:

$$M_c = \frac{\mu GL}{4}\left\{\left[1 + \left(\frac{2\chi}{L}\right)^2\right]\left(1 + \frac{4x\chi}{L^2}\right) - \frac{16\,x\chi}{L^2}\right\}, \qquad (10)$$

откуда:

$$K = \left[1 + \left(\frac{2\chi}{L}\right)^2\right]\left(1 + \frac{2x}{L}\cdot\frac{2\chi}{L}\right) - 4\frac{2x}{L}\cdot\frac{2\chi}{L}. \qquad (11)$$

При равномерном (g_0) распределении давления, т. е. при совпадении центра давления с серединой гусеницы, $x = 0$ и

$$K = 1 + \left(\frac{2\chi}{L}\right)^2, \qquad (11')$$

при совпадении центра поворота с центром давления $\chi = x$ и

$$K = \left[1 + \left(\frac{2x}{L}\right)^2\right]^2 \qquad (11'')$$

и наконец при повороте около середины гусеницы и при равномерном распределении давления $\chi = x = 0$ и $K = 1$.

Смещение χ центра поворота определяется из условия равенства проекций всех внешних сил на ось yy (фиг. 9):

$$\int_0^{\chi+\frac{L}{2}} \mu g\,dz + \int_0^{\chi-\frac{L}{2}} \mu g\,dz - F_\kappa\cos\beta\sin\vartheta -$$
$$- G\sin\delta + C = 0.$$

После интегрирования получим:

$$\frac{2}{3}\cdot\frac{2\chi}{L} - \frac{2x}{L}\left[1 - \left(\frac{2\chi}{L}\right)^2\right] -$$
$$- \frac{2}{3\mu G}(F_\kappa\cos\beta\sin\vartheta + G\sin\delta - C) = 0; \qquad (12)$$

ф-ла (11) и (12) применимы лишь в пределах $\frac{2x}{L} = 0 \div \frac{1}{3}$, пока по всей опорной длине гусеницы реализуется сцепление с грунтом. При $x = 0$

$$\chi = \frac{L}{2\mu G}(F_\kappa\cos\beta\sin\vartheta + G\sin\delta - C); \qquad (12')$$

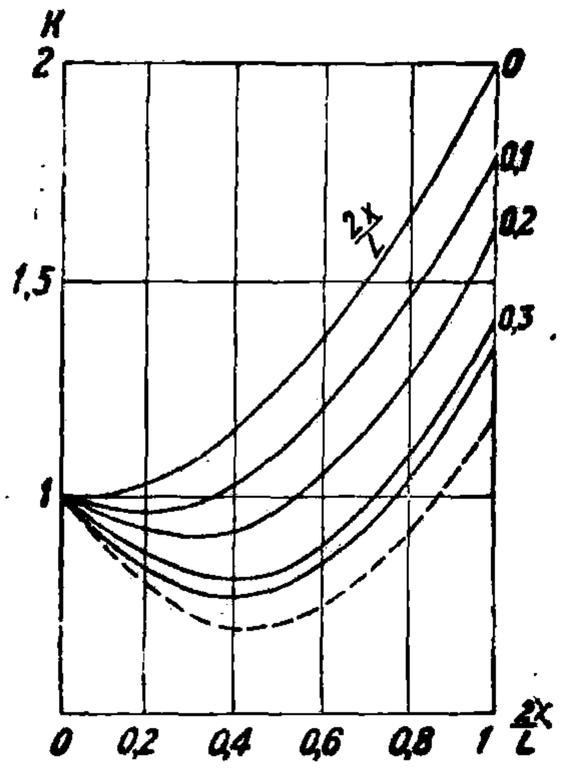
при $\chi = x$

$$\left(\frac{2\chi}{L}\right)^3 - \frac{1}{3}\left(\frac{2\chi}{L}\right) - \frac{2}{3\mu G}(F_\kappa \cos\beta \sin\vartheta + G\sin\delta - C) = 0; \quad (12'')$$

при $F_\kappa \cos\beta \sin\vartheta + G\sin\delta - C = 0$

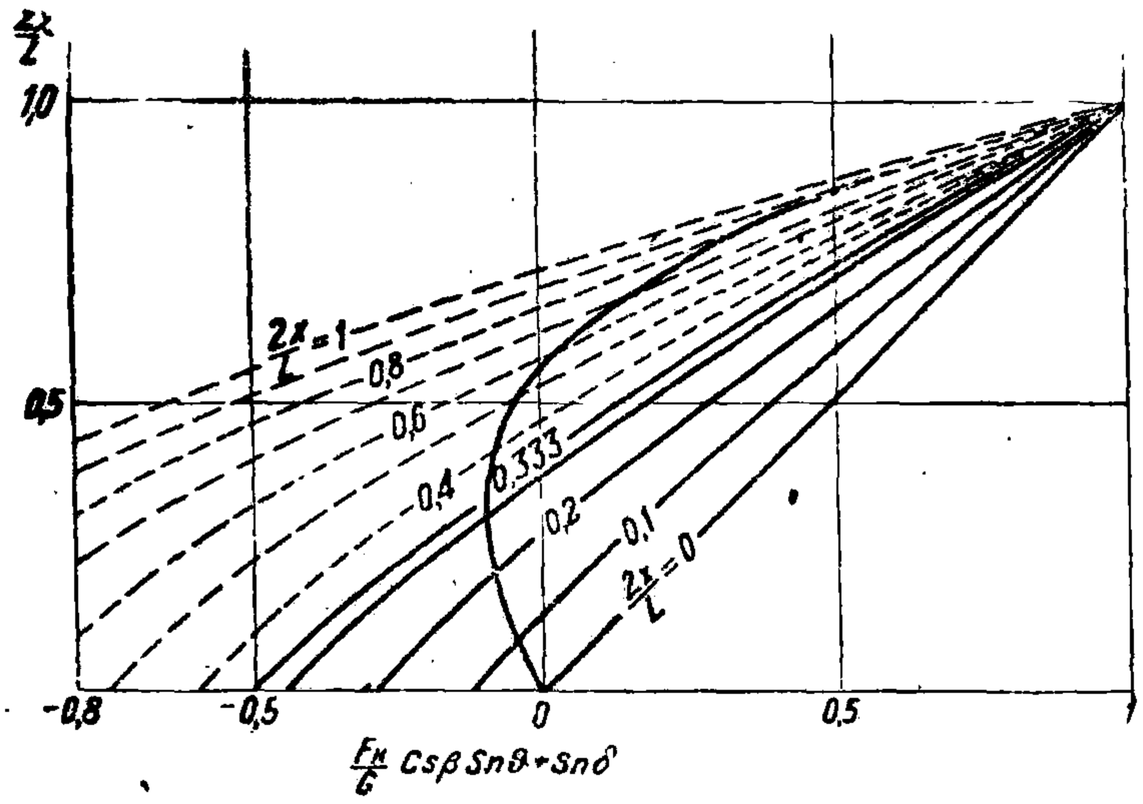
$$12\,x\chi^2 + 2\,L^2\chi - 3\,L^2 x = 0. \quad (12''')$$

Решение ур-ий (11) и (12) представлено на диаграммах фиг. 12 и 13, пользуясь к-рыми последовательно из фиг. 13 определяют χ и по нему из фиг. 12 K. На тех же диаграммах нанесены кривые ф-л (11″) и (12″), показывающие, при каком условии без существенной ошибки можно принимать, что центр поворота совпадает с центром давления ($\chi = x$), и для определения K пользоваться формулой (11″).



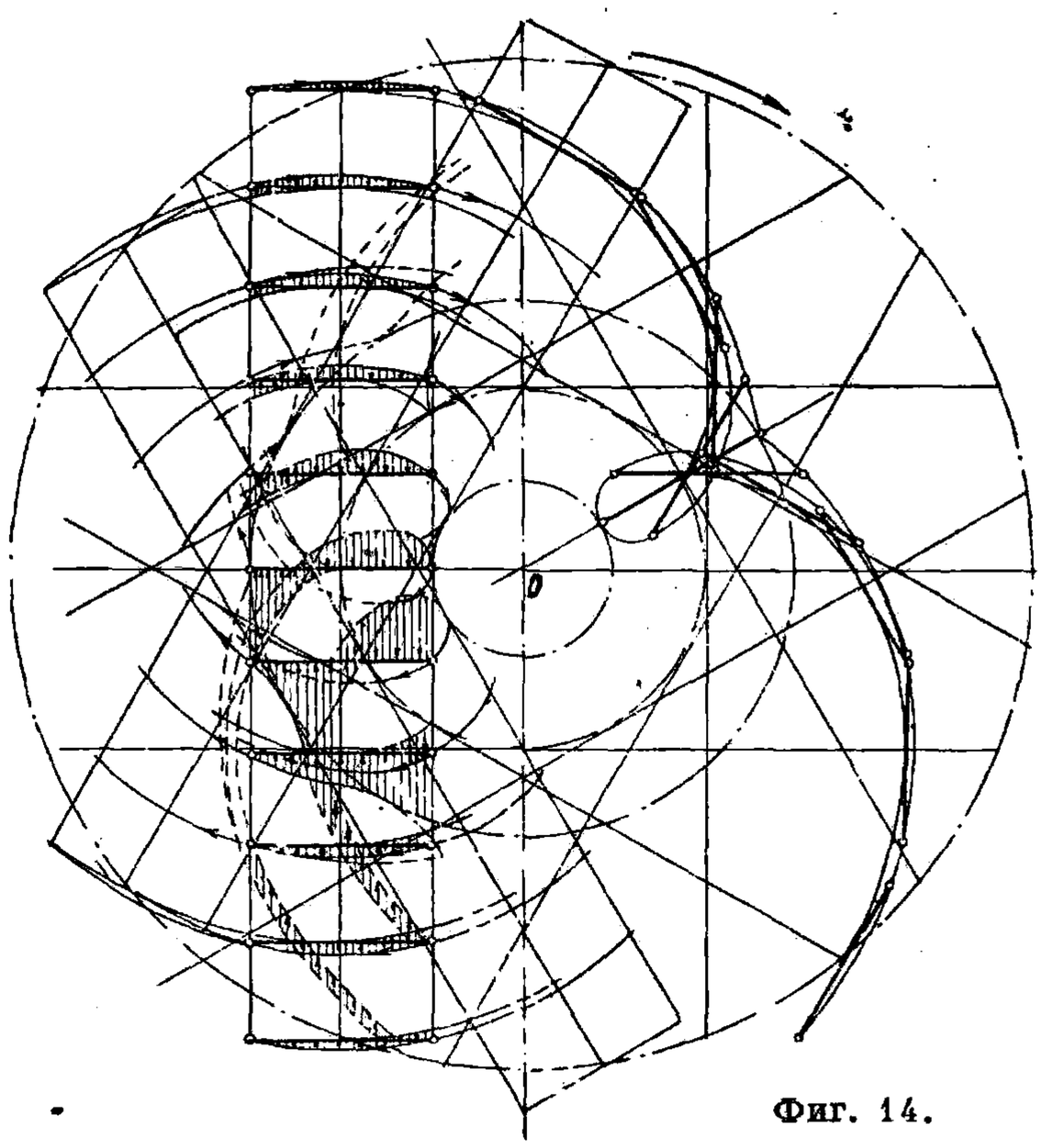
Фиг. 12.

Последние два члена в ф-лах (6) и (7) выражают влияние ширины гусеничной ленты и шпор на сопротивление повороту; m' и m''— опытные коэфициенты, зависящие от степени нарастания сопротивления грунта прессованию его в долевом направлении (в поперечном—учитывается коэфициентом μ) и от характера предварительного разрушения грунта под гусеницей. На фиг. 14 показана траектория движения шпоры при повороте гусеницы около центра O, на основе которой там же представлена картограмма состояния грунта под гусеницей, периодически повторяющегося каждый раз при переходе центра поворота через одну из шпор, т. е. через угол поворота $\alpha = \frac{180\,l}{\pi R}$, где l—расстояние между шпорами. Стрелки на траекториях концов шпор показывают направление движения, штриховка—величину разрушенного шпорами грунта до наступления показанного на чертеже положения, стрелки на штриховке позволяют судить о том, прессован ли вдоль оси гусеницы или только подрезан впереди идущим краем шпоры оставшийся нетронутым грунт. На фиг. 15 даны опытные кривые величины долевого прессования грунта при разных нагрузках на крюке, выраженных в виде коэфициента зацепления $k = \frac{F_\kappa + 0{,}1\,G}{G}$ [см. ф-лу (1)]. Кривые показывают, что грунт



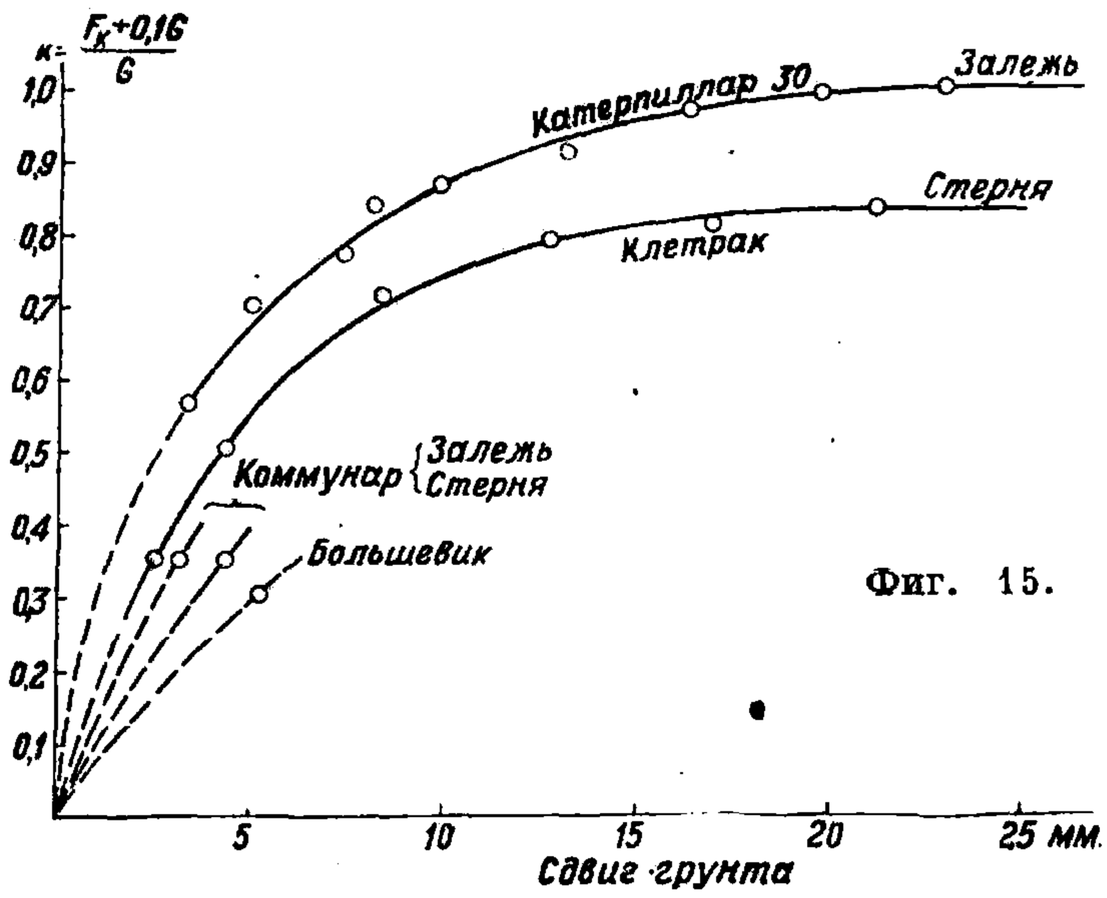
Фиг. 13.

(стерня, залежь) оказывает полное сопротивление сдвигу его шпорами после того лишь, как будет спрессован ими примерно на 20—



Фиг. 14.

25 *мм*. Из сопоставления обеих диаграмм можно сделать следующие выводы: 1) с удалением центра поворота гусеницы от шпоры сопротивление ее повороту, не считая бокового подрезания, учитываемого коэфициентом μ, уменьшается и быстро сводится практически к нулю; 2) с увеличением радиуса поворота число активно в том же смысле сопротивляющихся повороту шпор быстро уменьшается; 3) момент сопротивления повороту со стороны отстающей гусеницы всегда больше, чем со стороны забегающей; 4) за исключением нескольких шпор у центра поворота все остальные шпоры нагружены лишь с одной, впереди идущей стороны, задняя же половина шпоры идет по разрушенному грунту, не встречая никакого другого сопротивления кроме трения; и как вывод 5) по сравнению с моментом сопротивления повороту, создаваемым



Фиг. 15.

боковым сдвигом всей длины гусеницы, трением и подрезанием грунта шпорами, влияние ширины гусеницы практически имеет значение только при самых малых радиусах поворота и только на отстающей гусенице, обусловливая необходимость увеличения момента тор-

можения отстающей гусеницы с уменьшением радиуса поворота. Мощность N_0, затрачиваемая на преодоление сопротивлений движению при повороте, будет равне

$$N_0 = \frac{F_2 v_2 + F_1 v_1}{270}. \quad (13)$$

При $F_к = 0$, т. е. без прицепа, F_1 в большинстве случаев < 0. Это показывает, что без торможения отстающей гусеницы поворот осуществить нельзя. Мощность двигателя, необходимая для осуществления поворота, т. о. слагается из мощности N_0 на преодоление внешних сопротивлений повороту и из мощности N_T, затрачиваемой для получения разных радиусов поворота при пробуксовке тормозов:

$$\eta N_э = N_0 + N_T. \quad (14)$$

При разных принципах устройства поворотных механизмов мощность будет разная. При бортовых фрикционах

$$N_э = \frac{F_2 v_2}{270\eta}, \quad (15)$$

т. к. энергия при отжатом фрикционе на отстающую гусеницу не передается. При простом диференциале

$$N_э = \frac{F_2 (v_2 + v_1)}{270\eta} = \frac{2 F_2 v_0}{270\eta}, \quad (16)$$

т. к. диференциалом момент распределяется на обе полуоси всегда поровну. При двойном диференциале (см. ниже)

$$N_э = \frac{v_0}{270\eta}[(2 - i_{10}) F_2 + i_{10} F_1]; \quad (17)$$

здесь i_{10}—наименьшее возможное отношение скорости v_1 отстающей гусеницы к средней скорости v_0 правой и левой гусеницы. Потеря энергии на тормозе определяется как разность:

$$N_T = \eta N_э - N_0.$$

Т. о. получим при бортовых фрикционах

$$N_T = \frac{F_1 v_1}{270} = \frac{F_2 v_2}{270}\left(1 - \frac{B}{R}\right), \quad (18)$$

$$M_T = - F_1 \frac{R_к}{i_к}. \quad (18')$$

Здесь v_2—расчетная, по передаточному числу, скорость, не зависящая от радиуса поворота. При простом диференциале

$$N_T = \frac{(F_2 - F_1) v_1}{270} = \frac{F_2 - F_1}{270} v_0 \frac{2\left(\frac{R}{B} - 1\right)}{2\frac{R}{B} - 1}, \quad (19)$$

$$M_T = (F_2 - F_1) \frac{R_к}{i_к}. \quad (19')$$

Здесь v_0—расчетная, по передаточному числу, средняя скорость трактора, не зависящая от радиуса поворота. При двойном диференциале (см. ниже)

$$N_T = \frac{F_2 - F_1}{270} v_1 \left(1 - i_{10}\frac{v_0}{v_1}\right) = \frac{F_2 - F_1}{270}(v_1 - v_{1min}) =$$

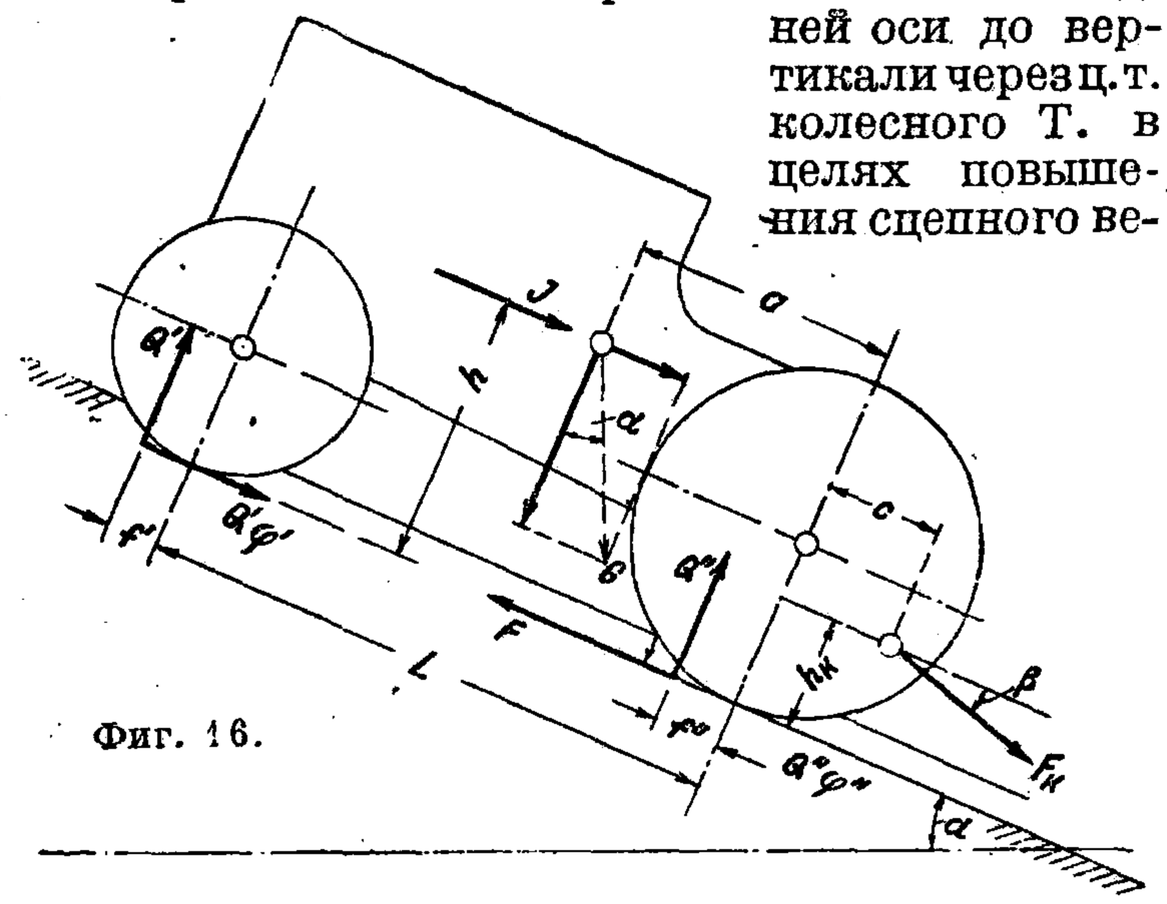
$$= \frac{F_2 - F_1}{270} v_0 \left[\frac{2\left(\frac{R}{B} - 1\right)}{2\frac{R}{B} - 1} - \frac{2\left(\frac{R_{min}}{B} - 1\right)}{2\frac{R_{min}}{B} - 1}\right], \quad (20)$$

$$M_T = \frac{F_2 - F_1}{1 - i_{10}} \cdot \frac{R_к}{i_к}. \quad (20')$$

Здесь v_{1min}—наименьшая возможная скорость отстающей гусеницы при данной передаче в коробке скоростей и постоянном числе оборотов двигателя в минуту, получаемая при полной остановке тормозного барабана отстающей гусеницы и соответствен о R_{min}.

4) Т., предназначенный двигаться по целине и бездорожью, должен преодолевать встречающиеся подъемы, уклоны, боковые крены и косогоры, могущие достигать у большинства грунтов 27° (сырые глина, песок, земля, гравий).

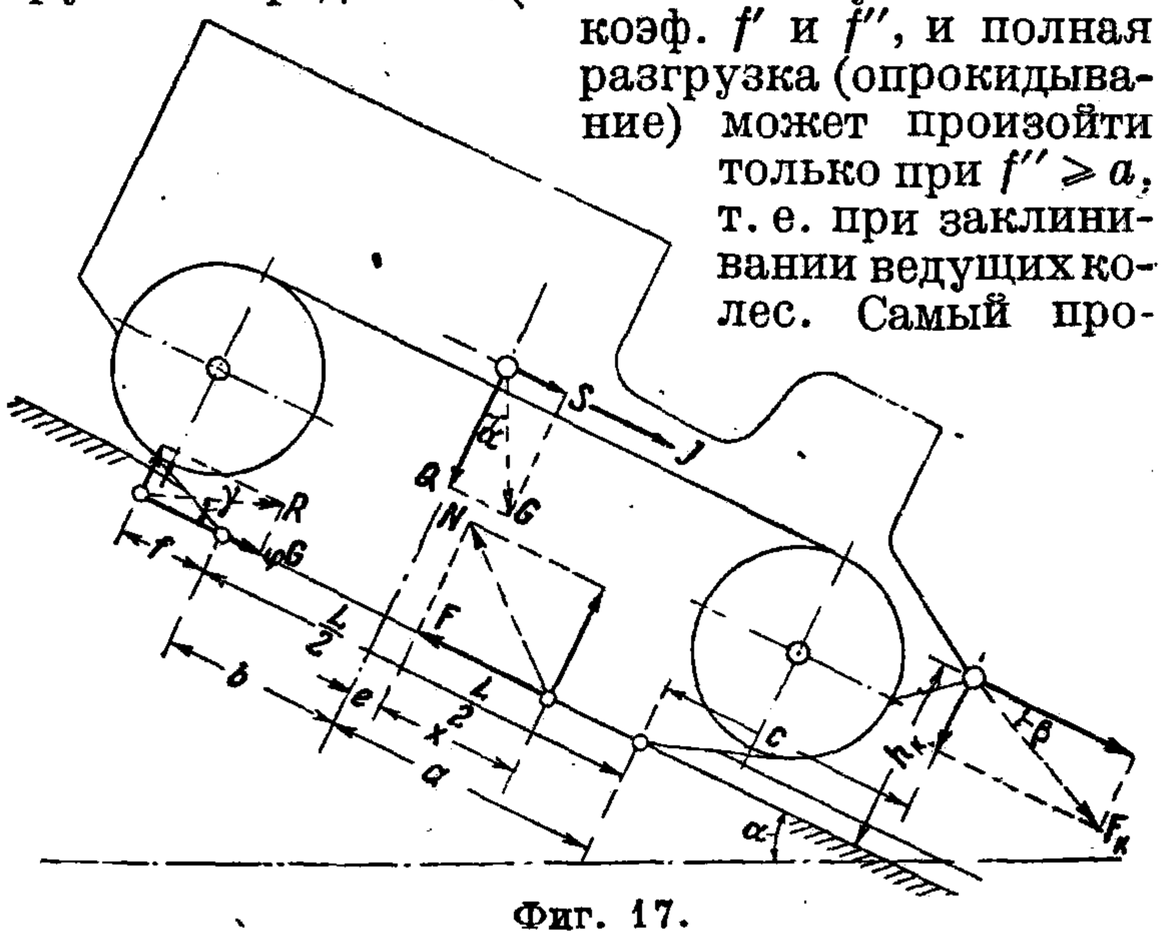
У с т о й ч и в о с т ь Т. определяется положением ц. т. его относительно осей, соединяющих крайние точки опоры. Расстояние от задней оси до вертикали через ц. т. колесного Т. в целях повышения сцепного веса д. б. возможно меньше и ограничивается лишь условием устойчивости на подъемах (фиг. 16):



Фиг. 16.

$$Q' = \frac{G(a - f'')\cos\alpha - Jh - Gh\sin\alpha}{L + f' - f''} - \frac{F_к[h_к\cos\beta + (c + f'')\sin\beta]}{L + f' - f''} \geqslant 0, \quad (21)$$

откуда видно, что разгрузка передней оси происходит вместе с увеличением всех внешних сил сопротивления и высоты точек приложения их над грунтом. При отсутствии тяги на крюке ($F_к = 0$), равномерном движении ($J = 0$) на горизонтальном участке ($\alpha = 0$) разгрузка передка повышается с увеличением коэф. f' и f'', и полная разгрузка (опрокидывание) может произойти только при $f'' \geqslant a$, т. е. при заклинивании ведущих колес. Самый процесс опрокидывания после отрыва передних колес от грунта [3] происходит при сложных неравномерных явлениях уменьшающегося момента $G(a - f'')$, возрастающей восстанавливающей силе инерции поступательного движения массы машины, возрастающей силе инерции вращательного движения рамы при постоянном числе оборотов двигателя или при переменном, с соответствующим влиянием сил инерции вращающихся масс трансмиссии и маховика. Практически при перегрузках с началом подъема передка уменьшающееся плечо $h_к$ силы $F_к$ понижает опрокидывающий момент этой силы, и машина тянет за собой груз, едва касаясь грунта передними колесами.



Фиг. 17.

В гусеничном Т. центр тяжести располагают несколько вперед от середины гусениц с тем, чтобы на подъеме или при наличии прицепа на крюке, когда требуется наибольшая тяга, давление по длине гусениц распределялось более равномерно. Условием устойчивости [4] является расположение центра давления внутри габаритов опорной базы гусениц. Т. о. условием устойчивости на подъеме (фиг. 17) будет $x < a - e$, где

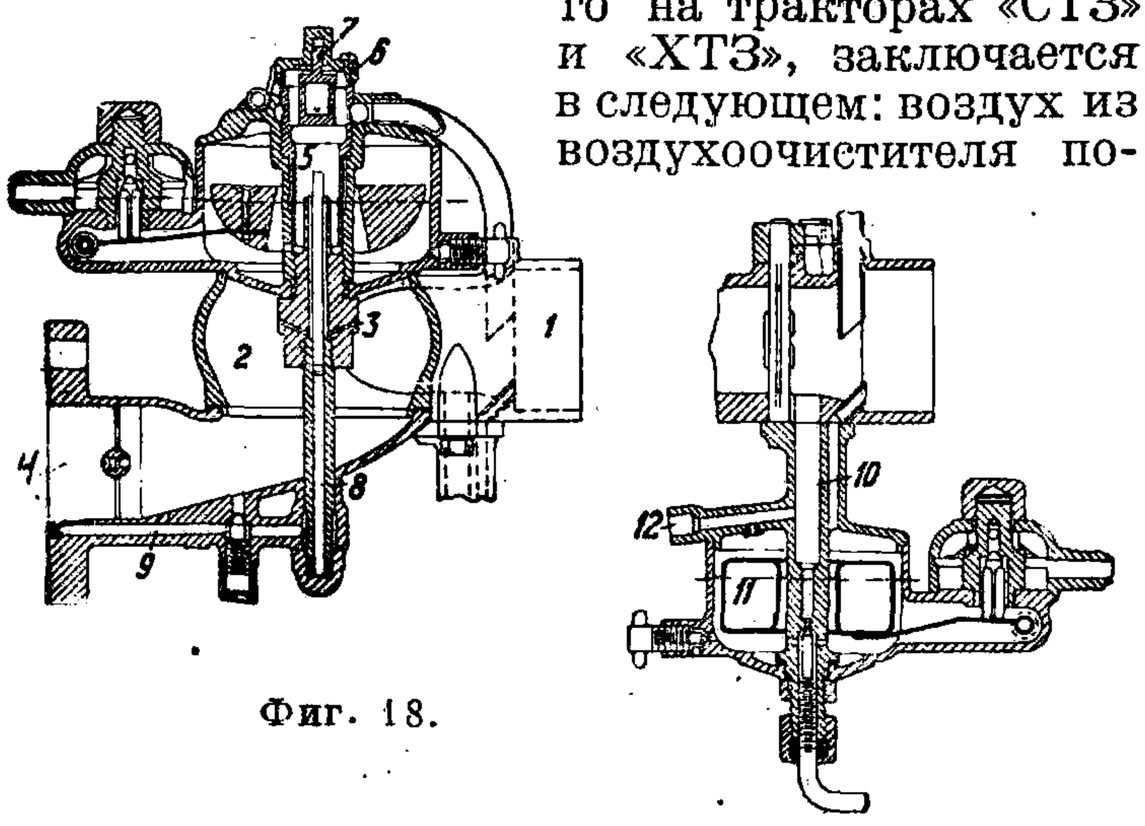
$$x + e = \frac{Gh\sin\alpha + Jh + R(f+b)\sin\gamma + F_к(h_к\cos\beta + c\sin\beta)}{G\cos\alpha - R\sin\gamma}, \quad (21')$$

откуда

$$Ga\cos\alpha \geqslant Gh\sin\alpha + Jh + R(L+f)\sin\gamma + F_к(h_к\cos\beta + c\sin\beta). \quad (22)$$

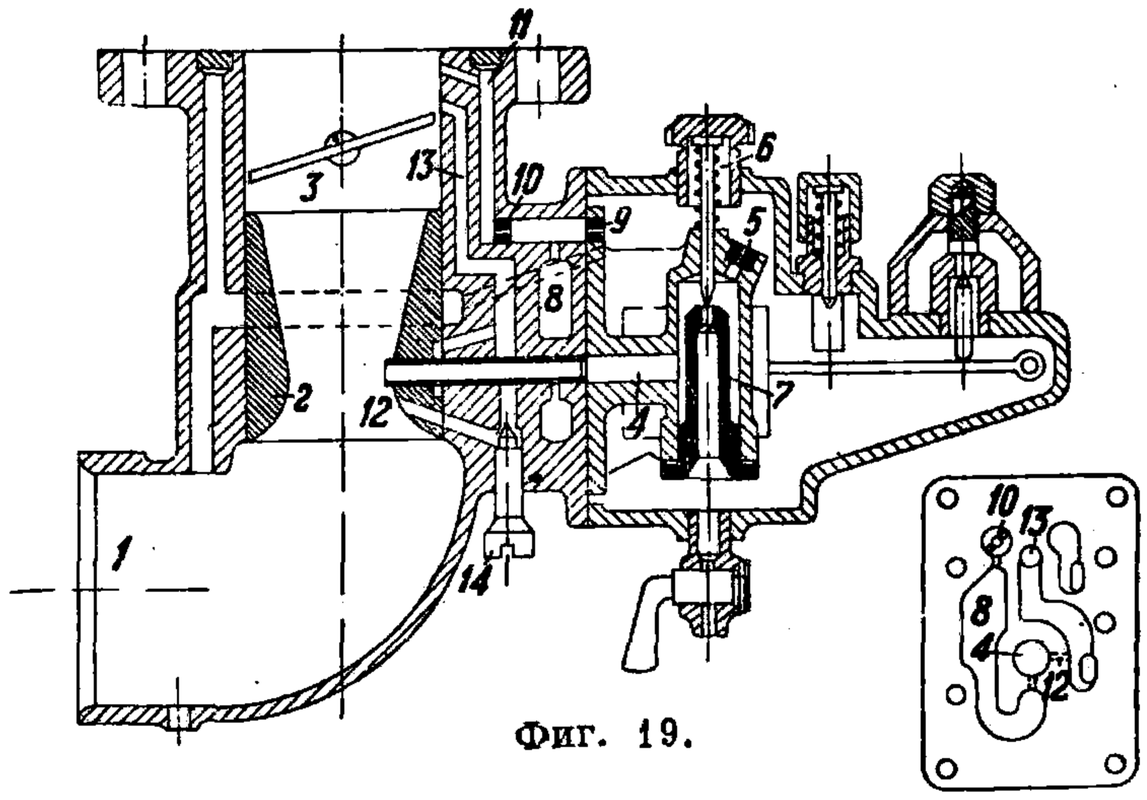
На горизонтальном участке ($\alpha = 0$), без прицепа ($F_к = 0$), при равномерном движении ($J = 0$) и при глубине следа ~ 0, т. е. $\gamma = 0$, условием устойчивости будет $Ga \geqslant 0$, т. е. Т. опрокинуться не может.

Механизмы Т. Двигатель трактора и его оборудование в конструктивных формах мало чем отличается от автомобильного (см. *Автомобильный двигатель* и *Двигатели внутреннего сгорания*). Двигатель Т. работает в большинстве случаев с полной мощностью и, так как нужно иметь большой сцепной вес Т., нецелесообразно облегчать двигатель за счет его надежности и сроков службы или путем применения дорогих легких металлов и сплавов. Материалом двигателя Т. являются почти исключительно чугун и углеродистая сталь. Редкие перерывы в работе позволяют употреблять дешевые сорта топлива—керосин, лигроин и моторную нефть, применяя лишь для пуска в ход двигателя легкий бензин. В связи с этим степень сжатия не превышает 4,2; для устранения преждевременных вспышек и детонации при этом воздух, подаваемый в двигатель, иногда увлажняется водой. *Карбюраторы* (см.) применимы, исключительно работающие на принципе предварительного эмульгирования топлива (Паллас, Солекс, Энсайн и др.). Принцип действия карбюратора Энсайн RW (фиг. 18), применяемого на тракторах «СТЗ» и «ХТЗ», заключается в следующем: воздух из воздухоочистителя по-



Фиг. 18.

ступает через патрубок *1* в улитку *2*. Образующееся большое разрежение в центре улитки подсасывает через отверстия *3* эмульсию топлива. Образующаяся рабочая смесь направляется далее к дросселю *4*. Одновременно крупные частицы топлива отбрасываются центробежной силой к стенке улитки и там, постепенно испаряясь, поступают в общий поток. Эмульгирование топлива происходит в камере *5*, количество подаваемого топлива в которую регулируется от руки подъемом колпачка *6*, а количество воздуха — автоматически клапаном *7*. При малой нагрузке эмульгированное топливо, проходя по каналам *8* и *9*, смешивается с воздухом за дроссельной заслонкой. Вторая часть карбюратора служит для увлажнения рабочей смеси, что достигается подачей воды, эмульгированной воздухом, идущим по каналу *10*, во всасывающую трубу из поплавковой камеры *11* по каналам *10* и *12*. Принцип действия карбюратора Энсайн AE (фиг. 19), применяемого на Т.



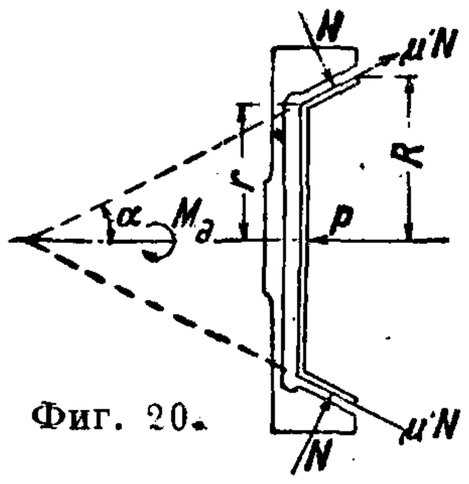
Фиг. 19.

«ЧТЗ», несколько усложнен. Воздух из воздухоочистителя поступает через патрубок *1* и конус *2* в смесительную камеру *3*. Создаваемое разрежение подсасывает эмульгированное топливо из трубки *4* и направляет, смешивая его с воздухом, вверх. Эмульсия образуется из воздуха, поступающего через сменное калиброванное отверстие *5*, и из топлива, впрыскиваемого через регулируемый иглой *6* жиклер *7*. При средних нагрузках разрежение у трубки *4* недостаточно для образования эмульсии топлива, и оно через колодец *8*, эмульгируясь воздухом, проходящим через сменные калиброванные отверстия *9* и *10*, подсасывается по каналу *11* образовавшимся за полуприкрытым дросселем достаточно большим разрежением. При малых нагрузках под действием еще большего разрежения за дросселем подается добавочное, опять же эмульгированное топливо через отверстие *12* по каналу *13*. Количество эмульгирующего воздуха регулируется здесь иглой *14*. При резком повышении нагрузки запас топлива в колодце *8* будет достаточен, чтобы через трубку *4* быстро подать необходимое количество топлива. По опытам тракторного отдела НАТИ наибольшее влияние на характер изменения качества смеси при плавном изменении нагрузки оказывает отверстие *12*, сделанное в карбюраторе постоянным.

Всасывающие трубы для устранения конденсации топлива подогреваются отходящими газами и подогревают рабочую смесь перед впуском ее в цилиндр. Обычно это достигается тем, что всасывающая труба окружается рубашкой, отлитой из чугуна за одно целое с трубой, и в нее отводится часть выхлопных газов, количество к-рых регулируется дроссельной заслонкой. Темп-ра подогретой рабочей смеси перед клапаном поддерживается в пределах 80÷100° в зависимости от сорта топлива. При такой системе карбюрации по опытам НАТИ двигатель надежно работает на бензоле и спирте, не развивая лишь полной мощности вследствие низкой степени сжатия.

Т., работающий в большинстве в пыльном воздухе, обязательно снабжается воздухоочистителем (см. *Пылеуловители*). (По остальным вопросам двигателя Т. и его оборудования см. *Автомобильный двигатель*, *Двигатели внутреннего сгорания*, *Магнето*, *Радиатор*, *Насосы* центробежные, *Вентиляторы* и пр.)

Трансмиссия Т. Детали трансмиссии нормально рассчитываются, исходя из наибольшего крутящего момента $M_д$ двигателя, увеличенного на 25—30%. При случайных перегрузках фрикционная муфта (сцепление) должна пробуксовать. Муфты, допускающие произвольную регулировку степени нажатия, а тем более допускающие регулировку распределения давления по поверхности трения, с этой точки зрения нерациональны. Связь между моментом трения M_c и необходимой силой нажатия P (фиг. 20) для всех типов муфт определится из следующих рассуждений [5]: полагая износ, а значит и работу трения распределенными равномерно по образующей поверхности трения, получим, что на усеченный конус бесконечно малой высоты с радиусом основания r_x действует сила



Фиг. 20.

$$dP = \frac{P\,dr_x}{(R-r)(\mu'\cos\alpha+\sin\alpha)} \neq \text{Const} \qquad (23)$$

и удельное давление

$$p_x = \frac{P(R+r)}{2mFr_x(\mu'\cos\alpha+\sin\alpha)} \neq \text{Const}. \qquad (24)$$

В этом случае элементарный момент сцепления

$$dM_c = \mu r_x dP = \frac{P\mu r_x dr_x}{(R-r)(\mu'\cos\alpha+\sin\alpha)},$$

откуда после интегрирования при z поверхностях трения получим:

$$M_c = \frac{1}{2} z\mu \frac{P(R+r)}{\mu'\cos\alpha+\sin\alpha} = \mu\, zmFrp_r, \qquad (25)$$

где m—часть окружности, участвующая в передаче момента, α—половина угла при вершине конической поверхности трения, μ—коэф. трения, создающий окружное усилие на поверхности трения (для сухого феррodo допускается $\mu = 0{,}3 \div 0{,}4$; при наличии смазки—$\mu = 0{,}08 \div 0{,}1$; для стальных дисков со смазкой—$\mu = 0{,}04 \div 0{,}1$ и при сухих дисках $\mu = 0{,}15 \div 0{,}18$); μ' — коэф. трения сопротивления перемещению вдоль оси муфты (для конуса $\mu' = 0{,}25 \div 1{,}0$; для колодочного сцепления μ' — коэф. трения в шарнирах включающих рычагов); p—переменное уд. давление на поверхность трения, наибольшая величина к-рого p_r будет на наименьшем радиусе r и наименьшая p_R — на наибольшем R. Для сухого феррodo допускается $p_r = 1 \div 1{,}5$ *кг/см²*; при работе стальных дисков в масле p_R д. б. $\geqslant 2{,}5$ *кг/см²*. Поверка муфты на нагревание [5, 6] производится по удельной (на *см²*) работе трения A_T за весь период включения. Т. нормально на рабочих скоростях трогается с места под полной нагрузкой и при постоянном поддерживаемом регулятором числе оборотов $n_д$ двигателя. Процесс трогания с места состоит из двух периодов: 1) при $n_д = \text{Const}$ плавно включается сцепление, но Т. стоит на месте, пока нагрузка двигателя не возрастает от 0 до N_{max}; 2) при $n_д = \text{Const}$ скорость Т. увеличивается от 0 до

$$v = \frac{3{,}6\pi n_д R_к}{30i}\ км/ч;$$

крутящий момент $M_д$ двигателя при этом во все время остается равным крутящему моменту M_c на ведомом валу сцепления, который в свою очередь определяется из $M_c = M_a + I\frac{d\omega}{dt}$, где M_a—момент на валу сцепления, необходимый для преодоления сопротивлений равномерному движению Т.; I—момент инерции, приведенной к ведомому валу сцепления массы Т. и вращающихся деталей трансмиссии; ω—угловая скорость ведомого вала муфты; i—передаточное число трансмиссии и $R_к$—радиус ведущих колес (в *м*). Тогда вся работа трения A_T выразится (см. *Муфты*):

$$A_T = \int_0^{t_1} \omega_д M\,dt + \int_0^{t_2} M_д\omega_д\,dt - \int_0^{t_2} \left(M_a + I\frac{d\omega}{dt}\right)\omega\,dt. \qquad (26)$$

Принимая равномерное нарастание M за первый период (в действительности нек-рые включающие механизмы дают замедленное включение) и равномерно ускоренное движение Т. во второй период, получим:

$$A_T = \frac{M_a\omega_д}{2}(t_1+t_2) + \frac{I\omega_д}{2}$$

или, подставляя

$$M_a = \frac{(F_к + \varphi_0 G)R_к}{\eta i},\quad \omega_д = \frac{vi}{3{,}6R_к}$$

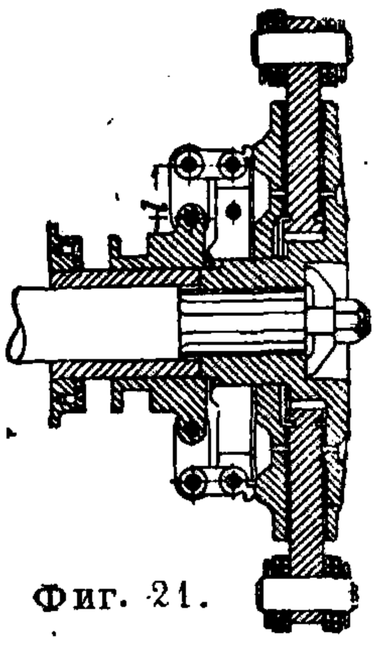
и

$$\frac{I\omega}{2} = \frac{mv^2}{2\cdot 3{,}6^2\eta},$$

получим:

$$A_T = \frac{(\varphi_0 G + F_к)v}{7{,}2\eta}(t_1+t_2) + \frac{mv^2}{26\eta}. \qquad (27)$$

Удельную работу трения получим, поделив полученную полную работу трения при разгоне на площадь трения $= \frac{\pi(R^2-r^2)}{\sin\alpha}\cdot z\cdot m$. Если принимать продолжительность разгона на рабочей скорости $t_1 + t_2 = 5$ сек., то величина A_T для современных марок колеблется от 5 до 9 *кгм/см²*. Плавность включения достигается или увеличением числа дисков при малых диаметрах или определенной кинематической связью включающих механизмов.


Фиг. 21.

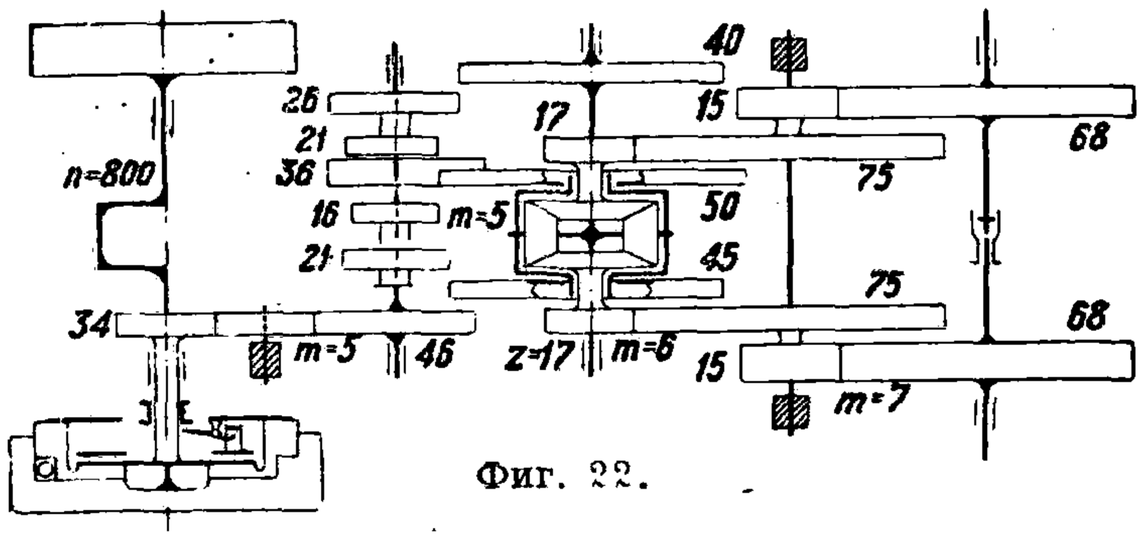
У муфты Т. «ЧТЗ» (фиг. 21) эта связь характеризуется величиной $(1-\cos\alpha)$. Предельное при $\alpha=0$ нажатие на диск устанавливается по величине

$$T = \lim_{\alpha=0} \frac{P}{\frac{2\mu' l\cos\alpha}{r} + \sin\alpha} = \frac{Pr}{2\mu' l}, \qquad (28)$$

где α, T, l и r—угол с вертикалью, усилие по штанге, длина и радиус шарниров перекидной штанги, P—горизонтальное усилие на включающую муфту. Пружинные однодисковые и многодисковые муфты по существу мало отличаются от автомобильных. Перекосы при сжатии дисков избегаются тем, что одна из групп ведущих или ведомых дисков имеет свободу наклона своей оси относительно оси вращения. Бортовые фрикционы управления гусеничным

трактором в связи с большим крутящим моментом делаются исключительно многодисковые.

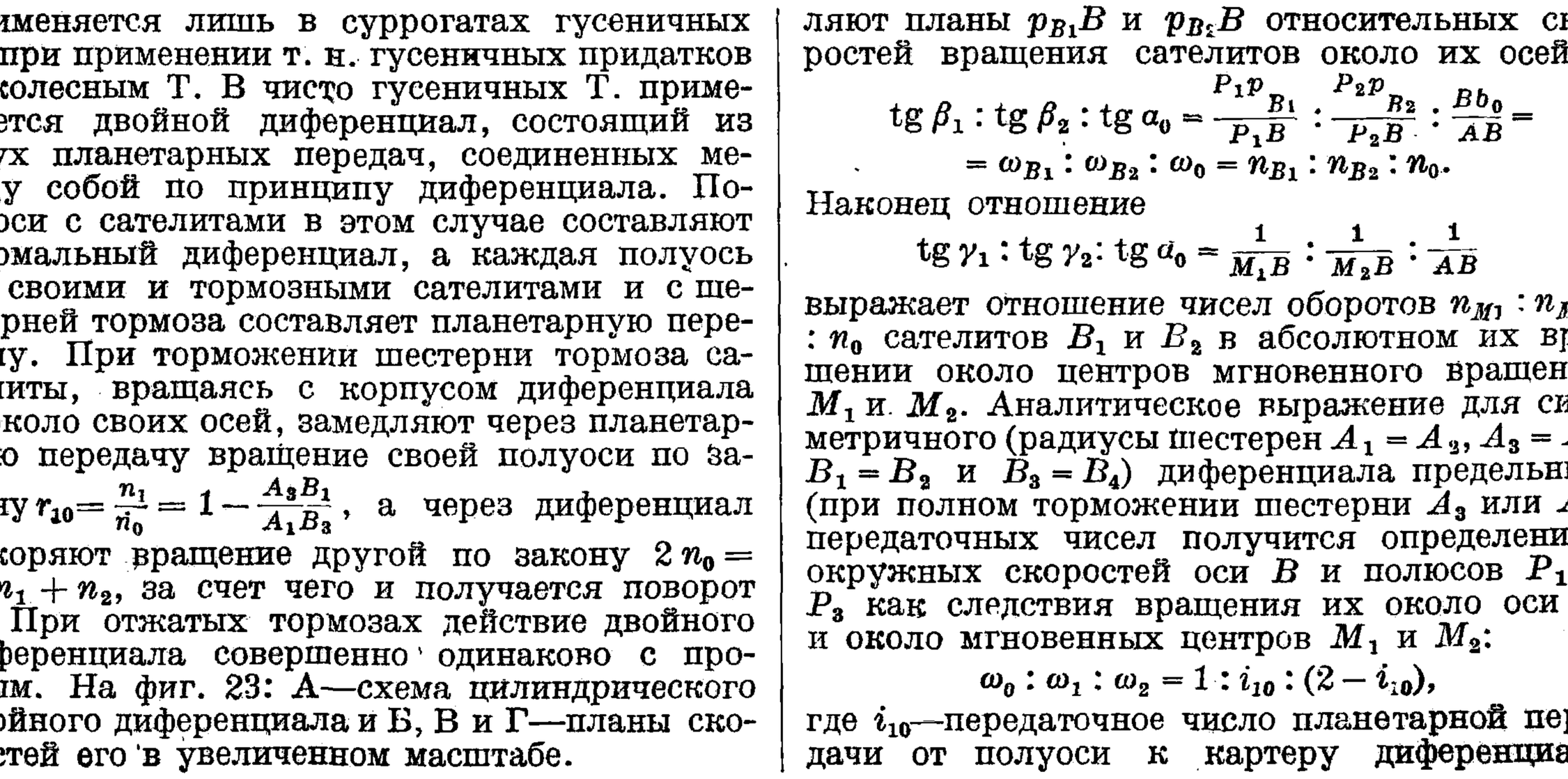
В отличие от автомобильных (см. *Автомобиль*) коробки скоростей на Т. делаются в большинстве без промежуточного вала, по конструкциям же отдельных деталей не отличаются от автомобильных. Картер коробки скоростей обычно составляет одно целое с картером всей трансмиссии и служит одновременно остовом Т. В нек-рых же системах, напр. Бенц (фиг. 22) [2], не представляется даже



Фиг. 22.

возможным наметить границу, отделяющую коробку скоростей от остальной передачи.

Дифференциал (см.) колесных Т. по принципу устройства ничем не отличается от дифференциала автомобилей (см. *Автомобиль*). В гусеничных же Т. простой дифференциал



Фиг. 23.

применяется лишь в суррогатах гусеничных Т. при применении т. н. гусеничных придатков к колесным Т. В чисто гусеничных Т. применяется двойной дифференциал, состоящий из двух планетарных передач, соединенных между собой по принципу дифференциала. Полуоси с сателитами в этом случае составляют нормальный дифференциал, а каждая полуось со своими и тормозными сателитами и с шестерней тормоза составляет планетарную передачу. При торможении шестерни тормоза сателиты, вращаясь с корпусом дифференциала и около своих осей, замедляют через планетарную передачу вращение своей полуоси по закону $r_{10}=\frac{n_1}{n_0}=1-\frac{A_2B_1}{A_1B_2}$, а через дифференциал ускоряют вращение другой по закону $2n_0=n_1+n_2$, за счет чего и получается поворот Т. При отжатых тормозах действие двойного дифференциала совершенно одинаково с простым. На фиг. 23: А—схема цилиндрического двойного дифференциала и Б, В и Г—планы скоростей его в увеличенном масштабе.

План Б построен при условии полного торможения левым барабаном тормозной шестерни *3*, план В—при частичном торможении правым барабаном шестерни *4* и план Г—применительно к симметричному, какие только и применяются на Т., двойному дифференциалу Т. «Клетрак». На всех планах отрезок AB выражает расстояние между полуосями A и осью сателитов B, на котором размещены в масштабе полюса зацепления P_1, P_2, P_3, ... всех шестерен дифференциала. Горизонтальные отрезки Bb_0, P_1p_1, P_2p_2—векторы окружных скоростей оси сателитов B и полюсов P_1 и P_2; отношение

$$\operatorname{tg}\alpha_1:\operatorname{tg}\alpha_2:\operatorname{tg}\alpha_0=P_2p_1':P_2p_2:P_2p_0''$$

выражает отношение угловых скоростей $\omega_1:\omega_2:\omega_0$ полуосей и корпуса дифференциала, равное отношению $n_1:n_2:n_0$ числа оборотов их. На основе принципа действия механизма дифференциала окружные относительные (по отношению к корпусу дифференциала) скорости полюсов P_1 и P_2 равны по абсолютной величине и имеют разные знаки, что на планах выражено равенством и разным относительно плана Ab_0 корпуса дифференциала направлением отрезков p_1p_0' и p_2p_0''; равные им по величине и знаку отрезки P_1p_{B1} и P_2p_{B2}, отложенные от центральной линии AB, определяют планы $p_{B_1}B$ и $p_{B_2}B$ относительных скоростей вращения сателитов около их осей и

$$\operatorname{tg}\beta_1:\operatorname{tg}\beta_2:\operatorname{tg}\alpha_0=\frac{P_1p_{B_1}}{P_1B}:\frac{P_2p_{B_2}}{P_2B}:\frac{Bb_0}{AB}=$$
$$=\omega_{B_1}:\omega_{B_2}:\omega_0=n_{B_1}:n_{B_2}:n_0.$$

Наконец отношение

$$\operatorname{tg}\gamma_1:\operatorname{tg}\gamma_2:\operatorname{tg}\alpha_0=\frac{1}{M_1B}:\frac{1}{M_2B}:\frac{1}{AB}$$

выражает отношение чисел оборотов $n_{M1}:n_{M2}:n_0$ сателитов B_1 и B_2 в абсолютном их вращении около центров мгновенного вращения M_1 и M_2. Аналитическое выражение для симметричного (радиусы шестерен $A_1=A_2$, $A_3=A_4$, $B_1=B_2$ и $B_3=B_4$) дифференциала предельных (при полном торможении шестерни A_3 или A_4) передаточных чисел получится определением окружных скоростей оси B и полюсов P_1 и P_3 как следствия вращения их около оси A и около мгновенных центров M_1 и M_2:

$$\omega_0:\omega_1:\omega_2=1:i_{10}:(2-i_{10}),$$

где i_{10}—передаточное число планетарной передачи от полуоси к картеру дифференциала

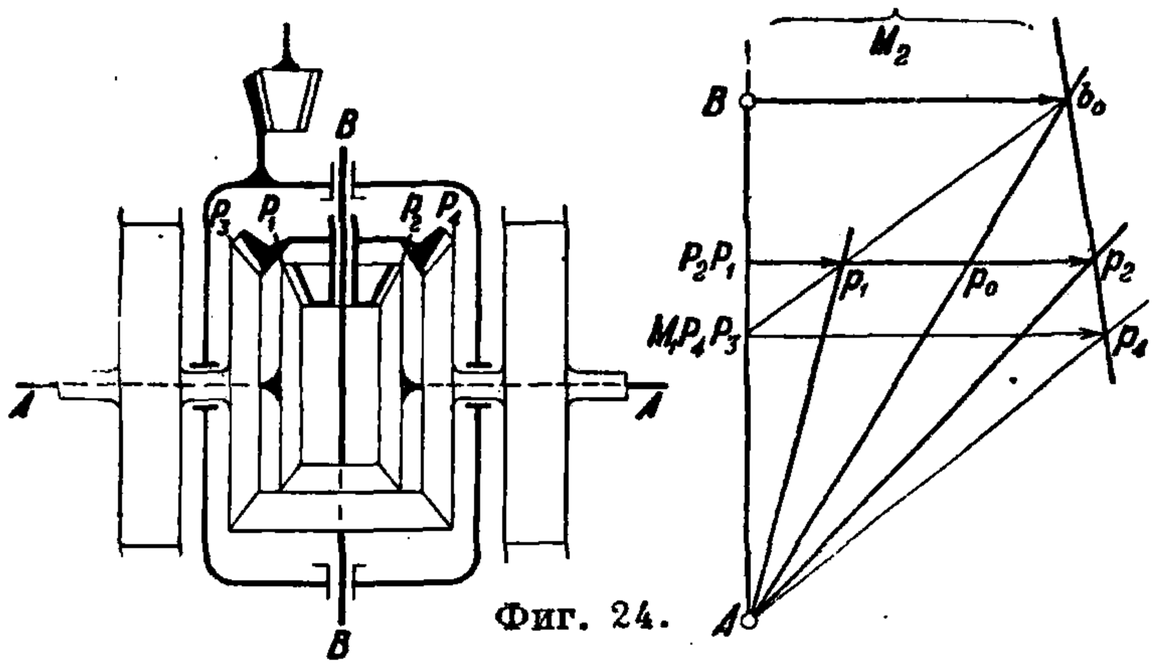
$i_0 = \left(1 - \frac{A_3 B_1}{B_3 A_1}\right) : 1$. Предельное передаточное число между полуосями найдется из соотношения

$$i_{max} = i_{21} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{2}{i_{10}} - 1 = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\frac{R}{B}}{\frac{R}{B} - 1}, \quad (29)$$

по к-рому определяется наименьший возможный радиус поворота R_{min}:

$$R_{min} = \frac{i_{21}}{i_{21} - 1} B = \frac{2 - i_{10}}{2(1 - i_{10})} B, \quad (30)$$

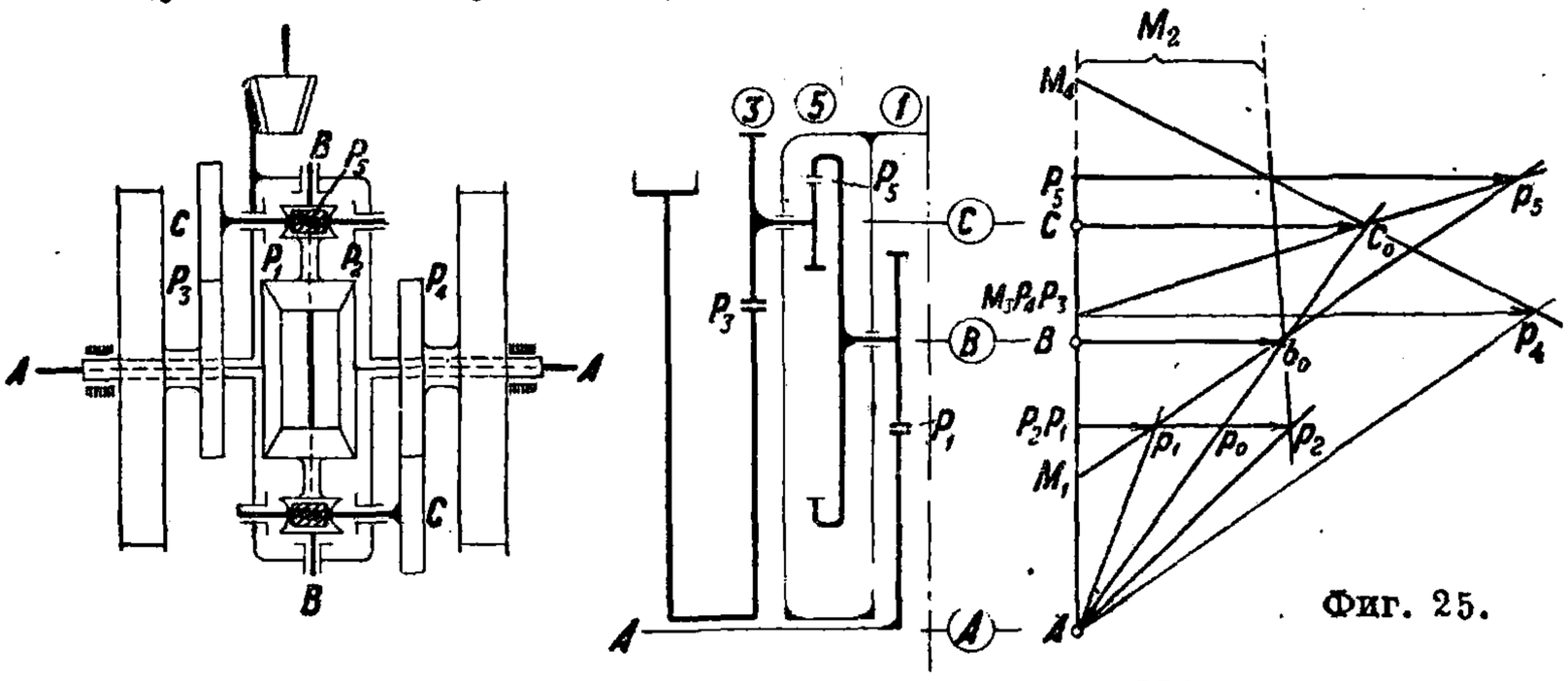
где B — ширина колеи Т. Конический двойной диференциал (фиг. 24), применяемый на Т. «Линке-Гофман», отличается от цилиндрического только тем, что парные цилиндрические сателиты в нем заменены ординарными коническими. Сложный с червячной передачей двойной диференциал (фиг. 25, *I*) Т. «Ганномаг» усложнен промежуточной червячной переда-



Фиг. 24.

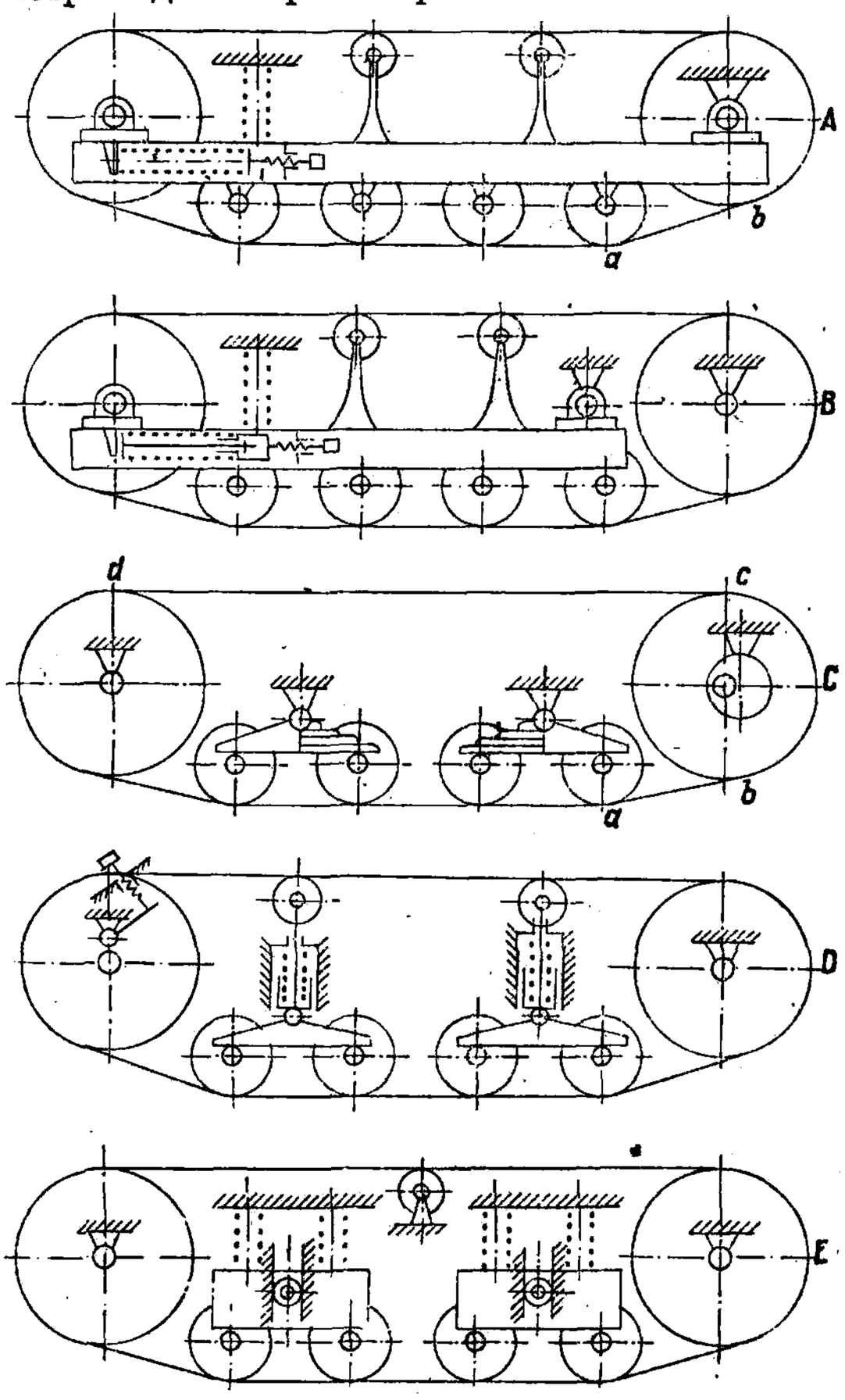
чей с целью избегнуть за счет самоторможения червяка непроизвольных поворотов Т., свойственных всем гусеничным Т. с диференциалом, т. к. случайное сопротивление на одной из гусениц равносильно торможению ее, и как следствие—независящий от водителя поворот. Для расчета такого диференциала схему его можно заменить схемой, показанной на фиг. 25, *II*; где вместо червячной пары показана цилиндрич. пара с внутренним зацеплением. Графич. расчет такой схемы показан на плане скоростей фиг. 25, *III*, на основе к-рого легко произвести и аналитич. расчет.

Принцип действия гусеничного механизма (см. *Гусеничный движитель*) заключается в том, что ведущая зубчатка, наматывая на себя лежащую на земле гусеничную цепь, через опор-



Фиг. 25.

ные подшипники своего вала толкает корпус Т., к-рый вследствие этого катится на опорных роликах по переносимой через ленивец вперед гусеничной цепи. Основные типы подвески Т. на опорных роликах, характеризующие способность гусеничной ленты применяться к неровностям грунта, и связанные с этим тяговые качества Т. по сцеплению с грунтом и мягкость подвески изображены на схемах фиг. 26. Первые два типа *A* и *B* применяются в большинстве сельскохозяйственных типов Т., остальные три—*C*, *D* и *E*—в более или менее быстроходных транспортных Т. Основные по-



Фиг. 26.

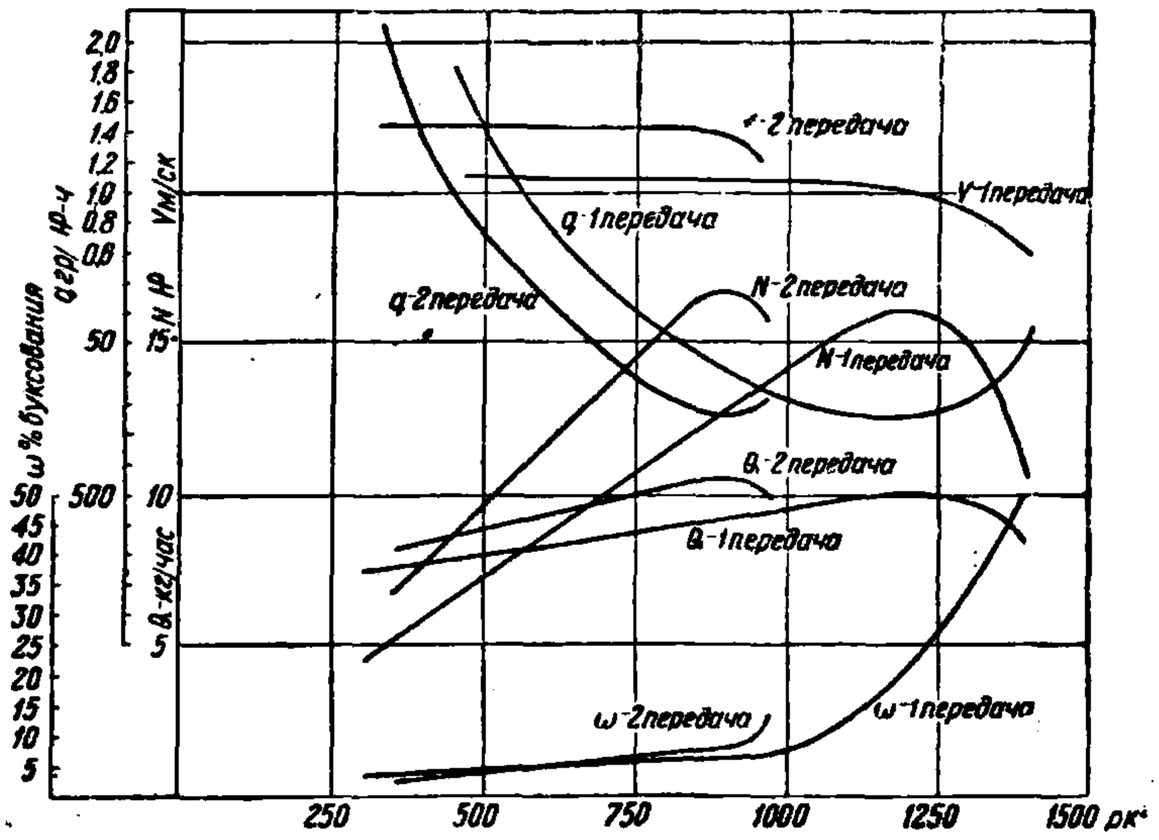
тери энергии в гусеничном механизме [7] происходят в местах сгиба и разгиба натянутой части гусеничной ленты (*a* и *b* при задней ведущей зубчатке и *a*, *b*, *c*, *d*—при передней), а также на качение опорных роликов по ленте, и в результате кпд гусеничного механизма в целом достигает 0,92÷0,85. Этих потерь нет в колесном Т., но на мягких грунтах их значительно превышают потери на прессование грунта и буксование, сопровождающие работу колесного Т.

Современные контрольные испытания целых Т. состоят из определения зависимости свободной мощности на тяговом крюке $N_к$, скорости v, буксования ведущих органов по грунту ω и часового расхода топлива Q от нагрузки (силы тяги) $F_к$ на крюке при наличии всех сопровождающих работу Т. явлений. Графическое изображение результатов испытаний Т. (характеристики), произведенных НАТИ с Т. «СТЗ» [8] на сухой стерне с удельным сопротивлением вспашке ~0,5 *кг/см²*, приведено на фиг. 27. Отклонение кривой $N_к/F_к$ от прямой, проходящей через начало координат, является

Эксплоатационные характеристики Т. советского производства (в округленных цифрах).

Характеристики	«СТЗ» и «ХТЗ»	«ЧТЗ»	«Коммунар»	
			ТрГ 50 (9 Г)	ТрГ 75 (9 ГУ)
Номинальная мощность, HP	15/30	48/60	50	75
Нормальная тяга на рабочей (II) скорости, *кг*	900	3 200	2 100	2 400
Норм. тяга на III скорости, *кг*	600	2 200	1 200	1 300
Макс. тяга на I скорости, *кг*	1 200÷1 400	4 300÷5 200	4 500÷5 100	5 200÷5 800
Скорости движения, *км/ч*;				
I	3,51	3,08	1,8	2,33
II	4,52	4,18	4,75	6,16
III	7,05	5,95	7,00	9,06
задний ход	4,20	2,18	2,40	3,10
Вес трактора, *т*	2,7	8,7	8,0	8,0
Вес в рабочем состоянии, *т*	3,0	9,1	8,5	8,5
Габарит:				
длина, *мм*	3 500	3 880	4 350	
то же с транспорт. крюком	—	4 020	5 150	
ширина, *мм*	1 690	2 100	2 060	
высота, *мм*	1 780	2 100	2 460	
то же с крышей	—	2 700	2 800	
Ширина колеи, *мм*	1 350	1 830	1 510	
Продольная база, *мм*	2 170	—	—	—
Опорная длина гусениц, *мм*	—	1 110÷2 020	2 000÷3 000	
Ширина гусениц, *мм*	—	406	400	
Шаг звена, *мм*	—	203	254	
Число зубьев ведущей зубчатки	—	27/2	17/2	
Размеры колес:				
диаметр задних, *мм*	1 270	—	—	—
диаметр передних, *мм*	861	—	—	—
ширина задних, *мм*	310	—	—	—
ширина передних, *мм*	160	—	—	—
Клиренс, *мм*	260	350	420	
Тяговой крюк:				
высота, *мм*	300÷500	445	600 и 450	
боковой вынос, *мм*	± 200	±270	±320	
Двигатель:				
диаметр цилиндров, *мм*	115	165	150	
ход поршня, *мм*	152	216	180	
число цилиндров	4	4	4	
число об/мин.	1 050	650	850	1 100
степень сжатия	4,2	3,86	3,8	4,25
норм. топливо	керосин	лигроин	керосин	бензин
Емкость баков, *л*:				
основного топлива	68	350	320	380
пускового »	3,75	20	60	—
Емкость масляной системы, *л*:				
двигателя	9	19	16	
трансмиссии	32	63	60	
Емкость системы охлаждения, *л*	53	60	70	
Приводной шкив:				
диаметр, *мм*	428	406	700	
ширина, *мм*	230	254	250	
число об/мин.	625	650	405	
Привод к маш.-орудиям, число об/мин.	535	650	405	
Регулировка механизмов распределения:				
всасывание	+ 8, +38	+ 7, +15	+ 9, +38	—
выхлоп	−50, +10	−45, +12	−41, + 5	—
норм. зазор, *мм*	0,3	0,6	0,5	—
Карбюратор	Энсайн RW Ø 38 *мм* (см. выше)	Энсайн AE Ø 14,5 *мм* (см. выше)	Зенит Ø 55 *мм* (см. *Карбюраторы*)	
Магнето (см.)	Сцинтилла	Сцинтилла g. № 4	Бош ZR 4	
Регулировка:				
числа оборотов	пломбир. пружиной	пломбир. пружиной	от ручного рычажка	
подогрева воздуха	нет	нет	впуском холодного	
подогрева смеси	заслонкой	заслонкой	не регулир.	
фрикциона двигателя	распределен. отжатия	степенью нажатия	не регулир.	
бортовых фрикционов	—	не регулир.	распределен. нажатия	
тормозов	степенью затяжки	степенью затяжки	согласован. с управлен. борт. фрикциона	
натяжения гусениц	—	буферной пружиной	натяжным винтом	

следствием падения числа оборотов двигателя сначала за счет увеличения энергии регулятора, а после перехода через наибольшую мощность двигателя—за счет перегрузки двигателя и вследствие прессования грунта шпорами вначале и сдвига пласта грунта в конце. Перегиб кривой $N_к/F_к$ определяет наибольшую возможную мощность на крюке при данных внешних условиях работы Т. Кривая



Фиг. 27.

$Q/F_к$ часового расхода топлива, начинаясь от нек-рой постоянной величины Q_{xx}, соответствующей расходу на самопередвижение Т. при холостом ходе ($F_к = 0$), растет вместе с кривой $N_к/F_к$. Характер протекания ее однако отличается от кривой $N_к/F_к$ за счет качества работы карбюрации при разных нагрузках и гл. образом за счет буксования ω, выпрямляясь и даже загибаясь иногда вверх с увеличением последнего. Кривая $q/F_к$ удельного расхода на крюковую Нр-ч является производной из двух кривых $Q/F_к$ и $N_к/F_к$ и наглядно показывает экономичность той или иной нагрузки Т. Крутой подъем ее от перегиба вправо вверх зависит гл. обр. от величины буксования, а влево вверх—от величины энергии, затрачиваемой на самопередвижение Т. Кривая буксования $\omega/F_к$ характеризует относительную потерю энергии за счет потери скорости при пробуксовке ведущих органов по грунту.

$$\omega = \frac{F_0(v_x - v)}{F_0 v_x} \cdot 100 = \left(1 - \frac{n_x}{n}\right) 100 \text{ (в \%)}.$$

Здесь F_0—полная сила тяги на шпорах, $F_0 v_x$—мощность на полуосях при отсутствии буксования; $v_x - v$—потеря в скорости, n_x и n—суммарное число оборотов ведущих органов при холостом ходе и под нагрузкой на одной и той же длине пути. Основные данные по Т. союзного производства см. в таблице.

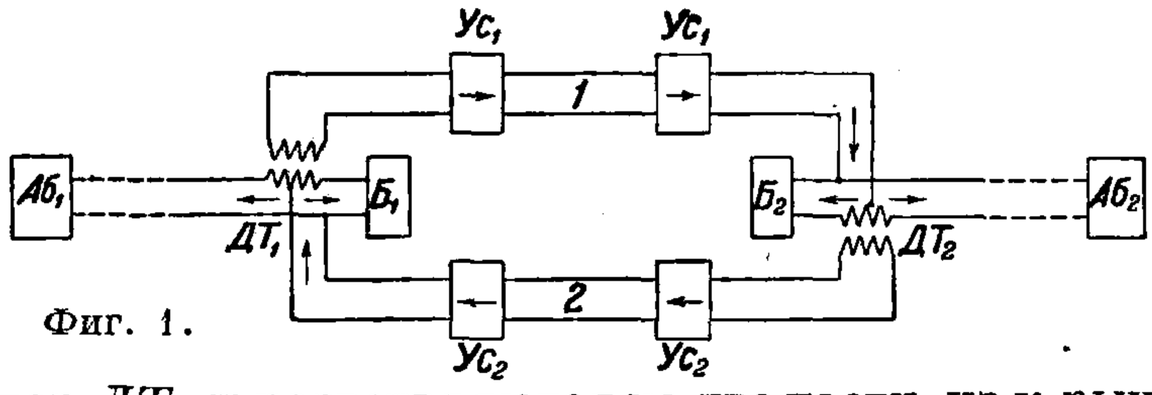
Лит.: [1] Львов Е., Тракторы, М., 1931; [2] Лебедев и Сеславин, Атлас тракторов «СТЗ», М., 1933; [3] Львов Е., Динамика колесного трактора, «Автотракторное дело», М., 1932, *4*; [4] Заславский В., Краткий курс расчета танков и их механизмов, М., 1932; [5] Брумберг Ф., Расчет сцеплений, «Труды ВАММ», *3*; [6] Чудаков Е., Расчет автомобиля, «Известия НАТИ», М., 1932, *1—2*; [7] Вержбицкий Н., Кинематика гусеничной ленты; там же, М., 1932, *3—4*; [8] Якоби и Тюляев, Итоги первого года эксплоатации тракторов Сталинградского тракторного з-да и Харьковского тракторного з-да, там же, 1932, *5*; Кристи М., Курс испытаний гусеничных машин, М., 1933; Мак Киббен Е., Кинематика и динамика с.-х. колесного трактора, Л., 1932; Львов Е., Динамика гусеничного трактора, там же, М., 1932; Отчет по испытанию тракторов в Персияновке, ч. 1, 2 и 3, Ленинград, 1930; The Red Tractor Book, Cooperative Tractor Catalog, ежегодно; Becker, Motorschlepper, Berlin, 1926 (перев.).

М. Кристи.

ТРАМВАЙ, см. *Электрические железные дороги* и *Вагоны* трамвайные.

ТРАНСЛЯЦИЯ РАДИО на провода, или комбинированная радиопроводная телефонная связь, представляет собой сочетание радиотелефонной и проводных цепей. Использование радиотелефонной связи в соединении с телефонной проводной цепью выдвигает нек-рые специальные условия, к-рые влекут за собой особенности, не встречающиеся при пользовании исключительно проволочной связью. Рассмотрим встречающиеся при этом виде связи затруднения и способы их разрешения.

Принцип и условия работы радиотелефонной цепи. Связь между абонентами может быть осуществлена как по 2-, так и 4-проводной системе. При 2-проводной системе абоненты соединяются между собой при помощи двух проводов, по которым и производится передача разговора в обоих направлениях. При 4-проводной системе соединение производится при помощи четырех проводов, причем передача разговора в одну сторону производится по одной паре проводов, а в другую сторону—по другой паре. Включение в такую 4-проводную цепь абонентов, представляющих 2-проводную систему, производится посредством диференциального трансформатора. Принципиальная схема такой связи представлена на фиг. 1. Как видно из схемы, разговор слева направо проходит по линии *1* через усилители $Ус_1$ и справа налево—по линии *2* через усилители $Ус_2$. При передаче разговора от $Аб_1$ разговорные токи от его аппарата, пройдя диференциальный трансформатор $ДТ_1$ и линию *1*, поступают в диференциальный трансформа-



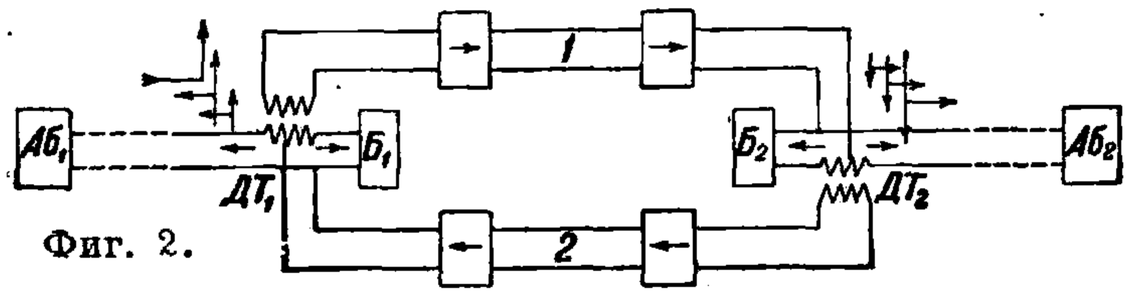
Фиг. 1.

тор $ДТ_2$ и разветвляются на две части, из к-рых одна отправляется к абоненту $Аб_2$, а другая в балансный контур $Б_2$. При полном совпадении входных сопротивлений балансного контура и абонентской линии разветвившиеся токи будут равны, и магнитные поля, создаваемые ими, равны и противоположны по фазе. Благодаря этому никакого воздействия на вторичную обмотку диференциального трансформатора, а следовательно и передачи разговора в линию *2* не произойдет. Аналогичная картина получается при передаче разговора от $Аб_2$ к $Аб_1$.

Из рассмотрения схемы четырехпроводной цепи видим, что назначение диференциальных трансформаторов помимо выполнения функции переходных устройств с двухпроводной системы на четырехпроводную заключается еще в том, чтобы пропускать разговор от абонента к абоненту и препятствовать прохождению такового с линии *1* на линию *2*, и наоборот; это имеет место только при полном равенстве входных сопротивлений приключаемой двухпроводной линии и балансного контура, т. е. при идеальном уравновешивании диференциального трансформатора. В этом случае затухания диференциального трансформатора имеют следующие величины в цепях:

$Аб_1$—линия *1*	0,5 непера
Линия *2*—$Аб_1$	0,5 »
Линия *2*—линия *1*	∞ непер

и аналогично на другом конце. Однако в действительных условиях всегда имеет место известная неуравновешенность дифференциального трансформатора, и поэтому затухание с линии *2* на линию *1* или с линии *1* на линию *2* имеет конечную величину и тем меньшую, чем бо́льшая налицо неуравновешенность. Вследствие этого происходит передача разговора с одной линии на другую и возникает т. н. я в л е н и е э х о. Процесс возникновения эхо ясно виден на фиг. 2. При передаче разговора от $Аб_1$ к

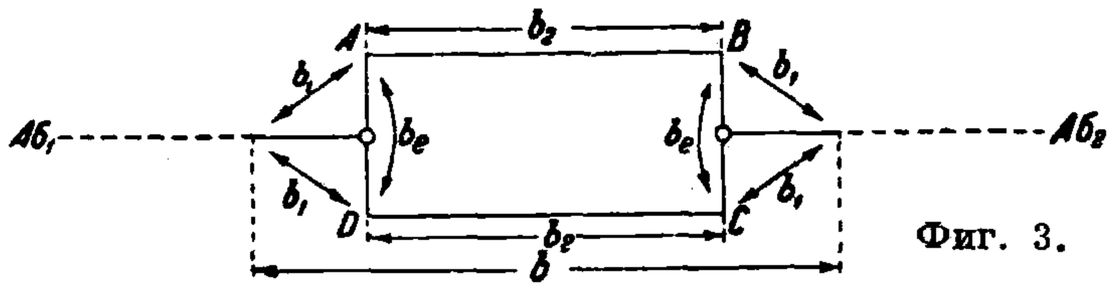


Фиг. 2.

$Аб_2$ разговорные токи $Аб_1$, подошедшие к средним точкам дифференциального трансформатора $ДТ_2$, разветвляются вследствие неуравновешенности дифференциального трансформатора на два неравных тока. Разность токов вызывает передачу на линию *2* разговора, к-рый возвращается к $Аб_1$ как п е р в о е э х о г о в о р я щ е г о и частично, благодаря имеющейся также и в $ДТ_1$ неуравновешенности, проходит на линию *1* и создает у $Аб_2$ т. н. п е р в о е э х о с л у ш а ю щ е г о. При большом времени, требующемся для пробега разговорным токам линии *1* и линии *2*, а также при больших неуравновешенностях дифференциального трансформатора может возникать большое число повторений таких эхо, к-рые вызывают значительные помехи при разговоре. Степень действия помех, вызываемых явлением эхо, определяется затуханием эхо $b_э$, равным половине натурального логарифма отношения мощности разговорного тока N_1 к мощности эхо-токов N_2:

$$b_э = \frac{1}{2} \ln \left| \frac{N_1}{N_2} \right|. \qquad (1)$$

Величина допустимого затухания эхо зависит от времени, к-рое протекает между передачей разговора и появлением эхо-токов. Для первого эхо это время равно двойному времени пробега разговорных токов по цепи. Эхо становится отчетливым, если время пробега равно примерно 50 *м/ск*. При этом помехи говорящему сказываются в том, что ему кажется, будто его собеседник делает замечания во время разговора, а для слушающего эхо-помехи снижают



Фиг. 3.

внятность речи. Это явление не оказывает влияния, если затухание эхо бо́льше 4 неперов. Выражения для определения величин затухания эхо для каждого из абонентов можно получить из упрощенной схемы 4-проводной цепи, изображенной на фиг. 3. Первое эхо говорящего абонента $Аб_1$ проходит путь $Аб_1ABCDАб_2$. Затухание эхо в этом случае будет равно

$$b_{э_1} = 2b_1 + 2b_2 + b_e. \qquad (2)$$

Аналогично получаем выражение затухания первого эхо слушающего

$$b_{э_2} = 2b_2 + 2b_e. \qquad (3)$$

В первом и во втором случаях затухание эхо зависит от затухания линии b_2 и затухания дифференциального трансформатора. Для получения большего затухания эхо необходимо, чтобы величины b_2 и b_e были возможно бо́льшими. Увеличение величины b_2, влияющей на остаточное затухание цепи

$$b = 2b_1 + b_2, \qquad (4)$$

ограничивается последним, т. к. по нормам Международного консультативного комитета по телефонии оно д. б. не выше 0,8—1,1 непера. Затухание же дифференциального трансформатора зависит от соответствия входных сопротивлений приключенной линии и балансного контура и выражается соотношением

$$b_e = \ln \left| \frac{Z_л + Z_б}{Z_л - Z_б} \right| + \ln 2, \qquad (5)$$

где $Z_л$—входное сопротивление линии, $Z_б$—входное сопротивление балансного контура. Т. о. затухание дифференциального трансформатора b_e определяет величину затухания эхо $b_э$. Требуемое затухание дифференциального трансформатора для четырехпроводной цепи, необходимое для получения затухания эхо, равного 4 неперам, определится сл. образом. Из условия остаточного затухания имеем

$$1{,}1 = 2b_1 + b_2,$$

при b_1—затухании дифференциального трансформатора в направлении $Аб_1$—линия,—равном 0,5 непера, получим

$$b_2 = 1{,}1 - 1 = 0{,}1 \text{ непера},$$

т. е. между точками цепи AB (фиг. 3) д. б. затухание 0,1 непера, и тогда затухание дифференциального трансформатора определится из (3):

$$b_e = \frac{b_{э2} - 2b_2}{2} = \frac{4 - 0{,}2 \cdot 1{,}0}{2} = 1{,}9 \text{ непера}.$$

Особо важное значение имеет выражение затухания эхо слушающего абонента:

$$b_{э_2} = 2b_2 + 2b_e,$$

т. к. оно определяет устойчивость цепи в отношении генерации. Выше указано, что это эхо понижает внятность речи и этим влияет на качество передачи. В предельном случае, когда усиление в цепи станет равно потерям, т. е. будет $b_{э_2} = 0$, и ток обратной связи будет совпадать по фазе с входящим током, в цепи наступит генерация. Т. о., чтобы в цепи не наступило генерации, д. б. соблюдено следующее условие в отношении затухания эхо:

$$2b_2 + 2b_e \geqslant 0$$

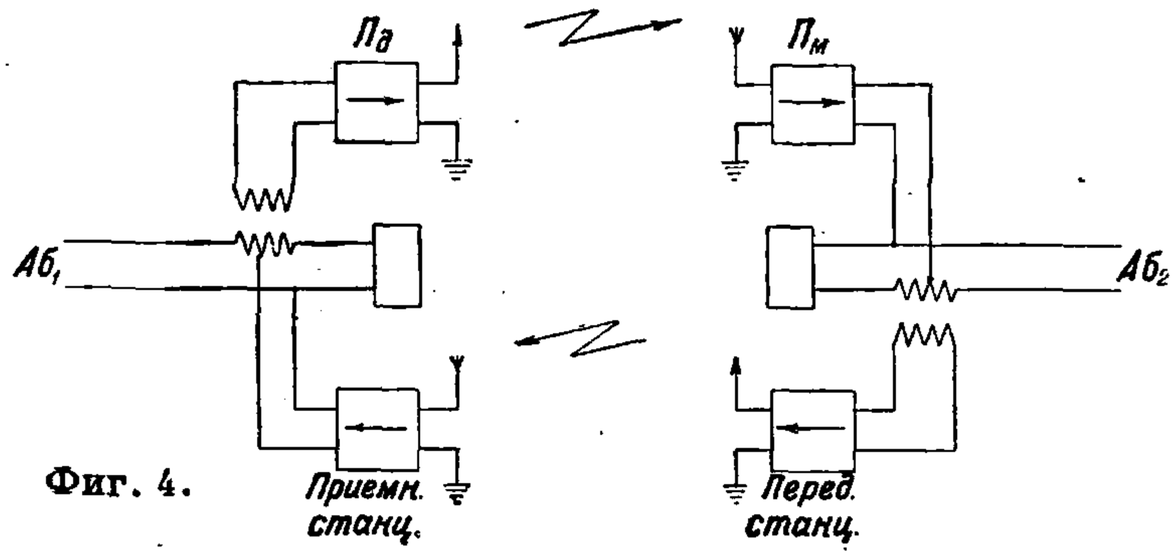
или

$$-b_2 \leqslant b_e. \qquad (6)$$

Для приведенного выше примера ($b_e = 1{,}9$) усиление между AB или CD (фиг. 3) м. б. до 1,9 непера, и в цепи не наступит генерации.

По принципу 4-проводной цепи построена и радиотелефонная связь, а потому явления, происходящие при передаче разговора по этой цепи, будут иметь место и в радиотелефонной связи. Принципиальная схема радиотелефонной цепи представлена на фиг. 4. Передача разговора от $Аб_1$ к $Аб_2$ здесь происходит сл. обр.: разговорные токи говорящего абонента, пройдя дифференциальный трансформатор, поступают на радиопередатчик $П_д$ и передаются последним. Радиоприемная станция $П_м$ противоположной стороны воспринимает их, и разговор через дифференциальный трансформатор поступает к слушающему абоненту. Радиотелефонная связь получается из 4-проводной связи, если заменить линию *1* и линию *2* (фиг. 1)

радиоканалами, т. е. включить на каждой стороне связи по передающей и приемной радиостанции. Вследствие этого все явления, наблюдаемые на 4-проводных цепях, имеют место и в радиотелефонных цепях. Радиотелефонная связь однако отличается от проводной слеФиг. 4.



дующими свойствами. 1) Радиотелефонная цепь подвержена шумам, вызываемым радиопомехами, в частности *атмосферными помехами* (см.), сила которых колеблется от ничтожного значения до значения такого же порядка, как и сигнал, который нужно принять. 2) Радиотелефонная цепь подвержена изменениям затухания беспроводной ее части, возникающим вследствие нерегулярно изменяющихся потерь вдоль атмосферного пути, что особенно наблюдается при работе на *коротких волнах* (см.) (см. также *Замирание*). Эти свойства радиотелефонных связей вызывают ряд трудностей, не встречающихся на проводных связях, и требуют специальных условий для работы цепи. Для уменьшения влияния атмосферных помех необходимо возможно лучшее соотношение между сигналами и помехами в приемном пункте (см. *Быстродействующие радиопередача и радиоприем*). Необходимое соотношение между сигналами и помехами устанавливается соответствующим выбором мощности передатчика и по возможности всегда полным использованием этой мощности, независимо от характера и затухания проволочных линий, соединенных с радиотелефонной цепью. Последнее достигается тем, что следят за уровнем разговора, поступающего от абонента на передатчик, и соответствующей регулировкой усиления поддерживают его на надлежащей высоте. Такие условия работы вызывают в цепи настолько сильную обратную связь, что легко возникает генерация. Произведенными измерениями установлено, что уровень речи абонента на зажимах радиотелефонной цепи обычно колеблется от 0 до −3 неперов. Чтобы обеспечить прохождение наиболее слабого абонента по уровню −3, необходимо так установить усиление промежуточных устройств, чтобы полностью нагрузить передатчик и на входе слушающего абонента дать нормальный уровень $0{,}8 \div 1{,}1$ непера. В этом случае остаточное затухание цепи, определяемое как разность уровней на входе и на выходе цепи, будет равно

$$b = -3 - (-0{,}8) = -2{,}2$$

и затухание между точками AB (фиг. 3) определится из (4):

$$b_2 = b - 2\,b_1 = -2{,}2 - 2 \cdot 0{,}5 = -3{,}2 \text{ непера},$$

т. е. получается довольно большое усиление, к-рое может еще нерегулярно изменяться в зависимости от затухания атмосферного пути. Из условия возникновения генерации (6) получаем, что генерация в цепи не возникнет, если затухание дифференциального трансформатора будет иметь величину $b_e \geqslant 3{,}2$ непера. В условиях же работы радиотелефонной цепи, предусматривающих возможность включения любого абонента, это затухание м. б. значительно меньше и в предельном случае, когда на обоих концах цепи абоненты совсем не будут включены, затухание дифференциального трансформатора, определяемое по ф-ле (5), будет равно

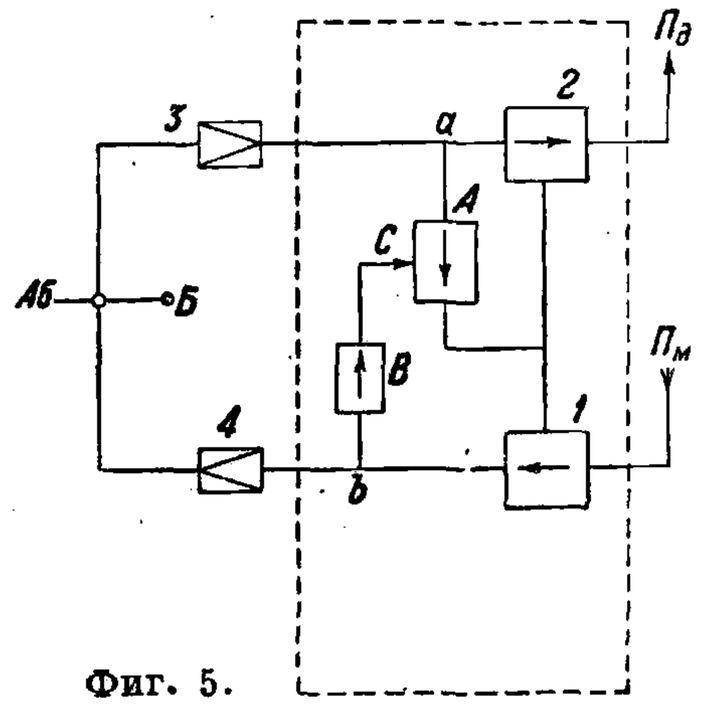
$$b_e = \ln 2 = 0{,}7 \text{ непера},$$

т. е. будет значительно меньше, чем требуется, чтобы не возникала генерация. Как видим, при таких условиях в цепи возникает генерация, и передача разговора делается невозможной.

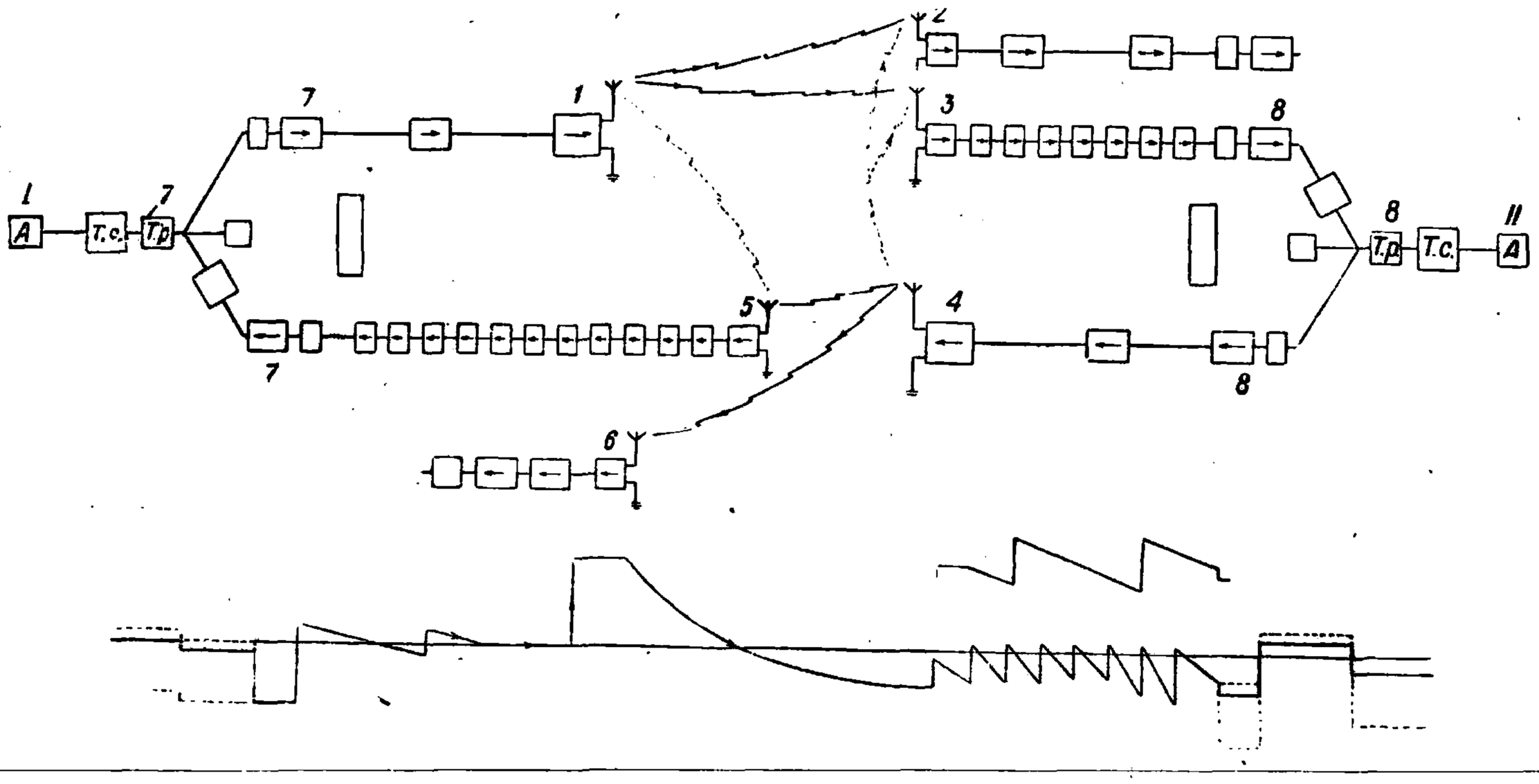
Выясненные помехи возможны при работе передающих станций на разных длинах волн. При работе передающих станций в обоих направлениях на одной длине волны к этим явлениям присоединяется еще обратная связь, возникающая от воздействия передающего устройства на свое же приемное, выражающаяся часто в наступлении генерации; все эти явления недопустимы при эксплоатации таких связей. Для устранения этих явлений необходимо исключить возможность возникновения обратной связи, а для этого радиотелефонные цепи необходимо оборудовать специальными аппаратами, известными под названием заградителей от обратной связи.

Заградители от обратной связи. Метод устранения обратной связи, положенный в основу работы заградителей, заключается в том, что дуплексная схема связи сводится к симплексной работе, т. е. в какой-либо момент работает лишь одна из двух разговорных цепей, а другая выключается. Т. о. работа заградителей заключается в том, что, пропуская разговор в одном направлении, они выключают другой путь. Благодаря этому величина затухания эхо становится весьма большой, и обратная связь, а также и генерация возникнуть не могут. Выключение одной цепи происходит автоматически под воздействием разговора, проходящего по другой цепи, и осуществляется тем, что выключаемая цепь или замыкается накоротко контактами специального реле или в нее вносится дополнительное затухание порядка 9—11 неперов. Заградительное устройство (фиг. 5, обведено пунктиром) состоит из приемного *1* и передающего *2* заградителей и двух усилителей-выпрямителей *A* и *B*. В положении покоя (когда нет разговора) путь на передатчик $П_д$ выключен передающим заградителем, а путь со стороны приема $П_м$ включен. Т. о. в этом положении включенным остается лишь одно направление, и обратная связь возникнуть не может. При поступлении разговора от абонента ответвившийся в точке *a* разговорный ток усиливается и выпрямляется усилителем-выпрямителем *A* и воздействует на приемный и передающий заградители—сначала выключает путь приема, а затем восстанавливает возможность прохождения тока на передатчик.

Фиг. 5.



Благодаря этому разговор проходит на передатчик, и исключается возможность возникновения обратной связи. При поступлении разговора с радиоприемной станции таковой проходит к абоненту и одновременно в точке *b* ответвляется и, пройдя через усилитель-выпрямитель *B*, выключает в точке *C* систему *A* и этим предупреждает неправильное срабатывание заградителя, к-рое могло бы произойти от воздействия прошедших через диференциальный трансформатор разговорных токов (на фиг. 5: *3*—усилитель передатчика, *4*—усилитель приемника). Таким образом в любом положении заградителя включенным остается лишь одно направление, а другое всегда выключается, чем исключается возможность возникновения в цепи обратной связи, а следовательно и генерации.



Фиг. 6.

Описанные выключения цепей могут производиться либо при помощи механич. реле либо электронных ламп, управляемых электрич. или магнитным полем. Радиотелефонные цепи, оборудованные подобными заградительными устройствами, работают достаточно устойчиво. В такую цепь можно включать любого абонента городской телефонной станции, а также удлинять ее любой междугородной проволочной цепью и благодаря этому получать весьма гибкую и удобную связь, особенно на большие расстояния и в трудно преодолимых природных условиях.

В настоящее время этот вид связи имеет большое распространение за границей и достаточно сильно развивается в СССР. В качестве примера этих связей за границей необходимо отметить связывающую два материка (Европу и Америку) первую радиотелефонную связь Лондон—Нью Иорк, давшую благодаря удачному своему разрешению толчок к дальнейшему бурному развитию этого вида связи. Схема связи Лондон—Нью Иорк представлена на фиг. 6. Разговор из Америки *I* в Англию *II* передается через передатчик, установленный в Рокки Пойнт *1*, и м. б. воспринят приемными станциями Роутона *2* и Купара *3*. Аналогично передача разговора из Англии в Америку производится через передатчик, установленный в Регби *4*, и воспринимается приемными станциями Хоултона *5* или Риверхэда *6*. Дублирование приема на каждой стороне обеспечивает большую устойчивость и лучшее качество связи, т. к. дает возможность принимать противоположную сторону с того приемного устройства, у к-рого условия приема лучше. Указанные приемные и передающие станции на каждой стороне связаны проволочными линиями воздушными и кабельными с междугородными станциями Нью Иорка *7* и Лондона *8*, на к-рых установлены и заградители от обратной связи. Проволочные линии, соединяющие радиостанции с междугородными станциями, имеют достаточно большую протяженность и поэтому снабжены для компенсации затухания промежуточными усилителями. Включение абонентов для ведения переговоров или удлинение этой связи другими междугородными цепями производится междугородными станциями так же, как и на обыкновенных междугородных связях, т. е. связь эксплоатируется нормальным образом. Распределение уровней передачи в цепи в направлении Нью Иорк—Лондон показывает помещенная на фиг. 6 диаграмма уровней. Диаграмма уровней в обратном направлении не приводится как представляющая совершенно аналогичную картину (на фиг. 6: *A*—абонент любого пункта телефонной сети, расположенного в США или Англии, *T. c.*—телефонная станция в США или Англии, *T. p.*—радиотрансляционный стол в Нью Иорке или Лондоне).

В СССР с 1931 г. работает первая радиотелефонная связь с Т. р. Москва—Ташкент. В настоящее время идет строительство целого ряда связей, оборудованных Т. р., с помощью к-рых возможно будет связать наиболее отдаленные районы Союза между собой. Не ограничиваясь этим, в целях расширения связи в международном масштабе научно-исследовательские лаборатории СССР одновременно ведут, с положительными результатами, опыты радиотелефонной связи с Т. р. между Москвой и Нью Иорком.

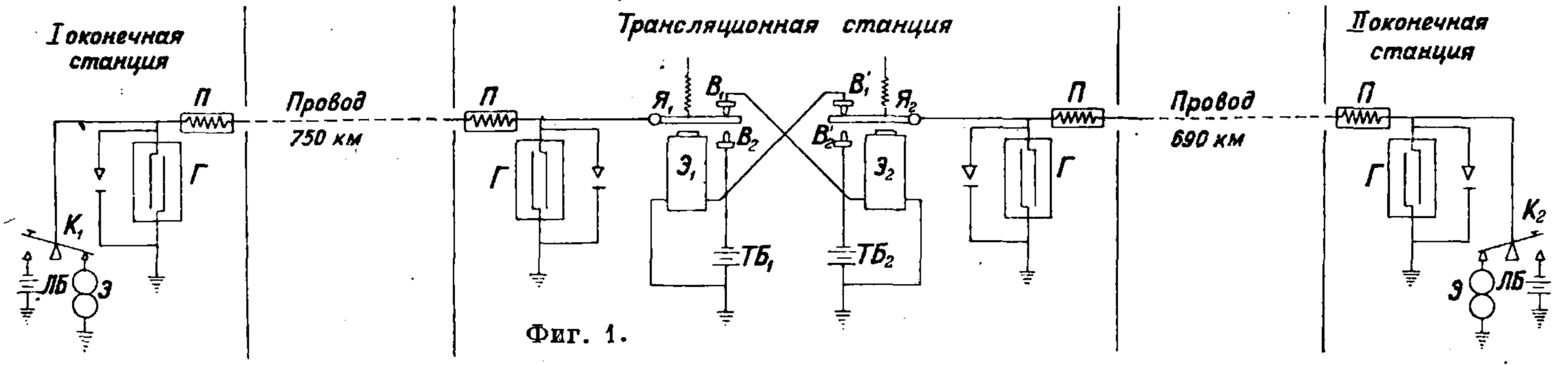
Лит.: Труды международного консультативного комитета по телефонным сообщениям на дальнее расстояние, пер. с франц. текста трудов МКК за 1930 г. с дополнениями из материалов 1931 г., стр. 193—197, М., 1933; Басик И., Переходные устройства для комбинированной радиопроводной связи Москва—Свердловск, «За реконструкцию электросвязи», М., 1931, *6*; Wright S. a. Silent H., The New York—London Telephone Cir-

cuit, «The Bell System Technical Journal», New York, 1927, v. 6, *4*; Wollner E., Die Fernsprechverbindung zwischen Europa u. Amerika, «Elektrische Nachrichtentechnik», Berlin, 1928, B. 5, H. 12; Fremerg F. a. Thomas P., «Electrical Communication», 1930, v. 8, *4*; Angwin A., «Electrical Communication», v. 8, *1*, 1930; Küpfmüller K., Telephonie und Mehrfachtelegraphie auf kurzen Wellen, «Telefunkenzeitung», Berlin, 1929, *53*; The Telephone Equipment Employed in Great Britain for the Transatlantic Radio Service, Radio Report № 144, Post Office Engineering Department, London.

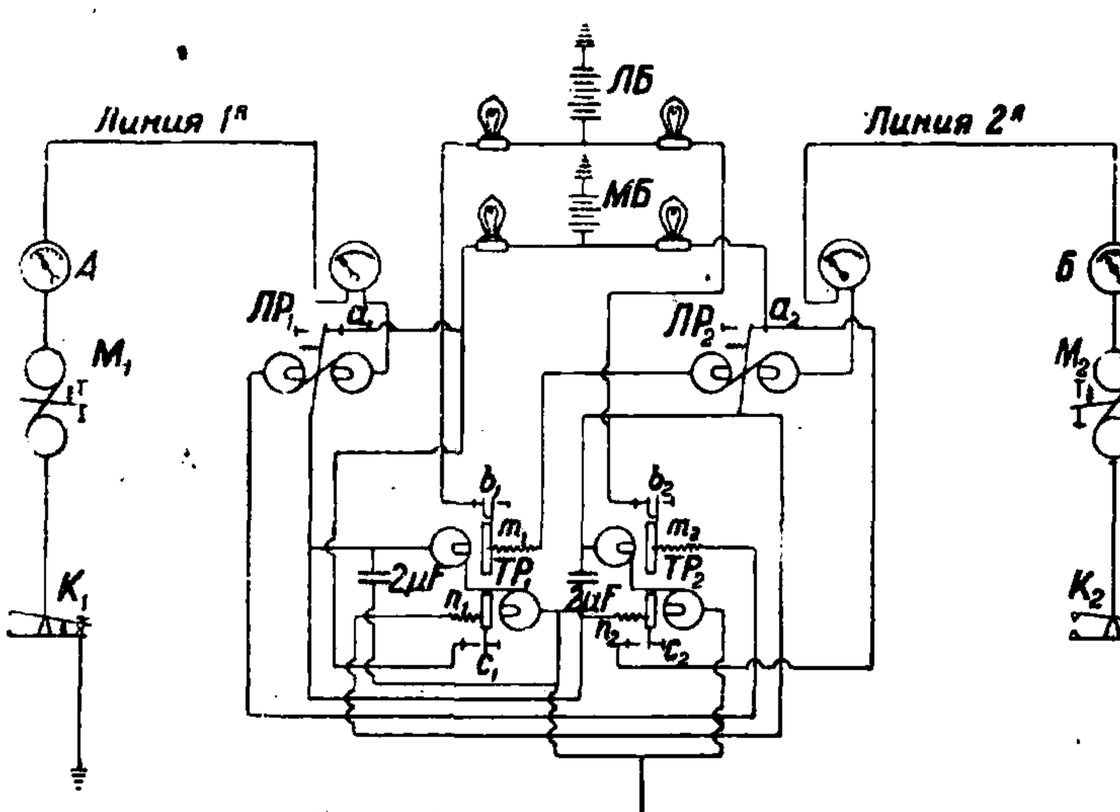
И. Басик.

ТРАНСЛЯЦИЯ ТЕЛЕГРАФНАЯ, система электромагнитных механизмов и вспомогательных приборов, позволяющих принять и передать дальше телеграфный сигнал. Правильная работа по приему и передаче телеграфных сигналов по железным проводам при рабочих напряжениях 200 V возможна при длине провода 600—800 *км*. Для достижения обмена между пунктами, удаленными на тысячи километров, необходимо устройство промежуточных станций, на к-рых устанавливаются специальные электромагнитные системы, приводимые в действие входящим током с передающей станции. Помощью специальных схем указанные электромагнитные системы посылают в провод и дальше по направлению к приемной станции ток от новой батареи. Ток этот проходит в зависимости от расстояния между оконечными пунктами через приборы второй промежуточной станции, от нее—третьей и т. д., достигая в конечном счете приборов оконечной приемной станции, где и призводится запись принятого сигнала. Промежуточные станции, оборудованные Т. т., носят название трансляционных станций.

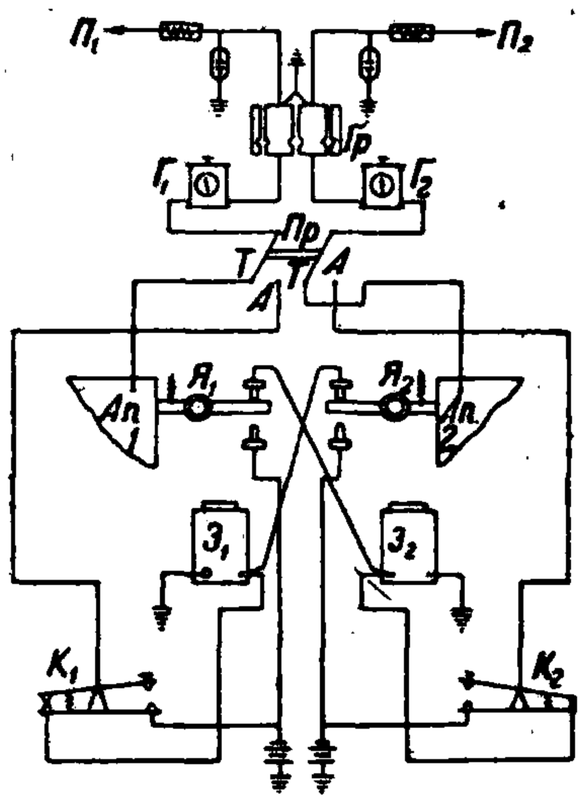
Т. т. рабочего тока. На фиг. 1 дана принципиальная схема двух оконечных станций, работающих через Т. т. простейшего типа по системе рабочего тока. Здесь K_1 и K_2—ключи (передатчики) оконечных станций, *ЛБ*—линейные батареи, *Э*—приемные электромагниты, *П*—предохранители, *Г*—полумощные разрядники (громоотводы), $Э_1$ и $Э_2$—электромагнитные механизмы (реле) трансляционной станции. При нажатом на станции *I* (или *II*) ключе K_1 (или K_2) ток от линейной батареи идет по проводу, достигает трансляционной станции, где проходит по якорям $Я_1$ реле $Э_1$ и через контактный винт B_1 идет в обмотки реле $Э_2$ и в землю. Якорь $Я_2$ будет притянут к контактному винту B_2'. Тогда ток от трансляционной батареи $ТБ_2$ пойдет по проводу на оконечную станцию *II*, где, пройдя обмотки электромагнита *Э*, уйдет в землю. Электромагнит *Э* оконечной станции *II* запишет сигнал, переданный со станции *I*. Таким же будет токопрохождение, но в обратном направлении, если нажать ключ K_2 на станции *II*. Рассмотренная простейшая Т. т. позволяет вести работу оконечным станциям по очереди: станция *I* передает, станция *II* принимает, или наоборот (симплексная работа). Работа в этом случае производится рабочим током одного направления (плюс или минус). Такие трансляционные системы применяются по преимуществу при работе аппаратов простейших систем (Морзе, Клопфер) и обычно состоят из этих же аппаратов, соответственно приспособленных для трансляционной работы, причем схема таких Т. т. позволяет использовать



Фиг. 1.



