ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Л. К. МАРТЕНС

ТОМ ДВЕНАДЦАТЫЙ

ЛЕСА СОРТА—МЕТИЛОВЫЙ АЛКОГОЛЬ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

МОСКВА ✧ ОГИЗ РСФСР ✧ 1932

ГОСУДАРСТВЕННОЕ СЛОВАРНО-ЭНЦИКЛОПЕДИЧЕСКОЕ
ИЗДАТЕЛЬСТВО «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ»

Редакционная работа по XII тому ТЭ закончена 15 ноября 1930 г.
В 1932 г. выпущен дополнит. тираж в количестве 15 000 экз.

Том сдан в набор 20 октября 1931 г.; подписан к печати 25 января 1932 г.

Адрес Редакции Технической Энциклопедии: Москва, Остоженка, 1.
Адрес конторы Издательства: Москва, Волхонка, 14.

16-я типография УПП ОГИЗ, Москва, Трехпрудный пер., 9.
Зак. № 1195. Упомн. Главлита Б 2469. Гиз 1. Доп. тираж 15 000.
Бумага 72×108 1/16. 30 п. л.×92 000 зн.

РЕДАКЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭНЦИКЛОПЕДИИ

РЕДАКЦИОННОЕ БЮРО

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

Зам. Гл. Редактора—проф. **М. Б. Вольфсон.** | Председатель Правления—**Н. Н. Накоряков.**

Пом. Гл. Редактора—инж. **Б. Э. Шпринк.** | Ученый Секретарь—**Н. П. Ракицкий.**

НАУЧНЫЕ СОТРУДНИКИ

Ельцина Н. М.; инж. Знаменский А. А.; Мельников И. И.; инж. Мушенко И. Н.; инж. Павлушков Л. С.; Ракицкий Н. П.; инж. Фрязиновский И. А.; инж. Шпринк Б. Э.; инж. Эрвальд К. А.

Зав. библиографией: инж. **Таубман С. И.;** Технический Редактор: **Никаноров В. М.**

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ СЕКТОР

Зам. Предправления: **Большеменников А. П.;** Зав. Производств.-Издательским Сектором: **Крейндель А. Д.;** Зав. Производственным Отделом: **Каменков-Павлов А. Г.;** Зав. Планово-Учетным Отделом: **Маркус В. А.;** Технический Редактор по иллюстрациям: **Тавастшерна В. Я.;** Зав. Технической Редакцией при типографии: **Татиев Д. П.;** Технические Редакторы при типографии: **Кондзеровский Г. В.; Малкин А. Д.; Самаров Н. Г.;** Зав. Корректорской: **Кулешов Н. З.**

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	микромикрон (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. сантиметр.
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).
⩽	не больше (⩾ не меньше).
≅	приблизительно равно.
⩾	больше или равно.
⩽	меньше или равно.
≫	значительно больше.
≪	значительно меньше.
∢	угол, измеряемый дугой.
∥	параллельно.
⊥	перпендикулярно.
÷	от—до.
sin	синус.
tg	тангенс.
sc	секанс.
cos	косинус.
ctg	котангенс.
csc	косеканс.
arc sin	арксинус.
arc tg	арктангенс.
sh	гиперболический синус.
ch	гиперболич. косинус.
th	» тангенс.
⌀	диаметр.
e	основание натуральных логарифмов.
lg	логарифм десятичный.
ln	» натуральный.
lim	предел.
Const	постоянная величина.
$\sum$	сумма.
$\int$	интеграл.
~	приблизительно.
∞	бесконечность.
d	полный дифференциал.
∂	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.
D	дина.
Cal	калория большая.
cal	» малая.
HP	лошадиная сила.
lm	люмен.
lx	люкс.
m	мюрг.

б) Величины.

$t°$	температура обыкновен.
$T°$	» абсолютная.
$t°_{кип.}$	температура 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 желез. сплавов.
g	ускорение силы тяжести.
l	длина.
m	масса.
$D^t_{t_1}$	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	водородн. показатель.

IV. Основные сокращения.

фт.—футы.
дм.—дюймы.
кц.—килоцикл.
ц.—цикл.
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 температ. шкал:
°К—Кельвина.
°С, °Ц.—Цельсия (100°-й).
°Р.—Реомюра.
°Ф.—Фаренгейта.
t°—температура по 100°-ной шкале (С).
t° Р.—температура по Реомюру.
t° Ф.—температура по Фаренгейту.
абс. ед.—абсолютная единица.
ат. в.—атомный вес.
Aufl.—Auflage.

В.—Band, Bände.
v.—volume, volumes.
вкл.—включительно.
выс.—высота.
гг.—годы, города.
д.—деревня, долгота.
д. б.—должно быть.
ж. д.—железная дорога.
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, Lieferungen.
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.).
р.—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.
т.—том, томы.
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-ка—фабрика.
ф-ла—формула.
H.—Heft, Hefte.
хим. сост.—химический состав.
ц. т.—центр тяжести.
Ztg—Zeitung.
Ztrbl.—Zentralblatt.
Ztschr.—Zeitschrift.
ш.—широта.
эдс—электродвижущая сила.
эфф.—эффективный.
Ан. П.—английский патент.
Ам. П.—американский »
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.
W.—Wien.
Wsh.—Washington.
Л.—Ленинград.
М.—Москва.
П.—Петроград.
СПБ—Петербург.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ НАЗВАНИЙ РУССКИХ И ИНОСТРАННЫХ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ, ОБЩЕСТВ, ФИРМ

«АзНХ» — Азербайджанское нефтяное хозяйство, Баку.
БМЭ — Большая медицинская энциклопедия, Москва.
БСЭ — Большая советская энциклопедия, Москва.
«ВВ»—Военный вестник, Москва.
«ВВФ» — Вестник воздушного флота, Москва.
«ВИ»—Вестник инженеров, Москва.
«ВС»—Вестник стандартизации, Москва.
«ВТ»—Вопросы труда, Москва.
«ГЖ»—Горный журнал, Москва.
«ГТ»—Гигиена труда, Москва.
«Ж» — Журнал Русского физико-химического об-ва, Ленинград.
«ЖРМО» — Журнал Русского металлургического об-ва, Ленинград.
«ЖХП» — Журнал химической промышленности, Москва.
«ИТИ»—Известия Теплотехнического института им. Ф. Дзержинского, Москва.
«ИТПТ»—Известия текстильной промышленности и торговли, Москва.
«МС»—Минеральное сырье, Москва.
«МХ»—Мировое хозяйство и мировая политика, Москва.
«НИ»—Нерудные ископаемые, Ленинград.
«НХ»—Нефтяное хозяйство, Москва.
ОСТ—Общесоюзные стандарты, Москва.
«ПТ»—Промышленность и техника, СПБ.
«ПХ»—Плановое хозяйство, Москва.
«СГ»—Социальная гигиена, Москва.
«СП»—Строительная промышленность, Москва.
Спр. ТЭ—Справочник физических, химических и технологических величин, Москва.
«СТ»—Санитарная техника, Москва.
«СХ» — Социалистическое хозяйство, Москва.
«ТД»—Торфяное дело, Москва.
«ТиТбП»—Телеграфия и телефония без проводов, Н.-Новгород.
«Труды ГЭЭИ»—Труды Гос. экспериментального электротехнич. ин-та, Москва.
«Труды НАМИ»—Труды Научного автомоторного института, Москва.
«Труды НИУ»—Труды Научного института по удобрениям, Москва.
«Труды ЦАГИ»—Труды Центрального аэрогидродинамического ин-та, Москва.
ТЭ—Техническая энциклопедия, Москва.
«УФН»—Успехи физических наук, Москва.
«ХД»—Хлопковое дело, Москва.
«AAZ» — Allgemeine Automobil - Zeitung, Wien.
«A. Ch.»—Annales de Chimie et de Physique, Paris.
AEG—Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft, Berlin.
AGFA—Aktien - Gesellschaft für Anilin - Fabrikation, Berlin.
«Am. Soc.»—Journal of the American Chemical Society, Easton, Pa.
«Ann. d. Phys.»—Annalen der Physik, Lpz.
«Ann. Min.»—Annales des Mines, Paris.