Фиг. 3.



Фиг. 2.

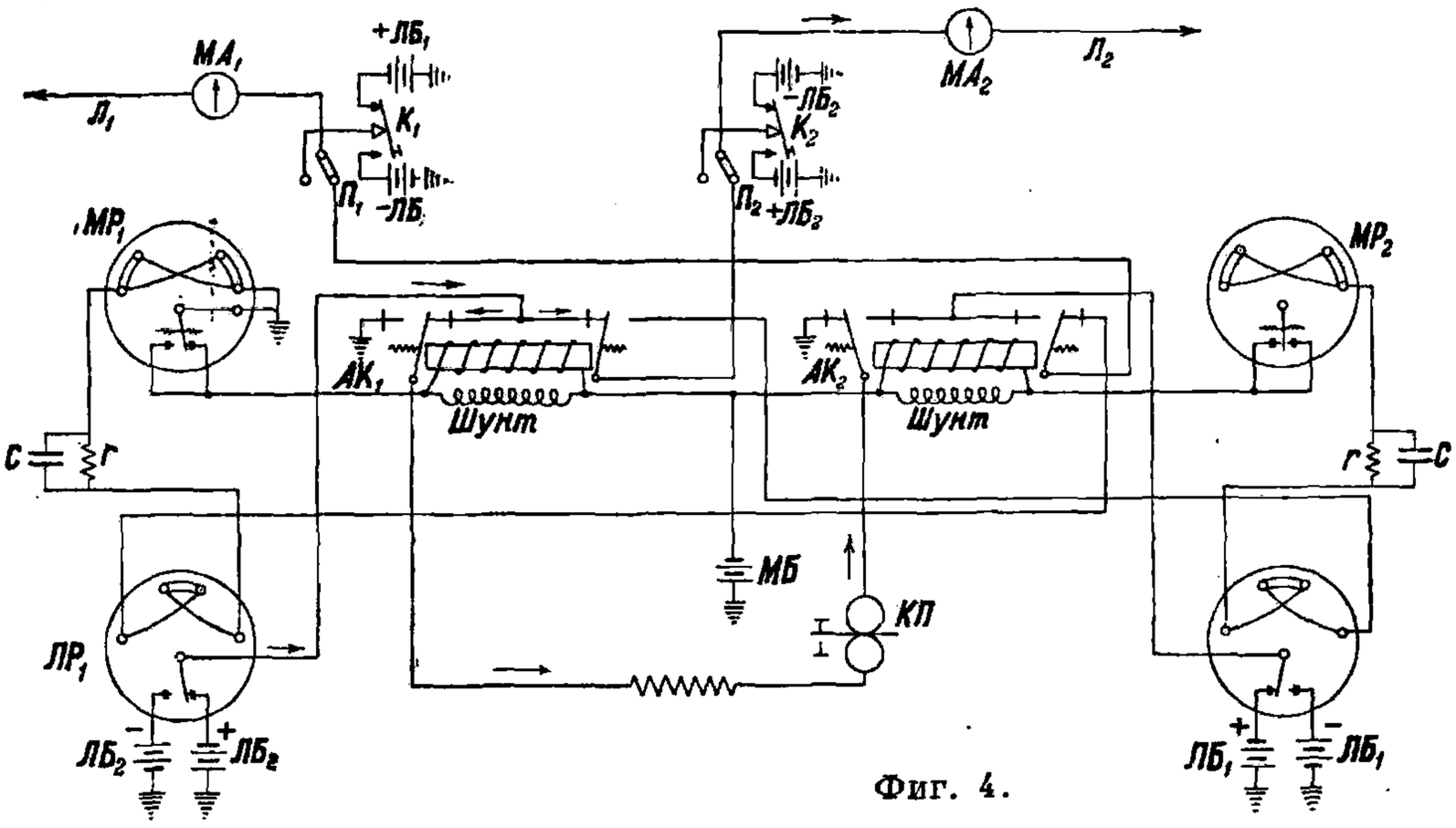
аппараты или в качестве трансляционных (для работы оконечных станций между собой) или в качестве оконечных (для ведения переговоров или обмена корреспонденции с оконечными). На фиг. 2 дана принципиальная схема трансляционной станции на рабочем токе с аппаратами Морзе. При постановке переключателя *Пр* влево (положение *Т-Т*) станция работает как трансляционная, при постановке этого переключателя вправо (положение *А-А*) станция превращается в две оконечные станции. Перед включением в качестве трансляционных оба аппарата регулируются как оконечные (на фиг. 2 обозначают: $П_1$ и $П_2$—предохранители Бозе на 2А, *Гр*—громоотвод, $Г_1$ и $Г_2$—гальваноскопы).

Т. т. постоянного тока. Более сложными являются трансляционные станции при работе оконечных станций на постоянном токе. На фиг. 3 дана принципиальная схема трансляционной станции на постоянном токе системы проф. Г. В. Дашкевича. Т. т. этого типа служат для предоставления двум любым станциям, работа к-рых производится на постоян-

ном токе, возможности работать при надобности не только с центральной телеграфной конторой, в к-рую входят эти провода, но и между собой. Т. т. этого типа применяются на т. н. концентраторах. Концентратор по принципу работы схож с телефонным коммутатором. Обычно в концентратор введены все городские и ближние телеграфные провода. При надобности работать с другой станцией, введенной в концентратор, данная станция вызывает последний. Работник концентратора, выяснив путем переговоров (на ключе Морзе), какую станцию желает получить данная станция, соединяет их для работы через Т. т. постоянного тока. Этим избегаются переприемы корреспонденции в центральной телеграфной конторе, неизбежные до введения концентраторов. Получается экономия аппаратуры и работников до 40%. Действие Т. т. (фиг. 3) вполне автоматично. Каждая сторона Т. т. имеет поляризованное реле $ЛР_1$ и $ЛР_2$ типа Сименс с вертикальным якорем. Сопротивление обмоток 500 Ω, но можно применить поляризованное реле и другой конструкции. Линейные реле своими рабочими контактами a_1 и a_2 замыкают местную батарею $МБ$ на обмотки неполяризованных трансляционных реле $ТР_1$ и $ТР_2$ сопротивлением по 100 Ω. Якорь реле состоит из двух изолированных друг от друга частей m и n. В притянутом положении верхняя часть якоря замыкает контакт b, нижний же контакт c разомкнут. Когда реле $ТР$ лишается возбуждения, то якорь под действием пружины отходит от контакта b. Но раньше чем разорвать этот контакт, нижний якорь n замыкает блокировочный контакт c. Такая последовательность в действии контактов достигается тем, что верхний язычок m снабжен тонкой пружинкой, причем контактные винты b и c регулируются так, что раньше чем m разорвет контакт у b, пружинный язычок нижнего якоря n замкнет контакт у c. Для надежного действия реле $ТР$ достаточна сила тока 40—50 mA. Обмотка этих реле шунтирована конденсаторами по 2 μF, компенсирующими самоиндукцию обмоток, чем несколько задерживаются язычки у контактов и уничтожается искрение на контактах a и a_1 линейных реле $ЛР_1$ и $ЛР_2$.

Схема действия Т. т. Пока ключи станций $А$ и $Б$ находятся в замкнутом положении (фиг. 3), положение язычка во всех реле отвечает схеме фиг. 3. Пусть станция $А$ подняла ключ. Тогда ток в обмотках $ЛР_1$ прекратится и его язычок разорвет у a_1 цепь, возбуждающую обмотки реле $ТР_1$. Якорь этого реле задержится на момент под влиянием разряда конденсатора, затем начнет отходить, замкнув раньше контакт c_1; затем будет разомкнут контакт b_1. Замыканием $c_1 n_1$ замкнется цепь от левой лампочки батареи $МБ$ через обмотки реле $ТР_2$. Реле $ТР_2$ задержится в рабочем положении на время прекращения действия линейного тока. Вслед затем разомкнется контакт $b_1 m_1$, вследствие чего прекратится циркуляция линейного тока от левой лампы батареи $ЛБ$ через реле $ЛР_2$ на вторую линию. Станция $Б$ т. о. получит прекращение тока, вызванное поднятием ключа на станции $А$. Реле $ЛР_2$ разорвет контакт a_2, но якорь реле $ТР_2$ останется прижатым к рабочему контакту b_2, т. к. обмотки $ТР_2$, как указано раньше, заблокированы местным током через контакты $n_1 c_1$. В результате описанных действий пишущее колесико аппарата Морзе $М_2$ станции $Б$ отойдет от ленты, а при новом замыкании ключа $К_1$ коснется ленты и начнет запись сигнала. Таким же образом происходит передача со станции $Б$ на станцию $А$. Т. т. работает от 10 mA входящего тока, и действие ее вполне надежно.

Симплексная Т. т. двухполюсного тока. Работа током одного направления применяется при проводах небольшой сравнительно длины, порядка примерно 400 *км*. При более длинных проводах применяется работа токами обоих направлений. Принципиальная схема симплексной Т. т. для двухполюсного тока приведена на фиг. 4. В схему входит шесть реле—по три с каждой стороны. Из них два поляризованных $МР$ и $ЛР$ и одно неполяризованное $АК$, называемое иначе автоматич. коммутатором. Местное

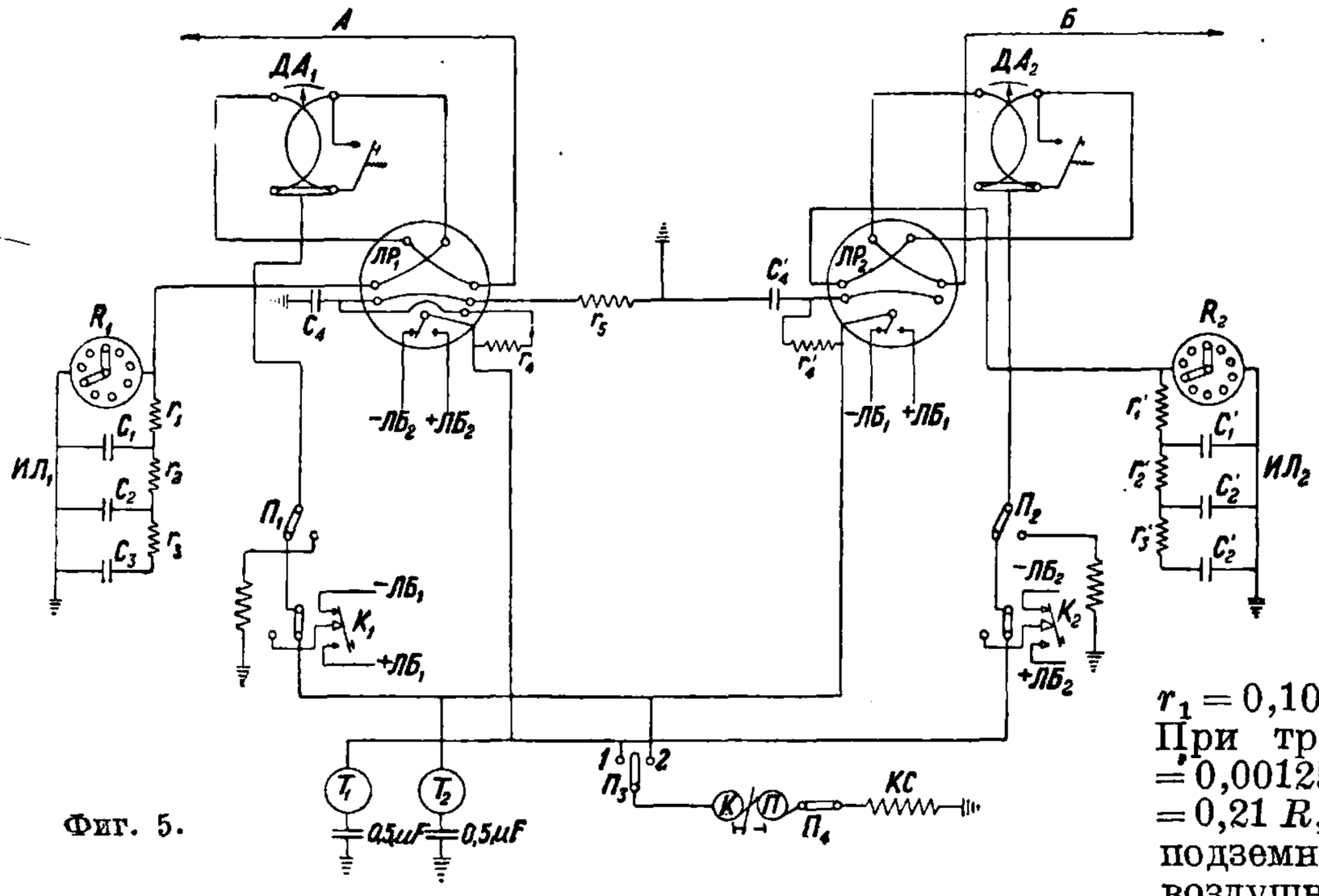


Фиг. 4.

реле $МР_1$ отличается от линейного $ЛР_1$ лишь тем, что его язычок снабжен двумя бронзовыми спиральками, удерживающими его в спокойном положении между контактами, расстояние между к-рыми несколько больше нормального и равно обычно 0,15 *мм*. Местное реле называется нейтральным. Его обмотки для уменьшения сопротивления и самоиндукции включены параллельно. Т. к. включение в линейную цепь добавочного реле увеличивает его самоиндукцию и постоянную времени $\left(t=\frac{L}{R}\right)$, то для компенсации последней между реле включен «шунтированный конденсатор» $С—r$. Линейные батареи каждой стороны $ЛБ_2$ и $ЛБ_1$ включены обратными полюсами, чтобы через контрольный приемник $КП$ было одинаковое токопрохождение при работе той или другой стороны. Ключи двойного тока $К_1$ и $К_2$ служат для переговоров Т. т. в ту или другую сторону, для чего переключатели $П_1$ или $П_2$ ставятся в соответствующее положение. Входящий с линии $Л_1$ ток, положим плюс, проходит через миллиамперметр $МА_1$, переключатель $П_1$, правый якорь автоматического коммутатора $АК_2$ и через обмотки обоих реле $ЛР_1$ и $МР_1$ уходит в землю. Якори этих реле отбрасываются в положение, отвечающее приему положительной посылки (это положение и дано на схеме фиг. 4). При таком положении якорей реле $ЛР_1$ и $МР_1$, во-первых, ток местной батареи $МБ$ пройдет через обмотки и шунт реле $АК_1$ и, во-вторых, ток линейного реле $ЛБ_2$ через язычок якоря реле $ЛР_1$ пройдет в меньшей части через контрольный приемник $КП$ и в большей части через правый якорь реле $АК_1$ уйдет на линию $Л_2$. Шунты обмоток автоматич. коммутаторов назначаются для того, чтобы при перемене направления линейного тока, когда язычок реле $МР_1$ или $МР_2$ переходит из одного положения в другое, якори удерживались у рабочих контактов действием экстратоков размыкания. Таким же образом будет

направлена на линию $Л_2$ и отрицательная посылка тока, пришедшего с линии $Л_1$.

Дуплексная Т. т. двухполюсного тока. Наибольшее распространение на проводах СССР имеет дуплексная Т. т. по дифференциальному способу (фиг. 5). Она имеет линейные реле $ЛР_1$ и $ЛР_2$ со вспомогательной обмоткой (т. н. полугульстад), включенной в качестве противодействующей. Сопротивление r_4 порядка 20 000—30 000 Ω подбирается так, чтобы сила противодействующего тока не превосходила 4—5 mA. Сопротивление r'_4 берется в 1 000 Ω. Такое устройство, компенсируя постоянную составляющую магнитного потока, удерживающую якорь у контакта, увеличивает чувствительность реле. С другой стороны, как только язычок якоря оторвется от своего контакта, переброска ускоряется разрядом конденсатора C_4 через вспомогательную обмотку и сопротивление r_5. Чем выше чувствительность реле и скорость переброски якоря, тем менее воспроизводимые им посылки подвергаются искажению от помех. На схеме $ИЛ_1$ и $ИЛ_2$—искусственные линии, $ДА_1$ и $ДА_2$—диференциальные миллиамперметры, $К_1$ и $К_2$—ключи двойного тока для переговоров, $П_1$, $П_2$, $П_3$, $П_4$—переключатели, $Т_1$ и $Т_2$—телефонные клопферы, включенные в ответвления от стороны передачи последовательно с конденсатором в 0,5 μF, $КП$—контрольный приемник (обычно ондулятор), $КС$—сопротивление, регулирующее силу тока в ондуляторе. Назначение противодействующей (дополнительной) обмотки заключается в следующем. В момент касания язычком реле одного из контактов в дополнительной обмотке развивается ток в направлении противодействующем, стремящемся оторвать язычок от контакта. Амплитуда этого тока должна образовать число ампер-витков, меньшее таковых линейной посылки, и контакт держится разностью этих ампер-витков. Как только линейный ток упадет, то еще раньше достижения им нулевой величины язычок якоря реле под действием обратных ампер-витков местной обмотки оторвется от своего контакта. Тогда конденсатор C_4, заряженный предыдущей посылкой, будет разряжаться через сопротивление r_4, ускоряя переброску язычка. Указанный способ применяется для реле Присса с достаточно сильным магнитным полем, к-рое само по себе обеспечивает плотность контакта, но обладает недостаточной чувствительностью, к-рая и компенсируется обратным действием вспомогательной обмотки. Ток с линии $А$ проходит по одной из обмоток диференциального реле $ЛР_1$, по одной из обмоток диференциального миллиамперметра $ДА_1$ в его среднюю точку. Отсюда часть тока идет в телефонный клопфер $Т_2$, другая часть по второй обмотке диференциального реле идет в искусственную линию $ИЛ_1$. Ток линейной батареи того или иного полюса идет от язычка якоря линейного реле $ЛР_1$ в среднюю точку диференциального миллиамперметра $ДА_2$, откуда часть тока идет через обмотку реле $ЛР_2$ в линию $Б$, а другая часть—через искусственную линию в землю.



Фиг. 5.

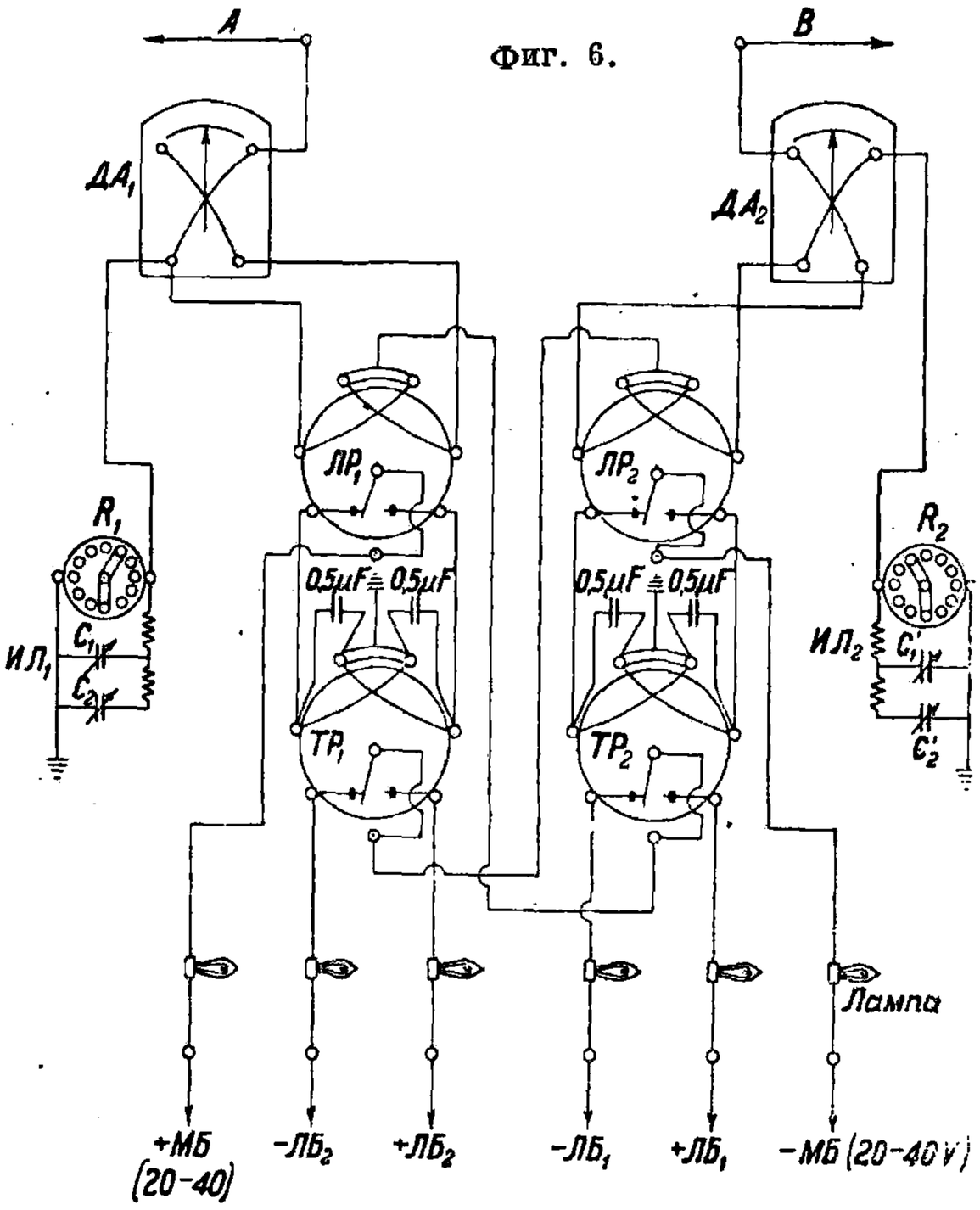
Величина емкости и сопротивления в искусственных линиях. По данным Фразера на воздушной линии (фиг. 5) при двухзвенном конденсаторе $C_1 = 0{,}0019\ l$, $r_1 = 0{,}108\ R$, $C_2 = 0{,}0022\ l$, $r_2 = 0{,}318\ R$. При трехзвенном конденсаторе $C_1 = 0{,}00125\ l$, $r_1 = 0{,}07\ R$, $C_2 = 0{,}0010\ l$, $r_2 = 0{,}21\ R$, $C_3 = 0{,}0085\ l$, $r_3 = 0{,}35\ R$. Для подземного однопроводного кабеля с воздушно-бумажной изоляцией $C_1 = 0{,}0081\ l$, $r_1 = 0{,}07\ R$, $C_2 = 0{,}0070\ l$, $r_2 = 0{,}21\ R$, $C_3 = 0{,}0057\ l$, $r_3 = 0{,}35\ R$. Здесь l—длина провода в *км*, R—сопротивление главного реостата, определенное при балансировании установившимся током.

Установка балансов искусственной линии. Взятые по данным Фразера величины емкостей и сопротивлений искусственных линий дают приблизительные величины балансов, от к-рых и следует производить регулировку. При этом величина R определяется предварительно как сумма $R_1 + r_s + r_a + r_л$, где R_1 — сопротивление линии, r_s — сопротивление одной обмотки приемника, r_a — обмотки диференциального миллиамперметра и $r_л$ — батарейной лампы. Установив в главном реостате величину R, нажимают продолжительно ключ и подбирают окончательно R так, чтобы стрелка диференциального миллиамперметра была приведена на нуль. На воздушных линиях обычно стрелка колеблется около нуля, и надо добиться того, чтобы эти колебания были одинаковы в обе стороны. Установив затем величины C и r по данным Фразера, нажимают ключ и наблюдают за отклонением стрелки диференциального миллиамперметра. Затем, не изменяя величин сопротивлений r, изменяют емкости так, чтобы довести стрелку до нуля. Сначала оперируют конденсатором C_1, затем C_2 и C_3. Окончательная установка стрелки производится подбором сопротивлений $r_1 — r_2 — r_3$. Получив равновесие на заряд, проверяют его на разряд в момент опускания ключа. Получается отклонение стрелки в другую сторону. Устанавливают отклонение так, чтобы оно было максимально близким к нулю и одинаковым в обе стороны. При наличии на Т. т. ондулятора подбор балансов производят помощью последнего.

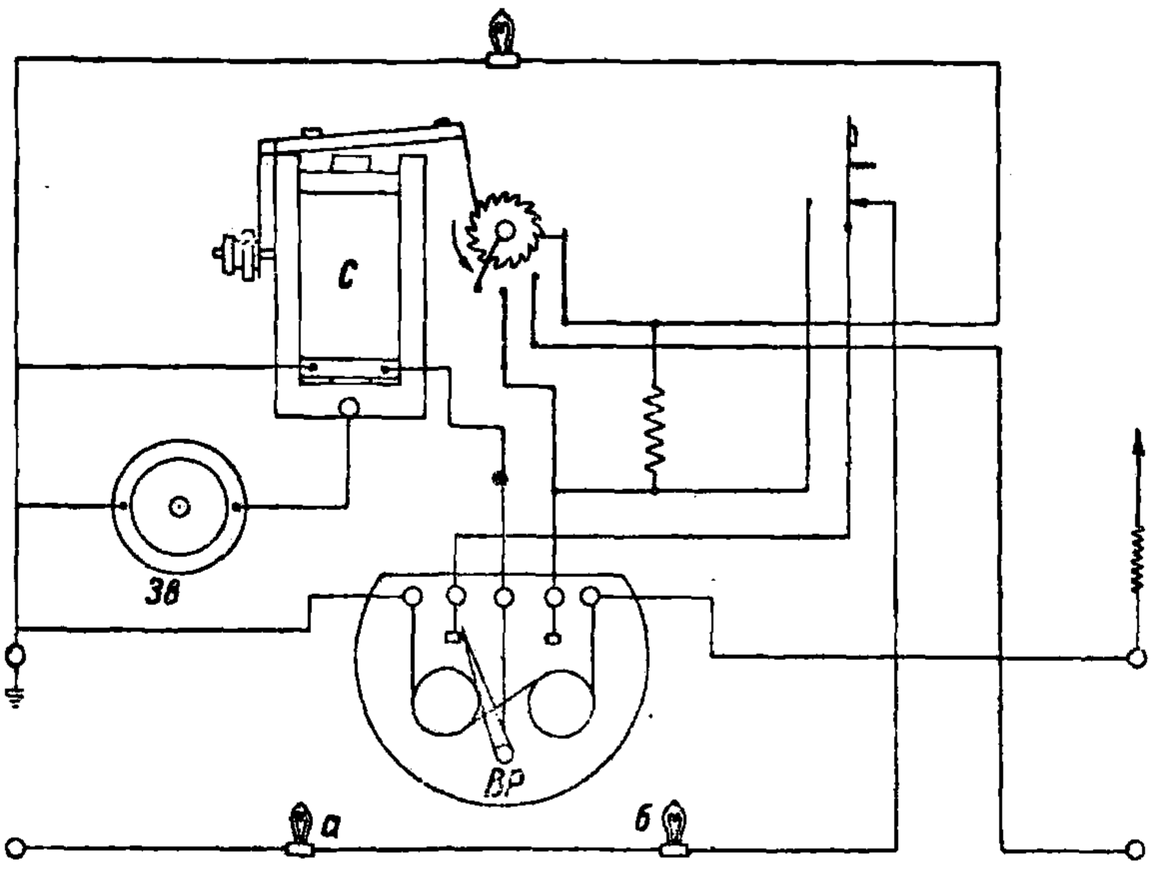
Каскадная Т. т. В целях наименьшего искажения сигналов, повторяемых реле, кроме применения реле с противодействующими об-

мотками (фиг. 5) в трансляционную цепь вводится второе трансляционное реле, к-рое будет замыкаться в местной цепи от линейного и в свою очередь замыкать линейные батареи. Трансляционному реле в местной цепи можно дать достаточное количество электрич.

Фиг. 6.



энергии, чтобы быстро перебросить его якорь и получить плотный контакт, что дает гарантию правильных посылок тока в линию. На фиг. 6 дана принципиальная схема каскадной трансляции советского типа по способу Томсон-Дашкевича. Язычки якорей линейных реле $ЛР_1$ и $ЛР_2$ имеют заземленные местные батареи (20—40 V). Батарея в зависимости от положения язычка включается на ту или иную обмотку

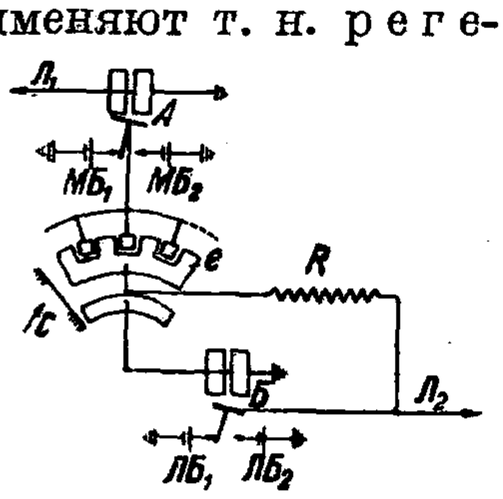


Фиг. 7.

дифференциального трансляционного реле ($ТР_1$ или $ТР_2$), средняя точка обмоток к-рого заземлена. Обмотки трансляционных реле шунтированы конденсаторами по 0,5 μF для компенсации экстратока размыкания и удержания язычка реле у своего контакта при переходном положении язычка якоря реле $ЛР_1$ и $ЛР_2$. Линейные реле $ЛР_1$ и $ЛР_2$ м. б. снабжены вспомогательными обмотками по типу фиг. 5. Остальные приборы этой Т. т. те же, что и раньше.

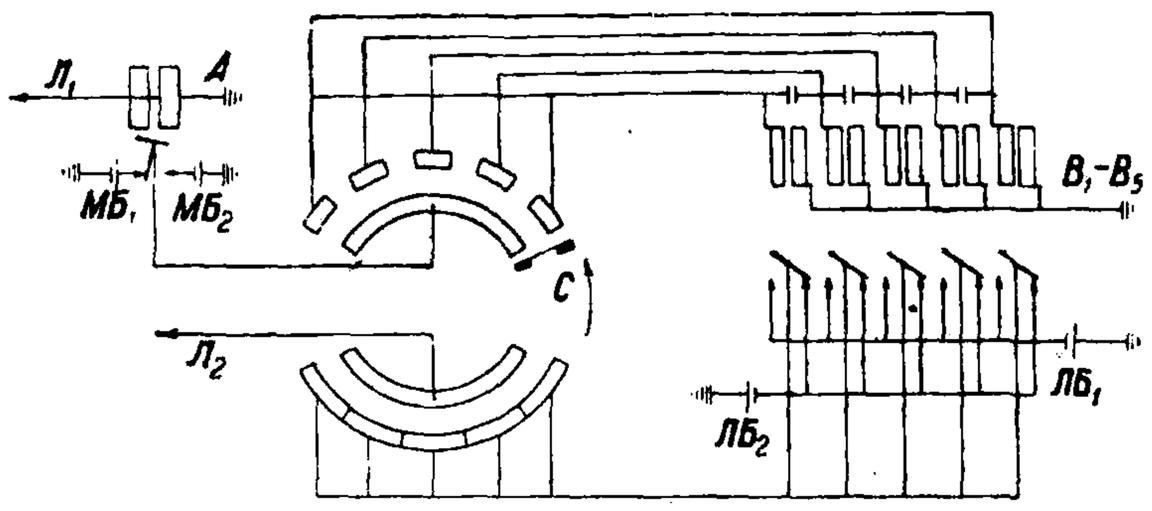
Вызывной прибор для Т. т. (сист. Куликовского) служит для взаимного вызова оконечных и трансляционных станций (фиг. 7). Прибор включается в ответвление якоря приемного реле через сопротивление ок. 4 000 Ω. Действие прибора основано на термоэлектрич. свойстве лампочек накаливания с металлич. нитью, сопротивление к-рых резко падает в зависимости от степени их охлаждения, т. е. после предварительного разрыва цепи на определенный промежуток времени. Вызывающая станция нажимает на 10 ск. ключ, вследствие чего на всех Т. т. разрывается цепь реле *ВР* и сопротивление нитей лампочек *а* и *б* (220 V, 20 W) значительно уменьшится. Опустив затем ключ, цепь вновь замыкают, и через обмотку селекторного реле *С* пройдет мгновенный ток, к-рый, повернув якорь селекторного реле, повернет храповое колесико на один шаг, чем все Т. т. ставятся в известность о вызове их. Затем вызывающая станция при помощи ключа дает число посылок тире, равное номеру вызываемой Т. т. В результате звонок *Зв* звонит на вызванной Т. т.

Регенеративные Т. т. Для уменьшения искажения сигналов применяют Т. т. со сдвоенными реле (каскадные). Передающее реле делают с большим магнитным полем, чтобы ускорить переброс якоря реле и уменьшить отскакивание язычка якоря от контактов. Приемное реле делают со слабым магнитным полем для увеличения его чувствительности. Т. т. указанного типа все же не могут полностью ликвидировать искажения сигналов, увеличивающегося обычно пропорционально числу включенных в данный провод Т. т. Для реальной борьбы с искажением сигналов применяют т. н. регенеративные Т. т., т. е. восстанавливающие переданный сигнал в той форме, с которой он был послан передающей станцией. Для уяснения принципа регенерации сигналов необходимо рассмотреть принцип Т. т. системы Бодо. На фиг. 8 дана принципиальная схема Т. т. системы Бодо типа А. Якорь приемного реле *А* соединен с укороченными контактами, которые парой щеток *С* периодически соединяются со сплошным кольцом. Щетка *С* вращается по диску синхронно со щеткой распределителя передающей станции, т. е. в любой момент они находятся на одном и том же контакте. Сплошное кольцо соединено с передающим реле *Б*. Ответвление с линии $Л_2$ через реостат *R* на бис-кольцо *е* блокирует якорь передающего реле *Б* все время пока длится посылка, чем обеспечивается надежная работа реле. Ток с линии $Л_1$ поступает в приемное реле *А* и в землю. Якорь реле замыкает тот или иной полюс батарей $МБ_1$ и $МБ_2$. Как бы ни была искажена посылка, пришедшая с линии $Л_1$, реле *А* сработает, если амплитуда тока достаточна. Язычок якоря реле *А* будет находиться под напряжением батареи $МБ_1$ или $МБ_2$. В определенный момент прохождения щеток *С* по укороченным контактам ток батареи *МБ* пройдет через обмотки реле *Б*, причем ток от батареи $ЛБ_1$ или $ЛБ_2$ уйдет в линию $Л_2$; одновременно ответвление тока через сопротивление *R* удерживает якорь у данного контакта. Таким образом Т. т. сист. Бодо типа А, приняв искаженную посылку с линии $Л_1$, направит на $Л_2$ уже посылку нормальной формы. В этой схеме все же возможно отскакивание якоря передающего реле *Б*, что не устраняется и блокировочным током через сопротивление *R*. Эта возможность устранена в Т. т. сист. Бодо типа Б (фиг. 9). В Т. т. этого типа на-



Фиг. 8.

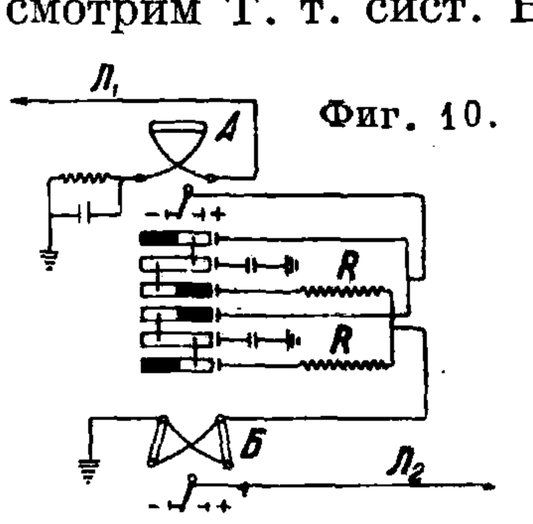
капливается целая буква, состоящая из пяти элементарных сигналов. Как бы ни были искажены пять элементарных посылок, составляющих переданный на трансляционную станцию знак, они будут приняты реле A, если амплитуда тока достаточна. Щетки C передадут последовательно эти сигналы в реле B_1—B_5. При втором полуобороте щеток C токи



Фиг. 9.

линейных батарей $ЛБ_1$ и $ЛБ_2$ уйдут через язычки реле B_1—B_5 на линию $Л_2$. Т.т. сист. Бодо типа Б т. о. сначала накопит пять элементарных сигналов, потом уже передаст их дальше на линию $Л_2$. Посылаемые на линию $Л_2$ сигналы будут той же формы, что и переданные с оконечной станции по линии $Л_1$, т. е. это будут сигналы регенерированные, причем прием сигналов с линии $Л_1$ происходит с укороченных контактов, а передача—с нормальных.

Из ряда схем регенеративных Т. т. мы рассмотрим Т. т. сист. Билля, схема к-рой показана на фиг. 10. Взамен укороченных контактов Билль применил конденсаторы. Между линейным реле $А$ и передающим $Б$ синхронно с передающей станцией вращается барабан из шести колец. Синхронизм поддерживается специальным синхронизатором. Из шести колец барабана—два сплошных, а четыре имеют изоляцию (черные части на фиг. 10). В течение первого полуоборота барабана один из конденсаторов заряжается током местной батареи от язычка реле $А$, к-рый переброшен к тому или иному полюсу местной батареи, пришедшей с линии $Л_1$ посылкой тока. Заряженный предшествующей посылкой с линии $Л_1$ второй конденсатор разряжается в это время на обмотки реле $Б$, язычок которого пошлет в линию $Л_2$ ток от линейной батареи соответствующего полюса. Как показывает опыт, даже сильно искаженный сигнал, пришедший с линии $Л_1$, лишь в слабой степени влияет на заряд конденсатора, а следовательно и на его разряд на обмотки реле $Б$. Это реле пошлет в линию $Л_2$ регенеративный сигнал той же формы, что и переданный с передающей станции. Опыт введения регенеративных телеграфных трансляций на длинных связях телеграфной сети СССР показал, что достаточно иметь каждую третью телеграфную трансляцию регенеративной, чтобы сигнал, переданный положим из Москвы, был получен в Магнитогорске не искаженным.

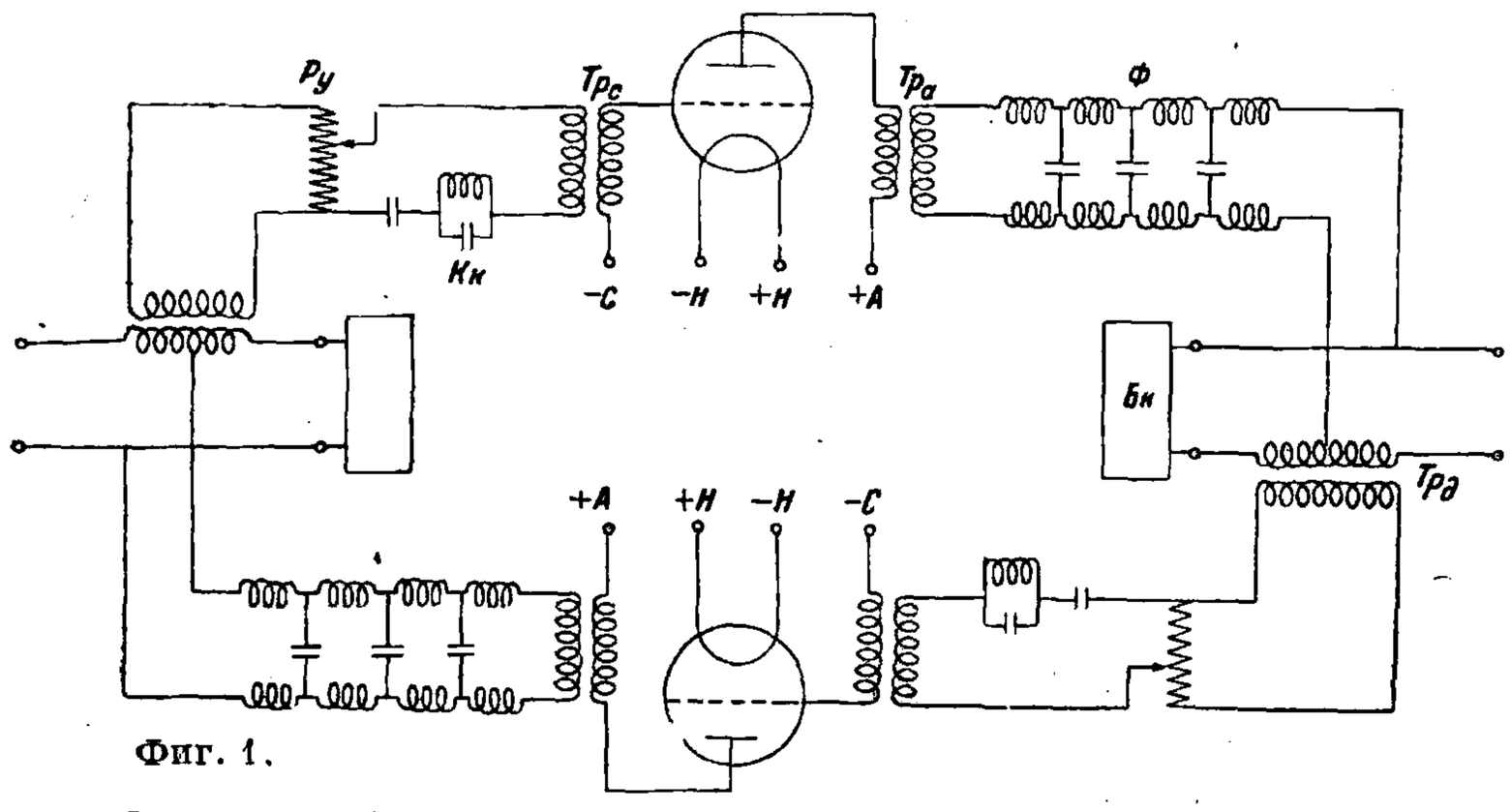


Фиг. 10.

Лит.: Дашкевич Г., Теоретическая телеграфия, ч. 1, М., 1933; Лишай К., Искажение телеграфн. передачи, под ред. Г. Дашкевича, М., 1932; «Материал работ телеграфных лабораторий НИИС НКсвязи», сб. № 5, 1931; Инструкция по обслуживанию дуплексных связей НИИС НКсвязи, М., 1931; Дымшаков Г., Руководство к подбору балансов на дуплексных трансляциях Уитстона, М., 1931; Львов А., Практическая телеграфия, М., 1933 (печатается). **А. Львов.**

ТРАНСЛЯЦИЯ ТЕЛЕФОННАЯ, устройство, включаемое в обычную разговорную цепь тональной частоты для увеличения дальности передачи речи и вызывных сигналов. В зависимости от места установки (в промежуточном или оконечном пункте) и системы цепи (двухпроводной или четырехпроводной) Т. т. подразделяются на промежуточные и оконечные двух- или четырехпроводной системы. Оконечная Т. т. четырехпроводной системы одновременно является устройством для перехода от одной системы цепи к другой. В специальной литературе наряду с термином телефонная трансляция применяется обозначение телефонный промежуточный или оконечный усилитель—дуплексный (в случае применения на двухпроводной цепи) или симплексный (в случае применения на четырехпроводной цепи).

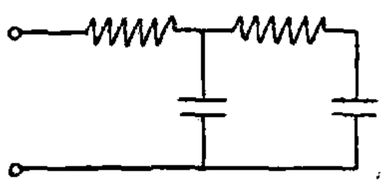
Т. т. двухпроводной системы оконечного или промежуточного типа состоит в основном из двух усилительных элементов и двух диференциальных трансформаторов. В случае применения для вызова токов низкой частоты (от 16 до 25 Hz) составной частью Т. т. является также еще специальное вызывное устройство. Принципиальная схема двухпроводной Т. т. (без вызывного устройства) применяемого в СССР типа дана на фиг. 1. К усилительному элементу относятся электронная лампа, сеточный $Тр_с$ и анодный $Тр_а$ трансформаторы, регулятор усиления $Ру$, корректирующий контур $Кк$ и фильтр $Ф$. Корректирующий контур, включаемый в цепь первичной обмотки сеточного трансформатора, служит для подбора частотной зависимости усиления Т. т. таким образом, чтобы она совпадала с частотной зависимостью затухания той линии, на к-рой работает Т. т. Фильтр в цепи вторичной обмотки анодного трансформатора служит для ограничения полосы передаваемых разговорных частот, что существенно важно для увеличения устойчивости работы Т. т.



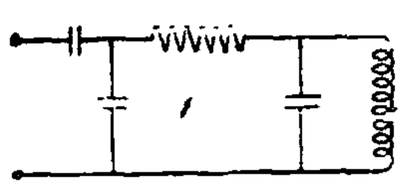
Фиг. 1.

Каждый усилительный элемент служит для усиления в одну сторону, а для соединения их в общую схему применяются диференциальные трансформаторы $Тр_д$. Для устранения влияния одного усилительного элемента на другой к диференциальному трансформатору включается балансный контур $Бк$, входное сопротивление

к-рого подбирают возможно более близким ко входному сопротивлению линии. Принципиальные схемы балансных контуров, применяемых на воздушных и пупинизированных кабельных линиях, представлены на фиг. 2 и 3. Степень соответствия входных сопротивлений линии и



Фиг. 2.



Фиг. 3.

балансного контура определяется величиною B_E затухания эхо

$$B_E = \ln \left| \frac{Z_L + Z_N}{Z_L - Z_N} \right|, \qquad (1)$$

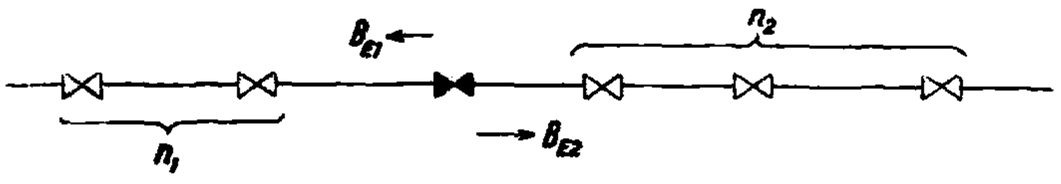
где Z_L—входное сопротивление линии, Z_N—входное сопротивление балансного контура. Устойчивость работы Т. т. двухпроводной системы определяется величиною критического усиления s_0, т. е. тем значением усиления, при к-ром Т. т. начинает генерировать. Критическое усиление равно полусумме затуханий эхо на обеих сторонах усилителя

$$s_0 = \frac{1}{2}(B_{E1} + B_{E2}). \qquad (2)$$

При последовательном включении в линию нескольких Т. т. двухпроводной системы они начинают взаимодействовать между собою, благодаря чему уменьшается затухание эхо каждого отдельного усилителя. Затухание эхо при наличии в линии нескольких Т. т. приближенно определяется выражением:

$$B'_E = B_E - \ln\left(\frac{n}{x} + 1\right), \qquad (3)$$

где B_E—та величина затухания эхо, к-рая имеет место при отсутствии в цепи других Т. т., n—количество Т. т., фактически включенных в направлении от данной Т. т. к концу линии в рассматриваемую сторону (фиг. 4), x—некоторый



Фиг. 4.

поправочный коэф., учитывающий геометрич. сложение влияющих токов. По данным измерений величина коэф-та x заключается в пределах от 1 до 1,5. В соответствии с ф-лами (2) и (3) критическое усиление каждой Т. т. при последовательном включении их в линию будет равно

$$s'_0 = \frac{1}{2}(B'_{E1} + B'_{E2}) = \frac{1}{2}(B_{E1} + B_{E2}) - \frac{1}{2}\ln\left(\frac{n_1}{x} + 1\right)\left(\frac{n_2}{x} + 1\right). \qquad (4)$$

Это выражение показывает, что критич. усиление s'_0 имеет минимальную величину при $n_1 = n_2$, т. е. для среднего усилителя в цепи. Т. о. средний усилитель будет обладать наименьшей устойчивостью. Благодаря тому что в практич. условиях невозможно достичь идеального соответствия между балансным контуром и линией, во внутренней схеме Т. т. всегда будет существовать круговой ток, т. е. будет иметь место обратная связь. Наличие обратной связи сказывается в том, что кривая усиления Т. т. отклоняется от номинальной, вследствие чего нарушается правильное соответствие с кривой затухания линии и возникает так наз. искажение от обратной связи. Искажение от обратной связи будет тем больше, чем меньше разность между критическим усилением и номинальным и подсчитывается по формуле

$$\Delta s_{max} = \ln \frac{1}{1 - e^{-2(s'_0 - s)}}, \qquad (5)$$

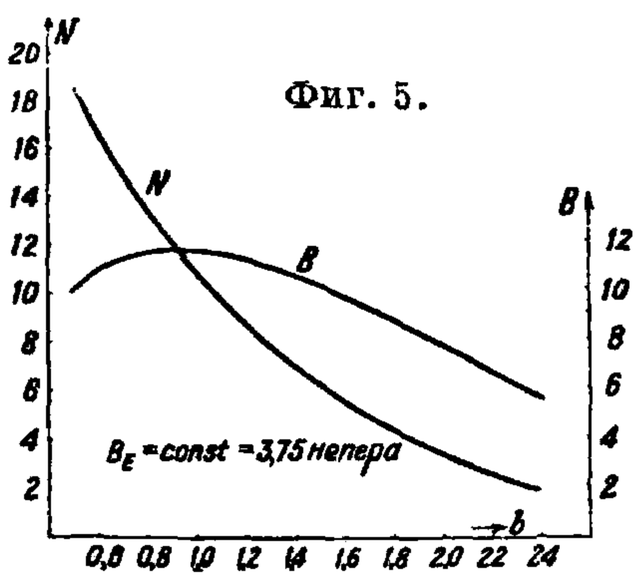
где s—номинальное усиление Т. т. Допустимая величина Δs_{max} считается равной 0,5 непера независимо от того, сколько Т. т. включено в цепь. Естественно, что с увеличением количества Т. т. допустимая величина искажения для каждой из них д. б. понижена, что м. б. достигнуто путем увеличения разности $s'_0 - s$, т. е. путем уменьшения номинального усиления. Таким образом величина номинального усиления Т. т. двухпроводной системы ограничивается двумя факторами: снижением затухания эхо благодаря взаимодействию между усилителями и увеличением искажения от обратной связи с возрастанием количества последовательно включаемых Т. т. Уменьшение номинального усиления по необходимости влечет за собою уменьшение затухания участка линии между Т. т., и наступает такой момент, когда увеличение количества Т. т. уже не дает увеличения дальности передачи. Наивыгоднейшее расстояние между Т. т., выраженное в единицах *затухания* (см.), определяется по формуле

$$b = B_E + \ln\left[x\left(e^{-0,48} - e^{-k}\right)\right] - \ln\frac{N+1}{2}, \qquad (6)$$

где k—остаточное затухание цепи (равное сумме всех затуханий минус сумма всех усилений), N—общее количество усилителей в цепи. Перекрываемое при заданных значениях b и N полное затухание цепи B, характеризующее очевидно дальность передачи, определяется из выражения

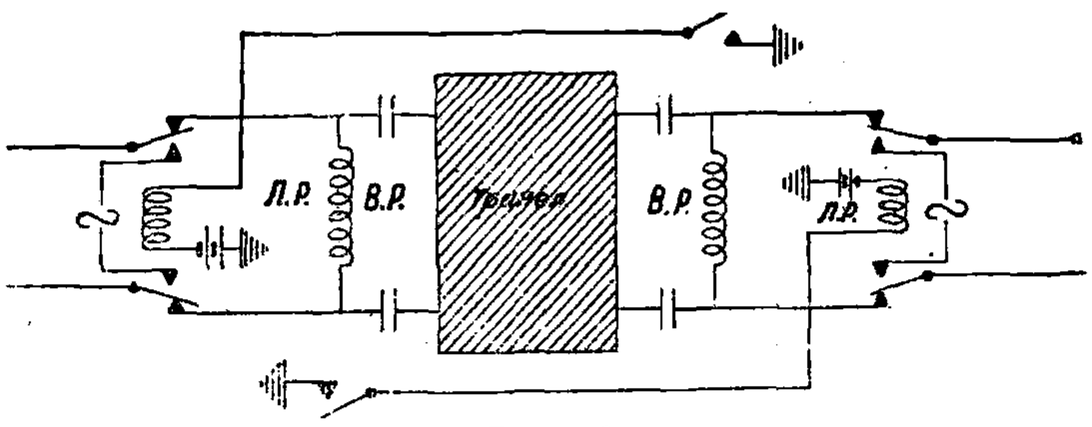
$$B = N \cdot b + k. \qquad (7)$$

Результаты расчетов по ф-лам (6) и (7) представлены графически на фиг. 5. Графики зависимости $N = f(b)$ и $B = f(b)$ построены для значения $B_E = 3,75$ непера в предположении, что $x = 1,5$ и $k = 1$ неперу. Из этих графиков мы можем вывести заключение, что наивыгоднейшая величина затухания участка линии между Т. т. лежит в пределах от 0,9 до 1,2 непера. При прочих равных условиях дальность передачи возрастает с увеличением затухания эхо B_E, т. е. с улучшением подбора балансного контура. Воздушные линии дальнего протяжения обычно используются не только для телефонирования обыкновенным способом в полосе тональных частот, но и уплотняются применением аппаратуры для телеграфирования в полосе подтональных частот и для многократного телеграфирования и телефонирования в полосе частот выше тональных. Необходимым элементом оборудования уплотненной линии являются фильтры, включаемые в линию последовательно и параллельно. Для достижения наилучшего соответствия между линией и балансным контуром Т. т. все фильтры и другие устройства, включенные в линию, повторяются и в балансном контуре, и последний т. о. получается зеркальным изображением линии.



Фиг. 5.

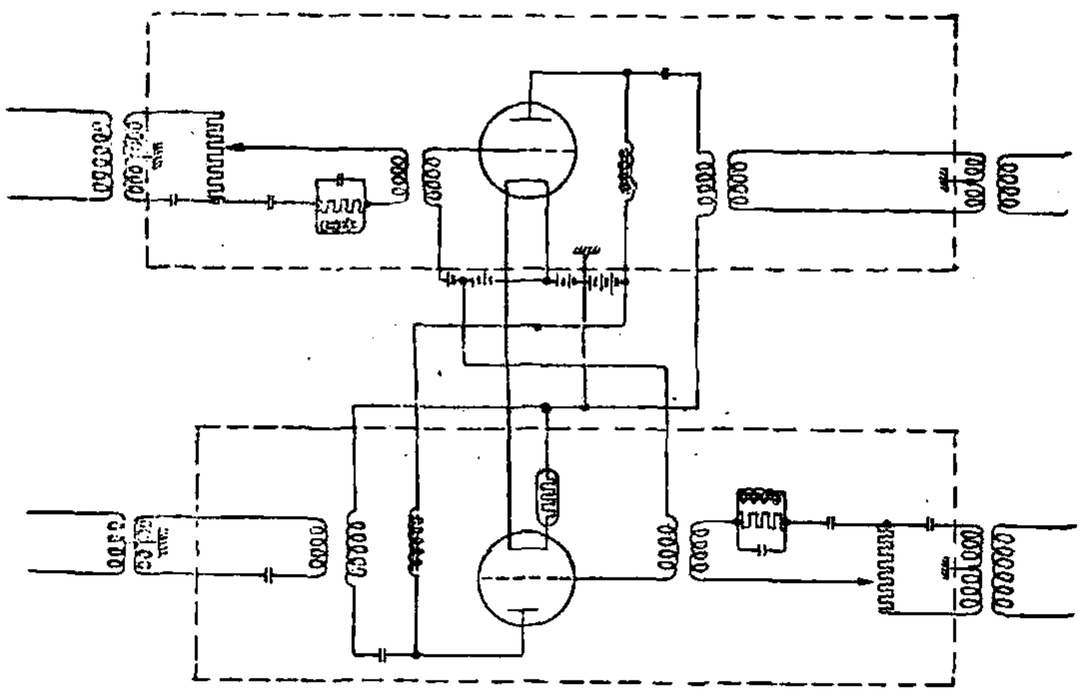
Вызывное устройство Т. т. двухпроводной системы дано на принципиальной схеме (фиг. 6). Действие его сводится к тому, что под воздействием вызывного тока с частотою 16—25 Hz притягивает свой якорь реле *ВР*, замыкая тем самым цепь реле *ЛР*, которое



Фиг. 6.

посылает в линию вызывной ток от местного генератора. Введение специального вызывного устройства необходимо потому, что усилительные элементы не рассчитаны на передачу мощности вызывного тока, которая во много раз превышает мощность разговорного тока. На уплотненных линиях, где полоса низких частот используется для телеграфной передачи, описанная система вызова заменяется другой: вызов передается током с частотой 500 Hz, модулируемым с частотой 20 Hz.

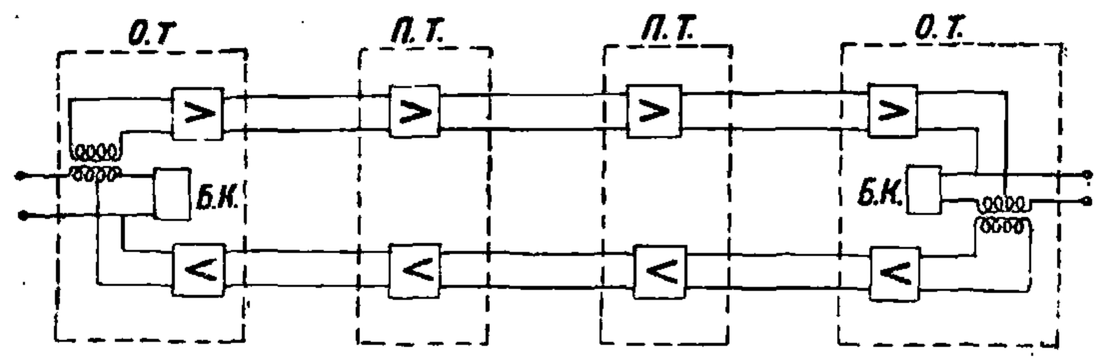
Т. т. четырехпроводной системы. Принципиальная схема промежуточной Т. т. приведена на фиг. 7. Эта Т. т. состоит в основ-



Фиг. 7.

ном только из двух усилительных элементов (обведено пунктиром), включающих корректирующие контуры. Принципиальная схема оконечной четырехпроводной Т. т. отличается от приведенной тем, что она состоит из двух усилительных элементов, одного дифференциального трансформатора и соответствующих корректирующих контуров и фильтров, т. е. является как бы переходным типом между четырехпроводной и двухпроводной системами Т. т. Полная схема четырехпроводной цепи дана на фиг. 8. Эта схема, включающая в себе в данном случае две промежуточные *ПТ* и две оконечные *ОТ* Т. т., представляет собою как бы многокаскадную двухпроводную Т. т., отдельные каскады к-рой разделены участками линии. Так как в четырехпроводной цепи независимо от количества промежуточных Т. т. имеются только два диференциальных трансформатора, то устойчивость цепи будет определяться только качеством подбора балансных контуров *БК* на оконечных Т. т. и не будет зависеть от количества промежуточных. Благодаря этому имеется возможность включить по четырехпроводной системе любое количество Т. т. последовательно и осуществить т. о. телефонную передачу на любое расстояние. Ограничивающим фактором здесь будет только явление раскачивания, влияние которого устраняется посредством включения в линию т. н. фазовыравнителей. Четырехпроводные цепи применяются исключительно в кабельной технике. Для целей сигнализации используется ток с частотой 500 Hz, модулированный с частотой 20 Hz. Расстояние между четырехпроводными Т. т. соответствует приблизительно вдвое большему затуханию участков линии, чем это имеет место в двухпроводной цепи. Последнее обстоятельство объясняется тем, что при четырехпроводной системе связи усиление каждого усилителя используется полностью, тогда как в двухпроводной Т. т. лишь половина усиленной мощности поступает в линию, а остальное затрачивается в балансном контуре.

Распределение Т. т. по линии. Правильность распределения Т. т. по линии и



Фиг. 8.

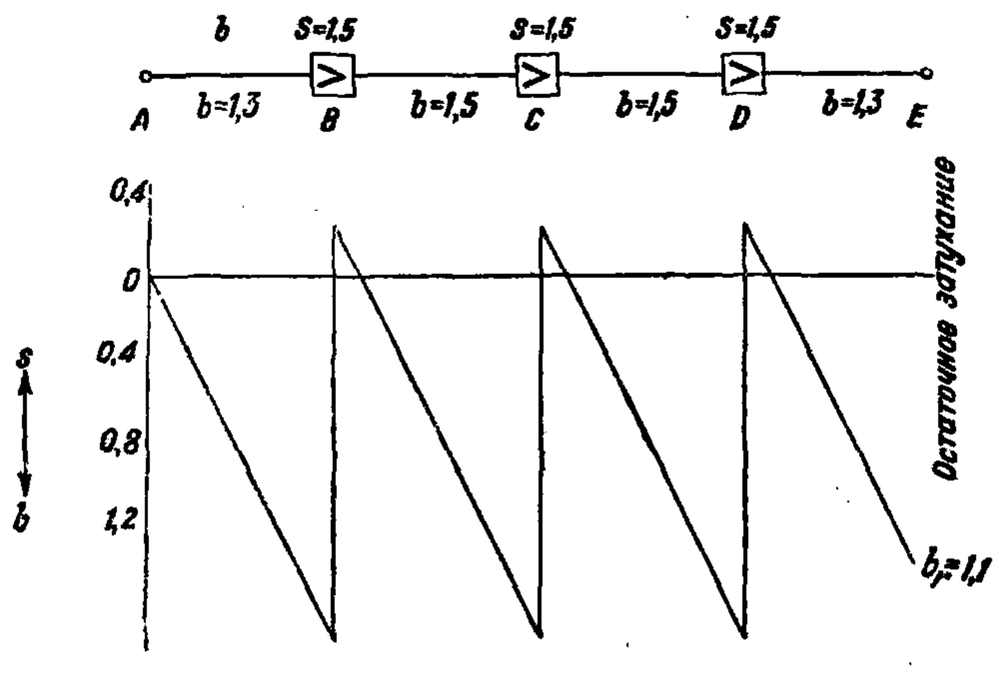
выбора даваемого ими усиления проверяется путем построения т. н. диаграммы *уровня передачи* (см.), образец к-рой представлен на фиг. 9. По оси абсцисс этого графика откладывается в соответствующем масштабе длина линии, а по оси ординат—величины уровня в каждой точке линии, определяемые по уравнению

$$p = \frac{1}{2} \ln \frac{P}{P_0} \text{ непер}, \qquad (8)$$

где P—мощность в данной точке, P_0—так наз. нормальная мощность, равная 1 mW (средняя мощность, отдаваемая телефонным аппаратом). Положительным значениям p соответствует усиление, отрицательным—затухание. Диаграмма уровня считается построенной правильно, если ни одна точка ее не выходит за нижеследующие пределы:

от + 0,6 до − 1,6 непера для двухпроводной цепи
от + 1,1 до − 2,4 » » четырехпроводн. »

Для построения диаграммы уровня необходимо знать затухания участков линии между уси-



Фиг. 9.

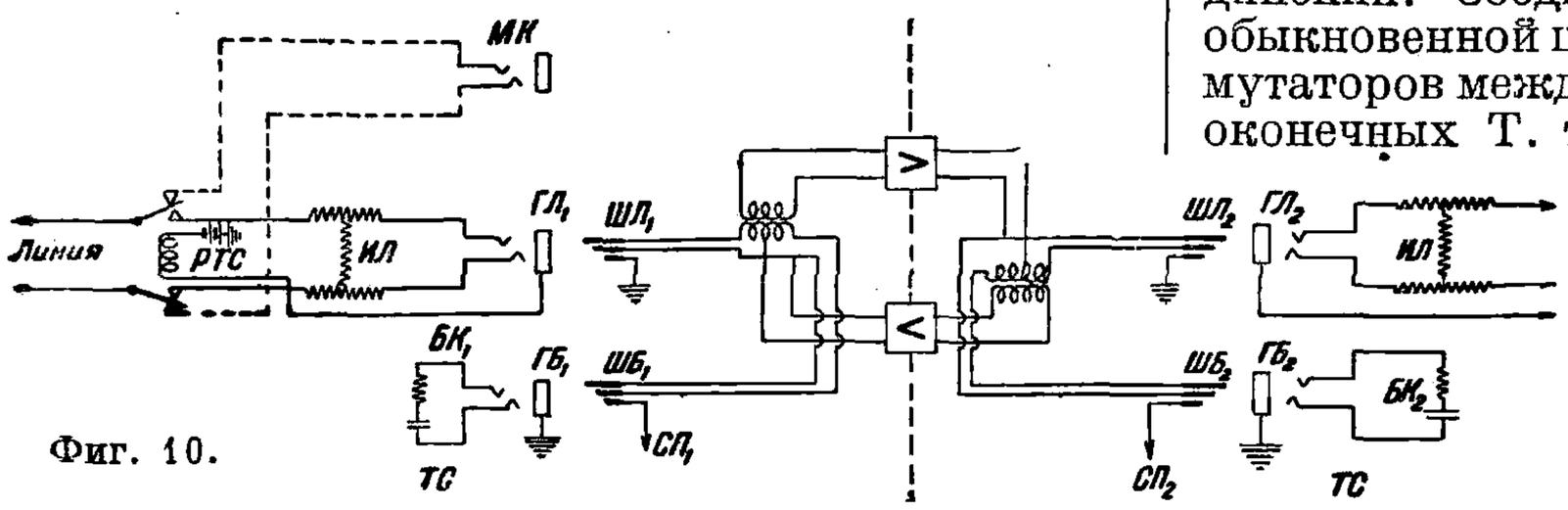
лителями (эти величины являются обычно заданными) и усиления отдельных Т. т. Величины усиления подсчитывают сл. образом. Пусть имеется линия, разделенная на 5 участков, затухания к-рых соответственно равны b_1, b_2, ..., b_5. Усиления каждой из 4 Т. т., включенных

между этими участками, обозначим соответственно через s_1, s_2, s_3 и s_4, тогда

$$\left.\begin{aligned} s_1 &= b_1 + \tfrac{1}{2} b_2 - \tfrac{1}{2} b_r, \\ s_2 &= \tfrac{1}{2}(b_2 + b_3), \\ s_3 &= \tfrac{1}{2}(b_3 + b_4), \\ s_4 &= \tfrac{1}{2} b_4 + b_5 - \tfrac{1}{2} b_r. \end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

В этих выражениях b_r означает остаточное затухание цепи, к-рое для двухпроводной системы связи не должно превосходить величины 1,3 непера и для четырехпроводной системы связи—величины 1 непера. В последнее время стремятся уменьшить эти величины до 1 непера для двухпроводных цепей и 0,8 непера для четырехпроводных.

В США оконечные Т. т. применяются не только на четырехпроводных, но и на двухпроводных цепях, и в линию посылается повышенная мощность, соответствующая положительному уровню в пределах от +0,4 до +0,6 непера.



Фиг. 10.

Благодаря этому получается возможность перекрывать бо́льшие затухания участков линии (до 2,2 непера), не выходя за пределы допустимого минимального уровня. В сторону станции перед оконечным усилителем включается искусственная линия (удлинитель) с затуханием порядка от 0,1 до 0,6 непера.

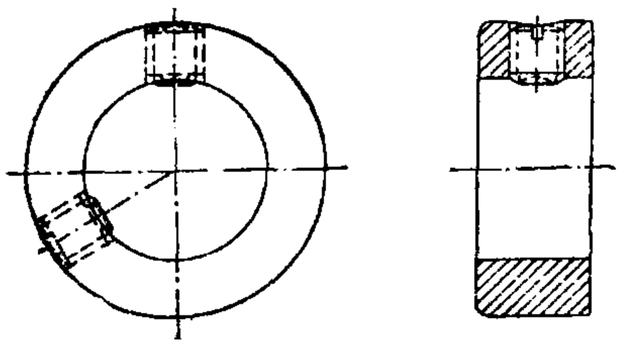
Транзитные соединения. При необходимости соединить между собою две цепи, общее затухание к-рых превышает установленные нормы, в транзитном пункте нужно дать соответствующее усиление. Транзитное соединение можно осуществить двумя способами. В том случае, когда цепи работают с нулевым начальным уровнем, в транзитном пункте включают шнуровую Т. т. Эта последняя представляет собою обычную Т. т. двухпроводной системы, оба диференциальных трансформатора к-рой со стороны линии и со стороны балансного контура заканчиваются шнурами со штепселями. Шнуровые пары монтируются на специальном коммутаторе *междугородной телефонной станции* (см.), т. н. транзитном столе. Принципиальная схема транзитного соединения при помощи шнуровой Т. т. представлена на фиг. 10. Каждой междугородной линии на транзитном столе *ТС* соответствуют два гнезда *ГЛ* и *ГБ*, одно из которых предназначается для включения самой линии, а к другому подводится заранее подобранный для этой линии балансный контур *БК*. Междугородная цепь подводится к своему коммутатору *МК* через контакты покоя разделительного реле *РТС*, рабочие контакты к-рого соединяются через искусственную линию *ИЛ* (удлинитель) с гнездом *ГЛ* транзитного стола. Разделительное реле срабатывает и передает цепь на транзитный стол лишь после того как оба штепселя *ШЛ* и *ШБ* будут вставлены в гнезда *ГЛ* и *ГБ*. При помощи удлинителя остаточное затухание всех цепей, включенных на транзитный стол, приводится к одной определенной величине, благодаря чему можно избежать регулировки усиления шнуровой Т. т. Основными недостатками шнуровых Т. т. являются сложность их шнуровой пары (на фиг. 10 опущена вся система сигнализации, *СП*—сигнальный провод) и необходимость выделения на междугородной станции специального транзитного стола, что вызывает увеличение затрат на обслуживание. Существенно также отметить, что в эксплоатационных условиях не всегда возможно гарантировать надежное и устойчивое соединение при помощи шнуровых Т. т. Другой способ транзитного соединения применяется в систе́ме связи с оконечными Т. т. и состоит в том, что при соединении между собою двух цепей автоматически выключаются удлинители, включенные на станционной стороне обеих оконечных Т. т., и образующийся избыток усиления используется для уменьшения остаточного затухания при транзитном соединении. Соединение может быть выполнено обыкновенной шнуровой парой на любом из коммутаторов междугородной станции. Применение оконечных Т. т. исключает недостатки, свойственные шнуровым усилителям: специальных транзитных столов оборудовать нет надобности, шнуровая пара применяется одна и та же как при местном, так и при транзитном соединении, полная схема оконечной Т. т. проще схемы шнуровой и обслуживание ее легче. К недостаткам этой системы следует отнести необходимость больших первоначальных затрат на оборудование станции.

Т. т. в СССР. Первая телефонная Т. т. фирмы Сименс и Гальске была установлена в начале 1924 г. в Москве и превратилась в транзитный пункт для связи между Ленинградом, Харьковом, Ярославлем и Горьким. В дальнейшем Т. т. устанавливались гл. обр. на железных проводах, причем была дана связь Москва—Одесса протяжением свыше 1 500 *км* (железные провода на участке Одесса—Гребенка, 4 Т. т.). К Октябрьской годовщине 1924 г. Московской научно-испытательной станцией была разработана и изготовлена первая советская Т. т., затем в конце 1925 г. появились первые образцы Т. т. изготовления нашей пром-сти. В последующие годы были проведены разработки по улучшению качества передачи на медных линиях путем включения в схему Т. т. корректирующих контуров и фильтров. Велись также разработки балансных контуров для использования на уплотненных линиях. В 1928 г. была открыта связь Москва—Баку через 4 Т. т. протяжением ок. 2 500 *км*, в 1930 г. Москва—Свердловск через 4 Т. т. протяжением свыше 2 000 *км* и наконец в 1931 г. Москва—Сталинск через 8 Т. т. протяжением ок. 4 200 *км*.

Лит.: Баев Н., Риделъ Ю. и Касимов М., Промежуточные телефонные усилители, М., 1928; Бабенко, Телефонные усилители трансляции, Л., 1932; Юрьев М., Теория телефонной передачи и ее практическое применение, М., 1931; Баев Н. и Риделъ Ю., Усилительные станции, «Научно-техн. сборник», М., 1928, *3*; Баев Н. и Надеждин, Измерение качества настройки промежуточного телефонного усилителя (трансляции), там же, 1931, *2*; Осипов, О каблированных узлах при железных междугородных линиях, «Техника связи», М., 1931, *6*; Новиков, О настройке промежуточных телефонных усилителей, «Сигнализация и связь на железнодорожном транспорте», М., 1932, *1*; Надеждин, Развитие телефонной связи тональной частоты к началу второй пятилетки, «Техника связи», М., 1932, *9—10*; Баев Н., К вопросу о применении удлинителей при настройке промежуточных телефонных усилителей, там же, 1932, *9—10*; его же. Последовательное включение промежуточных телефонных усилителей, «Сигнализация и связь на железнодорожном транспорте», М., 1933, *1*; его же, Теория устойчивости промежуточных телефонных усилителей, М., 1933, *1*; Feldtkeller, Ueber die kleinste Rückkopplungsverzerrung bei einer Zweidrahtverbindung mit Zweidraht Zwischenverstär-

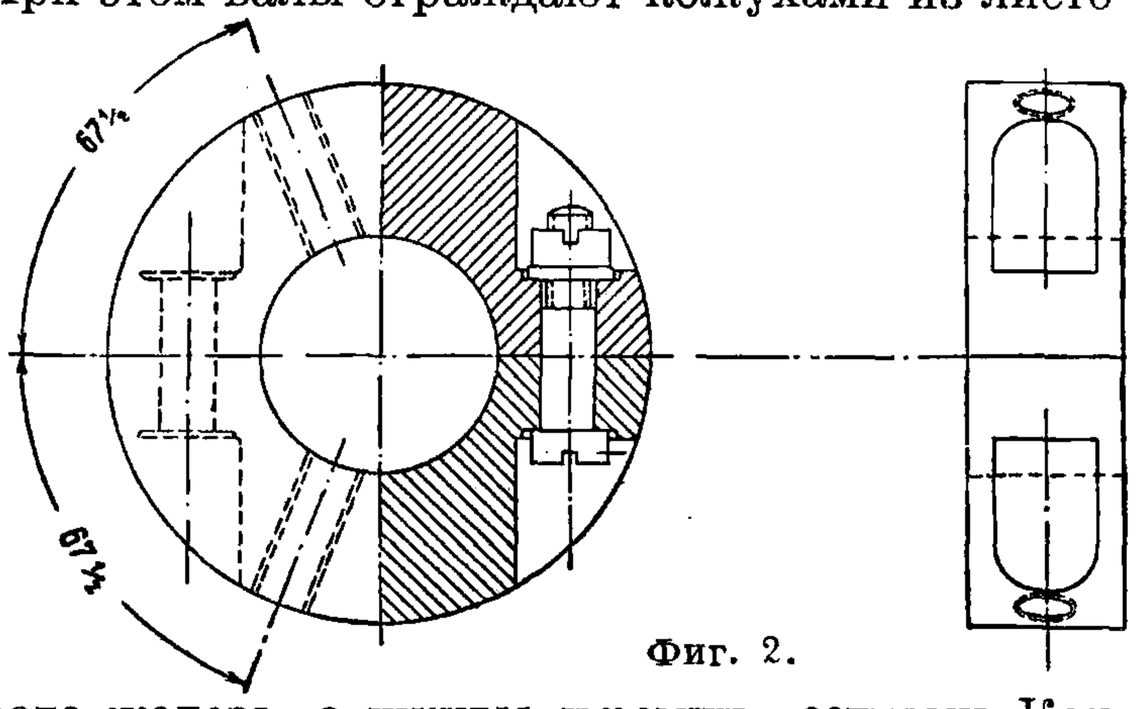
kern, «Telephon u. Fernsprechtechnik», B., 1926, p. 97; Höpfner, Ueber die Verbindung von Vierdrahtleitungen untereinander, ibid., 1927, p. 166; Weinitschke, Ueber die günstigste Verstärkerfelddämpfung von Zweidrahtleitungen, «Elektrische Nachrichten-Technik», B., 1930, p. 141; Feldtkeller, Die Berechnung der Rückkopplungsverzerrung bei Leitungen mit Zweidrahtzwischenverstärkern, «Telephon u. Fernsprechtechnik», B., 1925, p. 274; Weinitschke, Ergebnisse neurer Untersuchungen an Zweidrahtverstärkerleitungen, ibid., 1928, p. 135; Weinitschke, Ein Beitrag zur Theorie der Rückkopplungen in Zweidrahtleitungen, «Elektrische Nachrichten-Technik», B., 1929, p. 399; Oehlen, Ueber die Benutzung verzerrungsfreier Verlängerungsleitungen im Zweidrahtverstärkerbetrieb, «Telephonie u. Fernsprechtechnik», B., 1929, p. 140; Neumann, Die neure Entwicklung der Schnurverstärkertechnik, ibid., 1929, p. 129; Pohlmann u. Deutschmann, Grundlagen für die Beurteilung von Fernsprechverstärkern, «Elektrische Nachrichten-Technik», B., 1926, p. 8; Nottenbrock u. Feldtkeller, Die Entwicklung der Fernsprechverstärker im Jahre 1927 und die Grundlagen des Einheitsverstärker, «Telephonie und Fernsprechtechnik», B., 1927, p. 307; Weinitschke, Pfeifsicherheit von Einrohrverstärkern in Schnellverkehrsleitungen, ibid., 1929, p. 388; Osborne, A General Switching Plan for Telephone toll Service, «Bell System Technical Journal», N. Y., 1930; Telephone Repeaters (Cord-Circuits) at New-Delhi, «Poste Office Electrical Engineer's Journal», L., 1929; Hinton, Randall a. White, Phase Relations in Unbalanced Two-Way Telephone Repeaters, «El. Comm.», июль 1929; Crisson, Negative Impedance a. the Twin 21-Type Repeater, «Bell System Technical Journal», N. Y., 1931; Gherardi a. Jewett, «Telephone Repeaters», 1919; Béluese t Prache, Théorie élémentaire des circuits à deux fils, «Ann. des Postes», P., 1931; «Ericson Review», 1931, *10—12*. **Н. Баев.**

ТРАНСМИССИЯ, устройство, служащее для распределения и механич. передачи энергии от общего двигателя по целому ряду станков и рабочих машин. Распределение энергии происходит при помощи трансмиссионного вала, а передача ее от двигателя на вал—на главную трансмиссию—посредством ременной, реже канатной, передачи. При большом числе оборотов трансмиссионного вала передача от электромотора происходит зубчатыми колесами или непосредственным присоединением. С главного вала передача энергии станкам осуществляется ремнем непосредственно или через



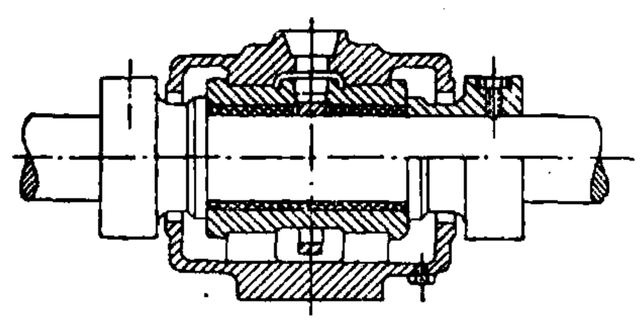
Фиг. 1.

контрприводы, а при значительном разветвлении Т.—через ряд промежуточных валов и контрприводов. Обычно применяемое расположение трансмиссионных валов—верхнее: на стене, на колоннах, под потолком. Преимущество—сбережение площади мастерской. Недостатками же являются затруднительность и малая доступность в обслуживании (смазка, осмотр, ремонт), повышающие кроме того опасность самих Т. Последнее обстоятельство при расположении валов выше 5 *м* от пола требует устройства постоянных помостов (Постановление Наркомтруда № 154 от 4/XI 1924 г.). Другой недостаток верхнего расположения—затемнение помещения ремнями, особенно при сильном разветвлении Т. При нижнем расположении трансмиссионные валы (как главный, так и промежуточные) с контрприводами располагаются в особых канавах, перекрытых сверху настилом в уровень с полом. В местах над подшипниками для обслуживания их в настиле устраивают крышки. Ремни, выходящие из-под пола к станкам или идущие от двигателя к главной подпольной Т., ограждаются кругом на высоту до 2 *м* металлич. сетками. Подпольные Т. нашли большое применение в деревообделочных мастерских. На мукомольных мельницах и лесопильных з-дах, обслуживаемых Т., последние располагаются иногда в подвальных помещениях или в специальных нижних коридорах. Встречается еще расположение Т. на полу, где она устанавливается на особых стойках. При этом валы ограждают кожухами из листо-



Фиг. 2.

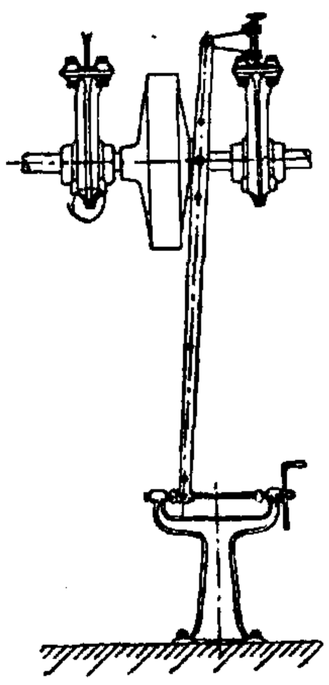
вого железа, а шкивы и ремни—сетками. Концы отдельных отрезков трансмиссионного вала соединяются между собой неразъемными (на ходу) *муфтами* (см.). Для устранения боковых смещений на вал надевают установочные кольца: сплошные (фиг. 1), разъемные (фиг. 2) или фасонные (фиг. 3). Последние ставятся по бокам вкладыша подшипника и предохраняют от разбрызгивания смазки. В некоторых конструкциях подшипников установочное кольцо служит одновременно и смазочным. При возникновении больших осевых усилий от конич. колес или фрикционных муфт



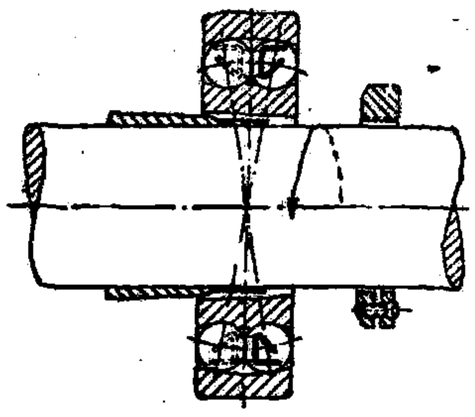
Фиг. 3.

на вал насаживают пояски (обварки) в горячем состоянии и в непосредственной близости к этим деталям для устранения влияния температурных деформаций.

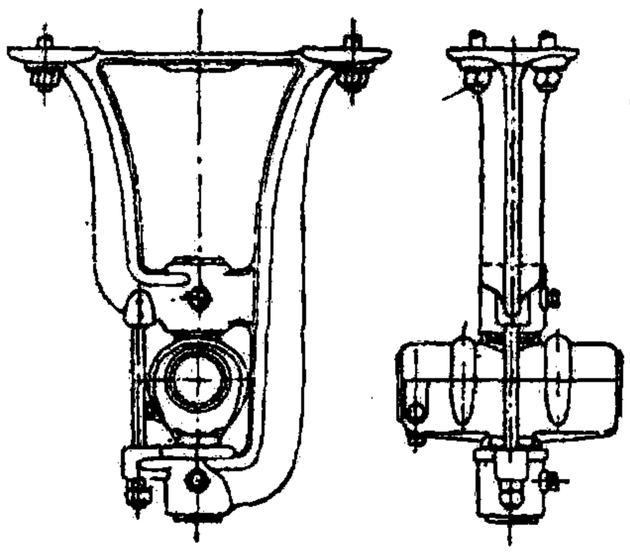
Чтобы компенсировать эти деформации, на участках, превышающих 20 *м* и ограниченных установочными кольцами, ставят уравнительные муфты (см. *Муфты*, рис. 6). Они особенно необходимы при шарикоподшипниках, так как там недопустимы смещения между внешними и внутренними кольцами. На главных и промежуточных трансмиссионных валах устанавливаются также расцепные кулачные и фрикционные муфты. Они необходимы, когда нужно отключить одну из ветвей Т., не останавливая двигателя, для надевания ремня, при нагреве подшипников или ремонте; они допускают пуск моторов вхолостую, а фрикционные муфты защищают вал от резких перегрузок. При несчастных случаях они позволяют быстро произвести расцепление. На контрприводах сдвоенные муфты сцепления позволяют кроме того переключать станок на обратный ход. Кулачные муфты позволяют расцепление на ходу лишь при небольших мощностях (10 HP—100 об/м.). Пример установки фрикционной муфты с винтовым механизмом дан на фиг. 4. Укрепление всех деталей на валах производится посредством шпонок, и только небольшие шкивы, свертные или с разрезной втулкой, садятся без шпонки, удерживаемые силой трения от затяжки болтов.



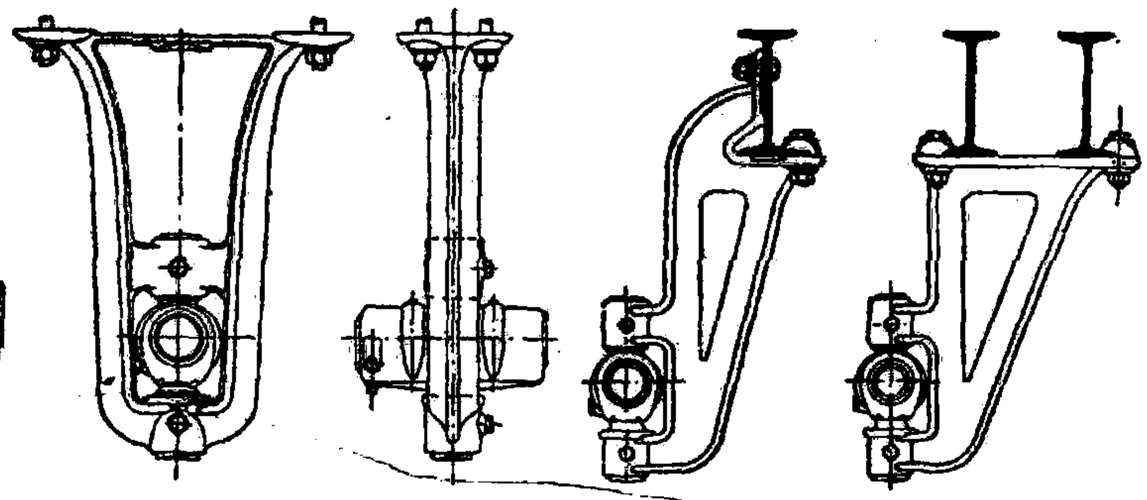
Фиг. 4.



Фиг. 5.

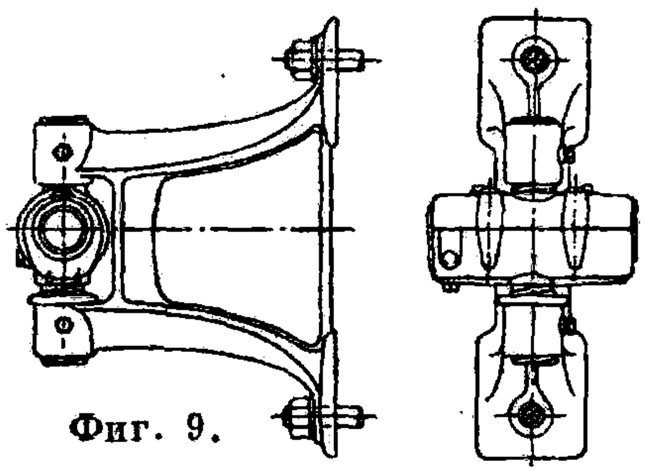


Фиг. 6.

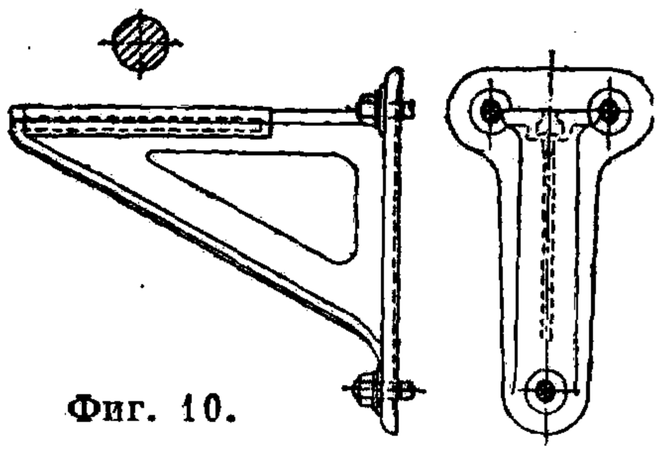


Фиг. 7.

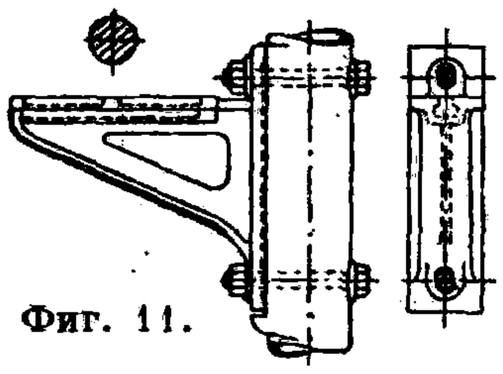
Фиг. 8.



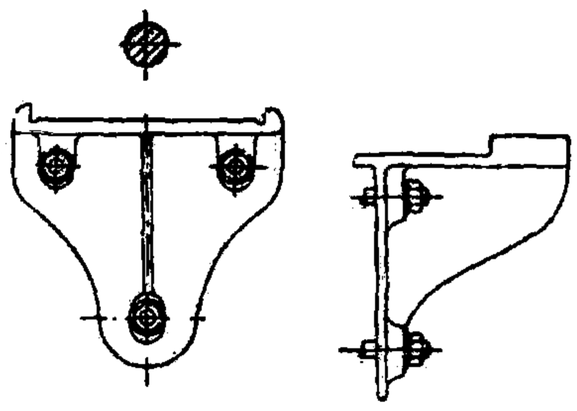
Фиг. 9.



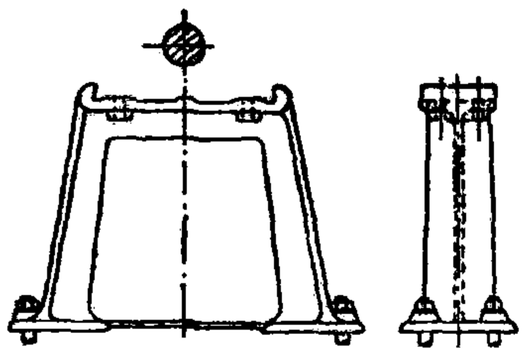
Фиг. 10.



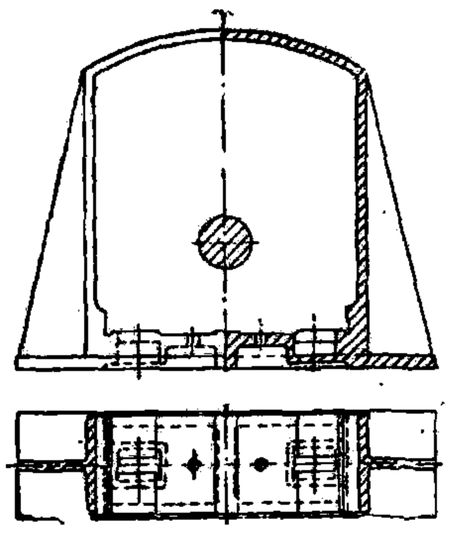
Фиг. 11.



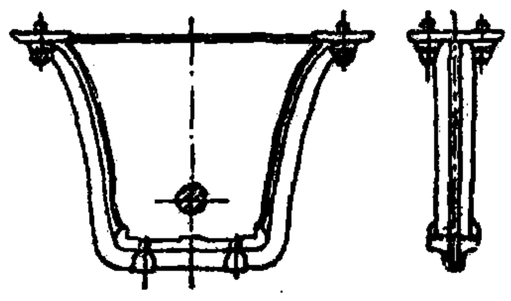
Фиг. 12.



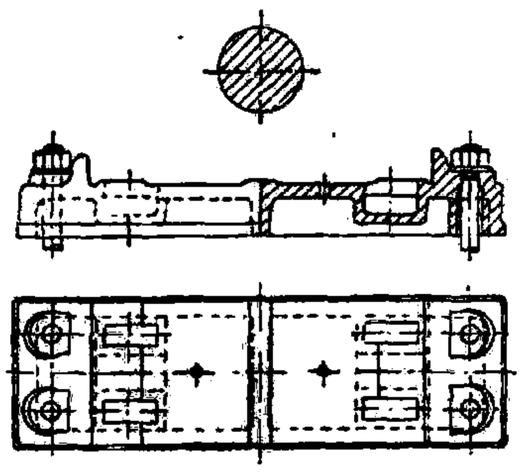
Фиг. 13.



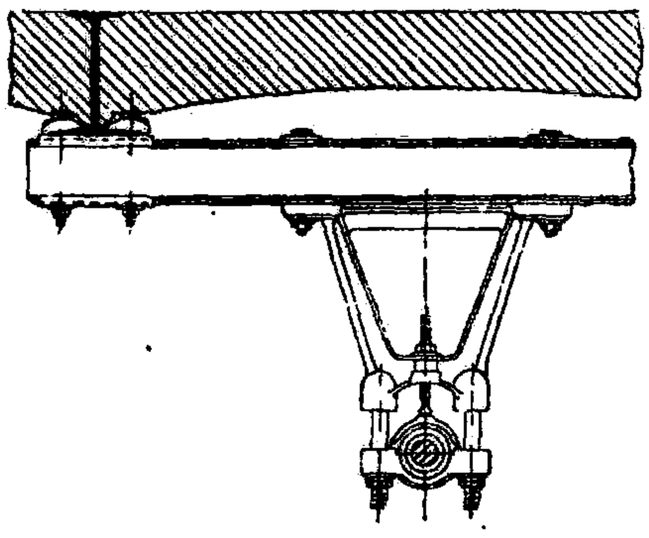
Фиг. 14.



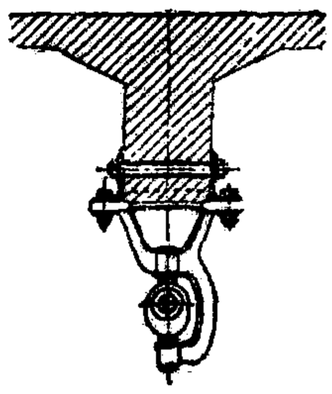
Фиг. 15.



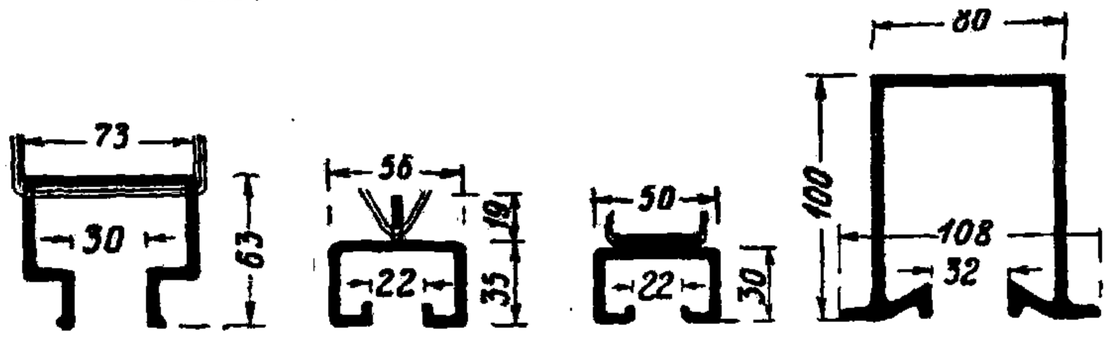
Фиг. 16.



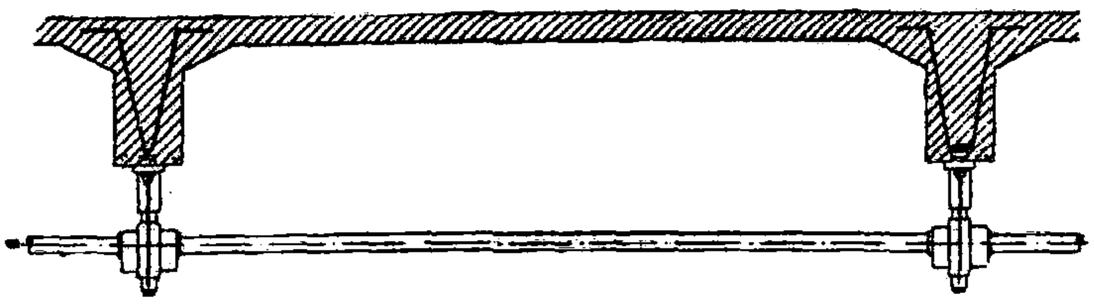
Фиг. 17.



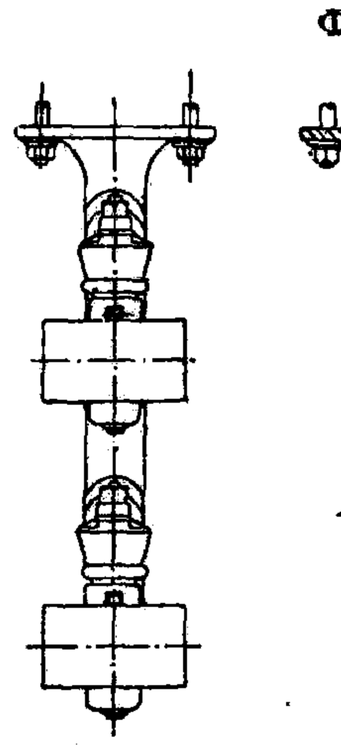
Фиг. 18.



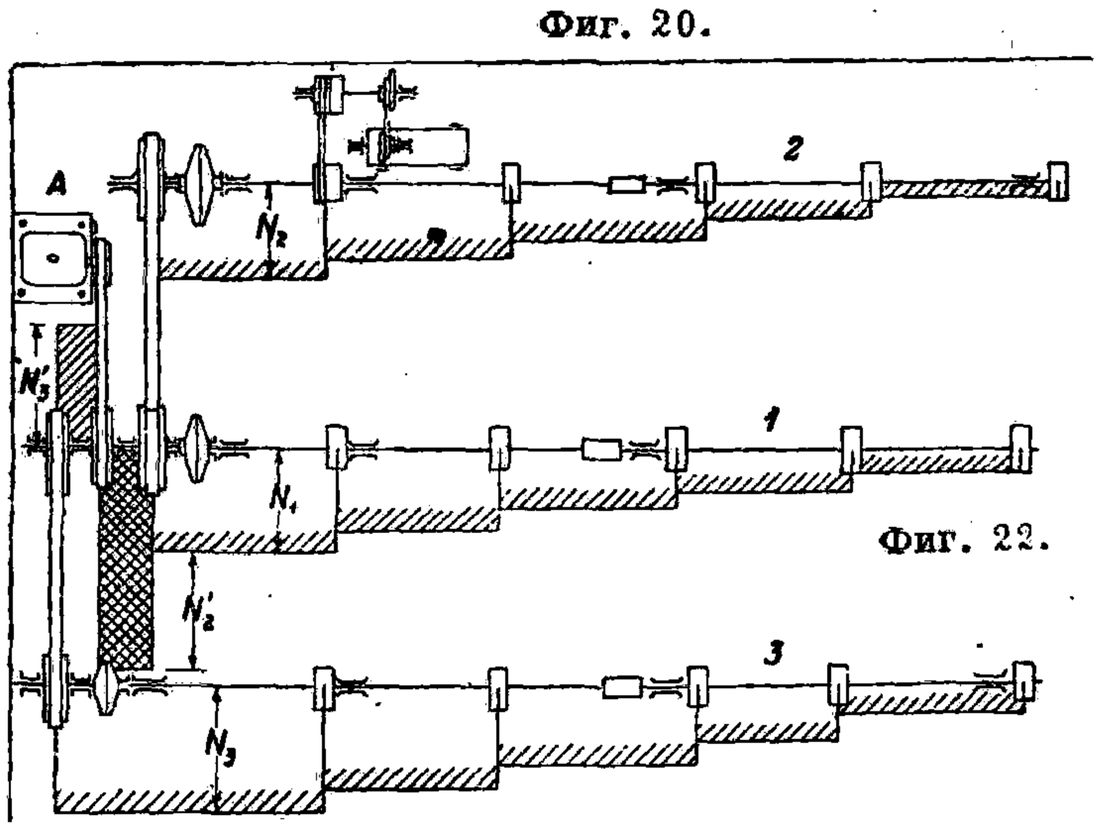
Фиг. 19.



Фиг. 20.



Фиг. 21.



Фиг. 22.

Трансмиссионные валы поддерживаются на *подшипниках* (см.) скользящего трения или шариковых. В последнем случае для установки шарикового элемента применяют детали, указанные на фиг. 5. Подшипники устанавливают на подвесках—нормальной (см. *Подшипники*, фиг. 16), с боковой тягой (фиг. 6), двуплечей (фиг. 7) и консольной (фиг. 8)—и на консолях—настенной (фиг. 9) и наколонной (см. *Подшипники*, фиг. 30). Подшипники (типа Селлерс) вместе с этими опорами представляют одно конструктивное целое. Отдельные трансмиссионные подшипники при помощи болтов крепятся к кронштейнам: настенным (фиг. 10), наколонным (фиг. 11), торцовым (угольникам, фиг. 12), к стойкам (фиг. 13), к коробкам (фиг. 14), если вал проходит через стены здания, к подвескам (фиг. 15), к-рые употребляются для тяжело нагруженных участков главного вала, и к фундаментным плитам (фиг. 16).

Способы укрепления подвесных подшипников на балках изображены на фиг. 8 и 17.,

К бетонным ребристым потолкам подвески крепятся: 1) посредством заложенных в бетон отрезков газовых труб. Сквозь них пропускаются болты, скрепляющие неравнобокие угольники, к которым крепятся подвески (фиг. 18). Если линия вала смещена относительно ребра, то к угольникам крепятся швеллерные балки, перекрывающие пространство от одного ребра к другому, а к швеллерам уже на любом месте укрепляются подвески; 2) при помощи заложенного в бетон специальной формы профильного железа (фиг. 19). Последнее закрепляется в бетоне через каждые 250 *мм* бугелями из полосового железа. К этим профилям крепятся балки или прямо подвески при помощи пропущенных внутрь болтов с головкой, препятствующей их повороту (фиг. 20).

Для предварительного расчета болтов и балок можно усилие, передаваемое с вала на подшипник, считать равным

$$S = dlq = 32\,d^2\ см,$$

что получается при средних значениях $l = 4d$ и давлении $q = 8\ кг/см^2$ для чугунных вкладышей и при $l = 2d$ и $q = 16\ кг/см^2$ для бронзовых и баббитовых.

Подвески контрприводов отличаются наличием отростка (рукава), поддерживающего отводку для перевода ремня. По нормам DIN нормальные $\varnothing$ валов контрпривода: 30, 40, 50, 60 *мм*; вылеты подвесок: 200, 300, 400 *мм*. На контрприводе устанавливаются простой или ступенчатый шкив для ременной передачи на станок, а также рабочий и холостой шкивы для ремня от трансмиссионного вала. При необходимости изменения направления вращения рабочего шкива на валу контрпривода ставят два холостых шкива с открытым и перекрестным ремнями, а отводку снабжают двумя вилками или между холостыми шкивами устанавливают специальную фрикционную муфту, сцепляющую тот или другой с валом контрпривода. Потолочный контрпривод должен располагаться впереди станка с наклоном ремня к вертикали не менее 30°. В тех случаях, когда трансмиссионные валы не параллельны, не лежат в одной плоскости, или ремень нужно пустить под углом (для обхода препятствия), в трансмиссионных установках употребляются направляющие ролики (фиг. 21). Последние должны обладать возможностью переставляться во всех направлениях и при монтаже закрепляются так, чтобы средняя линия набегающего ремня лежала в средней плоскости ролика. Направляющие ролики употребляются как поддерживающие и при параллельных валах, расположенных с относительно малой разницей по высоте, при большом расстоянии между шкивами ($L \geqslant 20\ м$). Поставленные вблизи шкивов направляющие ролики служат для увеличения угла обхвата, а при установке между ними уменьшают провес ремня.

Чтобы иметь набор подшипников, муфт и прочих деталей одних и тех же номеров и уменьшить число запасных, $\varnothing$ трансмиссионного вала по всей длине его берется постоянным. Расчет трансмиссионного вала приходится производить тогда по наиболее загруженному участку, для отыскания которого удобно построить диаграмму распределения мощности. На фиг. 22 от мотора A на главный трансмиссионный вал *1* передается мощность $N = N_1 + N_2' + N_3'$, от нее на вал *2* передается $N_2 = N_2'\eta$, на вал *3* $N_3 = N_3'\eta$, где η—кпд ременной передачи. Диаграмма имеет ступенчатый вид сообразно падению мощности за каждым шкивом, связанным ремнем с контрприводом. По диаграмме видно, что наиболее загруженным является участок главной Т., передающей мощность $N_2' + N_1$. Расчет этого участка можно произвести предварительно по сумме мощностей $\Sigma_1 N$, потребляемых станками на первый линии (главной), и $\Sigma_2 N$—на второй, увеличив ее на 15%, пользуясь ф-лой $d = 12\sqrt[4]{\frac{N}{n}}$. Округлив $\varnothing$ до ближайшего, большего по стандарту, определяем расстояние по формуле

$$L = 125\sqrt{d_{см}},$$

причем для крайних участков Т. это расстояние уменьшается на 25%, а при установке шкивов около подшипников увеличивается до 50%. Расставив подшипники по линии вала, находим число их. Тот же самый расчет производим для второго вала, увеличив предварительно мощность, потребляемую станками, на 10%. Для повторного, более точного, подсчета необходимо учесть потери в ремнях и подшипниках главной Т., промежуточной и контрприводов. По нормам Сименс-Шуккерта возможен следующий подсчет. Если число подшипников первого вала равно Z_1 и на его контрприводах Z_1', а на втором валу соответственно Z_2 и Z_2', то потери (в ваттах) определяются равными

$$W_1 = A_1Z_1 + A_1'Z_1' + A_2Z_2 + A_2'Z_2',$$

где коэф-ты A с практическим округлением

$$A = \frac{d^3 \cdot \sqrt{n^3}}{15\,000}.$$

Потери мощности ремнями (в ваттах) находят по формуле

$$W_2 = \Sigma(8b_1 + 10)\,i_1 + \Sigma(8b_2 + 10)\,i_2 + \Sigma(8b_3 + 10)\,i_3,$$

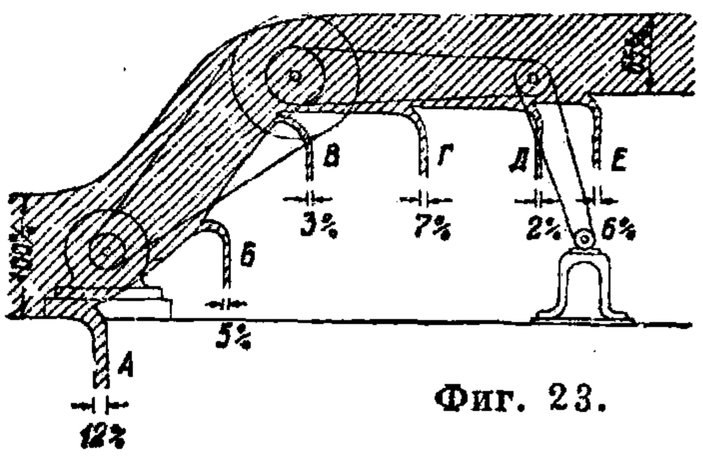
где b—ширина каждого ремня в *см*, а i_1—число одинаковых ремней между 1-м и 2-м валом, i_2—между этими валами и контрприводами, i_3—между последними и станками. Зная полезную мощность станков и потери на рассматриваемых трех линиях Т., можно найти максимальную мощность, затрачиваемую электромотором, для чего необходимо еще подсчитать потери в главной ременной передаче. Для этого служит формула

$$W_3 = C \cdot KW,$$

где W_3—потери в приводном моторе и его передаче в ваттах, а KW — номинальная мощность в kW. Коэф. C берется по таблице:

KW	3	5	8	10	15	20 и выше
C	185	145	110	85	70	65

После того как уточнено расположение мотора, станков и направление ремней, ⌀ вала и длина наиболее загруженного участка, Т. проверяются расчетом на сложное сопротивление, причем максимальные напряжения не должны превосходить 500 *кг/см²*. Вал проверяется также на деформацию изгиба, к-рая принимается не более $^1/_{3\,000}$ от длины проверяемого участка. Примерная картина потока энергии при механич. передаче ее представлена на фиг. 23. При подсчете мощности мотора в сильно разветвленных Т. следует иметь в виду, что простой станков составляет не менее 30% рабочего времени, а с максимальной нагрузкой работает не более $^1/_3$ всех станков, остальные же потребляют не более 75% их нормальной мощности. Поэтому максимальную мощность мотора при полной мощности станков ΣN можно уменьшить



Фиг. 23.

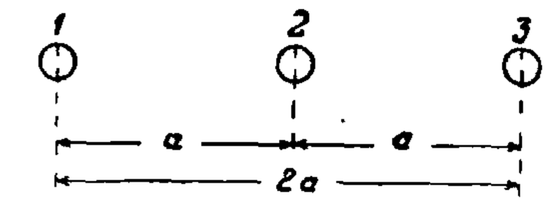
$$N_0 = \Sigma N - (0{,}7 \cdot \frac{1}{3}\Sigma N + 0{,}7 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0{,}75\,\Sigma N) \cong$$

$$\cong 0{,}4\,\Sigma N.$$
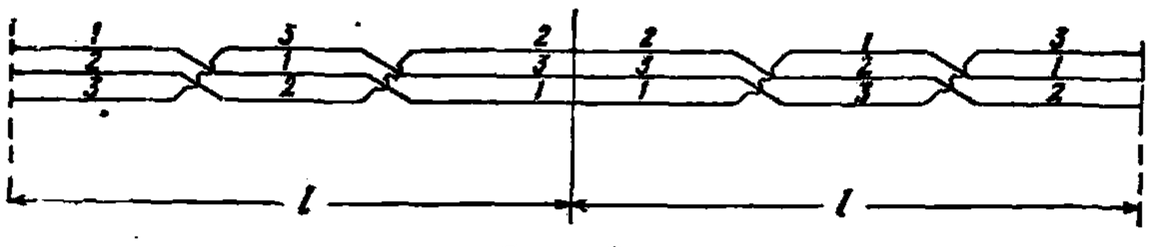
Лит.: DIN, Трансмиссии, пер. с нем., М., 1927; Грейнер В., Трансмиссии, пер. с нем., М., 1928; Пресс А. и Пресс С., Трансмиссии, М., 1930; НТУ ВСНХ СССР, Приводные ремни, М., 1930; Винокуров А., Трансмиссионное хозяйство на заводе, М.—Л., 1931; Колобашкин Ф., Установка трансмиссий, М.—Л., 1930; Хоппе Ф., Электрический привод станков и машин, пер. с нем., Л.—М., 1929; Эберт Ф. и Гельмих Г., Механическая передача энергии, пер. с нем., М.—Л., 1930.

Е. Гутьяр.

*** ТРАНСПОЗИЦИЯ** (перекрещивание, скрутка) проводов электрич. воздушных линий, изменение порядка расположения отдельных проводов цепи на опорах путем кругового перемещения проводов через равные промежутки. Т. применяется в следующих случаях: 1) Для устранения несимметричностей проводов разных фаз одной и той же линии в электромагнитном и электростатическом отношениях. Протекающие по проводам переменные токи создают вокруг них переменные магнитные поля, к-рые индуктируют в проводах эдс самоиндукции и взаимоиндукции (см. *Индуктивность*). Кроме того линия, находящаяся под напряжением, обладает благодаря возникающим в окружающем пространстве электрич. полям свойствами конденсатора (провода обладают емкостью относительно друг

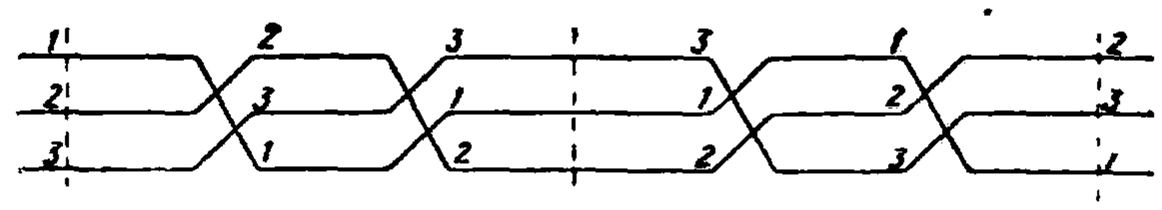


Фиг. 1.

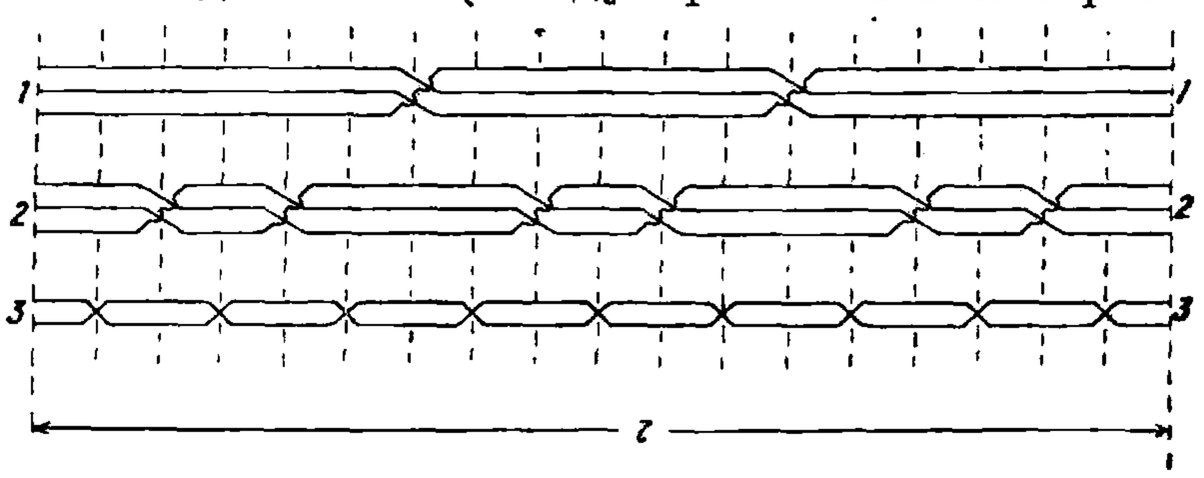


Фиг. 2.

друга и земли), к-рый при переменном напряжении заряжается и разряжается (емкостные токи, см. *Емкость*). Падение напряжения в проводе трехфазной линии будет минимальным и одинаковым во всех проводах, если они обладают одинаковыми индуктивными и емкостными свойствами; такая электрическая симметричность достигается (за исключением емкости отдельных проводов относительно земли) симметричным размещением проводов трехфазной линии: по вершинам правильного

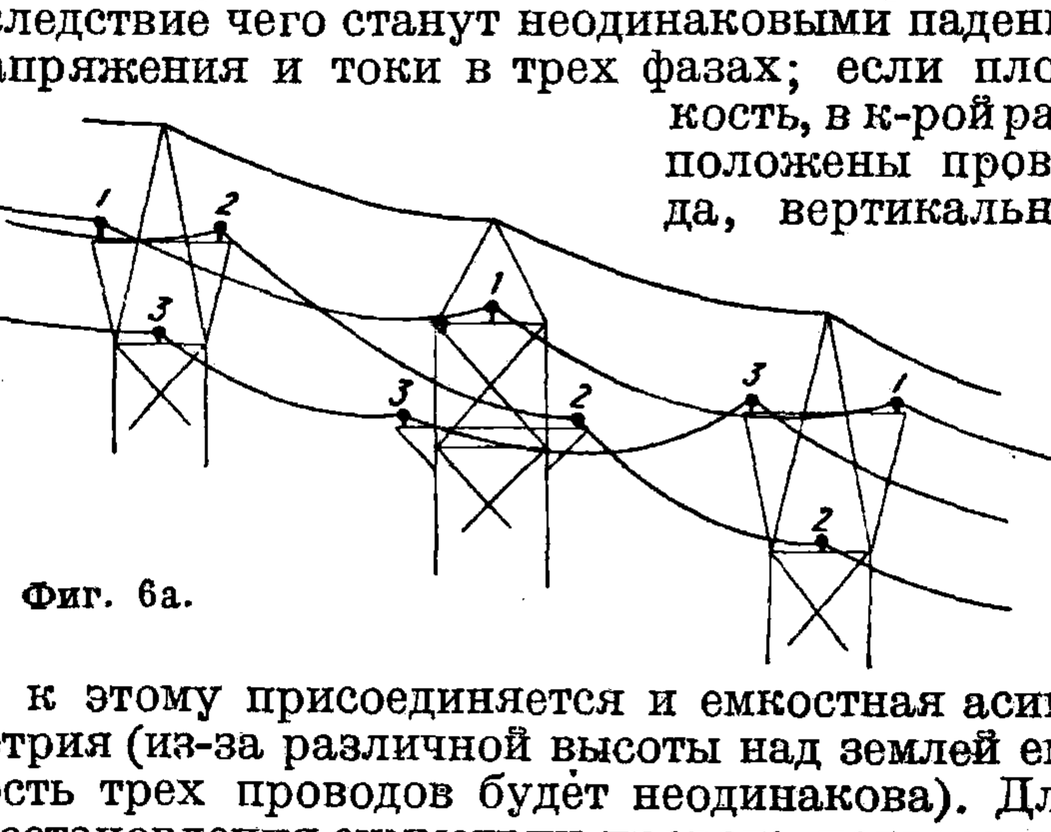

Фиг. 3.