«B»—Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin.
BAMAG—Berlin-Anhaltische Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, Dessau.
BASF—Badische Anilin- und Soda-Fabrik, Ludwigshafen a/R.
BEAMA—The British Electrical and Allied Manufacturers Association, London.
«B. u. E.»—Beton und Eisen, Berlin.
Bayer—Farbenfabriken vorm. Fr. Bayer & Co., Köln a/R.
«Ch. Ind.»—Chemische Industrie, Berlin.
«Ch.-Ztg»—Chemiker-Zeitung, Cöthen.
«Ch. Ztrbl.»—Chemisches Zentralblatt, Berlin.
«CR»—Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, Paris.
DIN—Deutsche Industrie-Normen.
«Dingl.»—Dinglers polytechnisches Journal, Berlin.
«EChZ»—Elektrochemische Zeitschrift, Berlin.
«EMA»—Zeitschrift für Elektrotechnik und Maschinenbau, Berlin.
«EuM»—Elektrotechnik und Maschinenbau, Wien.
«ETZ»—Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin.
«GC»—Génie Civil, Paris.
Handb. Ing.—Handbuch der Ingenieurwissenschaften, herausgegeben von L. Willmann, Th. Landsberg, E. Sonne, in 5 Teilen, 1910—25, Leipzig.
«I. Eng. Chem.»—Industrial and Engineering Chemistry, Easton, Pa.
I. G. Farben—Interessengemeinschaft Farben-Industrie A.-G., Leverkusen b. Köln a/R.
«JAIEE»—Journal of the American Institute of Electrical Engineers, New York.
«J. Ch. I.»—Journal of the Society of Chemical Industry, London.
«Lieb. Ann.»—Liebigs Annalen der Chemie, Berlin.
«Mitt. Forsch.»—Mitteilungen über Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, Berlin.
«MuM»—Wochenschrift für die gesamte Müllerei und Mühlenbau-Industrie, München.
NDI—Normenausschuss der deutschen Industrie.
«PeKa»—Fachblatt für Parfümerie und Kosmetik, München.
«RGÉ»—Revue Générale de l'Électricité, Paris.
«Soc.»—Journal of the Chemical Society, London.
«St. u. E.»—Stahl und Eisen, Düsseldorf.
Ullm. Enz.—Enzyklopädie der technischen Chemie, herausgegeben von F. Ullmann, Wien—Berlin, 1 Auflage, 1915—23, 2 Auflage erscheint ab 1928.
«WeTeZ»—Westdeutsche Textil-Zeitung, Elberfeld.
«Z. ang. Ch.»—Zeitschrift für angewandte Chemie, Berlin.
«Z. d. VDI»—Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin.
«ZFM»—Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt, München.

В двенадцатом томе ТЭ помещено 683 иллюстрации в тексте и шесть вкладок к статьям: «Литография»—3 (одна цветная), «Маскировка»—2 (цветные) и «Макроструктура»—1.

Л

ЛЕСА СОРТА, сортименты лесных товаров. Под лесоматериалами в широком смысле слова понимают те продукты, к-рые получаются от механич. обработки древесины или химич. переработки ее; в более узком понимании, а также в торговой практике и технике к лесоматериалам относят лишь продукты механич. обработки древесины. Однородная группа лесных материалов, к-рая обрабатывается одним способом и имеет одну форму, называется с о р т и м е н т о м; в свою очередь каждый сортимент подразделяется на размеры, носящие свои названия, и наконец каждый размер разделяется по качеству на сорта. Если исключить продукты химич. переработки и второстепенные продукты обработки древесины, то сортименты лесных материалов можно разделить на следующие 6 основных групп: 1) дрова, 2) круглые материалы, 3) тесаные материалы, 4) колотые материалы, 5) пиленые материалы и 6) продукты специальной механич. обработки дерева (клееная фанера, столярно-строительные детали, ящичный материал и т. д.).

Д р о в а. Характеристику дров как топлива см. *Дрова*; технич. условия, к-рым должны отвечать дрова, см. ОСТ 611 и 615. По составу пород дрова подразделяются на о д н о р о д н ы е (с допущением лишь 5% иных пород) и с м е ш а н н ы е (с подразделением на дрова одинаковой теплотворной способности и различной теплотворной способности), а по степени влажности—на с у х и е (влажность не более 30%), п о л у с у х и е (влажность от 30 до 50%) и с ы р ы е (влажность свыше 50%), причем указанные % представляют собой отношение веса содержащейся в древесине воды к весу обезвоженной массы этой же древесины по ф-ле:

$$\frac{A-B}{B} \cdot 100,$$

где A—вес данной пробы дров, B—вес той же пробы, высушенной до постоянного веса. При отсутствии лабораторного исследования сухость дров определяется временем заготовки и лежания в поленницах на сухом месте. По сортам дрова подразделяются: дубовые и березовые—на три сорта; осиновые, сосновые и еловые—на два сорта.

К р у г л ы е м а т е р и а л ы: 1) Б р е в н а—круглые отрезки (без разделки) ствола дерева, очищенные от сучьев и предназначенные для разделки на пиломатериалы или другие сортименты либо для строительных и поделочных целей. Стандартные размеры указаны в ОСТ 92; в ОСТ 608, 609, 610 рассматриваются три вида бревен: пиловочные, строительные и тонкий кругляк. К п и л о в о ч н ы м и с т р о и т е л ь н ы м бревнам относятся отрезки ствола, толщ. от 16 *см*, а к т о н к о м у к р у г л я к у—до 15 *см* включительно. Общие технич. условия для всех трех видов бревен следующие: они д. б. очищены от сучьев в уровень с поверхностью, зарубы и стесы в комлевой части бревна допускаются глубиной не более $^1/_{10}$ толщины бревна. Измерение толщины производят в верхнем отрубе (в тонком конце) по среднему диаметру (полусумма диаметров наибольшего с наименьшим) в целых *см*. Как пиловочные, так и строительные бревна делятся на три сорта в зависимости от допускаемых пороков и степени их, тонкий же кругляк делится на 2 сорта. 2) А в и а к р я ж представляет собой пиловочные бревна, назначенные для изготовления досок и брусьев для авиа- и автостроения; заготовляются из комлей совершенно здоровых растущих сосновых деревьев. По длине они д. б. от 4 до 9 *м*, а по толщине от 36 *см* и толще; не допускается никаких сучьев; древесина д. б. без признаков загнивания и червоточины, с нормальной равномерной окраской, равномернослойной, прямослойной, без свилеватости и значительной смолистости; поверхностная синева допускается. Заготовка авиакряжей производится обычно на прииск в лучших спелых сосняках (см. *Авиационный лес*). 3) Т е л е г р а ф н ы е и т е л е ф о н н ы е с т о л б ы—отрезки ствола дерева, употребляемые для подвески проводов (стандартные размеры на них см. табл., помещаемую ниже).

В зависимости от качества древесины столбы разделяют на 2 сорта. 4) Р у д н и ч н а я с т о й к а—отрезки круглого леса, предназначенные для крепления шахт; по качеству они д. б. изготовлены из растущего леса, не сухостойного, без гнили, без глубокой синевы, без табачных сучьев, червоточины (ходы лобоедов допускаются), без глубоких трещин (не глубже $^1/_4$ диаметра). Сосновые и еловые стойки д. б. очищены от коры и сучьев, а дубовые только от сучьев; кривизна допускается только односторонняя, не

Стандартные размеры телеграфных и телефонных столбов (проект).

Длина в *м*	Диаметр в верхнем отрубе в *см*	
	Дубовые и лиственничные	Сосновые и еловые
6,5	13—15	14—17
7,5	13—16	15—18
8,5	16—18	16—20
11,0	18—21	20—23
13,0	21—24	23—26
5,0	13—15	15—17
6,5	15—18	17—20
8,5	18—21	20—23
11,0	21—24	23—26

более $^1/_{100}$ длины стоек для хвойных пород и $^1/_{50}$ длины для дубовых. Размеры стоек согласно спецификациям Донугля следующие: по длине 0,55—4,4 *м*, по толщине 6,5—22 *см*. Согласно запроектированным стандартам предполагается установить размеры: по длине 0,5—3,8 *м*, по толщине от 7 до 22 *см*, причем каждой длине будет соответствовать определенная толщина. 5) Б а л а н с ы—отрезки круглого леса, предназначенные для производства древесной массы и целлюлозы (см. *Древесина балансовая*).

Т е с а н ы е м а т е р и а л ы. По числу плоских граней тесаные материалы (брусья) бывают 2-, 3- и 4-гранные. 1) Д в у х г р а н н ы е б р у с ь я—бревна, в которых две продольные стороны стесаны по сбегу на 5 *см*, как напр. астраханские брусья или норвежские брусья, где комлевая часть обтесывается на 8 граней на 2—3 фт. 2) Т р е х г р а н н ы е б р у с ь я (3 сорта) заготавливаются так, что 3 грани делаются плоские, а 4-я округленная; наиболее известны в нашей экспортной торговле дубовые *ванчесы* (см.). Технич. условия: нездоровая сердцевина д. б. удалена, подошва—гладко обработана, кора на полукруглой стороне — очищена докрасна; отделка чистая, торцовка правильная. 3) Ч е т ы р е х г р а н н ы е б р у с ь я по фасону обделки разделяют на о с т р о к а н т н ы е (шарфкантные) и т у п о к а н т н ы е (валкантные); см. *Деловой лес*. 4) Б р у с ь я, у п о т р е б л я е м ы е в ж.-д. д е л е. а) П е р е в о д н ы е брусья—предназначены для поперечной укладки под рельсы ж.-д. стрелочных переводов и делаются поэтому различной длины соответственно с постепенно увеличивающимся расхождением скрещивающихся рельсовых путей. Переводные брусья выделываются из сосны, лиственницы, дуба, бука, карагача и прочих пород деревьев и подразделяются по проекту стандарта на 4- и 2-кантные; по размерам поперечного сечения переводные брусья разделяются на о б л е г ч е н н ы е (толщина 15—17 *см*, верхняя постель 24 *см*, нижняя 15 *см*), н о р м а л ь н ы е (верхняя постель 20 *см*) и у с и л е н н ы е (верхняя постель 24 *см*); брусья облегченного сечения укладываются на переходных кривых и за крестовиной; брусья нормального сечения—под стрелочной рамой и под крестовиной, если ширина башмаков и прокладок не более 20 *см*, а брусья усиленного сечения—там же, если ширина прокладок не более 24 *см*; длина брусьев устанавливается: 1; 2,8; 3; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4; 4,2; 4,4; 4,6 и 5,4 *м*. б) М о с т о в ы е брусья должны соответствовать технич. условиям и особым чертежам отдельных дорог; брусья д. б. правильной распиловки, обзолы допускаются не более чем по 2 кантам (ребрам) у одной из узких сторон бруса размером $>^1/_{10}$ толщины бруса по всему протяжению. 5) *Шпалы* (см.).