тр-ка. При расположении проводов в одной плоскости (фиг. 1) расстояния между проводами неодинаковы (между крайними *1* и *3* рас-



Фиг. 4.

стояние вдвое больше, чем между средним *2* и одним из крайних, что нарушает и электрическую симметрию: индуктивное падение напря-



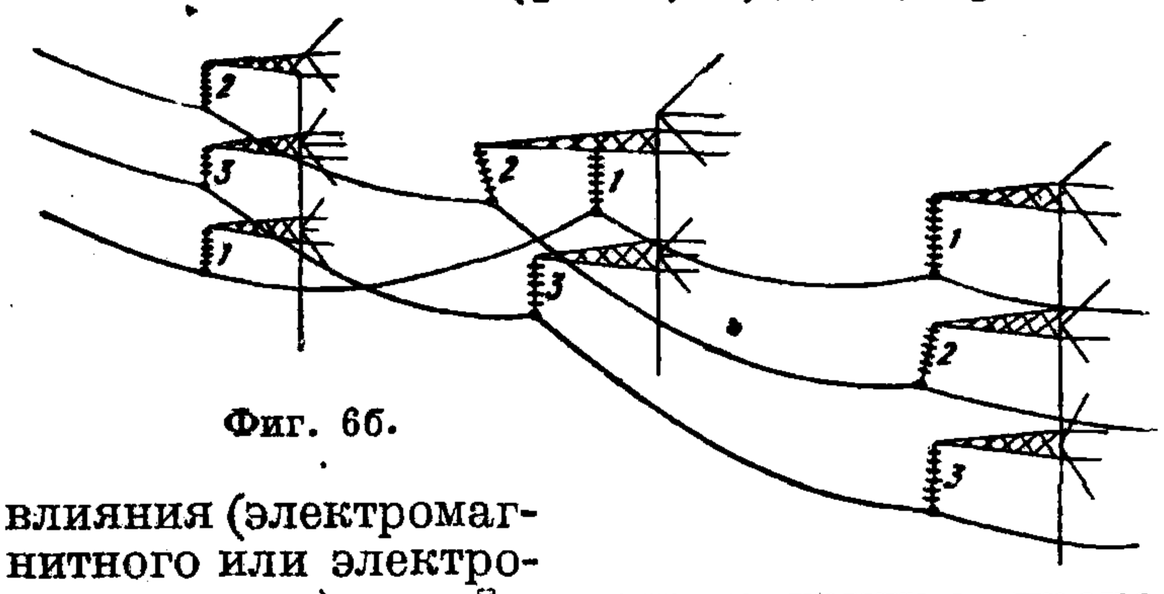
Фиг. 5.

жения в проводах *1* и *3* больше, чем в проводе *2*, вследствие чего станут неодинаковыми падения напряжения и токи в трех фазах; если плоскость, в к-рой расположены провода, вертикальна,

Фиг. 6а.

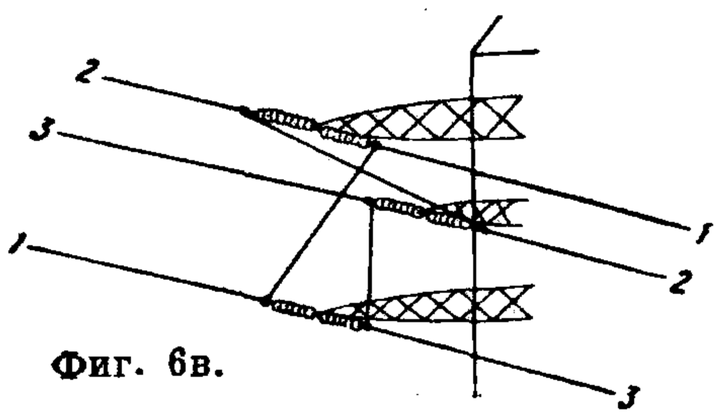
то к этому присоединяется и емкостная асимметрия (из-за различной высоты над землей емкость трех проводов будет неодинакова). Для восстановления симметрии провода подвергают Т. (фиг. 2) т. о., чтобы каждый из проводов шел

на $^1/_3$ длины линии снаружи с одной стороны на $^1/_3$—посредине и на $^1/_3$—снаружи с другой стороны. При расположении по вершинам правильного тр-ка Т. необходима для устранения влияния различного расположения проводов относительно земли (фиг. 3). 2) Для устранения



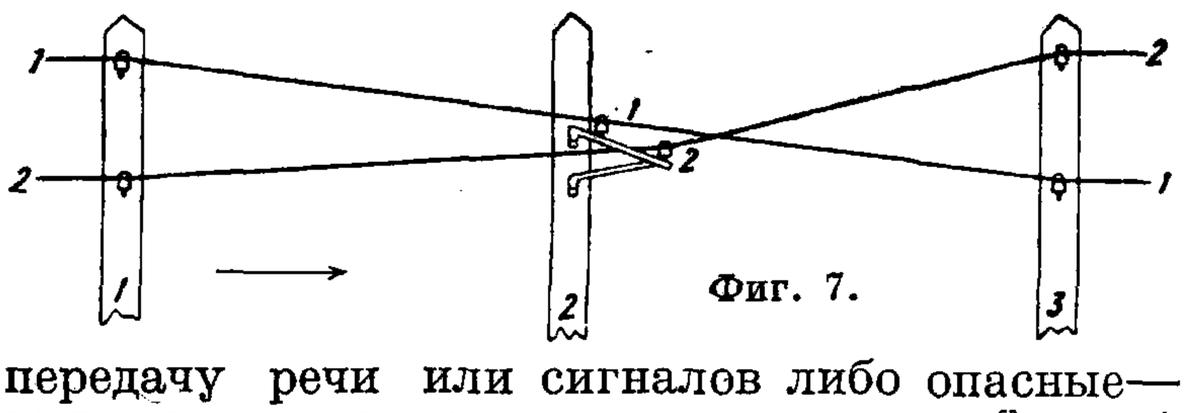
Фиг. 6б.

влияния (электромагнитного или электростатического) одной линии на другую, проходящую вблизи параллельно. Вследствие взаимной электромагнитной индукции переменный, или пульсирующий ток, протекающий по какой-либо цепи, индуктирует в соседней, расположенной параллельно цепи эдс, а следовательно и ток; вследствие же электростатич. индукции переменное, или пульсирующее напряжение в одной цепи индуктирует токи в другой. В связи с этим одна линия сильного тока и высокого напряжения может оказывать влияние на правильную работу другой такой же линии или на расположенную близко линию связи (мешающие воздействия, затрудняющие



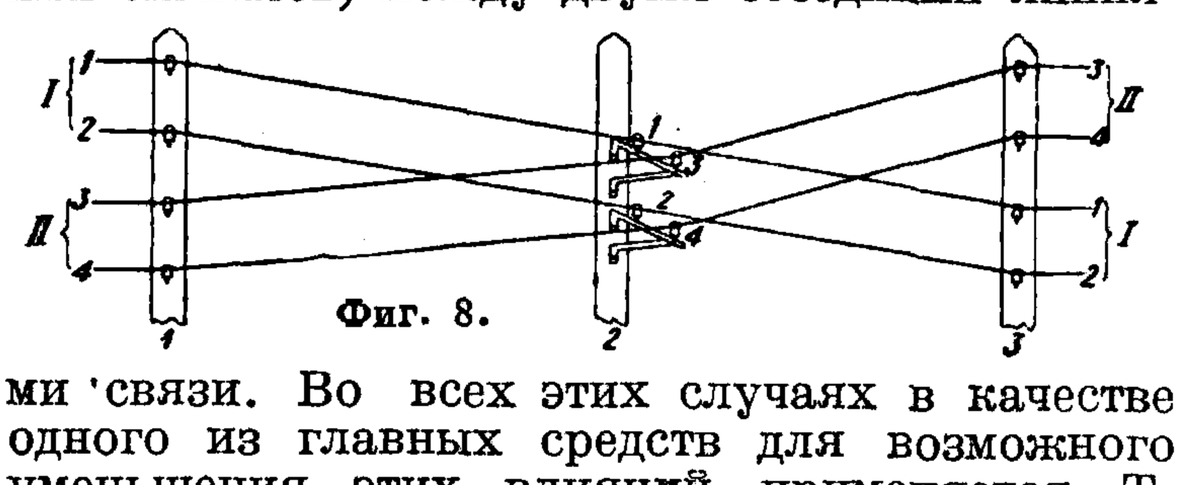
Фиг. 6в.

передачу речи или сигналов либо опасные—для персонала и аппаратуры — воздействия) или наконец возможно мешающее взаимное влияние (в отношении чистоты передачи речи или сигналов) между двумя соседними линия-

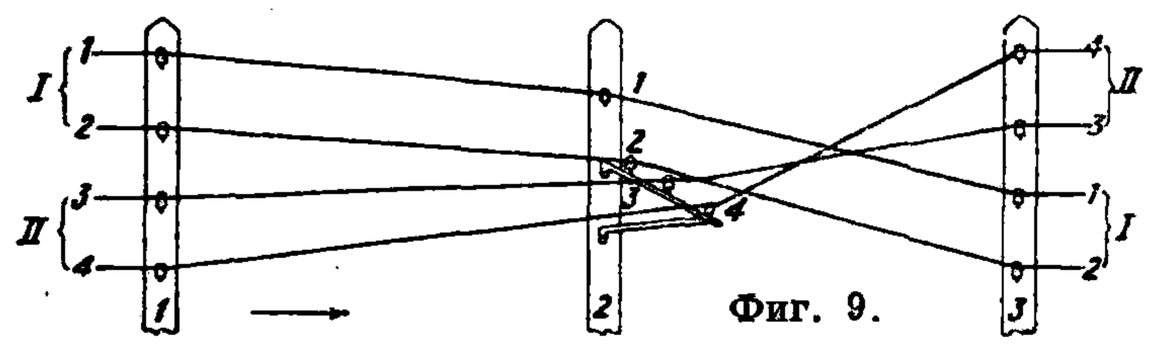


Фиг. 7.

ми связи. Во всех этих случаях в качестве одного из главных средств для возможного уменьшения этих влияний применяется Т. как к линиям сильного тока, так и к проводам связи (фиг. 4, где *1*—цепь 1, *2*—цепь 2, *3*—

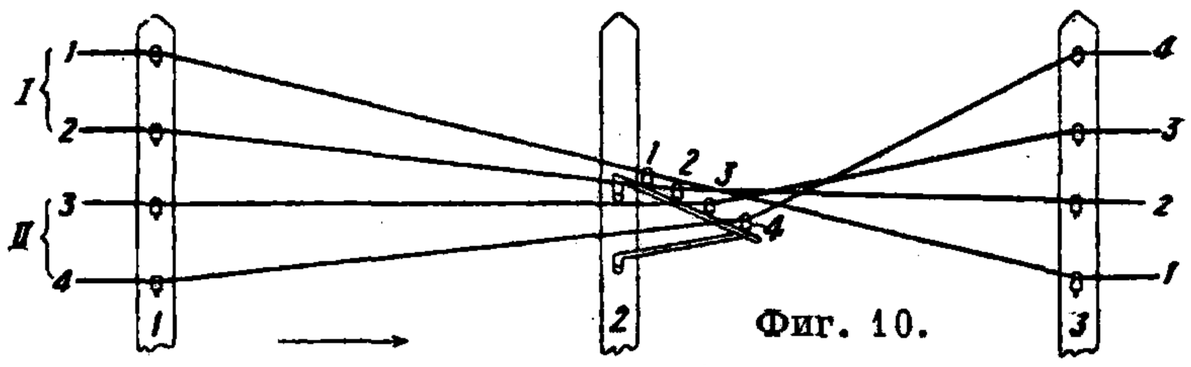


Фиг. 8.



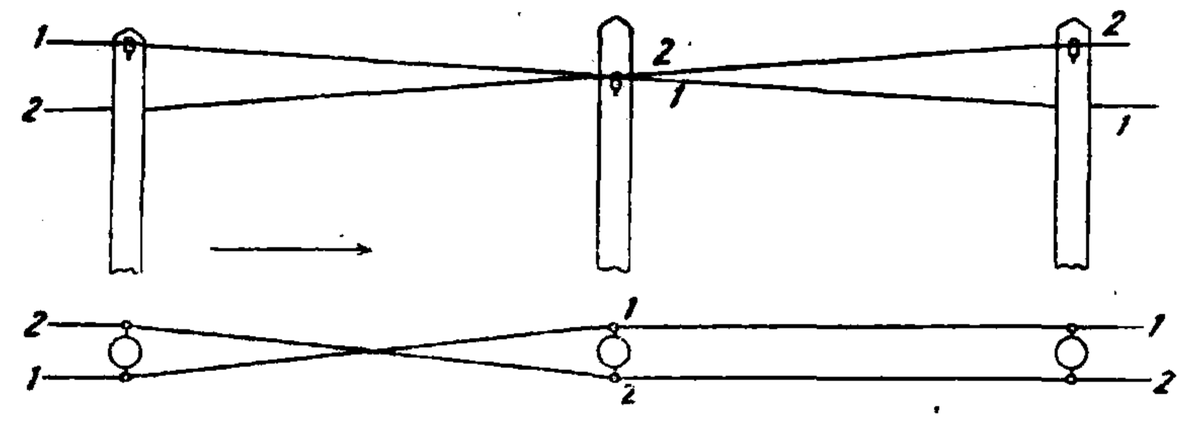
Фиг. 9.

телефонная линия). На фиг. 5 показано расположение проводов двух цепей при их последовательном перемещении на опорах. На протяжении одного цикла Т., т. е. цикла кругового перемещения всех проводов, заключающего в себе для трехфазной линии последовательно



Фиг. 10.

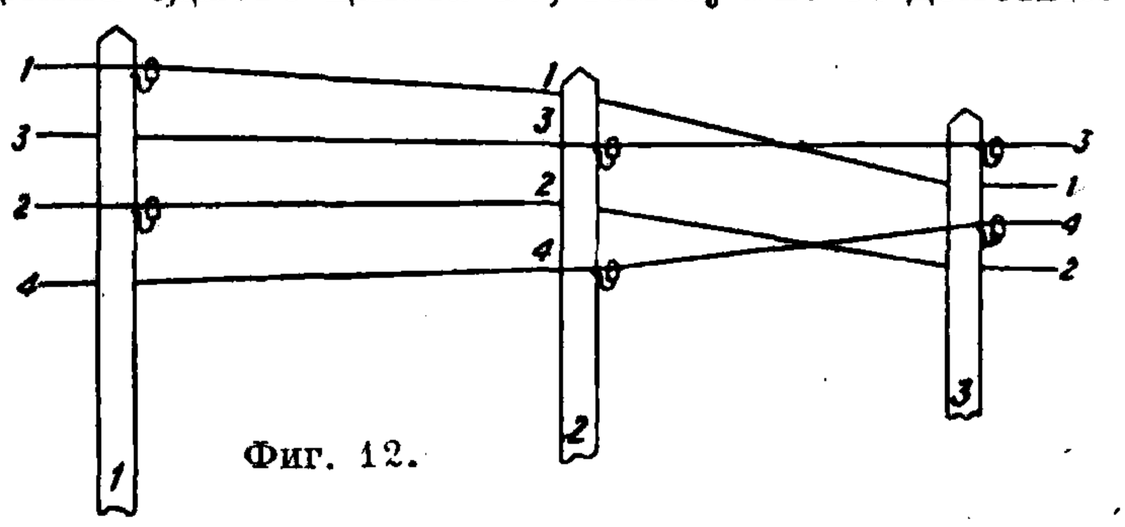
три различных расположения проводов, индукционные влияния их взаимно уничтожаются, если фазные напряжения одинаковы, а кривые тока синусоидальны. При наличии в кривых тока гармонических высших порядков, кратных 3, их Т. не компенсирует, так как



Фиг. 11.

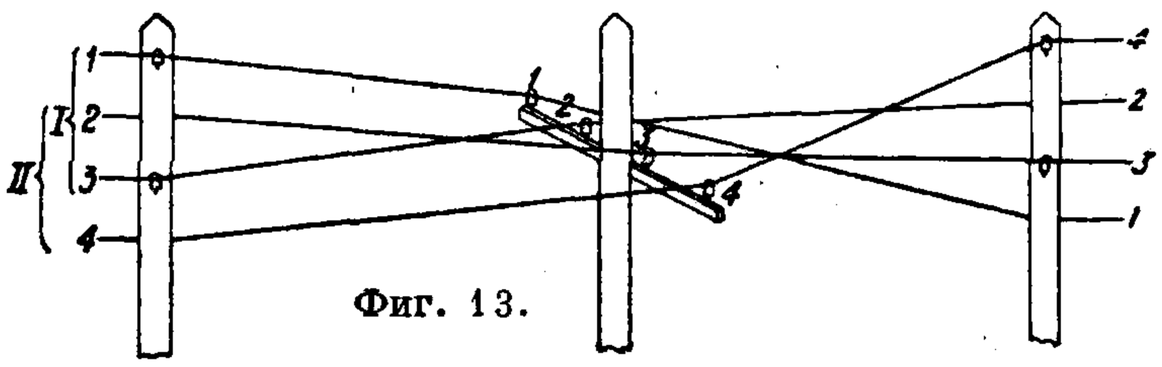
они имеют одинаковую фазу во всех проводах (см. *Трехфазный ток*). Транспозиция не дает действительной компенсации индукции, если какая-либо из цепей заземлена (иначе, чем в нулевой точке).

Чем чаще повторяется Т., т. е. чем меньше длина одного цикла Т., тем лучше ее действие.



Фиг. 12.

Число циклов транспозиции зависит главным образом от чувствительности цепи (особенно телефонные цепи) к индукционным влияниям, от близости к влияющей линии на участках сближения, где обе линии проходят приблизительно параллельно, и в меньшей степени от напряжения и силы тока в линии передачи. На практике для линий передачи с расположением проводов по вершинам правильного

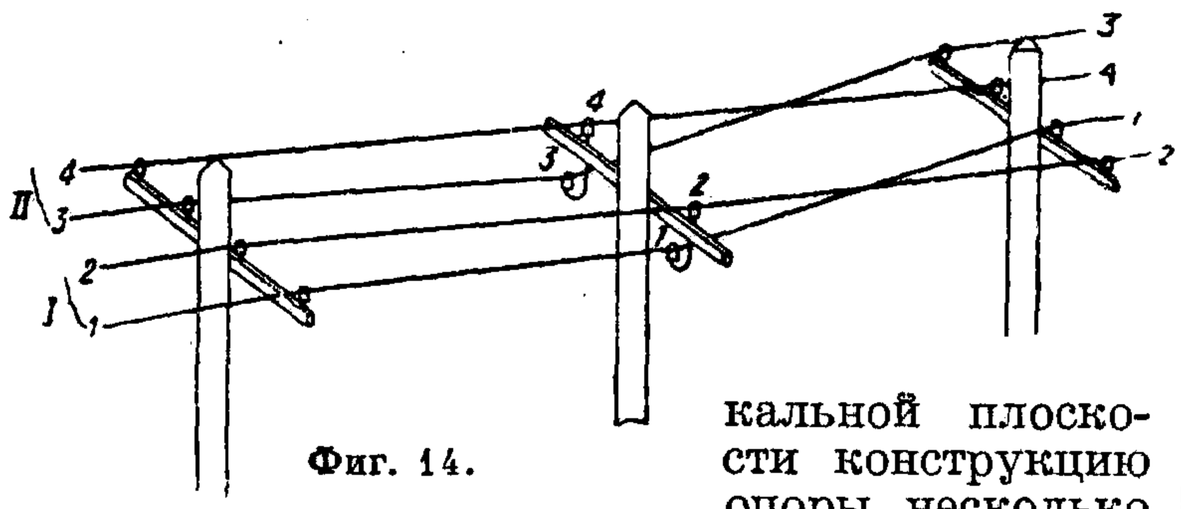


Фиг. 13.

треугольника длину цикла Т. берут в 20—80 *км*, при другом расположении проводов в 10—40 *км*, для линий же связи (на участках, подверженных влиянию) в 1 *км* и меньше.

Способы выполнения Т. А. Для проводов линии сильного тока: 1) вращением тр-ка, по вершинам к-рого размещены провода, 2) последовательным изменением относительного положения проводов, 3) изменением относительного положения проводов скачком. Способы 1 и 2 осуществляются помощью спе-

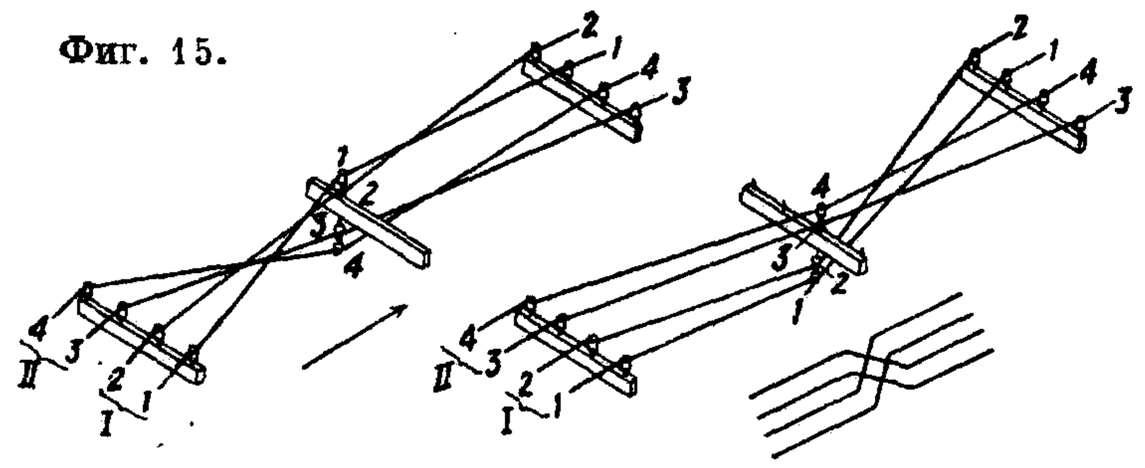
циальной конструкции транспозиционных опор (чтобы сохранить необходимое расстояние между проводами, длину транспозиционных пролетов берут примерно вдвое меньше нормальных). При способе 3 нужна обычная анкерная опора (при расположении проводов в верти-



Фиг. 14.

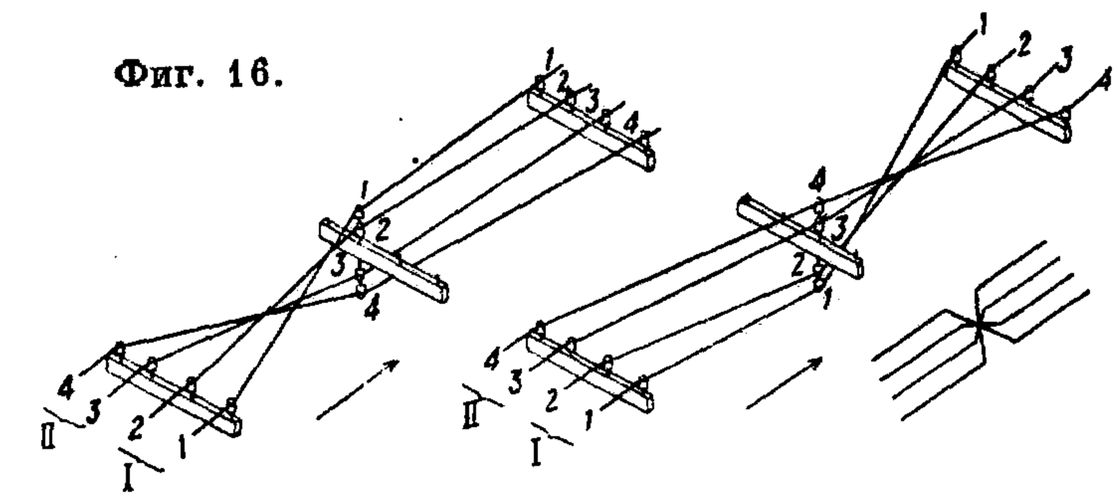
кальной плоскости конструкцию опоры несколько изменяют). По первому способу треугольник, по вершинам которого расположены провода, поворачивают в одном пролете на 60° и еще на 60° в следующем пролете (фиг. 6а).

Фиг. 15.



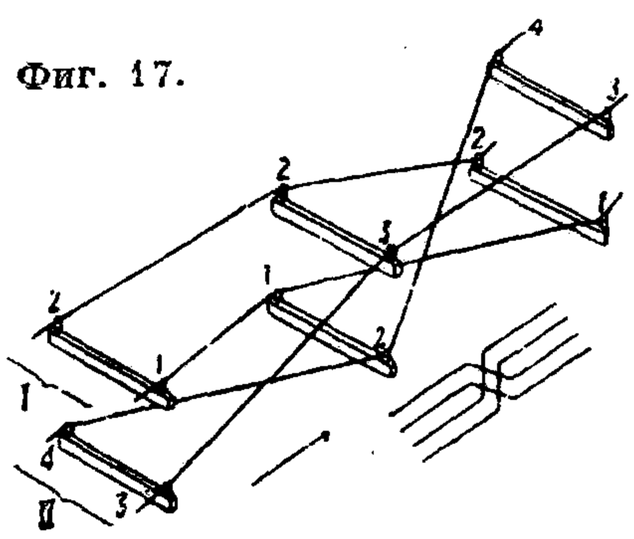
При расположении проводов в одной плоскости приходится применять промежуточное расположение их по вершинам тр-ка (фиг. 6б).

Фиг. 16.



Способ изменения расположения проводов скачком показан на фиг. 6в. Иногда транспозиция выполнима помощью обычных опор. Удобны при этом опоры с двойными изоляторами. При деревянных опорах устанавливают в транспозиционных пролетах две опоры на расстоянии 3—5 *м* одна от другой. На больших пролетах нужно особенно следить, чтобы при Т. не получилось такое уменьшение расстояния между проводами, которое могло бы вызвать аварии от их соприкосновения. **В. Хащинский.**

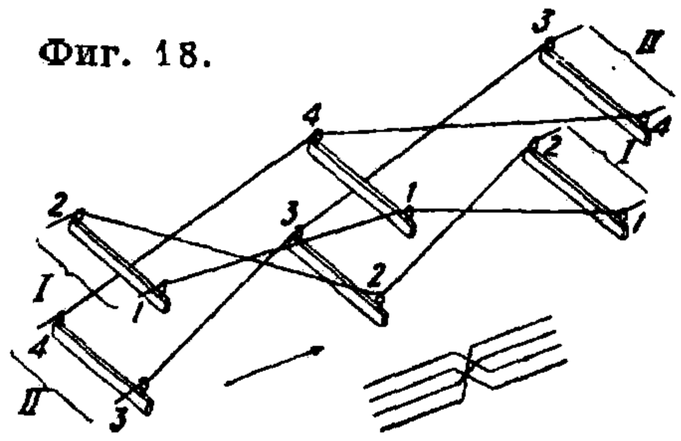
Фиг. 17.



Б. Для телефонных линий Т. выполняется следующими способами: I. Провода расположены по одной стороне столба. 1) Если провода подвешены на крюках, то Т. делается так, как показано на фиг. 7. Для этого необходимо на том столбе, где полагается Т., установить кронштейн на высоте, равной половине расстояния между транспонируемыми проводами. 2) Если требуется выполнить Т. для искусственной линии в том случае, когда обе основные линии по одной стороне столба, то Т. выполняется по фиг. 8. В этом случае Т. производится при помощи двух кронштейнов. 3) Если кроме искусственной линии необходимо транспонировать также и одну основную (нижнюю), то для этого требуется трехштырный кронштейн и один крюк (фиг. 9). 4) Если требуется транспонировать обе основные и искусственную линии, то для этого необходимо установить четырехштырный кронштейн (фиг. 10).

II. Провода расположены по разным сторонам столба. 1) На фиг. 11 показана Т. в случае наличия одной линии. 2) На фиг. 12 показана Т. искусственной линии, причем первая основная линия составлена из 1 и 2 проводов, а вторая из 3 и 4 проводов. 3) На фиг. 13 показана транспозиция обеих основных и искусственной линий.

Фиг. 18.



III. Провода расположены горизонтально на траверсах. 1) На фиг. 14 показана Т. основных линий. 2) На фиг. 15 показана Т. искусственных линий. 3) На фиг. 16 показана транспозиция обеих основных и искусственной линий.

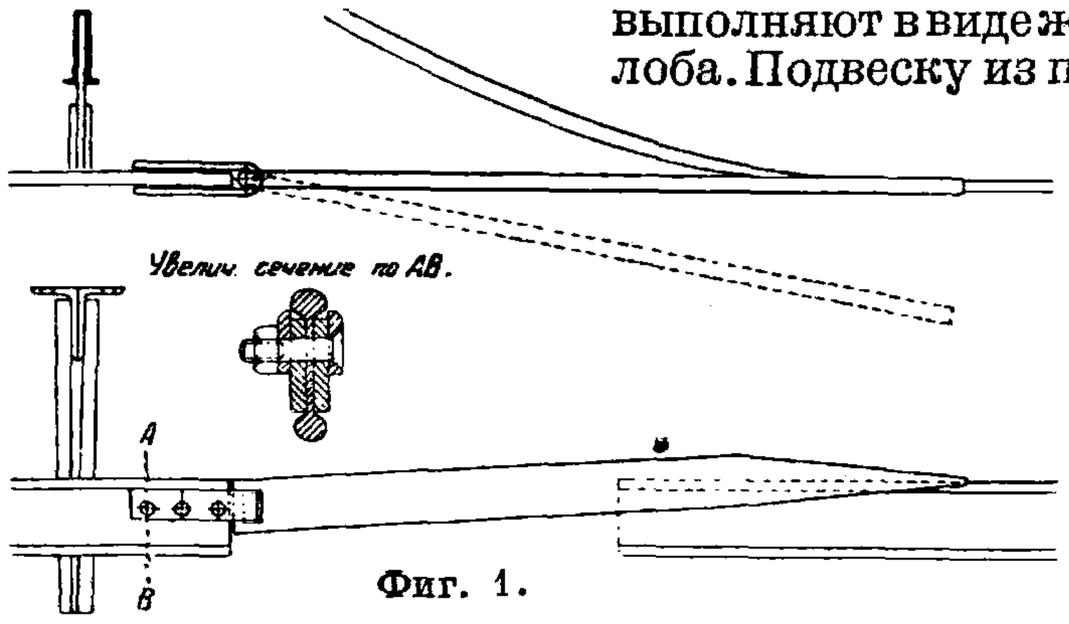
IV. Провода расположены на траверсах в вертикальной плоскости. 1) На фиг. 17 показана Т. искусственных линий. 2) На фиг. 18 показана Т. обеих основных и искусственной линий. **М. Юрьев.**

Лит.: Каппер Ф., Электропередача, Сооружение воздушных линий, пер. с нем., М., 1927; Смуров А., Электротехника высокого напряжения и передача электрич. энергии, Л., 1925; Стилл А., Передача электрич. энергии, М., 1925; СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 3, Л., 1928; Фаульь Ф., Справочник по электротехнике, пер. с англ., т. 3, М.—Л., 1929; Юрьев М., Влияние высоковольтных линий на линии связи, М., 1929; Акульшин П., Скрещивание телефонных цепей, М., 1931; Kurtz E., The Lineman's Handbook, N. Y., 1928; Kyser H., Die elektrische Kraftübertragung, 3 Aufl., B. 2, B., 1932; Mauduit A., Installations électriques à haute et basse tension, v. 1, P., 1926; NELA, Overhead System Reference Book, N. Y., 1927; Pender H., Handbook for Electrical Engineers, 2 ed., N. Y., 1922; Fowle F., The Transposition of Electrical Conductors, «JAIEE», New York, 1904, v. 23, p. 650; Osborne H., The Design of Transpositions for Parallel Power and Telephone Circuits, ibid., v. 3, 1918, p. 897. **В. Хащинский.**

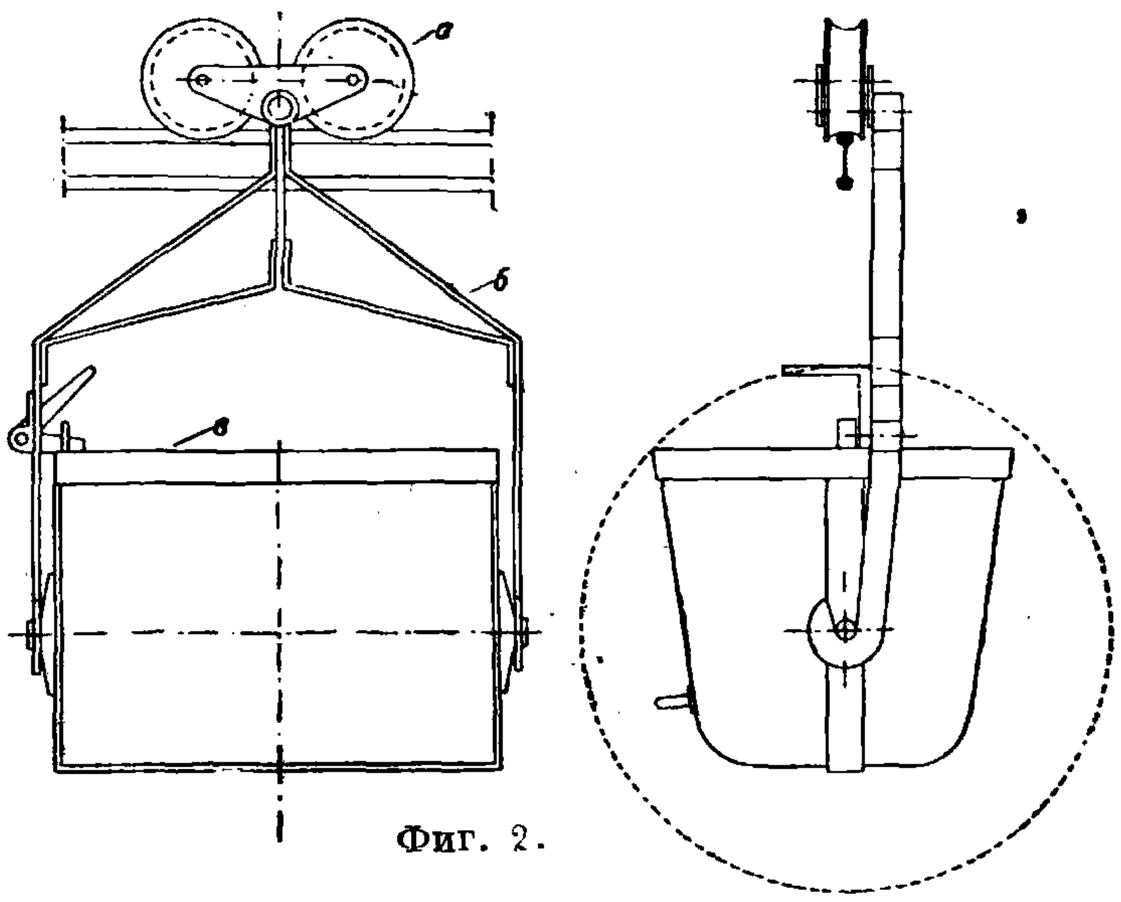
ТРАНСПОРТ подвесной. Основные элементы: подвесной путь (жесткий рельс, канат), тяговое устройство (ручная, канатная, мотовозная, электрич. тяга), подвижной состав.

Ручные подвесные дороги устраиваются на жестком рельсе. Путь состоит из одного или из двух рельсов. Первый делают из полосового железа, виньолевского или двухголовчатого рельса, который прикрепляют к балкам, подвешенным к потолку здания, или на эстакаде. Для избежания кручения балок подвесные башмаки делают так, чтобы ось рельса совпадала по вертикали с нейтральной осью балки. Для ответвлений в пути употребляют стрелки, обычно поворотной конструкции с пером (фиг. 1). При пересечении ставят или специальные стрелки, пересекающиеся под углом, или поворотные круги. Путь устраивают горизонтальный или с небольшим уклоном—не более 1%; радиусы закруглений—не менее 2 *м*. Вагонетки однорельсового пути состоят из трех основных частей (фиг. 2): тележ-

ки *а*, подвески *б* и какого-либо приспособления для захвата груза *в*. Колеса тележки имеют обычно 200—300 *мм* в диаметре при ширине в 70—100 *мм*. Поверхность катания выполняют в виде жолоба. Подвеску из полосового железа располагают по одну сторону от рельса для свободного прохода через башмаки, стрелки и пр. Устройство для захвата груза делается в виде кузова опрокидного, с раскрывающимися бортами или дном, платформы, крюка и т. п. Двухрельсовый путь устраивается: 1) из двух расположенных рядом двутавровых или швеллерных балок с ездой

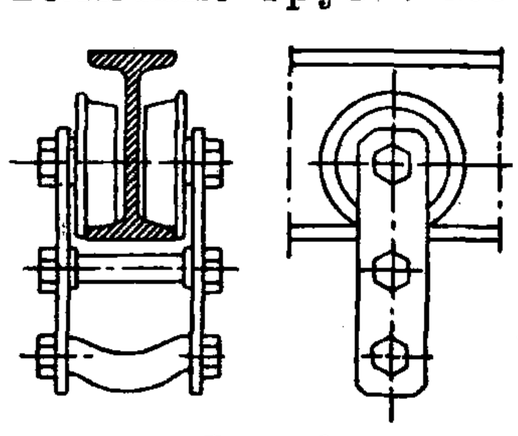


Фиг. 1.

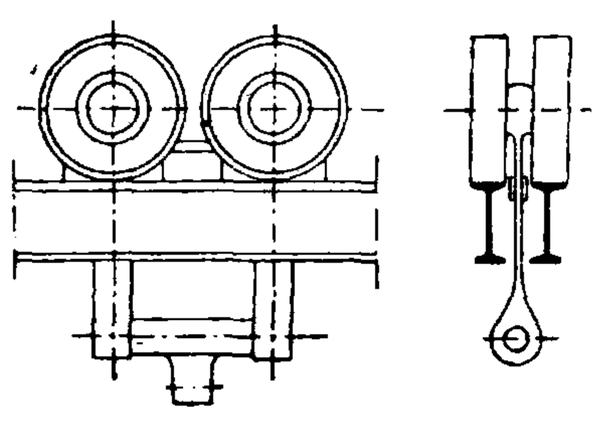


Фиг. 2.

по верхнему или по нижнему поясу; 2) из одной двутавровой балки с ездой понизу по обеим полкам; 3) из прокатной стали специального профиля. Крепление пути производят по месту: к колоннам, к стене, к балкам с помощью подвесок, хомутов и т. п. Вагонетки двухрельсового пути имеют одну (фиг. 3), две (фиг. 4) и т. д. до двенадцати осей, смотря по величине груза. Колеса—со слегка выпуклой



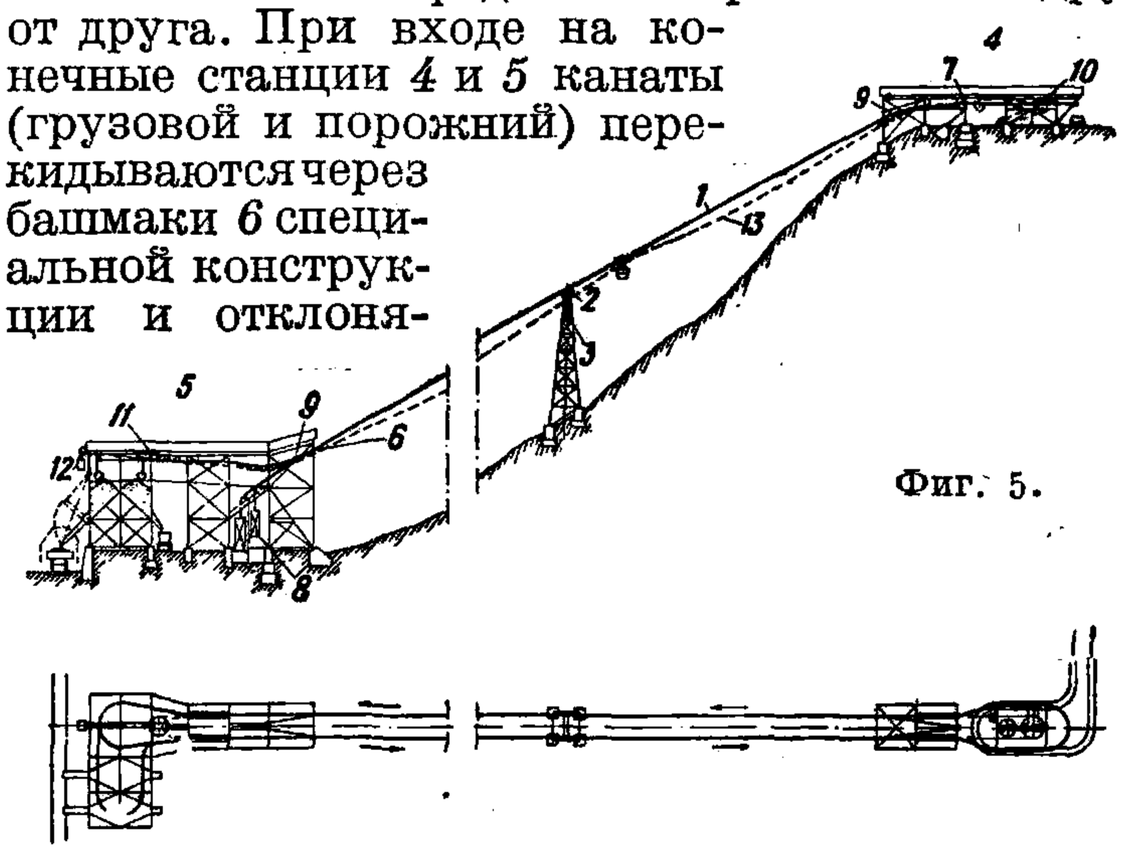
Фиг. 3.



Фиг. 4.

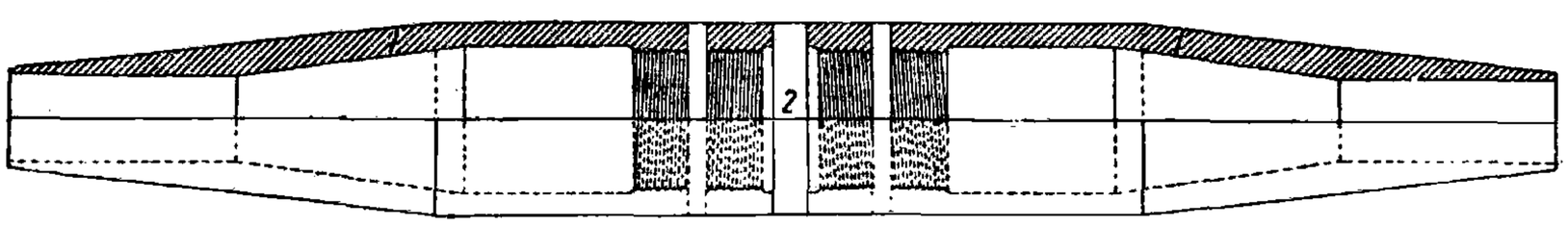
поверхностью катания. Малый диаметр колес (до 75—80 *мм*) позволяет выполнять тележки с небольшими жесткими базами, вследствие чего возможно уменьшать радиусы кривых, но увеличивает потребное тяговое усилие, для снижения которого колеса монтируют на шарикоподшипниках. Потребное усилие для передвижения вагонетки без шарикоподшипников по горизонтальному пути равно 2,5—3% от веса брутто вагонетки, а с шарикоподшипниками 1—1,5%; расчетная скорость около 0,5 *м/сек*. Вагонетки иногда снабжаются ручными или электрическими талями. Ручные подвесные дороги употребляются для обслуживания внутризаводских или складских помещений при небольшом расстоянии, незначительной и неравномерной производительности и малых единичных грузах (200—600 *кг*, как исключение до 2—3 *т*). Затраты на первоначальное оборудование двухрельсового пути выше, чем однорельсового. Но так как первый обладает большей устойчивостью в боковом направлении, то он предпочитается при некоторых специальных условиях работы, напр. в литейных для развозки жидкого металла.

Двухканатные дороги подразделяются на дороги: 1) с бесконечным движением, 2) с маятниковым движением двух вагонеток и 3) с реверсивным движением одной вагонетки. Система с бесконечным движением состоит из двух параллельных несущих канатов, к которым подвешены вагонетки, снабженные зажимами для тягового каната, которым они приводятся в движение. При этом по одному несущему канату груженые вагонетки тянутся в одну сторону, а по другому—порожние возвращаются обратно. Расстояние на линии между обоими несущими канатами зависит от габарита подвижного состава. На фиг. 5 видны оба несущих каната *1*, уложенных на башмаках *2*, укрепленных на опорах *3*, расставленных на определенных расстояниях друг от друга. При входе на конечные станции *4* и *5* канаты (грузовой и порожний) перекидываются через башмаки *6* специальной конструкции и отклоняются с помощью их вниз и друг к другу; на одной станции к анкерам *7*, а на противоположной к несущим канатам с помощью переходных муфт присоединяются куски гибкого (тройной свивки) каната; последний перекидывается через шкив (800—1 500 *мм*) и прикрепляется к контргрузу *8*. К башмакам *6* приболчиваются двухголовчатые рельсы *9*, заменяющие на станциях ездовые канаты. На одной из конечных станций *4* установлен приводной механизм *10*, на другой—натяжные салазки *11* с противовесом *12* для бесконечно-кольцевого тягового каната *13*. На линии последний поддерживается роликами, укрепленными на промежуточных опорах *3*. Производительность таких дорог колеблется в пределах 10—250 *т/ч*. При постройке двойных дорог, т. е. двух дорог, работающих параллельно, можно достичь двойной производительности, т. е. 500 *т/ч*. Длина участка дороги, обслуживаемого одним приводом, достигает 10—12 *км*; натяжные же участки для несущих канатов делают в 1—2,5 *км*, соединяя их промежуточными станциями. Отдельные куски каната соединяют линейными



Фиг. 5.

муфтами (фиг. 6), состоящими из двух половинок и стяжки с правой и левой нарезкой. Колеса вагонеток без труда проходят по этим муфтам. Дорогу стараются вести по прямой (в плане), т. к. этим избегается необходимость в устройстве угловых станций. Однако в случае надобности можно дорогу ломать под любым углом, причем угловые станции м. б. автоматическими, т. е. такими, через к-рые вагонетки проходят без отцепки от тягового каната, огибая вместе с ним обводные роликовые батареи (∅ роликов 1 *м*) или шкивы большого диаметра (4—6 *м*). Скорость тягового каната на прямых



Фиг. 6.

участках 2,5—3 *м/ск*, а при огибании шкивов 1—1,5 *м/ск*. Полезный груз одной вагонетки выбирается в пределах от 200 до 1 200 *кг*: 1) из экономич. соображений, так как чем тяжелее вагонетка, тем толще канаты, солиднее все поддерживающие конструкции, но меньше число вагонеток и отчасти количество обслуживающего персонала, и 2) из условий удобства и легкости маневров на станциях. Вагонетки отправляются со станций через определенные промежутки времени (в среднем 20—30 ск.), подсчитываемые по формуле

$$t = 3{,}6\,\frac{P_1}{Q}, \qquad (1)$$

где P_1—полезный груз одной вагонетки в *кг*, Q—производительность в *т/ч*. Следовательно расстояние между вагонетками при скорости движения v *м/ск* равно

$$c = vt. \qquad (2)$$

Число вагонеток n (напр. груженой стороны) на линии длиной L *м* определяется так:

$$n = \frac{L}{c} = \frac{L}{vt} = \frac{LQ}{3{,}6\,vP_1}. \qquad (3)$$

Из равенства (3) видно, что число вагонеток тем меньше, чем больше скорость v и полезный груз P_1. Полное число вагонеток равно $2n+$ вагонетки на станциях под погрузкой и разгрузкой $+5\%$ общего количества (на ремонт).

Расчет несущего каната. Несущие канаты изготовляются закрытой, полузакрытой и спиральной конструкций (см. *Канатное производство*). Временное сопротивление k проволок, употребительное для каждой конструкции, следующее: закрытая и полузакрытая 12 000 *кг/см²*, спиральная 14 000—15 000 *кг/см²*. Предварительный выбор диаметра каната ведется по ф-лам: для двухколесной вагонетки

$$d = a\sqrt{N}\ \text{мм},$$

для четырехколесной вагонетки

$$d = a\sqrt{0{,}6N}\ \text{мм};$$

в обеих формулах N равно полному давлению на два колеса тележки в *кг*, а a выбирается из помещенной ниже таблицы, подсчитанной для указанных выше значений k. Величину противовеса G берут обычно равной 3 500 q для закрытых и полузакрытых канатов и $G = 4\,300\,q$ для спиральных (q—вес 1 *п. м* каната). Разбивка продольного профиля каната составляет очень важную задачу. Для ее решения необходимо знать провесы и углы наклона касательных к кривой провисания. Расчет провесов от собственного веса каната ведут в предположении, что канат представляет собою гибкую, но тяжелую нить. Рассмотрим элемент каната длиной ds (фиг. 7), на концы которого действуют силы S и $S+dS$ и собственный вес $q\,ds$, где q—вес 1 *п. м* каната. Проектируем все силы на горизонталь и находим

Значения коэфициента a.

Интервалы между вагонетками на линии в ск.	Тип каната		
	закрытый	полузакр.	спиральный
50 и более	1,10	1,13	1,03
40—50	1,18	1,21	1,11
30—40	1,26	1,29	1,19
20—30	1,34	1,37	1,27

$$-H + H + dH = 0,$$

откуда

$$H = \text{Const}. \qquad (4)$$

Проектируя на вертикаль, найдем:

$$-q\,ds - V + V + dV = 0,$$

или

$$dV = q\,ds. \qquad (5)$$

С другой стороны,

$$V = H\,\text{tg}\,\alpha = H\,\frac{dy}{dx},$$

откуда

$$dV = d\left(H\cdot\frac{dy}{dx}\right)$$

и

$$ds = \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2}.$$

Вставляя полученные величины в уравнение (5), получим

$$d\left(H\cdot\frac{dy}{dx}\right) = q\sqrt{(dx)^2 + (dy)^2}. \qquad (6)$$

Полагая $z = \frac{dy}{dx}$, имеем

$$\frac{dz}{dx} = \frac{q}{H}\sqrt{1+z^2},$$

или

$$\frac{dz}{\sqrt{1+z^2}} = \frac{q}{H}\cdot dx. \qquad (7)$$

Вводим новую переменную t, полагая $z = \text{sh}\,t$; следовательно $dz = \text{ch}\,t\,dt$ и $\sqrt{1+z^2} = \text{ch}\,t$. Тогда ур-ие (7) представится в виде

$$dt = \frac{q}{H}\cdot dx. \qquad (8)$$

Его интеграл

$$t = \frac{q}{H}(x + C_1). \qquad (9)$$

Отсюда

$$z = \frac{dy}{dx} = \text{sh}\left[\frac{q}{H}(x+C_1)\right],$$

или

$$y = \int \text{sh}\left[\frac{q}{H}(x+C_1)\right]dx =$$

$$= \frac{H}{q}\,\text{ch}\left[\frac{q}{H}(x+C_1)\right] + C_2. \qquad (10)$$

Полагая $\frac{H}{q} = a$, имеем

$$y - C_2 = a\,\text{ch}\left(\frac{x+C_1}{a}\right) = \frac{a}{2}\left(e^{\frac{x+C_1}{a}} + e^{-\frac{x+C_1}{a}}\right). \qquad (11)$$

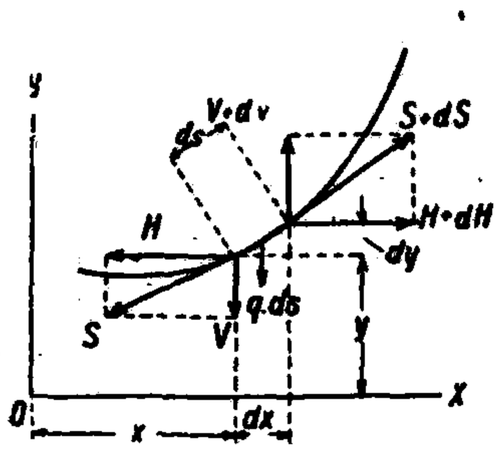
Ур-ие (11) есть ур-ие цепной линии с началом координат в произвольной точке. Полагая

$$y - C_2 = \bar{y} \text{ и } x + C_1 = \bar{x},$$

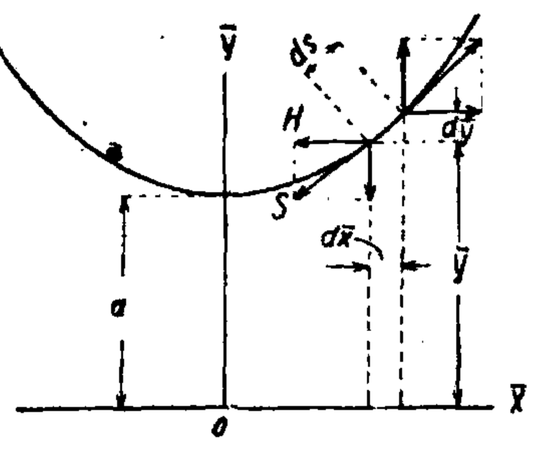
получим

$$\bar{y} = a \operatorname{ch} \frac{\bar{x}}{a} = \frac{a}{2}\left(e^{\frac{\bar{x}}{a}} + e^{-\frac{\bar{x}}{a}}\right). \quad (12)$$

Ур-ие (12) представляет цепную линию с расстоянием от начала координат до вершины кри-



Фиг. 7.



Фиг. 8.

вой, равным a, причем ось кривой совпадает с осью $O\bar{Y}$ (фиг. 8).

Между собственным весом каната и его натяжением существует такая зависимость:

$$\frac{S}{H} = \frac{ds}{d\bar{x}} = \sqrt{1 + \left(\frac{d\bar{y}}{d\bar{x}}\right)^2} = \operatorname{ch} \frac{\bar{x}}{a} = \frac{\bar{y}}{a},$$

откуда

$$S = q\bar{y}. \quad (13)$$

Следовательно разность натяжений в двух каких-либо точках кривой равна

$$S_i - S_{i-1} = q(y_i - y_{i-1}) = qh,$$

т. е. произведению q на разность высот этих точек.

Определение провесов и углов наклона касательных к кривой по цепной линии имеет смысл лишь при слабом натяжении, т. е. при малой величине $a = \frac{H}{q}$, при очень больших пролетах и углах наклона хорд. При нормальных же условиях ($a \cong 3\,500$—$4\,500$ *м*, l до 200—300 *м*, $\frac{h}{l}$ до 20—25%) цепную линию заменяют параболой в виду большей простоты расчетов. Разлагая в ур-ии (12) $e^{\frac{\bar{x}}{a}}$ и $e^{-\frac{\bar{x}}{a}}$ в ряды Тейлора, производя сокращение подобных членов и отбрасывая члены с $\left(\frac{\bar{x}}{a}\right)^4$, $\left(\frac{\bar{x}}{a}\right)^6$, ..., получаем ур-ие параболы, отнесенное к оси $O\bar{X}$ (фиг. 8):

$$\bar{y} = a + \frac{\bar{x}^2}{2a}. \quad (14)$$

Относя же уравнение к вершине кривой, получаем (фиг. 9)

$$(x')^2 = 2ay'. \quad (15)$$

Провес в любой точке пролета AB определяется следующим образом. Из ур-ия (15) имеем

$$(x_1')^2 = 2ay_1', \quad (16)$$

$$(x_2')^2 = 2ay_2'. \quad (17)$$

Вычитаем ур-ие (16) из ур-ия (17):

$$(x_2')^2 - (x_1')^2 = (x_2' + x_1')(x_2' - x_1') = 2a(y_2' - y_1'). \quad (18)$$

Из фиг. 9

$$x_2' - x_1' = l, \quad (19)$$

$$y_2' - y_1' = h. \quad (20)$$

Следовательно из ур-ия (18)

$$x_2' + x_1' = \frac{2ah}{l}, \quad (21)$$

из (19) и (21)

$$x_1' = \frac{ah}{l} - \frac{l}{2}, \quad (22)$$

из (16) и (22)

$$y_1' = \frac{ah^2}{2l^2} - \frac{h}{2} + \frac{l^2}{8a}. \quad (23)$$

Переносим начало координат в точку A. Тогда

$$x' = x + x_1' \text{ и } y' = y + y_1'. \quad (24)$$

Подставляя в равенства (24) значения x_1' и y_1' из (22) и (23) и полученные величины x' и y' в ур-ие (15), найдем после преобразований ур-ие параболы $O'AB$ относительно точки A:

$$y = \frac{xh}{l} - \frac{x}{2a}(l - x). \quad (25)$$

Из фиг. 9 имеем

$$y = \frac{xh}{l} - f_x'.$$

Следовательно ур-ие (25) перепишется так:

$$\frac{xh}{l} - f_x' = \frac{xh}{l} - \frac{x}{2a}(l - x),$$

откуда

$$f_x' = \frac{x}{2a}(l - x) = \frac{qmn}{2H}. \quad (26)$$

Так выражается провес каната от собственного веса в любой точке пролета. Наибольший провес будет в середине пролета:

$$f' = \frac{l^2}{8a} = \frac{ql^2}{8H}. \quad (27)$$

Длина дуги определяется след. обр.:

$$ds = dx\sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} = dx\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} =$$

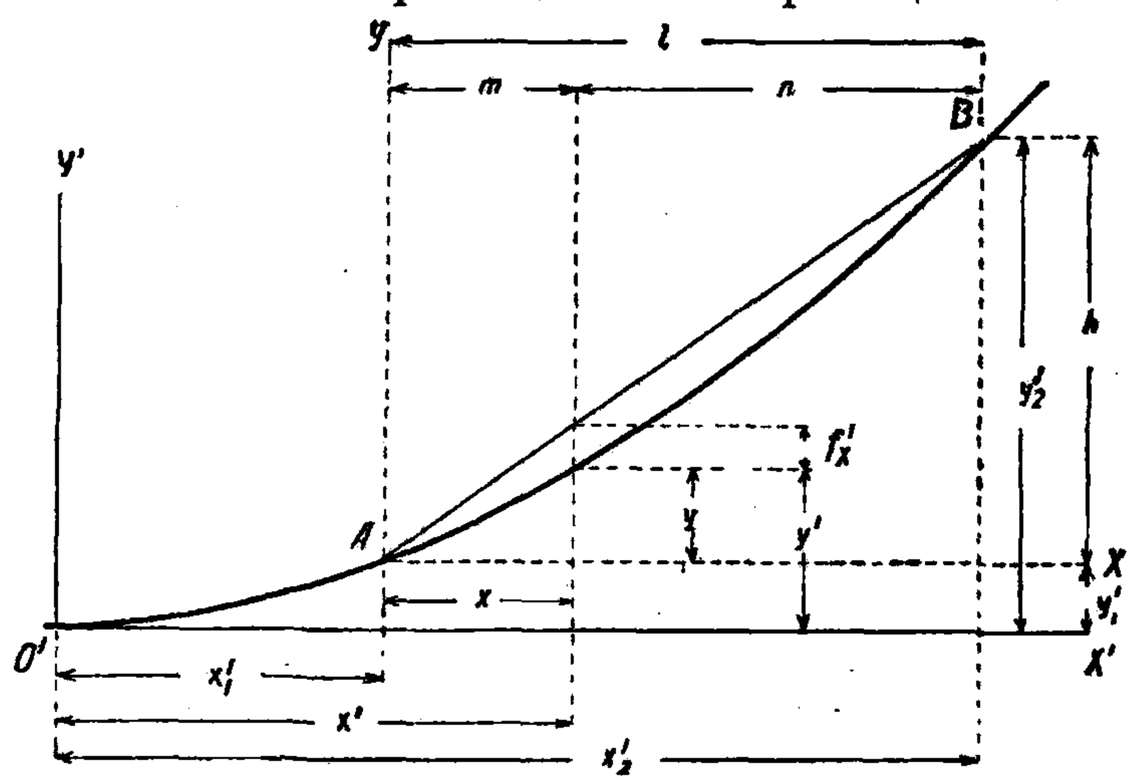
$$= dx\left[1 + \frac{1}{2}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 - \frac{1}{2 \cdot 4}\left(\frac{dy}{dx}\right)^4 + \ldots\right] \cong$$

$$\cong dx\left[1 + \frac{1}{2}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right].$$

Подставляя величину $\frac{dy}{dx}$, найденную дифференцированием ур-ия (25), и произведя интегрирование в пределах от 0 до l, получим

$$s = \int_0^l ds = l + \frac{h^2}{2l} + \frac{l^3}{24a^2} = l + \frac{h^2}{2l} + \frac{8(f')^2}{3l}. \quad (28)$$

Ур-ия (27) и (28) можно вывести непосредственно, полагая, что нить нагружена равномерно по своей горизонтальной проекции. Если

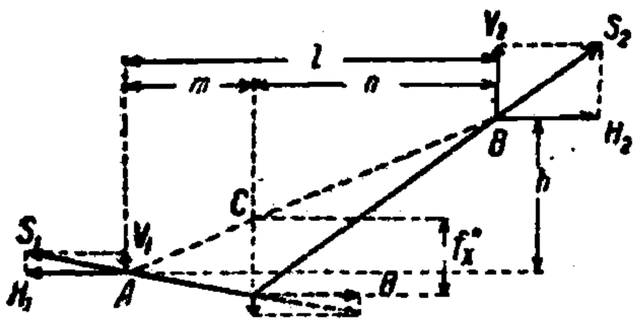


Фиг. 9.

$\frac{h}{l} = \operatorname{tg} \alpha$ больше 10%, то следует при выводе считать собственный вес нити равномерно распределенным по хорде и следовательно вести расчеты по следующим более точным ур-иям:

$$f' = \frac{ql^2}{8H\cos\alpha} \text{ и } s = \sqrt{l^2 + h^2} + \frac{8(f')^2}{3l}.$$

Провес от сосредоточенного груза вагонетки удобнее подсчитывать отдельно от подсчета провеса от собственного веса каната. Имеем две опорные точки A и B невесомого, абсолютно гибкого каната (фиг. 10), нагруженного в произвольной точке силой P и подверженного натяжениям S_1 в точке A и S_2 в точке B. Берем проекции всех сил на горизонталь и находим условие равновесия



Фиг. 10.

$$H_1 = H_2 = H = \text{Const.} \qquad (29)$$

Беря момент всех сил относительно точки B равным 0, находим

$$V_1 = \frac{Pn - Hh}{l} \qquad (30)$$

и аналогично относительно точки C

$$V_1 m + H\frac{hm}{l} - Hf''_x = 0. \qquad (31)$$

Из (30) и (31) имеем

$$f''_x = \frac{Pmn}{lH}. \qquad (32)$$

При P в середине пролета

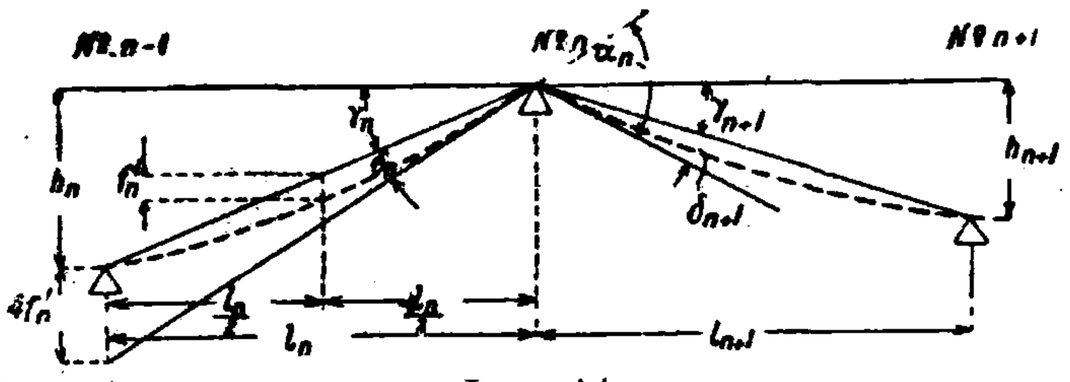
$$f''_x = \frac{Pl}{4H}. \qquad (33)$$

При двух равных грузах в пролете, при расстоянии c между ними, максимальный провес (при расстоянии одного из грузов до ближайшей опоры $x = \frac{2l-c}{4}$) будет

$$f'' = \frac{P}{4H}\frac{(2l-c)^2}{2l}.$$

При наличии трех и более грузов, находящихся на равных расстояниях c друг от друга в пролете, расчет провеса можно вести, как при равномерно распределенной нагрузке, считая $q = \frac{P}{c}$. Для груженой вагонетки P составляется из ее собственного веса, веса отрезка тягового каната длиною c и полезного груза; для порожней вагонетки—то же, но без последнего. Для получения полного провеса следует сложить провесы от собственного веса и сосредоточенных нагрузок. При этом считают, что груз приложен в одной точке, а не распределен между колесами вагонетки и H равняется весу контргруза G.

Подсчет углов каната на опорах ведут в сторону возрастания номеров опор (фиг. 11—слева



Фиг. 11.

направо). Угол, образованный двумя касательными к порожнему канату, определяется так:

$$\operatorname{tg}\alpha_n \cong \operatorname{tg}\gamma_n - \operatorname{tg}\gamma_{n+1} + \operatorname{tg}\delta_n + \operatorname{tg}\delta_{n+1},$$

причем $\operatorname{tg}\gamma = \frac{h}{l} > 0$ при подъеме и < 0 при спуске; $\operatorname{tg}\delta = \frac{ql}{2H}$ всегда > 0. Следовательно

$$\operatorname{tg}\alpha_n \cong \frac{h_n}{l_n} - \frac{h_{n+1}}{l_{n+1}} + \frac{q}{2H}(l_n + l_{n+1}). \qquad (34)$$

Если в ур-ие (34) вместо q подставим $q + \frac{P}{c}$, то получим $\operatorname{tg}\beta$, где β—угол между касательными к нагруженному канату. При составлении профиля следует придерживаться двух основных правил: 1) несущий канат при всех условиях нагрузки должен надежно лежать на опорных башмаках, т. е. все $\operatorname{tg}\alpha$ д. б. больше 0; для этого при вогнутых профилях располагают все точки опор каната на теоретич. кривой (параболе), подсчитанной с натяжением $\leqslant 1{,}2H$; 2) все $\operatorname{tg}\alpha$ не должны превышать 4—10%; при наличии же больших (>200 *м*) пролетов следует расчет вести по углу β и брать $\operatorname{tg}\beta = 8 \div 15\%$; меньшие цифры относятся к ответственным дорогам с большой производительностью. При невозможности удовлетворить этим правилам по условиям профиля местности или чтобы избежать слишком высоких опор ставят опоры с двумя и более башмаками, разбивая весь угол на допустимые, т. е. устраивают т. н. двойные опоры и рельсовые переходы. Иногда разрезают в таких пунктах канат и делают промежуточные натяжные станции.

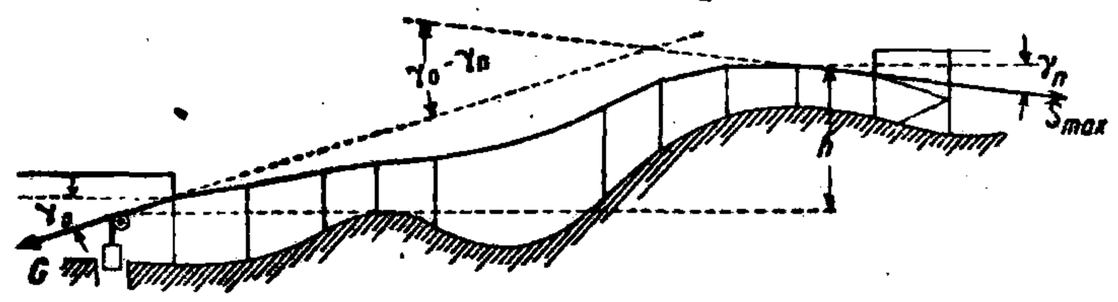
Давление на опоры подсчитывается по ф-ле:

$$D_n = G\left(\frac{h_n}{l_n} - \frac{h_{n+1}}{l_{n+1}}\right) + \frac{q}{2}(l_n + l_{n+1}) +$$

$$+ P\left[1 + \frac{i_n l_n - c\frac{i_n(i_n+1)}{2}}{l_n} + \frac{i_{n+1}l_{n+1} - c\frac{i_{n+1}(i_{n+1}+1)}{2}}{l_{n+1}}\right].$$

Третий член составляется из веса вагонетки, стоящей на опоре, и реакции от вагонеток, находящихся в двух смежных пролетах в количестве i_n штук в одном пролете и i_{n+1}—в другом.

При понижении $t°$ у заякоренного конца каната появляются вследствие трения на башмаках дополнительные усилия, и наибольшее натяжение несущего каната м. б. подсчитано по ф-ле (фиг. 12):



Фиг. 12.

$$S_{max} \cong G \pm qh + \mu\left[\frac{G}{2}(\operatorname{tg}\gamma_0 - \operatorname{tg}\gamma_n) + \left(q + \frac{P}{c}\right)L\right], \qquad (35)$$

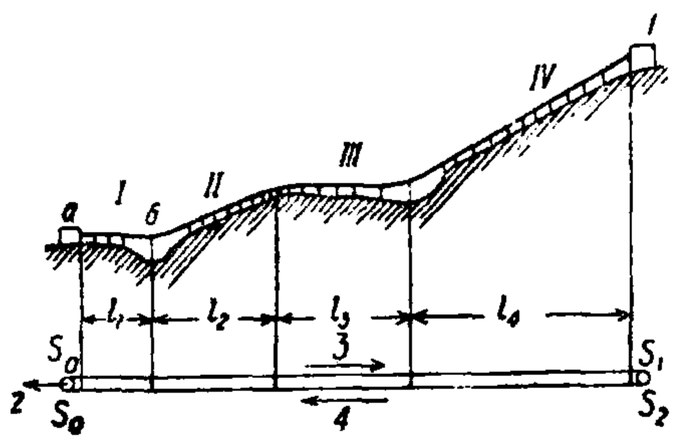
где μ—коэф. трения каната по чугунному башмаку, равный 0,15 для закрытого и 0,18 для спирального каната. По этому натяжению поверяют канат:

$$\sigma_{max} = \frac{S_{max}}{F} + V\sqrt{\frac{0{,}5E}{FS_{max}}}. \qquad (36)$$

Здесь F — металлич. площадь сечения каната в *см*², V—давление на одно колесо в *кг*, E—модуль Юнга (2 000 000 *кг/см*²). Коэф. запаса берется равным 2,5—3 в зависимости от условий работы дороги.

Тяговой канат и мощность приводного механизма. В качестве тягового органа употребляется стальной прядевой канат, в к-ром пряди и сам канат имеют свивку одного направления. Канаты такой конструкции более гибки и обладают гладкой поверхностью. Материал—сталь с временным сопротивлением, обычно 14 000—15 000 *кг/см*². Толщина проволоки 1—2 *мм*. Подсчет натяжений производится по данному профилю дороги, т. е. по линии, соединяющей точки опор несущего каната. Каждую секцию профиля, на которой работает один тяговой канат, разбивают на отдельные

участки, каждый со своим приближенно общим уклоном, и подсчитывают число вагонеток на каждом таком участке (очевидно груженых и порожних будет поровну). Напр. участок *I* (фиг. 13) имеет длину l_1; примерный уклон его $\operatorname{tg}\alpha_1$ равен разности отметок точек *а* и *б*, деленной на l_1; число вагонеток n_1. На фиг. 13: *1*—приводная станция, *2*—натяжка, *3*—груженая сторона каната и *4*—порожняя сторона. По $\operatorname{tg}\alpha_i$ определяют $\sin\alpha_i$ и $\cos\alpha_i$ для каждого участка. При малых углах считают $\cos\alpha_i \cong 1$. Сопротивление движению n_i груженых вагонеток на каком-либо участке



Фиг. 13.

$$\Delta S_i = n_i \cdot P(\pm \sin\alpha_i + \mu\cos\alpha_i); \qquad (37)$$

то же для n_i порожних вагонеток:

$$\Delta S_n = n_i \cdot p(\pm \sin\alpha_i + \mu\cos\alpha_i). \qquad (38)$$

Здесь P и p—веса груженой и порожней вагонеток, включая все отрезки тягового каната (см. выше), μ—коэф. сопротивления движению, равный 0,01 при шариковых подшипниках и 0,02 при бронзовых подшипниках. Для введения в ф-лу (37) веса отрезка тягового каната можно приближенно считать вес 1 *п. м* каната при v=2,5 *м/сек* по ф-ле: q_m=0,001×вес груженой вагонетки. При меньших v коэф. 0,001 несколько уменьшают. Полные натяжения у привода определяются:

$$S_1 = \pm\Sigma\Delta S_i + S_0, \qquad (39)$$

$$S_2 = \pm\Sigma\Delta S_n + S_0. \qquad (40)$$

Величину наименьшего натяжения S_2 (фиг. 13) задают $\cong 1\,000 q_m$. Идя при подсчете сопротивлений в сторону движения, берут $\sin\alpha_i > 0$ в случае подъема и $\sin\alpha_i < 0$ при спуске, $\mu\cos\alpha_i > 0$; в противоположную сторону—знаки обратные. Мощность

$$N = \frac{(S_1 - S_2)\cdot v}{75\eta}, \qquad (41)$$

где η—кпд (для привода $\eta \cong 0{,}7$, для тормоза $\eta \cong 0{,}85$). Если $N>0$, необходим мотор; если $N<0$, необходим тормоз; в последнем случае η следует перенести в числитель. Полученную мощность увеличивают в зависимости от производительности, длины и ответственности установки на 2—6 *HP* на трение направляющих шкивов на станциях, на инерционное усилие при пуске в ход и на возможность не совсем точного монтажа движущихся частей. Отношение $\frac{S_1}{S_2}$ на рабочем шкиве привода зависит от угла α охвата канатом

$$\frac{S_1}{S_2} = e^{f\alpha}, \qquad (42)$$

где f—коэф. трения каната по шкиву, равный 0,15 для шкива с кожаной обкладкой и 0,085 без нее. Диаметр тягового каната подбирают по наибольшему натяжению S_1 (фиг. 13), принимая 6—10-кратный запас прочности на растяжение, в зависимости от годового количества часов работы установки, и проверяют на полное наибольшее напряжение каната по ур-ию

$$\sigma_{max} = \frac{S_{max}}{F} + E_к\frac{\delta}{D}, \qquad (43)$$

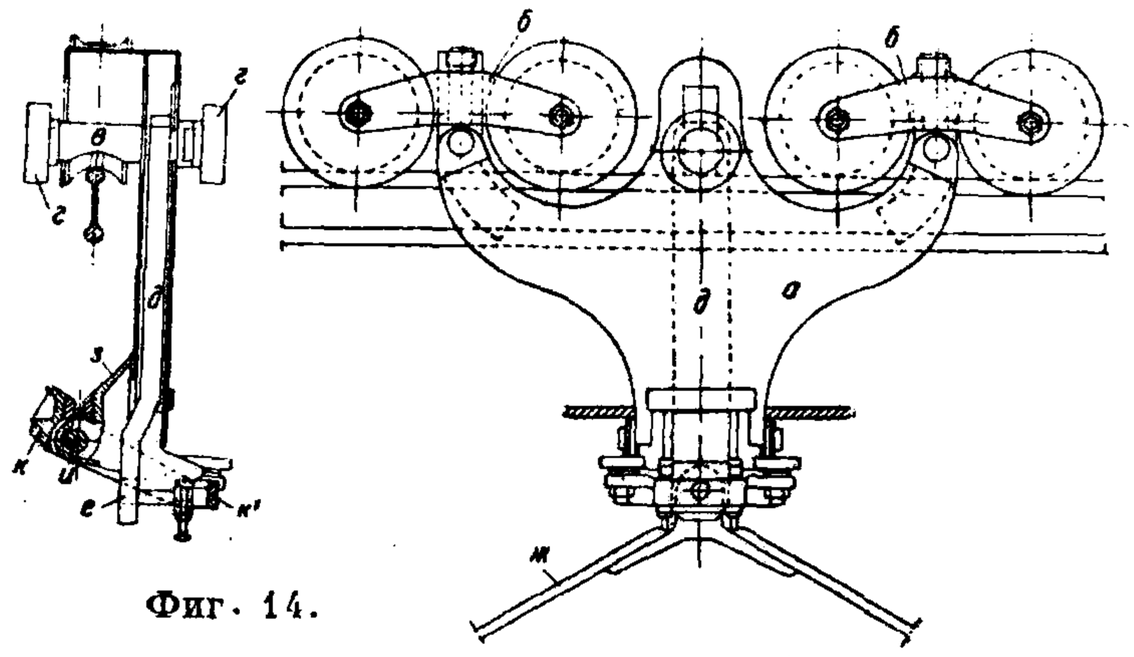
где F—площадь поперечного сечения проволок в канате, $E_к$—модуль упругости каната (800 000 *кг/см²*), δ—диаметр отдельной проволоки, D—диаметр шкива, огибаемого канатом с натяжением S_{max}. Суммарный коэф. запаса при этом не д. б. менее 4—6,5. Вторую поверку делают на отсутствие выпучивания отдельных проволок из каната при огибании последним шкива, для чего необходимо, чтобы наименьшее растягивающее напряжение в канате от продольной силы было не меньше сжимающего при изгибе:

$$\frac{S_{min}}{F} \geqslant E_к\cdot\frac{\delta}{D} \quad \text{или} \quad S_{min} \geqslant E_к\cdot\frac{\delta}{D}F.$$

Т. к. для тяговых канатов $F = \frac{q_m}{0{,}86}$ (F в *см²* и q_m в *кг/п. м*), то получаем $S_{min} \geqslant 1\,000 q_m$ при $\frac{\delta}{D} = \frac{1}{1\,000}$, $S_{min} \geqslant 800 q_m$ при $\frac{\delta}{D} = \frac{1}{1\,250}$ и $S_{min} \geqslant 600\, q_m$ при $\frac{\delta}{D} = \frac{1}{1500}$.

Затем производят еще проверку провесов тягового каната близ участков с наименьшим натяжением и при отсутствии там вагонеток, т. е. когда канат лежит на поддерживающих роликах. Подсчитав провесы, устанавливают возможность их допущения из условий габарита ниже находящихся строений и т.п. Чтобы не создавать перенапряжений каната, употребляют автоматические натяжные устройства, состоящие из шкива, скользящего по направляющим. Ход шкива берут равным 3 *м* на первый *км* и по 1 *м* на каждый следующий *км*. Натяжные канаты (тройной свивки) рассчитываются по натяжению 2 S_0 с учетом изгибающих напряжений при обходе вокруг перекидных шкивов по ур-ию (43) с коэф-том запаса 4—5.

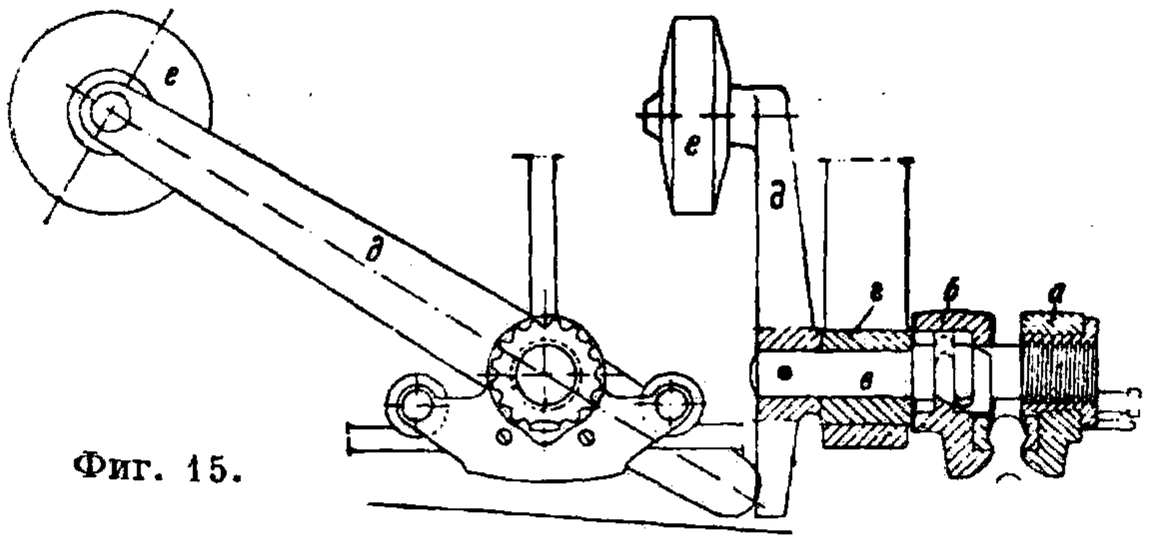
Особенностью вагонеток является наличие зажимного прибора, с помощью к-рого вагонетки включаются на одной станции в движение



Фиг. 14.

тягового каната и выключаются из него на другой. Эти приборы бывают двух родов: 1) действующие под влиянием собственного веса вагонеток и 2) работающие от посторонней силы. На фиг. 14 показана четырехколесная вагонетка, снабженная зажимом первого рода. Она состоит из траверсы *а* с укрепленными на ней шарнирно двумя двухколесными тележками *б*; на траверсе имеется прорез для оси *в* подъемных роликов *г*; на оси *в* висит тяга *д* с шарнирным болтом *е* для подвески *ж*; на последней покоится кузов. Внизу траверсы *а* укреплен зажимной аппарат; неподвижная щека его *з* несет ось *и*, на к-рой вращается подвижная щека *к'*, представляющая собою рычаг с одним длинным и другим коротким плечами. На хвост этой щеки *к'* действует вес тяги и соединенных с ней подвески и кузова и зажимает обеими щеками тяговой канат. При входе на станцию вагонетка, сцепленная с тяговым канатом, переходит с несущего каната с помощью отклоняю-

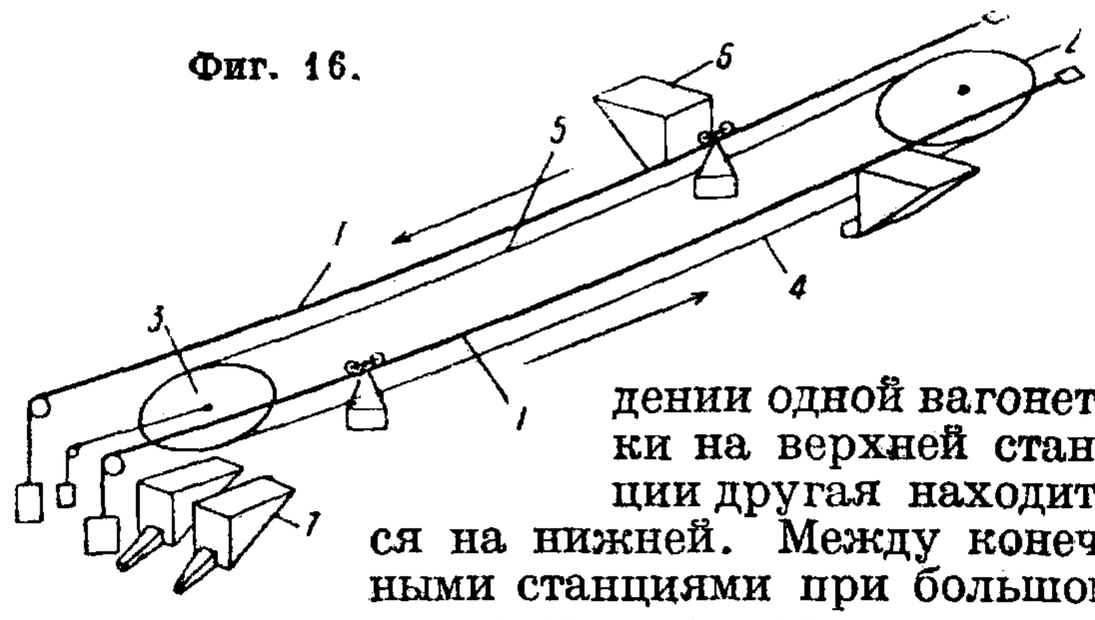
щего башмака на жесткий рельс и попадает в выключатель, где происходит расцепление ее от тягового каната. Выключатель состоит из двух параллельных друг другу направляющих угольников. На эти угольники накатываются подъемные ролики *г* вагонетки и вследствие разности углов наклона рельса и угольников поднимаются, увлекая за собой тягу *д* с шарниром *е*, подвеску и кузов, и поворачивают подвижную щеку в положение, показанное на фиг. 14 слева. Таким образом собственный вес вагонетки перестает действовать на зажим. Тяговой канат под выключателем идет на подъем и при раскрытых щеках свободно выходит из зажима, направляясь далее к приводу или натяжному приспособлению, вагонетка же отводится вручную в сторону и м. б. подана под нагрузку или выгрузку. Работа включателя происходит аналогично, но в обратном порядке. Тип зажима, работающего от посторонней силы, дан на фиг. 15. Он состоит из двух щек (гаек) *а* и *б*, сидящих на оси *в*. Последняя вращается в подшипнике *г*, укрепленном на подвеске. На оси сделаны две нарезки: одна—левая прямоугольная с большим числом витков, другая—правая с очень большим шагом. На конце оси посажен рычаг *д* с грузом *е*. При вращении рычага в определенную сторону обе щеки сближаются сначала быстро под действием нарезки с большим ходом до соприкосновения с канатом, затем медленно, под действием мелкой нарезки, сжимают канат до окончания поворота рычага. Т. к. включение тягового каната происходит обычно с ударом, то действие противовеса увеличивается, и канат надежнее захватывается. Вагонетки строят на двух колесах (до 1300 *кг* брутто) и на четырех (до 2 500 *кг*). Более тяжелые вагонетки снабжаются шарикоподшипниками. Наиболее часто употребляемый тип приемника для груза—опрокидывающийся кузов. На погрузочной станции последний м. б. снят с подвески и посажен на платформу узкоколейного пути, проложенного под подвесным.



Фиг. 15.

Канатные дороги применяются при больших расстояниях (1 000 *м* и более), больших производительностях (30 *т/ч* и более), для транспорта всякого рода массовых грузов, как уголь, руда, песок, бревна, жидкости в бочках, ящики и пр., и гл. обр. в местностях, сильно пересеченных и болотистых. Дорога может пересекать ж.-д. пути, шоссе, линии электропередач, судоходные реки и проходит всегда по кратчайшему расстоянию между конечными пунктами по сравнению с другими видами транспорта. Стоимость таких дорог колеблется при средней длине в 5 *км* от 80 000 до 120 000 руб. за 1 *км* (по данным 1931 г.).

Дороги с маятниковым движением двух вагонеток устраивают аналогично дорогам с круговым движением, но тяговой канат разрезан как бы на две ветви: головной канат и хвостовой (фиг. 16, где: *1* — несущие канаты, *2* — привод или тормоз, *3* — натяжное устройство, *4*—головной канат, *5*—хвостовой канат, *6*—погрузочные бункеры и *7*—разгрузочные бункеры). Обе вагонетки прикрепляются жестко к концам головного и хвостового канатов и располагаются т. о., что при нахождении одной вагонетки на верхней станции другая находится на нижней. Между конечными станциями при большом расстоянии между ними ставятся промежуточные опоры. Погрузка производится большей частью из бункеров, разгрузка же—автоматически или в бункеры или прямо на линии (при отвалах). На концах обоих путей имеются концевые выключатели для электромотора, в случае же спуска груза под действием его тяжести канат затормаживается вручную. При этом тормоза должны работать в обе стороны. Ставят их обычно два (один запасный). Расчет несущих канатов производится так же, как для дорог с кольцевым движением; полный коэф. запаса берут равным 2,25—2,9. Расчет же натяжений тягового каната производят при различных положениях вагонеток и при различном их движении (груз вверх или вниз), принимая также во внимание силы инерции при торможении или пуске в ход. Употребительные скорости: при подъеме груза до 2,5—3 *м/ск*, при спуске до 5 *м/ск* при наличии промежуточных опор и до 7,5 *м/ск* и более при одном пролете. Производительность дорог с маятниковым движением двух вагонеток в сильной степени зависит от длины и ориентировочно м. б. подсчитана при длине *L* в *м* по следующей эмпирич. ф-ле:



Фиг. 16.

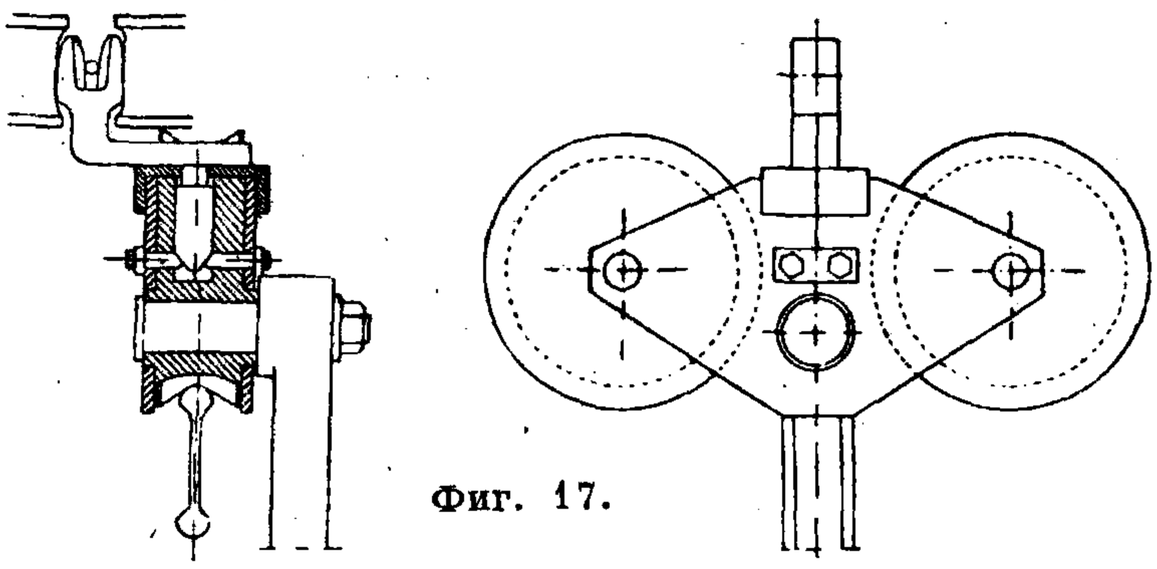
$$Q \cong \frac{5\,500}{L}\ т/ч.$$

Применяются они в горных местностях, особенно успешно при работе под действием собственного веса груженых вагонеток, напр. для подачи руды от штольни на горе в долину к ж.-д. ветке, и вообще при малых производительностях, когда нужно перевозить тяжелые грузы. При очень больших грузах (10—20 *т*) скорость естественно берется невысокая (порядка 0,7—1 *м/ск*).

Подвесные пути с реверсивным движением одной вагонетки оборудуются аналогично дорогам с маятниковым движением, употребляются на малых расстояниях при малых производительностях. В качестве натяжки несущих канатов употребляют иногда винт вместо противовеса. Часто канат заменяют рельсом. Производительность примерно равна $\frac{2500}{L}$ *т/ч*. Простейшим видом таких дорог являются лесоспуски, часто переносные (уклон в пределах 17,5—20%), где бревна подвешиваются на цепях к роликам, стоящим на канате, и спускаются вниз по канату самотеком. Внизу наваливают кучу хвороста, являющегося буфером для прибывающих бревен. Длина лесоспусков доходит до 1 000 — 1 200 *м*. Применяют их в виде первичного Т. от мест разработок

к центральной погрузочной станции стационарной канатной дороги, узкоколейки и т. п.

Подвесные дороги с канатной тягой на жестком рельсе часто употребляются в качестве необходимого звена двухканатной дороги, являясь ее продолжением, и обслуживаются тем же подвижным составом. Как самостоятельные сооружения они используются для загрузки доменных печей, для засыпки отвалов и пр. Вместе с перегрузочным портальным краном, по к-рому ходит поворотный кран с грейфером, дороги на жестком рельсе применяются для

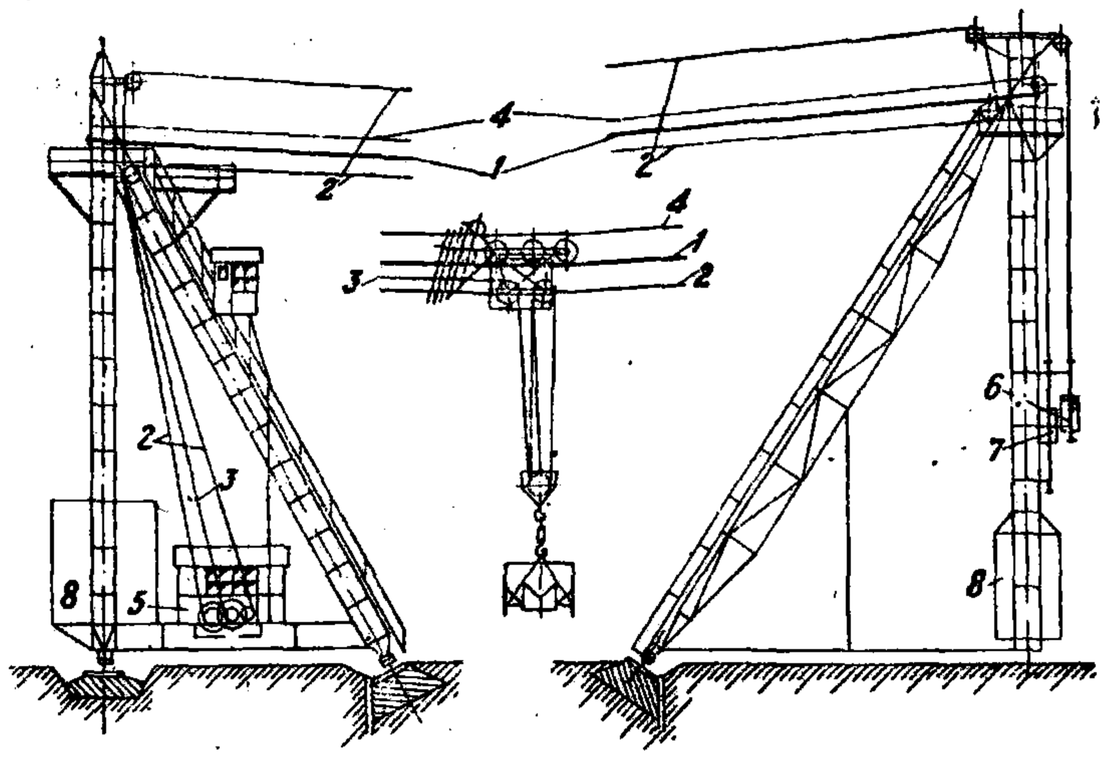


Фиг. 17.

погрузочно-разгрузочных операций на угольных складах. При горизонтальном пути вместо сложного зажимного аппарата иногда употребляют вилку—обычно с верхней тягой для удобства обхода вокруг обводных шкивов (фиг. 17).

Одноканатные дороги характеризуются наличием лишь одного бесконечного каната, к-рый работает одновременно и как несущий и как тяговой. На каждой из конечных станций канат обходит шкивы больших диаметров, равных колее дороги; один из них—приводной, другой—натяжной. Между станциями канат поддерживается опорными качающимися роликами диам. 500—600 *мм*, укрепленными на промежуточных опорах; число роликов 1—4 в зависимости от давления на опору и угла каната на ней. Погрузка и разгрузка производятся обычно на конечных станциях. Существуют две системы одноканатных дорог: английская и американская, различающиеся конструкцией вагонеток. Вагонетки английской системы устроены так, что кроме опорного седла или зажима для каната они обладают роликами для передвижения на станциях после выключения каната. Зажимы различной конструкции допускают уклоны до 40%. Величина полезного груза зависит от скорости каната и профиля пути: при малых грузах (<150 *кг*) и больших пролетах скорость берут до 4 *м/ск*; при больших грузах (до 300—500 *кг*) и меньших пролетах $v = 1{,}25 \div 2$ *м/ск*. Производительность колеблется от 3 до 50 *т/ч*; лишь при особо благоприятном профиле и хорошем оборудовании (опорные ролики на шарикоподшипниках и т. п.) она м. б. повышена до 100 *т/ч*. Длина дороги может доходить до 8 *км* и более. Вагонетки америк. системы сцепляются с канатом при помощи особого пальца, к-рый своими отростками вставляется внутрь каната между отдельными прядями. Такой зажим не допускает частых отцепок от каната; поэтому в америк. системе вагонетки никогда не выключаются, а погрузка и разгрузка производятся на ходу. Эта сцепка позволяет брать большие уклоны, особенно во временных установках (до 100%), но обычно в пределах 25—40%, т. к. большие уклоны ведут к быстрому изнашиванию каната. Полезный груз составляет 50—75 *кг*. Скорость в виду автоматического (без отцепки) обвода вокруг конечных шкивов не превосходит 0,8—1 *м/ск*. Производительность до 15 *т/ч*. Длина линии до 3 *км*, редко больше. В одноканатных дорогах для уменьшения износа каната допускают пролеты между опорами до 50—100 *м* при условии расстояния между вагонетками не менее величины пролетов. В редких случаях при удобном профиле земли пролеты доходят до 500 *м* и более. Канаты—прядевой конструкции. Предварительно диаметр каната может быть взят равным $d = \delta\sqrt{P}$. При $K_Z = 14\,000$ *кг/см²* $\delta = 1{,}16$; при $K_Z = 18\,000$ *кг/см²* $\delta = 1{,}013$. Расчет натяжений в канате, подсчет мощности привода и пр. производятся так же, как для двухканатных дорог. Запас прочности на растяжение берут 5—6-кратный. Одноканатные дороги выгодно используются для временных установок при малых производительностях и легких грузах; затраты на их постройку небольшие, в эксплоатации же они дороже двухканатных.

Кабельные краны (см. *Подъемные машины*) представляют собою реверсивную канатную дорогу с одной тележкой и с механизмом для подъема груза (фиг. 18, где: *1*—несущий канат, *2*—тяговой канат, *3*—подъемный канат, *4*—узловой канат, *5*—лебедка, *6*—противовес для натяжения тягового каната, *7*—то же для натяжения узлового каната, *8*—загрузка башен). Несущий канат заякоривается на одной башне и натягивается противовесом на второй или (при малых грузах) заякоривается на обеих башнях. Узловой канат укрепляется аналогично несущему и несет на себе муфты, расста-



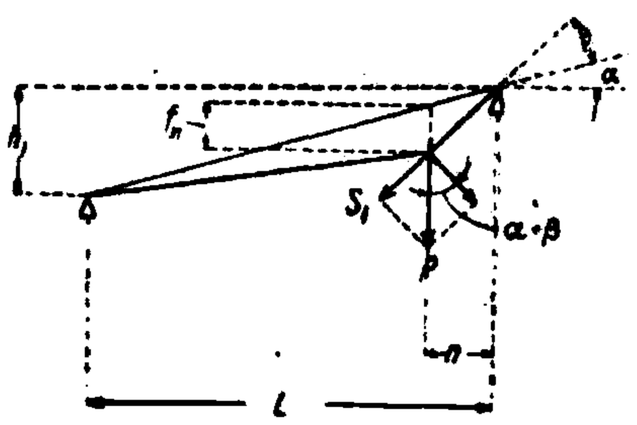
Фиг. 18.

вленные на определенных расстояниях друг от друга. Эти муфты снимают по очереди рейтеры (подвески с роликами для поддерживания тягового и подъемного канатов) с тележки при прохождении вагонетки: первая (наименьшая) муфта снимает первый рейтер, вторая (чуть большего диаметра) снимает следующий и т. д., и тем разгружают тележку (а следовательно отчасти и несущий канат) от веса тягового и подъемного канатов. Привод состоит из желобчатого шкива для тягового каната, барабана для подъемного, тормозов, муфт, зубчатых колес и т. д. При помощи муфт можно перемещение тележки и подъем груза производить одновременно или последовательно. Краны строятся стационарные или передвижные; передвижными бывают или обе опоры или одна; в последнем случае движение происходит по дуге круга с радиусом, равным пролету. Вторая опора делается иногда качающейся (фиг. 18). Длина пролета L и высота башен H

выбираются в зависимости от местных условий: L—до 700 *м* и более (в среднем 100—300 *м*), H—до 70 *м* (в среднем 15—25 *м*). Провес несущего каната берут равным $^1/_{20}$—$^1/_{30}$ от пролета. Производительность до 125 *т/ч* (в среднем 60—80). Единичный полезный груз—до 20 *т* (в среднем 1—10 *т*) и соответственно весá тележки и блока с крюком 300—1 200 *кг*. Величину единичного полезного груза подсчитывают по ф-ле:

$$P_1 = 1\,000 \cdot \frac{Q}{n} = \frac{QT}{3{,}6} = \frac{Q\left[2\left(\frac{L_1 - l}{v} + \frac{2l}{v}\right) + 4\left(\frac{H_1 - h}{v_1} + \frac{2h}{v_1}\right) + t\right]}{3{,}6} = \frac{Q\left[2\left(\frac{L_1 + l}{v} + 2\frac{H_1 + h}{v_1}\right) + t\right]}{3{,}6},$$

где P_1—единичный полезный груз в *кг*, Q—производительность в *т/ч*, n—число циклов в час, T—время на один цикл, L_1—средний пробег тележки, l—путь ускоренного или замедленного движения, v—скорость тележки (0,5—10 *м/ск*, в среднем 2—6 *м/ск* при полном весе тележки с грузом 2—5 *т*), $\frac{v}{2}$—средняя скорость ускоренного или замедленного движения (считая закон изменения скорости по прямой), H_1—средняя высота подъема, h—вертикальный путь груза при пуске в ход или торможении, v_1—скорость подъема груза (0,2—2 *м/ск* при полном весе тележки с грузом 2—5 *т*), $\frac{v_1}{2}$—средняя скорость ускоренного или замедленного подъема и t—время на погрузку и выгрузку. Диаметр несущего каната берут, задавая его натяжение H, равным 8—12-кратному весу тележки с грузом, затем подставляют полученное значение в ур-ия (27) и (33) и, получив полный провес f (сумму f' и f''), определяют отношение $\frac{f}{L}$ ($= ^1/_{20}$—$^1/_{30}$). Максимальное натяжение S_{max} тягового каната на рабочем шкиве будет в момент нахождения тележки вблизи одной из опор. Оно слагается (фиг. 19) из необходимого тягового усилия $S_1 = P\sin(\alpha+\beta)$, сопротивления движению тележки $R_1 = P\mu \cdot \cos(\alpha+\beta)$, сопротивления всех промежуточных шкивов $R_2 = \Sigma Nf \cdot \frac{d}{D}$, сопротивления роликов тележки, отжимающих вниз (см. ниже) узловой канат $R_3 = P_2\mu_1$, веса отрезка тягового каната, равного двойному превышению $2\Delta h$ натяжного шкива над приводным или, наоборот, $\Delta S = \pm q_m \cdot 2\Delta h$, и половины натяжного груза $S \cong 1\,000\, q_m$. Из фиг. 19 определяется



Фиг. 19.

$$\operatorname{tg}(\alpha+\beta) = \frac{h_1}{L} + \frac{f_n}{n}.$$

Значение коэф-тов: μ—см. выше (канатные дороги); $f = 0{,}18$ (с учетом жесткости каната); $\frac{d}{D}$ предварительно можно считать равным 0,01; $\mu_1 \cong \mu$. Для предварительных расчетов величину q_m можно брать равной $q_m \cong \frac{P}{5\,500}$ (при $K_Z = 14\,000$—$15\,000$ *кг/см²*). Затем производится поверка, как для канатных дорог, причем полный запас прочности берут 4,5—5,5. Мощность тягового мотора

$$N_m = \frac{(S_1 + R_1 + R_2 + R_3)\cdot v}{75\,\eta}.$$

Натяжение подъемного каната и мощность привода N_n подсчитывают обычным порядком. По большей из полученных мощностей N_m и N_n выбирают мотор. Иногда привод строят с двумя отдельными моторами. Узловой канат рассчитывается по следующим соображениям. Провес его в порожнем состоянии должен быть равен провесу несущего каната f' (ур-ие 27), следовательно необходимое его натяжение (вес противовеса) определяется соотношением

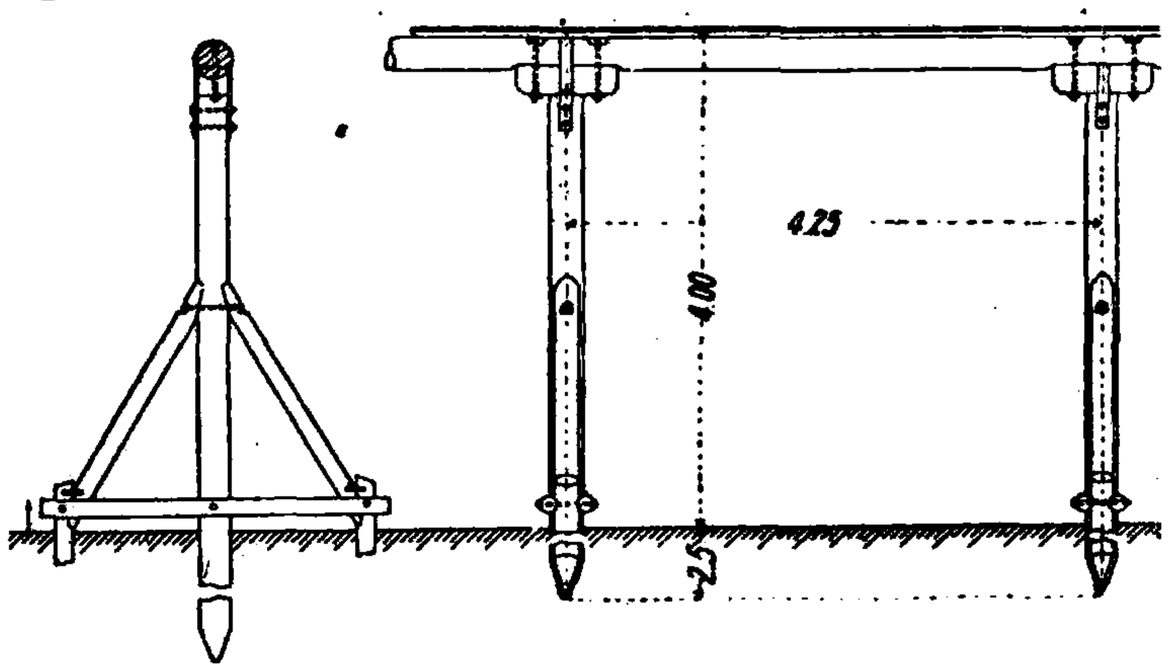
$$G_{уз.} = \frac{(q_y + q_м)\, L^2}{8f'},$$

где q_y—погонный вес узлового каната, $q_м$—вес муфт, равномерно распределенный. Когда тележка с грузом находится посредине пролета, суммарный провес несущего каната $f = f' + f''$ м.б. подсчитан по ф-лам (27) и (33). Такой же провес получит и узловой канат, на к-рый нажимают ролики на тележке. Усилие для получения этого дополнительного провеса (давление на ролики) будет равно

$$P_2 = \frac{4\,G_{уз.}}{L} \cdot f''.$$

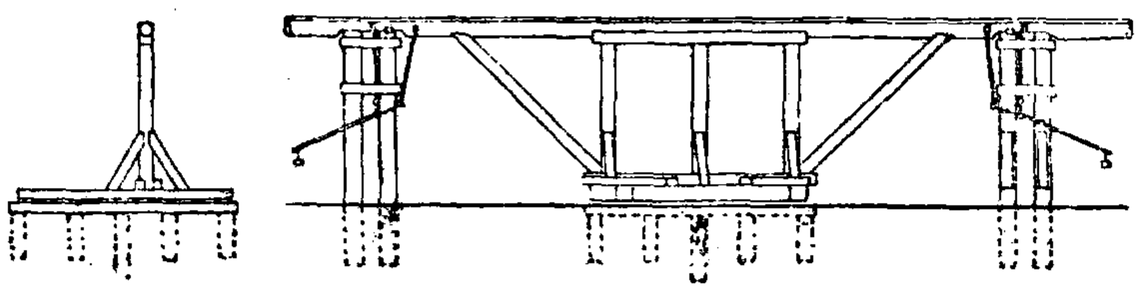
Поверку полного напряжения делают по ур-ию (36) с коэф-том запаса 2,5—3. Расчет конструкций опор и поверка устойчивости производятся по правилам строительной механики. Кабельные краны находят применение при постройке мостов, плотин, для обслуживания угольных, лесных и других складов, погрузки-разгрузки судов. Иногда краны строятся с промежуточными опорами при большой длине, например для укладки магистральных тяжелых трубопроводов.

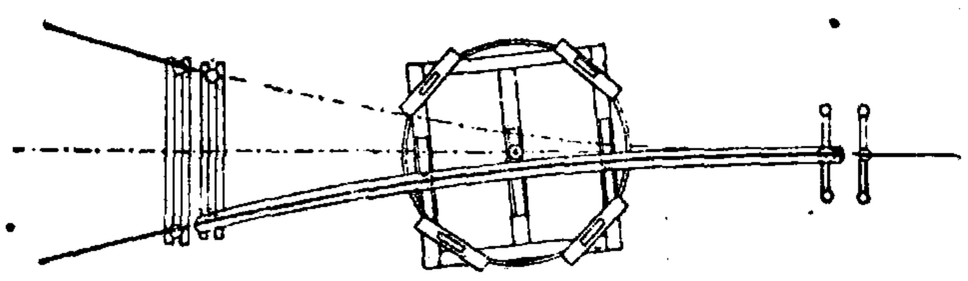
Однорельсовые подвесные дороги на столбах представляют собой эстакаду, обычно деревянную, с одним прогоном, лежащим на сваях, забитых в грунт. На прогоне укреплен узкоколейный рельс высотой 65—80 *мм*. Конструкция эстакады показана на фиг. 20. При пролетах до 4,30 *м* употребляют лишь один прогон, сажая его на короткие подбалки; при пролетах до 6—8 *м* прогон усиливают подкосами и ригелями, при пролетах больше 8 *м* ставят фермы; при высоте 2,20—3 *м* употребляют простые сваи, усиливая их продольными подкосами со схватками через каждые два-три пролета; при большей высоте раскрепляют сваю поперечными подкосами со схватками. На ответвлениях ставят стрелки (фиг. 21). Радиусы закруглений в пути не менее 50 *м*, на стрелках 10—50 *м*. Подъемы до 12%, редко больше. Такие пути строят длиной до 20—30 *км*. Тяга употребляется конная, редко канатная и мотовозная. Вагоны



Фиг. 20.

устраиваются в виде коромысла с приемниками для груза по бокам. На фиг. 22 дан тип вагона с опрокидными кузовами для торфа: две тележки *а* с буферами и сцепками шарнирно соединены с рамами-коромыслами *б*; последние поверху связаны брусьями *в*, а понизу *г*; под рамами укреплены скобы для цапф *д* кузовов *е*. Строятся также вагоны для лесных материалов: бревен, дров и пр. Грузоподъемность вагонов 3—5 *т*. Грузооборот таких дорог может

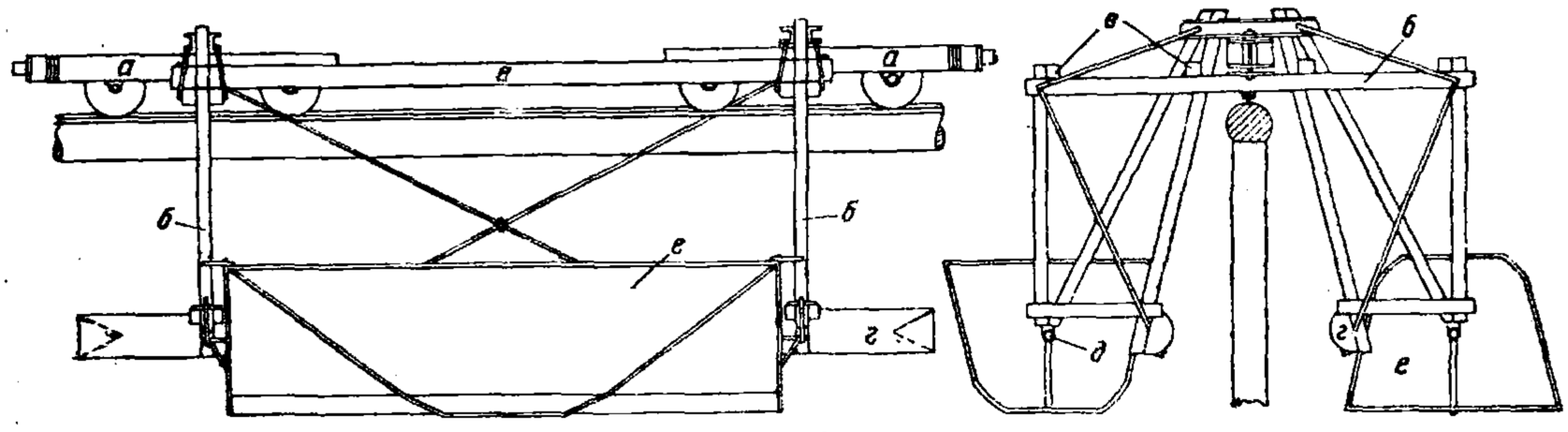




Фиг. 21.

доходить до 100 000—150 000 *т* в год при одном пути и длине до 10—15 *км*. Подсчет силы тяги производиться обычным способом: удельное сопротивление при этих дорогах 4—5 *кг/т* при шарикоподшипниках и 10—20 *кг/т* на бронзовых буксах; при трогании с места—двойное; коэф. сцепления с рельсом 0,2. Применяются преимущественно для транспорта лесных материалов от мест разработок до складов, лесных бирж и т. п.; особенно выгодны в местностях болотистых, не сильно пересеченных, где лесной строительный материал можно получить на месте; при необходимости пересечения реки м. б. возведен мост. Стоимость постройки ок. 20 000 руб. за 1 *км* (1931 г.).

Электрические подвесные дороги строятся почти всегда на жестком рельсе. Путь бывает



Фиг. 22.

замкнутый или незамкнутый, с ответвлениями (кривые с радиусом до 2 *м*), скрещениями, подъемами, спусками и т. п. Параллельно рельсу прокладываются троллейные провода. Ток употребляется обычно постоянный, т. к. при этом требуется лишь один рабочий провод (обратным служит заземленный рельс); в редких случаях—переменный однофазный; трехфазный мало употребителен в виду сложности оборудования. Тележки снабжаются тяговым мотором или тяговым и подъемным моторами, смотря по надобности. Приемники для грузов бывают в виде опрокидных кузовов, одноканатных грейферов, подвесок для всякого рода штучных грузов: пачек круглого железа, бочек, ящиков и пр. При необходимости преодолевать большие подъемы и спуски до 100% вагонетки строят с автоматич. зажимами для каната. Последний работает от отдельного привода и помогает при подъеме тяговому мотору вагонетки. Впрочем последние в таких случаях иногда проходят уклоны и подъемы с выключенным мотором. Небольшие подъемы, до 5%, легко преодолеваются без канатной тяги. Производительность электрических подвесных дорог (10 — 200 *т/ч* и более) зависит от грузоподъемности одной вагонетки (наиболее употребительная 500 — 700 *кг*) и от расстояния вагонеток друг от друга по времени (минимально 15 — 20 ск.). Последнее зависит в свою очередь от длины всего пути, скорости перемещения (v_m = 0 5—3 *м/ск*), условий погрузки или разгрузки (скорость подъема груза v_n=0,1—0,5 *м/ск*) и общего числа курсирующих вагонеток. Мощность тягового мотора определяется из ф-лы

$$N_m = \frac{Pv_m}{75\,\eta}\left(\mu + 0{,}015 + i + \frac{2\,v_m}{g t_0}\right)\cdot 1{,}25 = \frac{Pv_m}{75\,\eta}\cdot m,$$

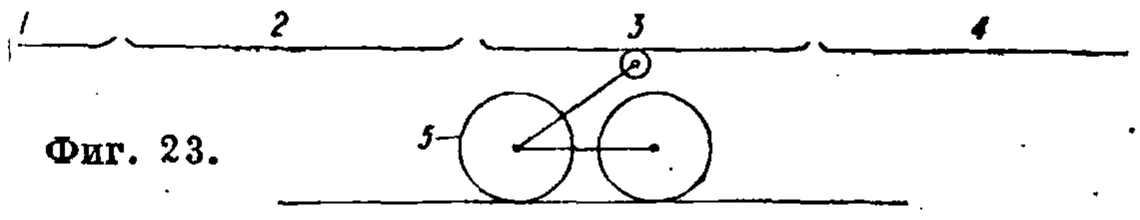
где P—полный вес вагонетки с грузом, v_m—скорость перемещения, η—кпд тягового механизма, μ—коэф., учитывающий трение осей и трение качения, 0,015—коэф., учитывающий трение реборд, i—подъем, $\frac{2\,v_m}{g t_0}$—инерционный коэф. (t_0 берется равным 3—5 ск.), 1,25—прибавка на сопротивление на кривых, встречный ветер и другие непредвиденные сопротивления. Сила сцепления колес с рельсом F д. б. больше тягового усилия, т. е.

$$F = Pf_1 > Pm \quad \text{или} \quad f_1 = 1{,}2 \div 1{,}5\,m,$$

где f_1—коэф. трения между колесом и рельсом, равный 0,15—0,20. Мощность подъемного мотора

$$N_n = \frac{P_1 v_n}{75\,\eta}\left(1 + \frac{2\,v_n}{g t_0}\right);$$

здесь P_1—вес поднимаемого груза, $\frac{2\,v_n}{g t_0}$—инерционный коэф. По способу действия дороги разделяются на: 1) обслуживаемые тележками с управлением вожатым или с полу, 2) вполне автоматические и 3) с управлением на расстоянии. При автоматич. работе на кольцевом пути с несколькими вагонетками необходимы блокировочные устройства, обеспечивающие наименьшее допустимое расстояние между вагонетками, во избежание столкновения. Эти устройства бывают с электромагнитными переключателями, механические и смешанные. Сущность блокировки состоит в следующем (фиг. 23). Изолированные друг от друга отдельные участки троллейного провода *1*, *2*, *3*, *4* получают ток от питательного провода. Когда напр. вагонетка *5* проходит под участком *3* под током, участок



Фиг. 23.