К о л о т ы е м а т е р и а л ы. Сюда относятся те материалы, которые получаются из кряжей или отрезков древесных стволов путем расколки их вдоль волокон (к-рые не перерезываются, как в пиленых материалах), благодаря чему они обладают большей крепостью и упругостью, а также малой гигроскопичностью и слабым короблением. Важнейшие сортименты следующие. 1) К л е п к а б о ч а р н а я, см. *Клепка*, *Бондарные изделия* и *Бондарный завод*. 2) О б о д (дубовый). Колесный обод д. б. изготовлен из растущего дуба, древесина д. б. вязкая, здоровая, без гнили, ситовины, трухлявости, пороков и сучков; обод д. б. гнут на сердцевинную сторону, концы должны заходить один за другой не менее чем на 30 *см* (для гражданских экипажей) и 40 *см* (для военных). 3) П о л о з (дубовый) заготовляется из молодого дуба, вязкой и здоровой древесины, без гнили, ситовины и косослойности. Размеры: длина 2,5, 3 и 3,5 *м*, ширина наружная 10—12 *см*, внутренняя по узкому измерению (матке) от 8 до 10 *см*; ширина полозьев (высота) от 12 до 18 *см*. 4) Г о н т, кровельный материал, см. *Гонт* и *Гонтовая кровля*. 5) Д р а н и ц а, драпь кровельная, см. *Драничная кровля*. 6) О б р у ч и приготовляются из орешника и ивовых прутьев, а также из деревцов дуба, каштана, ясеня и черешни.

П и л е н ы е м а т е р и а л ы. Сюда относятся все те лесные материалы, которые получаются от продольной распиловки бревен или кряжей ручными продольными пилами или машинным способом на горизонтальных или вертикальных лесопильных рамах, ленточных или круглых пилах. Сортимент пиломатериалов внутреннего и внешнего рынков см. *Деловой лес*; производственную часть см. *Лесопильное дело*. Согласно недавно выработанному Моск. тов. биржей проекту технич. условий, пиломатериалы распределяются на 2 группы: а) о т б о р н ы й м а т е р и а л и б) о б ы к н о в е н н ы й; отборный делится в свою очередь на 2 сорта, а обыкновенный на 2 сорта и брак. По характеру обработки пиломатериалы толщиной от 35 *мм* и более подразделяются на ч и с т о о б р е з н ы е, с т у п ы м о б з о л о м и н е о б р е з н ы е, а материал толщиной менее 35 *мм* кроме этих видов имеет еще одно подразделение—пиломатериалы с о с т р ы м о б з о л о м. На специальные пиломатериалы для вагоностроения, машиностроения, авиастроения и т. д. существует целый ряд ведомственных технич. условий. Что же касается размеров, то они стандартизированы согласно ОСТ 93.

П р о д у к т ы с п е ц и а л ь н о й м е х а н и ч е с к о й о б р а б о т к и д е р е в а. 1) К л е е н а я ф а н е р а—см. *Фанерное производство*. 2) Я щ и ч н ы е д о щ е ч к и для упаковки яиц представляют собой еловый чистообрезной пиленый материал, предназначенный для ящиков, вмещающих 1 440 шт. яиц, и полуящиков, вмещающих

по 720 шт. яиц. Комплект ящичных дощечек состоит: а) из 2 дощечек для головок (торцов) и 2 дощечек для поперечных перегородок, б) 4 дощечек для боков, в) 6 дощечек для крышки и дна и г) 4 брусков (для скрепления углов); размеры: для головок и поперечных перегородок—53,5 и 56 *см* по длине, 23,5 и 24,5 *см* по ширине и от 22 до 25 *мм* по толщине; для боков соответственно—183 и 187 *см* по длине, 10,5 и 11,5 *см* по ширине и 10 *мм* по толщине; для крышки и дна 183 и 187 × 16,5 и 18 × 10 *см*; для брусков 23,5 и 24,5 × 22÷25 *мм* (в сечении). Различают 2 сорта. 3) О с и н о в а я к л е п к а (для бочек под керосин, минеральные и растительные масла)—см. *Клепка*.

Лит.: Н е с т е р о в Н. С., Дерево как строит. и поделочный материал, Товароведение, под ред. П. П е т р о в а и Ф. Ц е р е в и т и н о в а, т. 2, М.—Л., 1926; А р н о л ь д Ф. К., Русский лес, т. 2, ч. 2, СПБ, 1899; Р е й н б е р г С. А., Внешняя торговля лесом, М., 1928; Лесоторговый справочник, М., 1929; Сборник технич. условий НКПС, М., 1929; Лесные материалы (круглые, хвойных пород) и дрова (разных пород), ОСТ 608—610 и 611—615; Hufnagl L., Handb. d. kaufmännischen Holzverwertung u. d. Holzhandels, 9 Aufl., B., 1922; L i p p m a n n R., Holztechnische Bibliothek, 2 Aufl., B. 1, Jena, 1924; G a y e r S., Die Holzarten u. ihre Verwendung in d. Technik, 3 Aufl., Lpz., 1928. См. *Авиационный лес, Бондарные изделия, Деловой лес, Древесина балансовая, Клепка* и *Лесопильное дело*.

М. Гитлер.

ЛЕСНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, отрасль промышленности, направленная как на добычу лесного сырья (заготовка леса), транспортировку его к местам потребления и предприятиям, так и на механич. и химич. обработку и переработку его (химич. переработку впрочем обычно рассматривают как самостоятельную отрасль промышленности).

В системе народного хозяйства Союза ССР Л. п. играет весьма крупную роль. Лесные материалы как один из основных видов строительных материалов непосредственно идут на нужды капитального строительства и следовательно играют немаловажную роль в деле индустриализации страны. Так, из общей массы рыночной пилопродукции, предназначенной к реализации в 1929/30 г. на внутреннем рынке в количестве 13,8 млн. $м^3$, ок. 43% приходится на строительство (промышленное, транспортное и т. д.). Далее, лес является одним из самых крупных объектов нашего экспорта и следовательно представляет весьма мощное орудие вовлечения иностранной валюты в наш хозяйственный оборот. Удельный вес лесоэкспорта во всем нашем промышленном экспорте в 1928/29 году составлял 26% против 23% в 1927/28 году. Наконец лесные материалы и изделия из них представляют собой предмет самого широкого массового потребления, что дает возможность нашей государственной Л. п. стать крупнейшим фактором в деле вовлечения в обобществленный сектор народного хозяйства значительных средств из частнохозяйственного сектора. Так, даже в 1929/30 г., несмотря на ограничения снабжения широкого рынка в силу дефицитности пиломатериалов, все же широкий рынок поглотит не менее 20% общего количества рыночной пилопродукции. Место, занимаемое Л. п. СССР среди других отраслей нашей тяжелой индустрии (группы А), м. б. охарактеризовано основными показателями, приведенными в табл. 1.

В отношении валовой и товарной продукции Л. п. в 1929/30 г. занимает второе место (первое принадлежит металлопромышленности во всех ее видах), а по количеству рабочих—первое место. Необходимо впрочем иметь в виду, что в указанное количество занятых в Л. п. рабочих включены также и сезонные рабочие, работающие на лесозаготовках, вывозке и сплаве, что в переводе на количество занятых в течение целого года дает ок. 40% от действительно занятых рабочих в течение лесозаготовительного сезона. Точно также 1-е место занимает Л. п. во всем нашем промышленном экспорте, между тем как по средствам, вложенным в капитальное строительство, Л. п. даже в 1929/30 г. занимает только 6-е место, несмотря на значительные увеличения капиталовложений по сравнению с предыдущими годами. Это тем более должно быть отмечено, что Л. п. до сих пор продолжает оставаться одной из самых отсталых в техническом отношении отраслей нашего народн. хозяйства. Довоенная Л. п., и даже наиболее индустриализированная ее часть—лесопильная промышленность,—крайне медленно преодолевает тот мелкий полукустарный характер, с которого она начала свое развитие в довоенной России. В табл. 2 приведены данные, характеризующие динамику развития лесопильной промышленности в 50 губерниях б. Европейской России (без Финляндии, Польши и Кавказа).

Крупнейшими лесопромышленными центрами до 1914 г. у нас были: Прибалтийско-приозерный край (б. губернии Петербургская, Новгородская, Псковская, Олонецкая, Эстляндская, Лифляндская и Курляндская) и Северный край (б. Архангельская и б. Вологодская губ.).

За время империалистической, и особенно гражданской, войны Л. п. пришла в полный упадок. Экспорт лесных материалов прекратился. Сильно сократилось и внутреннее их потребление. С другой стороны, быстро возросла потребность в древесном топливе за счет сокращения выработки минерального топлива. Все это привело к тому, что в годы войны и разрухи (1914—20) Л. п. фактически превратилась в дровозаготовительную

Табл. 1.—Основные показатели лесной промышленности СССР.

Показатели	Абсолютные цифры			В % ко всей тяжелой индустрии		
	1927/28 г.	1928/29 г.	1929/30 г.	1927/28 г.	1928/29 г.	1929/30 г.
Валовая продукция в млн. р.	640,9	928,3	1698,0	13,8	15,4	19,9
Товарная продукция в млн. р.	436,2	586,5	1121,1	11,9	12,8	17,9
Количество рабочих в тыс. чел.	288,6	411,3	664,3	23,8	28,9	37,3
Капиталовложения в млн. р.	46,9	66,0	200,0	4,9	5,5	7,9

Табл. 2.—Развитие лесопильной промышленности в 50 губ. б. Европ. России.

Показатели	1864 г.	1884 г.	1890 г.	1895 г.	1902 г.	1908 г.	1913 г.
Количество лесопильных з-дов	270	438	501	598	908	1 272	1 351
Колич. занятых в них рабочих	3 860	13 208	15 356	21 661	41 404	61 018	71 785
Производство в тыс. руб.	4 044,4	13 874,0	19 325,0	42 011,5	74 887,8	107 075,5	142 851,1
Колич. рабочих на 1 предприятии . . .	14,0	30,0	30,6	36,2	45,6	48,0	53,0
Стоимость производства на 1 предприятие в тыс. руб.	15,0	31,7	38,5	70,25	85,25	84,0	105,6

промышленность, и только с 1922/23 операционного года начинается постепенное восстановление Л. п. Организационно этот восстановительный период в Л. п. нашел свое выражение в постепенном переходе от централистского управления Л. п. (Главлеском и его местные органы) к созданию целого ряда отдельных лесных трестов республиканского и местного значения. Характеристика лесопильного производства трестированной Л. п. в годы, непосредственно предшествовавшие нашему пятилетнему плану, представлена в табл. 3.

Табл. 3.—Характеристика лесопильного производства трестированной лесной промышленности.

Показатели	1922/23 г.	1923/24 г.	1924/25 г.	1925/26 г.	1926/27 г.	1927/28 г.
Колич. действующих лесопильных заводов	327	362	294	332	339	399
Среднее число рам на действующих заводах . .	2,1	2,1	2,4	2,4	2,5	2,5
Продукция в тыс. $м^3$	2 996	3 830	4 776	5 946	7 470	8 662
Среднегодовое колич. рабочих .	36 000	36 763	34 231	38 960	48 627	49 915

Приведенные данные показывают, что при значительном росте из года в год продукции пиленых материалов и сравнительно медленном возрастании количества занятых в Л. п. рабочих количество предприятий остается почти стабильным, что свидетельствует о постепенной концентрации работ на лучших, более крупных предприятиях. Это находит свое отражение и в количестве лесопильных рам, падающих на одно предприятие. Наряду с лесопильным делом довольно быстро развиваются также и другие отрасли деревообрабатывающей промышленности. Обращает на себя внимание довольно быстрый рост производства фанеры, что можно усмотреть из следующих данных (в $м^3$):

Годы	Продукция	Годы	Продукция
1922/23	21 484	1925/26	90 100
1923/24	49 877	1926/27	122 600
1924/25	69 615	1927/28	168 000

Постепенно развиваются также и другие виды деревообрабатывающих производств: *катушечно-челночное производство* (см.), колодочное (см. *Колодка*), бондарно-клепочное (см. *Бондарный завод* и *Клепка*), мебельно-столярн. производство (см. *Мебель*, *Столярное дело* и *Гнутие дерева*), *фанерное производство* (см.), паркетное (см. *Паркет*), производство спичечной соломки (см. *Спичечное производство*), *колесное производство* (см.), производство стружки древесной и *щепного товара* (см.). В общей системе развития народного хозяйства в Советском Союзе производство лесных материалов однако заметно отстает от друг. отраслей промышленности и далеко не поспевает за ростом строительства, с которым оно непосредственно связано. Отсюда—хроническая, из года в год углубляющаяся дефицитность на рынке лесных материалов в последние годы. Так, если в 1927/28 году дефицит в пиломатериалах по всему Союзу выразился в цифре 1,6 млн. $м^3$, или 16,1% от годовой потребности, то в 1928/29 году дефицит достигает уже 3,3 млн. $м^3$, или же 25%. Еще хуже обстоит дело в 1929/30 году, когда в связи с усилением темпов всех видов строительства по сравнению с предположениями пятилетнего плана потребность страны в пиломатериалах достигла огромной цифры—ок. 23,5 млн. $м^3$ (рост на 62% против предыдущего года).

Серьезнейшим препятствием на пути развития нашей Л. п. служило то своеобразное организационное положение, в котором она находилась до самого последнего времени. Лесная пром-сть оказалась распыленной между различными ведомствами и организациями, что сильно затрудняло возможность планомерного ее регулирования в соответствии с интересами производства и широкого массового потребления. Так например, потребность в пиломатериалах в 1928/29 году удовлетворялась трестированной Л. п., подведомственной ВСНХ, только в размере 65% от общей массы реализованной пилопродукции. Остальные 35% выпускались другими многочисленными лесопроизводителями различной ведомственности и подчиненности (лесзаги Наркомзема, органы НКПС, лесная кооперация, многочисленные самозаготовители и т. д.). Еще хуже дело обстояло с круглым лесом, в реализации к-рого удельный вес трестированной Л. п. в 1928/29 г. не превышал 28%. В настоящее время в результате районирования Л. п. (постановление СНК РСФСР от 24/VII 1929 г.) положение в этом отношении заметно улучшилось. Основными заготовителями остались только лесотресты ВСНХ, Наркомзем и частично НКПС, причем лесотресты подверглись значительному укрупнению, и общее их количество заметно сократилось. Указанным выше правительственным постановлением был разрешен и другой больной для Л. п. вопрос, долгое время служивший помехой на пути ее индустриализации. Л. п. получила наконец твер-

дую сырьевую базу путем приписки за ней в долгосрочное пользование (60 лет) лесов промышленного значения и организации в составе лесотрестов индустриальн. лесопромышленных хозяйств («леспромхозов»), к-рые должны собою заменить старые лесничества. Все эти мероприятия, как и целый ряд других правительственных мероприятий, нашедших свое отражение в постановлениях СТО 27/VIII 1929 г., Экосо 23/IX 1929 г. и СНК РСФСР 25/II 1930 г. на основе решения 2-й сессии ВЦИК XIV созыва, создали благоприятную почву для индустриализации Л. п. и переустройства ее на новой, более высокой, технич. базе. Последний вариант пятилетнего плана трестированной Л. п., разработанный на основе вышеуказанного постановления СТО 27/VIII 1929 г., по основным показателям дает следующую динамич. картину ее развития за пятилетие (табл. 4).

Табл. 4.—Пятилетний план трестированной лесной промышленности.

Показатели	1928/29 г.	1929/30 г.	1930/31 г.	1931/32 г.	1932/33 г.	В % к 1927/28 г.
Валовая продукция в млн. р. (по ценам 1926/27 г.).	928,3	1 698,0	2 382,4	3 176,3	3 996,3	621,3
Товарная продукция в млн. р. (по оптовым ценам соответств. года) .	586,5	1 121,1	1 416,9	1 698,2	1 948,9	447,2
Себестоимость в % к 1927/28 г.	96	84	75	67,5	61	100
Количество рабочих в основных заведениях в тыс. чел.	85,9	106,3	129,4	148,6	161,8	229
Число рабочих на лесозаготовках в тыс. чел.	725	1 297	1 402	1 459	1 331	280
Число предприятий	575	613	648	692	730	144,2
В том числе лесопильных	404	496	516	518	511	129

При этом необходимо иметь в виду, что и самый характер выпускаемой Л. п. продукции постоянно изменяется. Л. п. перестает быть преимущественно заготовительно-лесопильной, какой она была в довоенной России и какой продолжала оставаться почти до наших дней, а постепенно начинает переходить на высшие формы фабрично-заводской деревообработки путем комбинирования лесопиления с другими видами механич. и химич. переработки древесины. Это комбинирование в Л. п. может производиться частью за счет концентрации в одном комбинате предприятий, перерабатывающих различные виды сырья, имеющегося в тяготеющем в нему лесном массиве (горизонтальное комбинирование), частью за счет развертывания вокруг основного лесопильного предприятия целого ряда цехов, объединенных последовательными фазами производственного процесса (вертикальное комбинирование). В таком именно направлении идет в настоящее время строительство новых предприятий в Л. п. Прежний мелкий полукустарный характер Л. п. с ее примитивными формами производственного процесса постепенно отживает. Вырастает новая, советская Л. п., индустриализированная по последнему слову заграничной техники.