4 выключен, и следовательно пришедшая на него вторая вагонетка выключится и будет стоять до тех пор, пока первая вагонетка не сойдет с участка *3* и провод *4* не приключится автоматически к питательному проводу, и т. д. Устройства с электромагнитами состоят из большого количества дорогих и легко портящихся аппаратов и потому мало надежны. Механич. устройства проще, прочнее и дешевле. Блокировка стрелок, поворотных кругов, мест погруз-

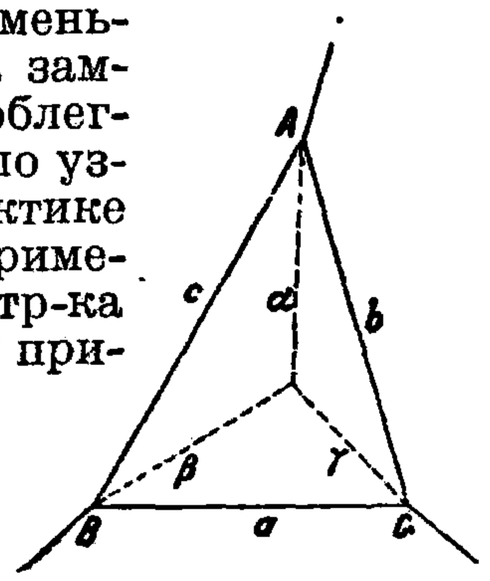
ки и разгрузки совершается обычно при помощи электромагнитов. При полной автоматизации снабжают вагонетку штурвалом с насаженным на него и изолированным от него контроллерным валиком. Последний при помощи разного рода механич. и электрич. приспособлений (аншлаги, рычаги, электромагниты и т. п.) может последовательно устанавливаться в определенных положениях, соответствующих определенным движениям обоих моторов. Дороги с управлением на расстоянии позволяют производить перемены работы моторов в любых пунктах по желанию управляющего. Такие дороги бывают иногда частью автоматизированы, например подъемный мотор снабжается концевым выключателем, который при окончании подъема груза останавливает подъемный мотор и одновременно включает тяговой. Вагонетки с вожатым, оборудованные подъемными механизмами с грейферами, употребляются для разгрузки судов и обслуживания складов сыпучих материалов, особенно в комбинации с передвижным перегрузочным мостом со скользящими стрелками. Пакгаузы также часто оборудуются этими вагонетками, но с платформами для перегрузочных операций со штучными грузами. Электрич. доро и—автоматические и с управлением на расстоянии—применяются на силовых станциях, газовых, металлургических, химических, цементных з-дах для транспорта руды, угля, железа и т. п.

Лит.: Дукельский А., Подвесные рельсовые дороги с ручной тягой, Л., 1928; его же, Расчет канатов и мощности лебедок кабельных кранов, Л., 1932; Иващенко Н., Электрические однорельсовые подвесные дороги для перемещения грузов, М.—Л., 1927; Ганфштенгель Г., Механизация транспорта массовых грузов, Транспорт по путям, пер. с нем., 2 изд., М.—Л., 1931; Иннорс Стройпромышленности—Союзстрой, Расчетный график для построения цепной линии провеса гибкой нити (каната), М., 1932; Коковцев К., Дороги особых систем, Москва, 1927; Cappelloni G., Teleferiche, funicolari aeree e altri transporti meccanici, 3 ed., Milano, 1925; Ceretti G., Aerial Cableways, L., 1927; Findeis R., Rechnerische Grundlagen des Baues von Drahtseilbahnen, Lpz.—W., 1923; Stephan P., Die Drahtseilbahnen, 4 Aufl., B., 1926; Durham E. B., Aerial Tramways a. Cableways (в книге Peel R., Mining, Engineers Handbook), 2 ed., N. Y., 1927.

А. Кастальский.

ТРАНСПОРТЕРЫ, см. *Конвейер* и *Подъемные машины.*

ТРАНСФИГУРАЦИЯ, метод, применяемый при исследовании электрических цепей для превращения одной конфигурации сочетания проводов в виде определенной фигуры проводов в эквивалентную другую, которая м. б. введена вместо первой при всякого рода расчетах в схему замещения. Особенно часто применяется при исследовании несимметричных трехфазных систем, а также при расчете электрич. сетей. Впервые была предложена Кеннелли [9] для вычислительных нужд электроизмерительных лабораторий применительно к трехфазным схемам и схеме мостика Уитстона; в дальнейшем разработана и обобщена Герцогом и Фельдманом [6,8]. Т. позволяет заменить образуемый проводами замкнутый контур в виде мн-ка эквивалентной звездой, т. е. пучком сходящихся в одной точке фиктивных проводов, общее сопротивление которых удовлетворяет условиям эквивалентности. Реже Т. применяется для обратного процесса: превращения звезды в замкнутый контур. Требования эквивалентности: 1) распределение токов в остальной системе проводов (вне преобразуемой части) должно сохраниться неизменным; 2) разности потенциалов между точками, в к-рых преобразуемая часть присоединена к остальной системе проводов (напр. между углами мн-ка), должны оставаться прежними. При расчете сложных сетей (см. *Сети электрические*) Т. позволяет избавиться от замкнутого контура, чтобы иметь возможность затем применить к сети способ постепенного упрощения ее по методу Фрика, неприменимому при наличии замкнутых контуров; при расчете сети по методу узловых напряжений Кольтри уменьшение с помощью Т. числа замкнутых контуров в сети облегчает расчет, уменьшая число узловых ур-ий [4,8]. На практике чаще всего при этом Т. применяют для преобразования тр-ка в звезду; с этим же случаем приходится иметь дело и при исследовании несимметричных трехфазных систем (см. *Трехфазный ток*) [5,7]. Если число сторон замкнутого контура превышает 3 (четырехугольник и т. д.), то Т. возможна только при наличии дополнительных условий и становится настолько сложной, что практич. ценность ее значительно понижается [6].



Применение Т. для преобразования треугольника в звезду. Чтобы тр-к из проводов, обладающих сопротивлениями a, b и c и соединяющих в какой-нибудь системе проводов узловые точки A, B и C (фигура), превратить в эквивалентную звезду, вычисляют сопротивление α, β и γ, к-рые должны иметь фиктивные провода (лучи звезды) для выполнения требований эквивалентности, пользуясь ф-лами:

$$\alpha=\frac{bc}{a+b+c};\quad \beta=\frac{ac}{a+b+c};\quad \gamma=\frac{ab}{a+b+c}.$$

Т. о. сопротивление одного луча звезды, эквивалентной тр-ку, равняется произведению сопротивлений двух прилегающих к вычисляемому лучу сторон тр-ка, деленному на сумму сопротивлений всех сторон тр-ка. При этом для постоянного тока под сопротивлениями надлежит понимать омич. сопротивления, а при переменном токе—полные (кажущиеся) сопротивления (см. *Переменные токи*). Практич. применение преобразования треугольника по методу Т. при исследовании несимметричных трехфазных систем: при нагрузке, включенной тр-ком, приходится при расчетах линейные токи вводить в виде разностей фазных токов (что удлиняет расчет, делая его не наглядным); Т. позволяет нагрузку, включенную тр-ком, заменить нагрузкой, включенной звездой, причем все токи и напряжения остаются теми же, к-рые были при тр-ке [1, 2, 4, 5].

Преобразование звезды в треугольник осуществляется путем вычисления проводимостей сторон тр-ка λ_a, λ_b и λ_c по заданным проводимостям лучей звезды λ_α, λ_β и λ_γ с помощью ф-л:

$$\lambda_a=\frac{\lambda_\beta\lambda_\gamma}{\lambda_\alpha+\lambda_\beta+\lambda_\gamma};\quad \lambda_b=\frac{\lambda_\alpha\lambda_\gamma}{\lambda_\alpha+\lambda_\beta+\lambda_\gamma};\quad \gamma_c=\frac{\lambda_\alpha\lambda_\beta}{\lambda_\alpha+\lambda_\beta+\lambda_\gamma},$$

причем λ_α, λ_β, λ_γ и λ_a, λ_b, λ_c обозначают проводимости (при переменном токе полные), т. е. величины, обратные сопротивлениям (при переменном токе полным):

$$\lambda_a=\frac{1}{a};\quad \lambda_a=\frac{1}{a}\text{ и т. д.}$$

Для Т. можно кроме описанного выше аналитич. способа определения сопротивлений (или проводимостей) искомой эквивалентной фигуры пользоваться также разработанным для этой цели графическим методом [6]. На практике более распространен аналитический метод, сопряженный обычно с меньшей затратой времени.

Лит.: [1]) Гефнер Ф., Системы распределения тока и расчет электр. сетей, пер. с нем., СПБ, 1909; [2]) СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 1, 2 изд., Л., 1930; [3]) Фаульь Ф., Справочник по электротехнике, пер. с англ., т. 1, М.—Л., 1928; [4]) Хащинский В., Канализация электр. энергии (сети), ч. 1, 3 изд., Л., 1931; [5]) Черданцев И., Теория переменных токов, 3 изд., М.—Л., 1932; [6]) Herzog u. Feldmann, Die Berechnung elektr. Leitungsnetze in Theorie u. Praxis, 4 Aufl., B., 1927; [7]) Fraenkel A., Theorie d. Wechselströme, 3 Aufl., B., 1931; [8]) Herzog J. u. Feldmann C., Ueber widerstandstreue Umgestaltung elektrischer Netze (Transfigurierung), «ETZ», B., 1900, p. 167; [9]) Kennelly A. E., On the Determination of Current Strength in Threepointed Star Resistance Systems, «El. World», N. Y., 1899, v. 34, p. 268, 413.

В. Хащинский.

ТРАНСФОРМАТОР, см. *Электрический трансформатор.*

ТРАНСФОРМАТОР ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ, см. *Электрический трансформатор.*

ТРАНСФОРМАТОР ПЕРЕМЕННОГО ТОКА, см. *Электрический трансформатор.*

ТРАП, лестница на судне. Различают внутренние Т., служащие для сообщения между помещениями судна, и забортный Т., обеспечивающий доступ на судно со шлюпки. Внутренние Т. делаются металлическими и состоят из двух укосин, прикрепленных своими концами к набору палуб, и ступеней, покрытых обычно линолеумом, закрепленным медными планками. К укосинам приклепываются стойки для поручней, наличие к-рых обязательно в целях безопасного спуска по Т. во время качки; иногда для этой же цели над Т. укрепляют металлич. перекладины. Нижняя часть Т. соприкасается с палубой, верхняя выходит через люк (отверстие) на следующую палубу. Во избежание попадания воды в нижние помещения судна через этот люк последний окружается комингсом—невысоким листом, приклепанным к палубе угольниками и снабженным сверху оковкой или обделкой для уничтожения острых краев и устройства крышки. На пассажирских судах для пользования пассажиров устраивают лестницы берегового типа, б. или м. роскошно отделанные. В машинных, котельных и других служебных помещеннях Т. устраивают из круглого железа с плоскими или круглыми перекладинами. Кроме Т. в этих помещениях применяют скобы, укрепленные на вертикальной стенке: переборке, трубе, мачте и пр. Для подъема на мачты при отсутствии скоб используют ванты, к к-рым прикрепляют веревочные перекладины—выбленки (см. *Такелаж*).

Забортные Т. устраивают с обоих бортов; они служат для посадки на шлюпки и приема пассажиров; на военных судах забортные Т. имеют парадный характер и служат для большего удобства комсостава, так как в обычное время для команды они заменяются выстрелами. Выстрел—длинная деревянная стрела (бревно), укрепленная горизонтально перпендикулярно борту на шарнире; свободный конец ее поддерживается особой снастью от мачты (топенантом). Вдоль выстрела протянут леер и с него спущены веревочные Т. и тросы с ввязанными в них деревянными бугелями; по Т. или тросам команда спускается в шлюпки. Во время хода выстрел убирается или ставится по борту. Забортные Т. должны не только обеспечивать удобное сообщение при любой осадке судна и быть достаточно прочными, но и должны легко убираться при съемке с якоря. Забортные Т. состоят из площадок и деревянных Т. между ними. Верхняя площадка состоит из деревянной решетки, к-рая укреплена на кронштейнах, прикрепленных к борту на уровне верхней палубы, и обнесенной поручнями с двух сторон, третья открыта для входа на палубу, а четвертая—на Т. К площадке прикрепляется крючьями деревянный Т., нижняя часть которого оканчивается небольшой решетчатой же площадкой и поддерживается цепью или тросом. Последние идут к талям, укрепленным на трапбалке, и позволяют устанавливать нижнюю площадку несколько выше уровня воды или убирать Т., подтягивая его к борту. Сам Т. представляет собой лестницу с поворотными ступенями, что позволяет иметь их всегда горизонтальными независимо от положения Т. Если судно высокобортное, то Т. прикрепляют к промежуточной площадке, устанавливаемой на шарнирах на уровне второй палубы. Эта площадка соединяется с верхней обыкновенным Т. с неподвижными ступеньками.

Р. Тишбейн.

ТРАСС, см. *Пуццолана.*

ТРАССА, положение оси дороги, в частном случае — положение середины проезжей части дороги, относительно земной поверхности. Трассировать линию дороги значит дать ей направление, установить ее положение в горизонтальной и вертикальной координатах относительно земной поверхности. В геометрич. понятии Т. представляет собою в общем случае линию пересечения двух поверхностей второго порядка: конической поверхности, проходящей через середину проезжей части дороги и имеющей вершину в центре земли, и поверхности земного шара. Так как при проложении дорог имеют дело лишь с небольшими частями земной поверхности, то указанное пересечение можно рассматривать приближенно как пересечение вертикальной цилиндрической поверхности, направляющей которой служит линия середины проезжей части, с поверхностью земли. Рассматривая эту линию пересечения относительно горизонтальной плоскости, ее называют Т. в плане («нанести Т. дороги на плане»); положение ее на вертикальной поверхности называют положением Т. в продольном профиле. Различают Т. в плане экономическую и техническую, в общем случае не совпадающие одна с другой. Проведение экономич. Т., или экономическое трассирование, обусловливается гл. образом выбором экономич. центров, через к-рые дорога должна пройти, причем линия между двумя соседними центрами при экономич. трассировке принимается за прямую. Техническое трассирование уточняет экономич. направление дороги между двумя пунктами в зависимости от топографических, гидрологических, почвенно-грунтовых и других естественных условий. Технич. Т. в плане представляет собою совокупность прямых линий, сопряженных в пересечениях кривыми, проводимыми по определенным технич. условиям относительно минимальных радиусов закруглений. Трассировка линии в вертикальной поверхности зависит от рельефа местности и подчиняется технич. условиям относительно максимальных продольных уклонов. Линия Т. в

продольном профиле носит название проектной линии. При установлении рабочих отметок проектной линии абсолютные величины этих отметок оказываются сниженными на величину подъема середины проезжей части над бровкою полотна дороги. **П. Шестаков.**

Трасса в гидротехнике. Проектирование выправительной Т. (см. *Выправление рек*) состоит в определении очертания в плане линий берегов и ширины речного русла в разных его местах на выправляемом участке. Т. устанавливают, соображаясь с гидрологич. условиями как выправляемого, так и соседних к нему участков реки, общим рельефом и геологич. условиями речной долины в пределах площадей, заливаемых высокими водами, а также требованиями судоходства в отношении ширины и направления фарватера. При регулировании рек в судоходных целях Т. представляет очертание берегов меженнего русла. Попытки подчинить построение выправляемой Т. точным общим правилам не достигли результатов, обеспеченных на длительное время. Поэтому при нанесении выправляемой Т. возможно воспользоваться лишь некоторыми общими практич. соображениями; более же детальные указания необходимо получить тщательным изучением опытных и естественно хороших участков той же реки (см. *Регулирование рек*). Общие практические соображения в отношении проектирования Т. выработаны первым съездом русских инженеров-гидротехников. Для образования берегов русла средних меженних вод согласно очертанию, установленному выправительной Т., необходимы такие сооружения, к-рые, первоначально ограничивая в ширину лишь течение воды, способствовали бы впоследствии естественному занесению наносами той части водного пространства, к-рая ранее захватывалась меженними водами за пределами выправительной Т. Поэтому искусственные сооружения нужны гл. обр. в местах, где линия выправительной Т. не проходит по естественному берегу при меженнем уровне воды, в местах же, где линия Т. проходит по берегу, требуется лишь обеспечить устойчивое состояние берега, для чего часто бывает необходимо произвести *берегоукрепительные работы* (см.) на б. или м. значительном протяжении. Т. вычерчивают построением подходящих к упомянутым требованиям кривых (синусоид, кубичных парабол, лемнискат), для упрощения же способов вычерчивания кривых линий обыкновенно наносят их на план по изгибу упругой стальной линейки или китового уса.

При осушении удовлетворительная работа осушительной сети возможна лишь при надлежащем состоянии водоприемника. Для урегулирования водоприемника необходимо придать нек-рым участкам реки новое направление, спроектировав его новую Т. Правильно спроектированная осушительная Т. должна вызвать: 1) надлежащее понижение бытового горизонта в реке, допускающее вывод в Т. без подтопа осушительных каналов; 2) устойчивость продольного и поперечного профилей Т.; 3) отсутствие размыва русла и отложения наносов; 4) сохранение скоростей течения не ниже 0,25 *м/ск* во избежание зарастания растительностью.

В лесосплавном деле все расчеты по выявлению существующей грузоподъемности пути, определению оптимальных сплавных горизонтов и подсчету требующихся полезных объемов воды для сплавных целей проводятся по принципу выявления и улучшения узких мест, мест расчетных опасных сечений сплавной Т.

Лит.: Кандиба Б., Регулирование рек, Л., 1927; Брудастов А., Осушение болот и регулирование водоприемников, М., 1922; Смарагдов Д., Опыт технич. использования сплавных рек, «Вестник Ин-та древесины», 1930, *5—6*. **С. Каплинский.**

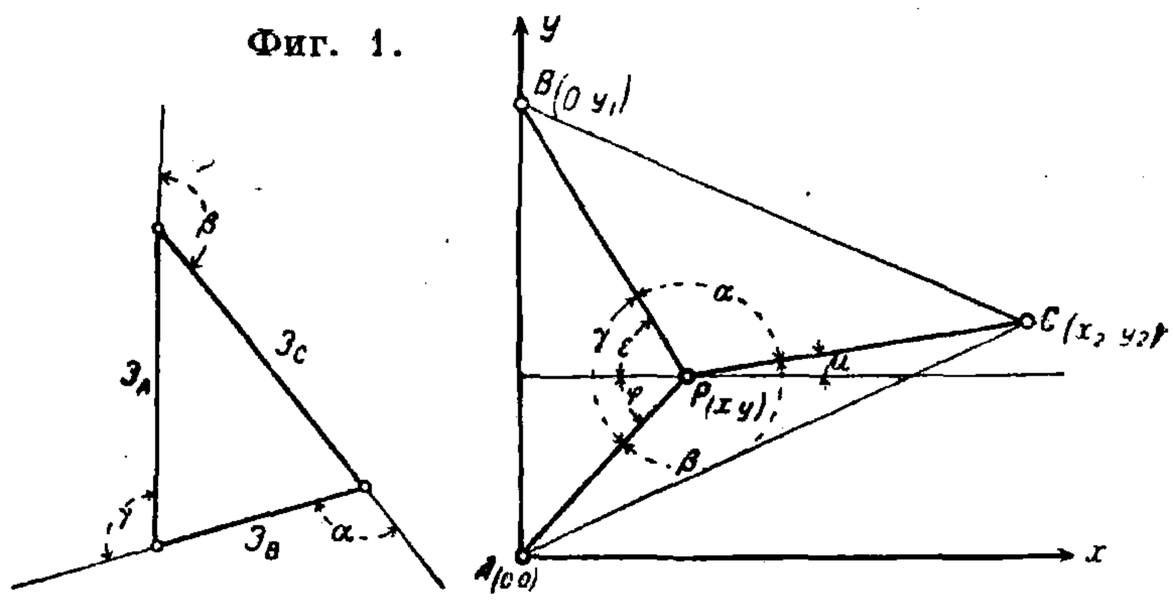
ТРАССИРОВКА, выбор и обозначение на местности оси (трассы) железной, шоссейной или иной дороги и прочих сооружений с учетом особенностей и характера местности, по-к-рой пролегает эта ось будущего сооружения. Под Т. также понимается процесс перенесения плана (начертания в горизонтальной плоскости) какого-либо сооружения, исполненного в чертеже, на местность, где оно должно располагаться.

I. Выбор и обозначение трассы на местности. Процесс выбора трассы дороги довольно сложен. Выбранная трасса д. б. экономически наивыгоднейшая с учетом как расходов по перевозке ожидаемого количества грузов, так и содержания дороги и процента соцнакопления (эффективности капиталовложений). Т. к. сумма ежегодных расходов будет зависеть как от удачно выбранного общего направления трассы, так и от правильного учета всех технич. особенностей прорезаемой местности, то самую Т. в первоначальной стадии ее можно подразделить на два процесса: 1) выбор общего направления трассы, устанавливаемого экономич. (а иногда и общими народнохозяйственными или стратегическими) соображениями, и 2) установление технически возможного направления с учетом характера местности.

Экономическое трассирование основывается на данных экономич. изысканий, по к-рым определяется ожидаемый грузооборот дороги. Этот последний должен устанавливаться не только путем учета возможного грузооборота при естественном развитии прорезаемого новой дорогой района, но и плановых предположений относительно данного района. Выбор экономически наивыгоднейшего направления трассы поддается теоретическому обоснованию. Разрешение этой задачи показано на трех примерах, охватывающих наиболее характерные случаи.

Случай 1. При постройке линии дороги (или иного сооружения) от A и B (фиг. 1) нужно от этой дороги сделать ветвь к C. Требуется найти узел примыкания P

Фиг. 1.



ветви PC к линии APB. Пусть полные расходы эксплоатации на 1 *км* линий AP, BP и CP равны

$$Э_A = K_1 i + N_1 + M_1,$$
$$Э_B = K_2 i + N_2 + M_2,$$
$$Э_C = K_3 i + N_3 + M_3,$$

где K_1, K_2 и K_3—стоимость сооружения 1 *км* линий, i—эффективность капиталовложений в % на затраченный капитал, N_1, N_2 и N_3—стоимость содержания 1 *км* линий с учетом также расходов, зависящих от размеров перевозок, M_1, M_2, M_3—расходы по перевозке заданного количества грузов. Эксплоатационные расходы по всем линиям в таком случае согласно фиг. 1 будут:

$$Э = Э_A \sqrt{x^2 + y^2} + Э_B \sqrt{x^2 + (y_1 - y)^2} +$$
$$+ Э_C \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2}.$$

Минимум этих расходов мы найдем, взяв частные производные от этого выражения и приравнивая их нулю:

$$\frac{\partial Э}{\partial x}=\frac{Э_A x}{\sqrt{x^2+y^2}}+\frac{Э_B x}{\sqrt{x^2+(y_1-y)^2}}-\frac{Э_C(x_2-x)}{\sqrt{(x_2-x)^2-(y_2-y)^2}}=0;$$

$$\frac{\partial Э}{\partial y}=\frac{Э_A y}{\sqrt{x^2+y^2}}-\frac{Э_B(y_1-y)}{\sqrt{x^2+(y_1-y)^2}}-\frac{Э_C(y_2-y)}{\sqrt{(x_2-x)^2-(y_2-y)^2}}=0.$$

Вводя в эти выражения углы, составляемые лучами AP, BP и CP с горизонтальной осью, получим согласно фиг. 1 следующие два равенства:

$$Э_A\cos\varphi+Э_B\cos\varepsilon-Э_C\cos\mu=0, \quad (1)$$

$$Э_A\sin\varphi-Э_B\sin\varepsilon-Э_C\sin\mu=0. \quad (2)$$

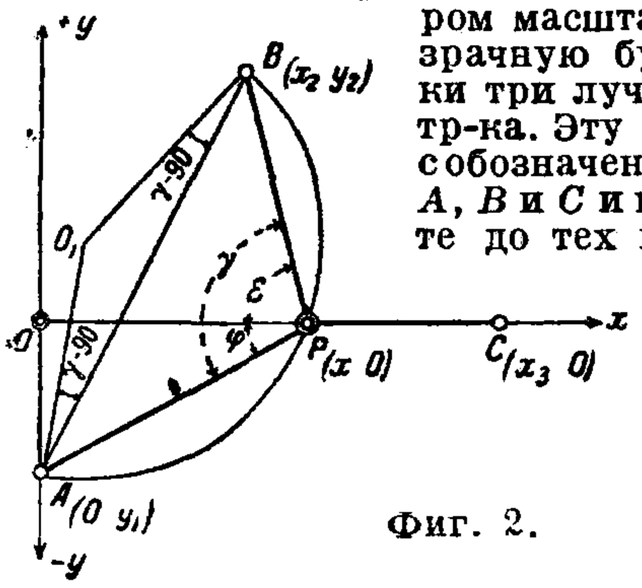
Обозначив углы между тремя направлениями AP, BP и CP через α, β и γ, имеем зависимости:

$$\alpha=180^\circ-\varepsilon-\mu,$$

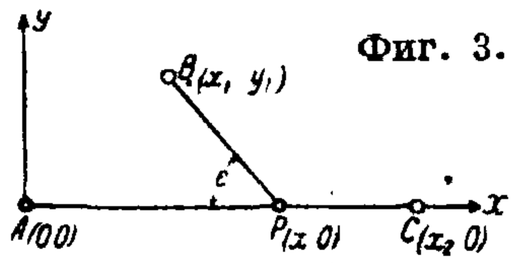
$$\beta=180^\circ+\mu-\varphi,$$

$$\gamma=\varepsilon+\varphi.$$

Ур-ия (1) и (2), если принять $Э_A$, $Э_B$ и $Э_C$ за силы, приложенные в точке P, представляют собою ур-ия равновесия этих сил, т. к. их проекции на оси x-ов и y-ов равны нулю. Следовательно внешние углы тр-ка этих сил (фиг. 1) будут равны α, β и γ. Отсюда можно найти положение точки P графически, применяя следующий упрощенный способ. Построив по величинам $Э_A$, $Э_B$ и $Э_C$ в некотором масштабе тр-к, наносим на прозрачную бумагу от произвольной точки три луча, параллельных сторонам тр-ка. Эту бумагу наложим на карту с обозначением места положения точек A, B и C и передвигаем бумагу по карте до тех пор, пока проведенные на



Фиг. 2.



Фиг. 3.

ней лучи не покроют одновременно каждый соответственную точку (т. е. луч, проведенный на прозрачной бумаге параллельно стороне тр-ка $Э_A$, должен пройти через точку A и т. д.).

Случай 2. Если одно из трех направлений задано напр. от C (фиг. 2), то задача решается так: принимают направление от C за ось x-ов, угол $\mu=0$, и ур-ия (1) и (2) будут иметь вид:

$$Э_A\cos\varphi+Э_B\cos\varepsilon-Э_C=0, \quad (1)$$

$$Э_A\sin\varphi+Э_B\sin\varepsilon=0. \quad (2)$$

Построим по $Э_A$, $Э_B$ и $Э_C$ тр-к. Угол $\gamma=\varepsilon+\varphi$. Для графич. нахождения точки P соединим A и B прямой, на к-рой строим равнобедренный тр-к с углами при точках A и B, равными $\gamma-90^\circ$. Приняв вершину O этого тр-ка за центр, проводим дугу круга радиусом $O_1A=O_1B$. Точка пересечения P этой дуги с прямой, проходящей через C, будет искомой точкой, т. к. угол $APB=\gamma$.

Случай 3. Найти наивыгоднейшую точку примыкания P ветви от B к заданной линии AC (фиг. 3). Здесь нужно найти только один угол ε. Для его определения служит равенство (1), принимающее здесь вид:

$$Э_A+Э_B\cos\varepsilon-Э_C=0,$$

откуда

$$\cos\varepsilon=\frac{Э_C-Э_A}{Э_B}.$$

Проведя через точку B линию под углом ε к линии AC, находим на пересечении точку P. Здесь для существующих линий в величины $Э_A$ и $Э_C$ входят только расходы, зависящие от размеров движения, $Э_B$ исчисляется полностью. Для правильного определения величин $Э_A$, $Э_B$ и $Э_C$ нужно иметь данные технич. Т., результаты к-рой существенно влияют на все составляющие расходов на 1 *км* длины пути. Поэтому полученные данные экономич. трассирования д. б. проверены на основании данных технических, устанавливающих возможность или технич. целесообразность экономически установленного направления и стоимость избранного направления. Следовательно экономически верное направление можно найти только путем нескольких приближений.

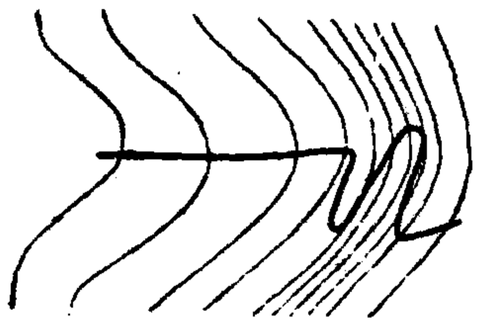
Техническая Т. является элементом т. н. изысканий (см. *Железнодорожные изыскания*). Перед приступом к выбору трассы дороги д. б. установлены следующие технич. элементы дороги, влияющие на выбор трассы: 1) предельный или руководящий уклон, 2) величины радиусов закруглений, 3) величины наименьших вставок между соседними кривыми, направленными в разные стороны. Эти элементы устанавливаются «Техническими условиями», которые вырабатываются для железных и шоссейных дорог НКПС в зависимости от типа дороги, ширины колеи (для ж. д.) и рода тяги; для трасс других сооружений—соответствующим ведомством. Кроме этих элементов при выборе трассы линии нужно учитывать: 1) топографию местности, 2) геологич. условия местности, 3) гидрологию района, 4) ценность культур пересекаемой местности, 5) расположение населенных пунктов и промышленных предприятий, 6) удобства пересечения водотоков, судоходных рек и других путей сообщения, 7) условия производства работ и добычи материалов для сооружения, 8) метеорологич. условия местности и 9) пожелания местных учреждений и организаций. Учет всех указанных обстоятельств является задачей повторных технич. изысканий, к-рыми и предопределяется количество точек, через к-рые трасса должна пройти. Технич. Т. между этими точками учитывает преимущественно топографию местности и может быть произведена следующими способами: а) по плану в горизонталях предварительно, с последующим перенесением трассы на местность, или б) непосредственно на местности. К первому способу прибегают в том случае, когда план в горизонталях либо имеется либо он снят специально для целей Т. Второй способ применяется преимущественно в легкой иногда в средней трудности и редко в трудной местности. Для приступа к тому или иному способу Т. должно быть установлено общее направление линии, задаваемое пунктами, через к-рые линия должна пройти. Нанеся эти пункты на карту или план возможно крупного масштаба, соединяют эти точки прямой линией, т. н. воздушной линией, и внимательно изучают по карте (к-рую лучше раскрасить) характер местности вблизи этой линии. Чем подробнее карта и внимательнее она изучена, тем легче установить направление трассы. Установив т. о. места, к-рые трасса должна обойти, наносят на карту взамен кратчайшей линии между заданными пунктами ломаную линию в обход препятствий, к-рою руководствуются для детальной выработки трассы. Для Т. линии на местности места поворотов и румбы отрезков этой ломаной линии (руководящие румбы) отмечают по карте и записывают в записную книжку трассировщика для руководства ими в поле. В равнинной и слабо пересеченной местности выбор трассы по достаточно подробной карте или плану в горизонталях затруднений не представляет. Ось линии намечают кратчайшую, обходя препятствия в плане кривыми возможно большего радиуса и руководствуясь технич. условиями плана трассы. Для нанесения такой трассы пользуются особыми шаблонами круговых кривых, сделанных из целлюлоида, дерева, металла или картона. Для обратных кривых минимальных радиусов с наименьшей между ними прямой вставкой иногда делают особые лекала. Более сложна выработка трассы по плану в горизонталях в пересеченной местности. Для уменьшения количества земляных работ линию приходится удлинять (развивать). Необходимость развития линии можно установить по данному плану в горизонталях т. о.: взяв средний допустимый уклон оси трассы $i_{ср.}$ (его получают, исходя из предельного уклона по трассе с учетом также горизонтальных участков—площадок—линии для расположения станций и др., устанавливаемых в технич. условиях) и высоту сечения *горизон-*

талей (см.) плана h, делят h на $i_{ср.}$, что дает необходимую длину l линии для подъема на высоту сечения h данным уклоном:

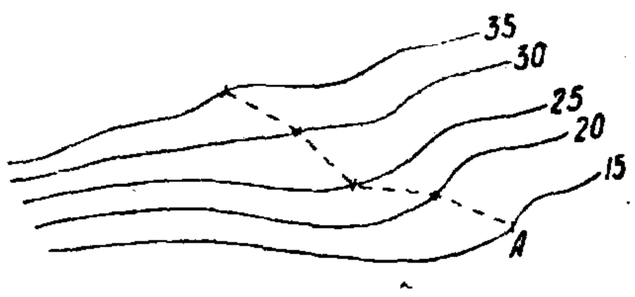
$$l = \frac{h}{i_{ср.}}.$$

Если это l более величины заложения горизонталей в месте прохода трассы, то линию нужно удлинить (фиг. 4). Нанесение трассы на план в горизонталях в этом случае делается т. о.

Случай 1. Для трассы дан только один пункт A (фиг. 5), через который она должна



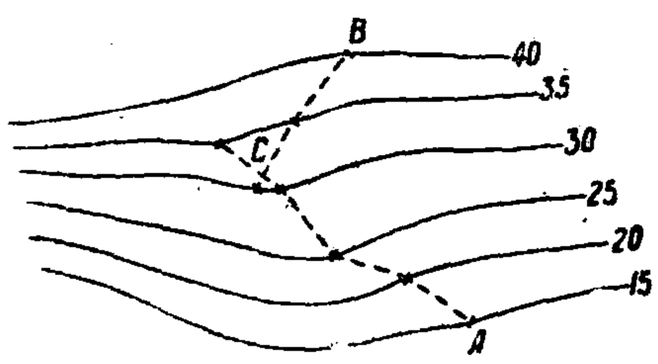
Фиг. 4.



Фиг. 5.

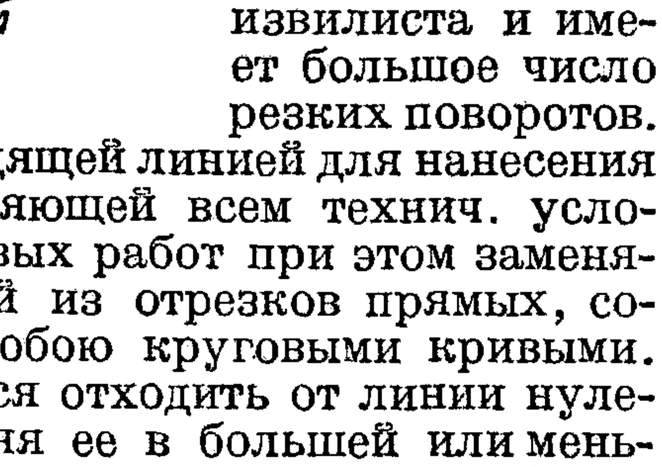
пройти. Раствором циркуля, равным l, засекают от точки A как из центра следующую горизонталь в направлении хода, определяемого руководящим румбом, от полученной точки—следующую горизонталь и т. д. Полученная линия будет линией нулевых работ.

Случай 2. На карте дано два обязательных пункта прохода трассы A и B (фиг. 6). От обоих пунктов наносят на план две линии нулевых работ до пересечения их в точке C. Искомой линией будет линия ACB. Полученная по плану в горизонталях линия нулевых работ—обычно довольно извилиста и имеет большое число резких поворотов.



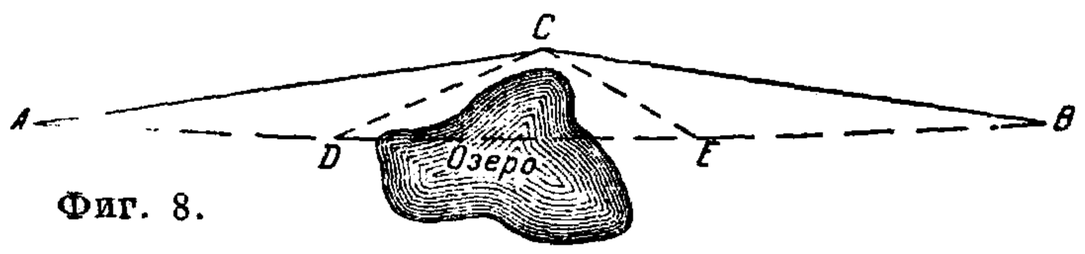
Фиг. 6.

Она служит руководящей линией для нанесения трассы, удовлетворяющей всем технич. условиям. Линию нулевых работ при этом заменяют плавной линией из отрезков прямых, соединенных между собою круговыми кривыми. При этом приходится отходить от линии нулевых работ, спрямляя ее в большей или меньшей степени. Попутно с нанесением такой линии нужно вычислять отметки отдельных ее точек для определения размера земляных работ и искусственных сооружений. Нагляднее всего это достигается составлением по оси трассы продольного профиля с нанесением на нем проекта полотна. При предварительном нанесении трассы на план можно обойтись и без составления продольного профиля, если нанести на план около выбранной оси трассы нулевую линию a (фиг. 7, пунктир). Она получается путем вычисления по данному уклону отметок точек оси трассы и обозначения на перпендикулярах к трассе от этих точек пунктов поверхности земли, имеющих отметку соответствующих точек трассы, руководствуясь горизонталями. Соединив эти точки плавной кривой, будем на карте иметь наглядное суждение о размерах работ, т. к. величина отхода (число сечений горизонталей) этой линии от оси трассы указывает на величину насыпи (при отходе ее в нагорную сторону) или выемки (при отходе ее в низовую сторону). По полученной кривой можно судить о необходимом изменении трассы, и сдвижка трассы в сторону нулевой линии уменьшает количество работ. Окончательный выбор трассы по карте можно делать, только сравнивая отдельные варианты ее в экономич. отношении.



Фиг. 7.

Выбор трассы непосредственно на местности делается сравнительно просто только в открытой равнинной местности, когда уклоны по оси трассы допускаются бо́льшие естественной крутизны скатов местности. Линия в этом случае ведется т. н. вольным ходом по кратчайшему направлению, по руководящему румбу. Последний берется, как указано, с карты, на которой предварительно наносится линия. Направление линии на местности устанавливается по буссоли с учетом склонения магнитной стрелки и сближения меридианов. Склонение стрелки лучше определить на местности наблюдениями звезд или солнца; достаточно точно его можно установить также с помощью гномона. По карте изогон, составляемой Главной геофизич. обсерваторией в Ленинграде, также можно делать общие соображения о величине *склонения* (см.) в отдельных частях СССР, но их надлежит обязательно проверять непосредственными наблюдениями. Сближение меридианов для средних широт СССР при ведении трассы по параллели можно принять равным 5′ на каждые 10 *км* длины; при ведении трассы по меридиану оно равно нулю. Если для установления общего направления линии нет достаточно подробных карт, то перед установлением трассы нужно сделать беглое обследование (рекогносцировку) местности с целью установления тех мест, через которые проведение линий либо дорого либо невозможно. Для этого прокладывают инструментальные ходы. Одним из применяемых для этого способов является прокладка теодолитных ходов, при которых все измерения для определения длин линий и высот делаются *теодолитом* (см.). В закрытой местности этот ход ведут по по-



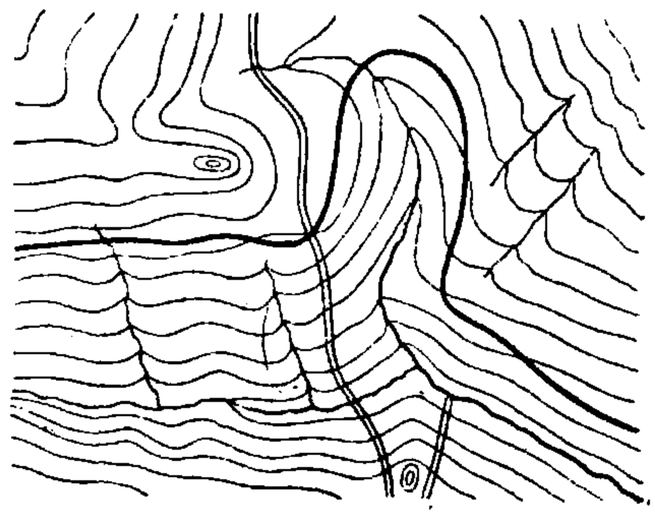
Фиг. 8.

путным дорогам с прощупыванием местности по просекам, полянам, прогалам. Менее рекомендуются для такого обследования беглый ход с вешением промерами длин лентой и нивелировкою. Для обследования более обширного района может иметь применение и *аэрофотосъемка* (см.). Направление длинных прямых, если с одного конца до другого непосредственно не видно, обычно устанавливается по особым сигналам, подаваемым с конца линии звуковым способом (мало надежно) или световым (напр. ночью на огонь костра, на ракеты). Обход препятствия во избежание излишнего удлинения линии следует начинать издалека, у точки A (фиг. 8), а за препятствием C назначить новый руководящий румб с расчетом ведения линии от края препятствия прямо к конечной точке B или в обход нового препятствия, а не по линии $ADCEB$.

Т. линий в холмистой местности требует больше топографич. работ, чем Т. в равнинной местности. Правильный выбор оси трассы требует повторных изысканий ее, с устранением

в каждой последующей трассе тех недостатков, к-рые оказались у предыдущей трассы. Ведение линии в такой местности первый раз требует внимания, особенно в местах, где естественный скат местности круче допустимых по технич. условиям трассы уклонов. Для уменьшения объема земляных работ линию нужно с соблюдением технич. условий приблизить к естественной поверхности земли. Для того чтобы найти на поверхности земли точки, лежащие на линии, имеющей заданный уклон, пользуются теодолитом с вертикальным кругом или нивелир-тахеометром Цейсса (см. *Тахеометр*). Удобство последнего состоит в том, что оси его трубы можно придать уклон в пределах, применимых при Т., до ±15%, с непосредственным отсчетом уклонов в % и ‰. Вертикальным же кругом теодолита такая установка визирной оси возможна только при наличии таблицы значений углов, соответствующих уклонам. Придав оси трубы заданный уклон и смерив высоту инструмента, вращают его вокруг вертикальной оси и с помощью *рейки* (см.) отыскивают на местности такую точку поверхности земли в направлении хода трассы, на которой величина отсчета по рейке равна высоте инструмента. Отметив эту точку, становятся на нее с инструментом и отыскивают следующую точку местности и т. д. Имея таких точек достаточное число, трассу разбивают по техническим условиям линии, держась ближе к обозначенным точкам. Иногда трассу ведут сначала по пробной линии. Построив по ней продольный профиль (часто в поле же по мере движения линии вперед, строя его в абрисной книжке), устанавливают по нему места линии, подлежащие исправлению. Если например проектная линия полотна «зарезалась» сильно в землю и трассу надо следовательно уложить на поверхности земли в более пониженных точках, то в этих местах пробной линии перпендикулярно к оси разбивают поперечники в сторону понижения отметок местности и нивелируют их; по отметкам точек поперечников устанавливают желательное место расположения оси трассы. Для разбивки этой трассы на местности ее сначала проектируют на бумаге, наложив в крупном масштабе в 1 : 10 000 или 1 : 5 000 план пробной линии с поперечниками, на точках к-рых надписывают отметки. Наложенный на таком плане вариант линии разбивают на местности по углам и длинам, взятым с чертежа. В закрытой (покрытой лесом) местности для выбора трассы пробивают по направлению, установленному рекогносцировкой, по аэросъемке или по данным теодолитного хода, пробную линию и затем ее исправляют, нащупывая с помощью поперечников, иногда длиной до 1 *км*, наилучшее положение трассы, и разбивают ее затем на местности описанным выше образом.

Т. линий в местности сильно холмистой или гористой с помощью пробных трасс или инструментом по точкам, лежащим на данном уклоне, б. ч. невыгодна. Для поднятия на горные перевалы линия требует значительного развития (фиг. 9) (см. *Железные дороги горные*), к тому же линию приходится прокладывать по крутым косогорам, сдвижка по к-рым на каждый *м* в сторону может значительно изменить стоимость работ. Высокая строимость постройки дорог в горах (скалистый грунт, обилие сооружений) заставляет особенно тщательно выбирать при этом положение трассы. Поэтому наилучший способ выбора трассы это предварительная съемка местности вдоль оси намечаемой трассы и составление плана в горизонталях в масштабе 1 : 5 000 и даже 1 : 2 000. Съемка делается тахеометром или же *мензулой* (см.) и здесь с успехом можно применять тахеометры-автоматы (Гаммер-Феннеля и др.). Трассу детально разрабатывают по плану в горизонталях и затем переносят на местность. В малодоступной для непосредственной трассировки и обычной топографич. съемки местности для получения плана ее и проектирования трассы в ряде случаев следует прибегать к стереофотосъемке. Самую разбивку трассы на местности в некоторых недоступных местах не производят совершенно до приступа к постройке, во время которой трассу, спроектированную на плане в горизонталях, разбивают постепенно по мере продвижения работ. Геодезич. основу для тахеометрич. съемки или стереофотосъемки в горной местности выгоднее иметь в виде простейшей триангуляции, а не в виде магистрали. Для выбора низших перевальных точек гор и выбора долин, по к-рым выгодно вести трассу, производят комбинированную аэрофотосъемку с дополнением планшетов-фотопланов горизонталями с помощью мензулы и *кипрегеля* (см.). В простейшем случае горные перевалы и попутные долины обследуют глазомерной съемкой, сопровождаемой барометрич. нивелированием.



Фиг. 9.

Трасса перехода через реку м. б. назначена только 1) на основании результатов изучения режима реки и 2) после изучения плана реки в районе перехода. Избранное место перехода должно удовлетворять следующим условиям: 1) линия перехода должна пересекать долину реки в самом узком месте; 2) линия перехода д. б. перпендикулярна к направлению течения как низких, так и особенно высоких вод; 3) заливаемая высокими водами пойма реки должна располагаться по возможности симметрично относительно главного русла реки; 4) русло реки д. б. устойчивым, не меняя положения и направления струй; 5) ниже и выше места перехода русло д. б. на некотором протяжении прямолинейным; 6) нужно избегать пересекать реку в том месте, где она разделяется на несколько русел. Для выбора трассы, удовлетворяющей описанным условиям, нужно: а) сделать съемку участка реки (обычно мензулой) или воспользоваться планами реки НКВода, б) сделать наблюдения направления струй и скоростей течения (обычно поплавками, с засечками их через 2 мин., одновременно с трех мензул), снять живое сечение реки и определить расходы воды, в) собрать данные об изменениях русла реки за много лет и о высоких и низких водах, о ледоходе и т. п. После учета всех собранных данных трассу перехода сначала наносят на плане, а затем переносят на местность. При выборе линии перехода нужно учесть также условия подходов к реке, избегая длинных спусков по косогорам берегов, как обычно, подверженных оползням. При выборе места этих под-

ходов геологич. строение этих мест д. б. изучено особенно тщательно; также нужно изучить геологию русла реки.

Описанные методы Т. относятся преимущественно к железным и шоссейным дорогам. Трассы других сооружений имеют свои особенности. Частично описанные методы применимы к трассе судоходного канала. Учитывая технич. условия канала, нужно выбирать его направление т. о., чтобы урез воды в нем располагался на уровне земли, шлюзы располагались в выемках и на прямой. Предпочтительно располагать канал у подножия возвышенностей и избегать косогоров и водопроницаемых грунтов. Трассу водовода располагают по кратчайшему направлению, избегая болот и скальных грунтов. При этом всякое отклонение от кратчайшего направления д. б. проверено экономич. подсчетами. Аналогичные с водоводами требования предъявляются и к трассе нефтепровода, однако необязательность проклада его в грунте на глубине промерзания облегчает выбор трассы. Трасса высоковольтных электропередач ведется по кратчайшему направлению, однако в целях дешевизны постройки и облегчения надзора и ремонта желательно ее располагать вблизи имеющихся путей сообщения. Вследствие дороговизны угловых опор число углов поворота д. б. минимальным. Трасса аэролинии должна учитывать топографию, климатич. и метеорологич. условия. Ее ведут по кратчайшему направлению, однако с целью облегчения ориентировки при полетах ее намечают нередко вдоль существующих наземных путей сообщения; для местности, прилегающей к аэролинии, составляют так называемую «летную карту» (аэрокарту)..

Лит.: Оппенгейм К., Проектирование ж. д., ч. 4, М., 1926; Лютц А., Подготовительные работы при сооружении ж. д., ч. 1, Л., 1931; Толстопятов В., Изыскания и проектирование ж. д., М., 1931; Горишов А., Реконструкция изысканий, «Транспортное строительство», М., 1931, *4—5*; Справочник изыскателя, М., 1933; Волго-Донская магистраль, под ред. Аксамитного, в. 4, Ростов на Дону, 1930; Webb W. L., Railroad Construction, 7 ed., N. Y., 1922; Giese E., Blum O. u. Risch K., Linienführurg, Handbibliothek f. Bauirgenieure, hrsg. v. R. Otzen, T. 2, B. 2, B., 1925; Limasset L., Cours de routes, Étude de tracé, P., 1918; Müller W., Die Sätze vom Anschluss u. vom Knotenpunkt, «Ferkehrstechnische Woche», B., 1920, *12*. **А. Лютц.**

2. Перенесение плана сооружения на местность (разбивка сооружения). Перенесение плана какого-либо сооружения, изображающего его начертание в горизонтальной проекции (на плоскости), заключается в построении на избранной местности фигуры (фигур), подобной начерченной на плане, в натуральных размерах. Разбивка углов на местности производится угломерным инструментом (теодолитом—при сложном плане, эккером, буссолью—в простых случаях). Положение линий на местности требует вешения их направлений, измерений углов наклонений местности, увеличения мер линий плана на поправку на наклон в натуре и отмеривания линий на местности мерною лентой (при точной Т.) или веревкою и шагами (при Т. приблизительной). В каждом случае Т. необходимо сообразить порядок, очередность перенесения углов и линий с плана на местность, чтобы естественные погрешности отмеривания линий и углов на местности не накапливались в одну сторону, а распределялись равномерно—от середины каждой фигуры в обе стороны; кроме этого надлежит наметить на плане поверочные линии (диагонали) и измерить их в масштабе плана циркулем, а лучше вычислить по данным на плане размерам; промер этих поверочных линий между уже проложенными точками на местности укажет на неправильности Т. Если при Т. не будет обнаружено грубых ошибок, то естественная неправильность в положении точек на местности уничтожается раскладкой получённой невязки, пропорционально длинам переносимых на местность линий и незначительным перемещением точек на местности в соответствии с результатами раскладки невязки. При Т. сложного плана и при требовании точной Т. лучше разбить местность на квадраты в соответствии с квадратами, построенными на плане, для нанесения точек плана по вычисленным координатам и после этого переносить точки с плана на местность по координатам, вычисленным для составления плана, т. е. получать точки на местности так, как они получались на плане при его составлении. Но и в этом случае необходимо наметить на плане и измерить циркулем или вычислить по координатам длины поверочных линий (диагоналей) и произвести их контрольные промеры на местности между уже нанесенными точками, провешивая направление каждой контрольной линии и принимая во внимание поправку на наклон местности по направлению измеряемой линии. Для большей гарантии безошибочности Т. полезно по ее окончании промерить теодолитом для полноты контроля несколько углов, сравнив результаты измерения в натуре с данными плана. Если необходимо, то надлежит обратить внимание на правильность положения трассируемого (переносимого на местность) плана относительно стран света (ориентирование); для этого на местности надо определить направление истинного (географического) меридиана или истинный азимут одной из линий, имеющихся на плане, и сравнить его с истинным азимутом, данным на плане для той же линии.

ТРАУЛЕР, небольшое паровое судно, специально сконструированное и построенное для тралового лова рыбы. В целях получения наибольшего кпд винта, освобождения внутренних помещений для трюмов и лучшей управляемости при сравнительно небольших размерах траулеры обычно строятся с диферентом на корму. Средние размеры: тоннаж брутто около 250 рег. тонн, нетто 100 *т*, водоизмещение 250—1 000 *т*, длина 35—50 *м*, ширина 7—7,5 *м*, осадка 3—4 *м*, высота борта 3,5—4,5 *м*. Мощность механизмов 400—600 HP, скорость 10—11 узлов. Тип главной машины: паровая (двойного или тройного расширения) или дизели. Лов рыбы производится обычно дрифтерными шотландскими сетями или тралами; пойманная рыба хранится в трюмах вналал в перемежку с крошеным льдом, что требует изотермич. оборудования трюмов. Грузоподъемность Т. распределяется сл. образом: рыба—ок. 60 *т*, лед—10 *т*, сети—5 *т*. Команды на Т. обычно 15—30 чел. Район плавания, ограничиваемый запасом топлива и воды, определяется 5—6 сутками непрерывного хода. Вспомогательные механизмы ставятся паровые или электрифицированные. Т. обычно снабжается электрич. освещением и радиотелеграфом. Промысловое оборудование для постановки и вытягивания сетей состоит из лебедок, шпилей (для дрифтера), траловых дуг

добавочных роульсов, роликов и киповых планок, а также стрел (служащих одновременно и для грузовых операций) и талей, подвешенных на мачтах. Для ночной работы на палубе устраивается сильное освещение. Для удобства приемки рыбы траулер имеет гладкий фальшборт с большими шпигатами, позволяющими производить обильную промывку палубы. В целях удобства маневрирования при остановке машин Т. снабжаются косыми (треугольными) парусами. В остальном оборудование траулера делается обычного типа. У нас Т. строятся ленинградскими судостроительными заводами. В начале 20 века начали использовать Т. для военных целей—вылавливания (т р а л е н и я) пловучих мин, пользуясь их небольшой осадкой и специальным оборудованием. В дальнейшем стали строить специальные суда для этой цели, которые у нас в отличие от Т. получили название т р а л ь щ и к о в.

Р. Тишбейн.

ТРЕЙБОВАНИЕ, к у п е л л я ц и я, металлургический процесс переработки серебристого свинца, состоящий в отделении серебра от свинца путем плавки и нагревания его в окислительной атмосфере до $t°$, обеспечивающей быстрое образование глета (PbO). Последний стекает с поверхности свинцовой ванны. Остающийся свинец обогащается постепенно серебром. После удаления всего свинца в виде глета серебро остается на дне ванны, так наз. *бликовое серебро* (см.). Окисление свинца происходит главным образом под действием струи воздуха, направляемой на поверхности ванны. Окислению также способствует образование Pb_3O_4, диссоциирующего на PbO и O. При купелляции происходит также окисление примесей. Медь переходит в образующийся глет постепенно. Медьсодержащий свинец купеллируется быстрее и с меньшими потерями свинца и серебра, чем свинец, свободный от меди, вследствие образования эвтектики $PbO—Cu_2O$, позволяющей вести купеллирование при более низкой $t°$. Мышьяк, сурьма и олово частью улетучиваются, частью ошлаковываются глетом. Висмут остается в свинце почти до конца процесса и сильно замедляет ход процесса. Висмут окисляется и переходит в последнюю порцию глета. Висмутовый глет может служить таким образом исходным сырьем для получения висмута. При переработке висмутового свинца купеллирование продолжают до начала перехода Bi в глет, затем свинец переливают в другую печь, в которой заканчивают купеллирование; появление Bi в глете происходит при содержании 35% Ag в свинце. Глет всегда содержит некоторое количество серебра, причем количество последнего в глете увеличивается вместе с богатством свинца. Серебро в глет увлекается механически либо находится в растворенном виде. Золото полностью концентрируется в серебре.

Т. происходит в особых печах, называемых трейбофенами (см. *Серебро*, фиг. 5), немецкого и английского типа. Основные технические показатели Т. в немецких трейбофенах приведены в табл. 1.

Основные показатели работы англ. печи приведены в табл. 2.

Табл. 2.—Основные технические показатели трейбования в английских трейбофенах.

Наименование	I	II	III
Площадь пода, $м^2$	1,37×1,07	2,13×1,47	2,13×1,63
Глубина, $м$	0,106	0,106	0,106
Загрузка, $т$	0,5—0,75	1—1,5	1,5
Производит., $т$/24 ч.	3,5	6	6,5
Расход топлива, %	40	до 70	—

Печь наполняется в начале операции свинцом; затем свинец добавляется постепенно, так что уровень ванны держится все время постоянным. В печи можно накопить 1000—1 200 *кг* серебра. Серебро сливают либо после охлаждения ванны вынимают в твердом виде. Перед окончанием процесса прибавляют селитру или соду для окисления остатков примесей.

Лит.: см. *Серебро*.

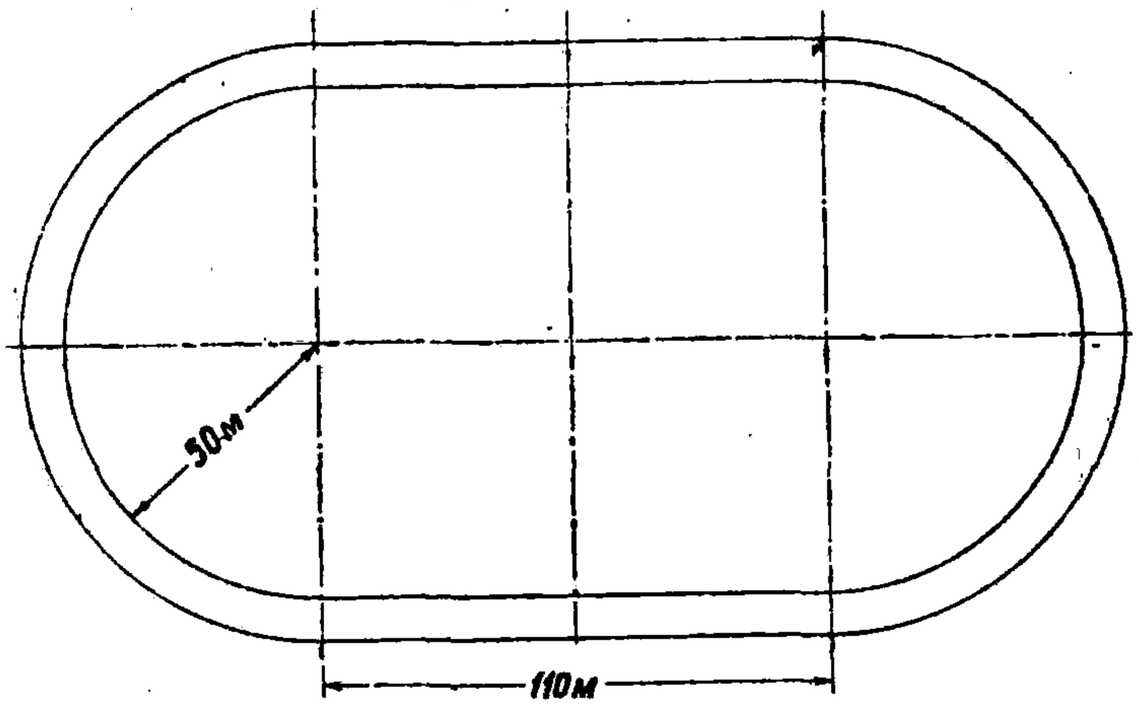
Д. Чижиков.

ТРЕКИ (с англ. track—путь), замкнутые в плане пути, приспособленные для езды на велосипедах, мотоциклетах и автомобилях. Т. устраивают для спортивных и промышленных целей: для испытания машин, тренировки и соревнования гонщиков, причем в последнем случае Т. устраивают с трибунами для зрителей. Кроме того при Т. имеются обыкновенно помещения для хранения и обслуживания машин, необходимые помещения для гонщиков, медицинский пункт и помещение для судей. В зависимости от рода материалов имеем: 1) Т. земляные; 2) Т. деревянные; 3) Т. смешанные, деревянные подпорные стенки с земляной засыпкой и бетонной или асфальтовой поверхностью; 4) Т., имеющие бетонную плиту, покоящуюся на земляной насыпи; 5) Т. железобетонные. Форма Т. в плане образуется двумя прямыми параллельными отрезками, концы к-рых соединяются между собой двумя полуокружностями одного радиуса, или двумя параболич. кривыми, или многоцентровыми коробовыми кривыми с последовательно уменьшающимися радиусами от прямой линии; в другой форме прямые линии отсутствуют. Для Т. эллиптич. формы эллипс строится из отрезков окружностей разных радиусов, причем отрезки окружностей для промежуточных радиусов одинаковы по величине, за исключением отрезков окружностей, образованных наибольшим и наименьшим радиусами; эти отрезки могут иметь разные длины. Трек в Ленинграде (фиг. 1) строился для велоспорта, но в дальнейшем на нем стали допускать мотогонки. Т. состоит из двух параллельных прямых, соединенных двумя кривыми радиусом в 50 *м*. Длина Т. 500 *м*. Мото-велотрек стадиона «Динамо»

Табл. 1.—Основные технические показатели трейбования в немецких трейбофенах.

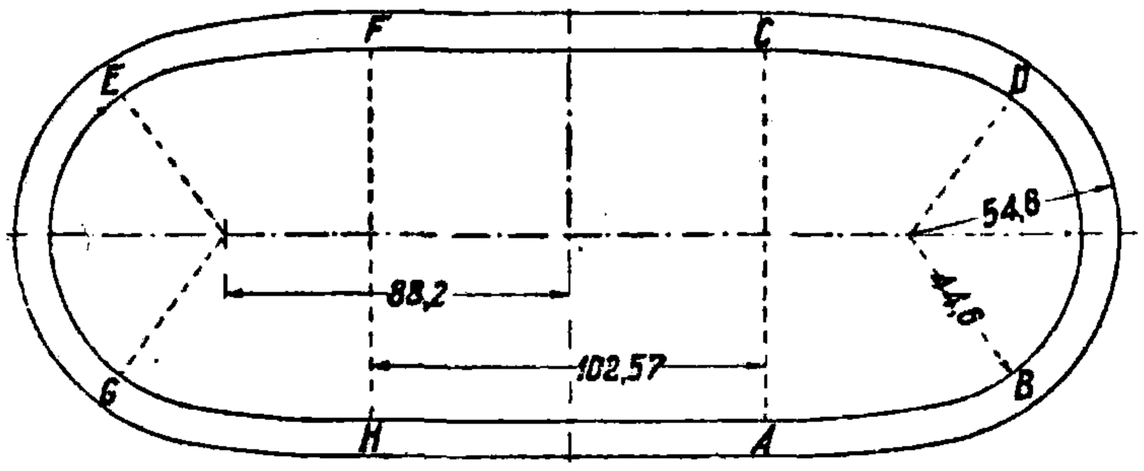
Диам., *м*	Глубина печи, *м*	Загрузка печи, *т*	Давление дутья, *мм* Hg	Расход топлива, %	Расход материала, %	Производит. в час, *т*	Потери в весе, % PbAg
2,5	0,35—0,50	10—12	—	—	8—10 от перераб. свинца	—	3—0,3
3,6	0,35—0,50	15—20	20—25	18—20		0,25—0,30	6—0,8
3,5	—	20—25	—	—	—	—	—
4,0	—	25	—	—	—	—	—

в Москве (фиг. 2) состоит из двух прямых линий *FC* и *HA* и двух круговых кривых *DB* и *EG* радиусом в 44,6 *м*, соединенных с прямыми четырьмя переходными параболич. кри-



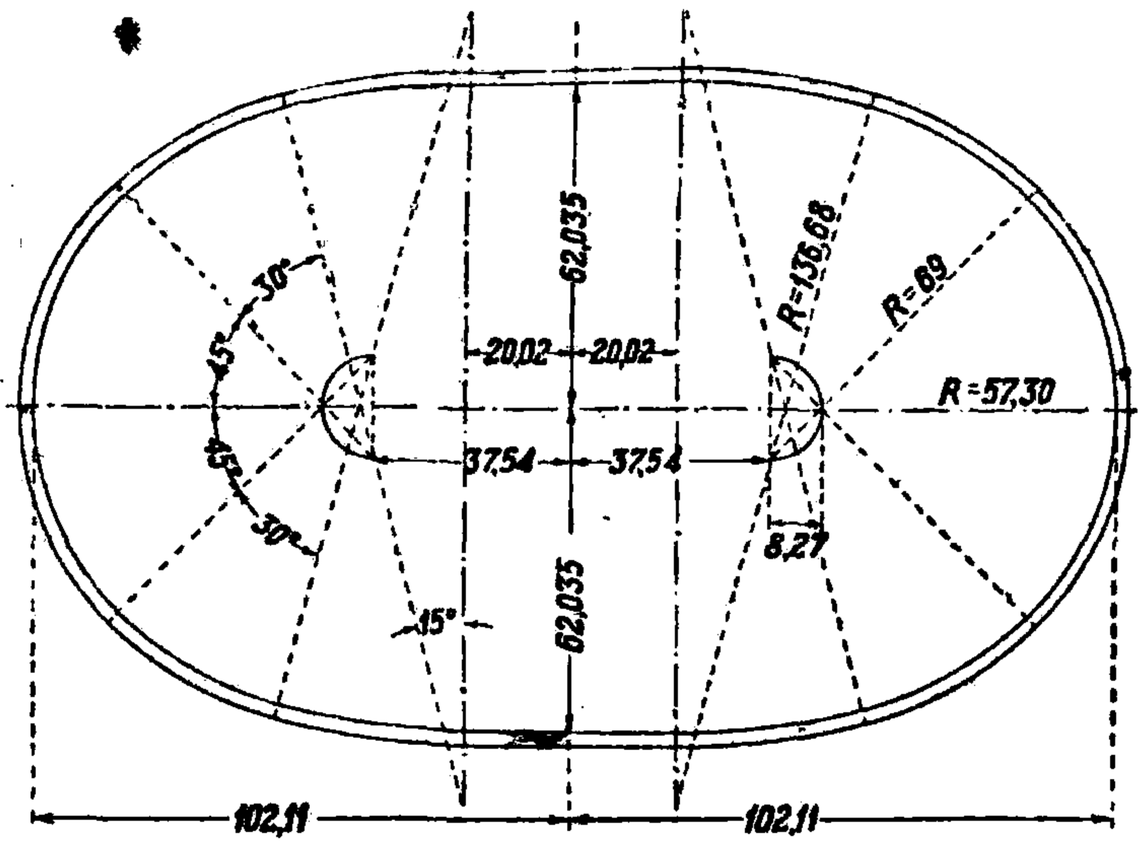
Фиг. 1.

выми: *DC*, *FE*, *GH* и *AB*. Общая длина Т. 666,66 *м*. Велотрек в Амстердаме (фиг. 3) составлен из двух сравнительно коротких прямых по 40,04 *м*, соединенных между собой двумя коробовыми пятицентровыми кривыми. Длина трека 500 *м*. Мото-велотрек в Ганновере (фиг. 4) имеет два прямых отрезка, сое-



Фиг. 2.

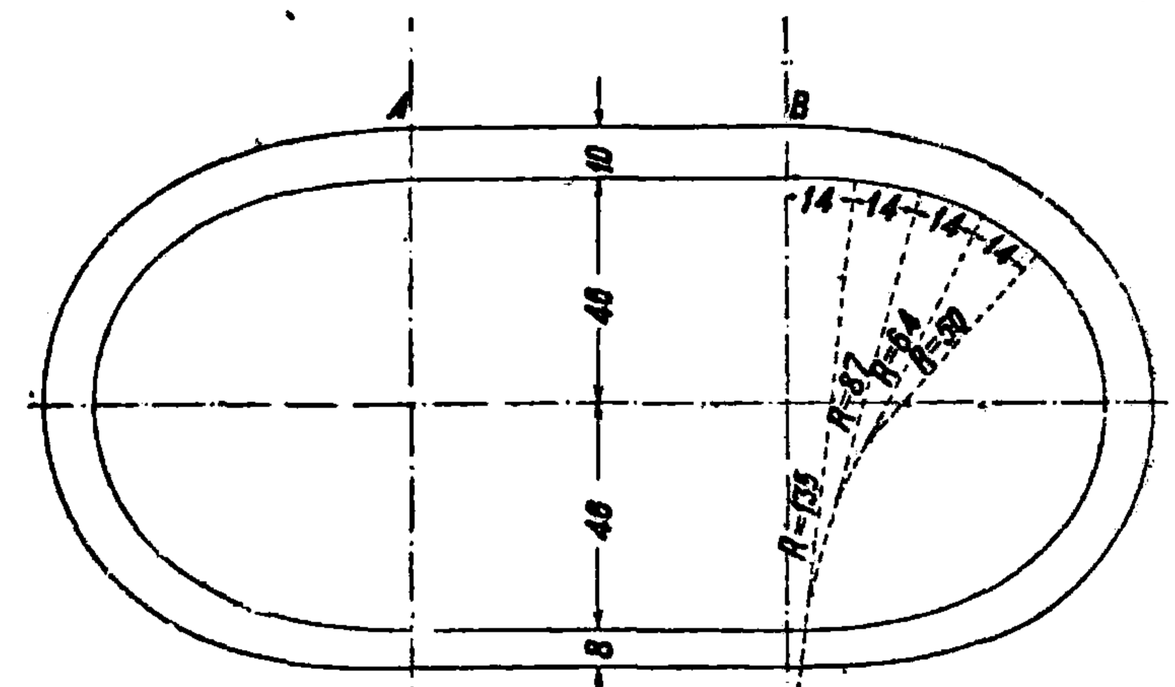
диненных между собой двумя коробовыми семицентровыми кривыми. Длина трека 666,67 *м*. Прямой участок *AB*, являющийся стартовой частью Т., уширен против общей ширины дорожки. Уширение стартовой части принято на многих Т., т. к. это обстоятельство создает возможность увеличивать число гонщиков в заезде. Проект неосуществленного Т. в Гер-



Фиг. 3.

мании (фиг. 5) разнится от всех приведенных ранее Т. тем, что он не имеет прямых вставок, а состоит из двух коробовых девятицентровых кривых, сопряженных между собою.

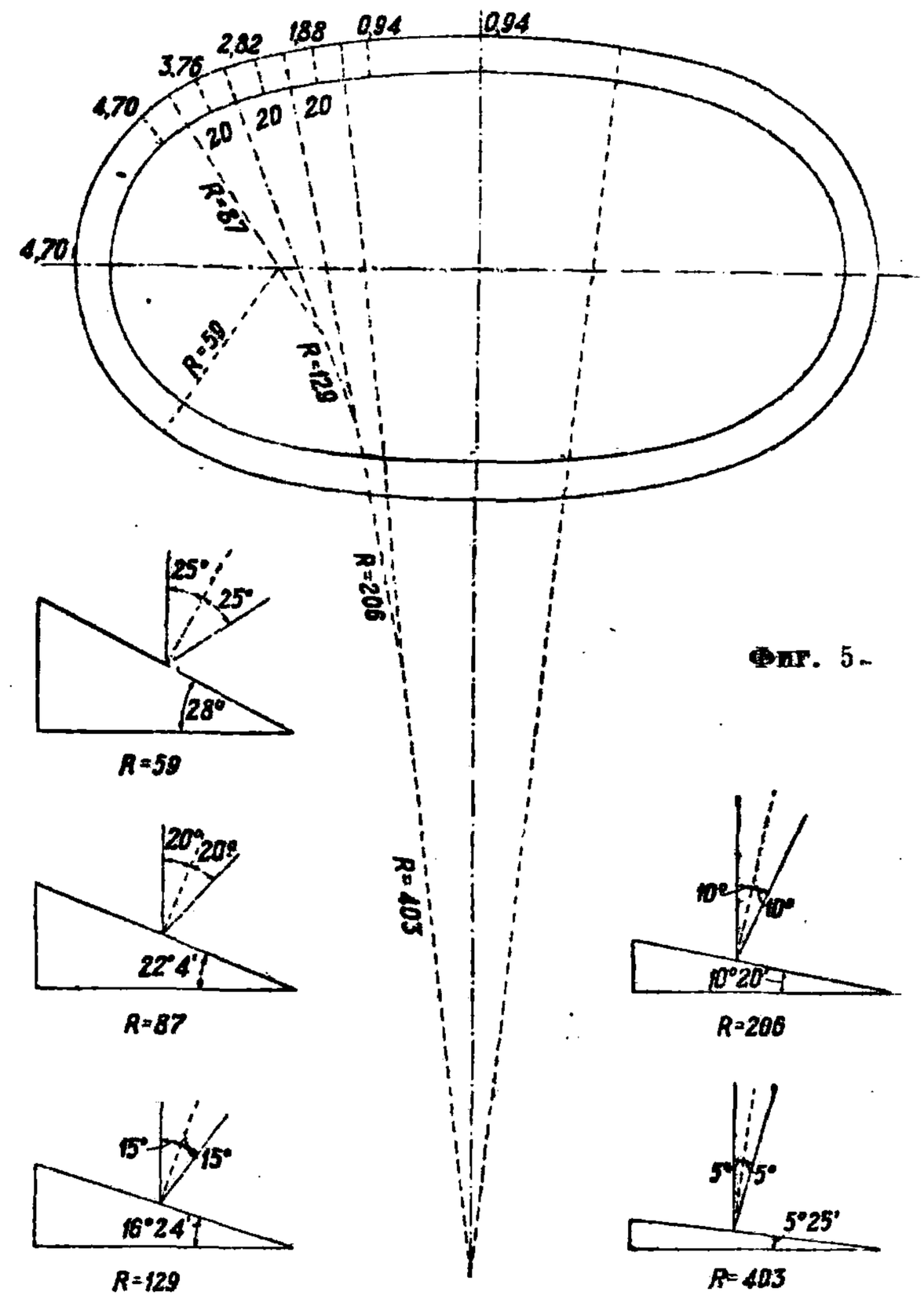
В большинстве случаев Т. являются неотъемлемой частью стадионов и располагаются в виде окаймляющей спортивное ядро дороги с направлением продольной оси Т. с севера на юг. Для гонщиков расположение Т. относительно стран света безразлично; для зрителей расположение трибун с зап. стороны дает нек-рое преимущество, т. к. обычно состязания устраиваются во второй половине дня, и солнце, находясь за спиной зрителя, не будет мешать обозреванию трека. Желательно устраивать треки в углубленном месте или же пользоваться естественными предохранениями от ветра в виде непосредственной близости леса, гор или других природных ограждений,



Фиг. 4.

обеспечивающих боковые или верховые обтекания ветров вокруг Т., т. к. сопротивление среды движению возрастает пропорционально квадрату относительной скорости. Кроме того для земляных и бетонных Т. приходится считаться с количеством земляных работ.

Длина Т. в первую очередь зависит от величины выбранного пространства, причем не-

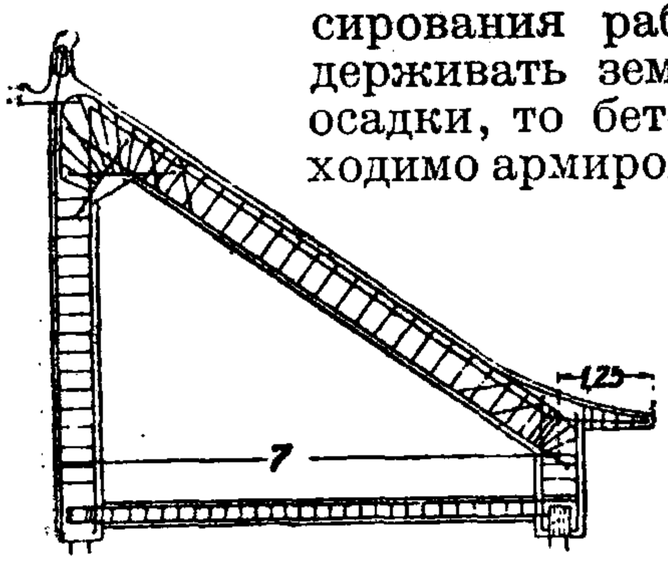


Фиг. 5.

обходимо считаться с местами для зрителей, видимостью спортивного ядра, если Т. проектируется в комбинации с футбольным полем и прочими спортивными пятнами. Длина

дорожки измеряется в некотором расстоянии от внутреннего края дорожки. Длину трека рекомендуется устанавливать так, чтобы несколько кругов, вместе взятых, давали длину, равную целому числу *км*. Для велогонок применяют 200, 250, $333^1/_3$ *м*. Для гонок с лидером и мотогонок 500, $666^2/_3$, 1 000 *м*. В Германии имеются Т. размерами 454,54 *м* (11 кругов, равные 5 *км*) и $416^2/_3$ *м* (12 кругов=5 *км*). По немецким данным на Т. длиною в 250 *м* возможны гонки с лидерами за моторами малой мощности. Ширина дороги зависит от длины трека, от количества гонщиков, одновременно участвующих в заезде. Общепринятая ширина в горизонтальной проекции назначается в зависимости от вида гонок на Т.: для велотрека 4—6 *м*, для велогонок с лидером 6—7 *м*, для мототрека 9—10 *м*. На треках шириной в 10 *м* возможны состязания малых автомобилей. Кроме линии измерения на Т. должна быть обозначена обгонная линия. Обыкновенно дорожку Т. делают на старте немного шире или же к ней прибавляют особую стартовую полосу.

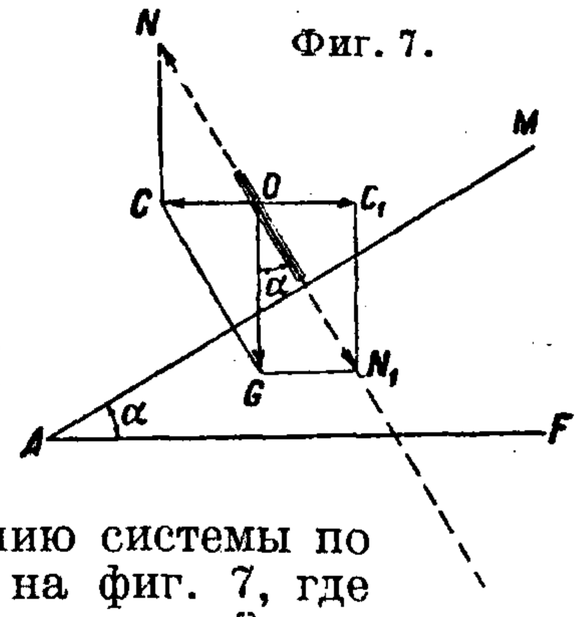
Выбор конструкции трека зависит от назначения Т., имеющихся средств и от местных условий. В случае сооружения Т. путем возведения земляных насыпей необходимо принимать все меры к осаживанию насыпи путем ее обильной поливки, прослойки половняком, тщательной укатки и пр. После возведения насыпи указанным способом по соответствующим профилям необходимо выдержать ее некоторое время, не покрывая бетонной одеждой. За этот период времени должны производиться тщательные периодич. контрольные нивелировки профилей треков, и только после того, как будет обнаружено, что насыпь не имеет дальнейшей осадки, приступают к нанесению бетонного слоя. Если по соображениям форсирования работ невозможно выдерживать земляное полотно для осадки, то бетонную одежду необходимо армировать. Виражи являются наиболее ответственной частью Т., и если возможно ожидать осадки насыпных виражей, то в таких случаях необходимо перейти к железобетонным или деревянным конструкциям.



Фиг. 6.

На фиг. 6 показана конструкция железобетонных виражей трека, сооруженного в 1928 г. в Амстердаме. Поверхность железобетонной плиты на виражах должна быть выполнена особо тщательно в местах перехода с одного профиля виража к другому. Поверхность Т. не д. б. скользкой; для этой цели железобетонную плиту за границей обрабатывают рифленными вальцами. Все усилия д. б. направлены к повышению трения на виражах между поверхностью Т. и колесами движущейся системы. Надлежащее внимание д. б. уделено $t°$-ным швам. Для уменьшения расхождения щели $t°$-ного шва до минимума на последних конструкциях виражей в германском стадионе допущено максимальное расстояние между швами 12 *м*. Уменьшение расхождения щели шва позволяет заполнять его в таких случаях вместо гудрона плитчатой пробкой, чем избегается нежелательный выход гудрона из щелей швов при повышенных $t°$ на Т., могущий понизить коэф. трения. В остальном железобетонные конструкции должны удовлетворять общепринятым технич. условиям. Кроме железобетонных Т. имеются Т. с деревянными проезжими частями. В качестве опор служат деревянные или железные рамы. Настил устраивают из досок на ребро, к-рые прибивают гвоздями по направлению движения к нижележащей опалубке. В целях большей долговечности Т. рекомендуется употреблять в дело пропитанное дерево. Деревянный Т. дешевле железобетонного; на нем легче устраняются дефекты проезжей поверхности, к-рые обнаруживаются при больших скоростях движения, и заменяются отдельные сносившиеся части Т. В случае сооружения Т. в комбинации со спортивным ядром, т. е. когда Т. находится в непосредственной близости от дорожки для бега, при нагревании бетонной проезжей части Т. солнечными лучами получаются вредные для состязающихся горячие воздушные течения, значительно меньшие при деревянной проезжей части. К недостаткам деревянного Т. можно отнести небольшой срок службы сооружения. Всякий Т. с внешней стороны д. б. огражден прочным барьером высотою 0,9—1,0 *м*.

Движение системы по Т. сводится к движению по прямой линии и к движению по кривой линии. Кроме движущей силы и силы сопротивления движению на движущуюся систему, как только она вписывается в кривую, начинают действовать центростремительная и центробежная силы. Взаимодействие сил в плоскости, перпендикулярной движению системы по кривой, представлено на фиг. 7, где



Фиг. 7.

G—собственный вес движущейся системы, C—центростремительная сила, C_1—центробежная сила, N—сила сопротивления пути и N_1—сила давления на путь. Из фиг. 7 видно, что центростремительная сила C получается в результате сложения двух сил G и N, а центробежная сила есть составляющая силы давления на путь. Центростремительная сила направлена к центру кривизны кривой, по которой совершается движение. Величина центробежной силы в *кг* определяется ф-лой,

$$C_1 = \frac{v^2 m}{\varrho}, \qquad (1)$$

где v—скорость, с к-рой система движется по кривой, m—масса и ϱ—радиус кривизны в *м*, или ф-лой

$$C_1 = \frac{v^2 G}{\varrho g}, \qquad (2)$$

где G—вес системы в *кг*, g—ускорение силы тяжести, равное 9,81 *м/сек²*. По мере увеличения центробежной силы для данной системы сила N начинает отклоняться от вертикального положения на угол α, увеличивающийся вместе с центробежной силой. Для сохранения одинаковости условий движения по кривой с условиями движения на прямой необходимо плоскость пути в кривой части Т. конструировать так, чтобы она была перпендикулярна к силе давления на путь в заданных условиях движения. По фиг. 7

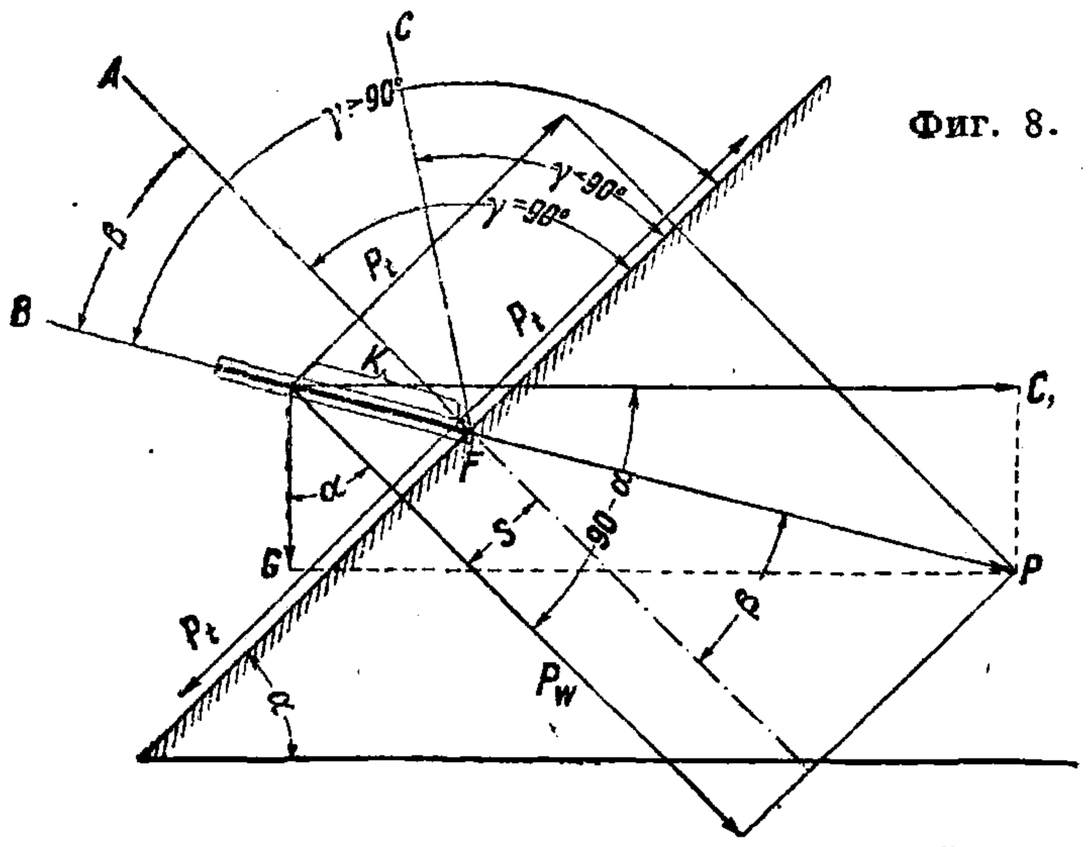
$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{OC}{OG} = \frac{v^2 G}{\varrho g} : G = \frac{v^2}{\varrho g}; \qquad (3)$$

а т. к. угол отклонения равнодействующей от вертикали равен углу MAF, то ур-ие (3) дает также величину tg угла наклона плоскости пути к горизонтали. Этот угол увеличивается со скоростью и тем меньше, чем больше радиус виража. Давление на поверхность пути

$$N_1 = \sqrt{C_1^2 + G^2} = G\sqrt{1 + \frac{v^4}{\varrho^2 g^2}}. \qquad (4)$$

При постоянном собственном весе движущейся системы давление системы на Т. увеличивается с уменьшением радиуса виража и т. к. с увеличением давления на Т. сокращается скорость движения системы, то можно заключить, что на более длинных Т. с соответствующими бо́льшими радиусами виражей м. б. достигнуты бо́льшие скорости, чем на Т. меньших размеров. С увеличением скорости движения системы увеличивается давление на плиту виража Т.

Если при данном радиусе виража и заданной скорости определен угол наклона α плоскости виража к горизонту, то при изменившейся скорости угол наклона γ равнодействующей системы к плоскости виража не будет равен 90°, причем при скоростях, бо́льших, чем заданные, $\gamma > 90°$, а при меньших $\gamma < 90°$. Переход системы из положения A в положение B или C (фиг. 8) влечет за собой возникно-

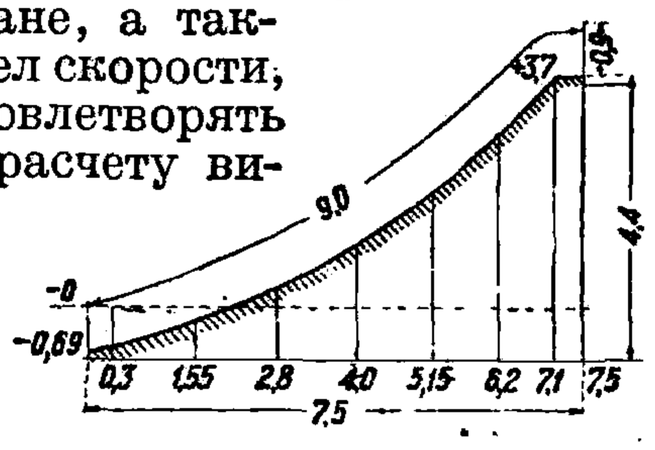


Фиг. 8.

вение новых дополнительных сил, действующих на систему в плоскости, перпендикулярной к движению. Допустим, что система перешла в положение B. Направление равнодействующей P определится сложением двух сил: G—собственного веса системы и C_1—центробежной силы. Разложив равнодействующую на силу P_w, нормальную к плоскости виража, и силу P_t, параллельную плоскости виража, и перенеся силу P_t из ц. т. системы в точку касания системы с плоскостью виража, будем иметь действующие на систему силы: пару сил, дающую момент $P_t \cdot k \cdot \cos\beta$, где k — расстояние ц. т. системы до точки пересечения направления силы P с плоскостью виража, силу P_w, дающую момент $P_w s$, уравновешивающий момент от пары сил, и силу P_t, приложенную в точке соприкосновения системы с плоскостью виража. Для того чтобы сила P_t не вызывала поперечного скольжения системы по виражу, необходимо, чтобы все время имело место неравенство

$$P_t < \mu \cdot P_w,$$

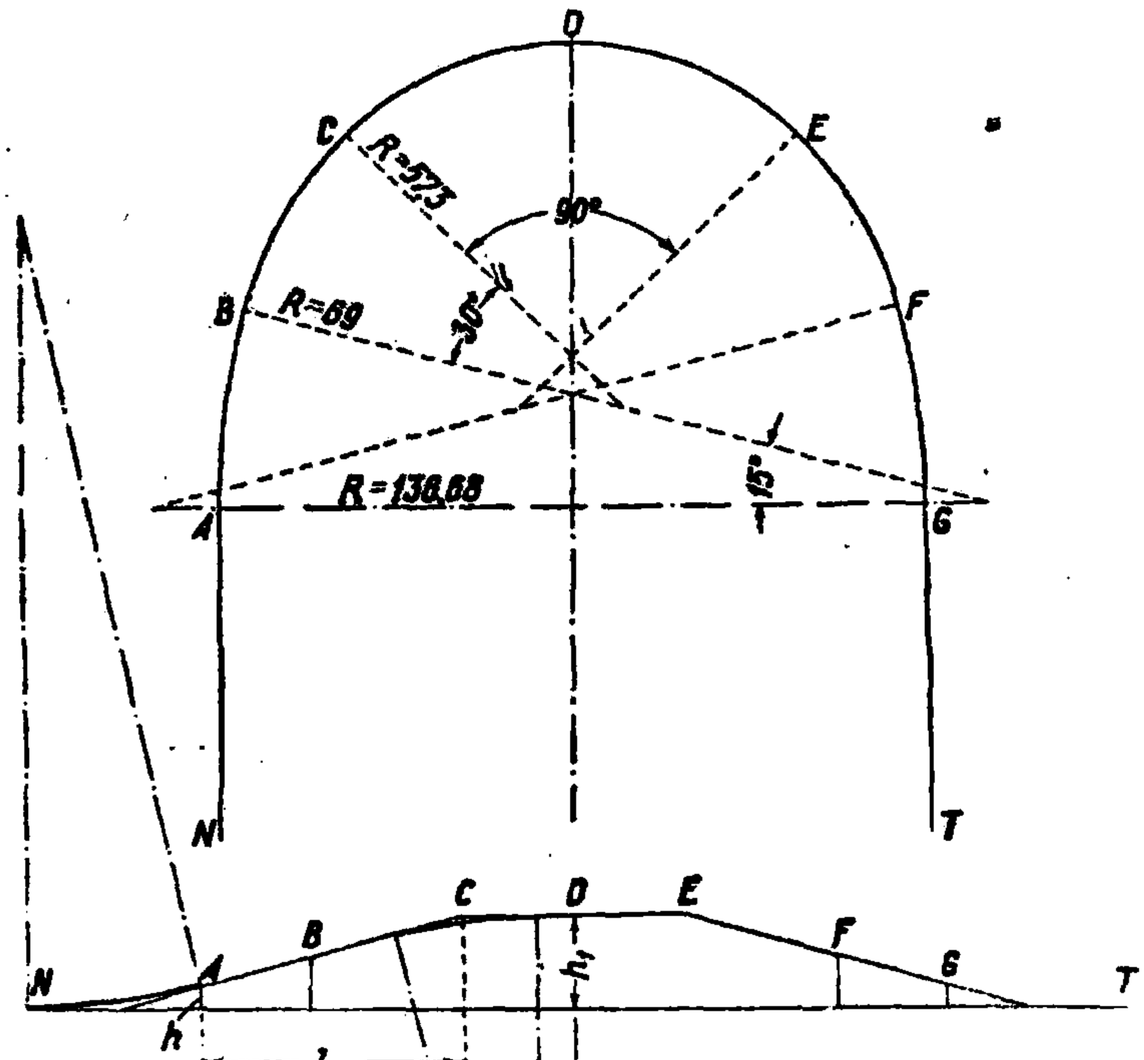
где μ—коэф. трения соответствующих материалов (например резины по бетону). При расчете Т. на большие скорости необходимо проверять величину силы P_t при допускаемых отклонениях равнодействующей от нормали к поверхности виража. В заграничной практике (Германия и Франция) угол отклонения β допускается до 30°. В СССР при расчете стадиона «Динамо» в Москве максимум отклонения принят 20°, имея в виду понижение коэфициента трения резины о бетон при дождливой погоде. После того как окончательно фиксирован план трека т. е. определены все его элементы в плане, а также установлен предел скорости, к оторой должен удовлетворять Т., приступают к расчету виражей. Всю ширину виража делят на несколько дорожек шириной 1,0—1,5 *м* и для каждой дорожки назначают соответственно пределы допускаемых скоростей. На фиг. 9 показан профиль виража, разделенного на шесть полос; ширина каждой полосы по поверхности виража составляет 1,5 *м*. При расчете очертания профиля виража стадиона «Динамо» в Москве основная кривая поперечного профиля трека была разбита на 11 частей, причем ширина каждой полосы равнялась 1 *м*. Каждый участок основной кривой был соответственно рассчитан для скоростей: 150, 140, 130, 120, 110, 100, 90, 80, 70, 60 и одиннадцатый 0÷50 *км/ч*, причем ширина последнего участка равнялась 2 *м*. Для каждого радиуса виража и для каждой полосы профиля соответственно определяется угол наклона его к горизонту. Кроме того для каждой полосы определяются скорости максимум и минимум, находящиеся в зависимости от принятого угла β отклонения равнодействующей от нормали к плоскости виража. В результате расчета получаем профиль в виде ломаной линии, в к-рую вписывается кривая, дающая плавное изменение угла наклона по всему профилю.



Фиг. 9.

Если виражи Т. в плане представляют собою многоцентровые коробовые кривые, то профили виражей очевидно д. б. найдены для каждого радиуса отдельно. К моменту перехода от одного радиуса в плане к другому профиль виража должен соответствовать меньшему радиусу. Т. о., если радиусы постепенно изменяются в сторону их уменьшения (в плане), то вираж постепенно должен получать надлежащие подъемы от одного профиля к другому. Практически к разрешению этого вопроса подходят таким образом: 1) определяют отметки полос для профилей виража, соответствующих наименьшему и наибольшему радиусам; 2) определяют уклон $\frac{h_1 - h}{l}$, где h_1 и h—отметки соответственных линий полос и l—длина виража, измеренная по кривой; 3) участок виража с наименьшим радиусом сохраняют горизонтальным с тем, чтобы отделить уклон от подъема (фиг. 10); 4) в местах пересечения уклона или подъема с горизонтальными элементами прямой и виража в вертикальной плоскости для плавности перехода должны вписываться круговые кривые возможно бо́льших радиусов. Полученные в связи с разгоном отметок профили сравниваются с профилями, соответствующими расчетам по радиусам виражей в плане. Расхождение может быть принято в пределах допускаемого угла β отклонения равнодействующей от нормали. В случае превыше-

ния соответственно изменяется план трека. Заданным максимальной и минимальной скоро-



Фиг. 10.

стям на полосе и выбранному предельному углу β отклонения равнодействующей от нормали должны соответствовать радиус и угол α наклона полосы к горизонту. Обозначим скорости, соответствующие предельным значениям угла β, через v_{max} и v_{min}. Тогда согласно ф-ле (3)

$$\varrho=\frac{v_{max}^2}{g\,\mathrm{tg}\,(\alpha+\beta)}=\frac{v_{min}^2}{g\,\mathrm{tg}\,(\alpha-\beta)},$$

откуда

$$m\,\mathrm{tg}\,(\alpha-\beta)=\mathrm{tg}\,(\alpha+\beta),$$

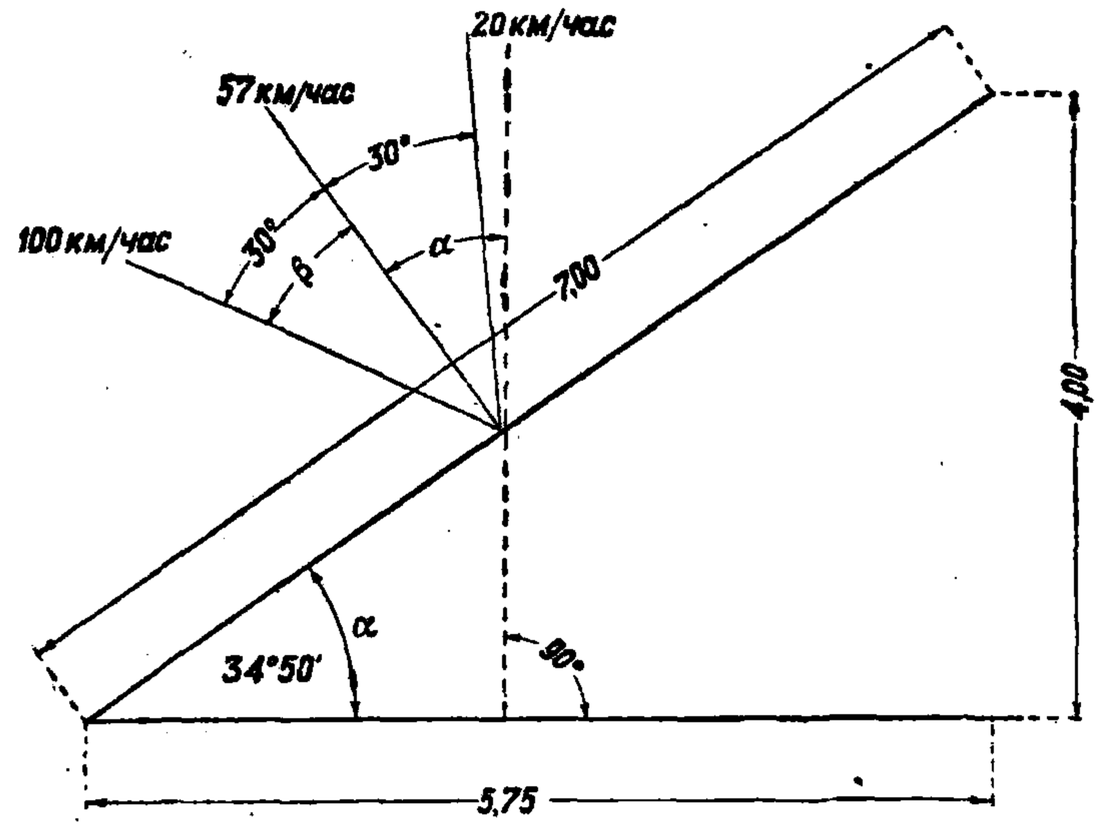
где

$$m=\frac{v_{max}^2}{v_{min}^2}.$$

Сделав преобразование, получаем квадратное уравнение

$$\mathrm{tg}^2\alpha-\frac{(m-1)\,(1+\mathrm{tg}^2\beta)}{(m+1)\,\mathrm{tg}\,\beta}+1=0; \qquad (5)$$

решая его, находим средний угол α наклона плоскости виража к горизонту. Если напр.



Фиг. 11.

$v_{max}=100$ км/ч и $v_{min}=20$ км/ч и $\beta=30°$ (фиг. 11), то получаем $\mathrm{tg}\,\alpha=34°\,50'$.

Проверка достаточности величины ϱ радиуса виража в плане при данной скорости и данном угле наклона плоскости виража к горизонту производится по ф-ле (3). Дальнейшее определение очертаний профилей виража в пределах переходной кривой аналогично с указанным ранее.

Кроме обычно принятых нагрузок при расчете прочности конструкций для виражей от подвижной нагрузки принимаются нижеследующие расчетные нормы:

$$N=\sqrt{G^2+C_1^2},$$

где N есть равнодействующая от центробежной силы C_1, определяемой по ф-ле $C_1=\frac{v^2G}{\varrho\cdot g}$, и собственного веса G системы. Для велотрека принимается вес гонщика 90 кг и вес велосипеда 10 кг, а всего 100 кг; динамич. коэф. по франц. данным принимается равным 1,67; следовательно $1{,}67\times100=167$ кг или округленно 170 кг. Для мототрека вес гонщика 90 кг и вес мотоцикла 210 кг, а всего 300 кг; при том же динамич. коэф-те получим $1{,}67\times300\cong500$ кг. В обоих случаях нагрузка концентрируется на одно заднее колесо. При расчете центробежной силы принимается только собственный вес без учета динамич. коэфициента 1,67. Взаимное расположение грузов принимается на расстоянии 0,75 м друг от друга. Для автотреков собственный вес системы выбирается в зависимости от предполагаемого движения автомашин по Т.

Лит.: Grosskopf W., Radrennbahnen Entwurf, Konstruktion u. Berechnung, «Deutsche Bauzeitung», 1930, *99*.

Н. Филиппов.

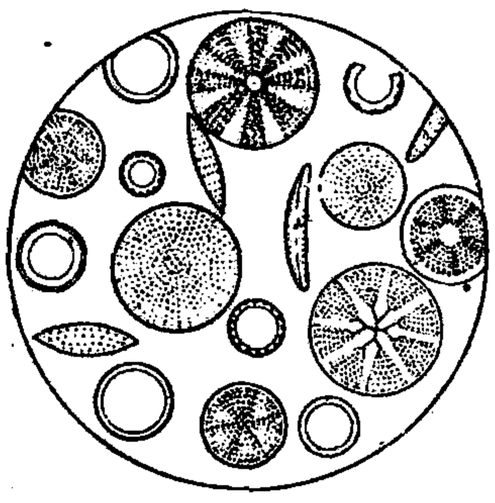
ТРЕНИЕ в машинах, см. дополнительный том.

ТРЕПАЛЬНЫЕ МАШИНЫ, см. *Льнопрядение, Прядение, Хлопкопрядение, Шерстопрядение* и *Шелкокручение.*

ТРЕПЕЛ, диатомит, ископаемые остатки кремнистых панцырей одноклеточных микроскопич. панцырных водорослей—диатомей, которые, откладываясь на дне древних озер и морей, образовали многочисленные залежи диатомовых земель. Кремнистые панцыри этих водорослей состоят из мельчайших зерен аморфного кремнезема-опала, составляющих основную массу диатомовых земель, часто неправильно называемых инфузорной землей. Так же до сих пор удержалось как синоним диатомитов и Т. и другое название—кизельгур. Но наиболее распространенным как торговый термин и научно обоснованный является в настоящее время название диатомит. Диатомеи—микроскопические одноклеточные водоросли — заключены в двустворчатую красивую ажурную оболочку, наподобие коробочки, представляющую кремнистый панцырь для живой клетки с размерами 1÷170 μ, в среднем ок. 25 μ. Всего насчитывается ок. 10 000 разновидностей диатомей. Нек-рые из них обитают в пресной, другие в морской воде, образуя на поверхности или близ поверхности воды обильные зеленоватые и коричневые налеты и тину. Умершие водоросли опускаются на дно, образуя мощные залежи. Одновременно с ними могут отлагаться кремневые иглы губок, раковины радиолярий, корненожек, известковые скелеты и раковины других организмов, а также илистая и глинистая муть; эти отложения, часто встречающиеся в виде примесей в диатомовых землях, образуют радиоляриевый ил. Отложения Т. в долгие геологические периоды уплотнялись, перемешивались с позднейшими

наносами, происходила метаморфизация основных панцырей иногда до совершенного разрушения их. Этим объясняется чрезвычайно разнообразный химический состав диатомовых земель и их структура.

Образование диатомитов идет непрерывно с миоценового периода до наших дней, причем виды диатомей одни и те же, они остаются без изменения на всем протяжении. Эволюция как-будто не коснулась этих мельчайших организмов. Степень пористости и объемный вес диатомитов изменяются в широких пределах в зависимости от количества сохранившихся целых панцырей и посторонних примесей. Чем чище диатомит, чем больше содержит целых, неразрушенных панцырей, тем он пористее, обладает меньшим объемным весом и большей абсорбирующей способностью и тем ценнее. На фигуре показаны нек-рые разновидности панцырей диатомей. Чистые диатомиты совершенно белого цвета, мягкие, легко раздавливаются пальцами. В поле зрения микроскопа видны вполне сохранившиеся панцыри диатомей, которых в 1 *см*³ насчитывают иногда до 30 млн.



Классификация диатомовых земель до сих пор ни у нас ни за границей не разработана, и нет общепринятой номенклатуры. Нередко один и тот же вид встречается под разными названиями, а также различные виды—под общим названием или диатомитов или трепелов. У нас приняты такие подразделения, начинающие входить во всеобщее употребление как наиболее правильные: мягкие разновидности с сохранившимися панцырями диатомей, наиболее чистые и легкие, относятся к д и а т о м и т а м; породы, в которых сохранившиеся панцыри встречаются в небольшом количестве или совсем не встречаются,—к т р е п е л а м, с подразделением на мягкие и твердые. Последние называются обыкновенно о п о к а м и В табл. 1 приведен состав нек-рых известных заграничных Т., а в табл. 2—Т. из месторождений СССР.

Нек-рые разновидности—твердые Т. и опоки—очень сходны с глинами, но совершенно различны по своим физич. свойствам, обусловливаемым природой кремнезема. Часто при одинаковом химич. составе получается материал различного объемного веса, а следовательно и с различными физическими свойствами. Даже в одном месторождении встречаются иногда разновидности, значительно отличающиеся по химич. составу и по объемному весу. Истинный уд. в. находится в зависимости, как и вообще физич. свойства Т., от количества примесей и изменяется от 2,1 до 2,2—в диатомитах и до 2,40—в опоках. Объемный вес колеблется в очень широких пределах от

Табл. 1.—Химический состав трепелов из заграничных месторождений (в %).

Месторождение	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	R_2O	*1	*2
Америк. Sil-o-Cel (Ломпок, США)	88,10	—	2,05	1,13	0,31	0,52	1,17	6,39	0,35
То же	86,92	—	4,27	—	1,60	следы	2,40	3,80	0,53
Алжирский	89,76	—	0,80	0,20	0,10	следы	—	9,11	—
Германские									
(Уитерлюсе, Ганновер)									
белый	89,17	0,12	1,89	0,35	следы	0,22	1,02	7,07	—
серый	81,25	0,15	1,82	1,31	0,18	0,20	1,37	13,69	—
зеленый	71,22	0,11	4,09	2,22	следы	следы	1,33	21,00	—
Альтеншлирф	90,80	0,50	0,97	2,68	следы	0,30	0,91	4,53	—
Французские									
Оксильяк, белый	91,61	0,10	1,53	2,22	0,18	0,202	следы	4,07	—
Овернь, зеленый	88,56	0,18	2,16	0,73	0,26	0,6	0,91	7,18	—

*1 Потери при прокаливании (в %). *2 Объемный вес, *кг/дм*³.

Табл. 2.—Химический состав трепелов из месторождений СССР (в %).

Месторождение	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	R_2O	Потери при прокаливании, %	Объемный вес, *кг/дм*³
Инзенский диатомит *1	82,89	0,29	5,80	2,22	0,60	1,02	—	1,97	5,50	0,76
То же *2	81,10	—	5,83	2,93	0,68	1,08	—	1,77	6,41	0,73
Дабужский (ср. проба)	75,69	—	9,40	4,13	1,71	0,77	—	—	4,02	—
Ульяновский	75,59	0,93	10,57	3,71	1,05	1,46	—	1,10	4,69	1,80
Сенгилеевский	81,10	0,38	5,45	2,93	0,68	1,08	—	—	6,91	—
Саратовская опока	97,16	0,08	0,20	0,12	1,00	0,40	—	—	1,32	1,82
Ульяновская »	81,97	—	4,83	3,15	1,41	1,00	—	2,39	2,21	1,80
Хотьковская »	78,43	0,77	10,18	4,67	1,05	0,78	0,10	—	3,76	1,30
Уральские										
Камышловский	75,66	—	8,11	4,78	2,08	1,66	нет	—	4,69	0,83
Ирбитский	78,15	—	6,23	5,19	0,68	0,07	0,04	—	6,45	0,87
Лялинский	82,17	—	3,69	3,67	0,11	1,09	—	—	4,73	0,60
»	79,00	—	8,17	4,17	0,12	0,45	—	—	6,62	0,76
Челябинский	69,50	—	13,84	5,37	6,71	0,58	—	—	8,51	—
Троицкий	88,77	—	3,15	2,03	1,19	0,35	—	—	1,60	1,16
Закавказские										
Кисатибский	94,11	0,06	1,13	0,23	0,85	0,17	—	—	2,93	0,45
Нурнусский	91,48*3	—	0,20	0,72	0,28	0,21	—	—	4,11	0,35

*1 С глубины 2 *м*. *2 С глубины 5 *м*. *3 Достигает 98,5%.

112 *кг/м³* для сухого непрессованного порошка диатомита до 1 300 *кг/м³* и выше в опоках, в зависимости от чего изменяются пористость и теплопроводность. Объемный вес для Т., являющийся основным качественным показателем, представляет собою в числовом выражении коэф., выражающий вес в *кг* 1 *дм³* Т. В табл. 3 приведена характеристика нек-рых трепелов СССР.

Табл. 3.—Характеристика трепелов.

Наименование Т.	Уд. в.	Об. вес, *кг/дм³*	Пористость, %	Влагоемкость по сухому весу, %
Кисатибский	2,037	0,417	78	—
Камышловский . .	2,182	0,829	62	—
Кутейниковский . .	2,40	0,81	65	82—90
Сокурский (опока)	2,32	1,82	22,5	—
Инзенский сырой	2,115	0,64	70	102,8
» обожжен.	2,355	0,85	64	74

Ниже приведены коэф-ты теплопроводности и объемные веса кирпича из Т.

Кирпич	Об. вес, *кг/дм³*	Коэф. теплопроводности
Из Дабужского Т.	0,99	0,22
» » »	1,09	0,27
» » »	1,15	0,27
» » »	1,22	0,29
» Инзенского »	0,85	0,11

В СССР во многих местах имеются залегания Т., особенно богаты ими РСФСР и ЗССР. Наиболее мощным и лучшим в РСФСР считается месторождение в Средне-Волжской области, занимающее огромную площадь в тр-ке Инза—Сызрань—Саратов; мощность залежи местами достигает до 55 *м*; такими же мощными являются Уральские, расположенные по восточному склону Урала и простирающиеся от Надеждинска до Троицка (иногда с выходами на поверхность), в общем мало изученные, за исключением отдельных точек; затем в ЦПО Дабужское и Жиздринское месторождения менее чистых Т. и опок и наконец открытое в 1928 г. месторождение опок близ ст. Хотьково Северных ж. д. (в 60 *км* от Москвы), простирающееся от ст. Клин Октябрьской ж. д. до станции Пекша Северных ж. д. В Закавказьи известны три месторождения высококачественных чистых диатомитов: Кисатиби в Грузии, Даг-Алагез и Пурпус в Армении. Особенно высоким качеством отличаются диатомиты Пурпусского месторождения, не уступающие америк. Ломпокским, считающимся лучшими в мире. Все эти месторождения обследованы лишь на небольших участках и очень мало изучены. Изучение наших богатейших залежей диатомовых земель, начатое несколько лет назад, усиленно ведется в настоящее время нашими научно-исслед. ин-тами. Современное значение диатомовых земель обусловливается широким применением их в порошкообразном виде для фильтров в химич. пром-сти как высококачественного абсорбента в виде добавок к бетону и строительным растворам, для изоляции тепло-паросиловых установок и печей (как в виде порошка, так и изоляционного пористого кирпича), а также в качестве легкого строительного кирпича. Благодаря большой пористости, малому объемному весу и малой теплопроводности в СССР особенное значение приобретают диатомиты как термоизоляционный материал и для производства строительного легковесного кирпича.

Первое место как по добыче, так и по разнородности применения диатомитов в настоящее время занимают США, экспортирующие во все части света свои диатомиты и разнообразные продукты из них.

Состояние мировой добычи за период с 1922 г. по 1926 г. диатомитов в главнейших странах (данные Великобританского Минерал. Бюро) видны из табл. 4.

Табл. 4.—Мировая добыча диатомовых земель (в *т*).

Страны	1922	1923	1924	1925	1926
Алжир	2 480	10 000	9 092	8 313	7 931
Австралия . . .	489	523	573	712	926
Франция	4 620	4 550	2 300	1 500	2 982
Германия, экспорт	5 207	4 096	4 326	4 555	5 919
Сев. Ирландия	1 909	1 680	2 180	3 313	2 975
Италия	175	420	420	420	1 200
Япония	4 690	5 319	5 040	4 727	—
Швеция	322	696	608	819	—
США	40 606	59 742	57 300	66 251	79 039

Добыча Т. в СССР в 1931 г. составляла ~ 400 000 *т*, а в 1932 г. ~ 800 000 *т*: Т. шел гл. обр. на производство строительного кирпича, в незначительном количестве—для изоляционного кирпича; молотый Т.—в качестве добавок к строительным растворам и для производства шлакобетонных камней и термоизоляции. Добыча Т. в СССР развивается исключительно быстрыми темпами, и благодаря многочисленным и мощным залежам Т. обеспечено дальнейшее расширение его применения и экспорта.

Лит.: Юдинсон П., Рациональные строительные материалы, Л., 1930; Шателье А., Кремнеземы и силикаты, Л., 1929; Павлов А., Морское дно, М., 1922; Логунов Г., Легковесный кирпич, «Строит. материалы», 1930, *9—10*; Рожкова Е., К методике исследования нек-рых физич. свойств диатомовых земель, трепелов и опок, М., 1929; Кошурников М., К вопросу о технологии трепельного кирпича, «Труды ВИСМ», 1931, *1*; Calvert R., «Diatomaceous Earth», 1930, *4*.

М. Кошурников.

ТРЕСТЫ, синдикаты, концерны. Одной из наиболее характерных особенностей капитализма является сосредоточение производства на более крупных предприятиях. Концентрация производства при неослабевающей конкуренции вызывает попытки смягчить конкуренцию путем соглашения между крупными предприятиями. «Конкуренция на известной ступени своего развития сама собой подводит, можно сказать, вплотную к монополии... Это превращение конкуренции в монополию представляет собой одно из важнейших явлений—если не важнейшее—в экономике новейшего капитализма» (Ленин, Империализм, как новейший этап капитализма).

Основными формами хозяйственного объединения крупнокапиталистич. предприятий, приводящими к монопольному господству на рынке, являются синдикаты, картели, тресты и концерны; помимо этих основных форм существует ряд переходных форм монополистич. объединения предприятий, к-рые в большей или меньшей степени подходят к одной из перечисленных основных форм. Цели, которые ставят перед собой монополистические объединения—повышение нормы прибыли для входящих в объединение предприятий, установление монопольного господства на рынке, повышение цен, устранение конкуренции,—достигаются путем общей концентрации и регулированием различных сторон деятельности предприятий: а) торговой, б) финансовой, в) производственного

процесса и централизацией управления. В зависимости от того, какая сторона деятельности предприятий подвергается регулированию, входящие в объединение предприятия пользуются большей или меньшей независимостью от объединения. Степень подчиненности предприятия объединению является одной из характерных особенностей монополистич. объединений различного типа. Такие объединения встречаются почти во всех отраслях народного х-ва—в с. х-ве, пром-сти, транспорте, торговле,—но наибольшего развития они достигли в пром-сти.

Синдикатские объединения являются первоначальной формой монополистических объединений. Синдикаты—это хозяйственное объединение самостоятельных, принадлежащих к одной и той же отрасли промышленности предприятий, ставящее себе целью монополистическое господство на рынке. Средством для осуществления этой цели являются соглашения, касающиеся коммерч. деятельности предприятий. Сюда относятся соглашения по вопросам сбыта готовых изделий и заготовки сырья и материалов, регулирования цен, районного распределения рынков сбыта и заготовки, контингентирования заготовок, сбыта или производства и т. п. Синдикаты—добровольные организации независимых предпринимателей, однако часто такая добровольность вступления в синдикаты является лишь видимой, так как фактически отдельные предприниматели часто вынуждены вступать в синдикат под давлением объединившихся конкурентов; существовал и ряд синдикатов, формально обязательных, как например синдикат сахарозаводчиков в России, калийный синдикат в Германии и др. Особенное развитие принудительные синдикаты получили в Германии во время войны 1914—1918 гг. Концентрация коммерческой деятельности в синдикатских объединениях происходит в форме простого соглашения между предпринимателями, к-рые по взаимному договору принимают на себя те или другие обязательства по согласованию действий, но самую коммерч. деятельность ведут самостоятельно; такие объединения не имеют единого для всех членов органа деятельности. Такого рода низшими формами синдикатских объединений являются конвенции, картели (в Германии), пулы (в Америке). Первоначальной формой их были корнеры, ринги, шванцы, к-рые преследовали временные, б. ч. спекулятивные, цели по скупке товаров и их сбыту. Высшей формой синдикатских объединений являются синдикаты в собственном смысле, когда предприятия организуют долговременное объединение, имеющее широкие задачи, охватывающие как чисто коммерч. сторону деятельности предприятий по сбыту и закупке, так подчас и регулирование финансовой стороны деятельности предприятий, и переходящее в производственную область путем установления определенных контингентов выработки, определения ассортимента, наложения на своих членов обязательств по количеству рабочих или по применению определенных машин либо общей или частичной приостановке предприятия. Такие синдикаты располагают специальными органами, к-рые принимают на себя выполнение определенных коммерч. действий. Можно установить три типа таких синдикатов: 1) синдикаты, при к-рых предприятия сохраняют полную свободу производственной деятельности, в части сбытовой—частично сохраняется самостоятельная сбытовая деятельность и частично сбыт производится централизованным, через синдикат, порядком; 2) синдикаты, весь сбыт к-рых централизуется, и 3) синдикаты, централизующие сбыт и в то же время частично регулирующие производственную деятельность и иногда приобретающие права централизованного снабжения. Высшие формы синдикатов переходят уже в т. н. производственные синдикаты (Produktionskartelle), устанавливающие для участников квоты сбыта и производства, обязывающие вносить в общую кассу излишки прибылей, получаемые при превышении минимальных квот, организующие подсобные предприятия, необходимые для всех участников синдиката. Принято считать, что для успешной деятельности синдикат должен охватить до 70—75% всей продукции данной отрасли, поэтому синдикаты всяческими способами борются с «аутсайдерами», т. е. с предприятиями, не вошедшими в объединение; внутри самих синдикатов также часто происходит жестокая борьба между отдельными членами, в особенности за квоты. Менее сильные члены синдиката часто вынуждаются продавать свои квоты более сильным своим конкурентам внутри синдиката. Влияние синдикатов на поднятие цен на продукты видно из следующих данных, разработанных Германским конъюнктурным ин-том. Если принять цены 1925 г. за 100, то динамика цен, «свободных» и «регулируемых» на герм. рынке, выразится в следующих % от цен 1925 г.