Лит.: Лес, его изучение и использование, Лесной сборник, Ленинград, 1928; Гитлер М. Г., Лесная и деревообрабатывающая промышленность, Лесоторговый справочник, М., 1929; «Труды Торгово-производственного совещания по лесной промышленности», Ленинград, 1930.

М. Лившиц.

ЛЕСНОЕ ТОВАРОВЕДЕНИЕ, учение о лесных товарах, описание примитивных фабрикатов, вырабатываемых из древесины кустарным или фабричным способом, вручную или машинами. В таком описании приводятся названия и потребительное значение лесного товара, определяется потребное для изготовления его сырье, перечисляются районы и разные способы выделки товаров, указываются рынки, различия в сортах и продажные цены и рассматриваются браки и дефекты этих товаров. Таким образом практической проблемой Л. т. служит разрешение вопроса о самом наивыгодном использовании древесины при деревообработке. Большое разнообразие лесных товаров разбивает Л. т. на незначительное число крупных групп по способу приготовления фабриката; эти группы подразделяются в свою очередь на разновидности и далее делятся на отдельные сортименты по кубатуре, размерам или сортам. См. *Ванчес, Гонт, Деловой лес, Дрань, Клепка, Леса сорта.*

Лит.: Арнольд Ф. К., Русский лес, т. 2, Петербург, 1899; Нестеров Н. С., Дерево как строительный и поделочный материал, Товароведение, под редакцией П. Петрова и Ф. Церевитинова, том 2, Москва—Ленинград, 1926; Стандарт экспортных лесоматериалов, Правила и обычаи браковки экспортных лесных товаров, Москва, 1926; Gayer K. u. Fabricius L., Forstbenutzung, 12 Auflage, Berlin, 1921.

Л. Линде.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО, организованная, планомерная и систематизированная деятельность человека, приложенная к лесу и направленная к наивыгоднейшему и постоянному пользованию им. Из этого определения вытекают и те цели, которые Л. х. себе ставит, а именно: постоянство пользования, удовлетворение потребностей в древесине всех отраслей народного хозяйства и местного населения, полное и неистощительное извлечение всех видов полезностей от леса в связи с поддержанием и поднятием производительности лесных почв. Так. обр. прямым практич. назначением леса является производство древесины и побочным—пользование разнообразными продуктами, попутно встречающимися в лесу.

Элементами, из которых слагается Л. х., служат: 1) факторы производства—природа, труд и капитал, 2) форма Л. х., 3) спелость леса и оборот его рубки, 4) идея нормального леса и наконец 5) метод учета леса. Среди факторов производства особенное значение получает изучение древесного прироста, так как им определяется лесохозяйственное производство. Не меньшая роль в Л. х. отводится труду и воле человека,

так как они являются созидателями и главнейшими деятелями в описываемой отрасли. Далее, в Л. х., как и в других отраслях производства, природные факторы подвергаются воздействию труда только при помощи особых средств производства, вводимых в Л. х. лишь при наличии капитала. К таким средствам производства относятся как простейшие орудия для лесозаготовок, возобновления леса и воспитания его, так и более сложные приспособления, сооружения и машины для механизации производства и транспорта леса и для простейшей переработки его на месте. Характерное отличие Л. х. от других видов добывающей промышленности заключается в том, что в Л. х. в процессе пользования лесом содержится и момент его созидания. Другим отличительным признаком Л. х. служит большой период времени между заложением насаждения и его жатвой: 40—100 лет и более. Этот длящийся характер Л. х. вносит в него значительные осложнения и вызывает необходимость в создании таких планов хозяйств, которые базировались бы на достаточно широких и упругих расчетах, отвечающих меняющимся условиям времени и развитию самого Л. х. От сельского хозяйства, ближайшего к лесному, последнее отличается тем, что в нем обработка и удобрение почвы, как правило, отсутствуют; другим отличием Л. х. от земледелия служит отношение леса к качеству почвы, т. к. в лесу по причине глубокого укоренения деревьев приобретает значение не только состав почвы, но и грунт вместе с глубиной залегания грунтовых вод; наконец в Л. х. размер урожая не находится в такой сильной зависимости от погоды, как в полеводстве.

Формы Л. х. различаются по экономич. и технич. признакам и по происхождению. Экономич. формы определяются размером хозяйства и родом пользования; по техническим признакам формы хозяйства разделяются на л е с о с е ч н ы е и в ы б о р о ч н ы е, а по происхождению различия в форме хозяйства обусловливаются оборотом рубки и родом л е с о в о з о б н о в л е н и я. Одним из основных принципов лесного х-ва является обязательность постоянства пользования, обязательность восстановления использованной древесины, что приводит к цикличности всякого Л. х. Необходимым следствием отсюда является понятие об обороте рубки, под которым принято понимать тот период времени, в течение к-рого рубка обходит все хозяйственное целое и по возвращении к началу находит опять пригодный для пользования спелый лес. Оборот рубки м. б. устанавливаем по л е с н о й р е н т е, по п о ч в е н н о й р е н т е, по к о л и ч е с т в е н н о й с п е л о с т и и пр. В выборочном хозяйстве, кроме понятия оборота рубки, имеет значение новое понятие о б о р о т а х о з я й с т в а. Оборот хозяйства является тем периодом времени, в течение которого деревья низшего из годных к сбыту размера нормально достигают размеров, дающих наивысшую качественную цифру.

Объектом Л. х. служит лес. Лес представляет растительное сообщество древесных и кустарниковых пород, имеющих хозяйственное, защитное или эстетич. значение: хозяйственное—в смысле извлечения из леса строевой и поделочной древесины, топлива и сырья для механич. и химич. переработки и защитное—как средство против обмеления рек, образования сыпучих песков, оврагов и т. д. Лес как объект эксплоатации представляется состоящим из насаждений, т. е. участков, однородных в самих себе, но отличных от других. Классификация насаждений прежде и больше всего основана на составе и господстве пород, затем на происхождении от способа рубки и на различиях по условиям местопроизрастания. Эта классификация приводит к изучению биологии типов насаждений, в основу которого д. б. положены: а) внутренние экономич. свойства древесных пород, б) географическая среда: климат, грунт, рельеф, почва, в) биосоциальные отношения между растениями, образующими лесное сообщество, и ими и фауной, г) историко-геологические причины, наконец д) вмешательство человека. Позднейшее развитие идеи классификации насаждений привело к углублению этой идеи, выразившемуся в установлении понятия типа леса. Под типом леса условлено понимать совокупность насаждений, объединенных однородными условиями местопроизрастания и одинаковыми биологическими, а следовательно и лесоводственными, лесотаксационными и лесотехнич. свойствами. Типы леса в хозяйственно-практич. целях м. б. соединяемы в хозяйственные группы в зависимости от условий экономич. обстановки в текущий момент.

Весьма заметное истощение лесов на земном шаре вызвало заботу о постоянстве пользования лесом. Если раньше во имя культуры боролись с лесом, то теперь, наоборот, во имя той же культуры изучают все способы и приемы для дешевого и быстрого восстановления леса на вырубках. В виду дороговизны искусственного разведения леса жизнью поставлена Л. х. в первую очередь задача изучения способов и приемов естественного возобновления леса. Естественным путем лес может возникать от семян самосевом (для всех пород) и порослью от пней или корней (только лиственный), причем получаемая при последнем способе древесина по своим технич. свойствам стоит ниже семенной. Успех того или иного способа естественного возобновления находится в зависимости от многих обстоятельств, очень редко поддающихся заблаговременному учитыванию и предусмотрению. Естественное возобновление м. б. или последующее, наступающее после сводки леса, или предварительное, когда оно происходит еще до срубки леса. Первое имеет место при сплошной рубке леса с лесосеки, второе—при выборке с участка части насаждения. В первом случае лес восстанавливается естественно от налета семян или со стороны рядом стоящего леса или с оставляемых на лесосеке семенников, во втором—от налета с нетронутой части насаждения. Вагнер дает классификацию форм Л. х. с естественным возобновлением, причем в основание классификации им положены ф о р м а л е с о с е к и и с п о с о б р у б к и:

I. 1) Сплошно-крупнолесосечная форма,
2) Сплошно-полоснолесосечная форма,
3) Сплошно-каемчатолесосечная форма.
II. 4) Семенно-крупнолесосечная форма,
5) Семенно-полоснолесосечная форма,
6) Семенно-каемчатолесосечная форма.
III. 7) Выборочно-крупнолесосечная форма,
8) Выборочно-полоснолесосечная форма,
9) Выборочно-каемчатолесосечная форма.

Оставлением вырубленных лесных площадей под естественное зарощение лесом не всегда достигаются желаемые результаты: в одних случаях происходит невыгодная для хозяйства смена пород ценных малоценными, в других—восстановление леса хотя бы и желательными породами осуществляется с значительным запозданием, в третьих—наступает неполное по площади облесение. Во избежание этих дефектов естественного возобновления, Л. х. прибегает к восстановлению леса искусственным путем: посевом или посадкой. Тот и другой способы имеют свои преимущества и свои недостатки. Успешность каждого из них зависит: а) от удачного выбора пород, отвечающих климатич. и почвенно-грунтовым условиям; б) от применения соответствующих тем же естественно-историч. условиям методов посадки или посева; в) от удачного выбора времени совершения этих операций; г) от охраны всходов и посадок от неблагоприятных влияний; д) от своевременного ухода за молодыми культурами.

Для получения из естественных или искусственных насаждений леса древесины желаемых технич. качеств за лесом во все периоды его жизни производится уход. Этот уход начинается уже в ранней юности и состоит в уничтожении конкурирующей с древесными растениями травянистой растительности путем ее полки, а также в разрыхлении почвы. Дальнейшие мероприятия по уходу за лесом имеют целью способствовать лучшему развитию насаждения, с тем чтобы последнее производило возможно большее количество наилучших качеств древесины. Уход за лесом может вызываться также какими-либо повреждениями его или производиться с целью предупредить повреждения и тем уменьшить вред от различных неблагоприятных на лес влияний. В зависимости от возраста, состава и характера насаждений производимые в них меры ухода получают различные названия: п р о ч и с т к и направлены на обеспечение господства главных пород; п р о р е ж и в а н и е в насаждениях второго класса возраста имеет целью способствовать лучшему сформированию стволов; последующий уход за насаждениями для содействия приросту оставляемых на корню деревьев и концентрации такового на наилучших стволах называется п р о х о д н о й р у б к о й, или р у б к о й с в е т о в о г о п р и р о с т а. К мерам же ухода относятся уборка перестойных и семенных деревьев, когда те или другие выполнили уже свое назначение, уборка сухостоя и валежа, обрезка сучьев с целью получения хорошо очищенных от сучьев стволов и вырубка подлеска как подготовка почвы под естественное возобновление перед рубкой или как один из видов промежуточного пользования. Перечисленные выше меры ухода за насаждениями, помимо прямой своей цели—улучшения насаждений, представляют в хозяйственной жизни леса первые по времени лесоэксплоатационные операции, именующиеся п р о м е ж у т о ч н ы м п о л ь з о в а н и е м. По достижении главной породой насаждения возраста спелости для леса наступает момент г л а в н о г о п о л ь з о в а н и я, заключающегося в извлечении из леса древесины требуемого рынком качества.

Л. х. представляет огромное разнообразие форм по экономич., естественно-историч. и технич. признакам. В зависимости от относительного размера главного пользования различают хозяйства периодические и непрерывные. Происхождение леса в хозяйстве является основанием для подразделения форм хозяйства на высокоствольную и низкоствольную. Под первой формой Л. х. подразумевается выращивание леса от семян, а под второй—от корневой или пневой поросли. Способ рубки леса существенно отражается не только на внешности насаждения, но и на форме самого хозяйства. При вырубке леса с лесосеки в один прием начисто образуется сплошно-лесосечная форма хозяйства, а двукратная рубка уже дает выборочную форму. Выборочная форма хозяйства в свою очередь в зависимости от размера эксплоатируемых деревьев подразделяется на мелковыборочную и крупновыборочную формы хозяйства. Промежуточным между двумя последними формами является среднее хозяйство. Особыми видами низкоствольного хозяйства служат безвершинное и подсечное хозяйство. Оба эти вида вызваны технич. или естественно-историческими условиями. Экономическое значение перечисленных главнейших форм Л. х., как видно из предыдущего, заключается в степени осуществления идеи постоянства наибольшего пользования древесиной при наименьших затратах.

Суждение о том, насколько в данном Л. х. достигаемые результаты соответствуют поставленным целям и насколько пользование согласуется с восстановлением и улучшением основных факторов производства, выводится из учета лесного х-ва, т. е. его интенсивности, производительности, доходности и баланса. Степень интенсивности хозяйства измеряется суммой всех вложенных в него капиталов и итога всей примененной в нем работы в течение одного определенного хозяйственного цикла. Производительность и доходность Л. х. являются результатом природных условий, состояния леса, экономич. обстановки, плана организации хозяйства и его выполнения. Одни из этих факторов представляют неизменные и постоянные данные (как природные условия), другие—постоянно изменяющиеся (как экономич. обстановка). Наконец состояние леса, организация хозяйства и его ведение зависят исключительно от использования представляющихся возможностей. В целях полного анализа Л. х. и в видах своевременного принятия мер для поднятия степени интенсивности учет Л. х. завершается балансом, заключающимся в инвентаризации и оценке имущества и наличии записей о передвижении ценностей в хозяйстве.

Народнохозяйственное значение Л. х. в СССР огромно как в прямом смысле (источник сырья для осуществления колоссальнейшего в мире социалистич. строительства и промышленности), так и в финансовом (источник неокладных доходов и пополнения валютного фонда Союза). Растущая из года в год потребность в лесе со стороны промышленности, экспорта и колоссального жилищного строительства открывает широкие перспективы развития Л. х. по пути вовлечения неосвоенных массивов леса в эксплоатацию посредством приближения к ним механизированного транспорта. В связи с развитием потребности в лесе неминуемо должна последовать коренная реконструкция самого Л. х. по пути его рационализации в смысле расширения и углубления планов эксплоатации в направлении сосредоточения мест рубок для осуществления механизации как рубки и разделки, так и транспорта. Начавшаяся уже реорганизация Л. х. в СССР выразилась в укрупнении хозяйственных единиц леса путем объединения нескольких однородных по естественно-историческим и экономич. условиям лесничеств в лесхозы, с единым управлением, с общим расчетом пользования и с концентрацией рубок.

Из общей на земном шаре лесной площади, исчисляемой в 3 млрд. *га*, на долю СССР приходится лесной площади 618 млн. *га* (20,5% мировой площади лесов), в том числе покрытой лесом 574 млн. *га*, т. е. СССР является одним из крупнейших обладателей леса. Леса СССР по роду пользования распределяются на леса собственно государственные, т. е. находящиеся в исключительном заведывании казны, площадью в 581 млн. *га*, леса особого назначения, т. е. переданные для эксплоатации разным учреждениям, площадью в 11 млн. *га*, и леса местного значения—26 млн. *га*. Распределение по отдельным республикам лесной площади (617,44 млн. *га*) приведено в табл. 1.

Табл. 1.—Распределение лесной площади СССР (в млн. *га*).

Республики	Госуд.	Особ. назначения	Местного значения	Всего лесной площ.
РСФСР (с авт. респ.)	567,35	11,13	24,68	603,16
Белоруссия	2,25	0,09	0,42	2,76
Украина (с Молдав.)	2,34	0,08	0,89	3,31
Закавказская СФСР	3,29	0,01	0,04	3,34
Туркменская ССР .	2,80	—	—	2,80
Узбекская » .	1,02	—	—	1,02
Таджикская » .	1,05	—	—	1,05
Итого . . .	580,10	11,31	26,03	617,44

Для характеристики районов в отношении господствующих пород приводится для РСФСР (без автономных республик) таблица распределения покрытой лесом площади (332 805 260 *га*) по породам (табл. 2).

Для всего Союза распределение по породам представляется в следующем виде: хвойных пород 52%, лиственных 16% и с невыясненным распределением 32%. Общий отпуск древесины по массе из лесов Союза достигает в год кубатуры в 169 млн. *м*³, что в среднем дает по 0,5 *м*³ с *га* покрытой лесом площади. В виду неполноты сбыта леса

Табл. 2.—Распределение господствующих пород леса в РСФСР.

Районы РСФСР	Хвойные насаждения		Лиственн. насаждения	
	га	%	*га*	%
Северо-восточный	50 123 134	90	5 908 372	10
Ленинградская обл. . . .	8 451 120	78	2 349 679	22
Западный	849 010	46	1 014 818	54
Центр.-пром.	6 335 029	50	6 166 463	50
Центр.-черноземн. обл. .	149 162	25	1 073 201	75
Вятский	4 631 558	76	1 468 864	24
Уральская обл.	25 113 352	75	8 139 130	25
Ср.-Волжский	435 285	22	2 199 954	78
Нижне-Волжский	102 708	10	963 345	90
Сев.-Кавказский	342 092	13	2 294 930	87
Сибирский	111 017 202	83	22 489 276	17
Дальне-Вост. край . . .	56 655 334	69	14 532 242	31
Итого	264 204 986	80	68 600 274	20

из эксплоатируемой части лесов Союза и невовлечения большей части лесов его в эксплоатацию по экономич. и транспортным условиям показанный выше объем отпуска древесины составляет лишь ничтожную, не более как $^1/_5$, часть фактического среднего прироста всех лесов Союза. По проекту единого государственного бюджета СССР на 1929/30 г. предусматривается доход от лесов в сумме 450 250 000 р., что составляет ок. 10% от общей суммы неналоговых доходов (кроме доходов от кредитных операций).