Годы	Месяцы	«Свободные» цены	«Регулируемые» цены
1926	Январь	91,8	98,8
	Июль	85,7	97,5
1927	Январь	85,7	97,5
	Июль	91,3	92,7
1928	Январь	93,5	97,7
	Июль	93,8	99,7
	Октябрь	90,5	100,0

Влияние монополистич. объединений на цены в период кризисов показывают следующие данные о движении цен в Германии (в % от цен 1926 г., принятых за 100) и Австрии (в % от цен 1926 г., принятых за 100).

Годы	Месяцы	Монополизир. цены	Немонополизир. цены
	Германия		
1929	(высшая точка)	105,3	101,9
1932	Январь	84,3	51,2
	Февраль	84,1	50,5
	Март	84,0	49,7
1933	Январь	83,5	45,7
	Февраль	83,5	45,4
	Австрия		
1929		102	91
1930		99	79
1931		91	69
1932		93	66

Деятельность синдикатов не ограничивается границами отдельных государств, синдикаты из национальных объединений превращаются в международные. Первый международный синдикат возник в 1883 году—синдикат по продаже стальных рельсов, объединивший Англию, Германию и Бельгию. Значение и развитие международных монополистич. объединений Ленин объясняет сл. обр.: «Монополистические союзы капиталистов, картели, синдикаты, тресты, делят между собой прежде всего внутренний рынок, захватывая производство данной страны в свое б. или м. полное обладание. Но внутренний рынок при капитализме неизбежно связан с внешними. Капитализм давно

создал всемирный рынок. И по мере того как рос вывоз капитала и расширялись всячески заграничные и колониальные связи и „сферы влияния“ крупнейших монополистических союзов, дело „естественно“ подходило к всемирному соглашению между ними, к образованию международных картелей. Это—новая ступень всемирной концентрации капитала и производства несравненно более высокая, чем предыдущие» (Ленин, Империализм как новейший этап капитализма). Международные картели достигли значительного развития перед войной, когда насчитывалось около 100 международных объединений. Первые годы после войны (1914—18) знаменуются значительным расстройством международных частнохозяйственных отношений. С середины 20-х годов вновь наступает период большого развития международных объединений; в 1930 году по данным Чиршского имелось не менее 200 международных монополистических объединений. Международные картели возникают в результате соглашения крупнейших монополистич. предприятий разных стран. Они устанавливают размеры производства, разделяют между участниками рынки сбыта, фиксируют продажные цены. Входящие в картели предприятия и объединения не лишаются известной самостоятельности. Крупнейшим современным международным монополистическим объединением является возникший в 1926 г. Европейский стальной картель, объединивший сталелитейную пром-сть Германии, Франции, Бельгии, Саарской области и Люксембурга, к к-рым позже присоединились Австрия, Венгрия и Чехо-Словакия. Сущность картеля в основном сводится к регулированию размеров продукции путем установления определенных производственных квот для каждого участника. Картель контролирует около $^1/_3$ мировой продукции стали.

Следующими видами монополистич. объединений являются концерны, имеющие значительные преимущества в сравнении с синдикатскими формами объединения. При концерне создаются общие финансовые интересы, а также общая финансовая и торгово-производственная политика. При концернах создается из объединяющихся предприятий новая самостоятельная хозяйственная единица, однако объединенные фирмы не ликвидируются. Основным отличием концернов от синдикатов является то, что концерны не ограничиваются только коммерческой деятельностью объединяемых предприятий, а захватывают в орбиту своего влияния и финансовую деятельность предприятий и их производственную работу. Приобретая регулирование финансов объединяемых предприятий, концерны тем самым приобретают власть и над торговой и над производственной их деятельностью. Второй особенностью концернов в сравнении с синдикатами является то, что концерны объединяют предприятия различных отраслей пром-сти. Именно концерны дали возможность широко развиться процессу вертикального комбинирования крупнейших предприятий. Синдикаты объединяют предприятия на принципе равенства, концерны имеют в центре одно господствующее предприятие, к-рое объединяет вокруг себя много родственных и подсобных отраслей. В то время как синдикаты получают сверхприбыль путем поднятия цен, концерны помимо того достигают этой цели путем рационального комбинирования производства. Концерны часто организуются в виде системы взаимозависящих обществ (материнские, дочерние, внучатые предприятия). Наибольшего развития концерны достигли в Германии. Ярким примером концерна является Всеобщая компания электричества (AEG), обладающая капиталом в 1,5 млрд. марок, к-рая контролирует деятельность предприятий с капиталом в 14,8 млрд. марок. В состав концерна входят: 38 банковых и торговых предприятий, 23 каменноугольных, 43 буроугольных, 171 железных и прочих рудников, 168 горнозаводских и прокатных предприятий, 41 электротехническое, 72 химических, 38 стекло-фарфоровых, 185 электро- и газопромышленных, 112 транспортных и пр. Концерны развились из обществ «Общность интересов» (Interessengemeinschaften). Под такими обществами понимаются договорные объединения предприятий, к-рые договариваются о включении прибылей в общий фонд и о распределении его между участниками договора по определенному принципу. Такие договоры часто сопровождаются дополнительными соглашениями, преследующими цели известного единства хозяйственной деятельности. Объединения «Общность интересов» могут охватывать как предприятия одной отрасли пром-сти, приближаясь в таком случае к картелям, так и различных областей, подходя в этом случае к концернам.

Наиболее совершенной формой монополистич. объединения являются Т. Они образовались в США после того, как там законом 1882 г. была запрещена организация синдикатов. В обход закона нефтяной синдикат принял новую форму объединения, при которой собственники предприятий передавали все свое имущество акционерным компаниям, получая взамен определенное количество акций соответственно оценке переданного имущества. Акции передаются группе лиц, уполномоченных Т., взамен чего владельцы предприятий получают сертификаты. При этой форме предприятия не теряют своей юридической самостоятельности. Т. передается только ведение дела и распределение прибылей. На этой основе был организован ряд трестов, многие из которых заняли монопольное или почти монопольное положение на рынке. В 1890 году по закону Шермана образование трестов было запрещено, и для дальнейшей концентрации промышленности для достижения монополистических целей наметились два пути. Во-первых, реорганизация трестов пошла по пути слияния комбинирующихся предприятий в одно новое общество. В этом случае объединившиеся предприятия совершенно утрачивают свою самостоятельность. Не только право управления, но и право собственности переходит к вновь образовавшемуся новому обществу. Эта форма является в настоящее время наиболее распространенной формой организации Т. При этой форме происходит полная фузия, слияние, предприятий. Вторая форма, к-рая сначала получила большое распространение, т. н. Holding Company,—общества держателей ценных бумаг, контрольные общества. Такие общества, приобретая большинство акций данного предприятия, фактически получают возможность полного контроля над ним, хотя формально предприятие и не теряет своей самостоятельности. По своему экономич. значению фузии мало отличаются от контролирующих обществ. Фузия по сравнению с контролирующими обществами имеет нек-рые преимущества, гл. обр. по линии упрощения и усовершенство-

вания аппарата управления Т. Т. отличаются от концернов тем, что совершенно лишают всякой самостоятельности входящие в Т. предприятия. Концерны базируются гл. обр. на объединении коммерческо-финансовой стороны деятельности предприятий, Т. имеют целью преимущественно полное слияние коммерческо-производственных функций. Т. в сравнении с другими видами капиталистич. объединений имеют большие преимущества, т. к. получают все выгоды, связанные с укрупнением и комбинированием производства. Благодаря слиянию создаются возможности применения более усовершенствованного технич. оборудования, большего разделения труда и специализации между предприятиями. Т. в коммерч. отношении создавали полную концентрацию, совершенно уничтожающую конкуренцию между слившимися предприятиями. Объединение финансовой стороны предприятий создает бо́льшую финансовую устойчивость и следовательно меньшую зависимость Т. от банков. Все это приводит к возможности уменьшить издержки производства и дать участникам более высокую прибыль. Все эти преимущества вызывают значительный рост трестирования, что видно на примере США и иллюстрируется данными следующей таблицы.

Трестирование в обрабатывающей и горнозаводской промышленности США.

Типы изменений фирм	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	Всего
Число слияний, о к-рых имеются сведения . . .	89	173	89	67	67	95	121	139	207	221	1 268
Число слившихся фирм	292	471	373	220	218	263	333	597	678	687	4 135
Число фирм, приобретенных другими	235	459	203	156	160	200	342	398	399	572	3 124
Число ликвидированных фирм	438	760	487	309	311	368	554	856	876	1 038	5 997

Т. и синдикаты СССР. На совершенно отличных от капиталистич. мира принципах построены Т. и синдикаты СССР. В наших условиях строительства социализма организация в 1921 г. Т. означала лишь введение определенной формы управления пром-стью. Вместе с уничтожением главков при переходе к новой экономич. политике нужно было создать наиболее гибкие формы управления пром-стью, приблизив органы управления к предприятиям и освободив их от чрезмерного централизма управления. Такими формами управления являются Т. Т. объединяли несколько б. ч. однородных предприятий, к-рым придавались и подсобные предприятия из других отраслей пром-сти. Имущество предприятий передавалось Т. не в собственность, а лишь в управление, и члены правления Т. были служащими государства, к-рому и принадлежала полностью власть и над имуществом Т. Самая цель, к-рую ставили себе Т., диаметрально противоположна тем целям, к-рые ставились перед капиталистич. Т. Т. должны были снизить издержки производства и тем способствовать не поднятию, а понижению цен на товары. Т. ведут свою деятельность на основе плана, утвержденного для них хозяйственным наркоматом. Выработанная продукция принадлежит не Т., а государству и поэтому м. б. распределена по определенному, установленному соответствующей организацией плану. Наше законодательство различает Т. общесоюзные, республиканские и местные в зависимости от подчинения их союзным или республиканским наркоматам или местным исполкомам. Тресты представляют основную форму организации нашей промышленности (см. *Социалистическая промышленность*).

Вскоре после организации в СССР Т. выяснилась необходимость рационализировать торговлю Т. путем создания специальных сбытовых и снабженческих органов. Такими органами являлись наши синдикаты и «торги». В начале нэпа государственная пром-сть имела разрушенный в период военного коммунизма торговый аппарат. Для его восстановления, для организации товаропроводящей сети были созданы синдикаты, явившиеся в сущности формой взаимопомощи Т. Вначале с этой целью, для внесения порядка и организованности в сбыт продукции и снабжение сырьем, Т. образовали организации, не имеющие постоянного своего операционного органа; такими организациями были Советы съездов различных отраслей пром-сти, конвенции и др. Постепенно такие организации картельного типа превратились в синдикаты, имевшие свой сбытовой и снабженческий аппарат. Эти синдикаты имели совершенно не те цели, к-рые стоят перед синдикатами капиталистическими. Не повышение цен было их основной задачей, а организация снабжения и сбыта продукции Т. Синдикаты в конце-концов превратились в органы, в значительной степени имеющие в основном планирующие функции. Синдикаты были добровольными организациями промышленности, в к-рые отдельные Т. входили по специальным договорам. Однако наряду с добровольными были также и принудительные синдикаты, как напр. нефтяной. Синдикаты впоследствии слились с Главными управлениями по отраслям и фактически как торгующие организации прекратили свое существование.

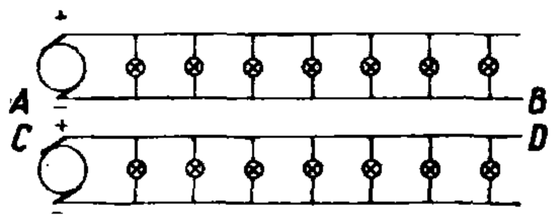
Лит.: Ленин, Империализм, как последний этап капитализма, Империализм и всеобщий кризис капитализма, Москва, 1933; Лев и Г., Основы экономического могущества США, М., 1923; Лифман Р., Картели и тресты, М., 1925; Парфаньяк П., Картели, концерны и тресты, М.—П., 1923; Герцбах М., Международные монополии, М., 1930; Синдикаты СССР, сборник, М.—Л., 1927; Гольдштейн И., Синдикаты и тресты, М., 1912.

Н. Рабинович.

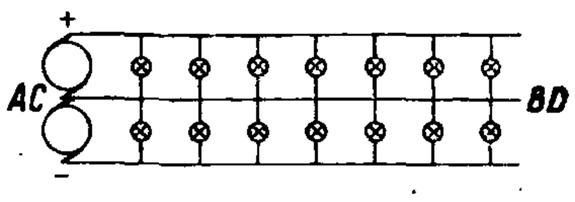
ТРЕХПРОВОДНЫЕ СИСТЕМЫ, употребительные в технике сильных токов системы для канализации электрич. энергии (см. *Сети электрические* и *Распределение электрической энергии*); применяются при постоянном и переменном токах, в последнем случае почти исключительно в виде трехфазных систем (см. *Трехфазные токи* и *Системы переменного тока*); трехпроводные однофазные системы менее рациональны и потому (за исключением США, где они иногда встречаются) практич. распространения не получили. Обычно под Т. с. понимают Т. с. постоянного тока; таковыми занимается и настоящий очерк, за исключением тех мест, где это особо оговорено.

Принципиальная схема Т. с. и основные свойства. Т. с. можно представлять себе полученной путем соединения двух двухпроводных систем, обращенных одна к другой разноименными полюсами (фиг. 1), причем обратный провод одной из этих систем и прямой провод второй системы как бы объ-

единены в один общий—средний (нулевой, нейтральный) провод (фиг. 2). В полученной т. о. Т. с. напряжение между крайними (внешними) проводами вдвое превышает напряжение между одним из крайних и средним, т. е. оно в два раза больше по сравнению с двухпроводной системой. Появление Т. с. было вызвано стремлением, в целях увеличения радиуса района экономичного снабжения, уменьшить расход

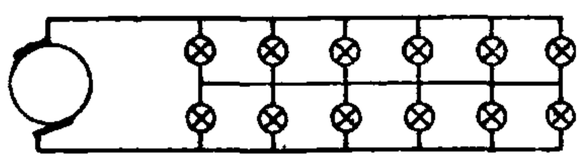


Фиг. 1.

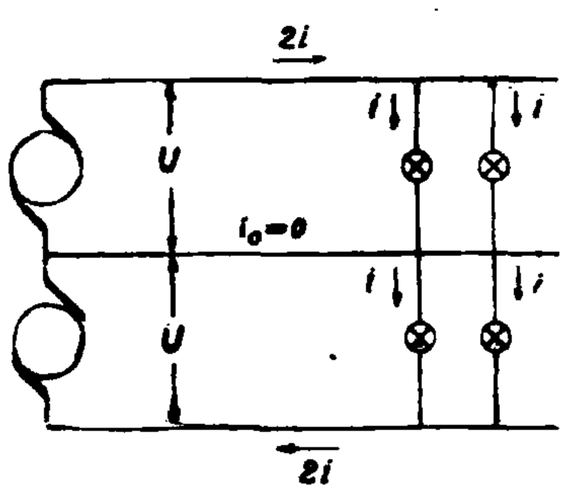


Фиг. 2.

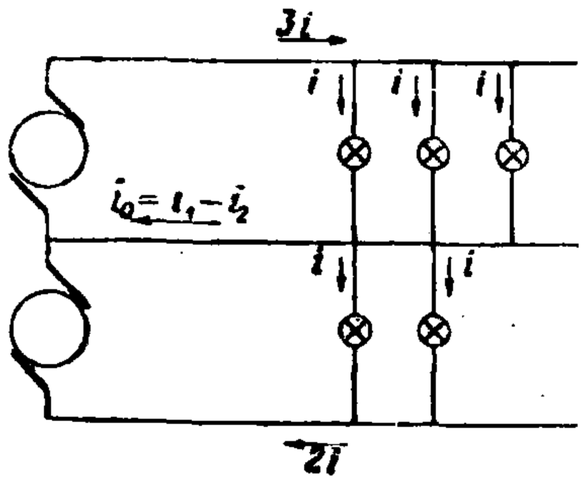
металла на провода путем повышения напряжения между крайними проводами, сохранив однако неизменным напряжение у приемников. Т. с. была изобретена в 1886 г. почти одновременно в Англии Гопкинсоном и в США Эдисоном. Предшественницей ее можно считать предложенную в семидесятых годах 19 в. Свано м систему, в которой средний провод должен был обеспечить независимое друг от друга функционирование приемников при смешанном соединении их, т. е. параллельном соединении групп из двух последовательных элементов (фиг. 3): без третьего провода приемники (лампы) в каждой паре должны были бы быть одинаковой мощности, а включение и выключение их было бы возможно только одновременное для обоих приемников каждой пары. Система Свана не обладала преимуществами Т. с., так как средний провод в ней не был доведен до самого начала линий (до источника питания). На фиг. 4 показана обыкновенная Т. с. с последовательным включением двух динамомашин, дающих вместе напряжение $2\ U$ между крайними проводами; здесь обе половины Т. с. нагружены совершенно одинаково, при этом по среднему проводу ток не протекает; в каждой половине включено по 2 лампы, через каждую



Фиг. 3.



Фиг. 4.



Фиг. 5.

из к-рых течет ток i; тогда по верхнему крайнему проводу генератор посылает ток $2\ i$, проходящий последовательно через обе группы ламп и возвращающийся к генератору через нижний крайний провод; ток в среднем проводе $i_0=0$. В этом случае сечение среднего провода теоретически можно было бы взять равным нулю, т. е. сколь угодно малым; на практике сечение его берут, учитывая возможность нарушения распределения нагрузок поровну между двумя половинами Т. с., не менее $^1/_3$ (редко $^1/_4$) сечения каждого из крайних проводов. При неодинаковой нагрузке (фиг. 5) по каждому участку нулевого провода протекает ток $i_0=i_1-i_2$, если i_1 и i_2—токи в соответствующих участках крайних проводов (напр. если в верхнюю половину включены 3 лампы, а в нижнюю 2 лампы, то ток в верхнем проводе $3\ i$, в среднем i и в нижнем $2\ i$). Если (фиг. 3) средний провод не доходит до начала линии (до источника тока), то при неодинаковой нагрузке двух половин напряжение между ними может распределиться весьма неравномерно. Напр. если в верхнюю половину включены параллельно два приемника, каждый с сопротивлением R, а в нижнюю один такой же приемник, то общее сопротивление между крайними проводами $\frac{R}{2}+R=\frac{3}{2}R$ и генераторы дают ток

$$i=\frac{2U}{\frac{3}{2}R}=\frac{4}{3}\frac{U}{R};$$

в верхней половине сети напряжение равно

$$\frac{4}{3}\frac{U}{R}\cdot\frac{R}{2}=\frac{2}{3}U;$$

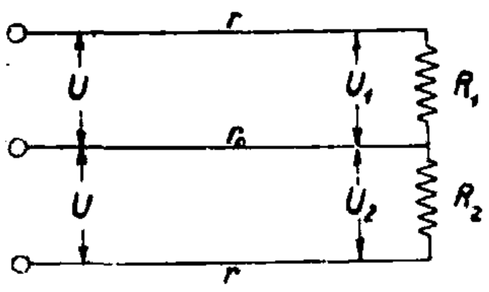
в нижней половине напряжение равно

$$\frac{4U}{3R}\cdot R=\frac{4}{3}U$$

(напр. при напряжении Т. с. в 2×220 V в верхней половине лампы будут под напряжением $\cong146{,}6$ V, а в нижней—под напряжением $\cong293{,}4$ V, т. е. в верхней половине лампы, т. к. они рассчитаны на 220 V, будут гореть с недокалом, а в нижней—с перекалом); при этом следует ожидать перегорания ламп в нижней половине; с перегоранием же каждой лампы сопротивление этой половины возрастает, вызывая дальнейшее возрастание напряжения и увеличивая вероятность перегорания следующих ламп. Подобные явления получаются и в Т. с. с доведенным до начала средним проводом в случае нарушения его непрерывности, напр. при размыкании его или перегорании в нем предохранителя.

Распределение токов и напряжений в Т. с. при неодинаковой нагрузке. Распределение токов определяется по принципу наложения (принцип суперпозиций), к-рый основан на том, что в какой-нибудь части сложной сети сила тока есть линейная ф-ия эдс, действующих в этой цепи (следствие законов Кирхгофа). Принцип наложения формулируют так: сила тока в какой-нибудь части цепи равна алгебраич. сумме всех сил токов, к-рые протекали бы в данной части цепи, если бы каждая из эдс действовала порознь по очереди (причем остальные эдс в это время были бы равны нулю). Согласно этому принципу действительное распределение токов и напряжений в какой-нибудь системе проводов, являющееся результатом совместного влияния нескольких причин (напр. нескольких эдс или нескольких нагрузок), можно получить сл. образом: определяют по очереди картины распределения токов, создаваемые каждой из этих причин в том виде, как токораспределение получилось бы, если бы каждая из этих причин действовала только одна; затем полученные картины распределения токов и напряжений «суперпонируют», т. е. налагают друг на друга и суммируют, получая т. о. полную картину действительного токораспределения, являющегося результатом совместного действия всех тех факторов, влияние к-рых в отдельности было только что выяснено. Применяя принцип наложения к Т. с., разлагают Т. с. на две самостоятельные двухпроводные, определяют

токи в каждой половине; токи в среднем проводе находят посредством алгебраич. сложения токов в проводах, путем совмещения к-рых ток можно считать возникшим (т. е. в обратном проводе верхней половины и прямом нижней); при этом ток в отдельных отрезках среднего провода может изменяться по величине и направлению: он равен для каждого участка разности токов в крайних проводах, совпадая по направлению с меньшим из токов в них. Распределение напряжений. При одинаковой нагрузке обеих половин ток в среднем проводе, а следовательно и падение напряжения в нем равны нулю; Т. о. падение напряжения от начала линии до последних (в конце линии) приемников равно сумме (равных между собой) падений напряжения в обоих крайних проводах, при неодинаковой нагрузке падение напряжения в крайних проводах распределяется неравномерно, причем это распределение несколько выравнивается под влиянием среднего провода; падение же напряжения в среднем проводе меняет на отдельных его участках свой знак вместе с направлением тока: смотря по тому, направлен ли ток в среднем проводе одинаково с током данного крайнего провода или обратно этому току, он будет увеличивать или уменьшать напряжение у приемников. Итак, падение напряжения в среднем проводе повышает падение в более нагруженной половине Т. с., уменьшая его в менее нагруженной (без нулевого провода или при разрыве в нем распределение напряжений получилось бы еще менее выгодным). Если U—напряжение в каждой из половин в начале линии (фиг. 6), а U_1 и U_2—напряжения в конце ее в первой и второй половинах, то падение в первой половине



Фиг. 6.

$$U-U_1=i_1r+(i_1-i_2)\,r_0=\frac{U(r+r_0)}{r+r_0+R_1}-\frac{U\cdot r_0}{r+r_0+R_2};\qquad(1)$$

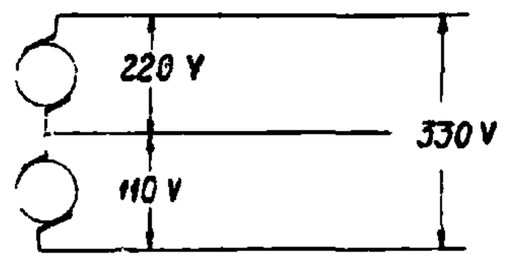
падение во второй половине

$$U-U_2=i_2r-(i_1-i_2)\,r_0=\frac{U(r+r_0)}{r+r_0+R_2}-\frac{U\cdot r_0}{r+r_0+R_1};\qquad(2)$$

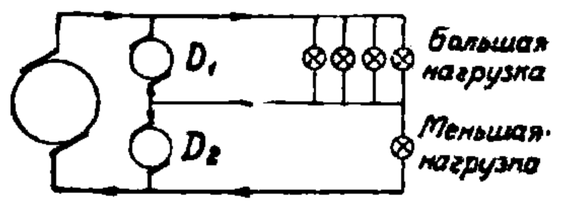
т. о. напряжения, действующие на приемники в первой и второй половинах, будут разниться друг от друга на величину

$$U_2-U_1=(i_1-i_2)\,(r+2r_0)=\frac{U(r+2r_0)\,(R_2-R_1)}{(r+r_0+R_1)\,(r+r_0+R_2)}.\qquad(3)$$

Применение Т. с. Преимущество Т. с. по сравнению с системой простого параллельного включения (двухпроводной) заключается в значительной экономии в материале проводов, позволяющей при том же напряжении у приемников расширить район снабжения: благодаря удвоению напряжения между проводами по сравнению с двухпроводной системой при той же передаваемой мощности сила тока в крайних проводах в два раза меньше (чем при двухпроводной системе); поэтому при одинаковом поперечном сечении потеря напряжения в проводах также уменьшается вдвое. Если допустить в Т. с. такое же %-ное (в % от напряжения в начале линии) падение напряжения, как в двухпроводной системе, то при той же передаваемой мощности и при том же кпд линии (тех же потерях мощности в ней) сечение проводов получится вчетверо меньше. Поэтому при Т. с. расход металла на провода составит по сравнению с двухпроводной системой (если расход металла при ней принять за 100%) 37.5% при одинаковом сечении всех трех проводов ($q_0=q_1=q_2$) и 31,3% при сечении среднего, вдвое меньшем сечения каждого из крайних $\left(q_0=\frac{q_1}{2}=\frac{q_2}{2}\right)$. К недостаткам Т. с. (по сравнению с двухпроводной) нужно отнести: несколько бо́льшую сложность ухода, напр. при отыскании мест повреждений, и (в виду обычного заземления среднего провода) утечку энергии в землю. Наиболее распространена обыкновенная Т. с. с одинаковыми напряжениями в обеих половинах: 2×110 V, 2×220 V (и 2×250 V). Удобство—наличие двух различных напряжений: лампы включают на 110 V (между средним и одним из крайних), двигатели на 220 V (между крайними), причем для пуска или регулирования оборотов последние можно



Фиг. 7.



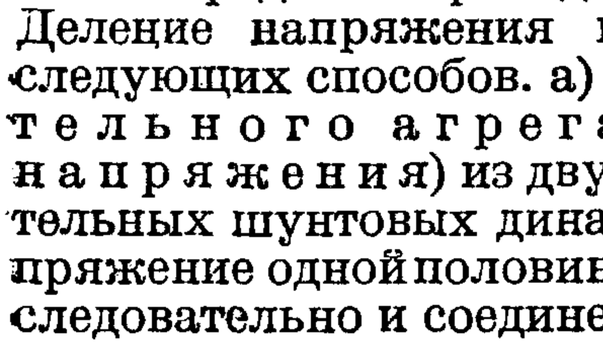
Фиг. 8.

включить и на 110 V. Радиус района снабжения при 2×110 V ок. 1 000—1 250 *м*, а при 2×220 V до 2 000—2 500 *м*. Реже применяют Т. с. с неодинаковыми напряжениями в обеих половинах, напр. 110 и 220 V (фиг. 7); преимущество—наличие трех различных напряжений (110,220 и 330 V)—позволяет, переключая двигатели, регулировать число оборотов их в широких пределах.

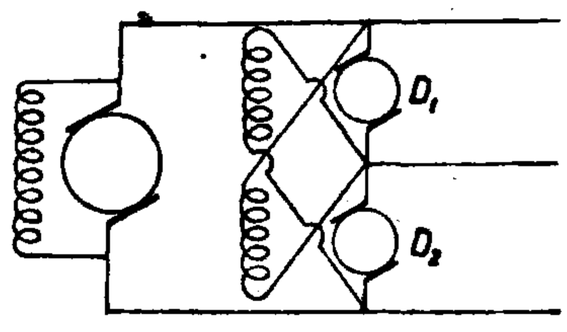
Пятипроводная система может считаться разновидностью Т. с., из к-рой она м. б. получена путем удвоения последней (появилась в 90-х годах 19 в.); получалась путем последовательного включения четырех динамо или чаще двух динамо с двумя коллекторами каждая. От крайних зажимов вели 2 крайних провода, от шести остальных зажимов 3 средних провода. Благодаря увеличению напряжения между крайними проводами в четыре раза по сравнению с двухпроводной системой сечение крайних проводов уменьшается в 16 раз (была применена в Вене, Манчестере и других крупных городах). Пятипроводная система, еще изредка встречающаяся в фабрично-заводских установках с регулированием скорости вращения двигателей в широких пределах—путем переключения, например со 110 V на 220, 330 и 440 V, из-за своей сложности теперь оставлена. Несмотря на значительную экономию металла общая выгодность м. б. весьма сомнительной в виду дороговизны монтажа, увеличения расходов на изоляторы и пр. (по аналогичным причинам и обыкновенная Т. с. может оказаться неэкономичной при небольших размерах района снабжения, так как дороговизна монтажа не будет компенсироваться удешевлением проводов). Если требуется значительное расширение существующей установки, выполненной первоначально в виде двухпроводной, причем напряжение оказывается недостаточным без замены проводов новыми бо́льших сечений, то рациональной является переделка установки в трехпроводную. Подобная переделка не сопряжена с крупными затратами: последовательно с ранее установленной динамо включается другая такая же, благодаря чему увеличивается

вдвое напряжение между проводами, которые становятся теперь крайними; изоляция современных установок оказывается обычно достаточной для повышенного напряжения, так что нужно лишь проложить в соответствующих местах средний провод и распределить по возможности поровну нагрузку между полученными т. о. двумя половинами сети.

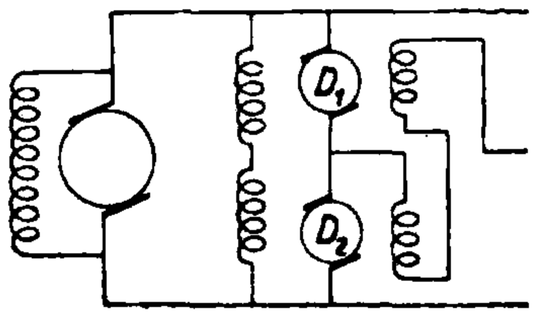
Питание Т. с. может быть осуществлено: 1) последовательным включением источников двух (обычно одинаковых) напряжений и 2) делением (получаемого от одного генератора) напряжения между крайними проводами посредством среднего провода на две равные части. Деление напряжения выполняется одним из следующих способов. а) Применение уравнительного агрегата (уравнителя напряжения) из двух одинаковых вспомогательных шунтовых динамо (построенных на напряжение одной половины сети), включенных последовательно и соединенных друг с другом механически на одном валу (фиг. 8); средний провод присоединяется к проводу, соединяющему якоря обеих машин (на фиг. 8 обмотки возбуждения вспомогательных машин и главной не показаны). При одинаковой нагрузке обеих половин по среднему проводу ток не проходит; по якорям уравнительных машин протекает последовательно один и тот же ток: они обе работают вхолостую как двигатели, при правильном возбуждении, развивая одинаковые эдс, и следовательно подразделяют напряжение точно на две одинаковые части; т. к. обе машины сидят на одном валу, то скорости их вращения одинаковы, развиваемые ими эдс меньше напряжений у зажимов на величину небольшой потери напряжения, создаваемой током холостого хода. Если нагрузка в одной из половин Т. с., напр. в верхней, превысит нагрузку в нижней половине, то напряжение в верхней половине понизится, а в нижней повысится против нормальной величины; в результате скорость вращения нижней вспомогательной динамо, работающей как двигатель, возрастет; сидящая на одном валу с ней верхняя машина окажется т. о. вращающейся быстрее, чем это соответствовало бы напряжению верхней половины: она станет работать как генератор, давая в сеть ток и повышая напряжение своей половины. Следовательно в нижнюю половину прибавится нагрузка двигателя D_2, а из верхней половины вычтется нагрузка генератора D_1, т. к. эта нагрузка отрицательная: машина нагружает нижнюю половину, работая как двигатель и затрачивая работу на повышение скорости вращения машины D_1, к-рая, с своей стороны, подает ток в более нагруженную половину. Итак, агрегат заимствует энергию в менее нагруженной половине и передает ее в более нагруженную, уравнивая т. о. нагрузки и напряжения. На фиг. 9 показаны машины вместе с их обмотками возбуждения. Хотя по сравнению со способом 1-м мы имеем теперь три машины вместо двух, но общий кпд здесь выше (уравнительные машины рассчитывают на ~ 5% от мощности главного генератора каждую). Выравнивание усилится, если повысить скорость двигателя D_2 и увеличить эдс генератора; для этого магнитный поток у двигателя D_2 уменьшают, а у генератора D_1 увеличивают; с этой целью применяют перекрестное возбуждение, т. е. возбуждение верхней машины D_1 берут от нижней половины, а возбуждение D_2—от верхней (фиг. 10); при возрастании нагрузки одной половины (верхней) возбуждение машины, работающей как двигатель, уменьшается, вызывая повышение скорости вращения, возбуждение же верхней машины, работающей как генератор, усиливается, повышая напряжение на ее зажимах. Полное выравнивание разностей напряжений также и в питательном пункте (т. е. включая выравнивание разностей напряжений, вызванных сопротивлениями питательных проводов) при этом не достигается; для получения такого выравнивания применяется компаундирование уравнительных машин по схемам фиг. 11 или 12. С этой же целью в средний провод вводят иногда (фиг. 13) бустер или сериесную *вольтодобавочную машину* (см.). б) Применение одной машины с двумя отдельными обмотками на одном и том же якоре и двумя коллекторами (выравнивание разностей напряжения неудовлетворительное).



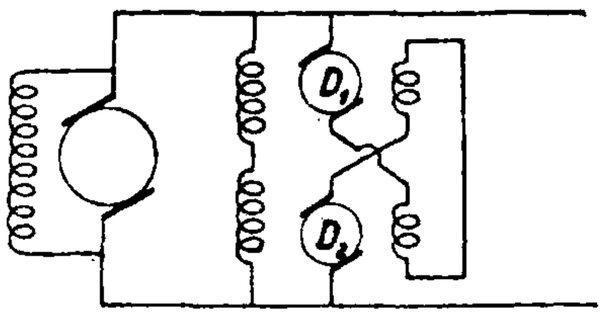
Фиг. 9.



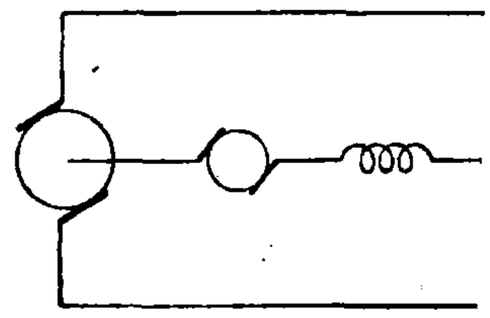
Фиг. 10.

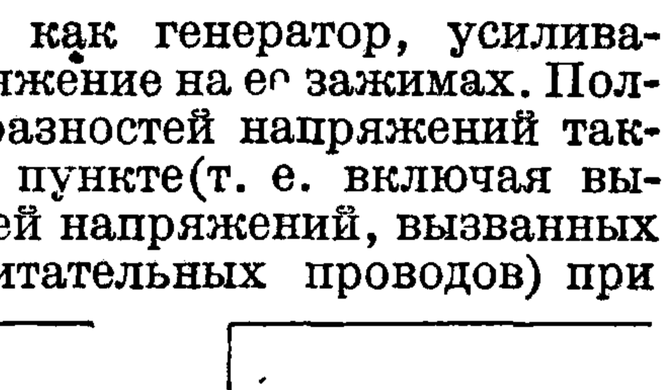


Фиг. 11.



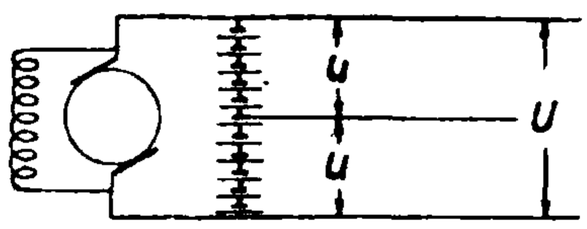
Фиг. 12.


Фиг. 13.



Фиг. 14.

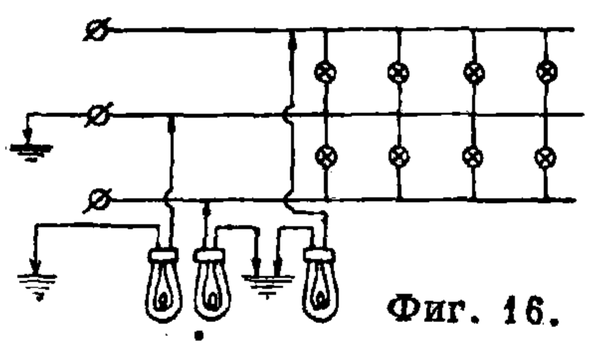
в) Делители напряжения — трехпроводные машины, у которых деление напряжения осуществляется внутри самой машины, являющейся в то же время и главным генератором (машина Доливо-Добровольского, фиг. 14): крайние провода присоединены к щеткам на коллекторе; две в электрическом отношении диаметрально противоположные (т. е. удаленные друг от друга на 180 электрических градусов) точки обмотки через контактные кольца присоединены к реактивной катушке, к средней точке которой приключают нулевой провод Т. с. Отдельное регулирование напряжения каждой половины сети при этом невозможно. Аналогичное устройство имеет и машина—делитель напряжения Зенгеля, у к-рой три точки обмотки, удаленные друг от друга на 120 электрич. градусов каждая, присоединены через контактные кольца и три, соединенные звездой, реактивные катушки—к среднему проводу Т. с. Для той же цели была предложена машина Осанны, теперь не имеющая распространения. г) Применение включаемой между крайними проводами аккумуляторной батареи, к сере-



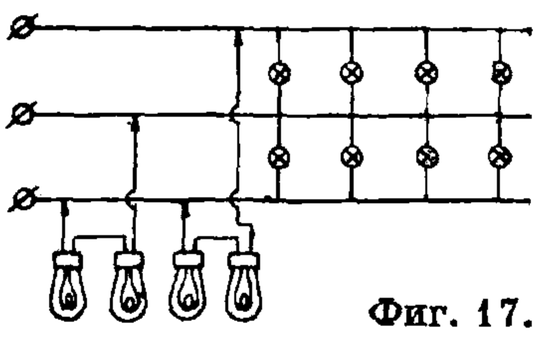
Фиг. 15.

дине к-рой присоединяют нулевой провод (фиг. 15). Недостаток: от неодинаковой нагрузки обе половины батареи разряжаются неодинаково, что усложняет их зарядку. При переменном однофазном токе деление напряжения осуществляется сл. обр.: средний провод прямо присоединяют к середине обмотки генератора или трансформатора.

Средний провод и его свойства. Средний провод обычно заземляется, т. е. в нескольких местах надежно соединяется с землей, а при подземной проводке укладывается в земле голым или в оболочке, защищающей от разрушения (крайние провода выполняют при этом в виде кабеля). Чтобы заземление среднего провода не могло быть нарушено, а также по причинам, изложенным выше, в средний провод нельзя включать предохранителя; нельзя также включать в него и выключатели, действующие не одновременно с выключателями крайних проводов (т. е. допустимы только трехполюсные рубильники). Экспериментально отличить средний провод от крайних можно следующим способом. В установках с заземленной нейтралью включают испытательную лампу накаливания поочередно между каждым из трех проводов и землей (фиг. 16): при прикосновении незаземленным зажимом лампы к среднему проводу лампа не загорается, а при прикосновении к одному из крайних проводов лампа начнет гореть. Фиг. 17 поясняет принцип аналогичного метода испытания, применимого как при заземленной, так и при незаземленной нейтрали: две соединенные между собой последовательно испытательные лампы включают поочередно между попарно взятыми проводами Т. с.; при включении между крайними проводами обе лампы горят с полным накалом, при включении же между одним из крайних проводов и средним обе лампы будут гореть с малым накалом (т. к. на долю каждой приходится половина нормального напряжения).



Фиг. 16.



Фиг. 17.

Распределение нагрузок между двумя половинами Т. с. необходимо возможно более равномерное не только количественно, но и качественно, т. е. с учетом однородности часов потребления, равенства максимальных нагрузок, совпадения пиков нагрузок у отдельных потребителей: потребителей одинаковых категорий (уже при проектировании, а затем и при эксплоатации) поровну распределяют между двумя половинами. Чем равномернее распределение нагрузок и меньше вероятность колебаний нагрузки обеих половин в эксплоатации, тем меньше по сравнению с крайними проводами м. б. взято сечение среднего провода. Лампы включают между одним из крайних и средним, двигатели свыше 5 HP — между крайними проводами.

Расчет проводов Т. с. производится обычно по приближенному способу, т. е. без учета возможности нарушений равномерного распределения нагрузок между двумя половинами: рассчитывают крайние провода, исходя из равномерного распределения нагрузки, а сечение нулевого провода из осторожности берут в $^1/_3$, $^1/_2$ или $^1/_1$ от полученного при расчете сечения одного из крайних проводов (что соответствует разности нагрузок в 33, 50 и 100%). Расчет крайних проводов ведется так, как будто бы среднего провода не было, сводя расчет Т. с. к расчету двухпроводной системы сл. образом: заданную нагрузку распределяют на двухпроводную сеть, напряжение к-рой равно половине напряжения между крайними проводами Т. с., и рассчитывают сечения проводов этой сети, исходя из максимального допустимого падения напряжения (для осветительной нагрузки примерно в 1% от напряжения между средним и одним из крайних проводов). Вычисленные т. о. сечения уменьшают вчетверо, что по округлении до нормальных значений сортамента дает искомые сечения крайних проводов Т. с. Этот же способ можно видоизменить так: распредел ив нагрузку на двухпроводную сеть, рассчитывают крайние провода как двухпроводную систему, у к-рой напряжение равно напряжению между крайними проводами Т. с. Расчет по точному методу применяется сравнительно редко,—когда нет уверенности в правильном распределении нагрузок. При этом исходят из полной внезапной разгрузки одной половины; тогда в крайнем проводе данной половины падение напряжения ε исчезнет, а в среднем проводе возникнет отрицательное падение напряжения $m\varepsilon$, причем m есть отношение сечения каждого из крайних проводов к сечению нулевого: $m = \frac{q_1}{q_0}$. Полное колебание напряжения при разгрузке $\Delta U = \varepsilon(m+1)$. Пусть P—нагрузка в W, l—длина линии в $м$, U—напряжение у зажимов приемников, σ—удельная проводимость материала проводов, ε—допустимое наибольшее падение напряжения в V в одном из крайних проводов; тогда, задавшись значением m, сечение каждого из крайних проводов вычисляют по ф-ле:

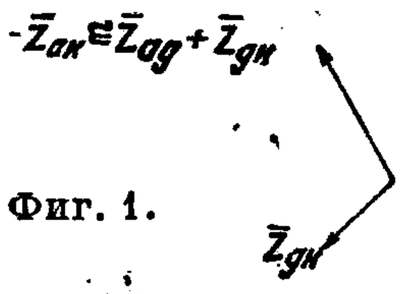
$$q_1 = \frac{m+1}{4} : \frac{Pl}{U\sigma\varepsilon}.$$

Лит.: Арнольд Э. и Ла-Кур И., Машины постоянного тока, т. 2, пер. с нем., М.—Л., 1931; Воронов А., Динамо-электрич. машины постоянного тока, Л., 1924; Германн И., Электротехника, Получение и распределение электрич. энергии, пер. с нем., Берлин—Рига, 1923; Гефнер Ф., Системы распределения тока и расчет электр. сетей, пер. с нем., СПБ, 1909; Копняев П., Электрич. машины постоянного тока, Харьков, 1926; Сушкин Н. и Глазунов А., Центральные электрич. станции и их электрич. оборудование, М.—Л., 1927; СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 3, Л., 1928; Фаульф., Справочник по электротехнике, пер. с англ., т. 2, отд. 8, М.—Л., 1928; Хащинский В., Канализация электр. энергии сети, ч. 1, Электрич. расчет, 3 изд., Л., 1931; Herzog-Feldmann, Die Berechnung elektr. Leitungsnetze in Theorie u. Praxis, 4 Aufl., B., 1927; Piazzoli E., Tecnica degli impianti elettrici per luce e forza, v. 2, 7 ed., Milano, 1929; Rziha E. u. Seidener I., Starkstromtechnik, B. 2, 7 Aufl., B., 1931; Strecker K., Hilfsbuch f. die Elektrotechnik, Starkstromausgabe, 10 Aufl., B., 1925; Buch A., Ueber Spannungsteilung bei Gleichstrommaschinen, Brschw., 1912; Lauteren E., Zur Frage d. Spannungsteilung in Dreileiter-Gleichstromnetzen, «E. u. M.», 1913, p. 609; Teichmüller J., Die Berechnung d. Leitungen auf d. Grundlage d. vier Grundgrössen, «ETZ», 1921. p. 817.

В. Хащинский.

ТРЕХТОЧЕЧНАЯ СХЕМА в радиотехнике представляет схему самовозбуждающегося *лампового генератора* (см.), в к-рой зажимы: анод, сетка и нить генератора непосредственно присоединены к трем точкам колебательного контура, т. о., что выполняются условия самовозбуждения и в частности векторы $\overline{Z}_{gk}$ и $\overline{Z}_{gk} + \overline{Z}_{ag} \cong -\overline{Z}_{ak}$ (фиг. 1) составляют тупой угол, причем $|\overline{Z}_{ag} + \overline{Z}_{gk}| > |\overline{Z}_{gk}|$. Наиболее употребительные разновидности Т. с.—схема Гартлея

(фиг. 2) и схема Колпитца (фиг. 3), к-рые даны здесь для случая параллельного питания. Сущность их не изменяется при применении к ним и



Фиг. 1.

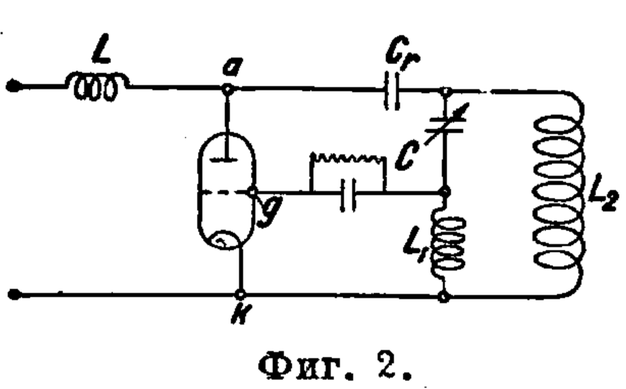
последовательному питания. Для первой из них условия самовозбуждения можно писать так:

$$L_1 = \frac{RR_iC + p^2(L_1 + L_1)}{\mu p},$$

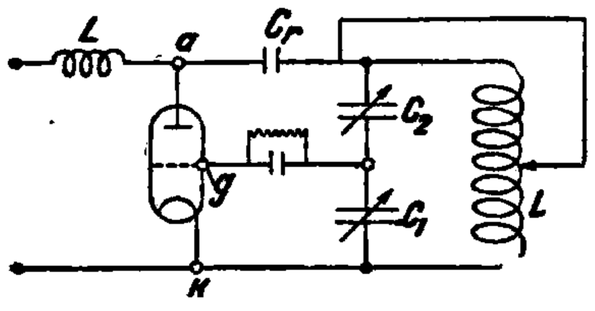
где R—активное сопротивление контура, μ—коэф. усиления лампы, p—коэф. обратной связи, R_i—внутреннее сопротивление лампы (в случае колебаний второго рода—переменному току). Для второй

$$C_1 = \frac{p\mu L}{RR_1 + p^2 \cdot \frac{L(c_1 + c_2)}{c_1 c_2}}.$$

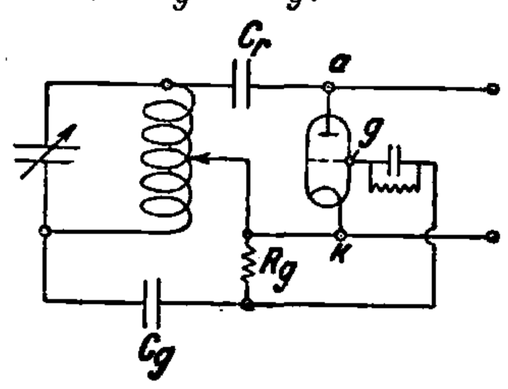
При бесконечно большом индуктивном сопротивлении дросселя L и бесконечно большой емкости C_r самовозбуждение по схеме Гартлея возможно только при частоте, меньшей собственной частоты колебательного контура. При этом вектор $(-e_g)$, противоположный вектору e_g переменной составляющей сеточного напряжения, опережает по фазе вектор e_a переменной составляющей анодного напряжения. При этих же ($\omega L \cong \infty$, $C_r \cong \infty$) условиях схема Колпитца может самовозбуждаться при частоте, большей собственной частоты контура, причем вектор $(-e_g)$ отстает по фазе от e_a. Надлежащим подбором L и C_r или изменением фазы сеточного напряжения—см. напр. фиг. 4 и 5 (в случае схемы Колпитца L_g и C_g, а также



Фиг. 2.

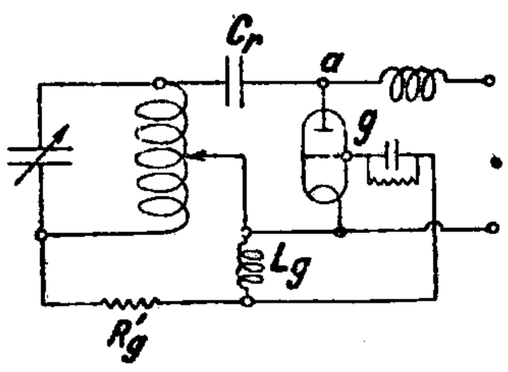


Фиг. 3.

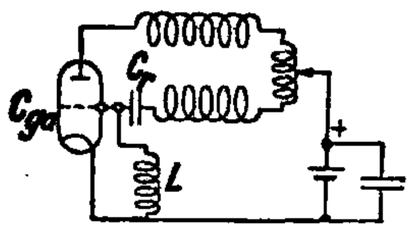


Фиг. 4.

L_g и R_g надо поменять местами)—можно заставить как схему Гартлея, так и схему Колпитца самовозбуждаться при собственной частоте колебательного контура и при сдвиге фаз между e_g и e_a, равном 180°. В качестве одного из примеров Т. с. можно указать на одноламповую схему Эзау (фиг. 6), употребляемую при генерировании ультракоротких волн. В колебательный контур этой схемы входит внутриламповая емкость C_{ga}. Особенности этой схемы: конденсатор



Фиг. 5.



Фиг. 6.

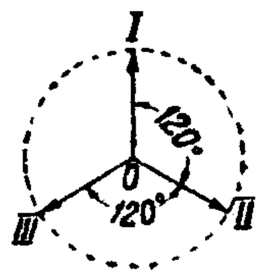
C_r, преграждающий постоянному напряжению доступ на сетку лампы, и дроссель L, к-рый, не давая возможности току высокой частоты ответвиться из колебательного контура, свободно пропускает постоянную составляющую сеточного тока. Упомянем также о так называемой битрехточечной двухтактной схеме (см. *Пушпулл*, фиг. 7).

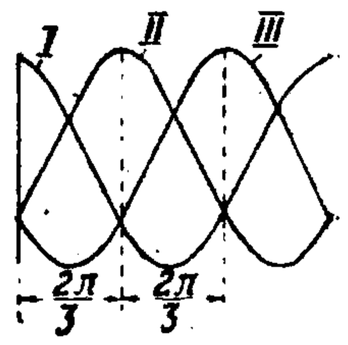
Лит.: Берг А., Теория и расчет ламповых генераторов, М.—Л., 1932.

Н. Мясоедов.

ТРЕХФАЗНЫЙ ТОК, наиболее распространенный в технике вид многофазных электрич. токов (см. *Переменные токи* и *Системы переменного тока*); представляет собой совокупность трех переменных («однофазных») токов одной и той же частоты, сдвинутых друг относительно друга на 120°, т. е. на $^1/_3$ периода (фиг. 1).

Общие сведения. Для получения Т. т. статор электрич. машины снабжают тремя симметрично расположенными одинаковыми обмотками («фазами»), в которых индуктируются 3 одинаковые, но сдвинутые по фазе (см. *Сдвиг фаз*) друг относительно друга на 120° эдс. Изображенные на фиг. 1 три синусоиды и векторная диаграмма могут—в другом масштабе—изображать также и эдс. Проведя к потребителям от каждой фазной обмотки по два провода, мы получили бы несопряженную (несвязанную) трехфазную систему с шестью проводами, состоящую из трех независимых электрич. цепей, в к-рых действуют 3 эдс с равными амплитудами U_m и одинаковой круговой частотой (электрич. угловой скоростью) ω; их мгновенные значения:





Фиг. 1.

$$\left.\begin{aligned} u_1 &= U_m \sin(\omega t), \\ u_2 &= U_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right), \\ u_3 &= U_m \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right). \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

При одинаковой («симметричной») нагрузке трех фаз (одинаковых амплитудах силы тока I_m и одинаковом угле сдвига фаз φ между током и эдс во всех трех фазах) мгновенные значения сил токов:

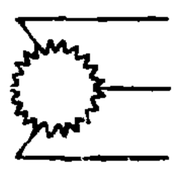
$$\left.\begin{aligned} i_1 &= I_m \sin(\omega t - \varphi), \\ i_2 &= I_m \sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3} - \varphi\right), \\ i_3 &= I_m \sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3} - \varphi\right). \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

Несопряженная трехфазная система на практике не применяется из-за неудобства большого числа проводов. Сложив последние три ур-ия (2), получим:

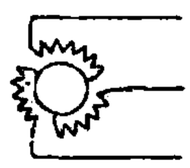
$$i_1 + i_2 + i_3 = 0. \quad (3)$$

Отсюда следует основное достоинство Т. т.: сумма мгновенных значений токов двух фаз всегда равна взятому с обратным знаком мгновенному значению тока третьей фазы, т. ч. две фазы в любой момент как бы несут обратный ток третьей фазы; это позволяет, связывая между собой три фазные обмотки (для получения сопряженных трехфазных систем), обойтись тремя (или четырьмя) проводами вместо шести. Ток в четвертом, т. н. нулевом, или нейтральном, проводе (фиг. 5) при равномерной нагрузке трех фаз и синусоидальном токе равен нулю. При наличии высших гармонических по нулевому проводу, даже при равномерной нагрузке всех фаз, протекает сумма всех то-

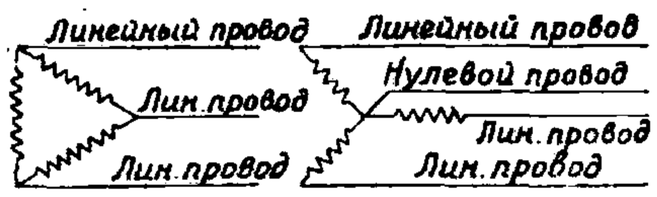
ков тройной частоты. Отдельные фазные обмотки соединяют последовательно, т. е. конец каждой обмотки с началом другой,—т. н. соединение треугольником (фиг. 2), или же соединяют 3 одноименные точки обмоток (3 «начала») в одну общую («нулевую») точку, к к-рой присоединяют нулевой провод, а от трех других концов обмоток ведут 3 («фазных») провода к потребителям—т. н. соединение звездой (фиг. 3). Эти способы соединения принято схематически изображать, как показано на фиг. 4 и 5. При соединении звездой система



Фиг. 2.



Фиг. 3.



Фиг. 4.

Фиг. 5.

м. б. четырехпроводной или трехпроводной, при симметричной нагрузке трех фаз ток в нулевом проводе согласно ур-ию (3) равен нулю и он становится ненужным. Независимо от способа соединения генератора приемники м. б. соединены также и тр-ком и звездой. На практике применяются также комбинации этих двух основных способов соединения. Для исследования соотношений между эдс и токами в трехфазных цепях с помощью векторных диаграмм пользуются топографическим методом, сопрягая какую-либо точку цепи с определенной точкой плоскости соответственно величине и фазе напряжения, к-рое существует между нею и нек-рой произвольной точкой цепи; тогда вектор напряжения между двумя точками цепи можно определить, соединив на диаграмме две точки, соответствующие этим точкам цепи, прямой. Особенно удобен для аналитического исследования трехфазных цепей символический метод, которым в этом случае пользуются аналогично применению его для однофазных цепей (см. *Переменные токи*). Напряжения и токи в обмотках фаз называют фазными; напряжения же между проводами двух соседних фаз, ведущими от генератора к приемникам, носят название линейных (а также междуфазных, главных или сопряженных) напряжений, а токи в этих проводах—линейных токов.

Основные свойства и практическое применение. Т. т.—род тока, наиболее распространенный в технике сильных токов; чаще всего применяется в силовых и осветительных установках (для электрич. тяги на ж. д. в виде исключения, гл. обр. в Италии). В СССР, как и во всех других странах, в основу электрификации положены районные станции и сети Т. т., на питание от к-рых должны постепенно переходить и потребители всех других существующих пока отдельно установок. Только при передаче энергии на очень большие расстояния, с к-рыми приходится напр. иметь дело при проектировании единой высоковольтной сети Союза, намечается возврат от Т. т. к постоянному току; при этом Т. т. вероятно останется главным средством для распределения энергии в городских, промышленных (заводских) и районных сетях.

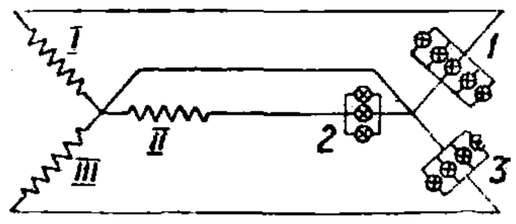
Достоинства Т. т.: значительная экономия металла на провода (см. *Распределение электрической энергии*) и одинаковая пригодность для осветительных и силовых целей благодаря наличию весьма совершенных двигателей Т. т., асинхронных и коллекторных.

Симметрия систем Т. т. и ее нарушения. Нормально трехфазная система симметрична. Трехфазные генераторы и трансформаторы дают во всех трех фазах эдс, к-рые с достаточной для целей практики точностью можно считать равными и сдвинутыми друг относительно друга на равные углы. При проектировании и эксплоатации трехфазных установок стремятся распределить все приемники поровну между тремя фазами не только количественно, но и качественно (т. е. не только по мощности, но и по характеру приемников). Поэтому на практике в нормальных условиях рабочего режима приблизительно одинаковы и нагрузки всех трех фаз. Т. о. при расчетах обычно приходится иметь дело с симметричными системами Т. т. Несимметричные системы, напр. случай неодинаковой нагрузки фаз, при нормальных условиях встречаются редко; однако они все же представляют практический интерес, так как с ними приходится иметь дело при нарушениях правильного рабочего режима (при коротком замыкании, случайном замыкании на землю, при разгрузке одной из фаз вследствие повреждения приемника и пр.). Для суждения о симметрии (напр. в отношении изоляции) служат особые приборы—асимметры.

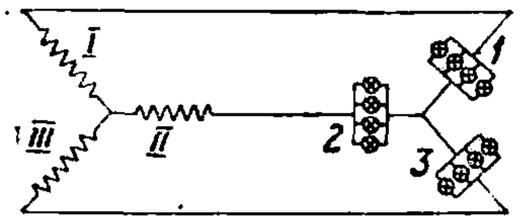
Соединение звездой. При симметричности системы для соединения звездой топограф. диаграмма имеет вид правильной звезды из трех лучей (фиг. 1), изображающих фазные напряжения $U_ф$. Линейные напряжения являются геометрич. разностью напряжений соседних фаз и равны $U_л = U_ф \sqrt{3}$. Токи линейный и фазный равны: $I_л = I_ф$. Мощность всей системы (во всех трех фазах вместе) при том же условии симметричности

$$P = 3\,U_ф I_ф \cos\varphi = \sqrt{3}\,U_л I_л \cos\varphi.$$

Преимущество включения звездой (по сравнению с тр-ком) — более высокое напряжение в линии, сокращающее расход металла на провода. 1) Четырехпроводная система (фиг. 6). Здесь можно использовать два различ-



Фиг. 6.



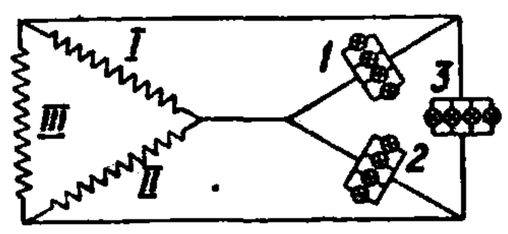
Фиг. 7.

ных напряжения—фазное и линейное, поэтому возможно присоединение к одной и той же сети осветительных приборов (включаются между одним из фазных проводов и нулевым) и двигателей (присоединяются к трем фазным проводам); кроме того четырехпроводная система применяется там, где можно ожидать неравномерного распределения нагрузки между тремя частями (фазами) системы, нулевой провод при этом выравнивает несимметричность, неся разность токов:

$$i_0 = -i_1 - i_2 - i_3.$$

Сечение фазных проводов рассчитывают в соответствии с нагрузкой (см. *Провода*), а сечение нулевого провода берут от $^1/_3$ до $^1/_2$ или $^1/_1$ от сечения каждого из фазных проводов (для нулевого провода м. б. взято тем меньшее сечение, чем равномернее распределена нагрузка между тремя фазами и чем меньше вероятность значительных колебаний нагрузки, нарушающих симметричное ее распределение). 2) Трехпроводная система (фиг. 7) применяется

в тех случаях, где уверенность в том, что нагрузка всех трех фаз всегда будет одинакова, делает нулевой провод ненужным. В случае нарушения симметричности нагрузки силы токов в трех проводах автоматически устанавливаются такими, чтобы сумма их была равна нулю; вследствие этого нагрузка в разных фазах окажется под различными напряжениями: трехпроводная система весьма чувствительна к колебаниям нагрузки.

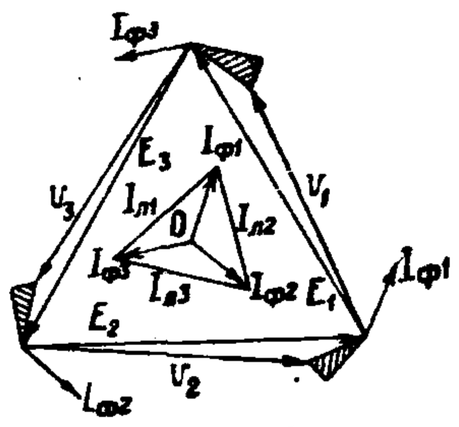


Фиг. 8.

Соединение треугольником (фиг. 8). При симметричности системы для соединения треугольником топографич. диаграмма имеет вид равностороннего тр-ка (фиг. 9); стороны его изображают линейные напряжения, которые в этом случае равны фазным: $U_л = U_ф$. Линейные токи являются геометрич. разностью токов соседних фаз и равны $I_л = I_ф \sqrt{3}$. Мощность всей системы (во всех трех фазах вместе) при том же условии симметричности

$$P = 3\,U_ф I_ф \cos\varphi = \sqrt{3}\,U_л I_л .$$

Преимущество включения тр-ком — меньшая чувствительность к колебаниям нагрузки (при включении фаз генератора и нагрузки тр-ком приемники в каждой фазе нагрузки находятся под фазным напряжением, независимо от соотношений между сопротивлениями отдельных фаз). Недостаток включения трехфазным током (по сравнению со звездой) — меньшее напряжение в линии, вызывающее больший расход металла на провода.



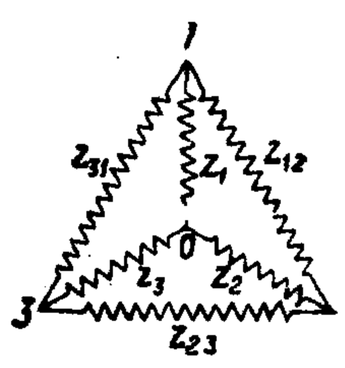
Фиг. 9.

Изображение эдс в симметричной системе Т. т. с помощью символического метода. С помощью комплексных величин 3 эдс Т. т. изображаются сл. обр:

$$\left.\begin{aligned} U_1 &= U, \\ U_2 &= \frac{-1-j\sqrt{3}}{2}\cdot U = (-0{,}5 - j\,0{,}866)\,U = \\ &= Ue^{-j\frac{2\pi}{3}} = Ue^{+j\frac{4\pi}{3}}, \\ U_3 &= \frac{-1+j\sqrt{3}}{2}\cdot U = (-0{,}5 + j\,0{,}866)\,U = \\ &= Ue^{-j\frac{4\pi}{3}} = Ue^{+j\frac{2\pi}{3}}. \end{aligned}\right\} \quad (4)$$

Т. о. вектор U_2 получается из U_1 умножением последнего на поворачивающий множитель $e^{-j\frac{2\pi}{3}}$, к-рый выражает поворот на $\frac{2\pi}{3}$ в отрицательном направлении (т. е. по часовой стрелке), или умножением на $e^{+j\frac{4\pi}{3}}$, к-рое выражает поворот на $\frac{4\pi}{3}$ в положительном направлении (против часовой стрелки).

Расчет цепей Т. т. 1) При расчете симметричных трехфазных цепей исходят из приведенных выше основных соотношений между напряжениями и токами в фазах и в линии. Иногда применяют для расчетов эквивалентную однофазную цепь, напряжение к-рой равно фазному напряжению трехфазной системы, а мощность равна мощности одной фазы трехфазной системы. Можно также пользоваться однофазной эквивалентной цепью, напряжение к-рой равно линейному напряжению трехфазной системы, а мощность равна общей мощности (всех трех фаз) трехфазной системы. Обе эти разновидности расчета по способу эквивалентной цепи дают одинаковые результаты. 2) Для несимметричных систем (неравномерно нагруженных или с несимметричными приложенными напряжениями) решение вопроса о распределении токов и напряжений возможно только для всей системы вместе, а не для каждой фазы порознь, т. к. токи и напряжения отдельных фаз находятся во взаимной зависимости. Токи и напряжения в несимметричных системах м. б. вычислены путем приложения законов Кирхгофа к точкам разветвления и замкнутым контурам, образуемым частями системы. Можно также при расчетах трехфазную систему разлагать на отдельные однофазные цепи, к-рые соединяют затем в одно целое, определяя результирующие токи по методу наложения (см. *Трехпроводные системы*). Общая мощность трехфазной системы определяется посредством сложения мощностей в отдельных фазах. При соединении приемников тр-ком и неодинаковой нагрузке фаз расчеты сложны; их упрощают, заменяя тр-к из проводов с полными сопротивлениями z_{12}, z_{23} и z_{31} (фиг. 10) эквивалентной звездой, сопротивления лучей к-рой z_1, z_2 и z_3 вычисляют по ф-лам:



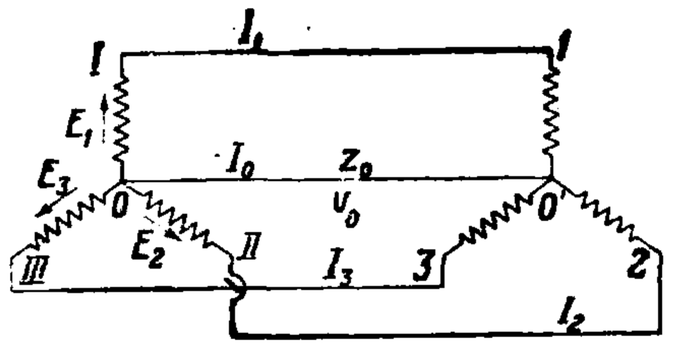
Фиг. 10.

$$\left.\begin{aligned} z_1 &= \frac{z_{31}\cdot z_{12}}{z_{12}+z_{23}+z_{31}}; \quad z_2 = \frac{z_{12}\cdot z_{23}}{z_{12}+z_{23}+z_{31}}; \\ z_3 &= \frac{z_{23}\cdot z_{31}}{z_{12}+z_{23}+z_{31}}. \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

Обратное преобразование звезды в тр-к осуществляется путем вычисления проводимостей сторон тр-ка y_{12}, y_{23} и y_{31} по заданным проводимостям лучей звезды y_1, y_2 и y_3 с помощью формул:

$$\left.\begin{aligned} y_{12} &= \frac{y_1\cdot y_2}{y_1+y_2+y_3}; \quad y_{23} = \frac{y_2\cdot y_3}{y_1+y_2+y_3}; \\ y_{31} &= \frac{y_3\cdot y_1}{y_1+y_2+y_3}. \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

При соединении звездой удобен метод расчета, при к-ром в качестве вспомогательного неизвестного вводят напряжение U_0 между нулевыми точками генератора и нагрузки (фиг. 11). Генератор дает фазные эдс $\bar{E}_1$, $\bar{E}_2$ и $\bar{E}_3$. В трех фазах нагрузки расходуются напряжения:



Фиг. 11.

$$U_{н1} = \bar{E}_1 - U_0; \quad U_{н2} = \bar{E}_2 - U_0; \quad U_{н3} = \bar{E}_3 - U_0. \quad (7)$$

Применяя законы Кирхгофа для замкнутого контура каждой фазы, состоящего из фазной обмотки генератора, линии, фазного сопротивления приемника и нулевого провода, получим:

$$\left.\begin{aligned} \bar{E}_1 &= \bar{I}_1\bar{z}_1 + U_0; \quad \bar{E}_2 = \bar{I}_2\bar{z}_2 + U_0, \\ \bar{E}_3 &= \bar{I}_3\bar{z}_3 + U_0; \quad 0 = \bar{I}_0\bar{z}_0 + U_0, \end{aligned}\right\} \quad (8)$$

где z_1, z_2 и z_3—полное сопротивление одной фазы (фазной обмотки) генератора, линии и фазы приемника, а z_0—полное сопротивление

нулевого провода. Вводим в эти ур-ия проводимости отдельных фаз

$$y_1=\frac{1}{z_1};\ y_2=\frac{1}{z_2};\ y_3=\frac{1}{z_3}.$$

Решая уравнения (7) относительно сил токов, получим:

$$\left.\begin{aligned}\overline{I}_1&=\frac{\overline{E}_1-U_0}{z_1}=(\overline{E}_1-U_0)\,y_1,\\ \overline{I}_2&=\frac{\overline{E}_2-U_0}{z_2}=(\overline{E}_2-U_0)\,y_2,\\ \overline{I}_3&=\frac{\overline{E}_3-U_0}{z_3}=(\overline{E}_3-U_0)\,y_3.\end{aligned}\right\}\qquad(9)$$

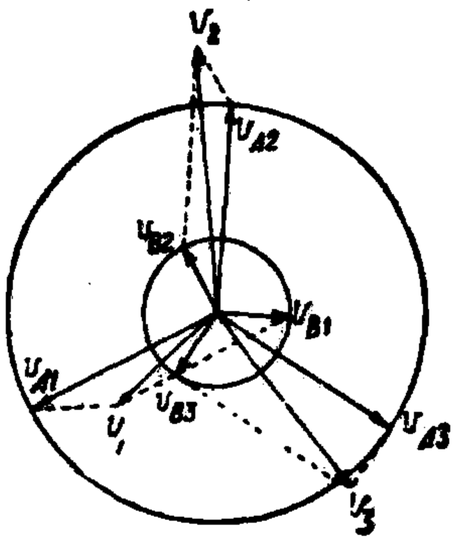
Согласно первому закону Кирхгофа $\overline{I}_1+\overline{I}_2+\overline{I}_3+\overline{I}_0=0$; подставив сюда значения токов из ур-ий (8), найдем

$$U_0=\frac{\overline{E}_1y_1+\overline{E}_2y_2+\overline{E}_3y_3}{y_1+y_2+y_3+y_0}.\qquad(10)$$

Подставляя найденное U_0 в ур-ия (7) и (9), найдем напряжения в фазах приемников, а затем и токи. Если нейтрального провода нет, то $z_0=\infty$ и $y_0=0$; тогда

$$U_0=\frac{\overline{E}_1y_1+\overline{E}_2y_2+\overline{E}_3y_3}{y_1+y_2+y_3}.\qquad(11)$$

Метод симметричных составляющих. За последнее время для вычисления токов короткого замыкания и для решения других аналогичных практических задач при исследовании несимметричных трехфазных систем широкое распространение получил предложенный Фортескью метод разложения несимметричной трехфазной системы на две симметричные, позволяющий свести исследование несимметричной системы к исследованию двух симметричных. Для получения окончательного решения налагают затем друг на друга результаты, полученные для каждой из составляющих симметричных систем в отдельности. Амплитуды напряжений этих двух систем неодинаковы; порядок следования (нумерации) фаз во времени системы с большей амплитудой U_A такой же, как и у исходной разлагаемой (несимметричной) системы; у системы с меньшей амплитудой U_B порядок следования фаз обратный (фиг. 12). В общем случае системы сдвинуты одна относительно другой на нек-рый угол α. Если напряжения несимметричной системы U_1, U_2 и U_3, то:



Фиг. 12.

$$\left.\begin{aligned}U_1&=U_{A1}+U_{B1};\\ U_2&=U_{A2}+U_{B2}=U_{A1}e^{-j\frac{2\pi}{3}}+U_{B1}e^{+j\frac{2\pi}{3}};\\ U_3&=U_{A3}+U_{B3}=U_{A1}e^{-j\frac{4\pi}{3}}+U_{B1}e^{+j\frac{4\pi}{3}};\end{aligned}\right\}\qquad(12)$$

отсюда, множа второе из этих ур-ий на $e^{+j\frac{2\pi}{3}}$, а третье на $e^{-j\frac{2\pi}{3}}$ и складывая с первым, получим U_{A1} и U_{B1}, к-рые определяют вполне обе искомые симметричные системы:

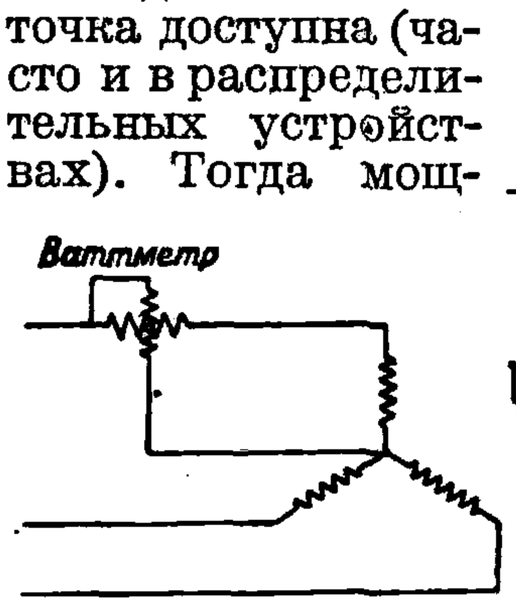
$$U_{A1}=\frac{U_1+U_2e^{+j\frac{2\pi}{3}}+U_3e^{-j\frac{2\pi}{3}}}{3}$$

и

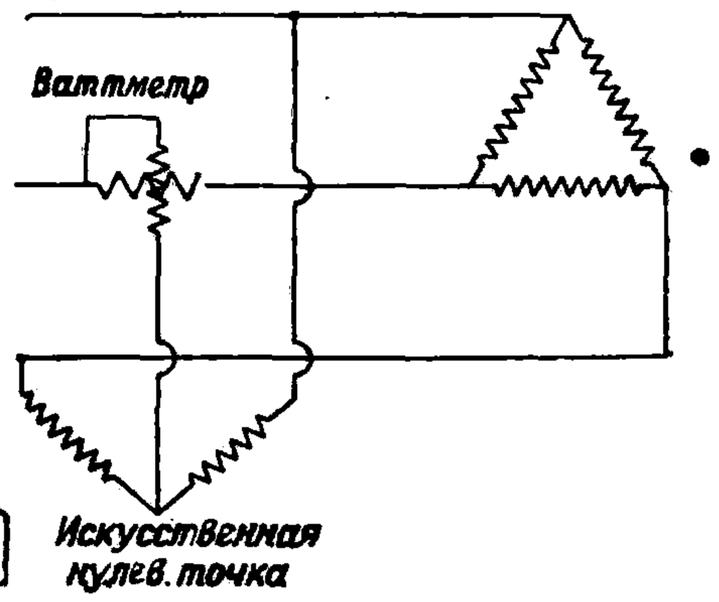
$$U_{B1}=\frac{U_1+U_2e^{-j\frac{2\pi}{3}}+U_3e^{+j\frac{2\pi}{3}}}{3}.$$

Существует несколько графич. способов нахождения U_{A1} и U_{B1}, основанных на построениях, к-рые воспроизводят приведенные выше аналитич. операции, т. е. умножение на $e^{\pm j\frac{2\pi}{3}}$ (соответствующее повороту вектора на угол $\frac{2\pi}{3}$ в положительном или отрицательном направлении). Аналогичный способ разложения на симметричные составляющие применим и к звезде токов несимметричной системы.

Измерение мощности в цепи Т. т. Симметричная нагрузка. У асинхронных двигателей и трансформаторов нулевая точка доступна (часто и в распределительных устройствах). Тогда мощность измеряют одним ваттметром по схеме фиг. 13. Множа показания ваттметра на три, получают полную мощность всей системы (во всех трех фазах). Если нулевая точка недоступна, напр. при соединении тр-ком, то создают искусственную нулевую точку, включая звездой три одинаковых сопротивления, одним из к-рых служит тонкая обмотка ваттметра (фиг. 14). Для получения полной мощности показания ваттметра множат на 3.



Фиг. 13.



Фиг. 14.

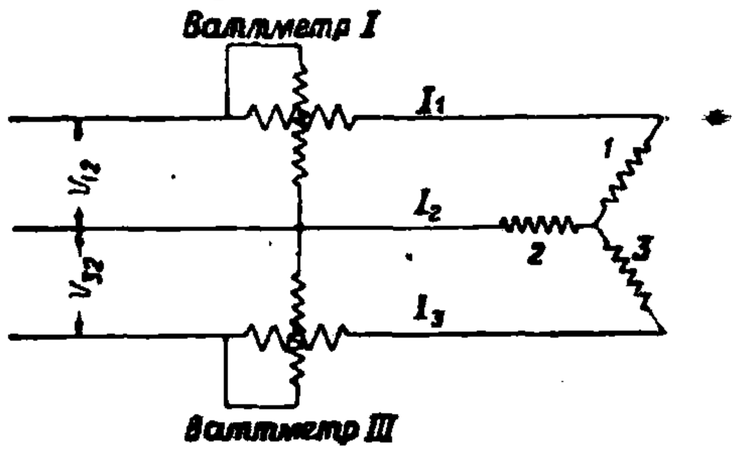
Несимметричная нагрузка. В трехпроводных системах мощность измеряют по схеме Арона (фиг. 15). Мгновенная мощность, измеряемая двумя ваттметрами I и III:

$$p=p_1+p_3=i_1(u_1-u_2)+i_3(u_3-u_2)=$$
$$=i_1u_1-i_2u_2+i_3u_3-i_3u_2,$$

где i с соответствующими индексами—мгновенные значения токов в линии, а u с индексами—фазных напряжений. Т. к. $i_1+i_2+i_3=0$ или $i_2=-(i_1+i_3)$, то

$$p=i_1u_1-(i_1+i_2)u_2+i_3u_3=i_1u_1+i_2u_2+i_3u_3,$$

а это есть мгновенная мощность системы. Т. о. мощность цепи Т. т. (во всех трех фазах) равна алгебраич. сумме показаний обоих ваттметров. Если звезда напряжений симметрична, то ваттметр I покажет $P_1=U_{12}I_1\cos(30°+\varphi_1)$, а ваттметр III покажет $P_3=U_{32}I_3\cos(30°-\varphi_3)$, где P_1 и P_3—средние за период значения мощности, U и I с соответствующими индексами—действующие линейные напряжения и токи, φ_1 и φ_3—углы сдвига между соответствующими фазными токами и напряжениями. Для индуктивной нагрузки при $\varphi_1<60°$, $P_1>0$ и $P=P_1+P_3$ (оба слагаемых положительны); при $\varphi>60°$, $P_1<0$.



Фиг. 15.

и $P = P_3 - P_1$: у ваттметра, показывающего отрицательную мощность, переключают концы тонкой обмотки (чтобы можно было производить отсчет). Схема Арона применима и для нагрузки тр-ком (доказательство аналогично). В эксплоатационных условиях применяют вместо двух ваттметров один трехфазный (два однофазных ваттметра, совмещенных в одном приборе, к-рый имеет одну шкалу и стрелку, укрепленную на одной оси с подвижными элементами обоих ваттметров). Четырехпроводные системы. Мощность измеряют тремя ваттметрами, толстые катушки которых включены каждая в один из линейных проводов последовательно, а тонкие—к нулевому проводу и соответствующему линейному проводу. Полная мощность равна сумме показаний трех ваттметров.

Измерение энергии в цепи Т. т. Симметричная нагрузка. При доступной нулевой точке энергию можно измерять (без особой точности) одним однофазным счетчиком, к-рый включают как ваттметр на схеме фиг. 13. Для получения энергии всей цепи показания счетчика множат на 3. Счетчик можно также сразу проградуировать так, чтобы он показывал энергию всей цепи, т. е. утроенную. При недоступной нулевой точке можно применить один счетчик со сдвигом в 60° между напряжением и потоком, к-рый создает ответвленная обмотка, включая ее между двумя проводами линии (т. ч. она находится под действием линейного напряжения); толстую обмотку счетчика включают последовательно в один из линейных проводов. Для получения энергии всей цепи показания счетчика умножают на 3. Уже при небольших нарушениях симметрии (напряжений или нагрузок) оба способа дают значительные ошибки; поэтому и при симметричной нагрузке предпочитают применять трехфазный двухэлементный счетчик (см. ниже). Несимметричная нагрузка. Энергию трехпроводных систем измеряют двухэлементным трехфазным счетчиком, включаемым по схеме Арона (фиг. 15); в таком счетчике один элемент расположен над другим, а диски укреплены на общем валу (иногда оба элемента воздействуют на один единственный диск). Энергию четырехпроводных систем измеряют обыкновенным трехфазным двухэлементным счетчиком с тремя трансформаторами тока, двухэлементным счетчиком с тремя последовательными обмотками или трехэлементным счетчиком.

Порядок следования фаз во времени. Для правильного соединения между собой генераторов, трансформаторов (о соединении обмоток трансформаторов Т. т. см. ОСТ 4815) и двигателей Т. т., а также для включения приборов необходимо знать порядок следования фаз во времени. Для определения последовательности фаз применяются специальные указатели, основанные на различных принципах: 1) миниатюрный асинхронный двигатель с тонким металлич. диском в качестве ротора (если ротор вращается по направлению, указанному на приборе стрелкой, то последовательность фаз правильная—в соответствии с порядком цифр или букв у зажимов прибора, напр. 1, 2, 3; если ротор вращается против стрелки на приборе, то порядок фаз 1, 3, 2); 2) две лампы накаливания и конденсатор, включенные звездой в цепь Т. т., для которой надо определить последовательность фаз (сильный накал лампы, напряжение на зажимах к-рой отстает на 120° от напряжения на конденсаторе; накал другой лампы очень слабый). Применяются и другие видоизменения этих двух устройств. Последовательность фаз можно также (при симметричной индуктивной или емкостной нагрузке) определить по величине показаний двух ваттметров, включенных по схеме Арона.

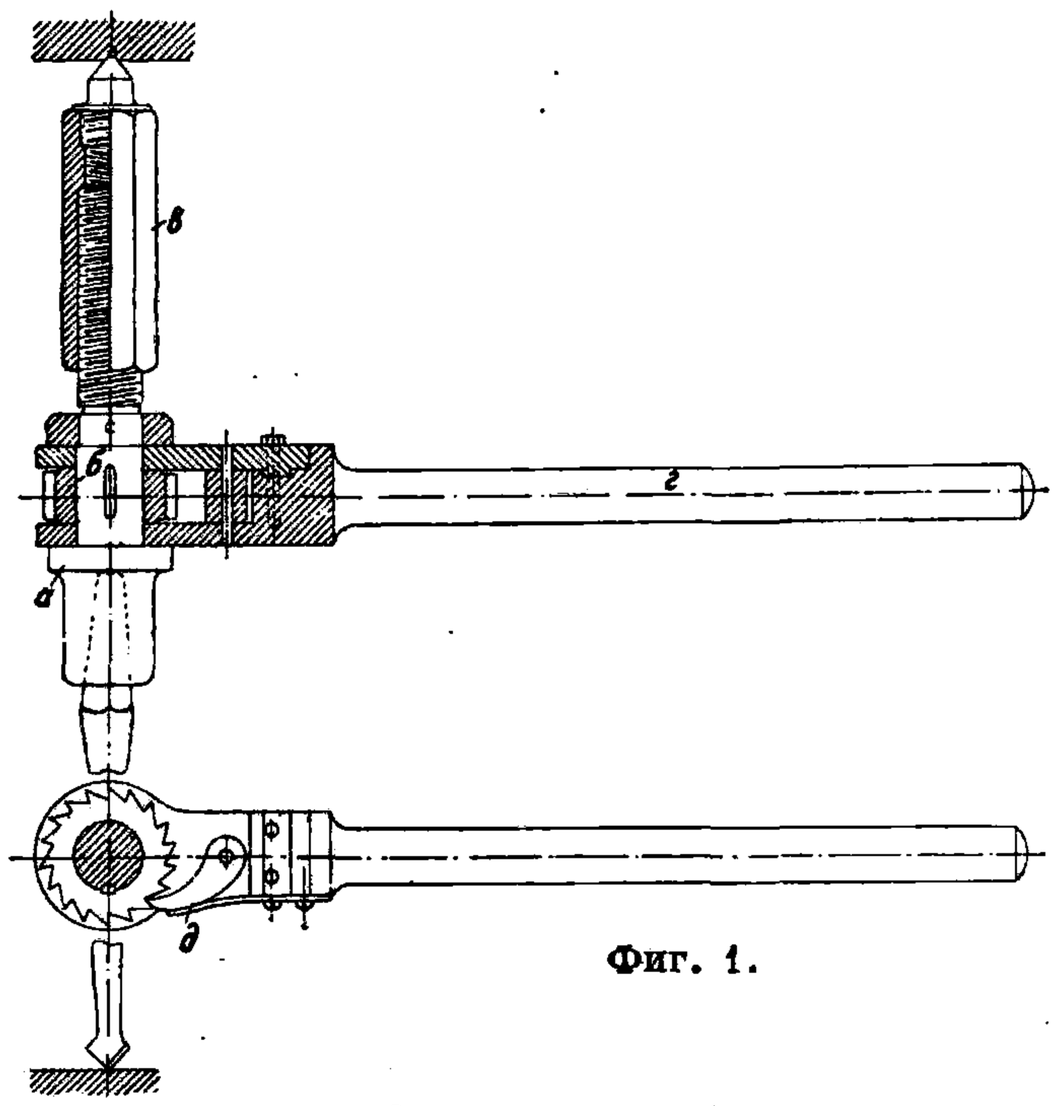
Влияние составляющих высших порядков в цепи Т. т. Если эдс генератора отклоняется по форме от чистой синусоиды (см. *Переменные токи*), то составляющие эдс порядка $3k$ (k—целое нечетное число), т. е. 3-я, 9-я, 15-я, ... гармоники, во всех трех обмотках генератора совпадают по фазе (так как разность фаз в $\frac{T}{3}$ трех эдс этих обмоток для составляющих порядка $3k$ равна их собственному периоду или целому числу периодов); поэтому при соединении генератора звездой эти гармоники дают результирующую, равную нулю: линейные напряжения будут свободны от составляющих порядка $3k$, между тем как фазные напряжения их содержат; в линейных напряжениях останутся гармоники 5-го, 7-го, 11-го, ... порядков, т. ч. в результате форма кривой линейного напряжения будет отличаться от формы фазного напряжения. При наличии нулевого провода сила тока в нем, даже для вполне симметричной нагрузки, при этом уже равна не нулю, а сумме всех токов составляющих порядка $3k$: составляющие каждого такого порядка суммируются арифметически. При соединении генератора тр-ком эдс каждого порядка $3k$ (3-го, 9-го и т. д.) совпадают по фазе и суммируются арифметически: сумма эдс внутри тр-ка не будет равна нулю, как при чисто синусоидальной эдс, и в обмотках генератора будет течь ток даже при разомкнутой внешней цепи.

Преобразование Т. т. в другие виды тока. На практике чаще всего приходится иметь дело с преобразованием Т. т. в постоянный, к-рое осуществляется с помощью вращающихся *преобразователей* (см.). Преобразование Т. т. в двухфазный с помощью статич. трансформаторов, для чего было предложено несколько схем (см. *Системы переменного тока*), в настоящее время большого практического распространения не имеет, встречаясь в лабораторной практике и в некоторых специальных случаях.

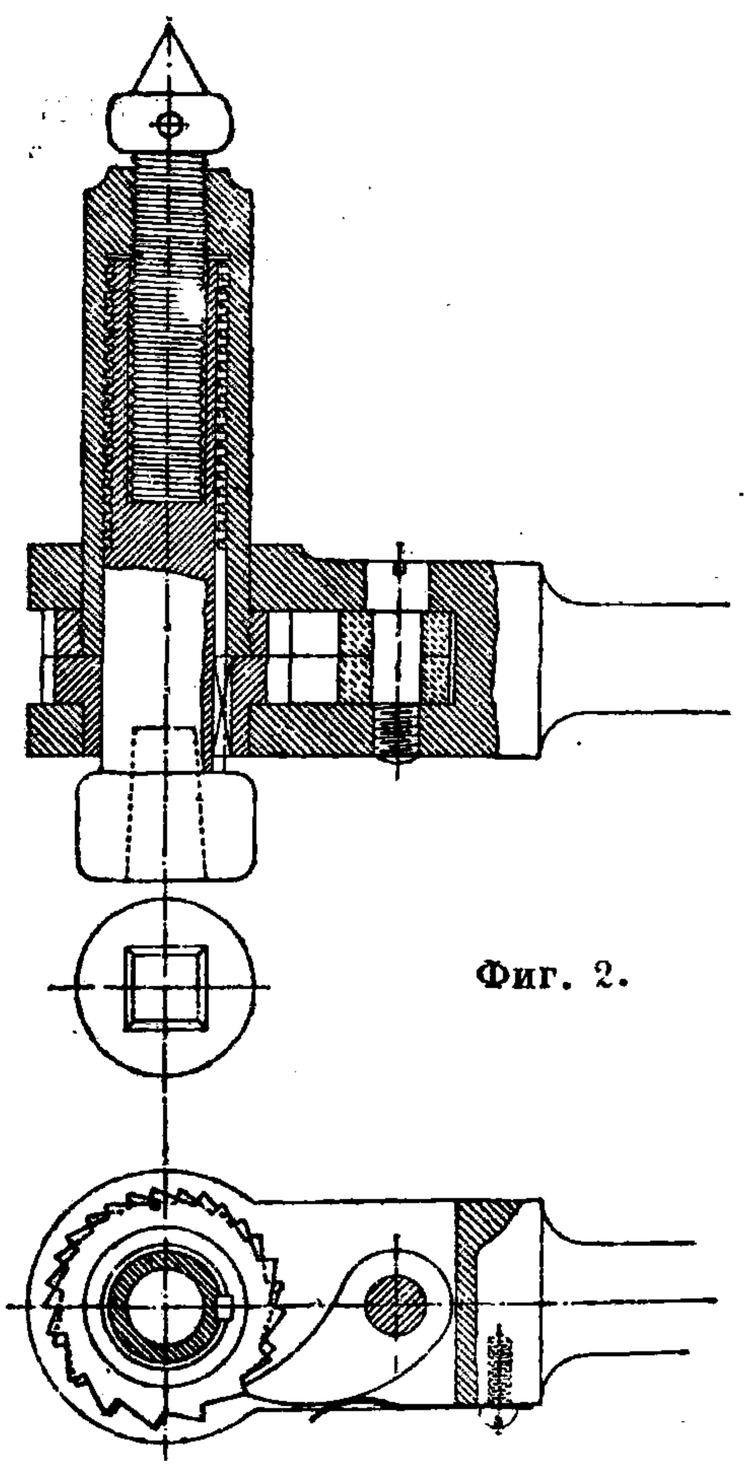
Лит.: Аснин И. и Луценко Н., Задачник по курсу теории переменных токов, М.—Л., 1932; Воронов А., Переменные электрические токи в применении к распределению энергии, П., 1915; Видмар М., Научные основы электротехники, пер. с нем., М.—Л., 1932; Генсель Г., Электротехника в задачах и примерах, вып. 2, Переменные токи, М.—Л., 1930; Жане П., Общий курс электротехники, пер. с франц., т. 2, М., 1929; Круг К., Общий курс электротехники, т. 2, Теория переменных токов, 3 изд., М.—Л., 1932; Луценко Н., Теория переменных токов, 2 изд., Л., 1931 (литогр.); Миткевич В., Теория переменных токов, конспект курса, Л., 1931 (литогр.); СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 1, отд. 2 и 3, Л., 1928; Угримов Б. и Генсель Г., Основы техники сильных токов, т. 2, Переменные токи, 5 изд., М.—Л., 1930; Фаульь Ф., Справочник по электротехнике, вып. 1, отд. 2 и 3, М. — Л., 1928; Френкель А., Теория переменных токов, пер. с нем., М.—Л., 1928; Хащинский В., Канализация электрической энергии, ч. 1, Электрический расчет, 3 изд., Л., 1931; Черданцев И., Теория переменных токов, 4 изд., М.—Л., 1932; Черданцева З., Электрические измерения, 2 изд., М.—Л., 1931; Шателен М. и Пономарев Н., Пособие к лабораторным занятиям по электрическим и магнитным измерениям, М.—Л., 1931; Щуркевич П., Переменные электрические токи и теория круговых диаграмм, ч. 2, Многофазные токи, Л., 1932 (литогр.);

Benischke G., Die wissenschaftlichen Grundlagen d. Elektrotechnik, 6 Aufl., B., 1922; Cohen L., Formulae a. Tables for the Calculation of Alternating Current Problems, N. Y., 1913; Deutscher Kalender für Elektrotechniker, hrsg. von G. Dettmar, Mch.—B., 1932; Donati L. e Sartori G., Elettrotecnica, Milano, 1930; Dover A., Theory a. Practice of Alternating Currents, L., 1926; Fraenckel A., Theorie d. Wechselströme, 3 Aufl., B., 1930; Karapetoff V., The Electric Circuit, N. Y., 1912; Kittler E., Allgemeine Elektrotechnik, B. 2, Einführung in die Wechselstromtechnik, unter Mitwirkung von W. Petersen, Stg., 1909; La Cour J. L. u. Bragstadt O. S., Theorie d. Wechselströme, B., 1923; Malti M., Electric Circuit Analysis, N. Y., 1930; Steinmetz C., Theory a. Calculation of Alternating Current Phenomena, N. Y., 1916. **В. Хащинский.**

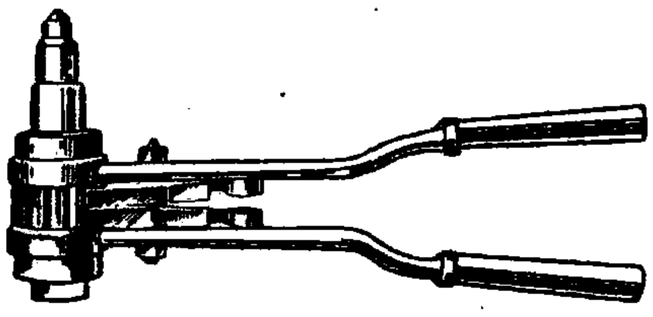
ТРЕЩЕТКА, слесарный инструмент для сверления вручную сверлом дыр в металле; она сообщает сверлу вращение и подачу и применяется при сверлении дыр в тесных местах или когда требуется просверлить дыру диам. больше 12—15 *мм*; помощью Т. легко сверлятся дыры диам. 20—40 *мм*. Простая Т. (фиг. 1) состоит из шпинделя *а*, на к-рый посажено на шпонке храповое колесо *б*; в нижней части шпинделя имеется квадратное или конусное отверстие, куда вставляется хвост сверла; на другом конце шпинделя нарезана резьба, на к-рую навернута шестигранная втулка *в* с конусным упором. Вращение шпинделя в одном направлении производится качательными движениями рукоятки *г* помощью собачки *д*, к-рая входит в зубцы храпового колеса *б*. При работе Т. конусный упор втулки *в* упирается для создания необходимого осевого давления в конец скобы, другой конец к-рой охватывает изделие; подача сверла производится поворотом втулки *в* гаечным ключом. На фиг. 2 изображена Т. с автоматич. подачей, она отличается от описанной тем, что подача производится движением той же рукоятки, к-рая вращает шпиндель. Для этого в рукоятке имеются две собачки, из к-рых одна соединена с храповиком шпинделя, а другая с храповиком втулки. Храповик шпинделя имеет большее число зубьев, чем храповик втулки, благодаря этому неизбежное проскальзывание собачки будет у втулки меньше, чем у храповика шпинделя, и как следствие этого шпиндель будет поворачиваться на больший угол, чем втулка, а следовательно и сверло будет иметь подачу, соответствующую разнице углов поворота. Т. различаются длиною рукоятки от 200 до 500 *мм* и весом от 1 до 6 *кг*. Для облегчения и ускорения работы Т. иногда снабжается двумя рукоятками, как показано на фиг. 3; таким образом могут одновременно работать два рабочих. При работе трещеткой сверло делает ⩽ 6 об/м., что соответствует глубине сверления 0,3—0,6 *мм/мин*, поэтому теперь их применяют редко и заменяют электрическими или пневматическими дрелями



Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

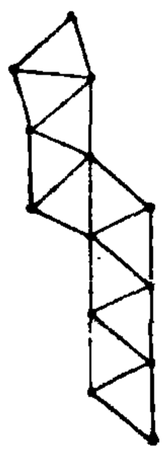
(см. *Пневматический инструмент*), где глубина сверления от 40 до 15 *мм/мин*.

Лит.: Соколов М., Слесарное дело, 2 изд., М., 1931. **М. Шестаков.**

ТРИАНГУЛЯЦИЯ, сеть точек, отмеченных на поверхности земли особыми постоянными знаками и расположенных т. о., что они составляют между собой треугольники. В такой сети одна из сторон, именуемая базисом, измеряется непосредственно, далее измеряются все углы в тр-ках, благодаря чему затем можно по правилам тригонометрии вычислить стороны всех тр-ков и наконец координаты вершин их в какой-нибудь системе. В таком виде эти вершины тр-ков называются тригонометрическими пунктами, которые на земле отмечаются подземными либо надземными постройками, именуемыми центрами, а координаты их вносятся в особые каталоги, печатаемые для всеобщего пользования.

1. Сети Т. (тригонометрические сети) разделяются на несколько классов в зависимости от их цели и назначения. Т. первого класса прокладываются в виде цепей из простых тр-ков (фиг. 1). Такие первоклассные ряды идут по направлению меридианов и па-

раллелей, образуя четырехугольники со сторонами 200—400 *км*. На основе рядов первого класса прокладываются несколько упрощенными приемами ряды второго класса, следующие на расстоянии 80—100 *км* один от другого и пересекаемые такими же поперечными рядами. Наконец оставшиеся незаполненные пространства покрываются густыми сетями Т., состоящих из мелких тр-ков, опирающихся на ряды первого и второго классов. Они служат опорою для сплошных съемок, которые имеют целью дать точные топографич. карты страны. Длина сторон тр-ков в рядах первого класса достигает 25—50 и даже более *км*. В рядах второго класса стороны доходят до 30 *км*; в заполняющих же сетях длина сторон зависит от назначения сети и в соответствии с масштабом будущей съемки устанавливается от 3 до 15 *км*. В этом отношении заполняющие сети проектируются с таким расчетом, чтобы на каждый планшет съемки пришлось бы 3—5 опорных пунктов. При выполнении цепей Т. первого класса преследуется очень большая точность, т. к. они простираются на большие расстояния и имеют не только практическое, но и научное значение. По ним можно вычислить элементы земного сфероида, т. е. размеры большой и малой полуосей его. Практическое значение этих данных весьма важно, так как все геодезич. измерения, производимые на земле, вычисляются на их основе. Т. о. общей целью работ на Т. является покрытие больших пространств поверхности земли опорными пунктами на основе точных геодезич. измерений с наименьшими затратами времени и средств. Поэтому всегда желательно насколько возможно больше увеличить длину сторон тр-ков. Это обстоятельство помимо того способствует и сохранению точности результатов работ, которая постепенно падает в цепи тр-ков по мере удаления их от исходной—непосредственно измеренной—стороны. Относительная ошибка стороны какого-либо n-го тр-ка цепи подсчитывается по следующей ф-ле:


Фиг. 1.

$$\frac{\Delta a}{a} = \pm \sqrt{\left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2 + \varepsilon^2 \sum (\operatorname{ctg}^2 A + \operatorname{ctg}^2 B)}, \quad (1)$$

где a—исследуемая сторона, b—исходная или измеренная сторона, ε—средняя ошибка измерения угла в цепи тр-ков, выраженная относительной величиной, A и B—углы в тр-ках, противолежащие вычисляемым сторонам. Обычно в виду большой точности линейных измерений первый член приведенной формулы $\left(\frac{\Delta b}{b}\right)^2$ очень мал и принимается равным нулю; углы A, B и т. д. принимаются равными 60°, т. к. в Т. стремятся придать тр-кам форму, близкую к равностороннему, каковая форма и является наиболее выгодною. При таких условиях, заметив еще, что $\operatorname{ctg} 60° = \frac{1}{\sqrt{3}}$, приведенное выражение принимает следующий простой вид:

$$\frac{\Delta a}{a} = \pm \varepsilon \sqrt{\frac{2}{3} n}. \quad (2)$$

По этой формуле обычно производится предварительный подсчет относительной ошибки конечной стороны цепи из n тр-ков, если по качеству инструмента можно заранее знать, какова будет примерная величина ε. Весьма часто по проекту работ, наоборот, заранее ставят условием предельную величину $\frac{\Delta a}{a}$ и, определив число тр-ков n, находят величину ε, соответственно чему подбирают инструмент и метод работ:

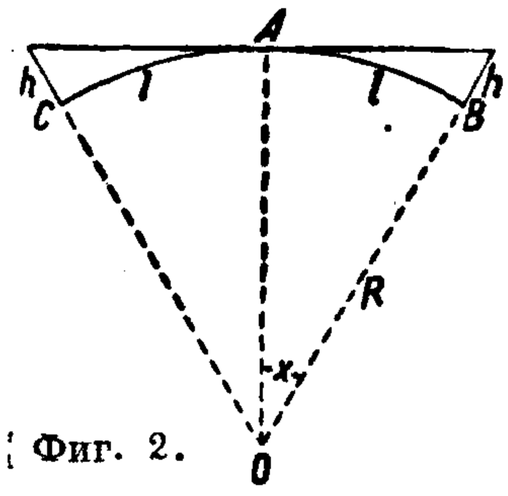
$$\varepsilon = \pm \frac{\Delta a}{a \sqrt{\frac{2}{3} n}}. \quad (3)$$

При ошибке измерения угла $\varepsilon = \pm 0{,}5''$ или $= \frac{1}{400\,000}$ получаются следующие значения $\frac{\Delta a}{a}$:

при $n =$	6	9	16	25
$\varepsilon \sqrt{\frac{2}{3} n} =$	$\frac{1}{200\,000}$	$\frac{1}{160\,000}$	$\frac{1}{120\,000}$	$\frac{1}{98\,000}$

Из этой таблички видно, как быстро падает точность определения длины сторо ы цепи по мере увеличения числа треугольников.

2. Наивыгоднейшее построение Т. Таким образом всегда желательно удлинить стороны тр-ков, чтобы уменьшить число последних. Однако удлинение сторон влечет за собою необходимость поднять инструмент на нек-рую высоту, т. к. вследствие кривизны земли с одной вершины тр-ка не будут видны другие (фиг. 2). Необходимая высота поднятия подсчитывается по следующей формуле:



Фиг. 2.

$$h = \frac{l^2}{2R}, \quad (4)$$

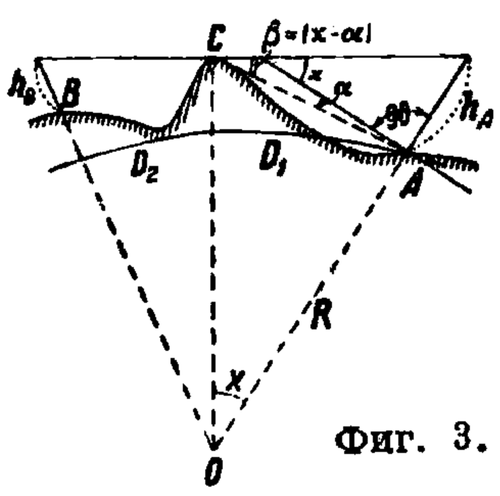
где l—половина длины стороны тр-ка, R—средний приближенный радиус земли, принимаемый равным 6 370 *км*. Вычисления по этой ф-ле дают следующую табличку для h в *м* при l в *км*:

l	1	2	3	5	10	15	20	25
h	0,08	0,3	0,7	2,0	7,8	17,7	31,5	50,0

Отсюда видно, что при стороне тр-ка в 30 *км* нужно подняться на двух противоположных вершинах почти на 18 *м*, чтобы установить взаимную видимость. Кроме того добавляется еще 4—6 *м* для того, чтобы отдалить луч зрения от поверхности земли. Т. о. возникает вопрос о подъеме на нек-рую высоту геодезич. инструмента, служащего для измерения углов в тр-ке; этот вопрос разрешается постройкою тригонометрических знаков, которая производится после соответствующей рекогносцировки сети на местности.

3. Рекогносцировка Т. При возникновении необходимости проложения Т. прежде всего собираются картографические материалы и сведения о характере местности намечаемого района. По этим данным в зависимости от назначения Т. составляется проект сети на карте наиболее крупного масштаба, имеющегося для данного района. Затем этот проект рекогносцируется, для чего намеченные на карте места знаков объезжаются и посещаются триангулятором последовательно вдоль всей цепи или сети, начиная от базиса, если Т. самостоятельная, или от исходной стороны Т., ранее проложенной в данном районе, причем новая сеть служит ее развитием. Наиболее трудная задача рекогносцировки заключается в опредении высоты знаков, необходимой для взаимной их видимости. Если местность гористая или сильно всхолмленная и открытая, указанный вопрос разрешается сравнительно легко, т. к. небольшого подъема над поверхностью земли бывает достаточно, чтобы

можно было в бинокль или трубу различать местные предметы на значительном расстоянии. Если же местность покрыта лесами, то разрешение задачи весьма затрудняется. Существуют два метода для определения необходимой высоты знака при рекогносцировке. Первый способ непосредственного определения искомой высоты достигается подъемом наблюдателя на месте постройки будущего знака на требуемую высоту с помощью мачты с блоком вверху, через который продет канат. Один конец его завязывается петлей, куда и садится наблюдатель, вооруженный бинокулярною трубою. Рабочие, подтягивая канат, поднимают наблюдателя на должную высоту, которая затем и замеряется. Для той же цели весьма удобно применить легкие раздвижные л е с т н и ц ы до 20 *м* высотой. Несмотря на простоту и ясность такого метода рекогносцировки в широкой практике этого дела он не встречается, так как для своего применения он требует хороших транспортных средств, что является наиболее слабым местом полевых геодезич. работ. Вторым средством для определения высоты построек знаков является тахеометрическое или барометрич. нивелирование. В случае невозможности проследить на местности непосредственно направление намечаемой стороны треугольника определяют последовательно от одной до другой вершины его наивысшие характерные изломы поверхности земли или верхушек деревьев леса и строят продольный профиль, по которому затем уже рассчитывают высоту знаков, принимая во внимание кривизну поверхности земли. Если наблюдателю из точки A нужно увидеть точку B (фиг. 3) через препятствие C в виде например гребня лесов, покрывающих возвышенность, он прежде всего по имеющейся карте определяет расстояние до препятствия C, пользуясь для этого буссольными засечками. Азимуты, измеренные при рекогносцировке в направлении на препятствие с различных пунктов, прокладываются на карте, и таким путем расстояние получается с точностью до 0,1 *км*. Далее задача сводится к определению отрезка h_A путем измерения тахеометром (или кипрегелем) вертикального угла α в направлении на точку C, к-рый м. б. как углом повышения, так и понижения (+или −). Затем вычисляется величина угла x в минутах дуги по ф-ле



Фиг. 3.

$$x = \frac{D_1}{1{,}85}, \qquad (5)$$

где D_1—расстояние от A до C в *км*; 1,85 *км*—средняя длина дуги в одну минуту на поверхности земли. После этого отрезок h_A вычисляется по ф-ле

$$h_A = (x - \alpha) \times 0{,}3\, D_1, \qquad (6)$$

причем, как указано, углы x и α выражены в минутах, а расстояние D_1—в *км*. Таким же путем наблюдатель, проехав на точку B, определяет величину отрезка h_B. Было бы невыгодным воспользоваться полученными величинами h_A и h_B непосредственно. Целесообразнее знаки построить примерно равной высоты, для чего высоту знака на точке B увеличивают, а на точке A уменьшают, пользуясь пропорцией

$$\Delta h_B : \Delta h_A = D_2 : D_1,$$

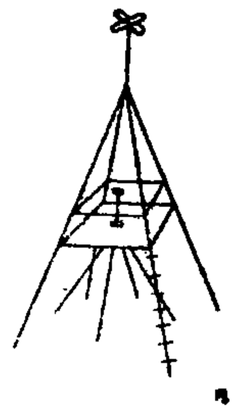
где Δh_B и Δh_A — поправки к вычисленным отрезкам h_B и h_A.

Результаты, получаемые тахеометрически, дают достаточную точность, если работа производится тщательно и расстояния определены без грубых ошибок. При барометрич. определениях следует рассчитывать на возможность ошибки в высоте до ± 4 *м*, что однако удовлетворяет решению задачи. Данный вопрос представляется особо трудным собственно только при очень длинных сторонах в 25—50 *км*, что встречается в Т. I класса. В мелких сетях с короткими сторонами при известном навыке средняя высота знака устанавливается более просто, причем здесь применяются оба способа одновременно: и подъем на невысокие мачты, деревья или подходящие здания и метод инструментального определения высоты перегибов местности, служащих препятствием для видимости. В зависимости от данных рекогносцировки проект сети видоизменяется, уточняется и устанавливается окончательно. При этом собираются также сведения о наличии лесного материала, средств и направления его доставки.

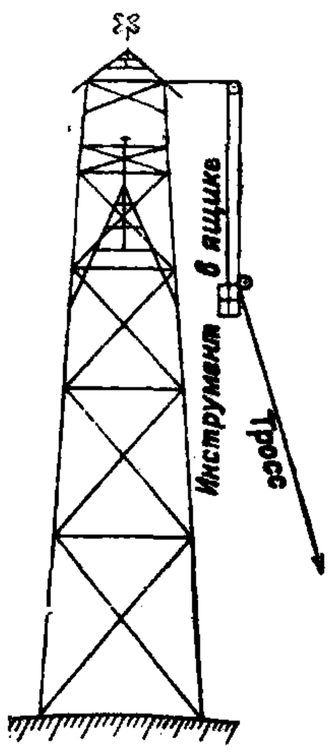
4. Т р и г о н о м е т р и ч е с к и е з н а к и и ц е н т р ы. Как уже указано, вершины тр-ков тригонометрических сетей отмечаются на местности знаками. Было бы желательно во всех случаях обойтись для этого местными предметами, как то: башнями, трубами заводов, высокими зданиями и т. п. Однако этих предметов обычно нехватает, и помимо того они хороши б. ч. лишь как объекты наблюдений, т. к. они хорошо видимы издали. Пользование же ими как местом для измерения углов в большинстве случаев совершенно невозможно, а если и возможно, то с большими осложнениями будущих вычислений. Вследствие этого на пунктах наблюдений обычно воздвигаются специальные постройки, местные же предметы определяются попутно засечками. Простейшим тригонометрическим знаком является в е х а (фиг. 4). Для ее постройки нужно 5—6 жердей. Из них собирается небольшая пирамидка высотою 3—4 *м*, под к-рою и ставится инструмент. Ноги пирамиды углубляются на 1—1½ *м* в землю и плотно утрамбовываются. В вершине пирамиды укрепляется отвесно с о б с т в е н н о в е х а также 3—4 *м* высоты, с решеткою из планочек наверху. Таким путем получается знак до 6—8 *м* высотою, весьма простой в постройке и удобный для работы на нем в поле. Если нужно достигнуть большей высоты, то строят простую пирамиду (фиг. 5). Для этого заготовляют 5 бревен толщиною до 15—20 *см* в нижнем отрубе длиною, какую только можно добыть в местном лесу (8—12 *м*). Из такого материала и сооружается ч е т ы р е х н о г а я пирамида с толстою б о л в а н к о ю при вершине. Болванка м. б. удлинена прибивкою вехи, благодаря чему пирамида может достигнуть высоты 15—16 *м*. В обоих описанных случаях инструмент для наблюдения ставится со штативом на земле под знаком. Однако возникают случаи, когда, как уже было указано, для преодоления кривизны земли или же препятствия между знаками приходится поднять


Фиг. 4.


Фиг. 5.

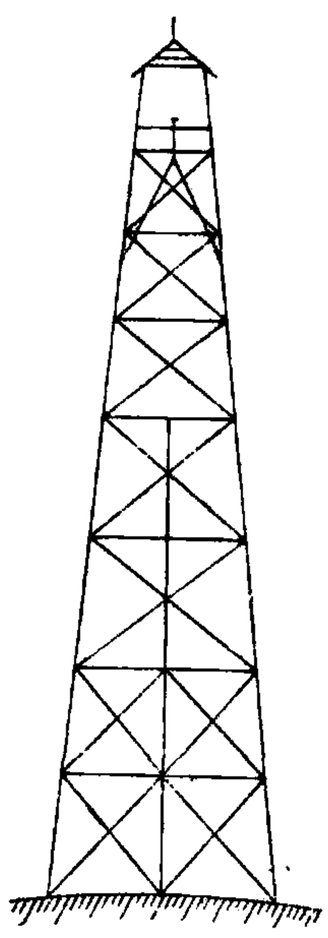

Фиг. 6.

инструмент на некоторую высоту. Тогда подобную же пирамиду строят повыше, для чего в случае нужды с р а щ и в а ю т бревна. Затем внутри возведенной постройки устанавливают вторую пирамиду (фиг. 6), болванка которой служит с т о л и к о м для у с т а н о в к и и н с т р у м е н т а. Пол для наблюдателя изолируется от этого столика и опирается на ноги внешней пирамиды. Для подъема на площадку к ногам прибиваются лестницы; площадка обносится перилами. В таком виде знак получает название д в о й н о й п и р а м и д ы. Во всех случаях пирамиды строят четырехножными, т. к. они имеют симметричный вид и более устойчивы. Только внутренние пирамиды возводятся иногда трехножные. В лесных местностях для достижения видимости приходится возводить еще более высокие постройки (до 25 и более *м*), к-рые называются с л о ж н ы м и с и г н а л а м и (фиг. 7). Эти знаки отличаются от предыдущих тем, что ноги их поставлены с наклоном всего от 1 : 12 до 1 : 16. Бревна для ног сложных сигналов срощены (сбиты внакладку одно на другое не менее чем на 2 *м*).

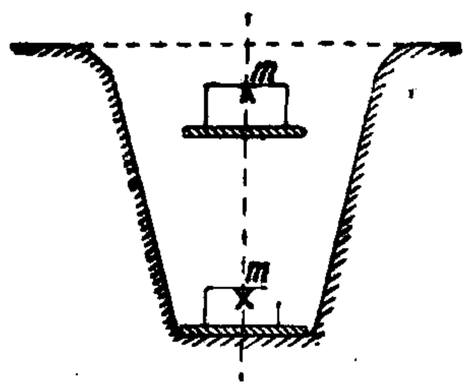


Фиг. 7.

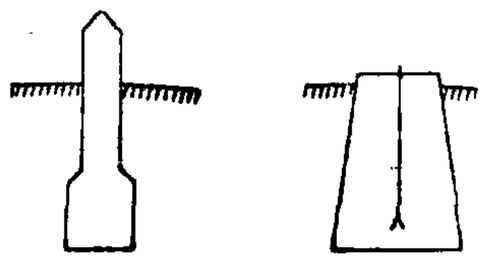
По высоте постройка разделена на я р у с ы поясами—в е н ц а м и—и скреплена к р е с т о в и н а м и. Ноги сигнала в отличие от пирамиды вверху не сходятся вместе, а венчаются легкою решетчатою четырехскатною крышею, в вершине которой вертикально укреплена болванка. Внутренняя пирамида со столиком для инструмента поднята до верхнего яруса и ноги ее длиною около 6 *м* упираются и прибиты к ногам наружной постройки. Пол для наблюдателя не касается столика, обнесен перилами; размер площадки 2×2 *м*. Благодаря такому устройству достигается устойчивое положение инструмента на столике несмотря на то, что внутренняя пирамида стоит не на земле, а своими ногами опирается на ноги сигнала. Для подъема наблюдателя делаются лестницы из ступенек, в р е з а н н ы х в ноги наружной постройки, а иногда ставятся от этажа к этажу внутренние стремянки. Инструмент поднимается на тросе, перекинутом через блок, к-рый прикрепляется для этой цели к перекладине, прибиваемой к ногам под крышей (фиг. 7). Некоторые триангуляторы к сложным сигналам большой высоты добавляют еще подпоры по углам от земли до $^1/_3$ высоты знака. Однако опыт показал, что тщательно сбитые знаки стоят достаточно прочно и без подпор. Считается более целесообразным при высоте знака свыше 30—35 *м* ставить добавочные ноги по каждой стороне знака посредине между основными ногами (фиг. 8). Промежуточные ноги делят пополам венцы и крестовины, которые с ними скрепляются, и тем самым облегчают поперечное сечение этих частей постройки. Во избежание деформации знака в горизонтальном направлении ноги расшиваются через один-два яруса г о р и з о н т а л ь н ы м и к р е с т о в и н а м и, на что необходимо обращать внимание. Существует еще промежуточная конструкция знака — п р о с т о й с и г н а л, отличающийся от двойной пирамиды большею высотою и меньшим наклоном ног, к-рые поэтому не сходятся вместе вверху, а венчаются такой же крышей, как и в сложных сигналах. Простые сигналы весьма устойчивы и хороши для наблюдений, но требуют много материала и потому в последнее время выходят из применения. Так как все перечисленные постройки имеют характер временный (стоят 3—4 года), то они возводятся по типу строительных л е с о в, т. е. в соединениях здесь обходятся простыми врубками или совсем без них; бревна в ногах, а также сопряжения крестовин и поясов с ногами скрепляются не болтами, а к о в а н ы м и (барочными) г в о з д я м и длиною 15—50 *см*. Особое внимание уделяется закреплению ног в земле на глубину $1^1/_2$—2 *м* в зависимости от высоты знака и грунта. Чтобы противостоять опрокидыванию всей постройки ветром, к ногам в ямах прибивают поперечные перекладины, называемые я к о р я м и. Самая постройка знаков производится без каких-либо вспомогательных лесов и небольшим числом плотников (4—5) и рабочих. Для подъема частей сигналов применяются блоки одно- и двухшкивные и стальные тросы 5—12-*мм* сечения, кроме того—легкие канаты, веревки. Для подъема ног (наиболее тяжелые части постройки) пользуются $^1/_2$—1-*т* лебедкой. Существуют специальные инструкции и наставления (Главное геодезич. упр.) для постройки тригонометрических знаков.


Фиг. 8.

Тригонометрич. знаки имеют характер временных построек, между тем как их геометрич. место на земле, весьма точно определенное, должно сохраняться возможно долгий срок, чтобы намеченные т. о. пункты м. б. легко возобновить для последующих работ. С этой целью в земле закладываются особые ц е н т р ы. Тип их различен и находится в зависимости от назначения Т. На Т. I и II классов закладывают д в о й н ы е ц е н т р ы (фиг. 9) из бетонной или кирпичной кладки на глубине до 2 *м*. В кладке утапливаются ч у г у н н ы е м а р к и *m* т. о., чтобы центры их, отмеченные крестиками, находились бы на одной отвесной линии, к-рая и является геометрическим местом центра знака. На мелких сетях, служащих для целей опоры съемок, центры закладываются более облегченные, в виде бетонных столбиков (фиг. 10), больших валунов, бутылок и пр. На конструкцию и тщательную закладку центров необходимо всегда обращать серьезное внимание, т. к. утрата такого вещественного знака сводит на-нет всю работу по определению тригонометрич. пункта.



Фиг. 9.

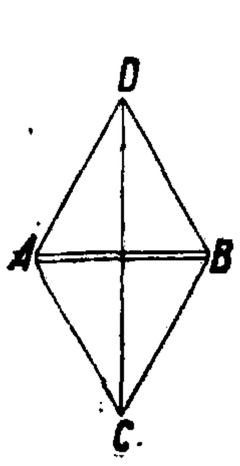

Фиг. 10.

5. П е р е н о с н ы е т р и г о н о м е т р и ч е с к и е з н а к и. При работах в местностях степных и открытых для рабочих сетей весьма выгодно применяются переносные деревянные или металлические знаки, конструкции к-рых

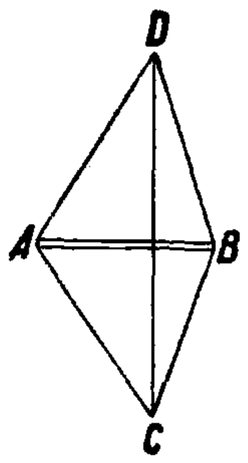
разработаны с таким расчетом, чтобы при наибольшей высоте они имели бы небольшой вес и легко перевозились бы на грузовике или даже на одной парной повозке. В настоящее время в СССР применяются для основных рядов Т. II класса переносные сигналы, построенные по типу американских (Бильби), собранные из стальных труб (строительная сталь № 3). Вес их 1 500 *кг* при высоте столика до 20 *м*. Для более мелких Т. весьма выгодны железные переносные знаки весом до 300 *кг* при высоте до 6—8 *м* и железные пирамиды еще меньшего веса при высоте до 4—5 *м*. При такой организации работы триангуляционная партия снабжается 5—7 переносными знаками, которые перемещаются постепенно вперед по мере продвижения работы. На месте бывшего знака в этом случае остается центр той или другой конструкции, и над ним насыпается земляной курган высотою 1—1½ *м*, земля для которого берется из канавки сомкнутого очертания, вырытой вокруг заложенного центра. В горах земляные курганы заменяются сухою кладкою из подручного камня в форме конусов. Основной центр выбивается в виде креста на скале.

6. Базисные сети. Непосредственному измерению на Т. подвергаются только особо для того намеченные линии, называемые базисами. Проще всего было бы избрать базисом непосредственно какую-либо сторону одного из треугольников сети. Однако при длинных сторонах тр-ков и пересеченной местности такая работа в большинстве случаев является невыполнимою. Поэтому обычно прибегают к особому добавочному построению—базисной сети. Простейший и наиболее удобный вид базисной сети—ромбический—симметричный (фиг. 11) или с диагональю, прижатой к одной из вершин ромба (фиг. 12). Короткая диагональ AB является собственно базисом и измеряется, а длинная DC получается вычислением и служит затем исходною, или выходною, стороною для всей Т. При рекогносцировке построение ромба рассчитывают т. о., чтобы острые углы при точках D и C не оказались бы менее 35°, и при таком условии выходная сторона будет в 2,8—3,0 раз больше базиса. Т. о., обратно, если из задания известна длина выходной стороны, к-рую нужно достигнуть, то можно подсчитать необходимую длину базиса; напр. если требуется получить выходную сторону CD (фиг. 12) длиною в 25 *км*, то нужно рекогносцировкой отыскать базис, соответственно расположенный и длиною 8—9 *км*. Далее при рекогносцировке базисной сети измеряют минутным теодолитом или буссолью все углы с точностью хотя бы до 1° и подыскивают синусы и котангенсы тех из них, которые войдут в вычисление выходной стороны. Так например (фиг. 13), в базисной сети базис $A_1A_2 = b$, выходная сторона $B_1B_2 = a_2$. По ф-ле синусов

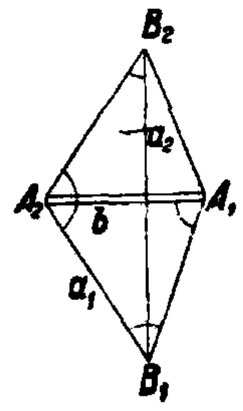
$$a_1 = b\,\frac{\sin A_2}{\sin B_1};\quad a_2 = a_1\,\frac{\sin A_2}{\sin B_1}. \qquad (7)$$



Фиг. 11.



Фиг. 12.



Фиг. 13.

Измеренные углы		sin	ctg	ctg²
A_1	85°	1,00	0,09	0,0081
B_1	40°	0,64	1,19	1,4161
A_2	110°	0,94	0,36	0,1296
B_2	35°	0,57	1,43	2,0449

Подставив величину синусов в ф-лы (7), получим, что

$$a_2 = b\,\frac{1{,}00 \cdot 0{,}91}{0{,}64 \cdot 0{,}57} = b \cdot 2{,}6,$$

т. е. выходная сторона получается в 2,6 раза длиннее измеренного базиса. Далее, положив, что относительная ошибка измерения базиса $\frac{\Delta b}{b}$ равна напр. 1 : 100 000, а такая же ошибка $\frac{\Delta a_2}{a_2}$ выходной стороны по заданию не должна превосходить 1 : 50 000, можно по формуле (1) подсчитать предельную допускаемую среднюю ошибку измерения угла ε, а именно: сумма квадратов котангенсов углов A_1, B_1, A_2 и B_2 составляет 3,60; следовательно

$$\frac{1}{5 \cdot 10^4} = \pm\sqrt{\left(\frac{1}{10^5}\right)^2 + \varepsilon^2 \cdot 3{,}6}.$$

Имея в виду, что первый член подкоренного количества—весьма малая величина, его можно отбросить, и тогда получается следующее соотношение:

$$\frac{1}{5 \cdot 10^4} = \pm\varepsilon\sqrt{3{,}6}$$

или

$$\varepsilon < \frac{1}{1{,}9 \cdot 50\,000};$$

по округлении

$$\varepsilon < 1 : 95\,000,$$

что соответствует примерно синусу угла в 2″, Другими словами, при измерении углов базисной сети в данном случае наибольшая средняя ошибка измерения угла не должна превзойти ± 2″, соответственно чему подбирается инструмент и соображается метод работы. Из приведенного примера видно, каким образом можно, задавшись определенною точностью результатов измерений на триангуляцию, найти ту точность, с которою необходимо производить измерения. Должно оговориться, что приведенные ф-лы являются приближенными, но вполне достаточными для практич. их применения. Не всегда удается на местности базисную сеть построить в виде ромба. Иногда строят на большой его диагонали второй ромб; иногда получается довольно сложная сеть из тр-ков весьма различного вида. К этому приходится прибегать, когда по местным условиям не удается выбрать базис достаточной длины.

7. Измерение базисов. Ранее высказанные соображения показывают, что базисы для обоснования Т. должны быть измерены с большою точностью и притом приборами, которые в результате дадут длину линии базиса, выраженную в действительных метрах. Для этой цели у нас применялись (в Германии и до сих пор применяются жезловые базисные приборы) особые жезлы (базисный прибор Струве); в настоящее же время в СССР базисы измеряются исключительно базисным прибором шведского ученого Едерина, усовершенствованным французами. Существенную часть

этого прибора составляют проволоки длиною 24 *м*, диам. 1,65 *мм*, изготовленные из *инвара* (см.). Коэфициент расширения его редко превышает 1 : 5 000 000. Благодаря этому влияние перемены $t°$ на длину проволоки во время измерения ничтожно и легко учитывается с достаточною точностью. Проволоки на своих концах снабжены шкалами, занумерованными слева направо от 0 до 80 *мм*. При измерении базиса проволоки поддерживаются на высоте ок. 1 *м* особыми станками с блоками и гирями, дающими натяжение в 10 *кг*. Т. о. проволоки находятся в подвешенном состоянии, причем шкалы их помещаются над целиками специальных штативов, устанавливаемых в линии базиса через 24 *м*. Для той же цели часто применяются колья, прочно забитые в землю. В последнее время стали применять проволоки длиною 48 *м*, что способствует еще большему успеху работ. Полный комплект прибора Едерина состоит из 4 инварных проволок по 24 *м* или 48 *м*, служащих собственно для измерения базиса; к ним прилагаются: проволока в 8 *м* и лента в 4 *м*, которыми измеряют остаток базиса. Затем 2 станка с блоками и гирями, 2 лотаппарата для проектирования центров на концах базиса и в перерывах работы и некоторое число штативов с целиками. Нивелир с $1^1/_2$—2-*м* рейкой служит для определения разностей высот между соседними целиками, что необходимо для вычисления «приведений к горизонту» длины проволоки, расположенной наклонно. Таким прибором можно пройти двумя проволоками в одну сторону 2—3 *км* в день.

Эталонирование проволок (определение их длины сравнением с нормальными мерами) производится на особых компараторах с микроскопами, которые имеются в Москве и Ленинграде. Точность измерения прибором Едерина при тщательной работе достигает 1 : 1 000 000 длины. Окончательная длина базиса вычисляется по следующей формуле:

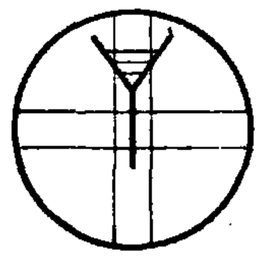
$$L = nl_0 + \sum (A - R) - \sum \frac{h^2}{2l} + kl\,(t - t_0) + r, \quad (8)$$

где n—число пролетов, l_0—длина проволоки из эталонирования, A и R — отсчеты по шкалам передней и задней, h — разность высот между соседними целиками, k — коэфициент линейного расширения проволоки на 1°, t—темп-ра измерения, t_0—темп-ра эталонирования, r—остаток базиса, измеренный инварною лентою. Длина базиса приводится к уровенной поверхности океана, для чего поправка вычисляется по формуле

$$\Delta L = -\frac{L(H+h)}{R}, \quad (9)$$

где L—вычисленная длина базиса, H—абсолютная высота одного из концов базиса, h—средняя из превышений всех целиков над центром того же конца базиса, R—длина среднего радиуса земного сфероида для данной широты места.

8. Измерение горизонтальных углов. Для измерения углов на Т. применяются теодолиты и универсальные инструменты. Различие их заключается в конструкции трубы: у теодолитов труба прямая и скреплена с осью вращения по середине ее. Универсальный инструмент служит не только для измерения горизонтальных углов между земными предметами, но и для астрономич. наблюдений, почему труба у него или ломаная или прямая внецентренная, т. е. прикрепленная к концу своей оси вращения вне лагер. Кроме того универсальный инструмент обязательно имеет вертикальный круг. У нас в СССР применяются 1-, 2- и 5-секундные инструменты с микроскопами; 10-секундные с верньерами. В настоящее время входят в употребление теодолиты со стеклянными кругами и оптическими микрометрами Цейсса и Вильда, а также инструменты со шкаловыми микроскопами. Все эти инструменты должны иметь сетку нитей, в которой были бы 2 вертикальные и 2 горизонтальные нити (фиг. 14). Это необходимо потому, что при достаточно больших расстояниях изображение наблюдаемого предмета не должно покрываться вертикальной нитью, как это делается при работе с малыми теодолитами, так как в этом случае оно исчезает. Если же имеются две нити, то изображение сигнала вводится микрометрич. движением в промежуток между нитями и располагается там симметрично относительно этих нитей. Для контроля устойчивости инструмента в продолжение измерения угла или нескольких направлений иногда применяется поверительная труба, которая помещается под лимбом и скрепляется наглухо или со втулкою его или с трегером инструмента с помощью одного или нескольких зажимных винтов. Вертикальные круги обязательно снабжаются точными уровнями, которые скрепляются с алидадою. Они дают возможность измерять вертикальные углы по-



Фиг. 14.

Табл. 1. — Журнал измерения горизонтальных направлений.

Пирамида Иванцево — Высота инструмента над центром 2,1 *м*
5/VI—1932 16 ч. 35 м. — Высота болванки над центром 8,3 *м*
Десятисекундный теодолит № 1532

Название предметов	Круг L		$2C = L - R$	Круг R		$\frac{L+R}{2}$	Направление
	Отсчеты по верньерам	Среднее		Отсчеты по верньерам	Среднее		
					Ср. 0°1′0,6″ из (1) и (2)		
Васильково . . .	$0°\ 1'\ \frac{20''}{30}$	0° 1′25″	+45″	$180°0'\ \frac{30''}{50}$	180° 0′40″	0° 1′ 2,5″ (1)	0° 0′ 0″
Володино	$43\ 28\ \frac{15}{20}$	43 28 17,5	42,5″	$223\ 27\ \frac{40}{30}$	223 27 35	43 27 56,2	43 26 55,6
Мамино	$68\ 42\ \frac{35}{40}$	68 42 37,5	42,5″	$248\ 41\ \frac{50}{60}$	248 41 55	68 42 16,2	68 41 15,6
Васильково . . .	$0\ 1\ \frac{15}{30}$	0 1 22,5	47,5″	$180\ 0\ \frac{40}{30}$	180 0 35	0 0 58,7 (2)	—

добно тахеометрич. теодолиту, но с большею точностью. Условия, которым должны удовлетворять эти инструменты, совершенно те же, что и в малых теодолитах, но конечно вся регулировка их совершается более точно и требует опытной руки. Инструменты тщательно оберегаются, во время работы обязательно защищаются от солнца и ветра зонтом или палаткой, для перевозки внимательно укладываются в ящик.

9. Способы измерения углов. При измерении горизонтальных углов на Т. применяются следующие способы. а) Способ круговых приемов (Струве) заключается в том, что измеряются собственно не углы, а направления на все знаки и предметы, которые д. б. засечены с данной станции на сигнале. Для этой цели труба наводится при вертикальном круге слева поочередно на все предметы, начиная с первого, избранного начальным; при этом алидадный круг вращается вправо, по часовой стрелке. После наведения на каждый предмет делаются отсчеты по двум микроскопам или верньерам, к-рые и записываются в журнал. Обойдя все предметы, труба снова для контроля положения лимба наводится на начальный предмет, и второй отсчет также записывается. Этим заканчивается полуприем; затем труба переводится через зенит, и работа повторяется, но в обратном порядке, т. е. алидадный круг вращается от начального предмета влево, против часовой стрелки. Таким порядком во втором полуприеме повторяются наведения на все предметы, и весь круговой прием заканчивается четвертым наведением на начальный предмет. Обработка журнала наблюдений одного приема видна из прилагаемого образца (табл. 1). В результате получаются т. н. направления. На каждом пункте выполняют от 3 до 12 таких приемов в зависимости от требуемой точности, и за окончательный результат берут среднее арифметическое из всех приемов по каждому направлению. В табл. 2 приведен пример записи наблюдений в журнале при измерении направлений универсальным инструментом с микроскоп-микрометрами.

При измерении направлений круговыми приемами горизонтальный круг переставляется перед началом каждого приема, чтобы отсчеты во всех случаях приходились бы на различных делениях. Эти перестановки лимба для исключения влияния систематических ошибок делений самого лимба делаются через равные промежутки, а именно: круг переставляют так, чтобы например при 6 приемах на начальный предмет отсчет был бы близким к следующим цифрам (в градусах):

в I приеме	0	в IV приеме	90
» II »	30	» V »	120
» III »	60	» VI »	150

Другими словами, при 6 приемах круг переставляется на 30° или вообще от приема к приему круг переставляется на $\frac{180}{n}$, где n — число приемов. Исключение влияния систематических ошибок делений лимба основано на свойстве коэф-тов ряда, к-рым м. б. представлена систематич. ошибка Σ каждой черточки θ, а именно:

$$\sum_\theta = A_1 \sin(\theta + a_1) + A_2 \sin(2\theta + a_2) + A_3 \sin(3\theta + a_3) + \dots$$

Таб л. 2.—Пример записи наблюдений в журнале при измерении направлений универсальным инструментом.

пир. Холмистая

Инструмент: Брейтгаупта № 36 с микроскоп-микрометрами; цена одного деления барабана 10"

Месяц и число
Начало измерения
Конец измерения

Название наблюдаемых предметов	Градусы и минуты	Младший штрих Старш. штрих: Микр. A	Младший штрих Старш. штрих: Микр. B	$\frac{a+a'}{2}$ A	$\frac{a+a'}{2}$ B	L	$2C = L - R$	Градусы и минуты
п. Трестюк . .	0 0	2'44"	2'44"	2'44,5"		0° 2'44,2"	+0,2"	
		45	41	44,0				
				2 44,2				
п. Уза	103 30	7 46	7 44	7 46,0		103 7 41,5	−0,2	
		46	42	43,0				
				7 14,5				
п. Песчанная . .	263 10	9 50	10 4	9 49,0		263 19 56,5	0	
		48	4	10 4,0				
				9 56,5				
п. Трестюк . . .	0 0	2 42	2 43	2 42,0		0 2 42,0	−0,5	
		42	41	42,0				
				2 42,0				

Название наблюдаемых предметов	Градусы и минуты	Младший штрих Старш. штрих: Микр. A	Младший штрих Старш. штрих: Микр. B	$\frac{a+a'}{2}$ A	$\frac{a+a'}{2}$ B	Направление
	θ	θ_1		$\frac{1}{2}(L+R)$		
	θ	θ_1				
	R			Среднее из (1) и (2) = 13,15"		
п. Трестюк . .	180° 0'	2'43"	2'14"	2'41,0"		0° 0' 0,0"
		45	41	44,0		
				2 44,0		
п. Уза	283 30	7 45	7 45	7 45,0		103 5 1,45
		45	44	44,0		
				7 44,7		
п. Песчанная . .	83 10	9 56	9 58	9 56,0		263 17 13,35
		56	56	57,0		
				9 56,5		
п. Трестюк . . .	180 0	2 42	2 43	2 42,5		
		43	42	42,5		
				2 12,5		
	180° 2' 44,0"			0° 2' 44,10" (1)		
	283 37 44,7			103 7 41,6		
	83 19 56,5			263 19 56,5		
	180 2 42,5			0 2 42,20 (2)		

Здесь коэф-ты A_1, A_2, A_3,... и углы a_1, a_2, a_3,... нек-рые постоянные, которые можно определить из исследования лимба. Однако если делать перестановку лимба через равные угловые промежутки, то отсчитанные черточки расположатся симметрично по всему кругу, сумма ошибок Σ_θ всех приемов выразится суммою членов, в к-рой каждая из постоянных A_1, A_2, A_3,... будет умножаться на сумму синусов кратных дуг, каковая равна нулю. Благодаря этому и Σ_θ обратится в нуль. Одновременно с этим ослабляется влияние и случайных ошибок делений лимба вследствие увеличения числа всех отсчетов. На начальный предмет всегда делают наведение при отсчете, близком к 0°.

После обработки журнала составляется список направлений для данного пункта (табл. 3), полученных из всех приемов, а затем вычисляется средняя ошибка одного приема по ф-ле

Табл. 3.—Список направлений на пирамиде Иванцево (5/VI—1932 г.).

№ приемов	Название пунктов: Васильково	Володино	v	v^2	Мамино	v	v^2
I	0°0′0″	43°26′55,6″	+1,9	3,6	68°41′15,6″	+1,2	1,4
II	0	50,3	−3,4	11,6	10,1	−4,3	18,5
III	0	48,2	−5,5	30,3	8,3	−6,1	37,2
IV	0	59,4	+5,7	32,5	16,7	+2,3	5,3
V	0	51,8	−1,9	3,6	21,2	+6,8	46,2
VI	0	57,0	+3,3	10,9	14,3	−0,1	0,0
Ср.	=0°0′0″	43°26′53,7″ ± 1,7″		Σv^2=92,5	68°41′ 14,4″ ± 1,9″		Σv^2=108,6

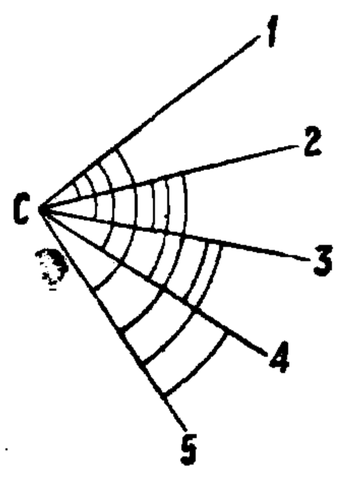
$$\varepsilon_1 = \pm\sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n-1}}, \qquad (10)$$

где v^2—квадраты уклонения отдельных приемов от среднего, n—число приемов. Средняя ошибка результата измерений из всех n приемов равна

$$\varepsilon_n = \pm\sqrt{\frac{\Sigma v^2}{n(n-1)}}. \qquad (11)$$

В данном примере для пункта Володино $\varepsilon_n = \pm 1{,}7''$, для пункта Мамино $\varepsilon_n = \pm 1{,}9''$.

б) По существующим в СССР инструкциям способ круговых приемов применяется при измерении направлений на всех Т., за исключением Т. I кл., где установлен способ Шрейбера. Сущность этого метода заключается в том, что в отличие от способа Струве здесь измеряются не направления, а именно углы между отдельными знаками и предметами. Порядок расстановки этих углов соображен т. о., что в результате, в среднем, из всех измерений и на все предметы получаются те же направления, что и круговыми приемами, причем вес всех направлений строго одинаковый; систематические ошибки делений лимба также исключаются. В способе Шрейбера измеряются на станции углы между предметами 1, 2, 3, 4, 5 во всех комбинациях (фиг. 15), а именно: 1—2, 1—3, 1—4, 1—5, 2—3, 2—4, 2—5, 3—4, 3—5, 4—5, причем каждый угол измеряется несколькими приемами, а прием состоит из двух полуприемов: при круге «лево» и при круге «право». Кроме того ставится еще необходимое условие, чтобы всякое направление измерялось бы при одном и том же положении горизонтального лимба один раз, т. е. отсчет по кругу был бы всегда разный, и наконец чтобы все отсчеты расположились бы по кругу симметрично (так же, как и в способе круговых приемов). Для этой цели Шрейбером даны формулы, по к-рым составляются таблички установок лимба для различного числа приемов и различного числа направлений на станции. Если обозначить через n число направлений на станции, m—число приемов, к-рым должен быть измерен каждый угол, σ—угол поворота лимба между приемами при измерении одного и того же угла, δ—угол поворота лимба при переходе от измерения углов одной группы к другой, не примыкающих друг к другу (напр. от 1—5 к 2—3), тогда число всех перестановок лимба p:



Фиг. 15.

$$p = m(n-1) \text{ при четном } n,$$
$$p = mn \text{ при нечетном } n,$$
$$\sigma = \frac{180°}{m},$$
$$\delta = \frac{\sigma}{n-1}, \text{ при четном } n,$$
$$\delta = \frac{\sigma}{n} \text{ при нечетном } n.$$

Табл. 4.—При $n=2u$ $m=12$.

Угол	Приемы: I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1—2	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°

Табл. 5.—При $n=3u$ $m=8$.

Угол	Приемы: I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1—2	0°	22,5°	45°	67,5°	90°	112,5°	135°	157,5°
1—3	7,5	30	52,5	75	97,5	120	142,5	165
2—3	15	37,5	60	82,5	105	127,5	150	172,5

Табл. 6.—При $n=4u$ $m=6$.

Угол	Приемы: I	II	III	IV	V	VI
1—2	0°	30°	60°	90°	100°	150°
1—3	10	40	70	100	130	160
1—4	20	50	80	110	110	170
2—3	20	50	80	110	140	170
2—4	10	40	70	100	130	160
3—4	0	30	60	90	120	150

Табл. 7.—При $n=5u'$ $m=5$.

Угол	Приемы: I	II	III	IV	V
1—2	0°	36°	72°	108°	144°
1—3	7,2	43,2	79,2	115,2	151,2
1—4	14,4	50,4	86,4	122,4	158,4
1—5	21,6	57,6	93,6	129,6	165,6
2—3	14,4	50,4	86,4	122,4	158,4
2—4	21,6	57,6	93,6	129,6	165,6
2—5	28,8	64,8	100,8	136,8	172,8
3—4	28,8	64,8	100,8	136,8	172,8
3—5	0	36	72	108	144
4—5	7,2	43,2	79,2	115,2	151,2

Табл. 4, 5, 6 и 7 составлены по этим ф-лам применительно к Т. I кл. при $mn=24$; установки лимба показаны в градусах. Обращается внимание на то, что цифры в таблицах не

означают отсчета по лимбу для установки его на левый предмет при измерении данного угла. Для этой цели нужно или прикрепить к трегеру инструмента постоянный указатель, по которому и делать установку лимба по цифрам таблицы, или на каждой станции избрать какой-либо постоянный предмет, хорошо видимый и легко находимый, наводить на него трубу перед каждым приемом, затем поворачивать лимб и подводить под первый микроскоп отсчет, указанный в табл. 4—7. Далее по закреплении лимба начинать собственно измерение угла. Обработку результатов измерений углов на станции по способу Шрейбера см. табл. 8. Преимущество способа Шрейбера перед способом круговых приемов заключается затем на предмет B, и отсчет тоже не записывается. Если предположено делать напр. три повторения, то записывается отсчет b_3 (фиг. 16, *II*), и окончательная величина угла будет равна

$$x = \frac{b_3 - a_1}{3}.$$

То же самое повторяется при другом положении вертикального круга, и затем берут среднее как окончательный результат. Таким путем измеряются все углы между пунктами, каждый угол отдельно. Если на данном знаке случится иметь 4—5 направлений, то работа становится утомительной, однако при слабых по качествам инструментах способ повторений может выручить. Во избежание грубых просчетов рекомендуется записывать отсчет b_1, чтобы уже

Табл. 8. — Обработка результатов измерений углов на станции по способу Шрейбера.

На станции 3 направления

Измерены углы 1—2, 1—3, 2—3; каждый 8 приемами, большим теодолитом с микроскопами

	(1—2) 55° 54′	(1—3) 109° 26′	(2—3) 53° 32′
I	49,15″	6,10″	17,38″
II	49,52	6,94	17,61
III	47,25	4,54	17,75
IV	48,28	8,49	18,06
V	48,22	6,48	20,91
VI	49,60	5,33	20,23
VII	49,70	5,41	20,43
VIII	49,01	6,76	18,39
	48,82″	6,26″	18,85″

Наблюденные уравненные направления

1	0°	0′	0″
2	55	54	48,35
3	109	26	6,73

Уравнение измеренных углов

(1—2) . . . 48,82″	(1—3) . . . 6,26″
(1—2) . . . 48,82	(1—3) . . . 6,26
(1—3) − (2—3) . . . 47,41	(1—2) + (2—3) . . . 7,67
$A = 48{,}35''$	$B = 6{,}73''$

Средняя ошибка угла по согласию результатов отдельных приемов

$$m_1 = \pm \sqrt{\frac{\Sigma v^2}{m-n}} = \pm 1{,}15''.$$

Средняя ошибка угла из 8 приемов

$$m_2 = \pm \sqrt{\frac{\Sigma \delta^2}{\frac{(n-1)\ (n-2)}{2}}} = \pm 0{,}81''.$$

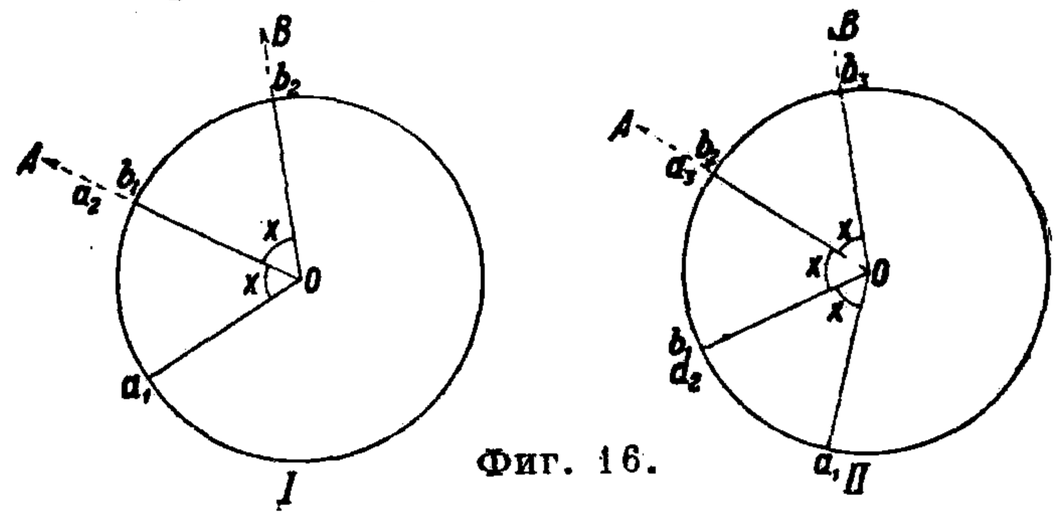
Средняя ошибка уравненного угла

$$m_3 = \pm \frac{m_2}{\sqrt{\frac{n}{2}}} = \pm 0{,}66'',$$

где: v — уклонения от среднего из всех приемов,
δ — уклонения этих средних от уравненных,
m — число приемов (24),
n — число направлений (3).

в том, что, во-первых, измерение одного угла протекает весьма быстро, и потому больше гарантии в том, что лимб остается неподвижным; во-вторых, именно в Т. I кл. при больших расстояниях (до 50 и более *км*) не всегда удается одновременно видеть все предметы, что совершенно необходимо для измерения круговыми приемами. Количество же наведений трубою и отсчетов по микроскопам при способе Шрейбера возрастает, и работа становится громоздкою тем более, чем больше направлений на станции.

в) В нек-рых случаях для измерения горизонтальных углов применяется способ повторений, главным образом тогда, когда инструмент не обладает достаточной точностью отсчетов или вообще потрепанный. При этом методе работы также измеряются отдельные углы между направлениями на два соседних пункта сл. обр. (фиг. 16, *I*): алидадный круг скрепляют с лимбом, наводят трубу на левый предмет A и делают отсчет a_1; затем, как обычно, оставляя лимб неподвижным, наводят трубу на предмет B. Далее, вместо того, чтобы сделать отсчет b_1 и получить искомый угол $x = b_1 - a_1$, открепляют лимб и, вращая его вместе с алидадным кругом и трубою, наводят последнюю вновь на предмет A, закрепляя лимб и действуя нужным микрометрич. винтом. Т. о. искомый угол x как бы откладывается на лимбе. Отсчет a_2 (равный b_1) не делается, а труба, как обычно при измерении углов, наводится после двух первых наведений получить приближенную величину угла. Далее, из всех повторений измеряемый угол должен получиться близ-



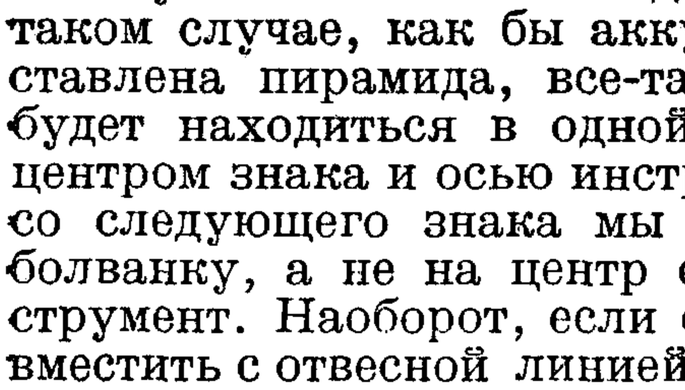
Фиг. 16.

ким к вычисленному из первого измерения, что и служит контролем измерений и вычислений.

10. Общие замечания к измерению углов на Т. При измерении углов на Т. необходимо с полным вниманием отнестись к каждому своему движению, чтобы выработать совершенную четкость этих действий и не делать ничего лишнего. Во всех геодезич. измерениях все приемы располагаются симметрично как в пространстве, так и во времени относительно какого-либо предмета или момента; обычно именно при соблюдении таких условий работа оказывается наиболее рационально налаженною. Этим же путем ослабляется или даже совершенно исключается влияние разного рода погрешностей в работе (отсчеты по лимбу делаются по двум верньерам, удаленным друг от друга на 180°, вертикальные

углы измеряются при круге «право» и «лево», нивелир ставится посредине между рейками и т. д.). При измерении углов на Т. встречаются еще с влиянием атмосферы. Видимость построенных знаков в трубу инструмента оказывается возможною только утром через час-два после восхода солнца до 8—9 ч. утра, если нет тумана. Затем в солнечные дни работа становится невозможною, т. к. изображения предметов в трубе расплываются и кажется, что воздух струится. Успокоение и наилучшая видимость наступают после полудня, часов с 16 дня, и продолжаются почти до заката солнца. Эти явления особенно дают себя чувствовать в степях, где в полдневные часы работа совсем невозможна. В горах, наоборот, время плохой видимости сокращается. В пасмурную погоду и при легком ветре можно работать почти целый день, если нет тумана. На Т. I кл. и вообще в случаях, ответственных при измерении углов, не делают наведений трубою непосредственно на изображение знака, а применяют искусственную сигнализацию: днем на знаках устанавливают гелиотропы—визирные приборы с зеркальцем, которое направляет пучок отраженных лучей солнца в сторону наблюдателя (зайчик); ночью устанавливают фонари, ацетиленовые или электрические, с рефлекторами, также обращенными в сторону наблюдателя. В настоящее время на Т. I кл. почти исключительно применяются именно ночные наблюдения с фонарями, так как в это время суток состояние атмосферы наиболее спокойное и изображения наблюдаемых светящихся точек резко очерчены.

11. Центрировки и редукции. Общие формулы. При измерении горизонтальных углов на Т. инструмент с помощью отвеса устанавливается над центром знака. В таком случае, как бы аккуратно ни была поставлена пирамида, все-таки болванка ее не будет находиться в одной отвесной линии с центром знака и осью инструмента. Между тем со следующего знака мы будем наводить на болванку, а не на центр сигнала или на инструмент. Наоборот, если ось инструмента совместить с отвесной линией болванки, то центр знака окажется в стороне. В том случае, когда инструмент ставится не на штативе, а поднимается на столик внутренней пирамиды,—несовмещение центра знака, оси инструмента и оси болванки еще более заметно. На этом основании необходимо до или после измерения углов, а если таковые протекали не один день, то и до и после наблюдений, определить



Фиг. 17.



Фиг. 18.

элементы центрировки и редукции, чтобы затем можно было ввести соответствующие поправки в измеренные углы. а) Поправка на центрировку инструмента, или приведение к центру знака. Положим, что (фиг. 17) центр знака—C; инструмент стоял на точке I; начальное направление—A_0; M—угол, измеряемый от начального направления на какой-либо пункт M', расстояние до к-рого равно D. Тогда расстояние ϱ от оси инструмента до центра знака и угол θ от начального направления и будут элементами центрировки, которые дадут возможность вычислить поправку c'' (в ск.). Из фиг. 17 видно, что

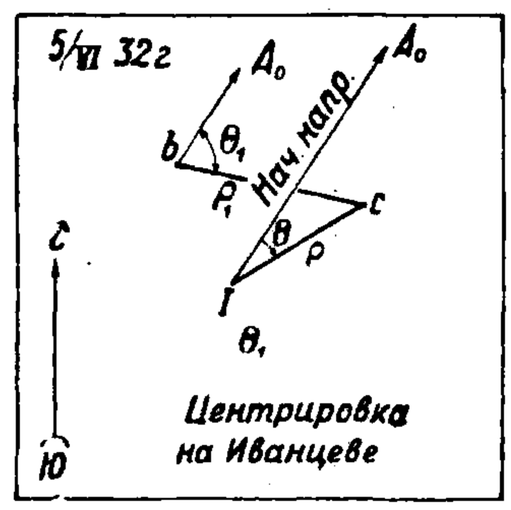
$$c'' = \frac{\varrho}{D \sin 1''} \sin (M - \theta). \qquad (12)$$

По этой ф-ле и вычисляются приведения к центру знака. б) Редукция, или приведение, болванки к центру знака. Положим, что из точки I, где стоит инструмент (фиг. 18), мы визируем на болванку B соседнего знака, центр к-рого находится в точке C_1. Редукция в этом случае выразится углом r'', для вычисления к-рого нужно определить элементы ϱ_1 и θ_1. Тогда

$$r'' = \frac{\varrho_1}{D_1 \sin 1''} \sin (M_1 - \theta_1). \qquad (13)$$

По этой ф-ле вычисляются редукции; конечно, если c'' и r'' настолько малы, что не превышают ошибок измерений углов, ими можно пренебречь.

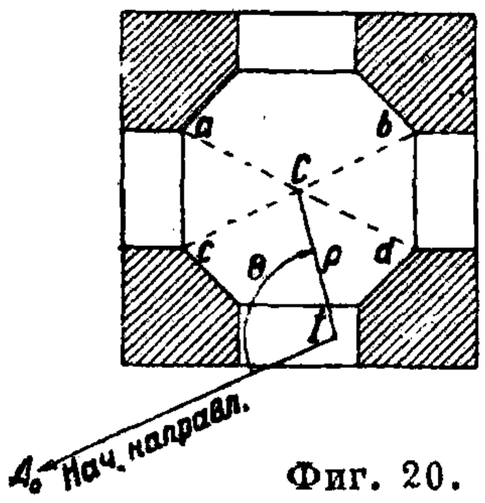
12. Определение элементов центрировок графически. Если ϱ центрировки и ϱ_1 редукции не превышают 1—2 *дм*, то их определяют графически. Для этой цели триангулятор делает себе столик на трех ножках с гладкой верхней доской. Этот столик устанавливается над центром знака, и на поверхности доски кнопками накалывается лист плотной бумаги. Небольшой теодолит, хорошо проверенный и снабженный уровнем на горизонтальной оси трубы, устанавливается по трем направлениям под углами примерно в 120° вблизи столика на расстоянии 10 — 15 *м* в зависимости от размеров площадки и высоты знака. С каждой установки на столик проектируются трубою как расположение центра знака, так и место оси инструмента и оси болванки (фиг. 19). Тут же с помощью линейки прочерчивается приближенное до нескольких минут направление на начальный предмет A_0 и по буссоли—направление меридиана. Длины ϱ и ϱ_1 определяются по масштабной линейке, а углы θ и θ_1, всегда считаемые от начального направления по направлению движения часовой стрелки, измеряются транспортиром. Необходимо заметить, что три одноименных направления, спроектированные теодолитом, вместо того чтобы пересечься в одной точке, обычно образуют треугольник погрешностей. Существующие инструкции позволяют брать искомую точку внутри такого тр-ка, если стороны его не превышают 1 *см*. В противном случае работу нужно переделывать. Заметим еще, что в случае высоких знаков и заметной коллимационной ошибки трубы, а также наклонности горизонтальной оси трубы проектировать нужно с каждой точки стояния при круге «право» и при круге «лево». Практика работ последнего времени установила такой порядок: если инструмент для измерения углов ставится на штативе на земле, то его с помощью тяжелого отвеса (чтобы ветер



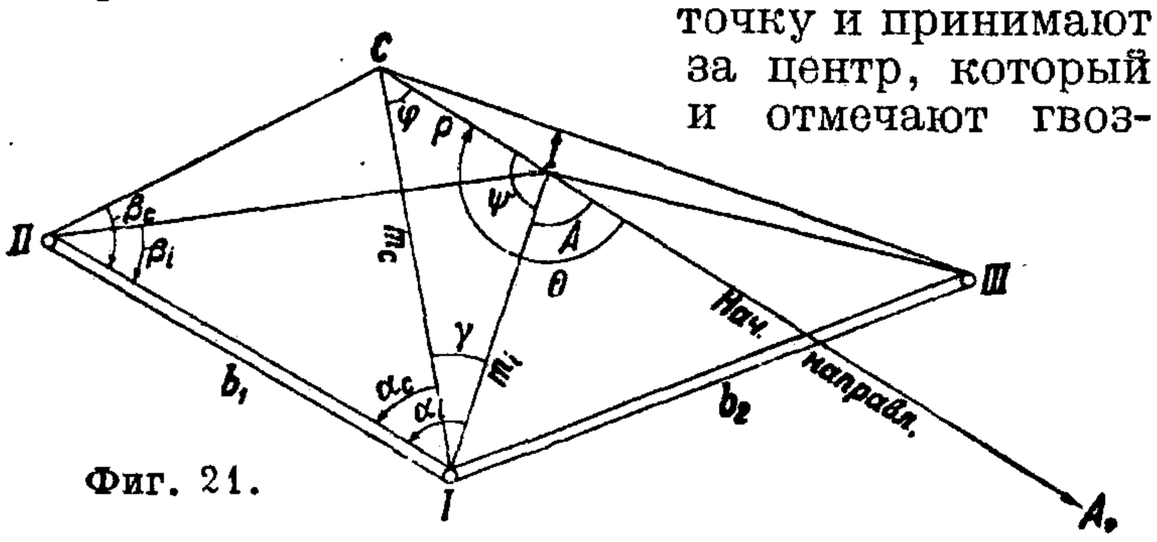
Фиг. 19.

не выгибал шнура) достаточно точно устанавливают над центром знака. Если инструмент поднимается на столик внутренней пирамиды, то предварительно туда с помощью центрировочного теодолита, как описано, с трех точек проектируют центр знака, а затем инструмент в продолжение всего периода работы на знаке ставят аккуратно над этой точкой. Т. обр. центрировку в обоих случаях обращают в нуль. Редукцию же определяют, как было описано, или со специальным столиком или же болванку проектируют на столик внутренней пирамиды, для чего там накалывают бумагу. Если строителю удалось ось болванки точно пригнать над центром знака, то и редукция обращается в нуль [для этого триангулятор обыкновенно сначала строит знак, затем с помощью тяжелого (1—2 *кг*) отвеса на струне ось болванки переносит на землю, и там закладывает центр].

13. Определение элементов центрировки непосредственно и аналитически. Бывают однако случаи, когда одна из ног знака закроет предмет наблюдения, и тогда инструмент приходится нарочно выносить в сторону и настолько далеко, что ϱ уже не поместится на столике. Чаще всего это происходит на знаках, к-рыми служат избранные для того здания, напр. колокольни. Здесь удаление оси инструмента от оси здания доходит иногда до нескольких *м*. В таких случаях элементы центрировок и редукций определяются более сложными приемами. а) Непосредственное измерение элементов центрировки делается обычно на колокольнях (фиг. 20). Для увеличения кругозора в таких случаях инструмент приходится ставить на подоконниках окон, напр. в точке I; эту станцию затем и нужно привязать к центру C, измеривши ϱ непосредственно рулеткой, а угол θ теодолитом. Положение точки C в случае полной симметрии здания находится замерами рулеткой диагоналей ad и bc. Если пересечение их будет равно отстоять от точек a, b, c и d, то эту точку и принимают за центр, который и отмечают гвоздем или чугунной маркой. Если же фигура плана здания окажется неправильной и появится сомнение в соответствии оси здания с венчающим его куполом, шпилем и т. п., то на пол проектируют купол, подобно болванке знака, с помощью теодолита с трех точек стояния. Такое проектирование обычно встречает много трудностей, если здание высокое и у подошвы его нет достаточной площадки для установок инструмента. В этих случаях триангулятор должен сам проявить изобретательность, прибегая иногда к сооружению небольших надстроек в виде подмостков, балкончиков и т. п. б) Если центрировка велика и самый центр невозможно спроектировать на пол (часто мешают перила, колокола и пр.), то положение инструмента привязывают непосредственно к куполу, а если работа шла на знаке, то к его центру. Для этого у подножия здания (или знака) выбирают и измеряют лентой один, а еще лучше два базиса (фиг. 21) и с концов их теодолитом измеряют углы α_i и β_i на ось инструмента I; затем углы α_c и β_c—на купол C (что и будет центром) или, если на знаке,—на нить отвеса, подвешенного над центром. Кроме того во время измерения углов на знаке с точки I измеряют угол A от начального направления на один из концов базиса. Из фиг. 21 видно, что



Фиг. 20.



Фиг. 21.

$$m_c = b_1 \frac{\sin \beta_c}{\sin (\alpha_c + \beta_c)};$$

точно так же

$$m_i = b_1 \frac{\sin \beta_i}{\sin (\alpha_i + \beta_i)}.$$

Далее

$$\gamma = \alpha_i - \alpha_c;$$

зная m_c, m_i и угол γ, можно из I тр-ка CI получить ϱ и угол ψ, а затем и угол θ, равный $A + \psi$. Для решения такого тр-ка по двум сторонам и углу между ними рекомендуется прием из тригонометрии, к-рый приводит к следующим формулам:

$$\varphi + \psi = 180 - \gamma,$$

$$m_c = m_i \operatorname{tg} \mu,$$

$$\operatorname{tg} {}^1\!/_2 (\varphi - \psi) = \operatorname{ctg} \tfrac{\gamma}{2} \operatorname{ctg} (\mu + 45°);$$

зная $\varphi + \psi$ и $\varphi - \psi$, вычисляют оба угла, а затем

$$\varrho = m_c \frac{\sin \gamma}{\sin \psi} = m_i \frac{\sin \gamma}{\sin \varphi}.$$

Точно таким же образом получается ϱ по данным измерений со второго базиса b_2. Величина угла θ, как уже упомянуто, получается по углам A и ψ, сообразуясь с чертежом построенной вспомогательной сети, схему к-рой во избежание грубых промахов обязательно нужно предварительно составить.

Общим и весьма важным примечанием к определению и вычислению центрировок и редукций необходимо отметить следующее: в виду того что поправки на центрировки и редукции меняют знаки в зависимости от расположения окружающих пунктов, по своей же величине эти поправки в большинстве случаев малы,—необходимо с полным вниманием производить самое определение элементов центрировок и аккуратно помечать все нужные данные на центрировочных листах. Затем при вычислениях внимательно следить и расставлять знаки при получаемых значениях элементов, т. к. введенные не с тем знаком и малые по своей величине поправки только искажят полевые измерения, а не улучшат их, и такие промахи трудно будет обнаружить. Необходимо отметить, что длина сторон D, необходимая для вычисления центрировок и редукций, получается из предварительных вычислений сети. Для этой цели берут измеренные углы тр-ков, округляют их до минуты, исходную сторону округляют до 10 мин., и с этими данными по ф-лам плоской тригонометрии вычисляют длины всех сторон тр-ков сети, пользуясь 4- или 5-значными логарифмами. Пример вычисления центрировок и редукций приведен в табл. 9. (см. стб. 951—952).

Табл. 9.—Пример вычислений центрировок и редукций.

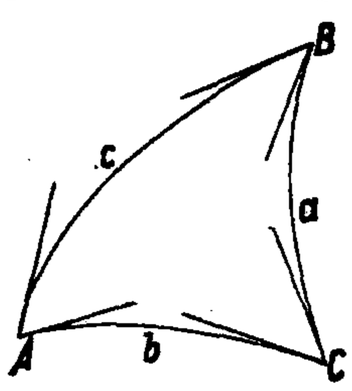
Дв. пир. Плотникова

$\varrho=0{,}11$ м.	$\lg\varrho=9{,}04139$	$\varrho_1=0{,}08$ м	$\lg\varrho_1=8{,}90309$
$\theta=124°30''$	$\lg\frac{\varrho}{\sin 1''}=4{,}35582$	$\theta_1=134°0'$	$\lg\frac{\varrho_1}{\sin 1''}=4{,}21752$

Центрировки

Наблюден. пункты	Протопопова	Портягана	Корчуган	Ячунова	Таловка
$M-\theta$	$-124°30'$	$-44°19'$	$+14°57'$	$+80°32'$	$+121°15'$
$\lg\sin(M-\theta)$	9,91599	9,84424	9,14158	9,99404	9,93192
$\lg\frac{\varrho}{\sin 1''}\sin(M-\theta)$	4,27181	4,20006	3,76740	4,34986	4,28774
$\lg D$	4,21959	4,03301	4,15236	4,35559	4,12997
$\lg c''$	0,05222	0,16705	9,61501	9,99427	0,15777
c''	$-1{,}13''$	$-1{,}47''$	$+0{,}41'$,	$+0{,}99''$	$+1{,}44''$
	$+1{,}13$	$+1{,}13$	$+1{,}13$	$+1{,}13$	$+1{,}13$
	$0{,}00''$	$-0{,}34''$	$+1{,}54''$	$+2{,}12''$	$+2{,}57''$
Редукции					
$M-\theta_1$	$-134°0'$	$-53°49'$	$+5°27'$	$+71°2'$	$+111°45'$
$\lg\sin(M-\theta_1)$	9,85693	9,90694	8,97762	9,97576	9,96793
$\lg\frac{\varrho_1}{\sin 1''}\sin(M-\theta_1)$	4,07145	4,12446	3,19514	4,19328	4,18545
$\lg D$	4,21959	4,03301	4,15236	4,35559	4,12997
$\lg r''$	9,85486	0,09145	9,04378	9,83769	0,05548
r''	$-0{,}72''$	$-1{,}23''$	$+0{,}11''$	$+0{,}69''$	$+1{,}14''$

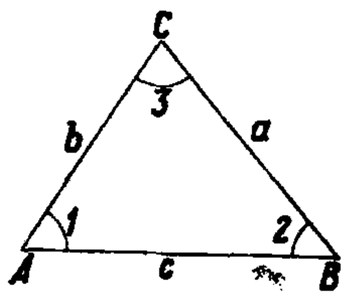
14. О сферическом избытке и теореме Лежандра. Прежде чем перейти к вопросу об обработке Т. необходимо отметить, что тр-ки на земле образуются не прямыми линиями, а дугами a, b и c (фиг. 22) и называются сферическими тр-ками, а углы их A, B и C—сферическими углами. Сумма их не равна 180°, как это имеет место в плоском тр-ке, а при сложении получается еще нек-рый излишек, называемый сферическим избытком и обозначаемый буквою ε. Т. о. в сферич. тр-ке сумма внутренних углов равна



Фиг. 22.

$$A+B+C=180°+\varepsilon.$$

Плоскость лимба теодолита или универсального инструмента при измерении углов на сигнале приводится в горизонтальное положение, а потому на Т. этими инструментами измеряются собственно углы, составленные касательными к дугам a, b и c сферич. тр-ка, проведенными через точки стояния инструмента A, B и C (фиг. 23). Между тем из сферич. тригонометрии известно, что эти углы и являются как-раз мерою сферич. углов тр-ка. Отсюда следует, что на Т. из измерений теодолитом получаются именно сферич. углы тр-ка. Это обстоятельство как-будто обязывает при всех дальнейших вычислениях Т. применять ф-лы сферич. тригонометрии, что однако привело бы к значительным усложнениям. Их можно избежать, если иметь в виду, что стороны треугольников малы по сравнению с радиусом земного сфероида и составляют в большинстве случаев едва 1 : 200 длины этого радиуса. В геодезии обработка и вычисления Т. производятся на основе теоремы Лежандра, которая доказывает, что такие тр-ки можно с совершенно достаточною точностью вычислять как плоские; необходимо только углы сферич. тр-ка уменьшить на одну треть его сферич. избытка. Т. о. если обозначить



Фиг. 23.

сферич. углы тр-ка через A, B и C, а углы преобразованного плоского тр-ка через A_1, B_1 и C_1, то по теореме Лежандра получают:

$$\left.\begin{aligned}A_1&=A-\tfrac{\varepsilon}{3}\\B_1&=B-\tfrac{\varepsilon}{3}\\C_1&=C-\tfrac{\varepsilon}{3}\end{aligned}\right\}. \qquad (14)$$

Длины сторон a, b и c остаются без изменения. Полные ф-лы Лежандра для шара следующие:

$$A_1=A-\frac{\varepsilon}{3}+\frac{\varepsilon}{60R^2}(a^2-m),$$

$$B_1=B-\frac{\varepsilon}{3}+\frac{\varepsilon}{60R^2}(b^2-m),$$

$$C_1=C-\frac{\varepsilon}{3}+\frac{\varepsilon}{60R^2}(c^2-m),$$

где

$$m=\frac{a^2+b^2+c^2}{3}.$$

Последний поправочный член этих ф-л весьма мал и практич. значения для сторон тр-ков до 80—100 *км* не имеет. Таково же значение поправочных членов к ф-ле Лежандра для сфероидич. тр-ков. Для вычисления сферич. избытка существует несколько выражений, из к-рых на Т. обычно применяется следующая ф-ла:

$$\varepsilon''=\frac{1}{R^2\sin 1''}ab\sin C, \qquad (15)$$

где R—средний радиус земного сфероида для данной широты, a и b—две какие-либо стороны тр-ка и C—угол между ними. Для логарифма множителя $\frac{1}{R^2\sin 1''}=f$ приводится табл. 10 применительно к широтам φ от 36 до 72°.

Табл. 10.—Значения $\lg f$ применительно к широте φ.

φ	$\lg f$	φ	$\lg f$
36	1,4050—10		
38	48	56	30
40	46	58	28
42	44	60	27
44	42	62	25
46	40	64	23
48	38	66	22
50	36	68	20
52	34	70	19
54	1,4032—10	72	1,4018—10

Широта φ для этих вычислений берется приближенная по существующей карте, на которой нанесена схема Т., если конечно не было специальных определений широты, долготы и азимута для ориентирования всей сети.

Примеры вычисления сферич. избытка:

$\varphi=45°$, тр-к равносторонний с углами по 60°:

	$a=b=30$ км	$a=b=20$ км	$a=b=10$ км
lg a	4,4771	4,3010	4,0000
lg b	4,4771	4,3010	4,0000
lg sin 60°	9,9375—10	9,9375—10	9,9375—10
lg f	1,4041—10	1,4041—10	1,4041—10
lg ε	0,2958	9,9436—10	9,3416—10
	$\varepsilon=1,97''$	$\varepsilon=0,88''$	$\varepsilon=0,22''$

Из этих примеров видно, что ε в условиях наших Т., где стороны редко превосходят 30 км, вообще величина небольшая и исчисляется секундами и их долями. Однако при точных работах пренебречь сферич. избытком нельзя. В малых Т. со сторонами тр-ков менее 10 км и при условии, что ошибки измерений углов превосходят величину сферического избытка, наоборот, тр-ки можно считать плоскими. Существует еще один способ вычисления сферич. тр-ков заменою их плоскими, а именно способ аддитаментов. Он заключается в том, что отыскиваются поправки к сторонам сферич. тр-ка, углы же остаются без изменения. Для вычисления логарифмов сторон a_1, b_1 и c_1 даются следующие выражения:

$$\left.\begin{aligned} \lg a_1 &= \lg a - \frac{M}{6R^2}a^2 \\ \lg b_1 &= \lg b - \frac{M}{6R^2}b^2 \\ \lg c_1 &= \lg c - \frac{M}{6R^2}c^2 \end{aligned}\right\} \qquad (16)$$

и обратно

$$\left.\begin{aligned} \lg a &= \lg a_1 + \frac{M}{6R^2}a^2 \\ \lg b &= \lg b_1 + \frac{M}{6R^2}b^2 \\ \lg c &= \lg c_1 + \frac{M}{6R^2}c^2 \end{aligned}\right\}, \qquad (17)$$

где a, b и c—стороны сферич. тр-ка, M—модуль, R—средний радиус кривизны для данной широты. Таблицы аддитаментов даются в специальных курсах геодезии, но вообще этот способ редко применяется на производстве.

15. Уравнивание сетей. Как уже упоминалось, на Т. всегда измеряются все три угла каждого тр-ка несмотря на то, что собственно для решения его достаточно иметь одну сторону и два угла. Делается это для того, чтобы получить контроль полевой работы. Вследствие ошибок измерений сумма измеренных углов A, B и C не получается равной теоретич., т. е. $180°+\varepsilon$, а выходит несколько большею или меньшею:

$$A+B+C=(180°+\varepsilon)+v,$$

где v называется ошибкою, или невязкою, треугольника. Пользуясь ею для различных тр-ков сети, можно вычислить m—ошибку измерения одного угла по ф-ле итальянского геодезиста Ферреро, а именно

$$m=\pm\sqrt{\frac{\Sigma v^2}{3n}}, \qquad (18)$$

где Σv^2—сумма квадратов найденных ошибок тр-ков, а n—число их. Предельная допускаемая невязка v тр-ка устанавливается инструкциями соответственно назначению Т. и инструментов, к-рые применялись для измерения углов. По существующим инструкциям в СССР для Т. I кл. невязка v не должна превосходить 3″; для Т. II кл.—не более 5″ при работе инструментом с 2-ск. микроскопами; не более 7″ при 5-ск. микроскопах и не более 12″ при 10-ск. верньерах. После подсчета указанным путем сумм углов в тр-ках и их невязок v (после введения поправок на центровки и редукции) еще нельзя по этим сырым материалам вычислять длины сторон тр-ков, т. к. будут получаться различные данные в зависимости от того, какая сторона будет взята за исходную и какие углы будут вставлены для вычислений. Эти сырые материалы нужно предварительно обработать и представить в таком виде, чтобы в простом тр-ке или в сети из простых тр-ков сумма углов в каждом тр-ке в точности равнялась бы теоретической, т. е. для сферич. тр-ка

$$A+B+C=180°+\varepsilon,$$

для плоского тр-ка

$$A+B+C=180°.$$

Такая обработка Т. называется уравниванием Т., что имеет целью привести материалы по измерению углов к такому виду, чтобы вычисления, от какой бы стороны Т. они ни прошли, давали бы одно и то же значение для искомой стороны (в пределах точности вычислений). Эта задача разрешена Лежандром и Гауссом, к-рыми создан прием уравнивания, дающий возможность найти необходимые поправки к измеренным углам или направлениям сети. Они приводятся к такому виду, чтобы были удовлетворены все геометрические условия сети и кроме того чтобы сумма квадратов поправок была бы наименьшею; отсюда и самый прием называется способом наименьших квадратов. Он дает строгое решение поставленной задачи.

16. Условные уравнения. Если бы в тр-ке были измерены одна сторона c и два угла A и B, то положение третьей точки C (фиг. 23) легко получилось бы после вычисления длины сторон a и b; угол C определился бы как дополнение суммы углов A и B до 180°, чем и заканчивалась бы задача по решению треугольника. Однако в геодезии такое определение всех элементов тр-ка или сети обязательно сопровождается контролем, для чего измеряются все три угла тр-ка. Вследствие этого напр. для угла C получаются два значения: одно из непосредственных измерений, другое из последующих вычислений. Если бы исходною стороною служила сторона a, такое же разногласие получилось бы в угле A, и т. д. Происходит это потому, что в данном тр-ке вследствие неизбежных ошибок наблюдений не соблюдено необходимое геометрич. условие: сумма измеренных углов не равна сумме теоретической, и это разногласие нужно устранить. Поэтому и говорят, что простой тр-к имеет одно условие фигуры, а именно должно существовать равенство:

$$1+2+3-(180°+\varepsilon)=0,$$

где 1, 2 и 3—углы тр-ка (фиг. 23). На самом деле обычно получается, что

$$1+2+3-(180°+\varepsilon)=v, \qquad (a)$$

где v—невязка тр-ка. Задача уравнительных вычислений заключается в отыскании таких

поправок (1), (2) и (3) к углам тр-ка, после введения к-рых сумма

$$1 + (1) + 2 + (2) + 3 + (3) - (180 + \varepsilon) = 0. \quad (b)$$

Если вычесть равенство (a) из (b), получим, что

$$(1) + (2) + (3) + v = 0. \quad (c)$$

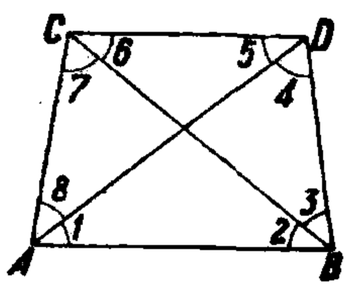
Для всякой другой сомкнутой геометрич. фигуры это равенство будет следующего вида:

$$(1) + (2) + (3) + (4) + \ldots + v = 0, \quad (19)$$

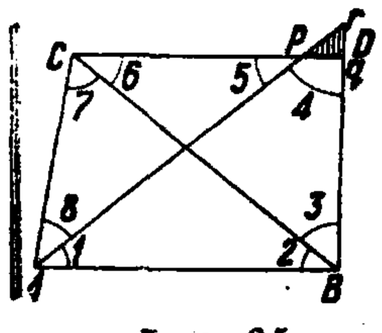
что и составляет общий вид условного ур-ия фигуры. Решением ур-ия (c) в тр-ке уравнивание заканчивается, и все разногласия устраняются (см. дальше). Если взять более сложную сеть (фиг. 24), состоящую из двух тр-ков, но связанных еще диагональю, то здесь возникают, во-первых, три необходимых условных ур-ия фигур:

$$\left.\begin{aligned} (1) + (2) + (3) + (4) + v_1 &= 0 \\ (1) + (2) + (7) + (8) + v_2 &= 0 \\ (5) + (6) + (7) + (8) + v_3 &= 0 \end{aligned}\right\}. \quad (d)$$

Такое же условное ур-ие для четвертого тр-ка BCD составлять и решать не требуется, т. к. оно будет удовлетворено само собою решением приведенных ур-ий, к-рые возникли вследствие избыточного измерения углов 4, 7 и 5. Одновременно с этим излишнее измерение угла 6 на точке C влечет за собою при построении точки D возможность получения тр-ка погрешностей pqr (фиг. 25) и т. о. вносит неопре-



Фиг. 24.



Фиг. 25.

деленность в решение расположения вершины D четырехугольника. Для устранения такого разногласия необходимо выполнить еще одно геометрич. условие, называемое у с л о в и е м п о л ю с а (или б о к о в о е). Оно следовательно вытекает из необходимости пересечения лучей CD, AD и BD в одной точке D, без всякого тр-ка погрешностей. Это требование выполняется лишь в том случае, если будут удовлетворены следующие соотношения:

$$\frac{CD}{AD} = \frac{\sin 8}{\sin(6+7)}; \quad \frac{AD}{BD} = \frac{\sin(2+3)}{\sin 1}; \quad \frac{BD}{CD} = \frac{\sin 6}{\sin 3}. \quad (e)$$

Перемножив эти равенства, получим следующее ур-ие

$$\frac{\sin 8}{\sin(6+7)} \cdot \frac{\sin(2+3)}{\sin 1} \cdot \frac{\sin 6}{\sin 3} = 1,$$

составляющее условие полюса. Если это выражение логарифмировать, то получится, что сумма логарифмов множителей в числителе без суммы логарифмов множителей в знаменателе равна нулю. В действительности же однако вследствие ошибок измерений в итоге логарифмирования этой ф-лы получится не нуль, а нек-рая величина v_4, выраженная единицами последних знаков логарифма. Таким путем получается, что

$$\lg\sin 8 + \lg\sin(2+3) + \lg\sin 6 - \lg\sin(6+7) - \lg\sin 1 - \lg\sin 3 = v_4. \quad (f)$$

Задача уравнивания и в этом случае сводится к тому, чтобы найти такие поправки к измеренным углам числителя и знаменателя, введением к-рых выражение (f) обратилось бы в нуль, т. е. чтобы

$$\lg\sin[8+(8)] + \lg\sin[2+3+(2)+(3)] + \lg\sin[6+(6)] - \lg\sin[6+7+(6)+(7)] - \lg\sin[1+(1)] - \lg\sin[3+(3)] = 0. \quad (g)$$

Поправки к углам обыкновенно выражаются секундами, а п е р е м е н ы соответствующих логарифмов синусов углов на одну секунду символами α — для углов нечетных или для углов, находящихся в числителе, и β—для углов четных или для углов, находящихся в знаменателе. Тогда можно написать следующие равенства:

$$\lg\sin[8+(8)] = \lg\sin 8 - \beta(8),$$
$$\lg\sin[2+3+(2)+(3)] = \lg\sin(2+3) + \beta(2) + \alpha(3),$$
$$\lg\sin[6+(6)] = \lg\sin 6 + \beta(6),$$
$$\lg\sin[6+7+(6)+(7)] = \lg\sin(6+7) + \beta(6) + \alpha(7),$$
$$\lg\sin[1+(1)] = \lg\sin 1 + \alpha(1),$$
$$\lg\sin[3+(3)] = \lg\sin 3 + \alpha(3).$$

В соответствии с этим ф-ла (g) примет следующий вид:

$$\lg\sin 8 + \beta(8) + \lg\sin(2+3) + \beta(2) + \alpha(3) + \ldots - \lg\sin(6+7) - \beta(6) - \alpha(7) - \lg\sin 1 - \alpha(1) - \ldots = 0. \quad (h)$$

Если теперь из выражения (h) вычесть (f), получим условное у р а в н е н и е п о л ю с а

$$-\alpha(1) + \beta(2) - \alpha(7) + \beta(8) - \ldots + v_4 = 0, \quad (k)$$

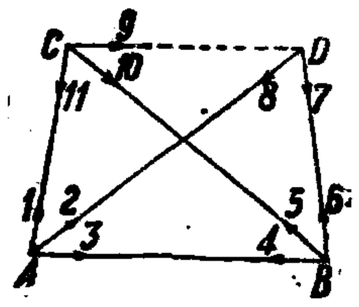
где α и β — перемены логарифмов синусов углов на 1 ск., v_4—разность между суммою логарифмов синусов углов числителя и такою же суммою синусов углов знаменателя полюсного условия, составленного для данной сети. Т. о. для рассмотренных фиг. 24 и 25, называемых г е о д е з и ч е с к и м и ч е т ы р е х у г о л ь н и к а м и, вследствие избыточных измерений углов возникают следующие 4 условных ур-ия для поправок к измеренным углам: 3 для фигур

$$\left.\begin{aligned} (1) + (2) + (3) + (4) + v_1 &= 0 \\ (1) + (2) + (7) + (8) + v_2 &= 0 \\ (5) + (6) + (7) + (8) + v_3 &= 0 \end{aligned}\right\}; \quad (20)$$

1 для полюса

$$-\alpha(1) + \beta(2) - \alpha(7) + \beta(8) + v_4 = 0.$$

В этих ур-иях величины v_1, v_2, v_3 и v_4 известны и называются п о с т о я н н ы м и ч л е н а м и, поправки же являются неизвестными, которые и нужно найти. Коэф. при неизвестных в трех первых ур-иях (фигур) равны 1, в ур-ии же полюса выражаются несколькими единицами с дробью последнего знака логарифма. Приведенную систему условных ур-ий и нужно решить для нахождения поправок. При уравнивании сетей чаще оперируют не с углами, а с н а п р а в л е н и я м и, т. к. в поле измеряются именно направления (см. раньше способ круговых приемов и способ Шрейбера). На фиг. 26 дан случай, когда в геодезич. четырехугольнике не измерено одно направление с точки D на C, что и выражено на фигуре пунктирной линией. Применительно к этому случаю проставлены номера направлений от 1 до 11 на каждом пункте по движению часо-



Фиг. 26.

вой стрелки—слева направо. В соответствии с этим в данном примере отпадает одно ур-ие фигур, и условные ур-ия представятся в следующем виде:

2 для фигур

$$-(1)+(3)-(4)+(5)-(10)+(11)+v_1=0,$$
$$-(2)+(3)-(4)+(6)-(7)+(8)+v_2=0;$$

1 для полюса

$$-\alpha(1)+\beta(2)-\alpha(3)-\beta(4)+\alpha(5)+\beta(10)-$$
$$-\alpha(11)+v_3=0. \qquad (21)$$

Во избежание пропусков при составлении условных ур-ий руководствуются следующими ф-лами:

число N всех условных ур-ий в сети равно

$$N=D-3P+4;$$

число A ур-ий фигур равно

$$A=l-P+1, \qquad (22)$$

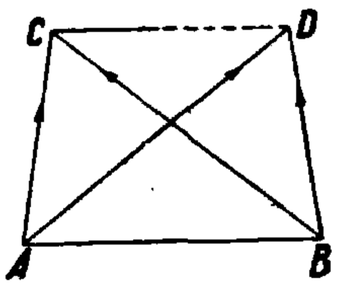
число B ур-ий полюсов равно

$$B=L-2P+3,$$

где D—число всех направлений сети, P—число всех точек, l—число сплошных линий в сети, т. е. наблюденных прямо и обратно, L—число всех линий в сети сплошных и односторонних. В применении к фиг. 26 по этим формулам получится

$$N=11-12+4=3;\ A=5-4+1=2;$$
$$B=6-8+3=1.$$

Бессель дал правило для г р а ф и ч е с к о г о подсчета числа условных ур-ий: нужно все точки сети соединить между собою сплошными линиями, как бы полигоном, и отметить их толстой ломаной линией. Число оставшихся излишних с п л о ш н ы х же линий даст число условных ур-ий фигур (на фиг. 26 осталось 2). Далее нужно получить как бы засечками последовательно одну за другой все точки сети от исходной стороны и утолстить пройденные линии. Число оставшихся сплошных и односторонних линий даст число условных ур-ий полюсов (на фиг. 27 осталось 1).



Фиг. 27.

17. О б щ и й в и д у с л о в н ы х у р а в н е н и й и и х р е ш е н и е п о с п о с о б у н а и м е н ь ш и х к в а д р а т о в. Условные ур-ия, числом i, в общем виде можно написать:

$$\left.\begin{aligned} a_1(1)+a_2(2)+a_3(3)+\ldots+a_n(n)+v_1=0\\ b_1(1)+b_2(2)+b_3(3)+\ldots+b_n(n)+v_2=0\\ c_1(1)+c_2(2)+c_3(3)+\ldots+c_n(n)+v_3=0\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ i_1(1)+i_2(2)+i_3(3)+\ldots+i_n(n)+v_i=0 \end{aligned}\right\}, \qquad (23)$$

причем n—число поправок. Коэф-ты a_1, a_2 ..., b_1, b_2, ..., c_1, c_2, ..., i_1, i_2, ... в условных ур-иях фигур равны $+1$ или -1, а в условиях полюсов являются переменами логарифмов синусов соответствующих углов на $1''$; v_1, v_2—постоянные, или известные, члены, представляющие или невязки фигур, и тогда они выражены в ск., или ошибки полюсных условий, которые выражаются несколькими единицами последних знаков логарифмов. Число неизвестных поправок в этой системе ур-ий всегда больше числа самих ур-ий, почему в таком виде решение их является неопределенным. Поэтому добавляется еще условие минимума суммы квадратов поправок. т. е.

$$(1)^2+(2)^2+(3)^2+\ldots+(n)^2=min. \qquad (24)$$

Ур-ия (23) и (24) решаются совместно, причем путем преобразований и введением неопределенных множителей, называемых к о р р е л а т а м и, k_1, k_2, k_3, ..., k_n получается следующая система ур-ий искомых поправок:

$$\left.\begin{aligned} (1)=k_1a_1+k_2b_1+k_3c_1+\ldots+k_ii_1\\ (2)=k_1a_2+k_2b_2+k_3c_2+\ldots+k_ii_2\\ (3)=k_1a_3+k_2b_3+k_3c_3+\ldots+k_ii_3\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ (n)=k_1a_n+k_2b_n+k_3c_n+\ldots+k_ii_n \end{aligned}\right\}, \qquad (25)$$

по к-рым их и можно вычислить, предварительно найдя корреляты из н о р м а л ь н ы х ур-ий:

$$\left.\begin{aligned} [aa]k_1+[ab]k_2+[ac]k_3+\ldots+[ai]k_i+v_1=0\\ [ab]k_1+[bb]k_2+[bc]k_3+\ldots+[bi]k_i+v_2=0\\ [ac]k_1+[bc]k_2+[cc]k_3+\ldots+[ci]k_i+v_3=0\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ [ai]k_1+[bi]k_2+[ci]k_3+\ldots+[ii]k_i+vk=0 \end{aligned}\right\}, \qquad (26)$$

Коэф-ты нормальных ур-ий, обозначенные символами $[aa]$, ..., $[bc]$, ..., $[cc]$, ..., $[ii]$, составляются по коэф-там условных ур-ий следующим образом:

$$\left.\begin{aligned} [aa]=a_1a_1+a_2a_2+a_3a_3+\ldots+a_na_n\\ [ab]=a_1b_1+a_2b_2+a_3b_3+\ldots+a_nb_n\\ [bb]=b_1b_1+b_2b_2+b_3b_3+\ldots+b_nb_n\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned}\right\}, \qquad (27)$$

Число нормальных ур-ий соответствует числу коррелат, а потому решение их возможно. Затем с вычисленными значениями коррелат по формулам (25) находят поправки углов. Поверкою вычислений служит равенство

$$(1)^2+(2)^2+(3)^2+\ldots+(n)^2=-(k_1v_1+k_2v_2+k_3v_3+\ldots+k_iv_i). \qquad (28)$$

Средняя ошибка угла или направления получается по ф-ле

$$m=\pm\sqrt{\frac{(1)^2+(2)^2+(3)^2+\ldots+(n)^2}{i}}, \qquad (29)$$

где i—число условных ур-ий.

18. П р и м е р ы с о с т а в л е н и я н о р м а л ь н ы х у р а в н е н и й. В тр-ке очевидно будет только одно условное ур-ие фигур следующего вида (фиг. 23):

$$(1)+(2)+(3)+v_1=0.$$

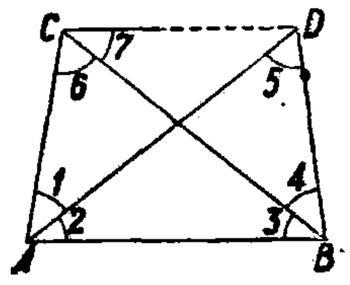
Поэтому коэф-том также одного нормального ур-ия будет $[aa]=3$ и нормальное ур-ие

$$3k_1+v_1=0,\ \text{откуда}\ k_1=-\frac{v_1}{3}.$$

Поправки к углам вычисляются по ф-лам (25)

$$(1)=(2)=(3)=-\frac{v_1}{3}.$$

Отсюда следует, что для уравнивания тр-ка по способу наименьших квадратов нужно невязку тр-ка разделить на 3 и придать с обратным знаком к углам его. В геодезич. четырехугольнике (фиг. 28) с одним односторонним направлением CD даны:



Фиг. 28.

Приведенные к центрам знаков направления

Из пункта A на:		Из пункта B на:	
C	0° 0′ 0,0″	A	0° 0′ 0,00″
D	72 14 33,11	C	21 5 27,45
B	139 37 5,06	D	42 10 39,83

Из пункта C на:

D	0° 0′ 0,0″
B	18 23 7,54
A	37 40 39,94

Из пункта D на:

B	0° 0′ 0,0″
A	70 53 54,29

$\lg AB$ 4,4313638

Вычисление приближенных размеров сети

$$AC=AB\frac{\sin 3}{\sin 6};\quad BC=AB\frac{\sin(1+2)}{\sin 6};\quad BD=AB\frac{\sin 2}{\sin 5};$$

$$AD=AB\frac{\sin(3+4)}{\sin 5}$$

△ ABC Углы		lg sin углов	lg $\frac{\sin(1+2)}{\sin 6}$	lg сторон
1+2	139°37,0′	9,8115	0,2925	4,7239=BC
6	19 17,5	9,5190	4,4314=AB	
3	21 5,5	9,5561	0,0371	4,4685=AC
			lg $\frac{\sin 3}{\sin 6}$	
△ ABD			lg $\frac{\sin 2}{\sin 5}$	
2	66°52,5′	9,9636	9,9881	4,4195=BD
5	70 56,9	9,9755	4,4314	
3+4	42 10,8	9,8270	9,8515	4,2829=AD

Вычисление сферич. избытков, напр. $\varphi=51°0'$

△ ABC		△ ABD	
lg AC . . .	4,4685	lg BD . . .	4,4195
lg AB . . .	4,4314	lg AB . . .	4,4314
+ lg sin (1+2)	9,8115—10	+ lg sin (3+4)	9,8270—10
lg f	1,1035—10	lg f	1,4035—10
lg ε_1	0,1149	lg ε_2	0,0814
$\varepsilon_1=1,30''$		$\varepsilon_2=1,21''$	
△ ACD		△ BCD	
lg AC . . .	4,4685	lg BD . . .	4,4195
lg AD . . .	4,2829	lg BC . . .	4,7239
+ lg sin 1 . .	9,9800—10	+ lg sin 4 . . .	9,5560—10
lg f	1,4035—10	lg f	1,4035—10
lg ε_3	0,1349	lg ε_4	0,1029
$\varepsilon_3=1,36''$		$\varepsilon_4=1,27''$	

Контроль $\varepsilon_1+\varepsilon_4=\varepsilon_2+\varepsilon_3=2,57''$

Составление условных ур-ий фигур, подсчет невязок тр-ков

△ ABC		△ ABD	
1+2=	139°37′ 5,06″	3+4=	42°10 39,83
+ 3=	21 5 27,45	2=	66 52 31,62
6=	19 17 32,40	5=	70 56 54,29
	180 0 4,91		180 0 5,74
(180+ε_1)=	180 0 1,30	(180+ε_2)=	180 0 1,21
$v_1=+3,61''$		$v_2=+4,61''$	

Условные ур-ия фигур

$$(1)+(2)+(3)+(6)+3,61=0,$$
$$(2)+(3)+(4)+(5)+4,53=0.$$

Составление условного ур-ия полюса (при точке D)

$$\frac{CD}{AD}\cdot\frac{AD}{BD}\cdot\frac{BD}{CD}=\frac{\sin 1\cdot\sin(3+4)\cdot\sin 7}{\sin(6+7)\cdot\sin 2\cdot\sin 4}.$$

Углы		lg sin	α на 1″
1	72°44′33,44″	9,9799950.7	+ 6,6
3+4	42 10 39,83	9,8270024.1	+23,2
7	18 23 7,54	9,4988723.5	+63,4

$\varepsilon_1=9,3058698$

Углы		lg sin	β на 1″
6+7	37°40′39,94″	9,7861974.4	+27,2
2	66 52 31,62	9,9636236.5	+ 9,0
4	21 5 12,38	9,5560387.0	+54,6

$\varepsilon_2=9,3058598$

$\varepsilon_1-\varepsilon_2=100=v_3$

$$+6,6\,(1)+23,2\,(3)+23,2\,(4)+63,4\,(7)-$$
$$-27,2\,(6)-27,2\,(7)-9,0\,(2)-54,6\,(4)+100=0$$

или после приведения подобных членов

$$+6,6\,(1)-9,0\,(2)+23,2\,(3)-31,4\,(4)-$$
$$-27,2\,(6)+36,2\,(7)+100=0.$$

Чтобы в дальнейшем вести вычисления с меньшими числами, коэф-ты условного ур-ия полюса и известный член делят на 10 (или на 100); тогда окончательно:

$$+0,66\,(1)-0,90\,(2)+2,32\,(3)-3,14(4)-$$
$$-2,72(6)+3,62(7)+10,0=0.$$

Обращается внимание на знаки в столбцах α и β. Перемены логарифмов и синусов острых углов всегда со знаком +, тупых углов со знаком −. Кроме того нужно принять в расчет знаки числителя и знаменателя. Далее составляется список коэфициентов условных уравнений в виде табл. 11.

Суммы $[as]$, $[bs]$ и $[cs]$ составляются для получения контроля при подсчетах не только коэф-тов нормальных ур-ий, но и дальнейшего их решения, как будет видно из табл. 12.

Нормальные ур-ия для данного примера представятся в следующем виде:

$$+4,00\,k_1+2,00\,k_2-0,64\,k_3+3,61=0;$$
$$+2,00\,k_1+4,00\,k_2-1,72\,k_3+4,53=0;$$
$$-0,64\,k_1-1,72\,k_2+36,99\,k_3+10,00=0;$$
$$[as]=+8,97;\ [bs]=+8,81;\ [cs]=+44,63.$$

19. Решение нормальных ур-ий по схеме Гаусса. В системе нормальных ур-ий

$$\left.\begin{aligned}[aa]\,k_1+[ab]\,k_2+[ac]\,k_3+v_1&=0,\\ [ab]\,k_1+[bb]\,k_2+[bc]\,k_3+v_2&=0,\\ [ac]\,k_1+[bc]\,k_2+[cc]\,k_3+v_3&=0,\end{aligned}\right\}\quad\text{(a)}$$

число неизвестных коррелат равно числу ур-ий, а потому имеется возможность решить эти ур-ия любым из способов, к-рые даются алгеброю. В геодезической практике применяется

Табл. 11. — Список коэфициентов условных уравнений.

№ поправок	Коэф-ты при них			Вычисление поправок *			Поправки * m	Поправки * m^2
(1)	+1	0	+0,66	−0,424		−0,216	−0,640	0,410
(2)	+1	+1	−0,90	−0,424	−1,062	+0,294	−1,192	1,416
(3)	+1	+1	+2,32	−0,424	−1,062	−0,759	−2,245	5,051
(4)	0	+1	−3,14		−1,062	+1,027	−0,035	0,002
(5)	0	+1	0		−1,062		−1,062	1,124
(6)	+1	0	−2,72	−0,424		+0,889	+0,465	0,217
(7)	0	0	+3,62			−1,184	−1,184	1,392
v	+3,61	+4,53	+10,0					$\Sigma_2=+9,612$
	k_1	k_2	k_3 *					
	−0,424	−1,062	−0,327					
kv	−1,531	−4,811	−3,270	$\Sigma_1=-9,612$				

Средняя ошибка угла по ф-ле (29)

$$m=\pm\sqrt{\frac{9,612}{3}}=\pm 1,79''$$

* Эти графы заполняются после нахождения коррелат k_1, k_2, k_3.

Табл. 12. — Составление коэфициентов нормальных уравнений.

[aa]	[ab]	[ac]	[as]	[bb]	[bc]	[bs]	[cc]	[cs]
(1) +1	0	+0,66	+1,66	0	0	0	+ 0,436	0,136
(2) +1	+1	−0,90	+1,10	+1	−0,90	+0,10	+ 0,810	0,810
(3) +1	+1	+2,32	+4,32	+1	+2,32	+3,32	+ 5,382	5,382
(4) 0	0	0	0	+1	−3,14	−2,14	+ 9,860	9,860
(5) 0	0	0	0	+1	−0	+1,00	+ 0	0
(6) +1	0	−2,72	−1,72	0	−0	0	+ 7,398	7,398
(7) 0	0	0	0	0	0	0	+13,101	13,101
+4,00	+2,00	−0,64	+5,36	+4,00	−1,72	+2,28	+36,990	+36,99
		v_1	=+3,61		[ab]	=+2,00	[ac]	=− 0,64
		[as]	=+8,97		v_2	=+4,53	[bc]	=− 1,72
					[bs]	=+8,81	v_3	=+10,00
							[cs]	=+44,63

наиболее совершенная и изящная схема, предложенная Гауссом и заключающаяся в методе последовательной подстановки и выключки неизвестных, начиная с первого ... k_1, и обратно. Из первого ур-ия

$$k_1 = -\frac{[ab]}{[aa]};\ k_2 - \frac{[ac]}{[aa]};\ k_3 - \frac{v_1}{[aa]}. \qquad (b)$$

Найденная k_1 подставляется в последующие ур-ия, и делается приведение подобных членов:

$$-\frac{[ab][ab]}{[aa]}k_2 - \frac{[ab][ac]}{[aa]}k_3 - \frac{[ab]v_1}{[aa]} + [bb]k_2 + [bc]k_3 + v_2 = 0 \qquad (c)$$

или

$$\left[[bb] - \frac{[ab][ab]}{[aa]}\right]k_2 + \left[[bc] - \frac{[ab][ac]}{[aa]}\right]k_3 + \left[v_2 - \frac{[ab]}{[aa]}v_1\right] = 0. \qquad (c')$$

Точно так же для 3-го ур-ия

$$\left[[bc] - \frac{[ab][ac]}{[aa]}\right]k_2 + \left[[cc] - \frac{[ac][ac]}{[aa]}\right]k_3 + \left[v_3 - \frac{[ac]}{[aa]}v_1\right] = 0. \qquad (c'')$$

Т. о. получается новая система из 2 ур-ий с 2 неизвестными. В них вводятся новые символические обозначения, благодаря чему ур-ия представляются в таком виде:

$$[bb\,1]k_2 + [bc\,1]k_3 + [v_2\,1] = 0; \qquad (d')$$

$$[bc\,1]k_2 + [cc\,1]k_3 + [v_3\,1] = 0. \qquad (d'')$$

Из первого ур-ия находится k_2,

$$k_2 = -\frac{[bc1]}{[bb1]}k_3 - \frac{[v_2 1]}{[bb1]}, \qquad (e)$$

а затем, после подстановки во второе, получается

$$\left[[cc\,1] - \frac{[bc1][cc1]}{[bb1]}\right]k_3 + \left[[v_3 1] - \frac{[v_2 1][bc1]}{[bb1]}\right] = 0.$$

Или после введения последующих символических обозначений

$$[cc\,2]k_3 + [v_3\,2] = 0; \qquad (f)$$

откуда

$$k_3 = -\frac{[v_3 2]}{[cc2]}. \qquad (g)$$

Все показанные действия проделываются и со столбцом контрольных сумм [as], [bs] и [cs], благодаря чему получается поверка каждой строчки вычислений. Далее идет обратная подстановка найденных значений коррелат, последовательно начиная с k_3, и т. о. получаются k_2 и k_1. Когда коррелаты будут вычислены, то по ур-иям (25) отыскиваются поправки к измеренным углам и проводятся все контроли, как это показано в таблице коэф-тов условных ур-ий. С помощью найденных поправок подсчитываются окончательно значения уравненных углов или направлений, а затем вычисляют длины сторон тр-ка данной Т., применяя теорему Лежандра, т. е. уменьшая подсчитанные углы на $^1/_3$ сферического избытка. Вычисления по схеме Гаусса (см. пример) делаются с 4- или 5-значными таблицами логарифмов (еще лучше на арифмометре). Ход вычислений можно проследить, внимательно сопоставляя расположение цифр примера с предыдущими формулами (a), (b), (c), (d) и (e). Необходимо отметить, что благодаря симметрии в расположении коэфициентов нормальных уравнений повторяющиеся коэф-ты левой половины этих уравнений не выписываются. Вычисления по схеме ведутся последовательно строка за строкой в каждом ур-ии, и после каждой выключки просматривается согласие сумм по контрольному столбцу [ss]: эти суммы должны сходиться в пределах точности вычислений. Необходимо весьма внимательно соблюдать знаки. Вычислительный труд по решению нормальных ур-ий чрезвычайно возрастает по мере увеличения числа неизвестных коррелат, или, другими словами, при большом числе условных ур-ий. Арифмометр сокращает работу и упрощает самую схему, но тем не менее в дальнейшем приведен пример решения нормальных ур-ий с помощью логарифмич. таблиц, т. к. этот способ доступен каждому (табл. 13). Объяснение к схеме Гаусса в порядке ее решения: (1), (2), (3)—коэф-ты нормальных уравнений и цифры контрольного столбца; (4)—логарифмы коэф-тов первого ур-ия; (5)—логарифм дроби $\frac{[ab]}{[aa]}$; (6)—логарифмы выражений $[ab]\frac{[ab]}{[aa]}$; $[ac]\frac{[ab]}{[aa]}$ и т. д.; (7)—числа, найденные по этим логарифмам; (8) — коэф-ты первого преобразованного ур-ия (c′) или (d′) [контроль: + 3,00 − 1,40 + 2,73 = + 4,33]; (9)—логарифм дроби $\frac{[ac]}{[aa]}$; (10)—логарифмы выражений $[ac]\frac{[ac]}{[aa]}$; $v\frac{[ac]}{[aa]}$; $[ss]\frac{[ac]}{[aa]}$; (11)—числа, найденные по этим логарифмам; (12) — коэфициенты преобразованного уравнения (c″) или (d″) [контроль: − 1,40 + 36,89 + 10,57 = + 46,06]; (13)—логарифмы коэф-тов ур-ия (c′); (14)—логарифм дроби $\frac{[bc1]}{[bb1]}$; (15)—логарифмы выражений $[bc\,1]\frac{[bc1]}{[bb1]}$; $[v_2\,1]\frac{[bc1]}{[bb]}$; $[ss]\frac{[bc1]}{[bb1]}$; (16)—числа, найденные по этим логарифмам; (17)—коэфициенты уравнения (f) [контроль: + 36,24 + + 11,84 = + 48,08]. Из этого уравнения получается непосредственно $k_3 = -\frac{11,81}{36,24} = -0,327$, что выполняется в порядке (18), (19) и (20). Далее отыскивается k_2 по ур-ию (e), для чего выписываются логарифмы (21) и (22), сум-

Табл. 13. — Схема Гаусса для решения нормальных уравнений.

	[aa]	[ab]		[ac]		v	[ss]	
	+4,000	+2,00		− 0,64		+ 3,61	+ 8,97	(1)
	0,6021	0,3010		9,8062$_n$		0,5575	0,9528	(4)
		9,6989	(5)	9,2041$_n$	(9)	9,9554		
(29)	9,6989	0,0000		9,5051$_n$		0,2564	0,6517	(6)
(30)	0,0261$_n$			9,0103		9,7616$_n$	0,1569$_n$	(10)
(31)	9,7250$_n$	+4,00		−1,72		+4,53	+ 8,81	(2)
		+1,00		−0,32		+1,80	+ 4,48	(7)
		+3,00		− 1,40		+ 2,73	+ 4,33	(8)
(32)	9,2041$_n$	0,4771		0,1461$_n$		0,4362	0,6365	(13)
(33)	9,5142$_n$			9,6690$_n$	(14)	9,9591		
(34)	8,7183							
		9,6690$_n$	(21)	9,8151		0,1052$_n$	0,3055$_n$	(15)
(35)	9,9551	9,5142$_n$	(22)	+36,99		+10,00	+44,63	(3)
		9,1832	(23)	+ 0,10		− 0,57	− 1,43	(11)
(36)	−0,530							
(37)	+0,052	9,9591	(24)	+36,89		+10,57	+46,06	(12)
				+ 0,65		− 1,27	− 2,02	(16)
(38)	+0,902	+0,152	(25)	+36,24		+11,84	+48,08	(17)
(39)	+0,124	+0,910	(26)	1,5592		1,0734	(18)	
		+1,032	(27)		lg k_3 = 9,5142$_n$		(19)	
		k_1 = −0,124;		k_2 = − 1,032;		k_3 = −0,327	(20)	
				0,0261$_n$			(28)	

ма их (23) и логарифм дроби $\frac{[v_2 1]}{[b b 1]}$ (24). По ним находятся числа (25), (26) и (27), откуда $k_2 = -1{,}062$, и выписывается логарифм (28). Затем отыскивается k_1, для чего выписываются из схемы логарифмы от (29) до (35) и по ним отыскиваются числа от (36) до (39). Отсюда $k_1 = -0{,}424$. Найденные значения коррелат k_1, k_2 и k_3 вписываются в таблицу коэф-тов условных ур-ий (см. выше) и там же вычисляются неизвестные поправки к углам. Контроль: $-\Sigma kv = \Sigma m^2$; $\Sigma_1 = -9{,}612$ и $\Sigma_2 = +9{,}612$; средняя ошибка измеренного угла получилась $\pm 1{,}79''$. Дальнейший контроль вычислений достигается подстановкою поправок углов в условные ур-ия; они д. б. удовлетворены. Затем измеренные углы исправляются этими поправками, что дает новую поверку из сравнения вычисленной суммы углов и теоретической ($180° + \varepsilon$).

$\triangle ABD$

(3+4)	42°10′39,83″	−2,245″ −0,35″	42°10′37.55″
2	63 52 31,32	−1,192	66 52 30,43
5	70 53 54,29	−1,062	70 53 53,23
			180° + ε_2 = 180° 0′ 1,21″

После этого вычисляются окончательные длины сторон тр-ков по 7- или 6-значным логарифмам; обычно длина сторон в *м* отыскивается лишь по мере действительной необходимости, оставляя остальные стороны выраженными в логарифмах. Окончательные вычисления длины сторон сети по логарифму данной стороны $AB = 4{,}4313638$.

$\triangle ABC$ Углы	Уравненные	Углы плоские*	lg sin углов	lg $\frac{\sin(1+2)}{\sin 6}$	lg сторон	
1+2	139°37′ 3,23″	139°37′ 2,79″	9,8115000	0,2924753	4,7238391 . . .	BC
6	19 17 32,87	19 17 32,44	9,5190247	4,4313633 = lg AB		
3	21 5 25,20	21 5 24,77	9,5561063	0,0370816	4,4681454 . . .	AC
	180° 0′ 1,30″	180° 0′ 0,00″		lg $\frac{\sin 3}{\sin 6}$		
$\triangle ABD$				lg $\frac{\sin 2}{\sin 5}$		
2	66°52′30,43″	66°52′30,03″	9,9636227	9,9880885	4,4194523 . . .	BD
5	70 56 53,23	70 56 52,83	9,9755342	4,4313638 = lg AB		
3+4	42 10 37,55	42 10 37,14	9,8269961	9,8514639	4,2828277 . . .	AD
	180° 0′ 1,21″	180° 0′ 0,00″		lg $\frac{\sin 3+4}{\sin 5}$		
Вычисление стороны CD делается дважды (контроль):						
1	72°44′32,80″	72°44′32,34″	9,9799914	0,1938003	4,1766280 . . .	CD
6+7	37 40 39,22	37 40 38,76	9,7861941	4,2828277 = lg AD	4,4766281 . . .	CD
4	21 5 12,34	21 5 1,91	9,5560376	9,7527890		
5+доп.	140 31 42,98	140 31 42,55	9,8032486	4,7238391 = lg BC		

* По теореме Лежандра — $^1/_3$ ε.

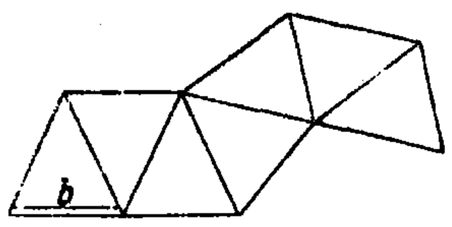
$\triangle ABC$

(1+2)	139°37′ 5,06″	−0,640″ −1,192″	139°37′ 3,23″
6	19 17 32,40	+0,465	19 17 32,87
3	21 5 27,45	−2,245	21 5 25,20
			180° + ε_1 = 180° 0′ 1,30″

При известном навыке в работе схему Гаусса можно заметно сократить и уменьшить число строк, применяя для всех промежуточных суммирований логарифмов вспомогательные листки бумаги. Помимо того рекомендуется весьма удобная и краткая схема Дулитля (Америка), которая приводится в специальных курсах по геодезии и математике.

20. Различные виды построений Т. В геодезич. практике наиболее часто встречаются определенные схемы построений Т., для уравнивания к-рых можно дать сле-

дующие указания. а) Цепь простых треугольников, проложенная от одной исходной стороны b или от одного измеренного базиса (фиг. 29). Так как в каждом тр-ке измерены все три угла, то прежде всего подсчитывают невязки тр-ков $v_1, v_2, v_3, \ldots$, принимая или не принимая во внимание сферич. избытки в зависимости от размеров сторон цепи. Далее работа сводится к приданию поправок к измеренным углам каждого тр-ка в размере

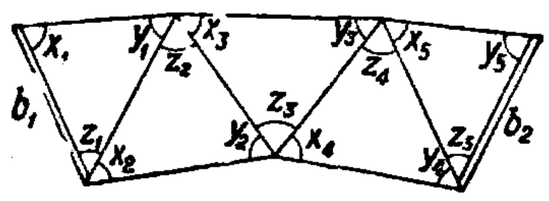


Фиг. 29.

$$\tfrac{1}{3}\, v \text{ этого тр-ка} \qquad (30)$$

(см. выше об уравнении тр-ка в примерах составления нормальных ур-ий). Знак поправки дается обратный знаку невязки v. Контролем вычислений служит вторичное суммирование углов в каждом тр-ке цепи: везде должно получиться $180° + \varepsilon$ (или $180°$). На этом и кончается уравнивание такой цепи, после чего вычисляются длины всех сторон тр-ков.

б) Цепь между двумя базисами. Выше было разобрано и подсчитано, насколько падает точность определения стороны Т. по мере увеличения числа треугольников [ф-ла (1)]. Наилучшим средством к повышению точности определения как последней стороны, так и протяжения всей цепи тр-ков является измерение второго базиса в конце цепи, с длиною к-рого сравнивается вычисленная сторона (фиг. 30). В этом случае уравнивание цепи несколько усложняется, т. к. к первому геометрич. условию — сумма измеренных углов д. б. равна сумме теоретической [$(180° + \varepsilon)$ или $180°$] — прибавляется новое: цепь д. б. уравнена так, чтобы, вычисляя ее от стороны b_1, можно было бы в точности получить длину стороны b_2 (или обратно). Геометрически это условие выражается следующим соотношением:



Фиг. 30.

$$\frac{\sin x_1 \sin x_2 \sin x_3 \ldots \sin x_n}{\sin y_1 \sin y_2 \sin y_3 \ldots \sin y_n} \cdot \frac{b_1}{b_2} = 1, \qquad (31)$$

к-рое называется условием базисов цепи тр-ков. Если это выражение логарифмировать и преобразовать, то получится, что сумма логарифмов множителей в числителе без суммы логарифмов множителей в знаменателе равна 0. В действительности же однако вследствие ошибок измерений в итоге логарифмирования этой формулы получится не нуль, а некоторая величина v, выраженная в единицах последних знаков логарифма, а именно:

$$\lg \sin x_1 + \lg \sin x_2 + \lg \sin x_3 + \ldots - \lg \sin y_1 - \lg \sin y_2 - \lg \sin y_3 - \ldots - (\lg b_2 - \lg b_1) = v. \qquad (31')$$

Задача уравнивания сводится к тому, чтобы найти такие поправки к измеренным углам x и y, введением к-рых выражение (31′) обратилось бы в нуль. Логарифмы длин опорных сторон не получают поправок, т. к. эти данные считаются хорошо известными и не подлежащими изменению. Рассуждая далее подобно тому, как это указывалось при составлении ур-ия полюса, и вводя символы α и β, означающие перемены логарифмов синусов углов x и y на 1 ск., получим условное ур-ие базисов в следующем виде:

$$\alpha(x_1) + \alpha(x_2) + \alpha(x_3) + \ldots - \beta(y_1) - \beta(y_2) - \beta(y_3) - \ldots + v = 0, \qquad (32)$$

где (x) и (y) — поправки связующих углов в тр-ках цепи (фиг. 30), v — разность между логарифмами числителя и знаменателя ф-лы (31), или другими словами, разность между логарифмами вычисленной второй стороны и измеренной в натуре. Т. о. для уравнивания цепи из n тр-ков между двумя известными сторонами или базисами д. б. составлены условные уравнения фигур вида

$$(x_1) + (y_1) + (z_2) + (v_1) = 0, \qquad (33)$$

числом n и к ним добавлено одно условное ур-ие базисов (32). Далее, все эти ур-ия д. б. решены совместно при условии минимума суммы квадратов искомых поправок. Однако в виду простоты ур-ий (33), с одной стороны, и их большого числа, с другой, — для упрощения вычислительной работы уравнивание цепи производят раздельно, а именно: сначала решают все условные ур-ия фигур, т. е. невязки тр-ков поровну распределяют на все три угла в каждом из них; затем решают отдельно условное ур-ие базисов, вводя новые условия

$$z = -[(x) + (y)]^*,$$
$$\Sigma[(x)^2 + (y)^2 + (x) + (y)^2] = min,$$

где x, y и z — поправки к углам. После соответствующих преобразований получаются следующие ф-лы для последовательного вычисления поправок к углам тр-ков цепи:

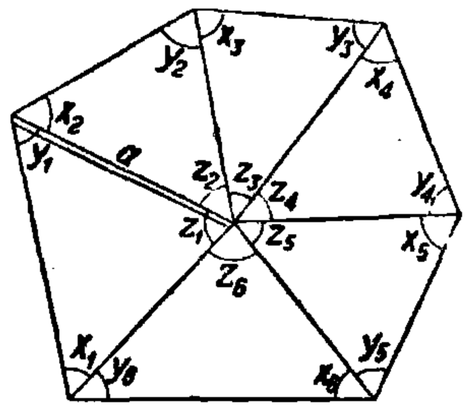
$$\left.\begin{aligned} (x) &= -\frac{v}{3\Sigma\sigma}(2\alpha + \beta); \\ (y) &= +\frac{v}{3\Sigma\sigma}(\alpha + 2\beta); \\ (z) &= +\frac{v}{3\Sigma\sigma}(\alpha - \beta), \end{aligned}\right\} \qquad (34)$$

где v — постоянный член условного ур-ия базисов (32); $\sigma = \frac{1}{3}\left[\alpha^2 + \beta^2 + (\alpha + \beta)^2\right]$, α и β — перемены логарифмов синусов связующих углов x и y при изменении их на 1 ск. Поверкою вычисления служит равенство

$$\Sigma[(x)^2 + (y)^2 + (z)^2] = \frac{v^2}{\Sigma\sigma}. \qquad (35)$$

При уравнивании звеньев триангуляционных рядов I класса между двумя базисами вводят еще условие азимутов, к-рые определяются астрономически на обоих базисах или исходных сторонах.

в) Центральная система. Под этим названием разумеется построение сети, показанное на фиг. 31, к-рое в настоящее время весьма широко применяется в городских геодезич. работах. В этом случае точно так же, как и в цепи, сначала подсчитывают и исправляют суммы углов в тр-ках; затем отнимают от углов по $\frac{1}{3}$ сферич. избытка (теорема Лежандра); далее вычисляют по ф-лам синусов от одной какой-либо связующей стороны a все остальные и снова приходят к стороне a, получая второе значение ее a_1. Таким путем составляется базисное условное ур-ие обычного вида (32), в к-ром


Фиг. 31.

$$\Sigma\alpha(x) - \Sigma\beta(y) + v_1 = 0, \qquad (36)$$

где $v_1 = \lg a_1 - \lg a$, (x) и (y) — поправки связующих углов, α и β — перемены логарифмов

* Чтобы не расстроить сумм углов в тр-ках, уже исправленных.

синусов этих углов при изменении их на 1″. Далее вводятся новые условия:

$$(z) = -[(x) + (y)],$$
$$-[(z_1) + (z_2) + (z_3) + \ldots + (z_n)] = \Sigma C - 360° = v_2,$$
$$\Sigma\{(x)^2 + (y)^2 + [(x) + (y)]^2\} = min,$$

первое для того, чтобы не расстроить уже исправленных сумм тр-ков; второе,—чтобы удовлетворить условие горизонта, которое требует, чтобы сумма сферич. углов C, измеренных вокруг какой-либо точки, равнялась бы 360°; третье—общее условие уравнительных вычислений. После соответствующих преобразований получаются следующие ф-лы для вычисления поправок к углам:

$$\left.\begin{aligned}(x) &= \tfrac{1}{3}[A(2\alpha + \beta) + B],\\ (y) &= -\tfrac{1}{3}[A(\alpha + 2\beta) - B],\\ (z) &= \tfrac{1}{3}[A(\beta - \alpha) - B],\end{aligned}\right\} \quad (37)$$

где

$$A = \frac{-2nv_1 + v_2\Sigma(\beta - \alpha)}{2n\Sigma\sigma - \frac{1}{3}[\Sigma(\beta - \alpha)]^2};$$
$$B = \frac{3v_2\Sigma\sigma - v_1\Sigma(\beta - \alpha)}{2n\Sigma\sigma - \frac{1}{3}[\Sigma(\beta - \alpha)]^2};$$
$$\sigma = \tfrac{1}{3}[\alpha^2 + \beta^2 + (\alpha + \beta)^2];$$
$$v_1 = \lg a_1 - \lg a;$$
$$v_2 = \Sigma C - 360°;$$

n—число тр-ков в системе. Для контроля вычислений служит ф-ла:

$$\Sigma[(x)^2 + (y)^2 + (z)^2] = -Av_1 + Bv_2.$$

г) Точно так же можно раздельно уравнять и геодезический четырехугольник (фиг. 24), для к-рого сначала составляют условное ур-ие фигур:

$$(1) + (2) + (3) + (4) + (5) + (6) + (7) + (8) + v_1 = 0,$$
$$(1) + (2) - (5) - (6) + v_2 = 0,$$
$$+ (3) + (4) - (7) - (8) + v_3 = 0.$$

Решение их приводит к следующим значениям коррелат:

$$k_1 = -\frac{v_1}{8};\quad k_2 = -\frac{v_2}{4};\quad k_3 = -\frac{v_3}{4}.$$

Поправки равны

$$\left.\begin{aligned}(1) = (2) &= k_1 + k_2 = -\tfrac{1}{8}v_1 - \tfrac{1}{4}v_2,\\ (3) = (4) &= k_1 + k_3 = -\tfrac{1}{8}v_1 - \tfrac{1}{4}v_3,\\ (5) = (6) &= k_1 - k_2 = -\tfrac{1}{8}v_1 + \tfrac{1}{4}v_2,\\ (7) = (8) &= k_1 - k_3 = -\tfrac{1}{8}v_1 + \tfrac{1}{4}v_3.\end{aligned}\right\} \quad (38)$$

По этим простым равенствам и подсчитываются поправки к углам, после введения к-рых условия фигур будут удовлетворены. Далее составляется условное ур-ие полюса, причем за таковой принимают точку пересечения диагоналей, т. е. пишут, что

$$\frac{\sin 1 + \sin 3 + \sin 5 + \sin 7}{\sin 2 + \sin 4 + \sin 6 + \sin 8} = 1.$$

После соответствующих преобразований ур-ие полюса приводится к общему виду:

$$\Sigma\alpha\,(x) - \Sigma\beta\,(y) + v_4' = 0,$$

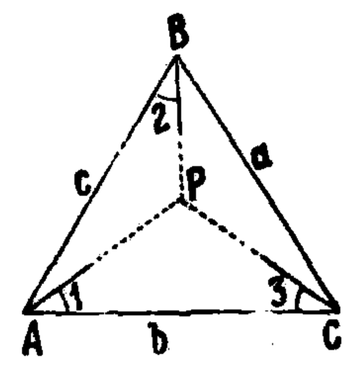
где (x)—поправки к нечетным углам, (y)—поправки к четным углам. К нему вводятся те же условия, как и в предыдущих случаях, а затем получаются следующие равенства для вычисления поправок к углам:

$$\left.\begin{aligned}(x_1) &= +t + t_1;\ (y_1) = +t - t_1,\\ (x_2) &= -t + t_2;\ (y_2) = -t - t_2,\\ (x_3) &= +t + t_3;\ (y_3) = +t - t_3,\\ (x_4) &= -t + t_4;\ (y_4) = -t - t_4,\end{aligned}\right\} \quad (39)$$

где

$$t_1 = A(\alpha_1 + \beta_1);\ t_3 = A(\alpha_3 + \beta_3);$$
$$t_2 = A(\alpha_2 + \beta_2);\ t_4 = A(\alpha_4 + \beta_4);$$
$$t = \tfrac{1}{4}A[(\alpha_1 - \beta_1) - (\alpha_2 - \beta_2) + (\alpha_3 - \beta_3) - (\alpha_4 - \beta_4)];$$
$$A = \frac{-v_4}{\frac{1}{4}[(\alpha_1 - \beta_1) - (\alpha_2 - \beta_2) + (\alpha_3 - \beta_3) - (\alpha_4 - \beta_4)]^2 + \Sigma(\alpha + \beta)^2}.$$

д) Весьма часто требуется уравнять уединенную точку P (фиг. 32), на к-рую измерены углы *1*, *2* и *3* с трех точек A, B и C тр-ка Т., уже уравненного и вычисленного (прямая засечка). Этот случай весьма выгоден и в практике Т. широко применяется. Уравнивание сводится к вычислению вспомогательной величины по формуле



Фиг. 32.

$$k = \frac{-v}{(\beta + \delta)^2 + (\beta - \gamma)^2 + (\alpha - \delta)^2}, \quad (40)$$

где перемены логарифмов синусов для углов *3*, $A - 1 + 2$ *2* и $1 + 3$ обозначены последовательно буквами α, β, γ и δ;

$$v = \lg b + \lg\sin(3 - \tfrac{1}{3}\varepsilon_1) + \lg\sin(A - 1 + 2 - \tfrac{2}{3}\varepsilon_2) - \lg C - \lg\sin(2 - \tfrac{1}{3}\varepsilon_2) - \lg\sin(1 + 3 - \tfrac{2}{3}\varepsilon_1),$$

причем ε_1—сферич. избыток ΔACP, ε_2—то же для ΔABP. Затем находятся поправки к углам

$$\left.\begin{aligned}(1) &= -(\beta + \delta)k,\\ (2) &= +(\beta - \gamma)k,\\ (3) &= +(\alpha - \delta)k.\end{aligned}\right\} \quad (41)$$

При малых сторонах введение сферического избытка отпадает, и уравнивание производят даже графически.

21. Упрощенный способ уравнивания. Только что описанные методы уравнивания типичных случаев построений Т.—цепи между двумя сторонами, центральной системы и геодезич. четырехугольника,—хотя уже и носят нек-рые признаки упрощения, но все же отыскание вторичных поправок к углам из ур-ия полюса или базисного представляет еще довольно сложную работу. Происходит это потому, что вновь вводится условие минимума суммы квадратов вторичных поправок. На этом основании в практике геодезии издавна известен и сейчас широко применяется еще более упрощенный способ уравнивания трех перечисленных типичных построений Т. Этот способ заключается в том, что, как и при строгом уравнивании, сначала исправляются суммы углов тр-ков, а затем составляется уже описанным порядком полюсное или базисное условие общего вида (36). Однако это выражение еще не дает возможности вычислить вторичные поправки к углам, т. к. ур-ие одно, а неизвестных много, и получается неопределенное решение. Кроме того если бы и вычислить по-

правки и ввести их в углы, то расстроилось бы первое условие равенства измеренных углов в тр-ке (теоретич. сумме $180° + \varepsilon$). Вследствие этого, считая, что все углы измеряются с одинаковою точностью, полагают, во-первых, что и п о п р а в к и для них можно взять р а в н ы м и между собою; во-вторых, чтобы введением новых поправок в углы не изменить уже исправленные суммы углов в тр-ках, берут эти поправки для одного и того же тр-ка с разными знаками, т. е. полагают, что

$$(x_1) = -(y) = (x_2) = -(y_2) = (x_3) = (y_3) = \ldots \text{ и т. д.}$$

Тогда ур-ие (36) примет следующий вид:

$$\Sigma\alpha\,(x) + \Sigma\beta\,(y) + v = 0.$$

Но т. к.

$$(x) = -(y),$$

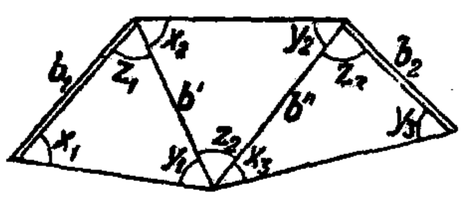
то можно написать, что

$$(x)\left(\Sigma\alpha + \Sigma\beta\right) = -v$$

или окончательно

$$(x) = -(y) = -\frac{v}{\Sigma(\alpha+\beta)}.$$

Т. о. работа по отысканию вторичных поправок сводится к простым арифметич. действиям. П р и м е р. Цепь из 3 тр-ков (фиг. 33) опирается на две известные из предыдущих измерений стороны b_1 и b_2, причем



Фиг. 33.

$$\lg b_1' = 3{,}355857;\quad \lg b_2 = 4{,}011780.$$

Т. к. длина сторон невелика, то сферич. избытки в расчет не принимаются. Для уравнивания цепи прежде всего удовлетворяются условия фигур введением в углы поправок, равных $\frac{1}{3}\varepsilon$ для каждого тр-ка. Затем с исправленными углами составляется базисное условие, причем попутно с подысканием логарифмов синусов углов выписываются и их изменения α и β на $1''$

1-й тр-к

Углы измеренные	Углы $-\frac{1}{3}v_1$	Исправленные
$x_1 =$	65°58′35,4″	65°58′33,9″
$y_1 =$	44 0 38,1	44 0 36,6
$z_1 =$	70 0 51,0	70 0 49,5
	180° 0′ 4,5″	180° 0′ 0″

$v_1 = +4{,}5''$

2-й тр-к

Углы измеренные	Углы $+\frac{1}{3}v_2$	Исправленные
$x_2 =$	98°52′12,9″	98°52′14,9″
$y_2 =$	35 16 52,4	35 16 54,4
$z_2 =$	45 50 48,7	45 50 50,7
	180°59′54,0″	180° 0′ 0″

$v_2 = -6{,}0''$

3-й тр-к $-\frac{1}{3}v_3$

$x_3 =$	86° 6′30,1″
$y_3 =$	29 41 51,1
$z_3 =$	64 11 43,3
	180° 0′4,5″

$v_3 = +4{,}5''$

Исправл. углы	lg sin углов α	Исправл. углы	lg sin углов β
$x_1 =$ 65°58′33,9″	9,960650	+0,9	$y_1 =$ 44° 0′36,6″	9,841851	+2,1
$x_2 =$ 98 52 14,9	9,994774	−0,4	$y_2 =$ 35 16 54,4	9,761626	+2,9
$x_3 =$ 86 6 28,6	9,998997	+0,2	$y_3 =$ 29 41 49,6	9,694969	+3,7
lg b_1 . . .	3,355857		lg b_2 . . .	4,011780	
	$\Sigma_1 =$ 3,310278			$\Sigma_2 =$ 3,310226	

$$\Sigma_1 - \Sigma_2 = v = +52;$$
$$\Sigma\alpha = +0{,}7;\quad \Sigma\beta = +8{,}7;$$
$$(x) = -(y) = \frac{52}{9{,}4} = -5{,}5''.$$

Контроль

Окончательно исправленные углы		lg sin углов	Окончательно исправленные углы		lg sin углов
$x_1 =$	65°58′28,5″	9,960644	$y_1 =$	44° 0′42,0″	9,841862
$x_2 =$	98 52 9,5	9,994776	$y_2 =$	35 16 59,8	9,761642
$x_3 =$	86 6 23,2	9,998996	$y_3 =$	29 41 55,0	9,694989
	lg b_1 . . .	3,355857		lg b_2 . . .	4,011780
		$\Sigma_1 =$ 3,310273		$\Sigma_1 - \Sigma_2 = 0$	$\Sigma_2 =$ 3,310273

Далее с исправленными углами вычисляются все стороны цепи

1-й тр-к

$x_1 =$	65°58′28,5″	9,960644	0,118782	3,474639 . . . b'
$y_1 =$	44 0 42,0	9,841862	3,355857 . . . b_1	
$z_1 =$	70 0 49,5	9,973024	0,131162	3,487019
		180° 0′ 0″		

2-й тр-к

$x_2 =$	98°52′ 9,5″	9,994776	0,233134	3,707773 . . . b''
$y_2 =$	35 16 59,8	9,761642	3,474639 . . . b'	
$z_2 =$	45 50 50,7	9,855814	0,094172	3,568811
		180° 0′ 0″		

3-й тр-к

$x_3 =$	86° 6′23,2″	9,998996	0,304007	4,011780 . . . b_2
$y_3 =$	29 41 55,0	9,694989	3,707773 . . . b''	
$z_3 =$	64 11 41,8	9,954378	0,259389	3,967162
		180° 0′ 0″		

П р и м е ч а н и е. Т. I кл., прилагаемые в виде цепей простых тр-ков на большом протяжении, образуют сомкнутые фигуры, называемые полигонами. Вследствие этого здесь возникает необходимость вторичного переуравнивания цепей, чтобы в местах стыков их не было бы разногласий не только в длинах сторон тр-ков, но и в азимутах и координатах общих точек. Такое уравнивание носит название п о л и г о н а л ь н о г о и представляет довольно сложную задачу. Для ее разрешения разработан и хорошо описан В. В. Витковским т. н. британский способ, применявшийся англичанами в Индии.