Лит.: Морозов Г. Ф., Учение о лесе, 4 изд., М.—Л., 1928; Турский М. К., Лесоводство, 5 изд., М.—Л., 1929; Орлов М. М., Лесоустройство, т. 1—3, Л., 1927—28. **Л. Линде.**

Как пример Л. х. дается план эксплоатации Лозинской лесной дачи, Лозино-Чутырского леспромхоза Вотской области (по данным проекта, составленного Всесоюзным научно-исследовательским институтом древесины в 1929 г.).

В состав Лозино-Чутырского леспромхоза Вотской области входит одна Лозинская дача, состоящая из трех отдельных урочищ, разделенных между собой сравнительно узкими полосами крестьянских земель. Общая площадь дачи составляет 71 851 *га*, распределяющихся следующим образом (в *га*):

Насаждений	69 769,3
Необлесившихся площадей	892,0
Прогалин	78,9
Всего удобной лесной . . .	70 740,2
Дорог и просек	475,0
Неудобных земель, вод и пр.	635,8
Всего в даче	71 851,0

С. Якшур-Бодья—центр административного района лесной дачи, почта и телефон с г. Ижевском. Ближайшая жел.-дорожная станция (в 6 *км* от границ дачи)—Узгинка, расположенная по узкоколейному пути в 47 *км* от Ижевска. Через территорию дачи проходит гужевой тракт Ижевск—Глазов и (на протяжении 120 *км*) сплавная река Лоза (бассейна реки Вятки) с несплавными притоками Прич и Нязь. Поверхность дачи волнистая, изрезанная долинами, с рядом высоких холмов, достигающих высоты до 150 *м*. Климат континентальный—с жарким летом и холодной зимой. Количество осадков около 430 *мм* в год при максимуме в июне, июле и августе (150 *мм*). Почва—почти одинаковая на всей площади—подзол с кислой реакцией. Плотность населения по уезду, в котором расположена дача, составляет 19 чел. на 1 *км*², причем на 1 чел. в среднем приходится 2,97 *га* лесной площади. В ближайшем районе дачи числится всего 8 904 чел. рабочего возраста и 4 861 лошадь. Если считать, что в среднем производительность одного рабочего в день равна 3 *м*³ заготовляемой древесины и что в работе (с 1 окт. по 1 марта) примет участие только 20% учтенных рабочих, т. е. 1 780 чел., то и в таком случае вся лесосека, установленная планом хозяйства, м. б. полностью заготовлена. Равным образом следует считать обеспеченной и вывозку заготовленного леса (при среднем расстоянии возки до 4 *км*) наличным конским составом.

За последнее пятилетие (1923/24—1927/28 гг.) весь отпуск леса составил: растущего 348 224,4 *м*³ и мертвого—252 601,5 *м*³, всего на сумму 204 708,75 руб. Сметой было назначено к отпуску за тот же период 370 766 × 5 = 1 853 830 *м*³. Т. о. действительный

отпуск для растущего леса едва достиг 18,7% сметы, а мертвый лес использовался еще в меньшей степени, что объясняется крайней недостаточностью в даче путей сообщения (река Лоза в современном состоянии поднимает не более 10 000 $м^3$) и невозможностью поэтому рентабельно подать лес на более отдаленные рынки без значительных капитальных вложений на дорожное строительство. В связи с приписной Лозино-Чутырского лесничества к Ижевским заводам возник вопрос о наиболее полном использовании его лесных запасов и выяснении тех технич. мероприятий, которые сделают экономически возможной доставку этих запасов к месту потребления. Как это указано ранее, удобная лесная площадь Лозинской дачи определяется в 70 740 *га*, из к-рых под елью 70 057 *га*, под сосной 151, липой 77, березой 410 и осиной 45 *га*. Т. к. площадь всех, кроме ели, насаждений весьма незначительна (всего 0,98%) и разбросана, а насаждения ели, хотя и нескольких типов (ельник-липняк, ельник-кисличник и др.), по своей производительности, ходу роста и выходу из них сортиментов почти идентичны, то в даче устанавливается одно только хозяйство на ель. По возрастам лесопокрытая площадь распределяется т. о., что насаждения I и II класса занимают 2 982,6 *га*, III—1 305,9 *га*, IV—1 211,8 *га*, V—3 460,6 *га* и VI и выше (старше 100 лет)—60 808,4 *га*, а всего 69 769,3 *га*, при среднем возрасте всех насаждений на всей территории в 116 лет.

При устройстве дачи в 1915 г. оборот рубки был установлен в 100 лет. Принимая во внимание, что начиная с VI класса возраста чрезвычайно понижается ветроустойчивость ели и повышается ее фаутность, что выходы деловой древесины от общего запаса составляют в V классе—57%, VI—49% и VII—55% и что наконец размеры среднего диаметра (32—34 *см*) и средней высоты (25—26 *м*) столетних насаждений удовлетворяют предъявляемым хозяйству требованиям, оборот рубки оставлен в 100 лет. Размер главного пользования, исходя из этого оборота и возрастного состава насаждений, определяется: нормальный—в 696 *га* и по возрасту—1,633 *га*. Предъявляемая к даче ежегодная потребность з-дов определяется в 500 000 $м^3$. Так как средний запас на *га* определен для растущего леса в 247 $м^3$ и мертвого—18 $м^3$, всего 265 $м^3$, то следовательно указанная потребная древесина м. б. получена с площади 500 000 : 265 = 1 811 *га*, т. е. большей, чем возрастная лесосека. Принимая во внимание, что в даче имеются в наличии большие накопления спелых насаждений и запасов, на первое десятилетие предположено установить лесосеку среднюю между возрастной и по потребности, с округлением 1 700 *га* с запасом 450 000 $м^3$, из к-рых половина будет вырубаться сплошной рубкой на площади 850 *га*, а остальные 225 000 $м^3$, в целях улучшения санитарного состояния насаждений, будут взяты выборочно с площади 2 450 *га* в количестве с 1 *га*: перестоя и фаута 74 $м^3$ и мертвого леса 18 $м^3$, а всего 92 $м^3$. Кроме того предполагается рубка в первом десятилетии ежегодно по 303 *га* из назначенных к передаче в запасный земельный фонд площадей, с запасом 303 × 225 = = 68 175 $м^3$, из к-рых 30 000 $м^3$ должно пойти, в дополнение к отпускам от промежуточных пользований и мертвого леса, местному населению. Т. о. ежегодный отпуск в первом десятилетии определяется округленно в 518 000 $м^3$, из которых предположено направить на Ижевские заводы 488 000 $м^3$ и местным потребителям 30 000 $м^3$. Рубки в целях концентрации их мест предположено производить квадратами по 25—28 *га*, разбросанными по данному годовому сектору, а на остальной его площади—выборочно в размере до 30% общего запаса насаждения. При этом по данным пробных вырубок с 1 *га* получится: при сплошной рубке—247,0 $м^3$ растущего и 18,0 $м^3$ мертвого леса, выборочной—74,09 $м^3$ и на земфонде—225,0 $м^3$. Т. о. запасы лесосек сплошной и выборочной рубок и земфонда должны дать полезного выхода (кроме коры и отпада)—458 880 $м^3$, из которых, по данным тех же пробных вырубок, деловых сортиментов—29%, дров—65% и коры и отпада 6%. При принятой цене за 1 $м^3$ делового крупного 1,462 р., среднего 0,947 р., мелкого 0,654 р. и дров 0,203 р. стоимость ежегодного пользования определена (по средней цене 0,463 р. за 1 $м^3$) в 212 671 р. Прочие пользования в лесах (главным образом пастьба) имеют совершенно малое значение в доходности, так как дают в среднем за пятилетие 2 060 руб.

Хозяйственные мероприятия, предположенные на ближайшее пятилетие, помимо основных работ по механизации транспорта и лесозаготовок сводятся к борьбе с вредителями из мира насекомых, противопожарным мероприятиям, проведению телефонов, искусственному лесовозобновлению на площадях, естественно не возобновившихся после повреждения их пожарами, ремонту дорог, мелиорации рек, постройке домов для лесничего, его помощников и лесной стражи и пр. с общим расходом в среднем в год 35 000 р. Т. к. обследование хода естественного возобновления в даче дало весьма благоприятные результаты, то возобновление вырубаемых площадей предположено естественное. Принимая однако во внимание, что на площадях, где будет производиться выборочная рубка, охрана всходов от пастьбы крайне затруднена, предположено пастьбу в местах рубок воспретить, предоставив под нее вырубленные и обращенные под пастбища площади, расположенные по трасе дороги. Стоимость этого мероприятия определяется в среднем в год в 31 600 р. На очистку мест рубок предположено расходовать ежегодно (850 *га* × × 22,5 + 2 450 *га* × 10,5) = 44 850 р. Административная структура Лозино-Чутырского леспромхоза кроме строительно-эксплоатационного аппарата запроектирована в следующем виде: директор и его заместитель по технической части, лесничий, два его помощника, 10 объездчиков, 33 лесника, деловод и 8 человек по бухгалтерии.