22. О с о б ы е с л у ч а и у р а в н и в а н и я с е т е й. Т о ч н о с т ь и з м е р е н и й. Различные углы на базисных сетях для достижения большей точности в выходной стороне иногда измеряют различным числом приемов, а именно для более острых углов берут и большее число приемов. Вследствие этого результаты измерений получают различные веса, которые приходится принимать во внимание при уравнивании. Для этого случая Бесселем разработана общая теория, по которой углы сначала уравниваются на станциях, вычисляются для них весовые коэф-ты, после чего и общее уравнивание производится с весами. Вопрос о правильном и целесообразном распределении количества приемов по станциям в зависимости от величины углов и их значения при вычислении выходной стороны также теоретически разработан. При необходимости уравнивания весьма сложных и больших сетей по способу наименьших квадратов перед вычислителем встает весьма сложная и неблагодарная работа по решению большого числа нормальных ур-ий. Поэтому в таких случаях стремятся сеть разделить на группы и уравнивать их последовательно. Этот прием однако приводит к большим искажениям углов сети в последних группах уравнивания. Для таких случаев рекомендуется способ Больца, который дает возможность подыскания приближенных значений коррелат по особым таблицам. Особый способ уравнивания сетей по группам, который разработан Хаттом, значительно облегчает вычисления.

23. Подсчет точности измерений на Т. По окончании уравнивания сети обыкновенно вычисляется средняя ошибка угла [см. ф-лы (18) и (29)] или вычисляется средняя ошибка «единицы веса», о чем см. в специальных курсах о способе наименьших квадратов. В настоящее время входит в практику способ уравнивания сложных сетей в прямоугольных координатах. Помимо того в практике геодезии при уравнивании базисных сетей и цепей между базисами вычисляется относительная ошибка выходной или второй контрольной стороны (базиса) цепи. Для этого пользуются величиною постоянного члена v условного уравнения базиса, к-рый является дифференциалом логарифма контрольной или выходной стороны. Следовательно

$$v_b = \Delta \lg b_2. \qquad (42)$$

Из дифференциального исчисления известно, что

$$\Delta \lg b_2 = \frac{\Delta b_2}{b} M \quad \text{или} \quad \frac{\Delta b_2}{b} = \frac{\Delta \lg b_2}{M},$$

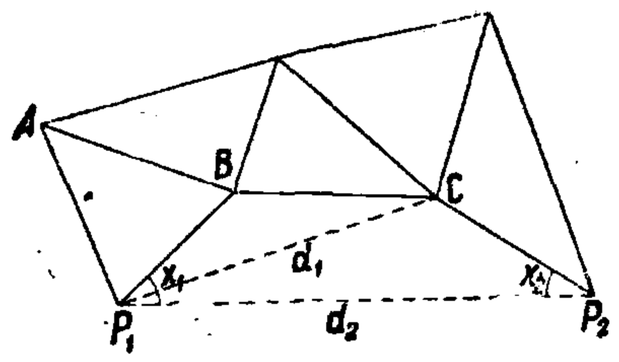
где M—модуль Неперовых логарифмов и равен 0,434. Т. о. относительная ошибка вычисленной конечной стороны цепи b_2 равна

$$\frac{\Delta b_2}{b_2} = \frac{v}{0,434}. \qquad (43)$$

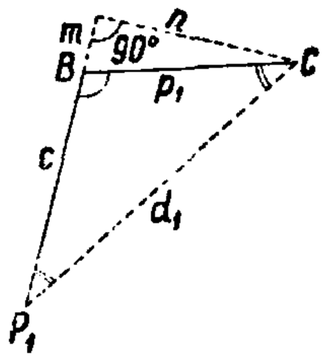
В предыдущем примере $v = 52$ единицам 6-го знака логарифмов.
Отсюда

$$\frac{\Delta b_2}{b_2} = \frac{52}{0,434 \cdot 10^6} = \frac{1}{54\,000}.$$

24. Вычисление диагоналей в цепи или сети треугольников. Весьма часто в уравненной уже цепи тр-ков требуется вычислить длины диагоналей, а затем и все расстояние между конечными точками P_1 P_2 (фиг. 34). В этом случае вычисления ведут последо-



Фиг. 34.



Фиг. 35.

вательно от вершины к вершине, причем здесь всегда встречается случай вычисления тр-ка по двум сторонам и углу между ними, напр.: в ΔP_1BC известны стороны P_1B и BC и угол P_1BC; дальше в ΔP_1CP_2 вычислены стороны P_1C и CP_2 и угол P_1CP_2. В данном случае при вычислении используется прием, рекомендуемый в тригонометрии, а именно введение вспомогательных величин m и n (фиг. 35):

$$m = P_1 \cos(180° - B); \quad n = P_1 \sin(180° - B),$$

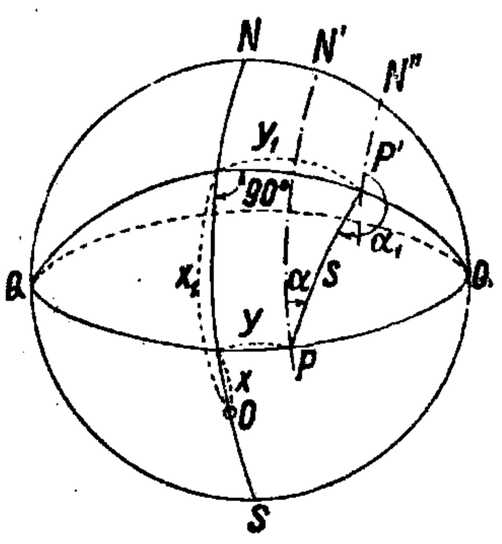
$$\operatorname{tg} P_1 = \frac{n}{m+c}; \quad d_1 = \frac{m+c}{\cos P_1}; \quad C = 180° - (B + P_1). \qquad (44)$$

Далее таким же порядком вычисляется диагональ d_2 и углы x_1 и x_2 (фиг. 34).

25. Вычисление координат пунктов сети. Пункты уравненных Т. служат опорными точками для последующих геодезич. работ или съемок, поэтому для них вычисляются координаты в какой-либо системе, а именно: для пунктов рядов I кл. и основных II кл. вычисляются географич. координаты (широта и долгота), для сетей следующих порядков или прямоугольные сфероидические (Гаусс-Крюгера) или тоже географические в зависимости от назначения сети. Более мелкие рабочие Т. вычисляются на шаре и даже на плоскости в прямоугольных координатах.

а) Географические координаты. Вычисление географич. координат известно в геодезии под названием решения *прямой и обратной геодезических задач* (см.).

б) Прямоугольные сферические координаты Зольднера. Для пунктов сетей, служащих опорными для съемок, в настоящее время вычисляются прямоугольные сфероидич. координаты Гаусс-Крюгера. Сущность этого метода определения расположения точек на поверхности сфероида легче уясняется, если предварительно ознакомиться с более простою системою координат Зольднера—тоже прямоугольных, но вычисленных для поверхности шара. Радиусом такой сферы берут средний радиус для широты точки O, служащей началом координат избранной системы (фиг. 36) и лежащей на осевом меридиане NS. Координатами точки P служат дуги больших кругов x по меридиану и y под углом к нему в 90°. Через точку P проведена дуга малого круга параллельно меридиану NS и от нее дан угол α для стороны Т. S; этот угол в отличие от азимута называется дирекционным. Требуется вычислить координаты x_1 и y_1 точки P', а также обратный дирекционный угол α_1. Для этого случая Зольднером дана следующая система ф-л:



Фиг. 36.

$$\left.\begin{aligned} y_1 &= y + v - \frac{m^2 y}{2R^2} - \frac{m^2 v}{6R^2}, \\ x_1 &= x + u + \frac{u y_1^2}{2R^2} - \frac{u v^2}{6R^2}, \\ \alpha_1 &= \alpha + 180° - \frac{\varrho}{R^2} uy - \frac{\varrho}{2R^2} uv, \end{aligned}\right\} \qquad (45)$$

причем

$$v = s \sin \alpha,$$
$$u = s \cos \alpha,$$
$$\varrho = \frac{1}{\sin 1''};$$

R—средний радиус кривизны для широты начала координат.

Обратная задача решается по следующим ф-лам: даны x, y и x_1, y_1, а также α_1; найти s и α. В первом приближении

$$v = y_1 - y; \quad u = x_1 - x; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{v}{u}.$$

Затем с этими данными вычисляются

$$\left.\begin{aligned} v &= y_1 - y + \frac{u^2 y}{2R} + \frac{u^2 v}{6R^2}, \\ u &= x_1 - x - \frac{u y_1^2}{2R^2} - \frac{u v^2}{6R^2}, \\ s &= \frac{v}{\sin \alpha} = \frac{u}{\cos \alpha}, \\ \alpha &= \alpha_1 + 180° + \frac{\varrho}{R^2} uy + \frac{\varrho}{2R^2} uv. \end{aligned}\right\} \qquad (46)$$

В ф-лах (45) и (46) обращается внимание на члены v и u, к-рые являются обычными приращениями координат, вычисленными точно так же, как и на плоскости. Следующие члены являются поправочными к первым, потому что вычисления ведутся на поверхности шара. Первые поправочные члены всегда вычисляются, вторые же—только тогда, когда стороны

Т. велики, и эти члены оказываются значащими числами; в противном случае они опускаются. Коэф-ты $\frac{1}{2R^2}$, $\frac{1}{6R^2}$, $\frac{\varrho}{K^2}$, $\frac{\varrho}{2K^2}$ меняются в зависимости от широты, поэтому для них даются готовые таблицы. Прежде чем вычислять координаты Зольднера для пунктов какой-либо сети, необходимо один из них, географич. координаты к-рого известны, перенести на проекцию Зольднера, т. е. вычислить его ординату x и абсциссу y от оси проекции, для чего служит следующая система ф-л. Дано: для начала координат широта φ_0, долгота L_0; для искомой точки—геодезич. или астрономич. пункта широта φ и долгота L; требуется вычислить x, y, а также дирекционный угол α, если дан астрономич. азимут α'.

$$\lambda = L - L_0 \text{ (переводится в ск.)},$$

$$\varphi_1 = \varphi + \frac{v^2}{2\varrho}\lambda^2 \sin\varphi\cos\varphi,$$

где

$$v^2 = \sqrt{1 + e'^2\cos^2\varphi} \quad \text{(готовые таблицы)} \Big\} \text{ по 5-значным логарифмам,}$$

$$x = \frac{\varphi_1 - \varphi_0}{[1]_m}$$

$$y = \frac{\lambda}{[2]_1}\cos\varphi_1 + \frac{\lambda^3}{[2]_1}\frac{1}{3\varrho^2}\cos\varphi_1\sin^2\varphi_1,$$

контроль

$$y = \frac{\lambda}{[2]_1}\cos\varphi - \frac{\lambda^3}{[2]_1}\frac{1}{6\varrho^2}\cos\varphi\sin^2\varphi,$$

причем первые члены этих формул берутся по 7-значным таблицам, а вторые—поправочные по 4-значным Коэф-ты $[1]_m$, $[2]_1$ берутся из таблиц Шарнгорста.

Сближение меридианов

$$\delta = \lambda\sin\varphi_1 - \frac{\lambda^3}{6\varrho^2}\sin\varphi_1\cos^2\varphi_1,$$

контроль

$$\delta = \lambda\sin\varphi + \frac{\lambda^3}{3\varrho^2}\sin\varphi\cos^2\varphi.$$

Первые члены точно так же вычисляются по 7-значным, а поправочные по 4-значным таблицам логарифмов. Окончательное значение берется как среднее из двух; x и y вычисляются до *см*. Дирекционный угол равен

$$\alpha = \alpha' - \delta.$$

Получив x, y и α для одной из точек сети, вычисляют координаты для всех остальных по ф-лам (45). Иногда требуется решение обратной задачи: по прямоугольным сферич. координатам x и y какой-либо точки найти географич. координаты ее φ и L, причем начало координат системы Зольднера имеет широту φ_0 и долготу L_0.

$$\varphi_1 = \varphi_0 + [1]_m x,$$

$$\varphi = \varphi_1 - \frac{\left([2]_1 y\right)^2}{2\varrho}v^2\operatorname{tg}\varphi_1,$$

$$\lambda'' = \frac{[2]_1 y}{\cos\varphi_1} - \left(\frac{[2]_1 y}{\cos\varphi_1}\right)^3\frac{1}{3\varrho^2}\sin^2\varphi_1,$$

контроль

$$\lambda'' = \frac{[2]_1 y}{\cos\varphi} + \left(\frac{[2]_1 y}{\cos\varphi}\right)\frac{}{6\varrho^2}\sin^2\varphi. \qquad (47)$$

$$L = L_0 + \lambda,$$

$$\delta = [2]_1 y\operatorname{tg}\varphi_1 - \frac{\left([2]_1 y\right)^3}{6\varrho^2}\operatorname{tg}\varphi_1(1 + 2\operatorname{tg}^2\varphi_1),$$

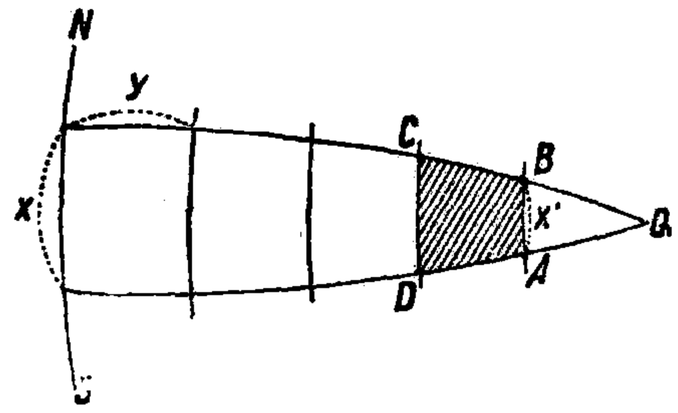
контроль

$$\delta = [2]_1 y\operatorname{tg}\varphi - \frac{\left([2]_1 y\right)^3}{6\varrho^2}\operatorname{tg}\varphi(2 + \operatorname{tg}^2\varphi),$$

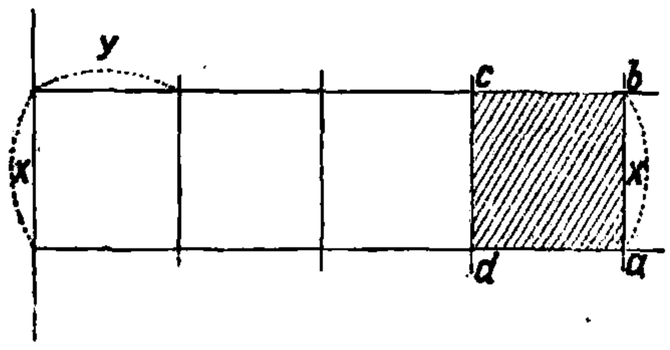
$$\alpha' = \alpha + \delta.$$

В предыдущих ф-лах первые члены вычисляются по 7-значным, а вторые по 4-значным таблицам логарифмов.

в) Прямоугольные сфероидические координаты Гаусс-Крюгера. Из фиг. 36 видно, что в системе координат Зольднера абсциссы x суть выпрямленные дуги меридиана, служащего осью проекции; ординаты y—дуги больших кругов, проведенных перпендикулярно к осевому меридиану и потому для всех точек, пересекающихся в полюсах Q и Q (фиг. 36). При развертывании на плоскость и построении самих координат ординаты и абсциссы представляются в виде прямых, перпендикулярных между собою (фиг. 37). Т. о. две точки A и B, расположенные друг от друга на расстоянии x', в координатах Зольднера и на его проекции окажутся в точках a и b на расстоянии x; фигура $ABCD$ на шаре не будет подобна фигуре $abcd$ на проекции (фиг. 38). Эти искажения тем более увеличиваются, чем дальше от осевого меридиана отходят пункты Т. Следовательно координаты Зольднера не дают ни конформных (подобие в бесконечно малых частях) ни эквивалентных (равновеликих) построений. Тем не менее эта система координат имела и имеет еще распространение, т. к. сравнительно проста в обработке и пользовании. Помимо того и самые искажения для расстояний от осевого меридиана до 70 *км* не ощутительны для малых Т., а именно:



Фиг. 37.



Фиг. 38.

$$x - x' = \frac{xy^2}{2K^2},$$

что на 100 *км* от осевого меридиана составит ок. 1 : 7 000. Гаусс, как и в его известной конич. проекции, для сохранения конформности увеличил ординату y в соответствии с увеличением абсциссы x на проекции. Это соотношение ординаты η на проекции к ординате y на шаре представляется следующей ф-лой:

$$\eta = y\left(1 + \frac{Y^2}{6K^2}\right). \qquad (48)$$

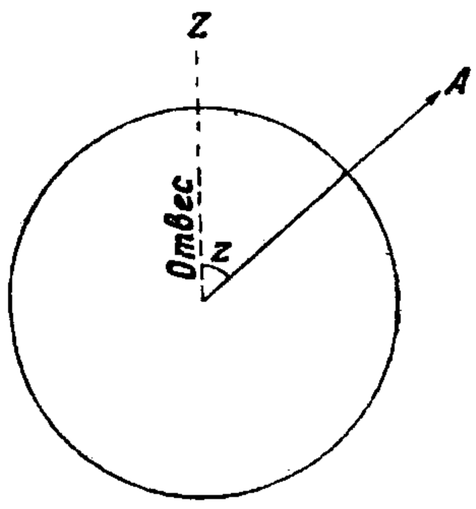
Благодаря такому построению система координат Гаусса, разработанная затем Крюгером, дает конформные изображения, т. е. например фигура на шаре с 4 прямыми углами будет построена на проекции в виде квадрата или прямоугольника. Если же стороны будут малы (строго говоря, бесконечно малы), то они на проекции будут пропорциональны.

Система координат Гаусс-Крюгера—сфероидическая и как более совершенная допускает увеличить ширину зоны влево и вправо от осевого меридиана до 3° и для съемок даже и до 6°. Пункт какой-либо сети сначала переносится по географич. координатам на проекцию, т. е. для него вычисляются координаты Гаусс-Крюгера от начального меридиана, причем абсциссы здесь считаются от экватора. Затем от этого пункта и дирекционного угла какой-

либо стороны вычисляются координаты всей сети. Осевые меридианы совпадают со средними меридианами листов 1:1 000 000 международной карты, а именно долготы от Гринича: 30°, 33°, 36°, 39° и т. д. к востоку. Формулы и примеры на вычисления прямоугольных сфероидических координат не приводятся, т. к. в специальных для того таблицах Красовского и Матусевича, без к-рых вычисления невозможны, приведены не только списки ф-л, но и подробные примеры вычислений.

26. Организация партий по работе на Т. На больших Т. I кл. и ведущих рядах II кл. обычно для каждого вида работ организуется специальная партия, а именно: по возможности за год вперед идет рекогносцировщик, к-рый по проекту работ окончательно устанавливает направление рядов и места знаков. Затем зимою производится заготовка лесного материала и вывозка его по ж.-д. путям или простым дорогам к местам построек сигналов. Весною начинается постройка знаков специальными строительными партиями. Вслед за ними уже идут наблюдатели, измеряющие углы на пунктах ряда, а также базисные партии, измеряющие базисы. Рекогносцировщик работает обыкновенно один в сопровождении 3—4 рабочих с подводами. Заготовки леса производятся порайонно, перевозка совершается под наблюдением старших рабочих. Строитель работает на знаке также один с 4 плотниками и рабочими по мере необходимости (4—12). Общее руководство постройками на определенном участке ряда возлагается на опытного инженера-геодезиста, ответственного как за качество построек, так и за «достижение взаимной видимости» между соответствующими по проекту соседними знаками. Наблюдатель из наиболее опытных инженеров-геодезистов работает с помощником (ведет записи и наводит поверительную трубу) и техником для связи, к-рый устанавливает гелиотропы и фонари и следит за работою рабочих-гелиотропистов, разбросанных по окружающим знакам. Он же делает предварительные центрировки. Т. о. общий состав партии наблюдателей—три лица инженерно-технич. состава, 8—10 гелиотропистов (по 2 на знак) и 2 сторожа при наблюдателе. В строительной и наблюдательской партиях набирается груза строительных снарядов, палаток и инструментов 1—2 *m*, а поэтому транспорт играет весьма часто решающую роль в успехе работ. На эту сторону снаряжения триангуляционных партий следует обращать серьезное внимание. В более мелких Т. рекогносцировка соединяется с постройками. Затем идут наблюдения. В случае переносных знаков организуются комплексные партии: обычно начальник партии ведет рекогносцировку; техники по его указанию закладывают центры, и под их наблюдением собираются переносные знаки. Далее идут наблюдатели попарно: один по знакам левой, другой по знакам правой стороны ряда; при каждом из них помощник для поверительной трубы. Техник в тылу партии разбирает законченные наблюдением знаки и отправляет их вперед. Т. о. общий состав партии выливается в следующем виде: 7—8 лиц инженерно-технич. состава и рабочие в числе до 20 чел. Транспорт, по возможности автомашинный, имеет в данном случае первенствующее значение. Успех работы по измерению углов на больших Т. зависит от разных причин. а гл. обр. от погоды и состояния сигнализации. Собственно на измерение углов на одном знаке Т. I кл. нужно не более 3 вечеров. В мелких Т. эта работа выполняется в 1 вечер. Ветер, мгла, дождь весьма задерживают наблюдения; переезды на слабых лошадях и в плохих тележках отнимают часто больше времени, нежели самые наблюдения.

27. Определение высот тригонометрическим нивелированием. В мелких сетях для целей топографических съемок весьма выгодно определять разности высот пунктов из тригонометрического нивелирования. Для этого измеряются вертикальные углы тем же самым инструментом, к-рый служит и для измерения горизонтальных углов, если только при нем есть вертикальный круг. Обычно в этих инструментах по вертикальному кругу отсчитываются не углы возвышения или понижения, как в малых теодолитах или кипрегелях, а зенитное расстояние, т. е. угол, составленный отвесной линией данной точки с направлением на избранный предмет (фиг. 39). Нормальное положение круга обыкновенно влево от трубы, почему при круге «лево»



Фиг. 39.

$$Z = Л - M_z,$$

при круге «право»

$$Z = M_z - П. \qquad (49)$$

Отсюда место зенита

$$M_z = \frac{Л + П}{2},$$

зенитное расстояние

$$Z = \frac{Л - П}{2},$$

где *Л*—отсчет при круге «лево», *П*—отсчет при круге «право». Таким путем зенитные расстояния измеряются обыкновенно тремя приемами с перестановкою круга на 60°. Кроме того измеряется высота инструмента *i* от центра знака, на к-ром стоит этот инструмент, и высота над центром того знака, на к-рый наводится труба инструмента. Разность высот между центрами двух знаков как правило вычисляется из двух наблюдений—прямого и обратного—для исключения влияния рефракции. В сущности такое исключение возможно только при одновременных наблюдениях, или, как их называют, взаимных, с обоих соседних знаков, что на практике однако редко бывает. Следует избегать расстояний более 20 *км*; не брать таких направлений, в которых луч зрения проходит близко над землею (предел 6 *м*). Измерение вертикальных углов производится около полудня во время самых беспокойных изображений, т. к. именно в эти часы перемены рефракции наименьшие и коэф. ее наиболее устойчив. Разности высот вычисляются по следующим ф-лам:
для односторонних наблюдений

$$h = s \operatorname{ctg} z_1 + s^2 - \frac{1-k}{2R} - (l_2 - i_1), \qquad (50)$$

для взаимных наблюдений

$$h = s \operatorname{tg} \frac{z_2 - z_1}{2} - \frac{l_2 + i_2}{2} + \frac{l_1 + i_1}{2}.$$

Здесь *s*—расстояние между пунктами, z_1 и z_2—измеренные зенитные расстояния, *k*—коэф. ре-

фракции $\left(\text{около } 0{,}16\,\frac{s^2}{2R}\right)$, R — радиус земли, i_1 и i_2 — высоты инструмента над центром соответствующего знака, l_1 и l_2 — высоты знаков. Пример:

	ст. A	ст. B
	$i_1 = 15{,}00$ м	$i_2 = 18{,}55$ м
	$l_1 = 16{,}00$ м	$l_2 = 20{,}65$ м
	$z_1 = 90°\,14'\,6{,}3''$	$89°\,50'\,33{,}3''$
	$90 - z_1 =$ 0 14 6,3	+ 0 9 26,7
$\lg s$ ...	4,08736	4,08736
$\lg \operatorname{tg}(90 - z_1)$ ...	7,61310	7,43893
$\lg [s \operatorname{tg}(90 - z_1)]$ ...	1,70046	1,52629
$\lg s^2$ ...	8,17472	8,17472
$\lg \left(\frac{1-k}{2R}\right)$ ...	2,81796	2,81796
$\lg \left[s^2 \frac{(1-k)}{2R}\right]$ ...	0,99268	0,99268
$s \operatorname{tg}(90 - z_1) =$	$-\ 50{,}18$ м	+ 33,60
$s^2 \left(\frac{1-k}{2R}\right) =$	+ 9,83	+ 9,83
$-(l_2 - i_1) =$	− 5,65	$-(l_1 - i_2)$ + 2,55
	$h = -\ 46{,}00$ м прямое	$h = +\ 45{,}98$ м обратное

Обыкновенно разности высот определяют по цепи тр-ков, причем наблюдают по возможности все направления, чтобы иметь контроль. В необходимых случаях высоты центров Т. получают из геометрич. нивелирования, однако в горных районах такой метод работы не выполним, почему в этих случаях тригонометрич. нивелирование применяется как обязательное правило.

Лит.: Витковский В., Практич. геодезия, 2 изд., СПБ, 1911; Красовский Ф., Руководство по высшей геодезии, ч. 1, М., 1926; его же, Высшая геодезия, ч. 2, Л., 1932; Иордан В., Руководство по высшей геодезии, пер. с нем., М., 1881; Матусевич и Ющенко, Таблицы, формулы и краткое руководство для вычисления плоских прямоугольных координат Гаусс-Крюгера, М.—Л., 1933; Iordan W., Handb. d. Vermessungskunde, 7 Aufl., B. 3, Stg., 1933. **О. Дитц.**

ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКАЯ СЕТЬ, см. *Триангуляция.*

ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ЗНАКИ, см. *Триангуляция.*

ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИЕ РЯДЫ, см. *Ряды.*

ТРИГОНОМЕТРИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ, см. *Тригонометрия.*

ТРИГОНОМЕТРИЯ, отдел математики, основной задачей к-рого является вычисление элементов тр-ка по числовым данным. В зависимости от того, рассматривается ли тр-к на плоскости, на поверхности шара или на поверхности сфероида, применяются методы соответственно плоской (прямолинейной), сферической или сфероидич. Т. Связь между сторонами и углами тр-ка Т. устанавливает при помощи т. н. тригонометрич. ф-ий углов.

Радиальное измерение углов. Длина s дуги окружности, как известно, пропорциональна радиусу R окружности и (при данном R) величине α центрального угла, т. е.

$$s = kR\alpha, \qquad (A)$$

где k — коэф. пропорциональности, значение к-рого находится в зависимости от того, какой единицей измеряется угол α. Если за единицу угловой меры взят 1°, то

$$s = \frac{\pi}{180} R\alpha,$$

т. е.

$$k = \frac{\pi}{180} = 0{,}0174533\ldots$$

Чтобы ф-ла (A) имела наиболее простой вид

$$s = R\alpha \qquad (A')$$

(т. е. при $k = 1$), необходимо принять за единицу угловой меры такой угол, центральная дуга к-рого s равна единице длины при $R = 1$. Эта единица носит название радиана. Следовательно радиан — центральный угол, дуга к-рого $s = 1$ при $R = 1$ или дуга к-рого имеет длину, равную радиусу. Если за единицу измерения длины принять R, то ф-ла (A′) примет вид:

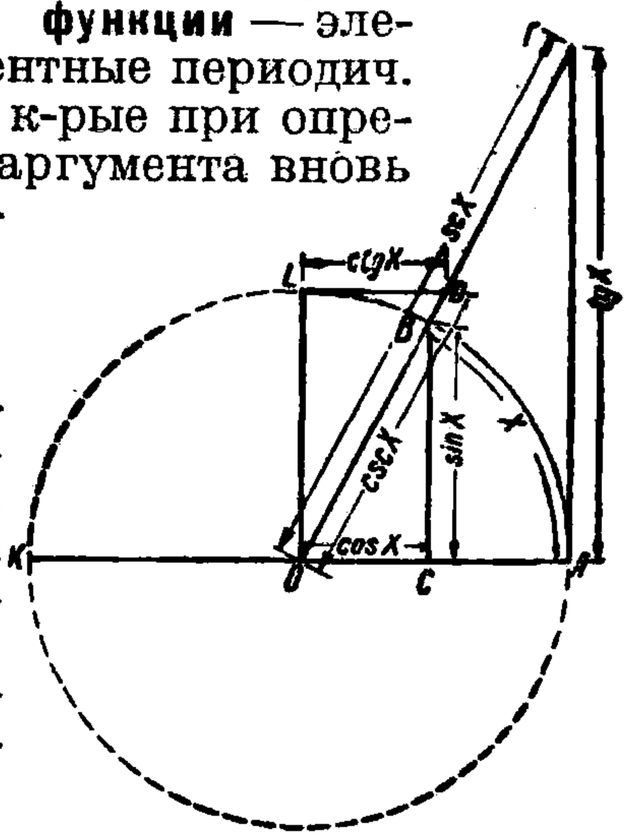
$$s = \alpha, \qquad (A'')$$

где s — длина дуги, измеренная в радиусах, и α — величина центрального угла в радианах. Т. к. центральная дуга прямого угла равна $\frac{2\pi R}{4} \equiv \frac{\pi R}{2}$, то по ф-ле (A′) радиальная мера прямого угла $\alpha = \frac{\pi}{2}$; отсюда угол в 1 радиан содержит $90° : \frac{\pi}{2} \equiv \frac{180°}{\pi} \cong 57°\,17'\,45''$. Обратно: угол в 1° содержит $\frac{\pi}{2} : 90 \equiv \frac{\pi}{180} = 0{,}0174533\ldots$ радианов. Прямой угол также носит название градиана; т. о. напр. 0,5 градианов соответствуют углу в 45°. Существует деление прямого угла на 100 частей; $^1/_{100}$ часть прямого угла называется градом, последний в свою очередь делят на десятые, сотые, ... части (см. *Градус*). Т. к. угол измеряется отношением дуги к радиусу, то его единица не зависит от выбора основных единиц, следовательно угол имеет нулевую размерность по отношению к основным единицам массы, длины и времени: $[\alpha] = [m^\circ\, l^\circ\, t^\circ]$.

Тригонометрические функции — элементарные трансцендентные периодич. функции, т. е. такие, к-рые при определенном наращении аргумента вновь получают прежнее значение:

$$f(x + \omega) = f(x),$$

где ω — значение периода. Смысл тригонометрич. ф-ий острого угла выясняется из фиг. 1, где $R = 1$, x — радиальная мера угла, причем угол отсчитывается от неподвижной стороны OA обратно движению часовой стрелки (положительное направление). Всего различных тригонометрических (прямых) ф-ий шесть:



Фиг. 1.

$$\sin x = \frac{BC}{R};\quad \cos x = \frac{OC}{R};\quad \operatorname{tg} x = \frac{AT}{R};$$

$$\operatorname{ctg} x = \frac{LD}{R};\quad \operatorname{sc} x = \frac{OT}{R};\quad \operatorname{csc} x = \frac{OD}{R}.$$

Т. обр. тригонометрич. ф-ии, представляя собою величины отношений между линиями, являются отвлеченными числами. Приведенные ф-ии выражаются через аргумент x при помощи действия, к-рое нельзя произвести непосредственно над числовой величиной независимого переменного x. Это недоступное прямо трансцендентное действие бывает возможно заменить нек-рым конечным числом элементарных действий (сложений, умножений) путем разложения функций в бесконечные степенные ряды, так:

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \ldots = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \cdot \frac{x^{2n+1}}{(2n+1)!};$$

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \ldots = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \cdot \frac{x^{2n}}{(2n)!}.$$

Примером других процессов подобного рода является бесконечное произведение (как предел последовательности частичных произведений). Общеизвестным примером является разложение в бесконечное произведение функции $\sin \pi x$:

$$\sin \pi x = \pi x \left(1 - \frac{x^2}{1^2}\right)\left(1 - \frac{x^2}{2^2}\right)\left(1 - \frac{x^2}{3^2}\right) \ldots =$$

$$= \pi x \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 - \frac{x^2}{n^2}\right).$$

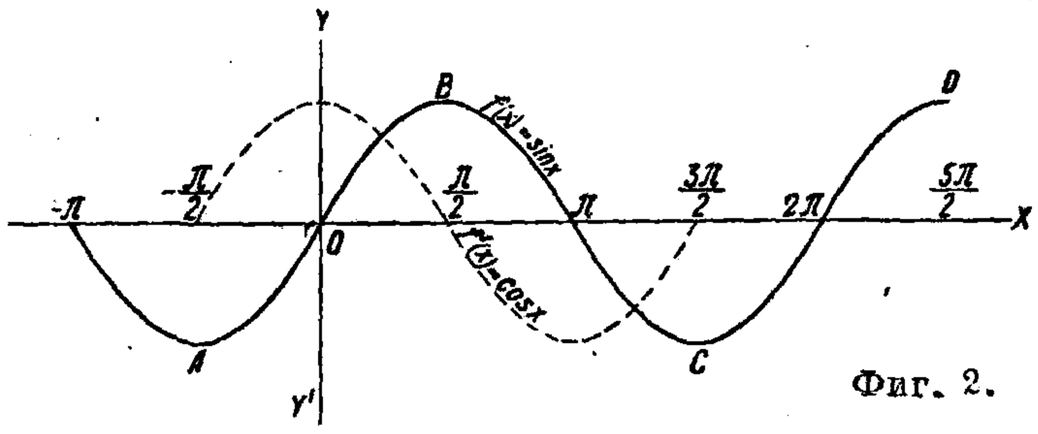
Если в степенном ряду для $\cos x$ заменить переменную x чисто мнимой величиной ix, то непосредственно получается ряд для $\operatorname{ch} x$. Это соотношение выразится трансцендентным ур-ием:

$$\cos ix = \operatorname{ch} x.$$

Аналогично получается соотношение

$$\sin ix = i \operatorname{sh} x.$$

Соответствующие формальные соотношения существуют для ф-ий $\operatorname{tg} x$ и $\operatorname{th} x$, $\operatorname{ctg} x$ и $\operatorname{cth} x$, а



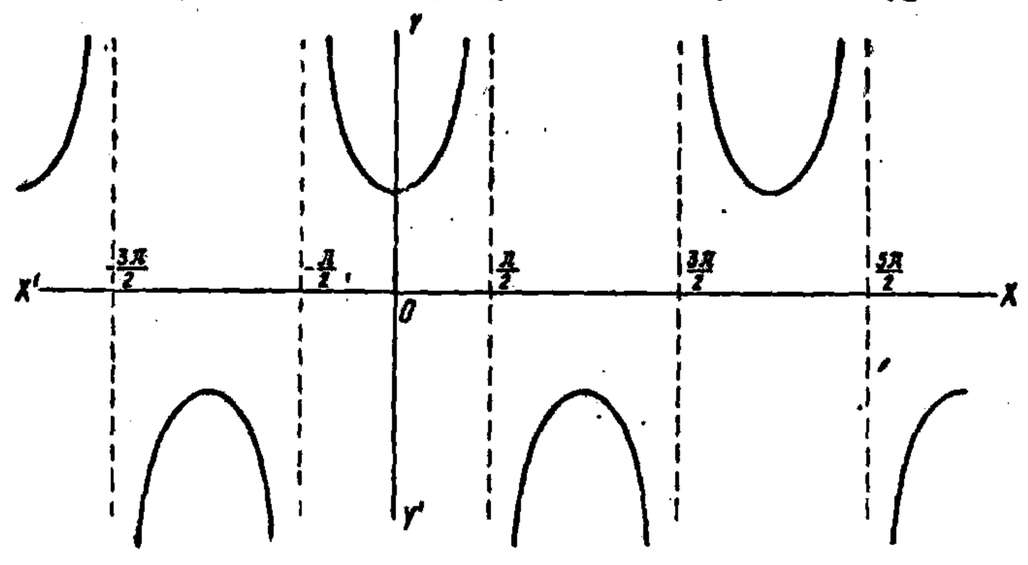
Фиг. 2.

также для ф-ий, обратных тригонометрическим и гиперболическим (см. *Гиперболические функции*). Необходимо отметить, что $\frac{d}{dx}\sin x = \cos x$ и $\frac{d}{dx}\cos x = -\sin x$. Т. о. диференциальной кривой для синусоиды $y = \sin x$ является косинусоида $y = \cos x$ (фиг. 2), а диференциальной кривой для косинусоиды $y = \cos x$ служит кривая $y = -\sin x$ (фиг. 3). Периодичность тригонометрич. ф-ий выясняется при движении (напр. в положительном направлении) точки B (фиг. 1): дуга AB все



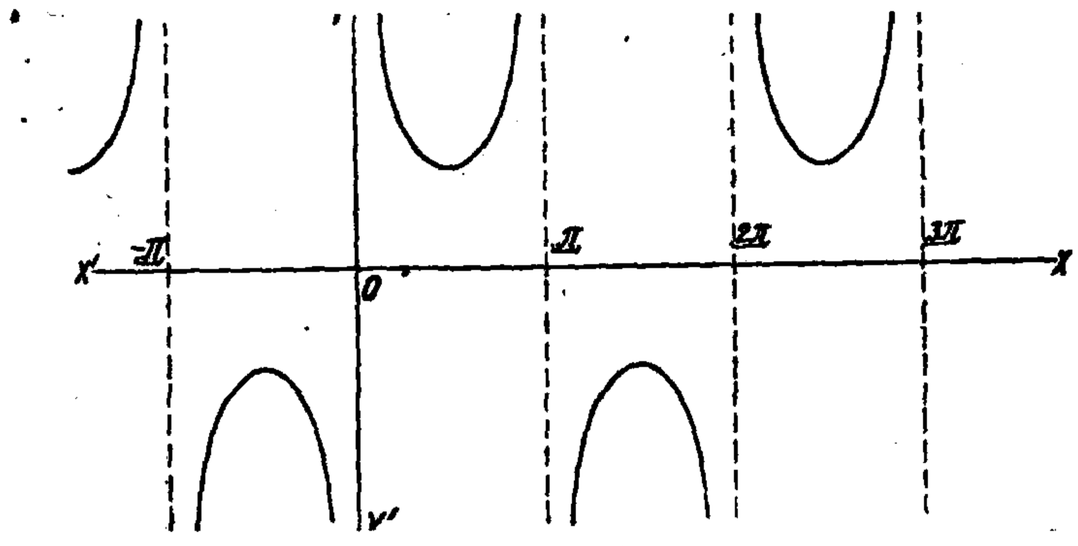
Фиг. 3.

время растет, причем когда точка B передвинется на 1, 2, 3,... окружности, т. е. вернется в исходное положение, то все тригонометрич. ф-ии вернутся к прежним величинам. Полную характеристику тригонометрич. ф-ий (прямых круговых) дают их графики: синусоида (фиг. 2),



Фиг. 6.

кривая $\cos x$ (фиг. 3), тангенсоида (фиг. 4), кривые $\operatorname{ctg} x$, $\operatorname{sc} x$, $\operatorname{csc} x$ (фиг. 5, 6, 7), где прямая XX'—окружность, развернутая несколько раз. Из рассмотрения графиков видно, что период $\sin x$, $\cos x$, $\operatorname{sc} x$ и $\operatorname{csc} x$ равен 2π, период



Фиг. 7.

же $\operatorname{tg} x$ и $\operatorname{ctg} x$ равен π; первые две ф-ии непрерывные, остальные прерывные; величины ф-ий изменяются в следующих пределах:

$$-1 \leqslant \sin x \leqslant 1; \quad -1 \leqslant \cos x \leqslant 1;$$
$$-\infty \leqslant \operatorname{tg} x \leqslant +\infty; \quad -\infty \leqslant \operatorname{ctg} x \leqslant +\infty;$$
$$1 \leqslant \operatorname{sc} x \leqslant +\infty; \quad -\infty \leqslant \operatorname{sc} x \leqslant -1;$$
$$1 \leqslant \operatorname{csc} x \leqslant +\infty; \quad -\infty \leqslant \operatorname{csc} x \leqslant -1.$$

Зависимость между тригонометрическими функциями одного и того же угла:

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha};$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha}; \quad \operatorname{sc} \alpha \cdot \cos \alpha = 1; \quad \operatorname{csc} \alpha \cdot \sin \alpha = 1;$$

из этих основных ф-л вытекают следующие:

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 1; \quad 1 + \operatorname{tg}^2 \alpha = \operatorname{sc}^2 \alpha;$$
$$1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha = \operatorname{csc}^2 \alpha.$$

На основании этих ф-л легко получить величины тригонометрич. ф-ий для нек-рых частных случаев (фиг. 1):

$$\sin \frac{\pi}{6} = \frac{1}{2}; \quad \cos \frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{2}; \quad \operatorname{tg} \frac{\pi}{6} = \frac{1}{\sqrt{3}};$$

$$\operatorname{ctg} \frac{\pi}{6} = \sqrt{3}; \quad \operatorname{csc} \frac{\pi}{6} = 2; \quad \operatorname{sc} \frac{\pi}{6} = \frac{2}{\sqrt{3}};$$

точно так же

$$\sin \frac{\pi}{3} = \frac{\sqrt{3}}{2}; \quad \sin \frac{\pi}{4} = \frac{\sqrt{2}}{2}; \quad \sin \frac{\pi}{10} = \frac{1}{4}(\sqrt{5} - 1).$$

Формулы приведения (тригонометрич. ф-ий тупого угла к ф-иям острого угла) сводятся к следующему правилу: 1) если приводимая ф-ия имеет отрицательное значение, то ф-ию острого угла умножают на -1; 2) название приводимой ф-ии сохраняется, если острый угол взят при горизонтальном диаметре, и меняется на сходное, если острый угол взят

при вертикальном диаметре. Пример. Привести $\sec 310°$ к ф-ии острого угла, не превышающего 45°. — Т. к. $310° = 360° - 50° = 270° + 40°$, то $\sec 310° = \sec(270° + 40°) = \operatorname{cosec} 40°$.

Тригонометрические функции отрицательных углов: в случае $\cos x$ и $\sec x$ минус в аргументе можно опустить, а в остальных ф-иях минус у аргумента можно вынести за знак ф-ии, напр. $\cos(-60°) = \cos 60°$, $\sin(-60°) = -\sin 60°$.

Общий вид углов, соответствующих данному значению тригонометрической функции. Если α—наименьший положительный угол, удовлетворяющий данной тригонометрич. ф-ии, то общий вид углов выразится сл. обр.: 1) $\sin x = \sin\alpha$; $x = \pi k + \alpha(-1)^k$ где k—произвольное целое число; 2) $\cos x = \cos\alpha$; $x = 2\pi k \pm \alpha$; 3) $\operatorname{tg} x = \operatorname{tg}\alpha$; $x = \pi k + \alpha$; 4) $\operatorname{ctg} x = \operatorname{ctg}\alpha$; $x = \pi k + \alpha$.

Тригонометрические функции суммы и разности двух углов, двойного угла и половины угла:

$$\sin(\alpha+\beta) = \sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta;$$
$$\sin(\alpha-\beta) = \sin\alpha\cos\beta - \cos\alpha\sin\beta;$$
$$\cos(\alpha+\beta) = \cos\alpha\cos\beta - \sin\alpha\sin\beta;$$
$$\cos(\alpha-\beta) = \cos\alpha\cos\beta + \sin\alpha\sin\beta;$$
$$\operatorname{tg}(\alpha \mp \beta) = \frac{\operatorname{tg}\alpha \mp \operatorname{tg}\beta}{1 \pm \operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta};$$
$$\sin 2\alpha = 2\sin\alpha\cos\alpha;$$
$$\cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \sin^2\alpha;$$
$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{2\operatorname{tg}\alpha}{1-\operatorname{tg}^2\alpha};$$
$$\sin\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}};\quad \cos\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}};$$
$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{1+\cos\alpha}} = \frac{\sin\alpha}{1+\cos\alpha} = \frac{1-\cos\alpha}{\sin\alpha}.$$

Пользуясь ф-лами двойного угла и половины угла, можно показать, что $\sin x$ и $\cos x$ выражаются рационально через $\operatorname{tg}\frac{x}{2}$. Действительно, если $\operatorname{tg}\frac{x}{2} = z$, то

$$1 + \operatorname{tg}^2\frac{x}{2} = 1 + z^2 = \sec^2\frac{x}{2} = \frac{1}{\cos^2\frac{x}{2}}$$

или

$$\cos^2\frac{x}{2} = \frac{1}{1+z^2} \text{ и } \sin^2\frac{x}{2} = \frac{z^2}{1+z^2};$$

отсюда:

$$\cos x \left(= \cos^2\frac{x}{2} - \sin^2\frac{x}{2}\right) = \frac{1-z^2}{1+z^2},$$
$$\sin x \left(= 2\sin\frac{x}{2}\cos\frac{x}{2} = 2\operatorname{tg}\frac{x}{2}\cos^2\frac{x}{2}\right) = \frac{2z}{1+z^2}.$$

Из равенства $z = \operatorname{tg}\frac{x}{2}$ следует

$$\frac{dz}{dx} = \frac{1}{2\cos^2\frac{x}{2}} = \frac{1+z^2}{2}.$$

Т. о. $\frac{dx}{dz} = \frac{2}{1+z^2}$, т. е. и производная $\frac{dx}{dz}$ выражается рационально через z. Точно так же $\sin^2 x$, $\cos^2 x$ и $\sin x \cdot \cos x$ выражаются рационально через $z = \operatorname{tg} x$, а именно:

$$\cos^2 x = \frac{1}{1+z^2};\quad \sin^2 x = \frac{z^2}{1+z^2};$$
$$\sin x \cdot \cos x \left(= \frac{1}{2}\sin 2x\right) = \frac{z}{1+z^2}.$$

Рассмотренные соотношения имеют применение при интегрировании нек-рых общих классов ф-ий. Так, подстановка $\operatorname{tg}\frac{x}{2} = z$ приводит к рациональному виду подинтегральную ф-ию в интеграле $\int R(\cos x, \sin x)\,dx$. Применяя ту же или вторую подстановку, приводят к рациональному виду ф-ию под знаком интеграла

$$\int \frac{dx}{a^2\sin^2 x + b^2\cos^2 x}.$$

Приведение суммы и разности функций к логарифмич. виду:

$$\sin\alpha + \sin\beta = 2\sin\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2};$$
$$\sin\alpha - \sin\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}\sin\frac{\alpha-\beta}{2};$$
$$\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2};$$
$$\cos\alpha - \cos\beta = 2\sin\frac{\alpha+\beta}{2}\sin\frac{\beta-\alpha}{2}.$$

Точно так же на основании предыдущих соотношений:

$$1 + \cos\alpha = 2\cos^2\frac{\alpha}{2},$$
$$1 - \cos\alpha = 2\sin^2\frac{\alpha}{2},$$
$$\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta = \frac{\sin(\alpha+\beta)}{\cos\alpha\cdot\cos\beta}.$$

Решение треугольников:

$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C} = 2R$ (закон синусов), где R—радиус круга, описанного около тр-ка;

$a^2 = b^2 + c^2 - 2bc\cos A$ (закон косинуса);

$$\sin A + \sin B + \sin C = 4\cos\frac{A}{2}\cdot\cos\frac{B}{2}\cdot\cos\frac{C}{2};$$
$$\operatorname{tg} A + \operatorname{tg} B + \operatorname{tg} C = \operatorname{tg} A\cdot\operatorname{tg} B\cdot\operatorname{tg} C;$$
$$\operatorname{ctg}\frac{A}{2} + \operatorname{ctg}\frac{B}{2} + \operatorname{ctg}\frac{C}{2} = \operatorname{ctg}\frac{A}{2}\cdot\operatorname{ctg}\frac{B}{2}\cdot\operatorname{ctg}\frac{C}{2};$$
$$\sin\frac{A}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{bc}};$$
$$\cos\frac{A}{2} = \sqrt{\frac{p(p-a)}{bc}};$$
$$\operatorname{tg}\frac{A}{2} = \sqrt{\frac{(p-b)(p-c)}{p(p-a)}};$$
$$a = \frac{p\cdot\sin\frac{A}{2}}{\cos\frac{B}{2}\cdot\cos\frac{C}{2}};$$
$$a = \sqrt{\frac{2S\cdot\sin A}{\sin B\cdot\sin C}},$$

где p—полупериметр тр-ка, S—площадь тр-ка.

Обратные тригонометрические функции (обратные круговые). Если в ф-ии $y = \sin x$ значение аргумента определяется дугой, измеренной в радиусах, а значение ф-ии при установленной единице определяется соответствующей линией в круге, то, принимая во внимание только одну связь такой ф-ии с кругом (вне отношения к тр-ку), ее называют круговой ф-ией. А т. к. всякая монотонная и непрерывная в нек-ром интервале ф-ия всегда в этом интервале обратима при помощи однозначно определенной непрерывной же ф-ии, то ф-ии $y = \sin x$; $y = \cos x$; $y = \operatorname{tg} x$; $y = \operatorname{ctg} x$ имеют однозначные обратные ф-ии. Последние имеют вид:

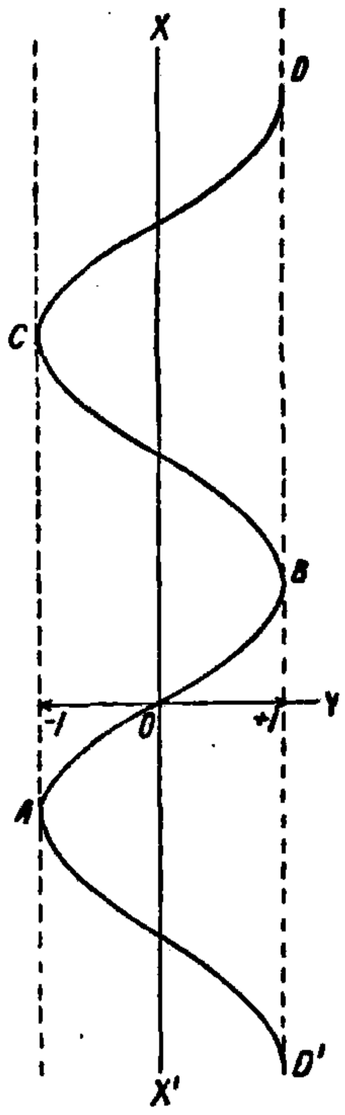
$$x = \operatorname{arc}\sin y;\ x = \operatorname{arc}\cos y;\ x = \operatorname{arc}\operatorname{tg} y;$$
$$x = \operatorname{arc}\operatorname{ctg} y.$$

Из рассмотрения графиков прямых круговых функций (фиг. 2—7) видно, что ф-ии $y = \sin x$ и $y = \operatorname{tg} x$ непрерывно возрастают в интервале $-\frac{\pi}{2} < x < \frac{\pi}{2}$, ф-ии $y = \cos x$ и $y = \operatorname{ctg} x$ убывают непрерывно в интервале $0 < x < \pi$.

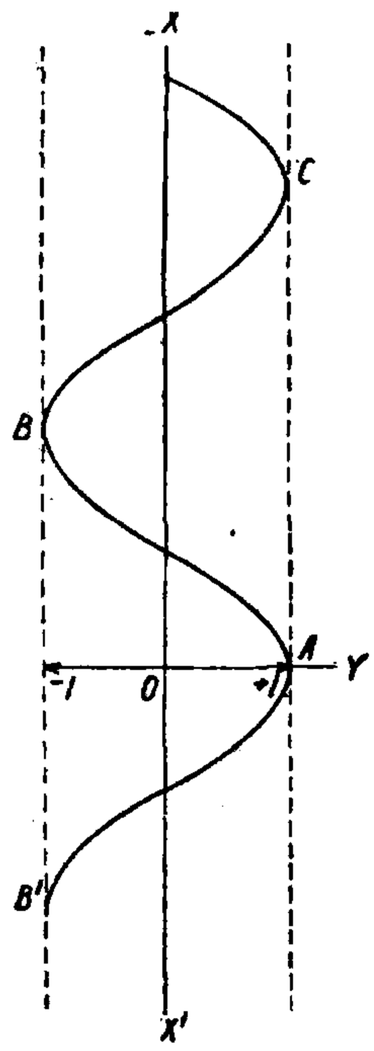
График ф-ии $x = \arcsin y$ (фиг. 8) показывает, что эта ф-ия возрастает от $-\frac{\pi}{2}$ до $+\frac{\pi}{2}$, когда y возрастает от -1 до $+1$. В этом интервале имеем главное значение (основную ветвь) ф-ии арксинуса; в других интервалах получаются другие ветви ф-ии. Без указания интервала $\arcsin y$ представляет многозначную функцию от y. Многозначность эта м. б. выражена так:

$$x = k\pi + (-1)^k [\arcsin y],$$

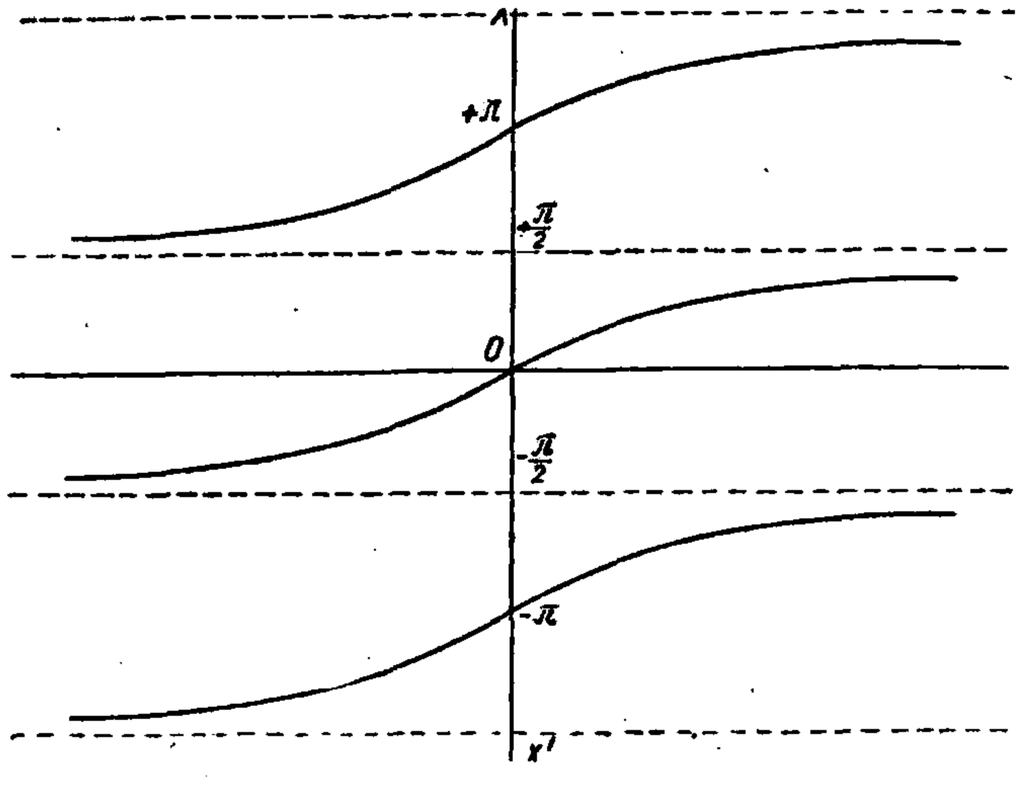
где k—положительное или отрицательное целое число. Все эти значения ф-ии дают бесчисленное количество непрерывных дуг, из к-рых одни (AB, CD, ...) соответствуют непрерывным возрастающим однозначным ф-иям, служащим ветвями многозначных ф-ий; другие (CB, AD',...) соответствуют убывающим непрерывным ф-иям. Все возрастающие ветви получаются простым сдвигом основной ветви



Фиг. 8.



Фиг. 9.



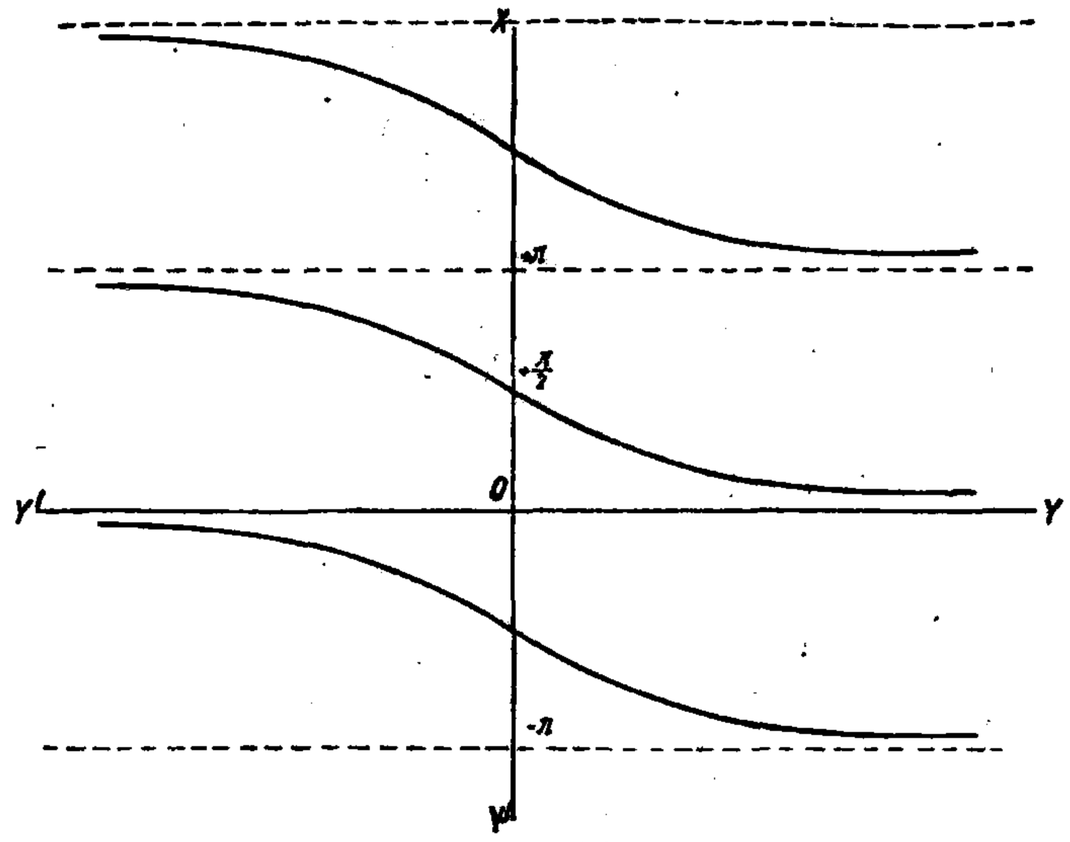
Фиг. 10.

AB вверх и вниз на расстояния $\pm 2\pi, \pm 4\pi, \ldots$ Обычно основную восходящую ветвь AB обозначают символом $[\arcsin y]$.

График ф-ии $x = \operatorname{arc\,tg} y$ (фиг. 10) показывает, что ф-ия определена теперь уже на всем промежутке $-\infty < y < +\infty$ и представляет ряд подобных друг другу восходящих ветвей. За основную ветвь выбирают ту, к-рая проходит через начало координат. Ее ординаты образуют непрерывную ф-ию, возрастающую от $-\frac{\pi}{2}$ до $+\frac{\pi}{2}$. Остальные ветви получаются сдвигом вверх и вниз основной ветви на расстояния, кратные π, следовательно все значения многозначной ф-ии $\operatorname{arc\,tg} y$ будут заключаться в ф-ле

$$x = [\operatorname{arc\,tg} y] + k\pi.$$

Аналогично соответственные заключения относительно $\arccos y$ и $\operatorname{arc\,ctg} y$ можно сделать



Фиг. 11.

на основании их графиков (фиг. 9 и 11). Ф-ии $\operatorname{arc\,sc} y$ и $\operatorname{arc\,csc} y$ неупотребительны.

В заключение приведем несколько вспомогательных ф-л, применяемых при изображении периодических ф-ий (ряды Фурье) посредством тригонометрич. сумм. Очевидными являются:

$$\int_0^{2\pi} \cos nx\, dx = 0 \quad \text{и} \quad \int_0^{2\pi} \sin nx\, dx = 0.$$

На основании ф-л

$$\cos\alpha \cdot \cos\beta = \frac{1}{2}\cos(\alpha+\beta) + \frac{1}{2}\cos(\alpha-\beta),$$

$$\sin\alpha \cdot \sin\beta = \frac{1}{2}\cos(\alpha-\beta) - \frac{1}{2}\cos(\alpha+\beta),$$

$$\sin\alpha \cdot \cos\beta = \frac{1}{2}\sin(\alpha+\beta) + \frac{1}{2}\sin(\alpha-\beta)$$

легко показать справедливость соотношений, выражающих свойства ортогональности тригонометрич. ф-ий:

$$\int_0^{2\pi} \cos mx \cdot \cos nx\, dx = \begin{cases} 0 & \text{при } m \neq n, \\ \pi & \text{при } m = n\ (m \neq 0), \end{cases}$$

$$\int_0^{2\pi} \sin mx \cdot \sin nx\, dx = \begin{cases} 0 & \text{при } m \neq n \\ \pi & \text{при } m = n\ (m \neq 0), \end{cases}$$

$$\int_0^{2\pi} \sin mx \cdot \cos nx\, dx = 0.$$

Необходимо также отметить графически очевидные соотношения:

$$\cos\frac{2\pi}{p} + \cos\frac{4\pi}{p} + \cos\frac{6\pi}{p} + \ldots + \cos\frac{2\pi p}{p} =$$

$$= \sum_{q=1}^{p} \cos\frac{2\pi q}{p} = 0;$$

$$\sum_{q=1}^{p} \sin\frac{2\pi q}{p} = 0.$$

Далее, если n—целое число, то

$$\sum_{q=1}^{p} \cos\frac{2\pi n q}{p} + \sum_{q=1}^{p} \sin\frac{2\pi n q}{p} = 0$$

при условии, что n не является кратным p, в

противном случае сумма рядов равна p. Если m и n—целые числа, каждое не более $\frac{p}{2}$, то

$$\sum_{q=1}^{p} \cos\frac{2\pi mq}{p}\cos\frac{2\pi nq}{p}=0$$

и

$$\sum_{q=1}^{p} \sin\frac{2\pi mq}{p}\sin\frac{2\pi nq}{p}=0$$

при условии, что $m\neq n$; но обе суммы будут равны каждая $\frac{p}{2}$, если $m=n$, за исключением того частного случая, когда $m=n=\frac{p}{2}$, и первая сумма равна p, а вторая—нулю. Аналогично выводится, что

$$\sum_{q=1}^{p} \sin\frac{2\pi mq}{p}\cos\frac{2\pi nq}{p}=0$$

во всех случаях. Наконец рассмотрим интеграл

$$\int e^{cx}dx\left(=\frac{e^{cx}}{c}\right).$$

Положив $c=-a+ib$, имеем

$$\int_0^\infty e^{-ax+ibx}=\int_0^\infty e^{-ax}(\cos bx+i\sin bx)\,dx=$$

$$=\left|\frac{e^{(-a+ib)x}}{-a+ib}\right|_0^\infty=\frac{-1}{-a+ib}=\frac{a+ib}{(a+ib)(a-ib)}=\frac{a+ib}{a^2+b^2}.$$

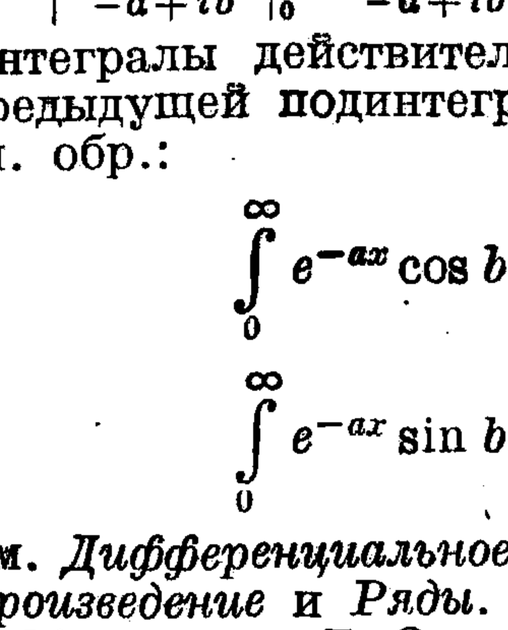
Интегралы действительной и мнимой частей предыдущей подинтегральной ф-ии выразятся сл. обр.:

$$\int_0^\infty e^{-ax}\cos bx\,dx=\frac{a}{a^2+b^2};$$

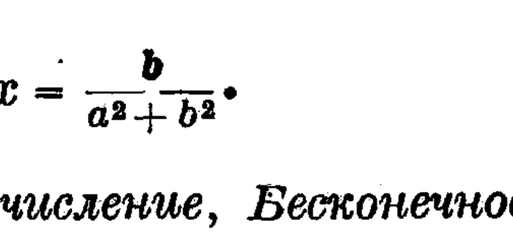
$$\int_0^\infty e^{-ax}\sin bx\,dx=\frac{b}{a^2+b^2}.$$

См. *Дифференциальное исчисление*, *Бесконечное произведение* и *Ряды*.

Сферическая Т. Определения и основные формулы. Сферическим тр-ком, как известно, называют фигуру, лежащую на сфере и ограниченную дугами трех больших кругов (фиг. 12). Углы сферич. тр-ка — линейные углы двугранных углов, образованных плоскостями, дающими в пересечении со сферой сферич. тр-к. Центральный угол между двумя радиусами, идущими к вершинам сферич. тр-ка, носит название стороны тр-ка. На фиг. 13: A, B и C—вершины сферич. тр-ка; стороны его в соответствии с противоположными вершинами: $a=\angle BOC$, $b=\angle AOC$ и $c=\angle AOB$; соответственно вершинам углы имеют обозначения: α, β и γ, напр. AD и AE—перпендикуляры к OA, лежащие в плоскостях, образующих двугранный угол с ребром OA, следовательно $\angle DAE=\alpha$. Площадь сферического тр-ка определяется по ф-ле:



Фиг. 12.



Фиг. 13.

$$f=r^2(\alpha+\beta+\gamma-\pi),$$

где α, β и γ—углы тр-ка в дуговых единицах, r—радиус сферы. Из этой ф-лы следует, что

$$\alpha+\beta+\gamma=\pi+\frac{f}{r^2}.$$

В сферич. Т. рассматривают 6 основных задач (против 4 задач Т. на плоскости). Эти 6 случаев относятся к решению тр-ка по данным: 1) a, b, γ; 2) a, β, γ; 3) a, α, β; 4) a, b, c; 5) a, b, α; 6) α, β, γ. В первом и четвертом случаях применяется ф-ла:

$$\cos a=\cos b\cos c+\sin b\sin c\cos\alpha,$$

или

$$\cos\alpha=\frac{\cos a-\cos b\cos c}{\sin b\sin c},$$

известная под именем теоремы косинусов сферич. тр-ка. Во втором и шестом случаях применяется теорема косинусов для углов сферич. тр-ка, выражаемая ф-лой:

$$\cos\alpha=-\cos\beta\cos\gamma+\sin\beta\cdot\sin\gamma\cdot\cos a,$$

или

$$\cos\alpha=\frac{\cos\alpha+\cos\beta\cos\gamma}{\sin\beta\sin\gamma}.$$

По аналогии с плоским тр-ком теорема синусов для сферич. тр-ка выражается ф-лой

$$\frac{\sin a}{\sin\alpha}=\frac{\sin b}{\sin\beta}=\frac{\sin c}{\sin\gamma}.$$

Формулы, приведенные к логарифмическому виду:
1) S-формулы:

$$\sin\frac{\alpha}{2}=\sqrt{\frac{\sin(S-b)\sin(S-c)}{\sin b\cdot\sin c}};$$

$$\cos\frac{\alpha}{2}=\sqrt{\frac{\sin S\cdot\sin(S-a)}{\sin b\cdot\sin c}};$$

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}=\sqrt{\frac{\sin(S-b)\sin(S-c)}{\sin S\cdot\sin(S-a)}};$$

$$\operatorname{tg}\varrho=\sqrt{\frac{\sin(S-a)\sin(S-b)\sin(S-c)}{\sin S}},$$

причем $a+b+c=2S$ и ϱ—радиус круга, вписанного в сферич. тр-к.
2) σ-формулы:

$$\sin\frac{a}{2}=\sqrt{-\frac{\cos\sigma\cos(\sigma-\alpha)}{\sin\beta\sin\gamma}};$$

$$\cos\frac{a}{2}=\sqrt{\frac{\cos(\sigma-\beta)\cos(\sigma-\gamma)}{\sin\beta\sin\gamma}},$$

причем $\alpha+\beta+\gamma=2\sigma$.
3) Гауссовы формулы:

$$\sin\frac{\alpha+\beta}{2}=\frac{\cos\frac{a-b}{2}}{\cos\frac{c}{2}}\cdot\cos\frac{\gamma}{2};\qquad(1)$$

$$\sin\frac{\alpha-\beta}{2}=\frac{\sin\frac{a-b}{2}}{\sin\frac{c}{2}}\cdot\cos\frac{\gamma}{2};\qquad(2)$$

$$\cos\frac{\alpha+\beta}{2}=\frac{\cos\frac{a+b}{2}}{\cos\frac{c}{2}}\cdot\sin\frac{\gamma}{2};\qquad(3)$$

$$\cos\frac{\alpha-\beta}{2}=\frac{\sin\frac{a+b}{2}}{\sin\frac{c}{2}}\cdot\sin\frac{\gamma}{2}.\qquad(4)$$

4) Непировы аналогии. Разделив (2) на (4) и (1) на (3), получают первую пару непировых аналогий:

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha-\beta}{2}=\frac{\sin\frac{a-b}{2}}{\sin\frac{a+b}{2}}\cdot\operatorname{ctg}\frac{\gamma}{2};$$

$$\operatorname{tg}\frac{\alpha+\beta}{2}=\frac{\cos\frac{a-b}{2}}{\cos\frac{a+b}{2}}\cdot\operatorname{ctg}\frac{\gamma}{2}.$$

Разделив (2) на (1) и (4) на (3), получают вторую пару неперовых аналогий:

$$\operatorname{tg}\frac{a-b}{2}=\frac{\sin\frac{\alpha-\beta}{2}}{\sin\frac{\alpha+\beta}{2}}\cdot\operatorname{tg}\frac{c}{2};$$

$$\operatorname{tg}\frac{a+b}{2}=\frac{\cos\frac{\alpha-\beta}{2}}{\cos\frac{\alpha+\beta}{2}}\cdot\operatorname{tg}\frac{c}{2}.$$

Применение сферической Т. в геодезии—см. *Географические координаты*, *Геодезическая задача*, *Геодезические координаты*.

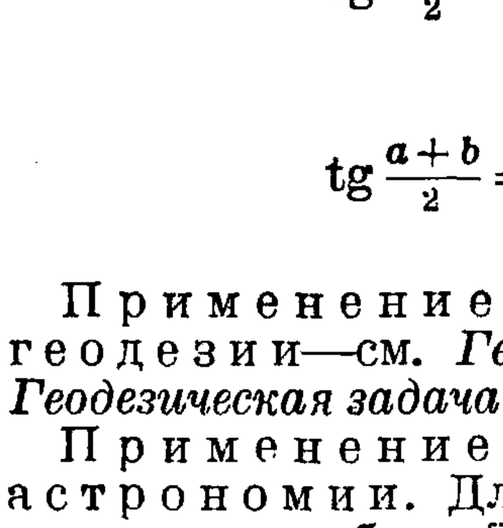
Применение сферической Т. в астрономии. Для определения положения светила на небесной сфере служат: а) система горизонта—высота и азимут светила, б) система экватора—склонение и прямое восхождение светила, в) система эклиптики—астрономическая широта и астрономическая долгота светила. От соединения систем экватора и горизонта получают параллактический тр-к, от соединения же систем экватора и эклиптики—астрономический тр-к.

Сфероидический треугольник—см. *Геодезические треугольники* и *Геодезия*.

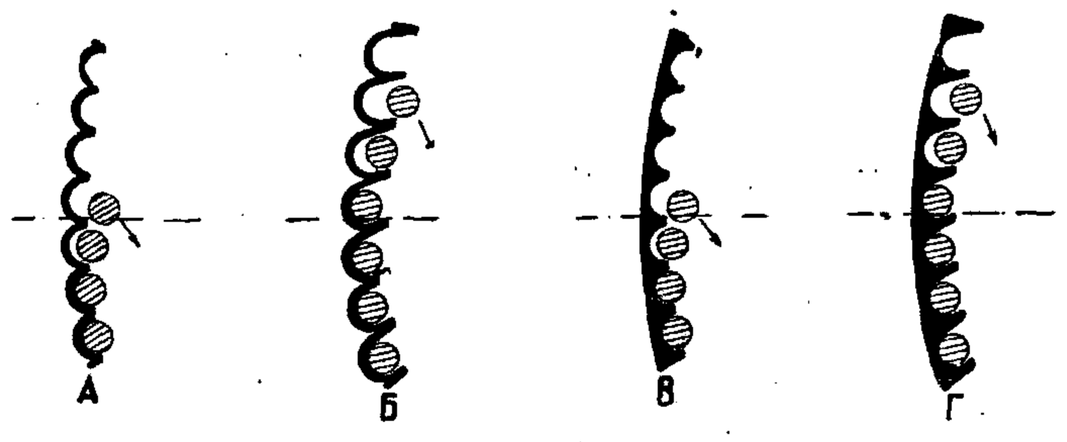
Лит.: Филипс Г., Дифференциальное исчисление, пер. с англ., 3 изд., М., 1932; Курант Р., Курс дифференциального и интегрального исчислений, пер. с нем., ч. 1, М.—Л., 1931; Рыбкин Н., Учебник прямолинейной тригонометрии и собрание задач, 11 изд., М., 1931; Пржевальский Е., Пятизначные таблицы логарифмов чисел и тригонометрич. величин, 6 изд., М.—Л., 1926; Привалов И., Ряды Фурье, 2 изд., М.—Л., 1931; Кранц Н., Сферическая тригонометрия, пер. с нем., М.—Л., 1932; Eagle A., A Practical Treatise on Fourier's Theorem a. Harmonic Analysis, L., 1925; Balser L., Sphärische Trigonometrie, Lpz., 1927; см. также *Параллакс*.

В. Никаноров.

ТРИЕРЫ, машины, применяемые для разделения семян растений по их длине при помощи ячеистых поверхностей. Первые машины применялись гл. обр. для очистки семян зерновых хлебов от сорняка куколя (Agrostema githago), почему они и называются также куколеотборниками. Действие Т. основано на следующем: если взять напр. цилиндр с внутренней ячеистой поверхностью (фиг. 1) и насыпать в него смесь из коротких и длинных семян и начать его вращать, то семена начнут попадать в ячейки и будут ими подниматься, при этом короткие семена, вполне помещающиеся в ячейках, поднимутся выше других и в известном месте выпадут, семена, не вполне помещающиеся в ячейках, выпадут раньше, а длинные семена, которые выступают из ячейки почти наполовину, выпадут еще раньше. Если мы поместим в цилиндре вдоль его оси жолоб *аб* с крылом *бв*, то семена, выпавшие выше точки *в*, попадут в жолоб, а остальные останутся в цилиндре. Придавая крылу *бв* такую длину, чтобы оно почти касалось внутренней поверхности цилиндра, и переставляя его выше или ниже соответствующим поворачиванием *жолоба около оси е*, мы *можем* в известных пределах влиять на количество семян, попадающих в жолоб и остающихся в цилиндре, а изменяя ⌀ ячей, можно производить разделение семян самых различных форм и размеров. Но семена одинаковой длины поднимаются в цилиндре на разную высоту в зависимости напр. от того положения, к-рое они займут в ячейках, и поэтому уровень выпадения не является чем-либо постоянным, а колеблется, причем более длинные семена могут выпасть позднее, чем близкие к ним по размеру, но более короткие. Чтобы процесс разделения шел отчетливее, вместо крыла *бв* в Т. си т. Маро ставят вдоль всего цилиндра легкие деревянные пластинки *бг* на шарнире *б*, касающиеся ячеистой поверхности, к-рыми более длинные семена выбрасываются из ячей вниз; в Т. сист. Гейда с этой целью делают ниже жолоба металлич. сгребалки. Кроме того рабочую поверхность цилиндра делают из косых



Фиг. 1.



Фиг. 2.

ячеек в виде кармашков (фиг. 2, А, Б, В, Г), из к-рых короткие семена выпадают значительно позднее, т. е. выше. В конечном результате произойдет разделение семян по их длине, причем более короткие семена будут собираться в жолобе, откуда они выводятся шнеком *д* (фиг. 1), а более длинные остаются в цилиндре и выпадают в конце его в выводные отверстия. Очевидно, что все дробленые, битые, а также округлые семена могут быть вполне отобраны от целых семян и использованы отдельно. Особенно эффектно отделяются круглые семена от продолговатых, когда диаметр первых меньше длины вторых и когда они при одинаковой толщине не могут быть разделены решетами. Например триеры легко отделяют вику от овса, куколь от ячменя и т. п., т. е. исполняют такую работу, которая до их появления и до появления змеек могла быть сделана только кропотливым ручным способом. Семена, поступающие на ячеистую поверхность вращающегося цилиндра Т., находятся одновременно под действием силы тяжести и центробежной силы. Для успешной работы Т. необходимо, чтобы ⌀ ячей вполне соответствовал размеру семян, чтобы семена располагались на ячеистой поверхности возможно тонким слоем (идеально—слоем толщиной, равной одному зерну), чтобы семена проходили с ячеистой поверхностью возможно более длинный путь, при к-ром было бы гарантировано полное их разделение. Большинство Т., особенно с.-х. типа, имеет ячейки на внутренней поверхности цилиндра. Первые Т. строились с небольшим числом оборотов, тихоходные, не более 15 об/м., причем предполагалось, что при медленном вращении семена легче будут попадать в ячейки под действием силы тяжести. Действию центробежной силы не придавалось большого значения. Но в последнее время появились быстроходные триеры с числом оборотов цилиндра от 35 (ручные) до 50 (приводные), производительность которых на 1 $м^2$ рабочей поверхности оказалась в 4 и более раз выше тихоходных. В них центробежная сила играет уже большую роль. Кроме того отпала надобность придавать оси цилиндра наклонное положение, которое в тихоходных Т. нужно для

более быстрого перемещения семян от одного конца цилиндра к другому. В быстроходных цилиндрах ось вала делается горизонтальной, и перемещение семян происходит под влиянием разностей в толщине слоя семян в начале и в конце цилиндра. Основной деталью каждого Т. является его ячеистая поверхность, которая в зависимости от конструкции помещается или на внутренней поверхности цилиндра (тип Вашона), или на его наружной (тип Горячкина), или на поверхности плоских пластин, собранных в виде барабана, вращающегося в кожухе (тип «Möbus», Амме и Гезике), или же на поверхности кривых пластин, также собранных в виде барабана в кожухе (тип Нестерова), или в виде бесконечного полотна, составленного из отдельных пластин, соединенных шарнирами (тип бр. Зекк), или же наконец на поверхности вертикальных дисков, вращающихся на горизонтальном валу в особом кожухе (тип Картера).

Материалом для ячеистых поверхностей служит обыкновенно цинк, иногда бронза, а в последнее время чугун. Попытки применить листы из железа и стали успеха пока не имели, т. к. обнаженное железо быстро подвергается ржавчине, а нержавеющая сталь слишком еще дорога и мало распространена. Цинк применяется благодаря тому, что он легко поддается сверлению, при своей вязкости хорошо штампуется, сгибается в листах в цилиндры и в то же время достаточно тверд, чтобы сохранять форму и острые края ячей в течение до двух лет при непрерывной работе на мукомольных мельницах и до 7—8 лет в сел. х-ве. Но когда края ячей закругляются, они плохо держат в себе семена и начинают выбрасывать их преждевременно. Для продления срока службы в Т. сист. Гейда покрывают ячеистую поверхность или слоем меди или же более твердым материалом—никелем. Последний почти удваивает срок службы Т., но и значительно увеличивает его стоимость. Завод Картера отливает для своих Т. диски с ячейками из чугуна. Это конечно удешевляет машину и позволяет применять для ячеистой поверхности такой прочный и дешевый материал, как чугун, но требует очень высокой техники литейного дела. Ячейки наносятся на поверхность листов обычно или сверлением или же штампованием. Но при одном штамповании не получаются вполне точные и одинаковые размеры ячей, т. к. металл выдавливается по краям и поэтому необходима добавочная зачистка краев ячей.

По месту нахождения ячеистой поверхности и конструкции Т. можно разделить на четыре группы: 1) Т. с внутренней ячеистой поверхностью, 2) Т. с внешней ячеистой поверхностью, 3) Т. с бесконечным ячеистым полотном и 4) Т. дисковые.

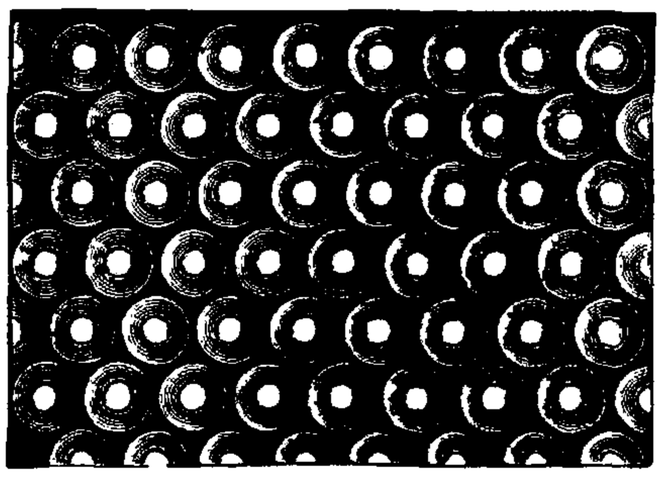
1. Т. с внутренней ячеистой поверхностью. Пионером в производстве Т. является французский завод Маро (E. Marot), к-рым разработан не только современный тип Т.—с внутренней ячеистой поверхностью, наиболее распространенный в с. х-ве, но и способы изготовления триерной жести. Этим заводом вырабатывается триерная жесть как путем сверления ячей, так гл. обр. и путем штампования из тонких цинковых листов с одновременным рассверливанием на особых станках. Один из этих станков штампует ячеи на плоском цинковом листе т. о.: лист помещен в станке вертикально между матрицей и 4-калиброванными пунсонами, имеющими невысокие режущие ребра на своей поверхности и делающими около 2 000 об/м. Пунсоны помещены на ползушке, которая быстро, на мгновение, подводит их к листу, давит ими на лист, прижимая его к калиброванной матрице, и также быстро отводит их от листа. В промежутках между этими движениями лист автоматически перестанавливается на новое место. В результате на листе появляется ячеистая поверхность из штампованных ячеек, зачищенных не только по краям, но и по всей своей внутренней поверхности по калибру с соблюдением точных размеров и расположенных на листе в шахматном порядке. Но так как при сгибании плоского листа в цилиндр неизбежно меняются размеры ячей, то завод Маро имеет еще один станок, при помощи которого ячеи штампуются таким же образом, но на внутренней поверхности листа, предварительно почти уже согнутого в готовый цилиндр. Для изготовления триерной жести штампованием станками Маро толщина листов достаточна 1÷2 *мм* для ячей ⌀ 1÷18 *мм*, тогда как при сверленых ячейках толщина листа для полушаровидной формы ячей д. б. минимум на 0.75 *мм* больше их радиуса. Напр. жесть з-да Гейда при ⌀ ячеи в 6,25 *мм* имеет толщину 4 *мм*, а жесть з-да Маро также со сверленными ячейками при ⌀ ячей в 9 *мм* имеет толщину уже 6 *мм*. Т. о. при штамповании получается огромная экономия в материале (фиг. 2, А, Б, В, Г).

Но кроме экономии в материале есть еще одно преимущество штампованной жести перед сверленой: при изгибании листов в цилиндр деформация листа в сверленой жести происходит по ячеям, как в ослабленных местах листа. В штампованных же ячеи будут более жесткими местами листа, и деформация его должна происходить гл. обр. в промежутках между ячеями. Благодаря этому размеры ячей при штампованной жести остаются более точными, чем при сверленой, а это сказывается на результатах работы. Но есть преимущества и у сверленой жести, которые заставляют немецкие заводы применять ее при изготовлении Т. несмотря на ее более высокую стоимость, — это большее число ячей, доходящее до 25% на единицу поверхности, сравнительно со штампованной жестью. Происходит это оттого, что промежутки между ячеями при сверлении получаются значительно меньше. Большее же число ячей неизбежно сказывается на производительности машины. На 1 *м*² ячеистой поверхности сверленых ячей ⌀ 5 *мм* помещается 30 000 шт., ⌀ 9,5 *мм*—9 000 шт. и т. д. Для сверления ячей применяются два типа станков. В одном ряд вертикальных вращающихся сверл на подвижной раме опускается по вертикали на глубину ячей и возвращается назад, а лист перемещается под ними в горизонтальном направлении на особом столе. Во второй конструкции сверла не перемещаются совсем, а лист жести, перемещаясь в горизонтальном направлении на столе, приподнимается в известные моменты, приближается к вращающимся сверлам на глубину ячей и возвращается назад.

Для сверления косых ячей сверла ставятся наклонно. Конструкция Т. з-да Маро: в деревянном станке помещается ячеистый цилиндр, надетый на крестовину вала, к-рый вращается в подшипниках, лежащих на горизонтальных брусках станка. Вал имеет наклон около 3° от

впускного отверстия, где помещается рукоятка или шкив, к противоположному концу. Под валом помещен жестяной жолоб со шнеком, а с левой его стороны, по всей длине цилиндра, прикреплены на шарнирах легкие деревянные сгребалки, касающиеся своими концами ячеистой поверхности. Пластинки эти имеют наклон к жолобу. Семена засыпаются в ковш с регулирующимся выпускным отверстием, из которого семена поступают на тарар с двумя решетами, где отделяются крупные примеси—колосья, пленки, солома, крупные камни, а затем уже направляются в ячеистый цилиндр. Тарар приводится в действие трещеткой, состоящей из храпового колеса, приводимого во вращение рукояткой, и стержня, соединенного концом с тараром. От цилиндрической шестерни, сидящей на валу рукоятки, вращение передается валу цилиндра, а вал на своем противоположном конце имеет также шестерню, к-рой приводится во вращение вал шнека. Семена при вращении цилиндра захватываются ячейками и поднимаются в них кверху, при этом короткие семена, умещающиеся в ячейках, проходят под концами сгребалок и выпадают из ячей выше их и скатываются в жолоб, откуда шнеком гонятся к его нижнему концу, где и выпадают в ящик. Более же длинные семена, например овса, выбрасываются из ячей сгребалками вниз, совершают благодаря наклону цилиндра зигзагообразный путь внутри его и попадают в выпускные отверстия, из которых поступают для сортирования на коническое жестяное решето с продавленными продолговатыми отверстиями, имеющее в своей нижней части наклон, обратный ячеистому цилиндру. Обыкновенно коническое решето составляется из листов, имеющих два размера отверстия: при входе на него семена попадают сначала на мелкие отверстия, а затем на более крупные. Т. о. семена сортируются на три сорта: через мелкие отверстия проходит 3-й сорт, через второе решето—2-й сорт, а самые крупные семена выпадают в конце конич. решета из выпускных отверстий. Жолоб вместе с сгребалками можно поворачивать относительно оси цилиндра в известных пределах вправо и влево и закреплять в установленном положении при помощи барашка и рычагами с прорезом по окружности. Но цилиндры с ячейками одного размера пригодны для сортирования определенной группы семян. В действительности же приходится обыкновенно сортировать смесь, состоящую из разнообразных семян. Поэтому делают цилиндры или двойной длины или составные, в которых в верхней половине помещаются ячеи бо́льших размеров, а в нижней—меньших. Т. к. цилиндрами с крупными ячеями (9—11 *мм*) отделяются более длинные семена (овсюг, ячмень, овес), их называют о в с ю ж н и к а м и в отличие от к у к о л е о т б о р н и к о в, к-рые имеют ячейки в 5—6,5 *мм* для более мелких, коротких и округлых семян.

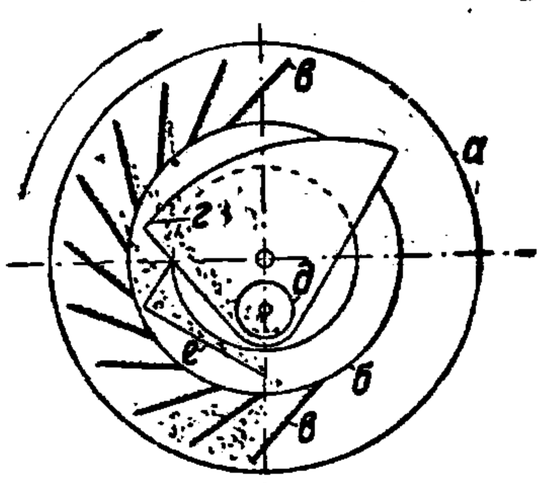
В пром-сти обыкновенно весь цилиндр имеет ячейки одного размера, но цилиндры ставят один над другим в два яруса в целях экономии площади пола. В этих комбинациях на долю овсюжников приходится обыкновенно более тяжелая работа. Так, если идет очистка пшеницы, засоренной 5% овсюга и 5% куколя, то овсюжник должен оставить в цилиндре только 5% примеси, а остальные 95% выбрать и перенести в жолоб. На долю же кукольника останется всего 5% примеси, а 90% пшеницы в жолоб не поднимаются. Для облегчения работы овсюжников в пром-сти нередко первым цилиндром ставится кукольник, а вторым овсюжник. Обычно все круглые, короткие и битые семена попадают сначала в жолоб первой половины, а длинные остаются в цилиндре и выходят из первой половины через выпускные отверстия на первый сортировальный конус. Более мелкие же семена из жолоба передвигаются шнеком во вторую половину цилиндра, отделенную от первой перегородкой. Там они снова попадают на ячеистую поверхность, окончательно разделяются, и более крупные из них сортируются на втором конич. решете, а мелкие выпадают наружу. При этом положение сгребалок и жолоба устанавливается или от одного рычага для обеих половин цилиндра, что не всегда бывает правильно, или же делается два рычага для самостоятельной установки каждой половины. Завод Маро изготовляет составные половины цилиндра даже на отдельных станках с таким расчетом, что можно работать или только одной половиной или же двумя, приставляя одну к другой. Такая конструкция имеет свои преимущества как для приобретения, так и для перевозки и пользования в хозяйстве. Т. завода Маро по конструкции очень просты, легки, относительно дешевы и отличаются отчетливой сортировкой семян. К недостаткам их конструкции нужно отнести трещетку, к-рая своим постоянным шумом утомляет и нервирует рабочих. С заменой же трещетки бесшумным механизмом этот тип Т. был бы более других желателен для нашего с. х-ва благодаря своей простоте и дешевизне. Жесть з-да Маро выпускается следующих 4 разновидностей: 1) штампованная с зачисткой краев ячей с ⌀ ячей 1÷18 *мм*; 2) штампованная с косыми ячеями, карманами, ⌀ 1 ÷ 10 *мм*; 3) со сверленными косыми ячейками диаметром 1÷10 *мм* (все три разновидности имеют промежуточные размеры через 0,5 *мм*) и 4) штампованная и продырявленная жесть с ячейками 4÷15 *мм* со сквозными отверстиями на самом дне в ячейках (фиг. 3), через которые проваливаются наружу из цилиндра мелкие семена сорных растений, песок и другие примеси, которые увеличивают изнашивание и мешают правильной работе Т.



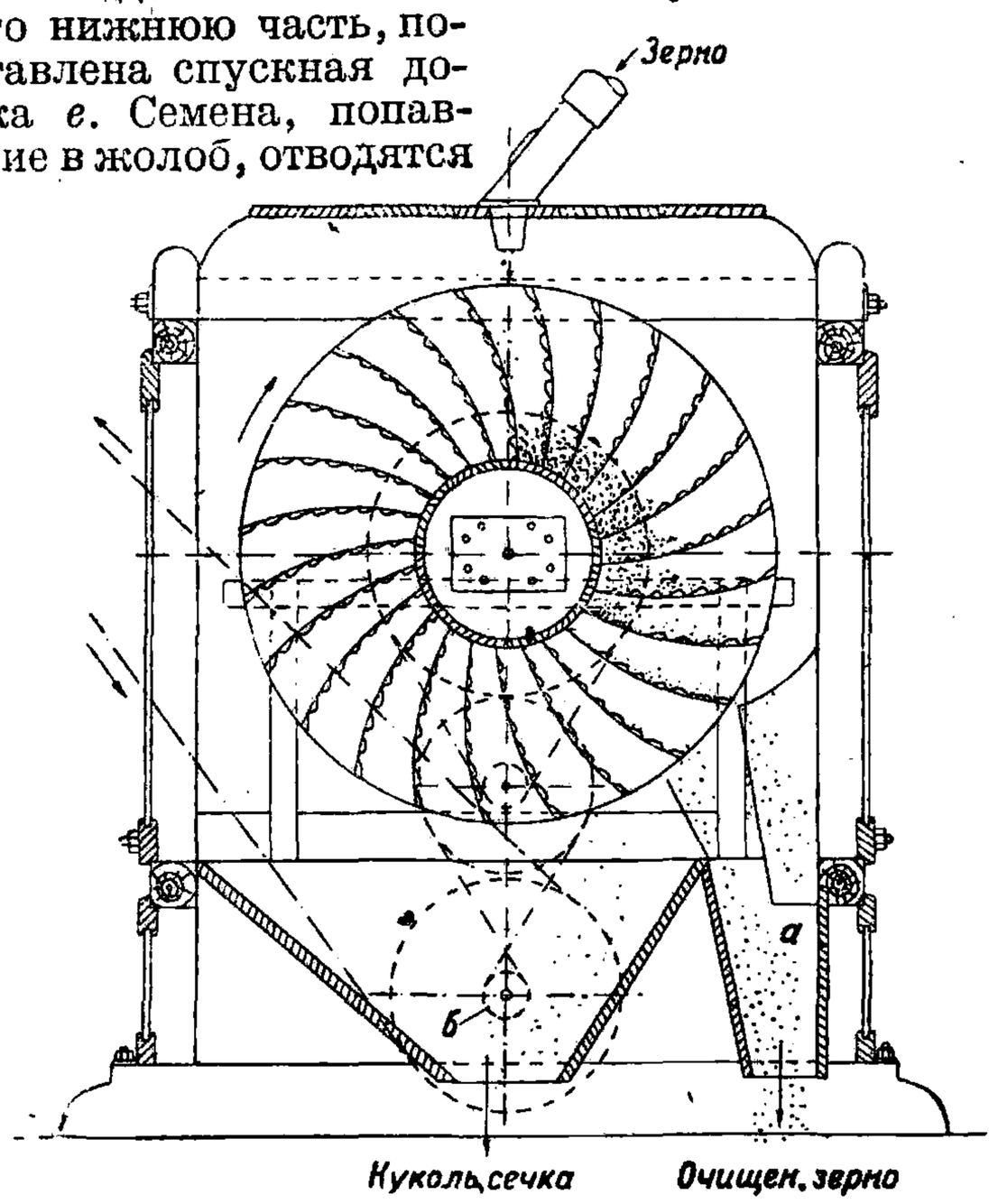
Фиг. 3.

В СССР копируется более сложная конструкция Т.—австрийского з-да Гейда. Этот Т. имеет станок из углового железа, металлич. ковш с питательным валиком, с вентилятором и с тараром. Весь механизм приводится в движение от ремней, поэтому работа его покойна и бесшумна. Наша пром-сть дает следующие триеры: 1) марки ТТ5—пшенично-ржаной, ⌀ ячей 8,5 и 4,75 *мм*, 38 об/м., часовая производительность 350 *кг*; 2) марки ТО5—овсяно-ячменный, ⌀ ячей 11,5 и 6,25 *мм*, 38 об/м., час. производительность 300 *кг*;3)марки ТЛ5—льняной, ⌀ ячей 3,5 *мм*, час. производительность 120 *кг*, 26 об/м., вес 180 *кг*. Марки ТТ5 и ТО5 весят по 200 *кг*. Первые два Т. имеют

цилиндры двойного действия, а марка ТЛ5— цилиндр с одинаковыми ячеями по всей длине. Пшеница, рожь, ячмень и овес сортируются кроме того на три сорта в сортировальных цилиндрах из жести с продолговатыми отверстиями, которые окружают ячеистый цилиндр на определенной длине и имеют между ним и собой шнек для перемещения сортируемого зерна. К группе Т. с внутренней ячеистой поверхностью следует отнести и Т. «Möbus». Как видно из схемы поперечного разреза этого Т. (фиг. 4), он состоит из неподвижного цилиндрического кожуха *а*, в котором вращается барабан *б*, составленный из плоских пластин *в* с ячеистой поверхностью на одной стороне. Пластины вставлены концами в боковины барабана не радиально, а под некоторым углом к радиусу, благодаря чему они захватывают в нижней части кожуха на свою ячеистую поверхность смесь семян и поднимают ее кверху. В нек-ром положении семена, не попавшие в ячейки, начнут спадать с пластин, за ними последуют длинные семена, сидящие в ячеях, и последними упадут семена, совершенно поместившиеся в ячейки. Устанавливая край *г* жолоба ниже или выше, можно в известных пределах отделять семена большей или меньшей длины. Для того чтобы излишние семена при падении с пластин в кожух попадали в его нижнюю часть, поставлена спускная доска *е*. Семена, попавшие в жолоб, отводятся наружу шнеком *д*, а оставшиеся в кожухе выводятся через выпускное отверстие. Преимущества этой системы заключаются в том, что при одном и том же диаметре рабочая поверхность Т. получается значительно большей: она равна произведению поверхности пластины на их число, что, как ясно из схемы, превышает поверхность цилиндра с таким же диаметром. Активная рабочая поверхность здесь также благодаря наклону пластин больше, чем в простом цилиндре, что также ясно из чертежа, и наконец отсутствуют сгребалки, которые способствуют изнашиванию ячеистой поверхности. К этой же группе относится Т. конструкции Нестерова. Как видно из фиг. 5, он состоит из барабана, вращающегося на горизонтальном валу в деревянном станке. Барабан имеет боковины в виде кружков, между к-рыми размещены 30 шт. кривых лопаток с ячеистой поверхностью на вогнутой стороне. В поперечном разрезе барабан похож на водяное колесо Понселе. Промежутки между внешними концами лопаток открыты, и в них сверху поступает смесь семян. Смесь эта сначала попадает к внутренним краям лопаток, а затем при вращении барабана перемещается по ячеистой поверхности к наружным краям, при этом длинные семена раньше соскальзывают с лопаток и падают в отделение *а*, а мелкие и округлые помещаются в ячейках и выпадают в отделение *б*. В этом Т. ячеистая поверхность очень большая: при ⌀ барабана в 1 *м* и при длине его, равной 850 *мм*, она равна 9 *м*², тогда как этих же размеров цилиндр имеет поверхность всего 2,667 *м*². Регулируя впуск семян, всегда можно добиться перемещения их самым тонким слоем по рабочей поверхности. Поэтому триер конструкции Нестерова обладает значительной производительностью, что видно из сравнительной таблицы.



Фиг. 4.



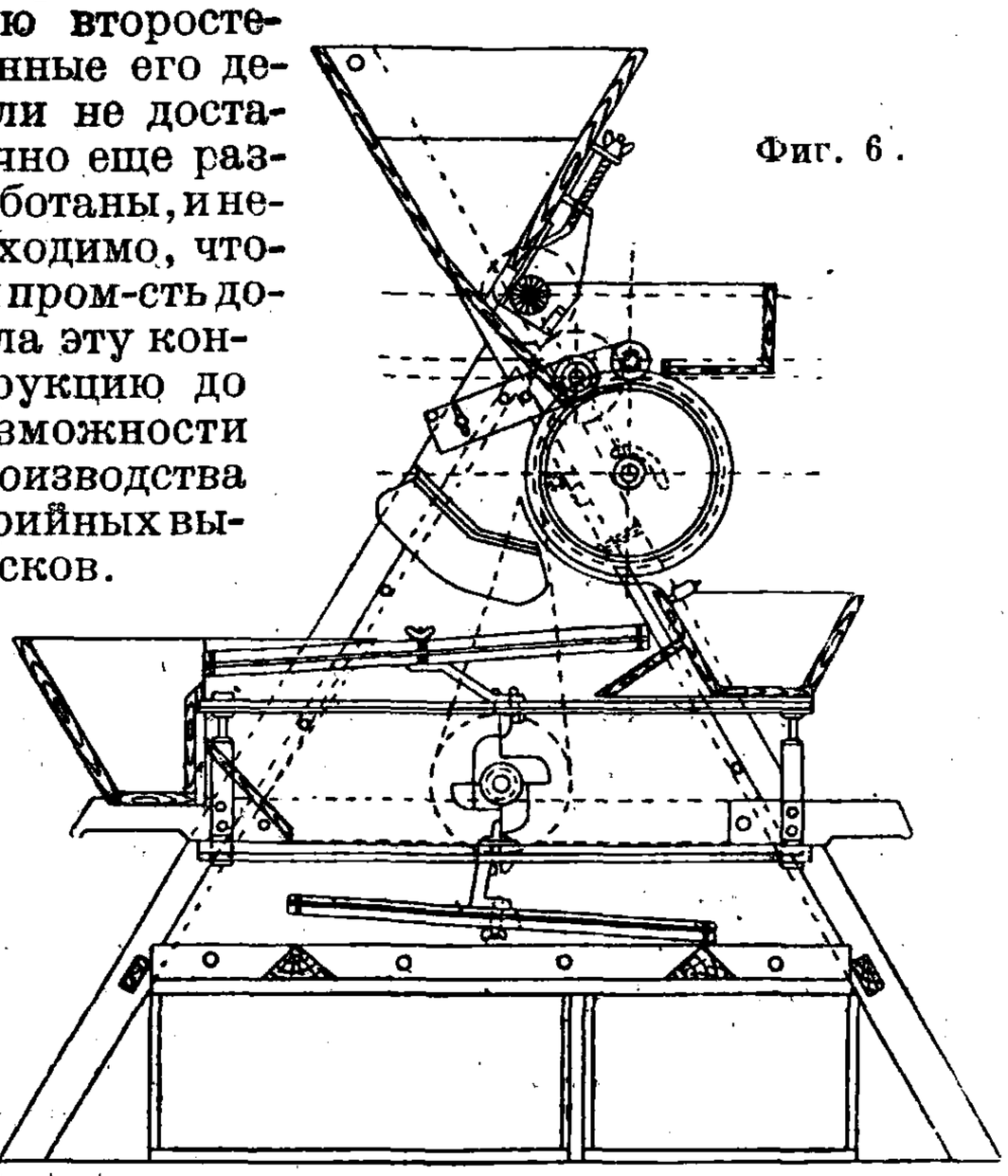
Фиг. 5.

Конструктивные показатели различных систем триеров.

Характеристика	Конструкция триеров		
	Картера	быстроходн.	Нестерова
Часовая производительность на 1 *м*² ячеистой поверхности в *кг*	560	700	900
Расход энергии в HP на 1 *т* очищенного зерна	0,66	0,17	0,35
Площадь в *м*², занимаемая машиной на 1 *т* очищенного в 1 ч. зерна	0,42	0,8	0,5

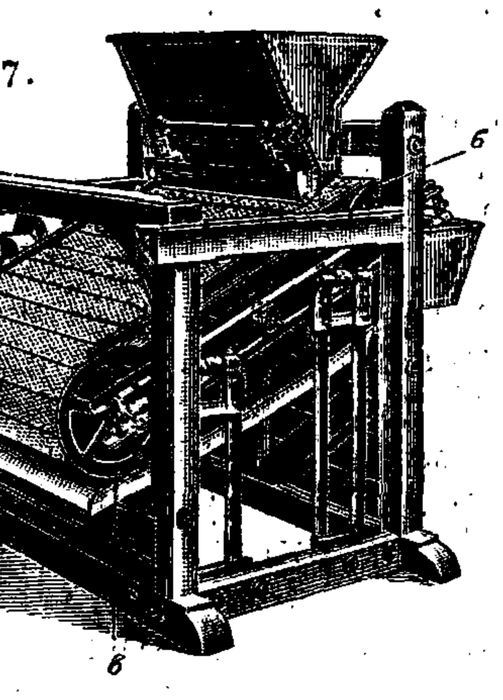
2. Т. с внешней ячеистой поверхностью. К этой группе Т. относится Т. сист. В. Горячкина. Его цилиндр имеет ячейки на своей внешней поверхности. Благодаря этому наносить ячейки можно уже после того как лист окончательно согнут в цилиндр, следовательно ячейки будут сохранять в точности свои размеры. Помимо этого и самый процесс сверления или штампования удобнее вести на внешней поверхности цилиндра. В этом Т. цилиндр расположен горизонтально в станке и опирается подшипниками (фиг. 6) на его боковые стойки. Сверху имеется ковш с регулируемым выпускным отверстием против середины цилиндра. Семена, попадая на ячеистую поверхность вращающегося цилиндра, перемещаются в обе стороны к его концам при помощи шнека. Короткие и мелкие семена, западая в ячеи, проходят под валик, составленный из резиновых или ременных пластинок и вращающийся в противоположную сторону сравнительно с цилиндром, и выпадают в ящик. Крупные же и длинные семена отбрасываются пластинками валика назад и выводятся шнеком к выпускным отверстиям на концах цилиндра. Испытание небольших пробных Т. показало, что его производительность на единицу

площади ячеистой поверхности высока и сама работа точна и отчетлива. Но к сожалению второстепенные его детали не достаточно еще разработаны, и необходимо, чтобы пром-сть довела эту конструкцию до возможности производства серийных выпусков.



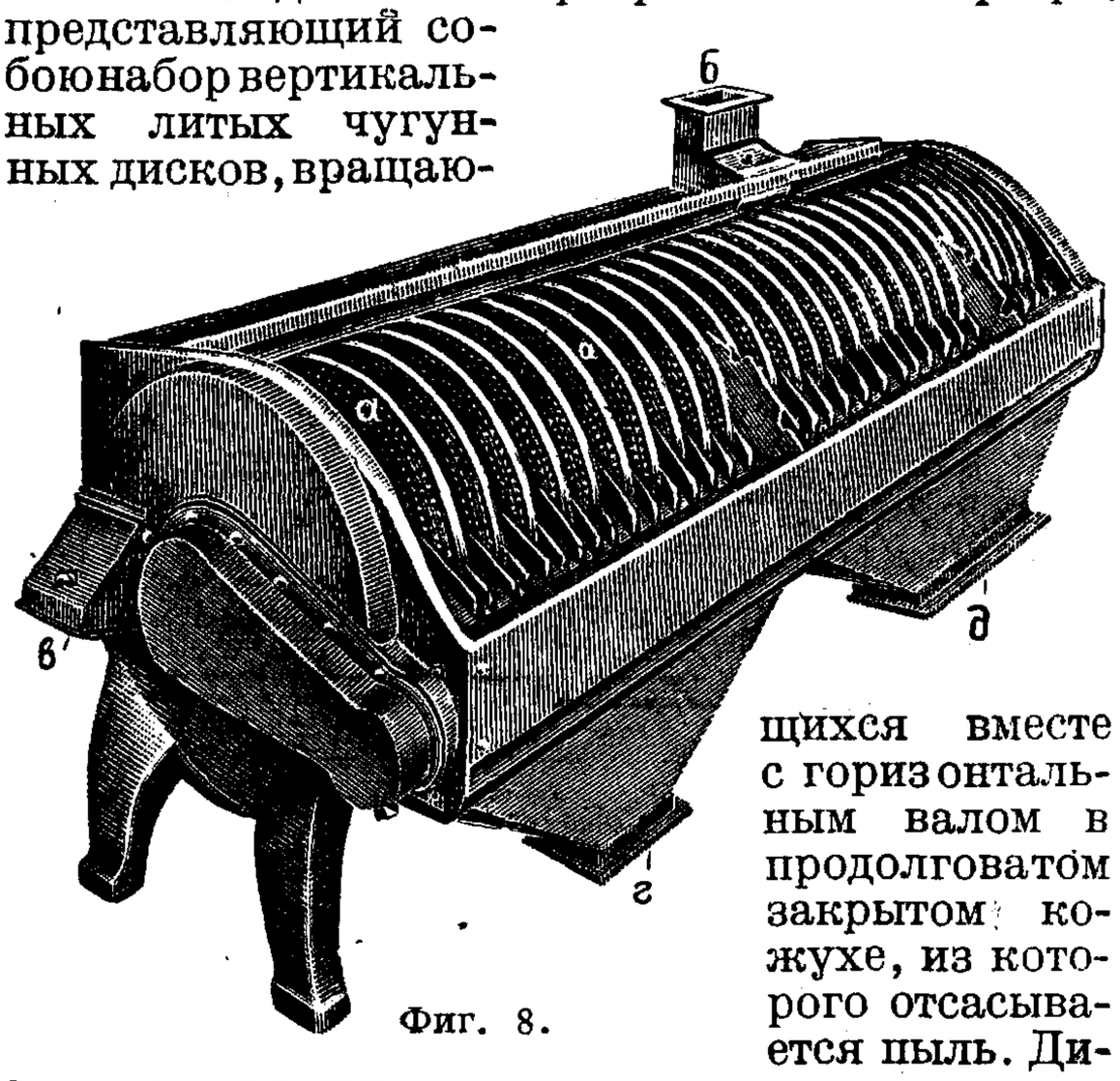
Фиг. 6.

3. Т. с бесконечным полотном. К этой группе относится мало известная у нас конструкция Т. «Рекорд» бр. Зекк. Основная деталь этого Т.—бесконечное полотно *а* (фиг.7), составленное из плоских бронзовых пластинок с внешней ячеистой поверхностью шириною 100 *мм* и длиною (смотря по размеру) до 1 *м*, соединенных между собою шарнирами. Полотно это натянуто между двумя 10-гранными барабанами *б* и *в*, расположенными на разной высоте, благодаря чему верхняя часть полотна имеет всегда наклонное положение. Барабаны вращаются на своих осях в подшипниках, укрепленных на раме, а рама опирается на верхние концы вертикальных тонких и упругих деревянных пластин, позволяющих ей вместе с барабанами и полотном совершать быстрые колебательные движения вдоль оси барабанов. Кроме этого верхняя часть полотна постоянно перемещается снизу вверх. Вся система помещается в деревянном станке и приводится в движение ременной и цепной передачами от привода. Смесь семян засыпается в длинный узкий ковш, а из него через выпускное отверстие (в виде узкой и длинной щели) поступает на наклонную верхнюю ячеистую поверхность полотна, совершающую с рамкой ок. 250 колебаний в минуту. Семена, помещающиеся в ячейках, поднимаются в них кверху, по пути проходят под легкими жестяными сгребалками, сбрасывающими длинные и крупные семена вниз, и выпадают вверху из ячей в ящик. Длинные же и крупные семена скатываются с полотна вниз и падают в нижнюю коробку. Благодаря тому что семена передвигаются относительно ячеистой поверхности зигзагообразно тонким слоем, когда мелкие зерна более легко проваливаются между крупными, а длинные благодаря быстрым колебаниям полотна выбрасываются из ячей, создаются благоприятные условия для попадания мелких зерен в ячейки, и это не может не сказаться на производительности машины. И действительно эти Т. имеют огромную производительность сравнительно с обыкновенными цилиндрами. К недостаткам этой системы надо отнести, во-первых, то, что полотно имеет ячейки только одного размера, следовательно для второго разделения смеси ее надо пропускать через вторую машину с другими ячейками. Слабым местом в конструкции является также и большое количество шарниров, передач и вообще сложность механизма, требующего за собой тщательного ухода. Но этим Т. должны интересоваться крупные семенные х-ва и мукомольные мельницы, элеваторные установки, к-рым нужно и точное разделение семян, и большая производительность, и возможно меньшая площадь, занимаемая машиной.



Фиг. 7.

4. Т. дисковые. К этой группе машин относится дисковый триер системы Картера, представляющий собою набор вертикальных литых чугунных дисков, вращающихся вместе с горизонтальным валом в продолговатом закрытом кожухе, из которого отсасывается пыль. Диски не сплошные, а в виде широких колец с тремя спицами и ступицей. На обеих сторонах они несут литые, особой формы ячейки. К спицам дисков прикреплены косые пластинки, которыми зерновая смесь перемещается при вращении дисков вдоль кожуха от одного конца к другому, проходя между спицами дисков. З-дом Картера выпускается несколько вариантов Т. Комбинированный Т. (фиг. 8), к-рым за один пропуск отделяются от пшеницы мелкие семена сорных трав, куколя, мелкая и битая пшеница, ячмень и овес, имеет следующее устройство. Зерно поступает в кожух через отверстие *б*. В первом отделении с 4—6 дисками *а* и во втором—с 12 дисками отбираются все примеси за исключением пшеницы, овса и ячменя, к-рые передвигаются в третье отделение. В третьем отделении отбирается пшеница, а ячмень и овес выталкиваются из кожуха в отверстие *в*. Пшеница выводится из Т. шнеком через отверстие *г*, а сорные примеси—через отверстие *д*. З-д выпускает Т. с дисками ∅ 18 и 25 дм. Эти Т. предназначаются гл. обр. для очистки зерна на мукомольных мельницах и элеваторах. Вообще же Т. применяются кроме с. х-ва в различных отраслях пром-сти (в мукомольном, винокуренном, пивоваренном



Фиг. 8.

производствах и т. п.) .Ими освобождаются от примесей не только зерновые хлеба, но и такие семена, как клевер, горох, бобы, фасоль, кофе и т. д. Работа их обыкновенно точна и отчетлива. В последнее время начали быстро распространяться стационарные и передвижные установки для очистки зерна, комбинированные из ряда машин. В них Т. почти всегда является обязательной составной частью.

Лит.: Полетаев С., Триеры, М.—Л., 1932; Бычков И., Триеры, «Мукомольная и хлебопекарная техника», М., 1930, *11*; Зворыкин К., Новая усовершенствованная конструкция триеров, там же, 1925, *9—10*; Пономарев Н., Испытание звездчатого куколеотборника сист. И. Нестерова, «Советское мукомолье и хлебопечение», М., 1928, *5*; Рерих К., Движение зерна в триерах, там же, 1929, *4*; Нагибин Д., Универсальные комбинированные триеры Гейда V кл., Нижний-Новгород, 1926; Дмитриев Н., Триеры з-да Мельстрой, Ростов н/Д., 1929; Ульрих Н., Задачи и механические средства очистки и сортирования зерна, М.—Л., 1931; Горячкин В., Испытания с.-х. машин в 1908 г., СПБ, 1909. **Н. Сладков.**

ТРИКО, шерстяная или хл.-бум. ткань саржевого или мелкоузорчатого переплетения с ясно выраженным на ее поверхности рисунком переплетения, чем она и отличается от сукна. Т. шерстяное вырабатывается из кардной пряжи: тонкой основы, часто крученой в 2 нити, и простого более грубого утка. Под названием Т. вырабатывается целый ряд дешевых сортов, в к-рых основа и уток из хл.-бум. пряжи. Т. хлопчатобумажное, напр. Т.-диагональ, Т. костюмное, Т.-вигонь, Т.-шевиот и Т. пестротканное, изготовляется в суровье различной ширины от 71 до 142 *см* и в готовом товаре от 63 до 130 *см* из основы № 32/2, 24, 16 и 12 и утка № 12, 16, 8, при основной плотности 57, 72, 84, 93 нити на 1″ и уточной плотности 44, 52, 55, 64, 100 на 1″. В большом ходу черные, сероватые и коричневые цвета. Кроме того вырабатывается Т. набивное. Т. является мужской костюмной тканью. **С. Молчанов.**

ТРИОД, тип электронной лампы, содержащей *анод* (см.), *катод* (см.) и третий электрод—*сетку* (см.), в к-рой сила тока, протекающего между анодом и катодом, управляется обычно изменением потенциала на третьем, или управляющем, электроде. Т. является наиболее распространенным типом электронных ламп, имеющим широкое применение в *радиопередатчиках* (см.), *ламповых генераторах* (см.), радиоприемниках (см. *Ламповый приемник*) и т. д. Теорию явлений, происходящих в Т., см. *Лампа электронная*; обзор практических конструкций Т. и литературу см. *Электронная лампа*.

ТРИП, ткань, принадлежащая к группе ворсовых или бархатных тканей. По длине своего основного ворса, строению и выработке трип близко напоминает плюш. Трип вырабатывается при четырех ремизках из двух основ: грунтовой основы—льняной, пеньковой или бумажной крученой—и ворсовой основы—шерстяной камвольного прядения. Грунтовую ткань гроденаплевого переплетения вырабатывают утком из того же волокна, что и грунтовую основу. Образование ворса происходит через две уточные прокидки не из всей ворсовой основы, а только из одной ее половины, поэтому ворс на ткани закрепляется в рассеянном порядке. **С. Молчанов.**

ТРИФЕНИЛМЕТАН, углеводород строения $(C_6H_5)_3CH$, представляющий значительный интерес, т. к. его скелет лежит в основе целого ряда красителей, иногда называемых трифенилметановыми (см. *Красящие вещества* синтетические). Т. был впервые получен Кекуле в 1872 г. при взаимодействии бензальхлорида и дифенилртути. Лучше всего Т. получается по методу Фриделя и Крафтса из хлороформа и бензола в присутствии безводного хлористого алюминия. Т.—бесцветные кристаллы с $t°_{пл.}$ 92°, отличается значительной подвижностью метинового водорода. Теоретич. значение Т. весьма велико, примером чего может служить классич. работа Эмиля и Отто Фишеров, которые установили строение парафуксина, получив последний из Т. нитрованием, превращением в тринитро-трифенилкарбинол и восстановлением в слабо кислой среде. Соответственно ими был получен и Т., исходя из горячего парафуксина. Трифенилметан генетически связан с целым рядом более сложных триарилметановых производных и с триарилметановыми свободными радикалами (см. *Трифенилметил*). **И. Иоффе.**

Лит.: см. *Трифенилметил* и *Красящие вещества* синтетические.

ТРИФЕНИЛМЕТИЛ, свободный органич. радикал, имеющий строение (I), растворяющийся с желтым цветом в органич. растворителях и находящийся в растворах в равновесии с димерной формой—гексафенилэтаном (II).

I II

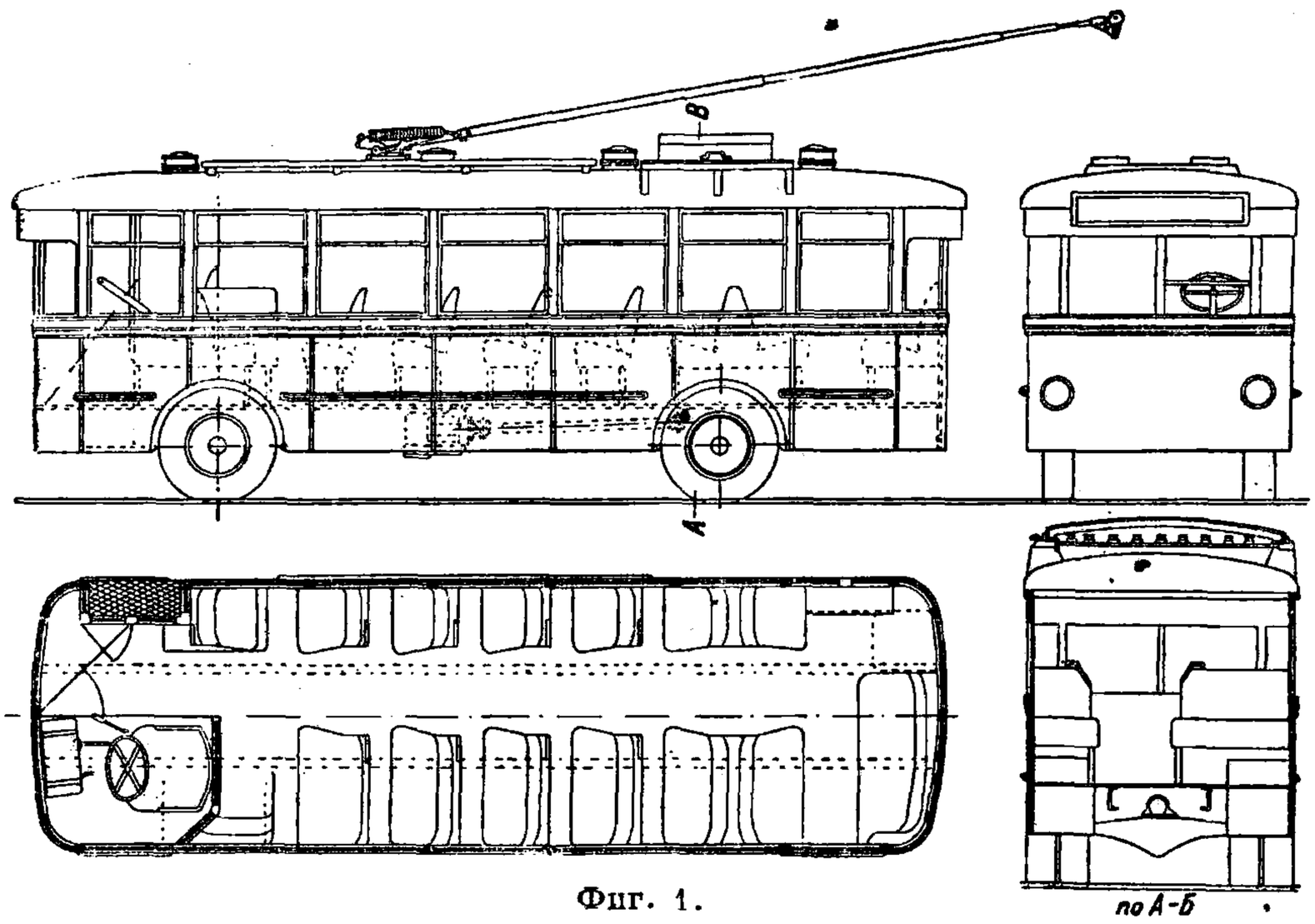
$$2(C_6H_5)_3C- \rightleftarrows (C_6H_5)_3C—C(C_6H_5)_3.$$

Т. является родоначальником большой группы более сложных свободных *радикалов* (см.), обладающих иногда значительно более глубокой цветностью, изучение к-рых непрерывно продолжается. Впервые Т. был получен Гомбергом в 1900 г. из трифенилметилбромида; в настоящее время получается преимущественно из более доступного трифенилметилхлорида при действии на раствор последнего в абсолютно сухом органич. растворителе, в струе сухого инертного газа, мелко раздробленного металла (серебро, ртуть, цинк или медь). Т.—весьма ненасыщенное и в силу этого весьма реакциеспособное вещество, способное к целому ряду реакций присоединения. При действии кислорода легко переходит в перекись Т. В эфирном растворе присоединяет металлич. калий или натрий, переходя в темнокрасный Т.-калий или Т.-натрий, легко гидролизующиеся даже от следов влаги. Цвет растворов Т. одни исследователи (Гомберг) объясняют наличием в растворе равновесия между бензоидной и хиноидной формами (см. *Красящие вещества* синтетические), другие же (Виланд и Чичибабин) считают достаточным для цветности растворов Т. одной его ненасыщенности. Т. не имеет практич. применения, но его значение весьма велико при теоретическом изучении основных положений органической химии.

Лит.: Гаттерман Л. и Виланд Г., Практические работы по органической химии, пер. с нем., 4 изд., Л., 1932; Чичибабин А., Исследования по вопросу о трехатомном углероде и о строении простейших окрашенных производных трифенилметана, М., 1912; Schmidlin J., Das Triphenylmethyl, Stg., 1914; Walden P., Die Chemie d. freien Radicale, Lpz., 1924; Schlenk W., «B», 1914, B. 47, p. 1664; 1916, B. 49, p. 608; Wieland H., ibid., 1908, B. 41, p. 3028; 1911, B. 44, p. 2557; Gomberg M., ibid., 1900, B. 33, p. 3153; Gomberg M., Organic Radicals, «Chem. Rev.», Baltimore, 1924, V. 1, p. 91. **И. Иоффе.**

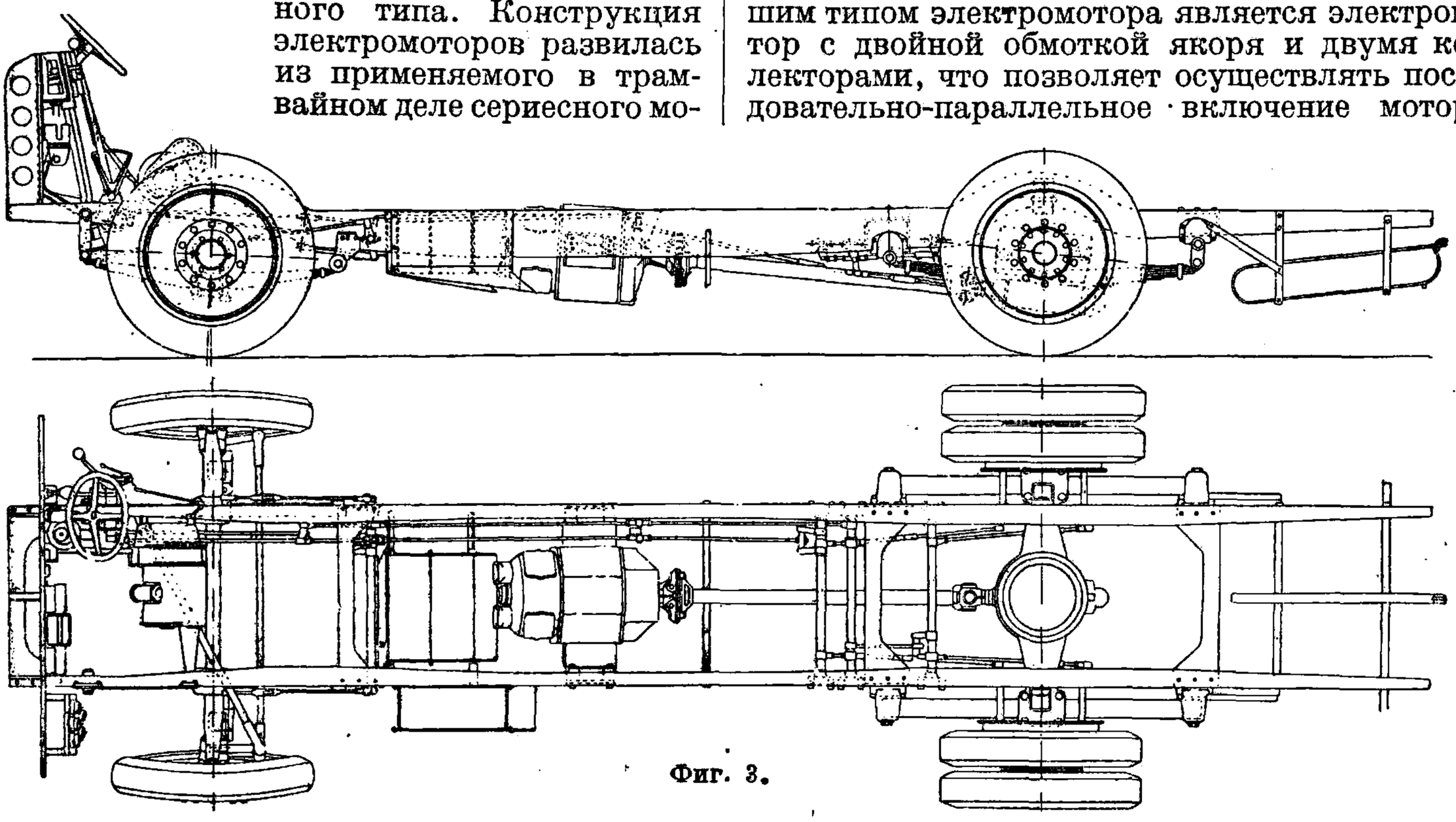
ТРОЛЛЕЙБУС, вагон для перевозки пассажиров по безрельсовой дороге при помощи электрич. тяги, получающий энергию от электростанции по воздушному проводу. Впервые Т. появились в 1882 г. в Германии.

Конструкция Т. (фиг. 1) аналогична конструкции *автобуса* (см.). Рама, оси и колеса с пневматиками—автобусного типа. Но вместо двигателя внутреннего сгорания с необходимыми при нем системами выхлопа и охлаждения на Т. установлены один или два электро-



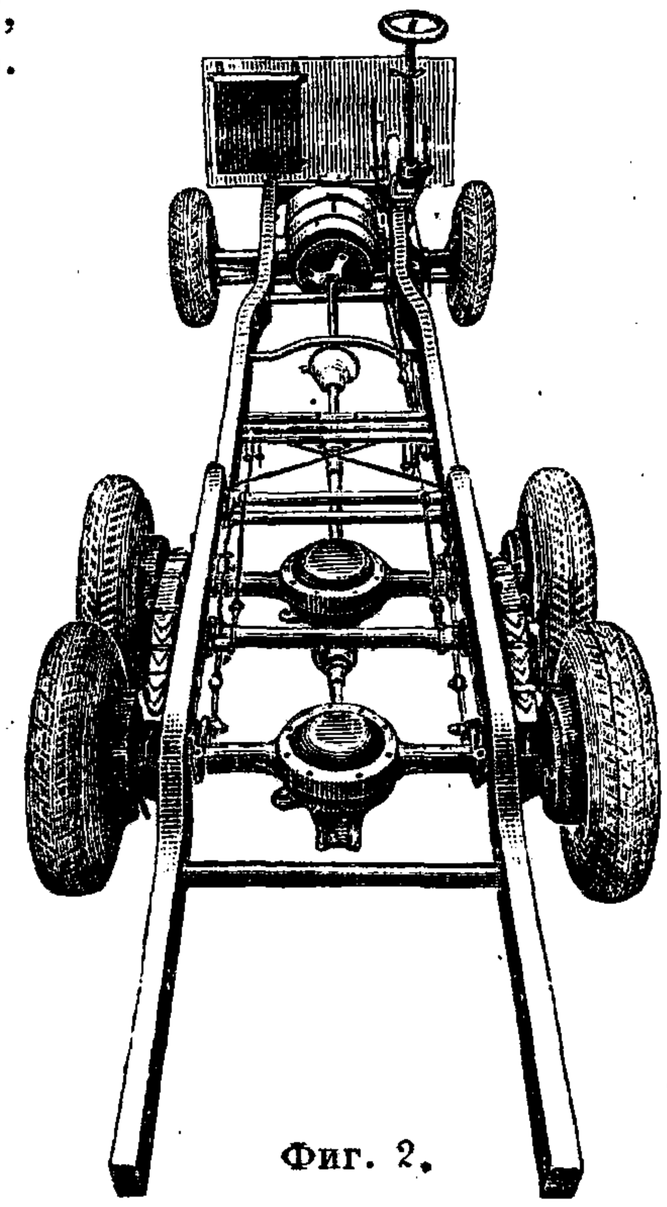
Фиг. 1.

мотора, что позволяет относительно лучше использовать раму для постановки более просторного кузова. Механизм сцепления и коробка скоростей заменены контроллером. Для питания электромоторов током из сети на крыше Т. установлен токосниматель трамвайного типа. Конструкция электромоторов развилась из применяемого в трамвайном деле сериесного мо-



Фиг. 3.

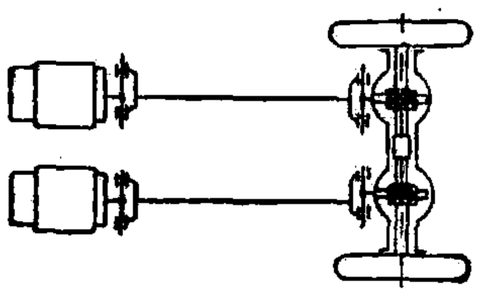
тора с вращающимися полюсами. В двухосных Т. преобладают моторы мощностью до 60 HP. Для двухэтажных трехосных троллейбусов применяются моторы в 80 HP и вместо одного мотора устанавливаются два электромотора по 40—50 HP. Принципиальный недостаток одного мотора — это невозможность осуществить последовательно-параллельное включение (за исключением мотора с двумя обмотками и двумя коллекторами) и, во-вторых, моторы свыше 60 HP становятся слишком громоздкими и заставляют поднимать кузов. При одном моторе он помещается в передней части или посредине шасси (фиг. 2 и 3). Два мотора располагают один за другим на одном валу посредине шасси или же по схемам, данным на фиг. 4 и 5.



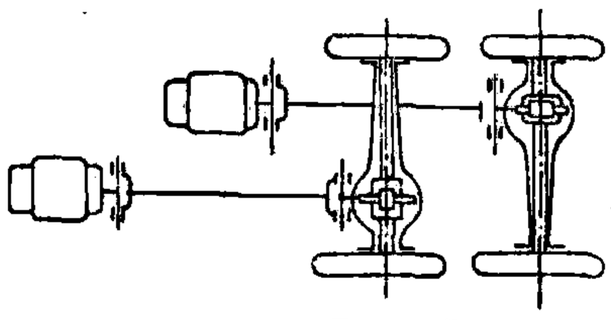
Фиг. 2.

Иногда моторы устанавливают непосредственно на колесах (фиг. 6), что устраняет надобность в передаточном механизме в задней оси и упрощает ее конструкцию. Современные троллейбусные моторы отличаются чрезвычайной легкостью, достигая 2 000—2 500 об/м. Наилучшим типом электромотора является электромотор с двойной обмоткой якоря и двумя коллекторами, что позволяет осуществлять последовательно-параллельное включение мотора. Один сериесный мотор с шунтом для ослабления магнитного поля на больших скоростях и с реостатом при пуске не дает широкой гаммы скоростей. Для регулирования скорости движения и силы тяги Т. снабжен *контроллером* (см.). Наиболее рациональным типом контроллера следует признать контроллер с комбинированным электропневматич. и электромагнитным управлением. Присутствие контроллера исключает необходимость иметь коробку передач. Кроме обычных тормозов с ручным или

ножным приводом и воздушных, применяемых на автобусах, Т. имеют еще электрич. тормоз. Электрич. торможение основано на том, что

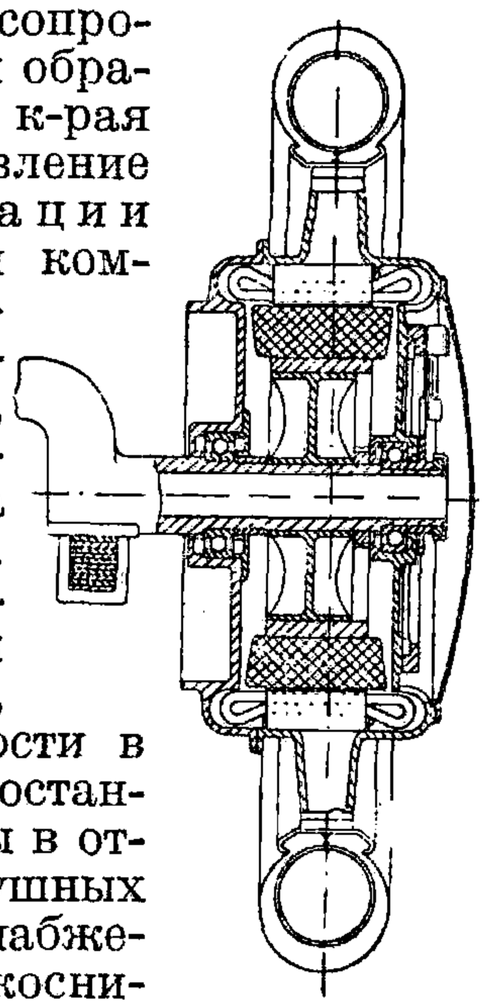


Фиг. 4.



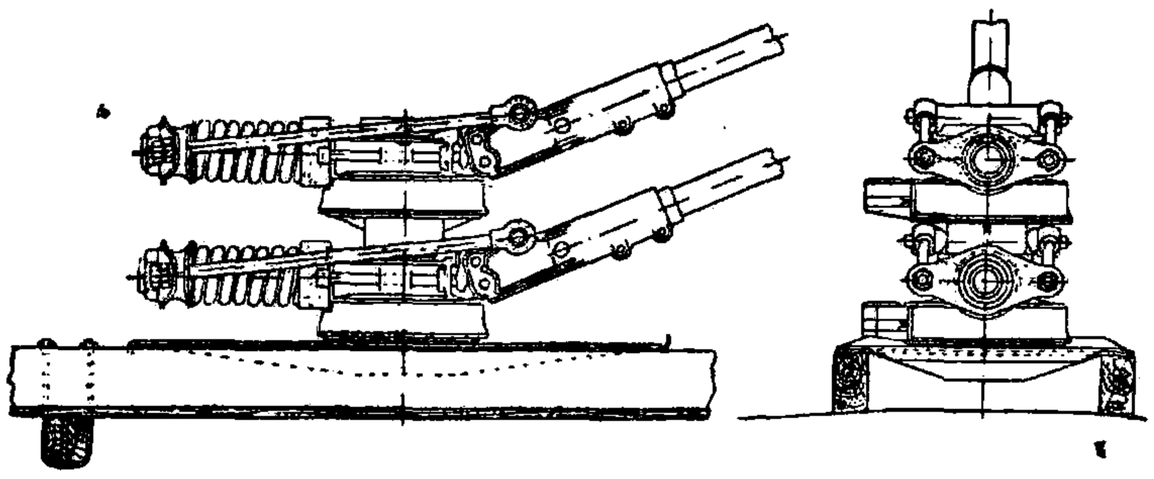
Фиг. 5.

при торможении или движении Т. под уклон электромотор переключается на динамомашину, и т. о. инерция движения поглощается на преодоление внутреннего сопротивления в динамомашине и образование электрич. энергии, к-рая возвращается в сеть. Это явление носит название р е к у п е р а ц и и и успешно осуществляется компаунд-мотором. В результате совместного действия сперва электрического тормоза, а затем механических получается до 60% экономии на износе механич. тормозов.



Фиг. 6.

Троллейбусные линии могут работать с нормальным трамвайным напряжением, следовательно нет надобности в переоборудовании электростанций. Но для Т. необходимы в отличие от трамвая два воздушных провода, т. к. колеса Т. снабжены резиновыми шинами. Токосниматель (фиг. 7 и 8) обычно состоит из двух штанг, причем каждая из них может самостоятельно поворачиваться около одной общей вертикальной оси. Длина то-



Фиг. 7.

коснимателей зависит от высоты подвеса проводов, а также от величины отклонения Т. в сторону. Нек-рые фирмы применяют токосниматели длиной 10—11 *м*. Усилие, с которым прижимается ролик к проводу, доходит до 10—12 *кг*. Соскакивание ролика с провода—весьма редкое явление. Основным элементом в конструкции токоснимателя является поворотная головка для ролика, чем достигается даже при малом усилии нажатия постоянное нахождение ролика на проводе. При одной паре проводов разъезд двух Т. может осуществляться лишь отходом одного троллейбуса в сторону и притягиванием книзу своего токоснимателя, в то время как другой



Фиг. 8.

троллейбус проезжает мимо. Чтобы не приостанавливать непрерывности уличного движения, в большинстве случаев применяется устройство двух пар проводов. В этом случае два Т., отклоняясь оба в сторону, проходят мимо друг друга без задержки. Отклонение Т. в сторону достигает 5 *м*.

Коэф. сцепления колес Т. с дорогой значительно больше, чем у трамвая, а поэтому при одинаковой вместимости вес Т. меньше, чем трамвайного вагона. Здесь мы имеем значительную экономию в металле. По английским данным вес, приходящийся на одно пассажирское место, составляет для легкого трамвайного вагона с 60 сидячими местами 164 *кг*, для Т. с 40 сидячими местами 137 *кг*. Практика эксплоатации Т. показала, что перевозки при помощи Т. обходятся в некоторых случаях дешевле трамвая и во многих случаях дешевле автобуса. Ниже приводится сравнительная средняя стоимость 100 пассажиро-километров в пенсах по английским данным для трамвая, троллейбуса и автобуса.

Статьи расхода	Трамвай	Автобус	Троллейбус
Стоимость электроэнергии (или горючего) . .	2,85	4,68	2,99
Эксплоатац. расходы . .	7,15	11,39	9,61
Расходы по ремонту . .	3,25	3,65	2,70
Управленческие расходы	2,73	2,02	3,42
Итого . . .	15,98	21,74	18,72

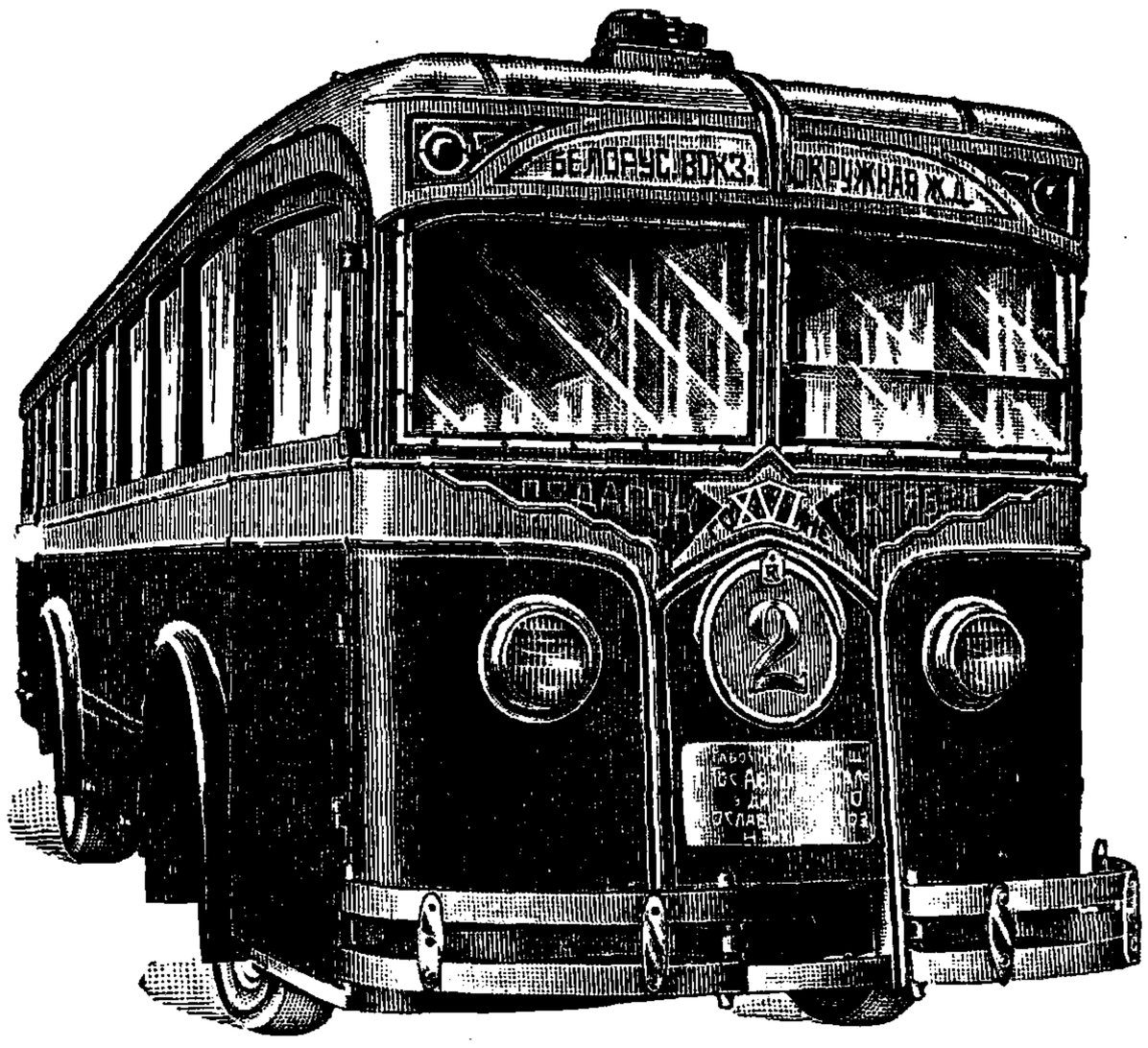
Т. имеют ряд преимуществ по сравнению с автобусами и трамваем. Они производят меньше шума и не отравляют воздух газами, как автобус, и вполне безопасны в пожарном отношении. Стоимость электрич. энергии имеет тенденцию к понижению, чего нельзя сказать в отношении бензина. Износ шин уменьшается благодаря большей плавности хода. Теплые гаражи не необходимы в виду невозможности заморозить двигатель. Срок амортизации Т. больше, чем автобуса. Первоначальные затраты на устройство троллейбусных линий значительно ниже, чем для трамвая.

Лит.: «Трамвайный бюллетень», М., 1931; B e t z, Das Trolleybussystem, B., 1930; R ö d i g e r W., Der elektrische Kraftwagen, B.; «Motor», B., 1932; «The Motor», L.; «Bus Transportation», N. Y.; «The Automobile Engineer», L.

К. Эльдаров.

Советские Т. ЛК-I (Лазарь Каганович) построены тремя з-дами: Ярославским автозаводом (шасси), з-дом им. И. В. Сталина (кузов) и заводом «Динамо» (все электрооборудование). Кузов (фиг. 9) автобусный на 37 мест для сидения и 10 для стояния. Пост управления изолирован от помещения для пассажиров. Основные размеры кузова: длина 9 040 *мм*, ширина наружная 2 400 *мм*, высота от земли до основания токоприемника 3 070 *мм*. Материал кузова—дуб и ясень. Внутри кузов роскошно отделан. Пол покрыт обрешеткой. В полу над мотором имеется люк, допускающий осмотр коллектора. Вес Т. 8 700 *кг*. Шасси автомобильного типа. Рама клепано-сварная из корытных профилей и листовой стали. Передняя ось стандартная по типу автобуса Я-6. Задний мост с редуктором и диференциалом по типу ярославских грузовиков. Передаточное число: 1:10,9. Передние колеса ординарные, задние—двойные. Размер шин 40″×8″. Рулевой механизм «Росс» с укороченной колонкой. Продольная рулевая тяга имеет маятник. Тормоза механические двух типов:

ручной—действует на диск, установленный на валу главной передачи, ножной (педальный) тормоз действует на задние колеса, причем действие его значительно усиливается сервомеханизмом, установленным на переднем конце карданного вала. Кроме того имеется электрич. рекуперативное торможение с отдачей энергии в сеть. Тяговый электродвигатель один, с



Фиг. 9.

компаундным возбуждением, рассчитан на работу при напряжении в 550 V. Часовая мощность 65 kW. Двигатель цельнокорпусный, самовентилируемый, имеет 4 главных и 4 дополнительных полюса. Благодаря высокой быстроходности и применению для подшипниковых щитов силумина вес двигателя равен всего лишь 590 *кг*. Наибольшее число оборотов двигателя 3 140 в мин. соответствует скорости в 53,5 *км/ч*. Пусковой ток 150 А; сила тяги на ободе колес при пуске 1 400 *кг* и ускорение 0,95 *м/ск*^{2}; максимальное замедление 3,6 *м/ск*^{2}.

Электрическая схема управления троллейбуса включает в себя нижеследующие аппараты.

А. Цепь сильного тока. Токоприемники роликовые, установлены на крыше. Нажатие ролика осуществляется четырьмя пружинами; нормальное давление 12—14 *кг*. Длина штанг 5,9 *м*. Два радиореактора (дроссельные катушки) установлены на крыше и служат для защиты от вредного влияния пульсаций тока на радиоустановки. Автоматический выключатель—трамвайного типа с ручным приводом из кабины вожатого. Автомат регулируется на 300 А и служит для защиты от перегрузки. Линейный контактор электромагнитного типа работает как выключатель силового тока, а в случае перегрузки действует как автомат благодаря наличию максимального реле. В линейном контакторе предусмотрена блокировка, обеспечивающая включение его раньше других контакторов. Комплект силовых контакторов (4 шт.) электромагнитного типа установлен в железном кожухе на кронштейнах, приваренных к раме шасси под кузовом. Назначение этих контакторов—производить переключения отдельных элементов пусковых реостатов при разгоне Т. Пусковые сопротивления (реостаты) угольного типа установлены в 2 кожухах на крыше. Реверсор помещается в кабине вожатого и имеет три положения: «вперед», «стоп» и «назад». Он сблокирован с педальным контроллером так, что переключение с переднего хода на задний возможно только при выключенной силовой цепи во избежание подгорания контактов.

Б. Цепь тока управления. Питание электромагнитных катушек контакторов производится от контактных проводов, причем последовательно с катушками включены трубчатые сопротивления по 2 500 Ω каждое. Цепь тока управления включает в себя следующие аппараты. Педальный контроллер для пуска в ход и регулирования скорости вращения тягового двигателя. Педаль находится под правой ногой вожатого и приводит во вращение барабан контроллера при помощи зубчатого сектора и шестеренки. Контроллер имеет 13 положений: 5 реостатных, 1 ходовое с компаундным возбуждением, 5—с ослаблением шунтового поля, 1 ходовое с чисто сериесным возбуждением и наконец нулевое положение (нога снята с педали), когда вся силовая цепь выключена. Нажимая на педаль, вожатый включает силовую цепь, дальнейшим нажатием выводит пусковые сопротивления, затем вводит постепенно регулировочные сопротивления в шунтовую цепь (ослабление поля) и наконец, при нажатии педали до отказа, совершенно размыкает цепь шунтовой обмотки. Скорость троллейбуса при этом будет все время возрастать. Для получения рекуперативного торможения нажим на педаль постепенно уменьшается и она отводится на несколько делений назад действием обратной пружины. Барабан контроллера механически сблокирован с реверсором и может быть приведен во вращение педалью только в том случае, если реверсор стоит на положении «вперед» или «назад». Комплект электромагнитных контакторов в шунтовой цепи служит для введения в эту цепь регулировочных сопротивлений и выключения их как при моторном, так и при рекуперативном режиме. Контакторы помещены в железном ящике под полом Т. и доступны для осмотра с борта машины. Комплект регулировочных сопротивлений в шунтовой цепи проволочного типа помещен в двух железных кожухах под кузовом. Реле перенапряжения предохраняет лампы от перегорания при повышении напряжения в сети сверх 625 V. Резкие броски напряжения возможны при отрыве токоприемника на рекуперативном режиме и в других случаях. В этих случаях реле включает последовательно в цепь ламп сопротивление в 130 Ω. Реле установлено в кабине вожатого. Помимо этих приборов в цепи управления установлены два выключателя и два плавких предохранителя.

Освещение питается от контактной сети. Всего имеется 10 ламп, из них 7—внутри кузова и 3—для маршрутной доски с боковыми сигналами. Лампы по 40 W на 110 V каждая; включены последовательно по 5 штук. Отопление состоит из четырех электрических печей. Мощность печи 500 W при напряжении на зажимах в 275 V. Печи включены попарно последовательно и образуют две самостоятельные цепи, защищенные плавкими предохранителями. Печи размещены под сиденьями пассажиров и ограждены металлическими решетками.

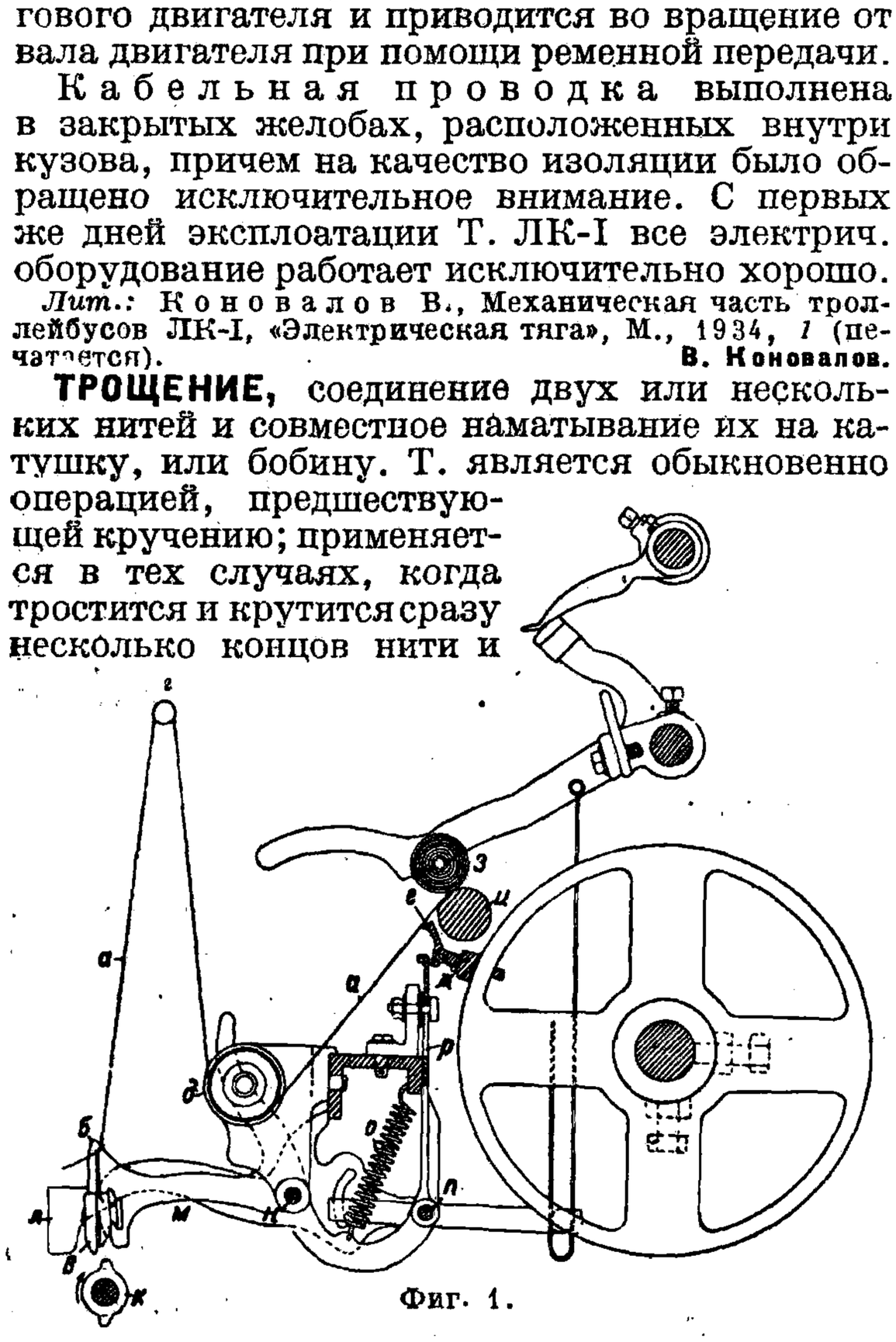
Низковольтные цепи. Для питания передних фар, сигнальных фонарей, щитковой лампочки, двух лампочек резервного освещения внутри кузова (плафоны), а также для питания звукового сигнала с кнопкой на руле на Т. ЛК-I установлена аккумуляторная батарея типа 3 СТА-УП на 6 V. Емкость батареи 91,5 ампер-часов при разрядном токе 9,45 А. Зарядку батареи производят автоматически на ходу Т. от небольшого генератора типа «Форд» с «третьей щеткой». Генератор укреплен на корпусе тягового двигателя и приводится во вращение от вала двигателя при помощи ременной передачи.

Кабельная проводка выполнена в закрытых желобах, расположенных внутри кузова, причем на качество изоляции было обращено исключительное внимание. С первых же дней эксплоатации Т. ЛК-I все электрич. оборудование работает исключительно хорошо.

Лит.: Коновалов В., Механическая часть троллейбусов ЛК-I, «Электрическая тяга», М., 1934, *1* (печатается).

В. Коновалов.

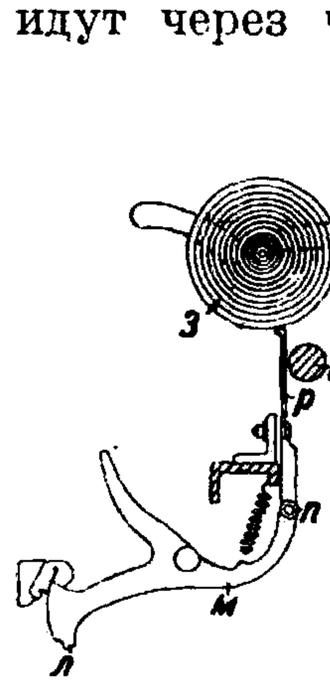
ТРОЩЕНИЕ, соединение двух или нескольких нитей и совместное наматывание их на катушку, или бобину. Т. является обыкновенно операцией, предшествующей кручению; применяется в тех случаях, когда тростится и крутится сразу несколько концов нити и



Фиг. 1.

когда необходимо нить перед круткой подвергнуть чистке. Выделение Т. в отдельную операцию дает следующие преимущества: 1) нить м. б. значительно очищена перед кручением, т. ч. крученая пряжа получается значительно чище; 2) нити получают более равномерное натяжение и появление таких недостатков, как сукрутины, значительно реже; 3) меньше получается сдвоенных нитей; 4) длина нити на тростильной катушке, или бобине, значительно больше, чем длина ее на початке, и потому дальнейшая обработка нити более производительна; 5) значительно бо́льшая производительность крутильных машин и меньший расход рабочей силы; 6) более простое обслуживание.

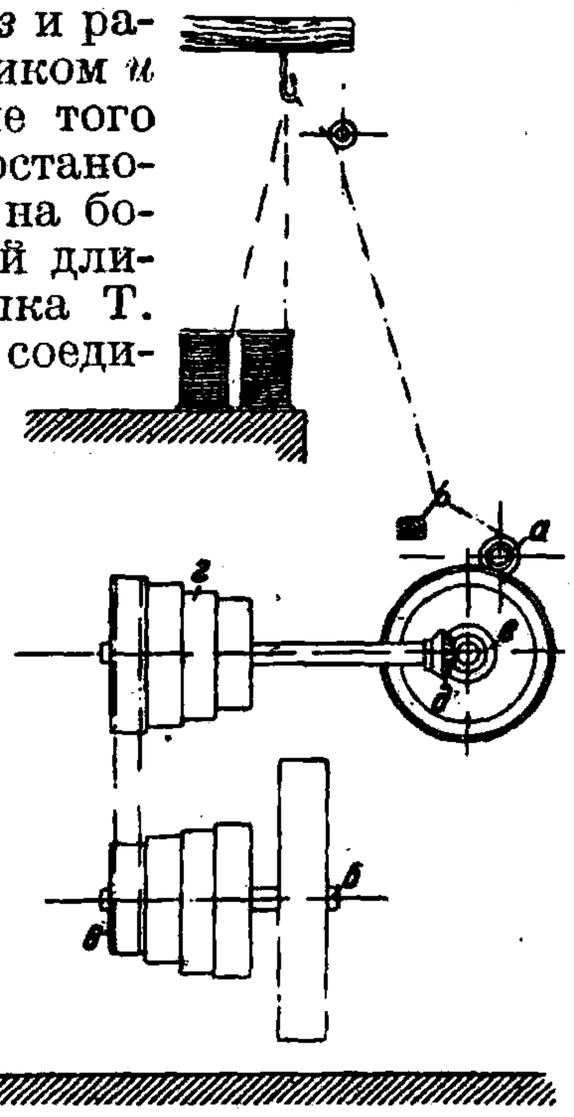
Т. является очень ответственной операцией, т. к. оно готовит пряжу для кручения, и недостатки Т. сказываются затем в кручении. Т. имеет большое применение в производстве швейных ниток (см. *Ниточное производство*), в кручении шерстяной камвольной пряжи и в производстве крученого шелка. Т. шерстяной пряжи производится со шпуль, получаемых с ватеров или сельфакторов на бумажный патрон, причем получают цилиндрич. формы бобину крестовой мотки диам. до 150 *мм* и весом нетто до 400 *г*. Т. производится на тростильных машинах. На тростильной машине з-да Фойгт в Хемнице нити с початков, насаженных на веретена, устанавливаемые под любым углом один к другому, соединяясь, идут через чистильное приспособление, огибают натянутый валик, одна половина поверхности которого гладкая, а другая покрыта плюшем (натяжение регулируется тем, что нити проходят бо́льшую или меньшую часть плюшевой поверхности). Затем нити *а* (фиг. 1—2) проходят иглы *б*, находящиеся в игольной коробке *в*, огибают направляющие ролики *г* и *д*, проходят глазки нитеводителя *е*, укрепленного на планке *ж*, и наматываются на бумажный патрон (бобину) *з*, к-рый приводится во вращение трением о барабанчик *и*; к последнему бобина *з* прижимается с помощью рычага. Нитеводитель получает возвратно-поступательное движение от эксцентрика.



Фиг. 2.

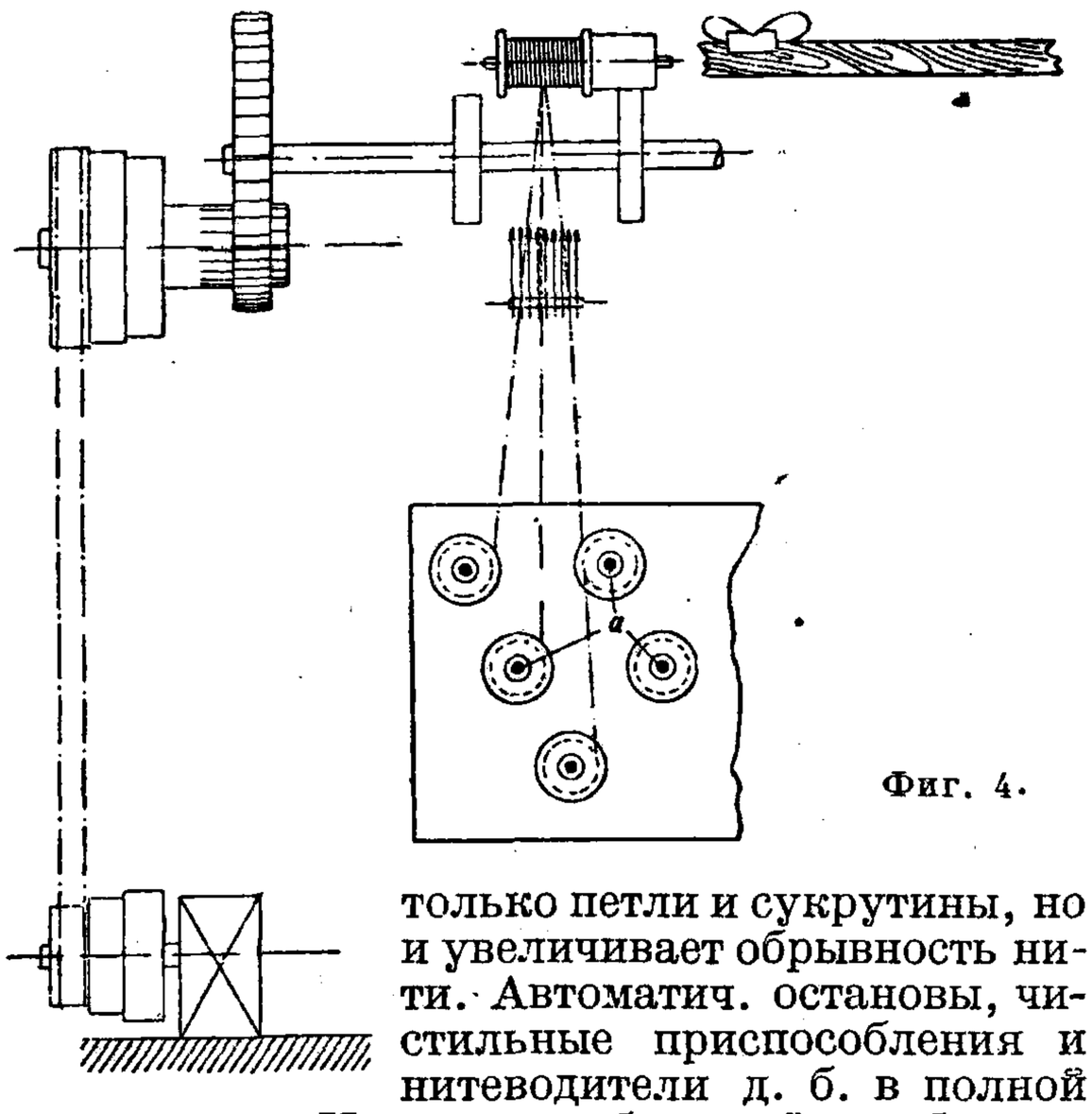
Останов бобины при обрыве нитей производится с помощью игольной коробки *в* и игол *б*. При движении нити игла *б* поднята нитью. При этом положении бобина *з* прижата к барабанчику *и* и получает от него вращение. В случае обрыва нити соответствующая ей игла немедленно падает вниз на валик *к*, к-рый, упираясь в иглу, действует на коробку *в*. Конец *л* рычага *м*, точка вращения которого *н*, освобождается и под действием пружины *о* опускается вниз, противоположный же конец *п* рычага *м* поднимается вверх и с помощью тяги *р*, проходящей через направляющий прорез, поднимает бобину *з* и разобщает ее с барабанчиком *и* (фиг. 2). Машина кроме того снабжена автоматич. остановом в случае намотки на бобину нити определенной длины. В обработке шелка Т. применяется как для соединения некрученых нитей (уток, креп), так и для соединения предварительно скрученных нитей (основа, гренадин).

На фиг. 3 представлена схема тростильной машины французского завода Берта. Катушки после чистки шелка или первой крутки ставятся на стол машины. Нити, сходя с катушек и поднимаясь вверх, огибают стеклянный крючок, затем фарфоровый ролик и, пройдя глазок, соединяются и наматываются на катушку *а*, к-рая приводится во вращение фрикционным шкивом, получающим в свою очередь движение от шкива главного вала *б* через ступенчатые шкивы *в* и *г* и конич. шестерни *д* и *е* (см. *Шелкокручение*). Современные тростильные машины снабжаются автоматич. остановом при обрыве нити, т. к. при отсутствии его тростеная нить будет наматываться на катушку и при неполном числе составляющих ее нитей.



Фиг. 3.

На фиг. 4 представлена схема тростильной машины америк. заводов, которая отличается от итальянской тем, что катушки, с которых тростится нить, устанавливаются не на столе машины, а надеваются на шпильки *a* внизу машины. Благодаря диагональному расположению шпилек Т. возможно производить с 10 катушками и более. Расположение катушек внизу машины значительно облегчает обслуживание машины. Америк. тростильная машина имеет также более удобный и совершенный останов, который останавливает катушку не торможением, а разобщением шкивка катушки с приводным шкивом (см. *Шелкокручение*). Натяжение стращиваемых нитей д. б. одинаковым. Не следует тростить полные катушки с катушками, наполовину смотанными, т. к. нить с неполной катушки сходит быстрее и имеет большее натяжение, чем нить, сматываемая с полной катушки. Катушки и початки д. б. возможно одинаковой намотки. Катушки, слабо или слишком туго намотанные, следует отставлять и тростить отдельно. Трощеная нить, в к-рой отдельные нити имеют различное натяжение в кручении, дает не

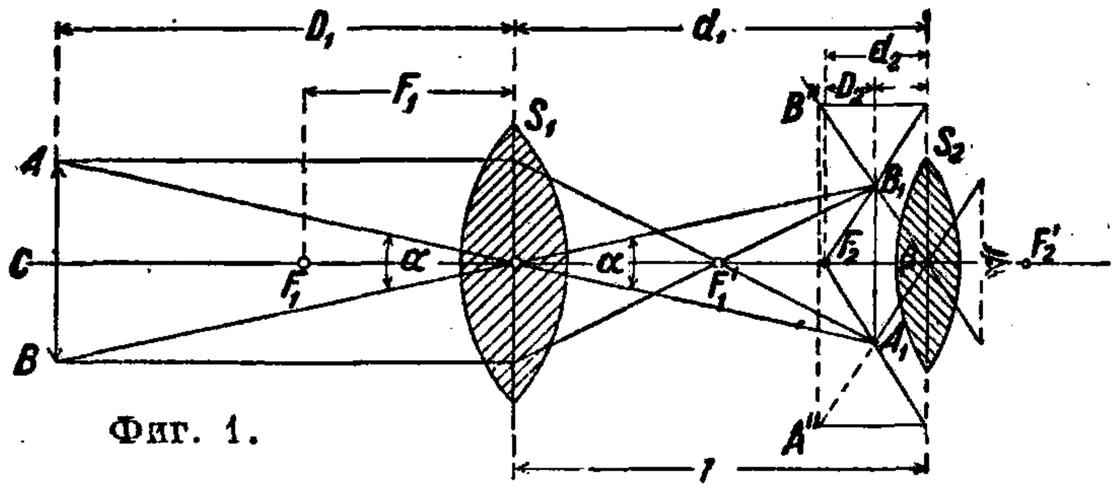


Фиг. 4.

только петли и сукрутины, но и увеличивает обрывность нити. Автоматич. остановы, чистильные приспособления и нитеводители д. б. в полной исправности. Намотка д. б. такой, чтобы легко можно было находить конец оборвавшейся нити, поэтому большое применение в Т. имеет крестовая мотка.

Лит.: Коробанов А., Насекин Н. и Смирнов К., Крутильное и ниточное производства, Ив.-Вознесенск, 1927; Сим В., Испытание шелка-сырца и его кручение, М., 1932; Мейер О. и Цегетнер И., Камвольное прядение, пер. с нем., Л., 1930. **В. Линде.**

ТРУБА, оптич. прибор, предназначенный для наблюдения отдаленных предметов и составляющий главную часть астрономо-геодезич. инструментов. Кроме того Т. позволяет делать микрометренные измерения и поэтому применяется для измерения малых углов. Через трубу возможно видеть изображения предметов под бо́льшим углом, нежели мы видим эти предметы невооруженным глазом. Простая труба Кеплера (фиг. 1) состоит из системы двух центрированных сферич. линз—объектива S_1 и окуляра S_2, отстоящих одна от другой на расстоянии, равном сумме их фокусных расстояний. В сложных Т. объектив и окуляр состоят из нескольких линз. При нормальном зрении окуляр S_2 устанавливается так, чтобы передняя фокальная его плоскость совпадала с задней фокальной плоскостью объектива. В этом случае мнимое изображение располагается в бесконечности, а лучи, выходящие из окуляра, будут параллельными, т. е. в пространстве изображения получим «телескопиче-



Фиг. 1.

скую систему». Рассматривая изображение, глаз, аккомодируясь на бесконечность, не будет утомляться. В 1640 г. по мысли Гаскойна в фокальную плоскость объектива была поставлена сетка нитей и только во второй половине 17 в. такая Т. была применена в угломерных инструментах с расположением точки пересечения нитей на оптич. оси эквивалентной системы объектива и окуляра. В современных астрономо-геодезич. инструментах применяют сетки с паутиновыми нитями толщиною 3—5 μ, платино-иридиевые и кварцевые нити толщиною 0,5—2 μ, а также сетки, нарезанные на стекле. Главное ур-ие объектива:

$$\frac{1}{D_1}+\frac{1}{d_1}=\frac{1}{F_1},$$

а окуляра:

$$\frac{1}{D_2}-\frac{1}{d_2}=\frac{1}{F_2}.$$

Изображение A_1B_1, рассматриваемое через окуляр, получается под углом β, а для простого глаза оно будет казаться под углом α. По малости этих углов имеем:

$$\alpha=\frac{A_1B_1}{d_1};\quad \beta=\frac{A_1B_1}{D_2}.$$

Увеличение Т. будет:

$$v=\frac{\beta}{\alpha}=\frac{d_1}{D_2}.$$

При наблюдении отдаленных предметов можно допустить, что $d_1=F_1$ и $D_2=F_2$, т. е. $v=\frac{F_1}{F_2}$. Сочетание короткофокусного окуляра с длиннофокусным объективом дает наибольшее увеличение Т. Угловое и линейное увеличение астрономич. Т. постоянно. Для определения увеличения в астрономич. Т. экспериментальным путем измеряют диаметр (объектива) входного и выходного отверстий и берут их отношение. Для наблюдения изображения предмета, находящегося на конечном расстоянии, без аккомодации глаза надо окуляр выдвинуть на такую величину, на к-рую отодвинулось изображение, полученное объективом от его задней фокальной плоскости. Для бинокля с шестикратным увеличением и фокусным расстоянием 120 *мм* получаем следующее смещение окуляра:

500	*м*	0,028	*мм*,	в *диоптриях* (см.)	0,07
100	»	0,144	»	»	0,36
25	»	0,576	»	»	1,44
5	»	2,880	»	»	7,20

Предел перемещения окуляра трубы при отдаленном и близком расположении предмета, не нарушающий резкости изображения, называется глубиной фокуса Т. Наименьшее расстояние, при к-ром изображение предмета резко видно в окуляр, поставленный на

бесконечность, называется глубиной поля. В каждой Т. имеются два зрачка: входной, т. е. объектив, дающий количество лучей, пропорциональное его площади, и выходной, т. е. изображение объектива, даваемое окуляром. Построив изображение объектива, найдем, что $v = \frac{\varnothing \text{ входного зрачка}}{\varnothing \text{ выходного зрачка}}$. Поле зрения Т.—часть пространства, видимая в Т. одновременно; оно измеряется в угловой мере. Поле зрения Т. определится по ф-ле:

$$\alpha' = \frac{k}{2 \sin 1' \cdot v},$$

где v—увеличение, k—постоянное число, определяемое из соотношения:

$$k = \frac{\text{диаметр отверстия диафрагмы трубы}}{\text{фокусное расстояние объектива}}.$$

Яркость изображения H объектива Т.—количество световых лучей, падающих на единицу площади глазной сетчатки,—определяется по ф-ле:

$$H = \frac{l}{N^2},$$

где l—количество лучей, попадающих в глаз, N^2—поверхность. Яркость h изображения Т. зависит от количества лучей l', проходящих через объектив, и количества лучей l, попадающих в глаз:

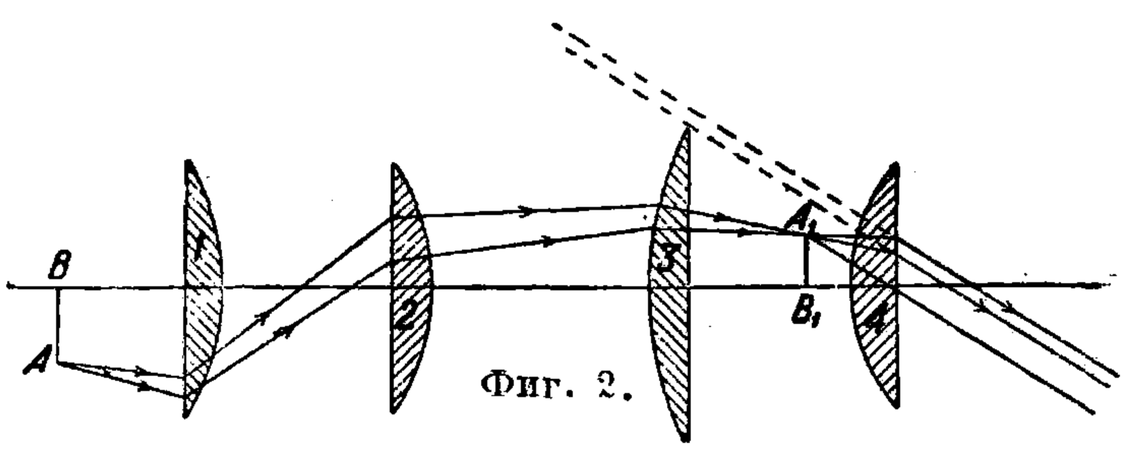
$$h = \frac{l'}{l} \cdot \frac{N^2}{N'^2},$$

где $\frac{N^2}{N'^2} = \frac{1}{v^2}$, $l = k_1 o^2$, $l' = k_2 o^2$, но т. к. коэф. пропорциональности $k_2 > k_1$ в $\frac{A^2}{o^2}$, то $h = \frac{A^2}{o^2 v^2}$, где A—вся площадь объектива, o—площадь для пучка лучей при выходе из окуляра. Светосила S есть отношение яркостей изображений, полученных на ретине глаза, вооруженного оптическим прибором и без него, т. е. $S = k \frac{\delta^2}{p^2}$; здесь k—коэф. прозрачности (потеря света в Т. от отражения и поглощения), δ—диаметр глазного кружка, p—диаметр зрачка глаза. Различительная сила φ'' Т., т. е. предельный угол, при котором две точки видны раздельно, на основании теории дифракции света при диоптрически совершенном объективе Т. выразится сл. обр.:

$$\varphi'' \geqslant \frac{72''}{h},$$

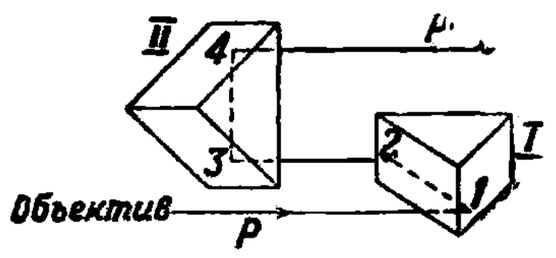
где h—радиус входного отверстия объектива, даваемый в *мм*.

По конструкции Т. можно разделить на две основные группы: *рефракторы* (см.) и *рефлекторы* (см.). Для измерения малых углов окуляры труб снабжаются *микрометрами* (см.), а для регистрации получаемых изображений окулярную часть заменяют кассетой с фотографич. пластинкой. Астрономич. Т. дают обратные изображения предметов, тогда как земные трубы под действием собирательной системы линз, помещенных между оптической системой объектива и окуляра, дают изображения прямые, что в некоторой степени уменьшает ясность изображения и увеличивает длину Т. Ход лучей в земной Т. показан на фиг. 2, где объектив дает действительное изображение AB, причем линза *1*, оставляя лучи расходящимися, немного собирает их, линза *2* делает лучи слабо расходящимися, а линза *3* сводит эти лучи в одну точку. Полученное изображение рассматривается помощью сложного окуляра, состоящего из системы линз *3* и *4* и носящего название земного окуляра Фраунгофера. Если для получения прямого изображения пользуются одной линзой, то ее ставят относительно объектива на двойном фокусном расстоянии. Это увеличивает длину Т. на $4F$ этой линзы. Когда же пользуются для этой цели двумя линзами, поставленными на

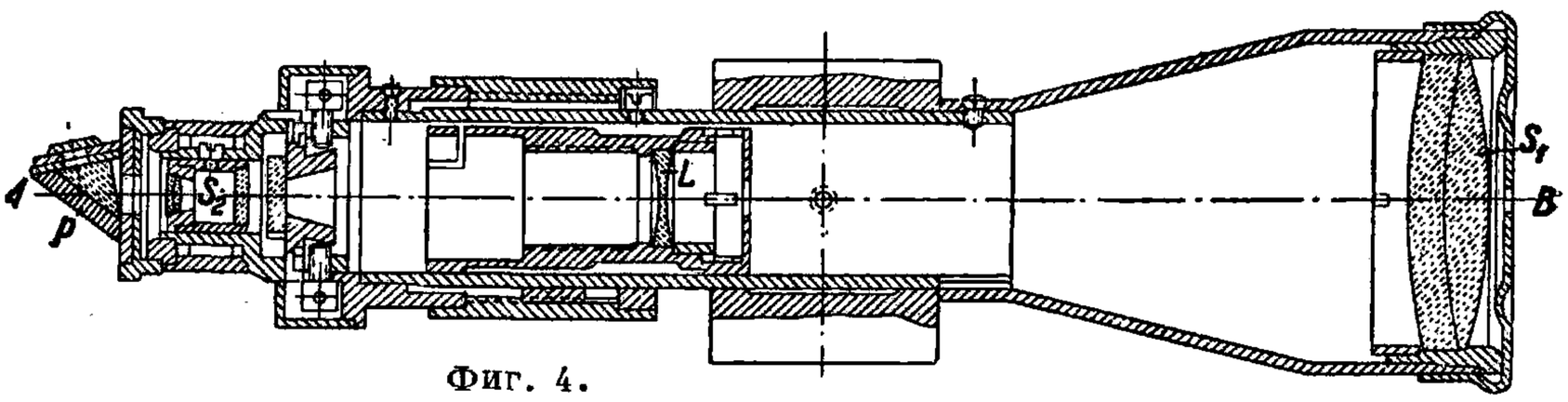


Фиг. 2.

расстоянии, равном фокусному их расстоянию, то длина Т. увеличивается на $3F$ линзы. Делая поворот изображения помощью четырехкратного полного внутреннего отражения в системе двух призм Порро *I* и *II* (фиг. 3) с взаимно перпендикулярными главными сечениями, находим, что луч P' выйдет по направлению, параллельному начальному лучу P, т. е. изображение будет прямым; оно рассматривается через окуляр. Длина Т. при этом сокращается от 2,5 до 3 раз, т. к. путь луча вместо прямолинейного делается ломаным. Соединяя две такие Т. вместе, получают призматический бинокль, дающий рельефное изображение предмета. Недостатком Т. с большим количеством линз (призм) следует считать большую потерю света на отражение от их поверхностей и его поглощение линзами. Если Т. имеет 10 поверхностей—2 поверхности объектива (склеенные поверхности не считаются), 4 поверхности у двух поворотных призм и 4 у окуляра,—то количество вышедшего света при показателе преломления $n = 1{,}5$ будет $I = (0{,}96)^{10} \cdot I_0$, где I_0—количество падающего света, I—количество вышедшего света. Эта величина подсчитана по ф-ле Френеля при условии, что каждая преломляющая поверхность дает потерю света ок. 4%. Значит из Т. выйдет света примерно 70%. На поглощение будет потеряно еще 7%, считая, что на 1 *см* хода луча теряется 1% (толщина линз 7 *см*), а коэф. прозрачности тогда будет ок. 0,6. Земная Т. Галилея имеет небольшое поле зрения и малое увеличение. Окуляр ее состоит из рассеивающей линзы, причем фокус объектива в пространстве изображения совмещается с фокусом предметного пространства окуляра. Для аккомодации Т. к различным расстояниям ее делают составной, из двух

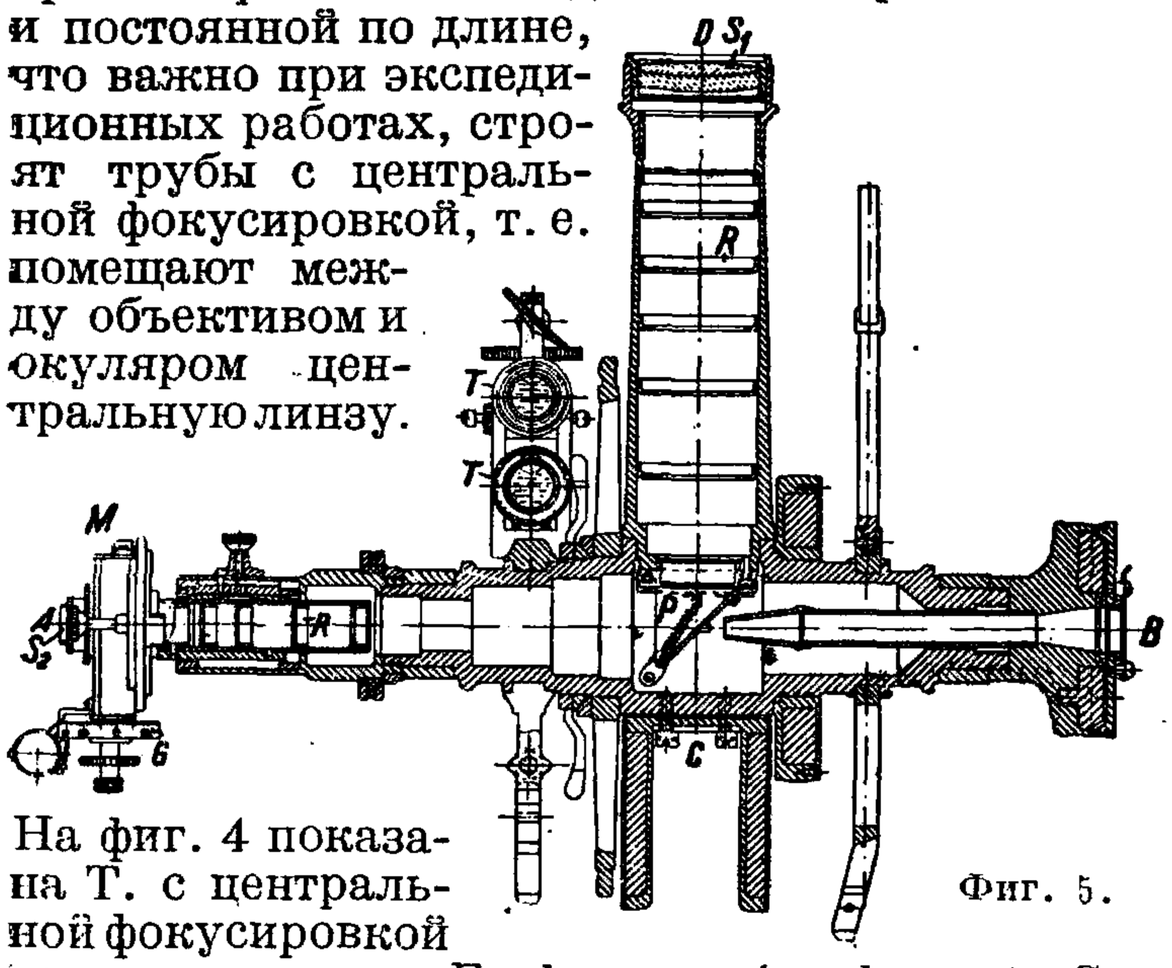


Фиг. 3.



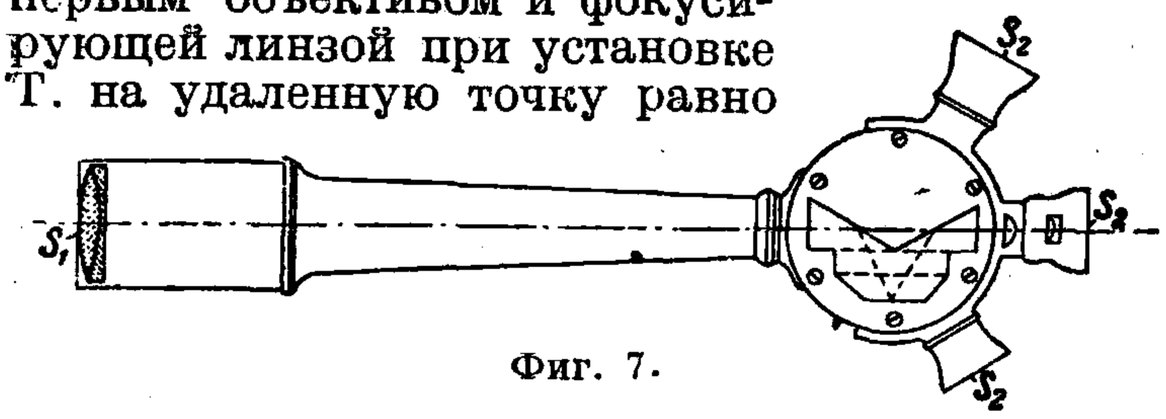
Фиг. 4.

цилиндрич. колен—объективного и окулярного, которое имеет продольное движение помощью кремальерки. Чтобы сделать Т. герметической и постоянной по длине, что важно при экспедиционных работах, строят трубы с центральной фокусировкой, т. е. помещают между объективом и окуляром центральную линзу.



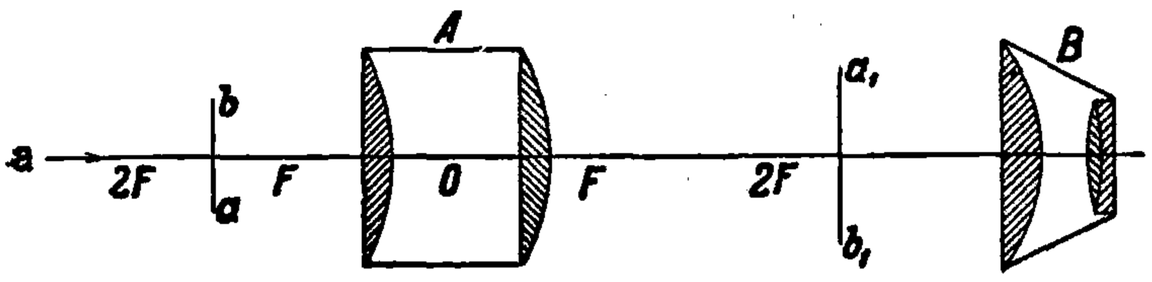
Фиг. 5.

На фиг. 4 показана Т. с центральной фокусировкой теодолита з-да «Геофизика» (на фиг. 4: S_1—объектив, S_2—окуляр, L—фокусирующая линза, P—призма, AB—визирная ось). Эта труба имеет следующие основные характеристич. данные. Фокусное расстояние первого объектива ок. + 131 *мм*, фокусное расстояние фокусирующей линзы—66 *мм*. Расстояние между первым объективом и фокусирующей линзой при установке Т. на удаленную точку равно

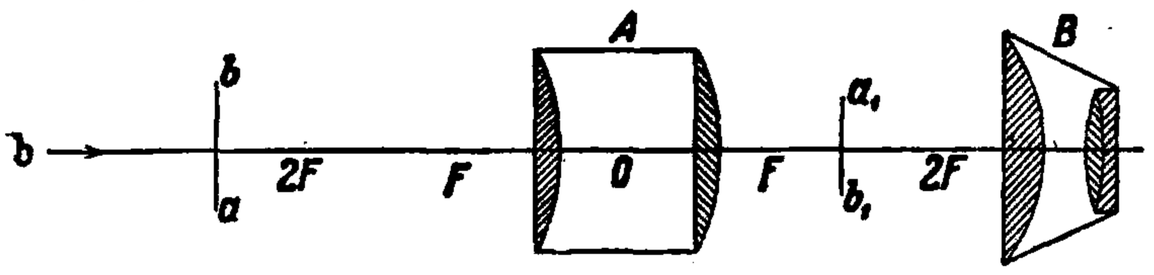


Фиг. 7.

100 *мм*. Длина Т., т. е. расстояние от первого объектива до диафрагмы поля зрения, 160 *мм*. Общая длина трубы 180 *мм*. Фокусное расстояние окуляра 9,5 *мм*. Диаметр объектива 30 *мм*. Эквивалентное фокусное расстояние объективной системы 250 *мм*. Увеличение—25 раз. Материал—оптич. стекло з-да ИЗОС.

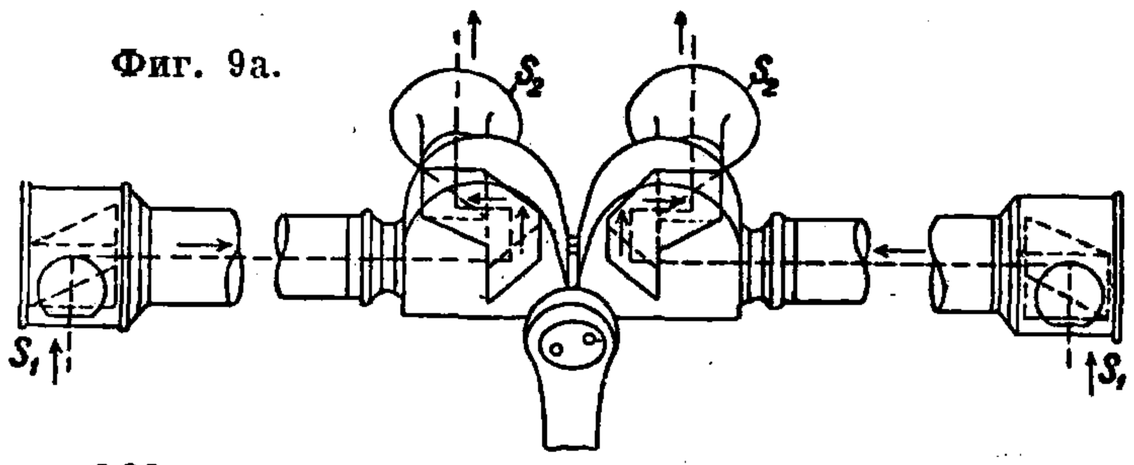


Фиг. 8.

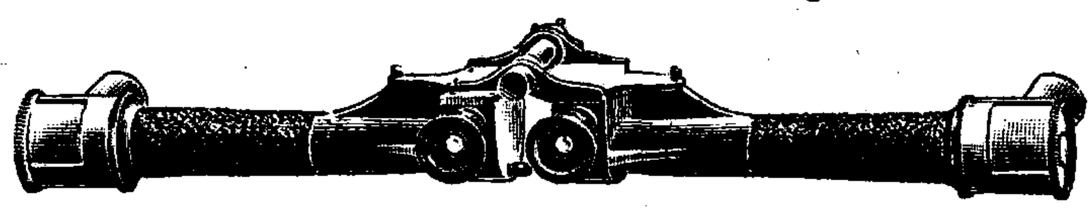


В астрономических работах применяются Т. «ломаные» (фиг. 5), легко переводящиеся через зенит и позволяющие измерять малые зенитные расстояния, не изменяя положения окуляра, так как окулярное колено Т. является частью горизонтальной оси ее вращения. Ломаные трубы благодаря призме несколько ухудшают качество изображения. Поворот луча

Фиг. 9а.

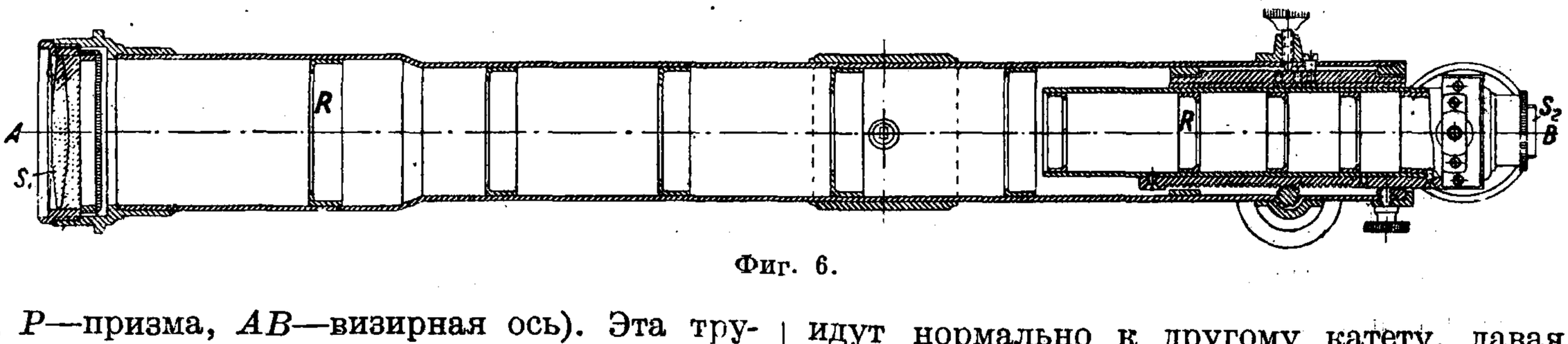


на 90° совершается помощью прямоугольной призмы P (фиг. 5), катет которой поставлен нормально к лучам, идущим через объектив

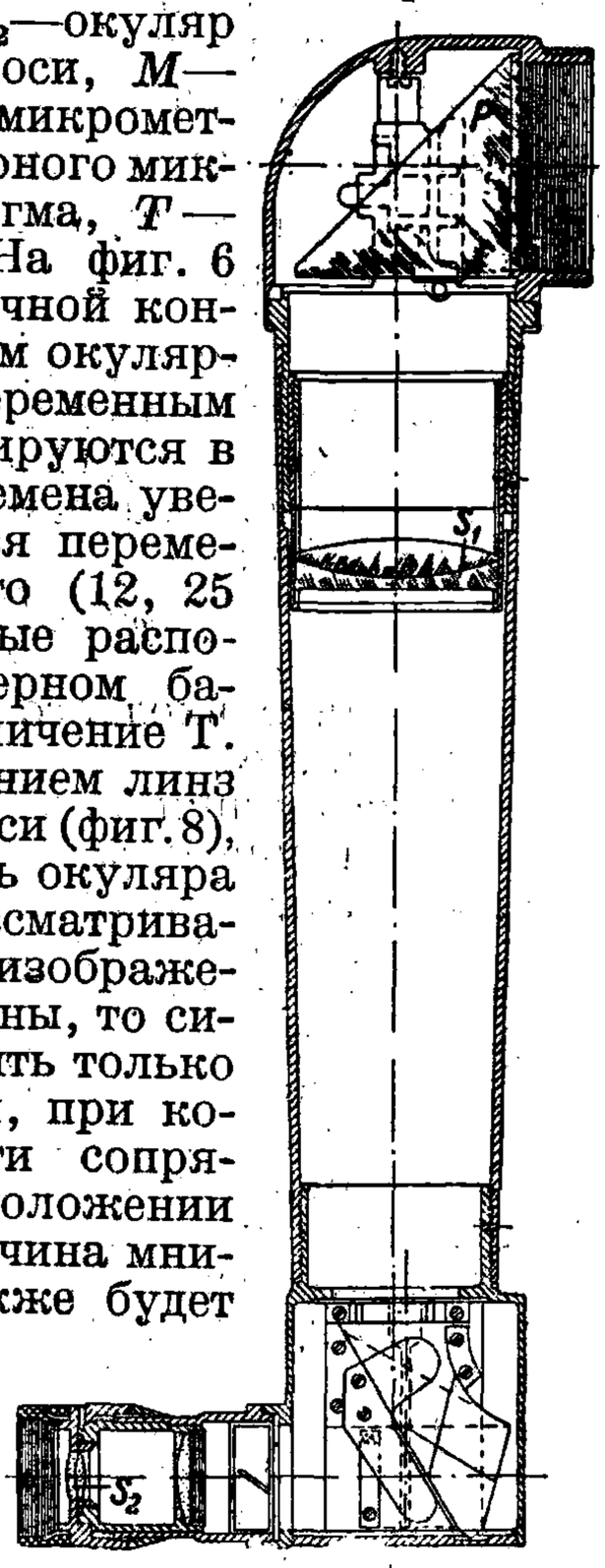


Фиг. 9б.

Т. S_1. Эти лучи входят в призму без преломления и, отразившись от гипотенузы, вновь идут нормально к другому катету, давая в фокальной плоскости зеркальное изображение предмета (на фиг. 5: S_2—окуляр AB, CD—визирные оси, M—коробка окулярного микрометра, G—барабан окулярного микрометра, R — диафрагма, T — уровни Талькотта). На фиг. 6 дается прямая Т. обычной конструкции с выдвижным окулярным коленом. Т. с переменным увеличением конструируются в трех вариантах. Перемена увеличения Т. изменяется переменой окуляров разного (12, 25 и 40) увеличения, к-рые располагаются на револьверном барабане (фиг. 7). Увеличение Т. меняется с перемещением линз A окуляра вдоль его оси (фиг. 8), через другую же часть окуляра B это изображение рассматривается. Т. к. плоскости изображений ab и a_1b_1 постоянны, то система A может получить только такие два положения, при которых эти плоскости сопряженные. При втором положении окуляра угловая величина мнимого изображения также будет меньше, следовательно будем иметь два увеличения. Если же будем перемещать не только окуляр A, но и отдельные его линзы, то получим Т., применяющуюся у прицелов орудий, которая позволяет непрерывно изменять увеличение,



Фиг. 6.



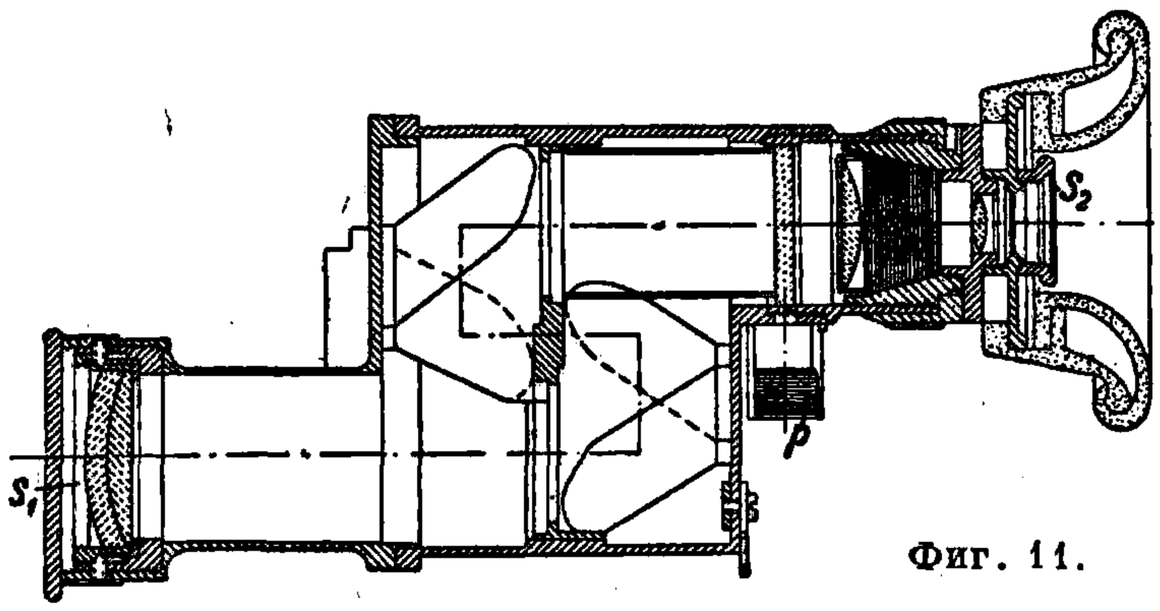
Фиг. 10.

что видно из ф-лы эквивалентного фокусного расстояния этой системы:

$$F = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - \Delta},$$

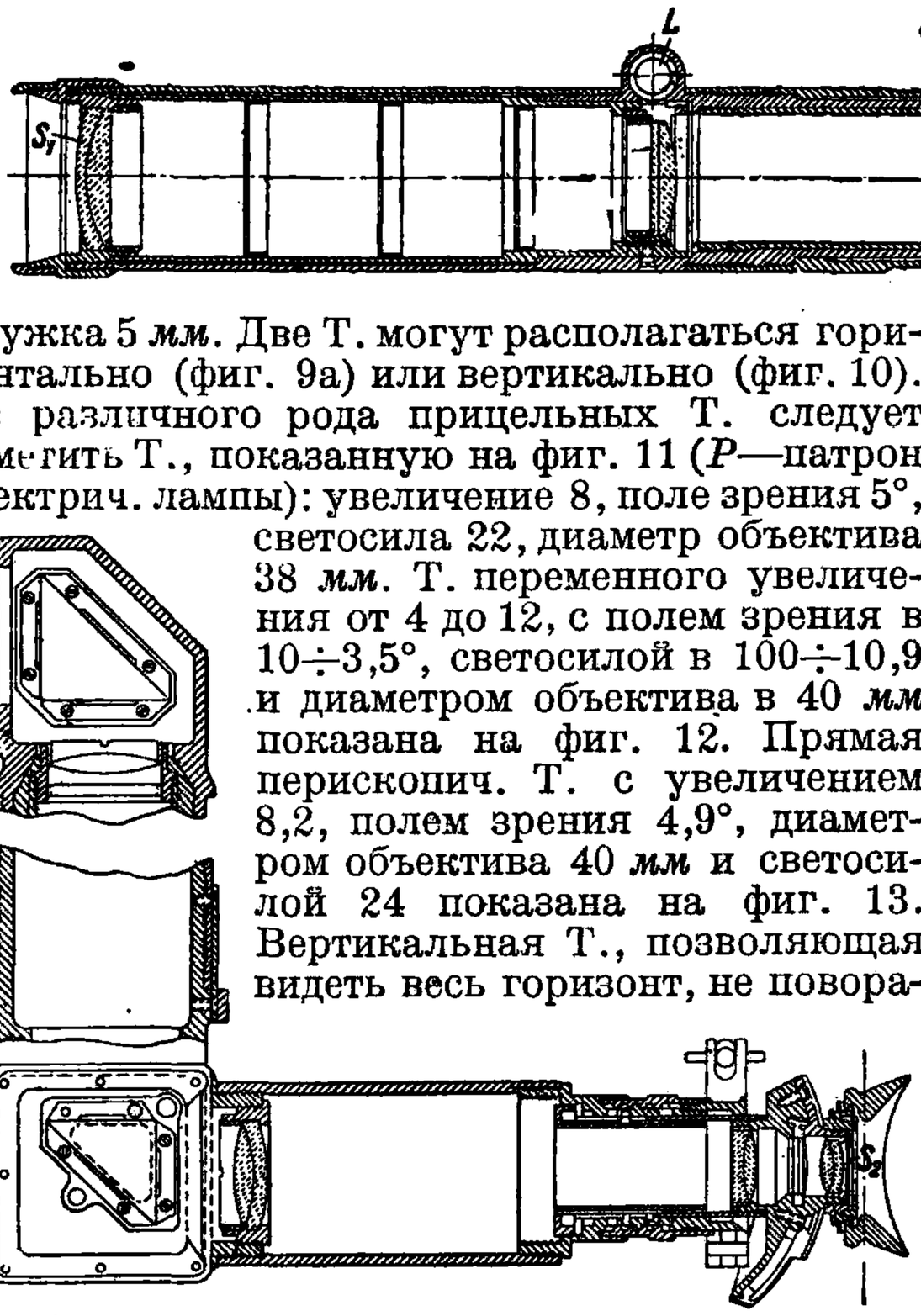
где Δ—оптический интервал. Иногда увеличение Т. меняется переменой объектива, как в *перископах* (см.).

Стерео-Т. (фиг. 9а, 9б и 10), отличаясь от биноклей большей пластичностью, приме-



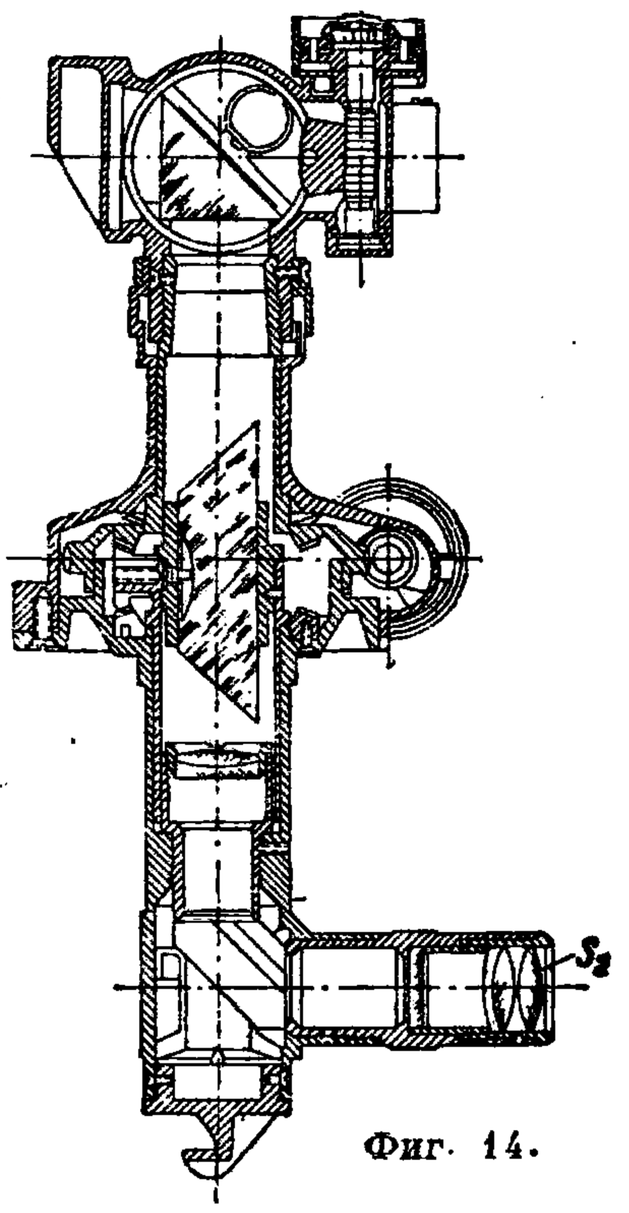
Фиг. 11.

няются в военном деле. Оптич. данные большой стерео-Т.: поле зрения 5°, увеличение 10, светосила 25, диаметр объектива 50 *мм*, удельная пластичность при разведенном положении Т. 11, а при сведенном 3. диаметр глазного кружка 5 *мм*. Две Т. могут располагаться горизонтально (фиг. 9а) или вертикально (фиг. 10). Из различного рода прицельных Т. следует отметить Т., показанную на фиг. 11 (*P*—патрон электрич. лампы): увеличение 8, поле зрения 5°, светосила 22, диаметр объектива 38 *мм*. Т. переменного увеличения от 4 до 12, с полем зрения в 10÷3,5°, светосилой в 100÷10,9 и диаметром объектива в 40 *мм* показана на фиг. 12. Прямая перископич. Т. с увеличением 8,2, полем зрения 4,9°, диаметром объектива 40 *мм* и светосилой 24 показана на фиг. 13. Вертикальная Т., позволяющая видеть весь горизонт, не поворачивая головы, называется панорамой. Панорама, показанная на фиг. 14, имеет увеличение 4, поле зрения 10°, светосилу 16.



Фиг. 13.

Качество изображения светящейся точки, рассматриваемой через Т., зависит только от конструкции объектива, т. к. окуляр передает только те подробности, к-рые имеются в этом изображении. Оптич. сила Т.—функция длины световых лучей и свободного отверстия объектива. Необходимое увеличение Т. получается по ф-ле $v = \frac{30'' \cdot r}{72}$, где 30″—оптическая сила глаза, $\frac{72}{r}$—предел оптической силы Т. Для наблюдения направляют Т. на ясный фон и вращают окулярную трубочку, добиваясь ясного изображения сетки нитей, затем направляют Т. на предмет и, перемещая окулярное колено в объективном, добиваются ясности изображения предмета; наконец действием кремальерки исключают параллакс, т. е. несовпадение плоскости сетки с плоскостью изображения предмета. Для специальных целей в фокальных плоскостях военных Т. ставят стеклянные пластинки с делениями, позволяющими определять расстояние по предметам, размеры которых известны, и, наоборот,—по известным расстояниям определяют размеры предметов. При работе Т. в туманную погоду для получения контрастных изображений пользуются желтыми светофильтрами, поглощающими синеватый свет и пропускающими остальные цветные лучи без ослабления. При наблюдении обычными Т. коротких расстояний в 1—5 *м* надевают на их объективы специальные дополнительные линзы, для устранения же аномалий глаза наблюдателя пользуются корректирующими линзами, надеваемыми на окуляр. Для повышения точности отчета по рейкам в нивелирах Цейсса на объектив Т. надевают плоскопараллельную пластинку; для автоматич. редукции на высоту над уровнем моря в тахеометрах Боссхарда на объектив надевают призму с малым углом отклонения. При астрономических наблюдениях на окуляр Т. надевают призму, один из катетов к-рой располагается перпендикулярно к оптической оси Т.; глаз наблюдателя располагается около другого катета. Зрительные Т., применяемые на стационарных астрономических инструментах, имеют ряд специальных приспособлений. Об испытании оптич. качеств Т. визуальным методом см. *Поверки геодезических приборов*.



Фиг. 14.

Следует отметить, что для оптической системы зрительной Т. должна быть дана не только качественная оценка, но и числовая характеристика, выявляющая диоптрич. недостатки этой системы. Если при исследовании оптич. систем, например объективов зрительных труб топографич. инструментов, можно ограничиться только определением их оптич. постоянных (отверстие объектива, фокусное расстояние, толщина линзы, материал), то в точных астрономо-геодезич. инструментах помимо этого делают специальные их

испытания на скамейке Гартмана или по методу Государственного оптического института (продольная и поперечная сферич. аберрации, продольная хроматич. аберрация и хроматич. аберрация второго порядка, астигматизм на оси). Эти испытания, представляемые рядом чисел и кривых, вносят ясность в оценку качества оптич. частей Т. и позволяют ставить точные требования при изготовлении этих систем на оптич. заводах. Окончательная оценка объектива трубы дается характеристич. числом Гартмана, к-рое является функцией среднего круга рассеивания для всего отверстия объектива. По многочисленным испытаниям Гартмана установлено:

Характеристич. число	$>$ 1,5	объектив	удовлетворительн.
»	» $= 1{,}5 \div 0{,}5$	объектив	хороший
»	» $< 0{,}5$	»	прекрасный
»	» $= 0$	»	идеальный

Для объективов зрительных Т. геодезич. инструментов, изготовлявшихся в СССР раньше, применяли пáры крона и флинта оптич. стекла Шотта, удовлетворявшие условиям Гартинга,—обычно кронглас № 58, 13, 18 и флинтглас № 29, 35, 36, 37. Теперь же пользуются оптич. стеклами з-да ИЗОС с длинами волн C = 6 563, D = 5 893, F = 4 681 и G′ = 4 341 Å (№ 572/575 и 613/370) или з-да ЛЕНЗОС—кроны C = 14, C = 6, C = 43, C = 12, флинты C = 11 и C = 9.

Лит.: К и с л о в Н., Теория оптич. инструментов, М., 1915; Х в о л ь с о н О., Полный курс физики, т. 2, Берлин, 1923; М у р а ш к и н с к и й В., Оптика бинокля, Л., 1925; Ф е ф и л о в В., Исследование объектива точного нивелира Гильденбранда, «Геодезист», М., 1927, *6* и *7*; Л е м т ю ж н и к о в Д., Морские оптич. приборы, Л., 1926; «Труды Гос. оптич. ин-та», Л.; С м и р н о в К., Универсальный теодолит Вильда, «Труды Научно-исследовательского ин-та геодезии и картографии», М., 1931, вып. 3; Ц и н г е р Н., Курс высшей геодезии, СПБ, 1898; К р а с о в с к и й Ф., Руководство по высшей геодезии, М., 1926; H a r t m a n n I., «Ztschr. Instrumentenkunde», Lpz., 1904, *1*, *4*; S t e i n h e i l u. V o i t, Handbuch d. angewandten Optik, Lpz., 1890; K ö n i g A., Die Fernrohre u. Entfernurgsmesser, B., 1923; S m i r n o f f K., Die Präzisiontheodolite H. Wild bei den stadttriangulirungen 1 Ordnung in der USSR, «Schweizerische Ztschr. für Vermessungswesen u. Kulturtechnik», Winterthur, 1930, *10*, *11*; G l e i c h e n A., Leitfaden d. praktischen Optik, Lpz., 1906; J o r d a n W., Handbuch d. Vermessungskunde, 8 Aufl., B. 2, Stg., 1923; A m b r o n n L., Handbuch d. astronomischen Instrumentenkunde, B. 2, B., 1899.

К. Смирнов.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ К XXIII ТОМУ Т. Э.

Аблегер 774.
Автомат 576.
Адаптер 216.
Адрагант 798.
«Азотирование» 31.
Аллоцимен 154.
Алмазная пыль 784.
Аминотиофен 403.
Анатаз 434, 436.
Антенна 202.
Арона схема 926.
Асбозурит 129.
Асидол 280.
Асимметр 922.
Астрономический треугольник 987.
Аэрокарта 889.

Бабка 521.
Багер 772, 773.
Балка 711.
Бассейн 713.
Бассорин 798.
Батан 474.
Бердо откидное 484.
Бертинирование 700.
Битти-Бриджмена уравнение 89.
Блистер 746.
Борнеол 160.
Борнилен 156.
Борнилхлорид 156.
Бриджмена формула 16.
Брикет торфяной 758.
Брикеты 703.
Брукит 434, 436.
Бумагорезательная машина 415.
Бункер посыпочный 627.
Бур торфяной 780.
«Бураки» 391.

Ванна револьверная 622.
Вант-Гоффа формула 123.
Вековое поднятие нуля 131
Вершина 710.
Веха 934.
Вибратор 719.
Винт ходовой 546.
Вираж 895.
«Висюлька» 494.
Водоотделитель 726.
Водопроницаемость растворов 294.
Водосливная линия 710.
Возбудитель 725.
Возбуждение перекрестное 915—916.
Войлок строительный 129.
Волчок 339.
Воронение 270.
Воронки разливочные 394.
Ворошилка 777.
Воспламеняемость 682.
Впадина 710.
Вспучиваемость 682.
Второй принцип термодинамики 49.
Вывеска 741.
Выдавка нитей 379.
Выделение летучих 658.
Выделение металлов из сплавов 377.
Вызывной прибор 838.
Вылет челнока 485.
Выстой 472.
Выстрел 879.

Газификация торфа 758.
Газоанализаторы 288.
Газы 84.
Гайка замочная 546.
Гальванометр Депре-д'Арсонваля 614.
Гартлея схема 918—919.
Гаусс-Крюгера координаты 974.
Гауссовы формулы 986.
Гексафенилэтан 998.
Гелиотроп 947.
Генератор кварцевый 178.
Генератор шлаковый 673.
Гераниол 159.
Гесса закон 146, 147.
Гидрол 344.
Гидростатический аппарат 738.
Гидроторф 755, 775.
Глазок 494.
«Глубокая печать» 438.
Гора 710.
Горизонт пограничный 753.
Горн плавильный 389.
Град 978.
«Градиент температуры» 9.
Гребенки 289.
Грудница 469.
Грюнера классификация 690.
Гульдберга и Вааге закон концентраций 118.

Давление лучистое 102.
Двигатель трактора 813.
Двуокись титана 434.
Де-Бройля выражение 45.
Де-Бройля теория 112.
Деготь торфяной 758.
Делитель напряжения 916.
Депрессия нуля 131.
Деревообделочный инструмент 38.
Детектор 499.
Диаграмма Гермера 540.
Диатомеи 900.
Диатомит 900.
Диатомовые земли 900.
Дигидромирцен 154.
Дипентен 155, 161.
Дитиоацетон 400.
Дитиоугольные кислоты 402.
Дифференциал трактора 817.
Днища конические 644.
Долина 711.
Дороги двухканатные 860.
Дороги канатные 869.
Дороги одноканатные 871.
Дороги подвесные 858.
Дороги подвесные однорельсовые 874.
Дороги подвесные электрические 875.
Дробители 765.
Дробление 367.
Дрова 690, 691.
Дубильные растения 338.
Дыромеры 289.
Дюлонга формула 686.

Емкостные токи 853.

Жаккардовы машины 496.
«Животики» 495.

Зажимная коробка 272.
Закалка 31.
Закон постоянства сумм тепла 146.
Закон Гесса 146.
«Заступ» 476.
Защита противоминная 745.
Зев 469.
Зевообразователь 457.
Земляная груша 657.
Знаки пристрелки 273.
Зольднера координаты 973.

Изделия штучные 448.
Измерение базисов 938.
Измерение влажности 288.
Измерение времени 287.
Измерение жидкостей 287.
Измерение мощности двигателей 286.
Измерение площадей 285.
Измерение расхода пара 287.
Измерение скорости 287.
Измерение углов 940.
Измерения гравиметрические 288.
Измерения объемов 285.
Измерения температур 287.
Изоборнеол 160.
Изоляционная торфяная плита 763.
Изоляционные доски из кукурузных стеблей 350.
Изопулегол 156.
Изохромата 111.
Ильменит 434, 436.
Инверсия 150.
Индофениновая реакция 403.
Инсорит 129.
Инструментальные станки 559.
Инфузорная земля 900.
Испытания авиационных двигателей 326.
Испытания в области физической химии 334.
Испытания в текстильной промышленности 329.
Испытания древесины 336.
Испытания по двигателям внутреннего сгорания 323.
Испытания руд цветных металлов 309.
Испытания строительных материалов 317.
Испытания топлива 305.
Исследования по аэрогидродинамике 320.
Исследования по гидродинамике 322.

Кабык 338.
Калиберные дощечки 289.
Калибр фасонный 245.
Камедистые растения 338.
Камерлинг-Оннеса формула 89.
Камины 387.
Камфан 155.
Камфен 156, 161.
Камышит 128.
Канат несущий 861.
Канат тяговой 866.
Кантовочная машина 415.
Кара-Теодори аксиома 51.
Каран 155.

Карбид титана 433.
Карвестрен 155.
Карвоментен 154.
Карвон 160.
Карен 156.
Каретки 489.
«Карта летная» 889.
Картель 907.
Картон строительный 129.
Картонорезательная машина 415.
Кассейная доска 495.
Каучуконосы 338.
Кендырь 338.
Кизельгур 900.
Килограмметр 278.
Килограмм-сила 277.
Клапейрона уравнение 69.
Клаузиуса постулат 51.
Клаузиуса теорема 55.
Клеверная сортировка 25.
Клеверотерка 25.
Клей кукурузный 351.
Клейбурна процесс 415.
Ковшевая рама 773.
Ковшевая цепь 772.
Кокс 704.
Коксуемость 682.
Колпитца схема 919.
Кольца установочные 848.
Комбайн механический 777.
Комингс 879.
Коммутатор автоматический 834.
Конвертер 216, 628.
«Конденсатор шунтированный» 834.
Контркалибр 246.
Контроллер педальный 1004.
Концентратор 833.
Концерны 904.
Копир 264.
Копыто 503.
Корм из кукурузы 349.
Коробка скоростей 537.
Коробка скоростей трактора 817.
«Королек» 682.
Короткие волны 194.
Коррелаты 958.
Корчевальная машина 780.
Кострa кендырная 340.
Котловина 710.
Краны кабельные 872.
Красильные растения 338.
Крезотиновые кислоты 617.
Кристаллы ложные 344.
Кристаллы смешанные 42.
Критическая температура 81.
Крошка фрезерная 756.
Крутизна 710.
Крышкоделательная машина 415.
Ксантогеновая кислота 402.
Куколеотборник 987.
Кукуруза 341.
Кукурузное масло 349.
Купелляция 891.
Курган 710.
Кутер-камедь 798.
Кучность стрельбы 274.

Лаборатории 295.
Лаборатории в металлургической и машиностроительной промышленности 312.
Лактометры 286.
Леер 879.
Лежандра формула 952.
Лекарственные растения 338.
Лимонен 154, 161.
Лимонен-эритрит 154.
Линейка копировальная 237.
Линия нулевая 885.
Лица 494.
Личный фактор 168.
Лобовые станки 564.
Лоботокарные станки 517.
Ложа 262.
Лощина 711.
Люксметры 288.

Магазин 520.
Магнитное разделение 367.
Мальон 494.
Манипуляция телеграфная 190.
Масличные растения 338.
Менделеева формула 687.
Ментан 154.
Ментон 156—159, 160, 161.
Мерительные машины роликовые 284.
Мерительный инструмент 33.
Меркаптаны 401.
Меркурирование 402.
Метатитановая кислота 434.
Метилбензол 615.
Метод изоляции 172.
Метод наложения 924.
Метод символический 921.
Метод симметричных составляющих 925.
Метод топографический 921.
Механика Ньютона 43.
Мирцен 154.
Многорезцовые станки 567.
Морозин 129.
Мылонафт 280.

Наборный круг 508.
Наладка 519.
Наладка ткацкого станка 485.
Направление 941.
Насадка 726.
Невязка треугольника 953.
Негной 432.
«Недосеки» 463.
Неперовы аналогии 986.
Нернста теорема 62.
Нерол 159.
Неролидол 161.
Ниткошвейная машина 415.
Нитрат тория 722.
«Нитрирование» 31.
Нитрование толуола 617.
Нитротиофен 403.
Нитротолуол 617.
Нопинен 156.
Нормализация 31.
Нортона передача 541.
Нулевая точка термометра 131.
Нутромеры 289.

Обдирочные станки 559.
Облагораживание топлива 699.
Обогащение мокрым путем 367.
Обри прибор 740.
Обрыв 712.
Обрызгивание 375.
Овсюжники 991.
Окуляр земной 1010.
Опока 902.
Оправка 238.
Оранжит 722.
Освещение безопасности 172.
Основонаблюдатель 499.
Осокорь 716.
Отбор проб 685.
Отжиг 31.
Отпуск 31.
Отсеивание 367.
Офсетное оборудование 413.
Оцимен 154.
Ошибка треугольника 953.

Падение 711.
Пайка 375.
Панорама 1013.
Параллактический треугольник 987.
Парра классификация 690.
Парра формула 687.
Парфюмеризация 173.
Пары перегретые 70.
Патока зеленая 344.
Патронник 242, 243.
Первое основное уравнение термодинамики 47.
Перебор 533.
Перевал 711.
Перегиб 712.
Передник супорта 546.
Перекрещивание 853.
Переплетно-брошировочное производство 415.
Переход из твердого состояния в жидкое 83.
Переход из твердого состояния в парообразное 83.
Перовскит 436.
Пескосушка 624.
Печи колодцевые 389.
Печи тигельные 389.
Пик 710.
Пикнометр 286.
Пинан 155.
Пинен 156, 161.
Пиперитон 160, 161.
Пирамида четырехногая 934.
Пирометры термоэлектрические 41.
Планка М. формула 107.
Планка Р. формула 96.
Планшайба 564.
Плато 710.
Плашки Лендиса 38.
Плашки резьбовые 38.
Плиты алебастровые 128.
Плиты гипсолитовые 127.
Площадка 710.
Погрузочные машины для торфа 779.
Подборочная машина 415.
Подогревательный аппарат торпеды 737.
Подошва ската 710.
Подручник 521.
Подстилка торфяная 759.
Покрытие металлом 375.
Полировочные машины 779.
Политерпены 161.
Полотно 621.
Полуавтоматы 577, 579.
Полугульстад 835.
Полуприем 941.
Получение металлов химическим путем 367.
Помехи радиоприему 204.
Поправки (измерения) 954.
Последействие термическое 132.
Потенциал термодинамический 60.
Правка ствола 234.
Предохранитель уточный 482.
Предохранитель челночный 483.
Прибор расстояния 736.
Приборы измерительные 285.
Приведение болванки к центру знака 948.
Приведение к центру знака 947.
«Пригар» углерода 393.
Придание формы металлу 379.
«Приемник детекторный» 211.
Приемники (радио) 206.
Приклад 263.
Принцип эквивалентности 45.
Пристрелка группы 273.
Притир 783.
Притирка 783.
Проба выдавливанием 361.
Проба лабораторная 684.
Проба на бортование 364.
Проба на двойной кровельный замок 363.
Проба на навивание 358.
Проба на обжатие 364.
Проба на раздачу 363.
Проба на расплющивание 360.
Пробы гибочные 353.
Пробы закручиванием 358.
Проволокошвейная машина 415.
Проект сети 932.
Проектная линия 881.
Проложение линий 889.
Промоина 711.
Прошивка 782.
Прядильные растения 337.
Психрометры 138.
Пулегол 160.
Пулегон 160, 161.
Пункты тригонометрические 930.
Пути подвесные 870.
Пыль торфяная 758.

Радиальное измерение углов 977.
Радиовещательная аппаратура 211.
Радиотехника 176.
Разбивка углов 889.
Развальцовка 785.
Развертка 37, 233.
Развертывание 782.
Разливка стали 394.
Ракль 441.
Растворы твердые 42.
Расточка 782.
Расточка точная 788.
Рауля закон 655.
Рафинирование металлов 371.
Реактив травящий 795.
Реакции экзотермические 147.
Реакции эндотермические 147.
Револьверные головки 519.
Револьверные станки 571.
Регуляторы машинные 736.
Редукции 947.
Режущий инструмент 36.
Резец круглый 237.
Резец скоблящий 238.
Резьбомеры 289.
Рейтшток 521.
Рекогносцировка сети 932.

Рекуперация 1001.
Реле перенапряжения 1004.
Реле трансляционное 837.
Реторта 628.
Ротационные типографские печатные машины 410.
Рубанок круглый 264.
Рубин бразильский 657.
Ружейный ствол 230.
Рулевая машинка торпеды 739.
Рулевой стопор 740.
Руппрехта передача 540.
Рутил 434.
Рытвина 711.

Сабинол 160.
Салазки 546.
Салазки резцовые 546.
Салазки сверлильные 231.
Самоточки 518, 557.
Санталолы 161.
Сварка 377.
Сверла 36.
Сверло «пушечное» 231.
Свободная энергия 59.
Седловина 712.
Сернокислая закись титана 434.
Сесквитерпены 161.
Сети базисные 937.
Сети триангуляции 930.
Сети тригонометрические 930.
σ-формулы 986.
Сигналы сложные 935.
Силицид титана 433.
Сильвестрен 155.
Синдикаты 904, 909.
Синтез сплавов 373.
Синтетические кислоты 280.
Система из двух компонентов 41.
Система из одного компонента 40.
Система трех веществ 42.
Система трехпроводная 922.
Система четырехпроводная 922.
Скало 457, 467, 487, 507.
Скат (вершины) 710.
Скрутка 853.
Сланцы 691, 699.
Смена утка 499.
Смола торфяная 758.
Смолистые растения 338.
Соединение звездой 921.
Соединение треугольником 921.
Соломенный картон 129.
Соломит 128.
Сопка 710.
Сопло 726.
Сопротивления трубчатые 1004.
Сортировка клеверная 25.
Сосуды измерительные 285.
Социалистическая машина 168.
Союза германских инженеров формула 686.
Спекаемость 682.
Спирт туйиловый 160.
Способ аддитаментов 953.
Сталь литая 383.
Сталь тигельная 393.
Сталь томасовская 641.
Сталь цементная 388.
Станины 521.
Станки прошивочные 256.
Станок ствольнополировочный 240.
Старение 26, 31.
Старение искусственное термометра 132.
Ствольная коробка 248.
Стереотипное оборудование 412.
Стерео-труба 1013.
Стефан-Больцмана закон 104.
Стружкоуловитель 231.
Сульфгидрил 401.
Супорт 546.
Супорт крестовый 517.
Сухая перегонка кукурузных кочерыжек 350.
Сфагнит 128.
Сфен 436.
Сферический треугольник 985.
Сфероидизация 31.
S-формулы 986.

Талтурангыл 716.
Тальвег 711.
Тальпотазиметры 134.
Танагра 162.
Танацетон 160.
Тележка транспортера 772.
Теллурические бури 614.
Температуропроводность материала 10.
Тепловой эффект 146.
Тепловые диаграммы 54.
Теплосодержание 58.
Теплота горения 149.
Теплота нейтрализации 148.
Теплота образования 149.
Теплотворная способность 149, 681.
Термионы 26, 151.
Термограф 137.
Термометр 130.
Термометр биметаллический 134.
Термометр газовый 137.
Термометр давления 134.
Термометр жидкостный 130.
Термометр максимальный 138.
Термометр метеорологический 138.
Термометр минимальный 138.
Термометр нормальный 132.
Термометр палочный 131.
Термометр электрический 135.
Термопара 152.
Термос бутылочный 140.
Термосила 150.
Термос-кухни 140.
Термос-судки 140.
Термоэдс 150.
Термоэлектрическая эдс 150.
Термоэлектрический столбик 152.
Терновник 24.
Тернослив 24.
Терпин 159.
Терпингидрат 159, 161.
Терпинен 155.
Терпинеол 155, 159, 161.
Терпинолен 155.
Терраса 712.
Теснина 711.
Тесьма 164.
Тетрагидронафталин 165.
Техника радиочастотная 176.
Тигли беглые 391.
Тигли графитные 385.
Тигли шамотные 385.
Тиоальдегиды 400.
Тиоамиды 400.
Тиоацетон 400.
Тиоацетофенон 400.
Тиогликоли 401.
Тиокетоны 400.
Тиокислоты 400.
Тиоксен 403.
Тиоли 400.
Тионы 400.
Тиоспирты 401.
Тиотолены 403.
Тиоугольные кислоты 401.
Тиофенин 403.
Тиофенолы 401.
Тиоэфиры 401.
Тиски 251.
Титан двухххлористый 434.
Титан треххлористый 434.
Титан четыреххлористый 435.
Титанаты 435.
Титаний 436.
Титанил сернокислый 435.
Титаномагнетит 436.
Титр раствора 437.
Тифдрук 414.
Товары этикетные 513.
Ток термоэлектрический 150.
Токи земные 612.
Толидин 617.
Толуидин 617.
Толуилендиамин 617.
Толуолсульфокислоты 617.
Толщемеры 284.
Томасовская сталь 628, 632, 641.
Томасовские фабрики 646.
Томасовский процесс 628, 634.
Томасовский чугун 630.
Томасовский шлак 633.
Томасовское производство 628.
Томление 31.
Томсона принцип 53.
Топенант 879.
Топливо жидкое 704.
Торианит 722.
Торий уксуснокислый 722.
Торий четыреххлористый 722.
Торит 722.
Тория двуокись 721.
Торкретбетон 724.
Торф 691.
Торфолеум 128.
Торфособиратель 779.
Торфофанера 129.
Торфяной кокс 757.
Точность измерений 282.
Траверсы 599.
Трагакант 798.
Трагантин 798.
Траление 891.
Тральщик 891.
Транзитный стол 845.
Транзитные соединения 845.
Трансляционные станции 831.
Трансмиссия трактора 815.
Транспортер бадьевой 778.
Трапбалка 880.
Трассирование 880.
Треугольник погрешностей 948.
Треугольник Таммана 41.
Трехокись титана 434.
Тригонометрические знаки 932, 934, 936.
Тригонометрические центры 934.
Тритиоацетон 400.
Тритиоугольная кислота 402.
Труба поверительная 940.
Труботокарные станки 604.
Трубы переменной плотности 320.
Туйон 160.
Турка 338.
Тяжеловес 656—657.

Уборочная машина для сбора фрезерного торфа 777.
«Угар» углерода 393.
Угли ископаемые 690, 691.
Угол дирекционный 972.
Уголь древесный 703.
Уголь кучной 704.
Ударный инструмент 38.
Уравнение изохоры 149.
Уравнивание сетей 953, 970.
Уравнитель напряжения 915.
Уравнительный агрегат 915.
Усадка торфа 747.
Условие азимутов 966.
Условие базисов 965.
Условие боковое 955.
Условие горизонта 967.
Условие полюса 955.
Условие фигуры 954.
Уступ 712.
Устье лощины 711.
Уточная вилочка 501.
Ущелье 711.

Фальцевальная машина 415.
Фарнезол 161.
Фартук супорта 546.
Фелландрен 155.
Фенхон 160.
Фибролит 126.
Фибролит известково-трепельный 127.
Фибролит силикатный 127.
Фигуры травления 794.
Флотация 367.
Флюс 631.
Формула М. Планка 107.
Формула Р. Планка 96.
Формулы приведения 980.
Фотометры 288.
Фрезер болотный Ланца 779.
Фрезер Инсторфа 776.
Фрезер полировочный 779.
Фрезерный станок копировальный 259.
Фрез-формовочная машина 775.
Фрезы 37.
Функции характеристические 57, 59.

«Хлопья» кукурузные 348.
Хлортолуол 616.
Холм 710.
Хонинг-процесс 787.
Хранение топлива 705.
Хребет 710.

Цедрол 161.
Цементация 31, 375.
Цемент-пушка 723, 725.
Цена 468.
Центрировки 947.
Центры 545.
Цианирование 31.
Цианонитрид 433.
Цикл Карно 52.
Цинеол 160.
Цитраль 161.

Цитронеллаль 156, 161.
Цитронеллол 156.

«Черное» излучение 108.
Черное тело 101.
Четырехугольники геодезические 956.

Шабровка 785.
Шар 786.
«Шарик» (резервуар) 130.
Шарование 786.
Шваигёфера формула 686.
Шевелин 129.
Шейка приклада 265.
Шерстомоечная машина 339.
Шихта для тигельной массы 385—386.
Шлаки спелые 392.
Шлаки тигельных процессов 392.
Шлифовальные станки 257.
Шлифование 782.
Шнуровые пары 845.
Шпарутка 457, 468, 503.
Шпиндель 535.
Шпиц 710.
«Шпрынка» 478.
Шрейбера формула 944.
Штейера формула 687.
Шунты обмоток 834.

Щупло 502.

Эбуллиоскопия 656.
Эвтектика 41.
Эвтектическая смесь 41.
Элеваторная установка Инсторфа 770.
Электроосмос 367.
Электростатическое обогащение 367.
Энергия свободная 60.
Энтальпия 58.
Энтропия 54, 55.
Эталонирование проволок 939.
Эхо первое говорящего 825.
Эхо первое слушающего 825.

Явление эхо 825.
Якорь 936.
Има 710.