При разрешении вопроса о вовлечении в хозяйственный оборот Лозинской дачи, т. е. о способах вывозки леса к местам потребления, прежде всего необходимо решить, не представится ли возможным обойтись без капитальных вложений, использовав существующую жел.-дорожную линию Узгинка—Ижевск с подвозкой к ней леса из дачи или крестьянскими лошадьми или своим конским обозом. Для первого случая, не говоря о недостаточности наличного числа крестьянских лошадей для столь дальней возки всего предположенного отпуска, стоимость доставки 1 $м^3$ до Ижевских з-дов составит (учитывая также возможность доставки 28 000 $м^3$ сплавом) 12 р. 75 к. против стоимости доставки из других лесничеств, исчисляемой в 4 р. 65 к. Совершенно очевидно, что такой способ, вызывающий лишний расход (450 000 × 8,1) = = 3 645 000 р. в год (по современным ценам), совершенно неприемлем. Неприемлем также вариант и собственного обоза, так как он потребовал бы огромных затрат на покупку лошадей (4 482 шт. при работе в 300 дней в году) и по устройству помещений. Т. о. становятся совершенно неизбежными капитальные вложения на проведение ж. д. в центр массива с подвозкой к ней леса гужом. Подсчет показал, что и при этом способе гужевая доставка (в среднем на 13 *км*) обойдется в 6 р. 54 к. и ж.-д. доставка—3 р. 58 к., а всего 10 р. 12 к., т. е. на 5 р. 47 к. более существующей на Ижевских з-дах себестоимости подвозки. В виду этого было решено произвести сосредоточение рубок в одном месте и обслуживание каждой намеченной сплошной рубки механизированной дорогой, что дало бы возможность свести до минимума дальность гужевой возки. Для этого вся дача была разделена на 20 секторов общей площадью в среднем 3 592 *га* каждый, в к-рых назначалось в рубку сплошь (делянками квадратной формы площадью 25—28 *га*) 850 *га* и выборочно 2 450 *га*, а всего 3 300 *га*. На 21-м году рубки возвращаются в первый сектор, причем размер пользования должен быть пересчитан. Порядок секторов намечен по мере проведения, по годам, основного пути транспорта в дачу, а от него будут отходить ответвления временных путей, которые вместе со всеми механич. установками переносятся ежегодно из данного сектора в следующий. При таком методе постоянного типа ж.-д. магистрали будет строиться в первом году—11,6 *км*, во втором—6 *км*, третьем—4,90 *км* и восьмом—5,0 *км*, всего 27,5 *км* и временных дорог в первом десятилетии ~330 *км*, причем гужевая подвозка сократится в среднем до 0,25 *км* при наибольшем расстоянии до 0,5 *км*.

Кроме механизации транспорта по ж. д. (постоянного и временного типа) был проработан ряд вариантов заготовки, подачи к путям транспорта и разделки древесины, из к-рых в конечном итоге был избран следующий. Вся работа по заготовке и лесотранспорту рассчитана на 300 дней в году. Валка и раскряжовка будут производиться: 20%—пилами Компис, 20%—пилами Ринко (см. *Пилы*) и 60%—вручную постоянным кадром лесорубов. Оставление ручной заготовки, несмотря на экономичность механич. пил (Компис в особенности), объясняется недостаточностью технич. персонала, благодаря чему первое время возможны в работе перебои и недоразумения, к-рые в дальнейшем будут несомненно изжиты. Подтаска леса с мест заготовки к путям вывоза предположена воздушными самотасками и тракторами с мест сплошной рубки и выборочной—собственным гужевым обозом. Так как экономические показатели для тракторов и самотасок оказались почти одинаковыми, то первые предположено применять на более ровных участках, а вторые на пересеченных местах. Предполагается работа 6 самотасок с предельной дальностью подтаскивания в 300 *м*, которые обслужат 75% годовой сплошной лесосеки; остальные 25% будут подаваться двумя тракторами Катерпилер в 60 Hp. Временные ж.-д. пути переносятся из сектора в сектор особым механизированным поездом по типу, имею-

щемуся в США, с производительностью в сутки снятия, перевозки и укладки 335 *м*. Погрузка подвезенного леса на платформы производится паровыми кранами. Поступившие на биржу дровяные бревна разделываются на дровопильных и *дровокольных станках* (см.) в дрова или на щепальной машине на щепу. При такой организации себестоимость древесины Ижевским з-дам из лесной Лозинской дачи после ее механизации выразится в следующих суммах за *м*³: дрова 4,58 р., щепа 4,46 р. и деловой лес 5,48 р. При этом согласно сметным предположениям потребуются капитальные вложения: в первом году 3 384 тыс. р., втором 371 тыс. р., третьем 520, четвертом 137 и пятом 250 тыс. р., всего 4 662 тыс. р. Кроме того ежегодные эксплоатационные расходы при заготовке 319 500 *м*³ дровяной и 130 500 *м*³ деловой древесины составят в год (319 500 × 4,58) + (130 500 × 5,48) = = 2 178 тыс. р., а в пятилетие—10 890 тыс. р. Так как в настоящее время Ижевским заводам, заготовляющим древесину в ближайших массивах, она обходится за 1 *м*³ в виде дров 6,86 р. и делового леса 7,30 р., то следовательно на древесине из Лозинской дачи получится экономия в 966 тыс. р., а в пять лет 4 830 тысяч рублей. **К. Покалюк.**

ЛЕСОВОДСТВО, отрасль фитотехники, имеющая целью регулирование биологических процессов в лесу и направление таковых, на основе знания законов жизни леса и требований народного хозяйства, в интересах непрерывного получения в наибольшем количестве и наилучших качеств древесины для удовлетворения всевозможных потребностей в этом продукте. Лесоводство в широком смысле слова делится на ряд дисциплин: лесоведение, лесоводство, частное лесоводство и лесоохранение. Лесоведение имеет своей задачей: изучение законов жизни дерева и леса, обусловленности роста, развития деревьев и древостоев условиями внешней и фитосоциальной среды; установление закономерностей в распределении лесных сообществ; выявление лесоводственных свойств древесных пород и древостоев; установление влияния леса на занимаемую им среду и последней на лес. Лесоводство, в узком смысле слова, представляет собою учение о технике воздействия на биологич. процессы в лесу как в интересах получения с единицы площади наибольшего количества и наилучших качеств продукта—древесины, так и в интересах обеспечения непрерывности пользования путем создания наилучших условий для естествен. возобновительных процессов в лесу на основе знания законов жизни леса и лесоводственных свойств древесных пород и древостоев, его составляющих. Частное лесоводство имеет целью выработку рациональных приемов быстрейшего искусственного восстановления срубленных лесов, создания новых лесов, правильного их воспитания, а также улучшения состава и качества лесов путем введения новых сортов древесных пород, наиболее приспособленных к условиям среды и экономики данного хозяйства и подбора и выведения наиболее ценных для хозяйства рас древесных и кустарниковых пород. Лесоохранение представляет собою учение о регулировании жизни леса как биоценозы, к-рое обеспечило бы возможно лучшие гигиенические условия для его роста, развития и накопления древесины, а также предохраняло бы лес от массового размножения всевозможных вредителей из животного и растительного миров и внешних вредных воздействий, с выработкой технических приемов предохранения от различного рода повреждений и вредителей, а также мер борьбы и истребления последних.

Лит.: Морозов Г. Ф., Учение о лесе, 4 изд., М.—Л., 1928; Турский М., Лесоводство, Москва, 1892; Гейер К., Лесовозращение, СПБ, 1898; Старк Н., Лесоразведение в связи с типами, Москва, 1926; Тольский А. П., Частное лесоводство, Основы лесокультурного дела, ч. 1—2, Л., 1928—29; Гартиг Р., Болезни деревьев, перевод с нем., М., 1894; Mayr H., Waldbau auf naturgesetzlicher Grundlage, B., 1909; Bühler A., Der Waldbau nach d. wissenschaftlicher Forschung u. praktischer Erfahrung, Stuttgart, 1922; Rubner K., Die pflanzengeographischen Grundlagen d. Waldbaues, Neudamm, 1924; Fürst H., Pflanzenzucht im Walde, Berlin, 1907. **Н. Кобранов.**

ЛЕСОПИЛЬНОЕ ДЕЛО, основное производство по первичной обработке сырья в полуфабрикаты, идущие в дальнейшую обработку для нужд строительства и целого ряда производств по механической обработке дерева. Л. д. чаще всего организуется как самостоятельное производство, но встречается также в виде подсобного или вспомогательного, так называемого лесорезного цеха в предприятиях, потребляющих древесину для специальных целей в больших количествах, или в виде отдельного производства в промышленных комбинатах, объединенных общностью сырьевой базы или энергобазы, где топливом служат отбросы лесопильного производства.

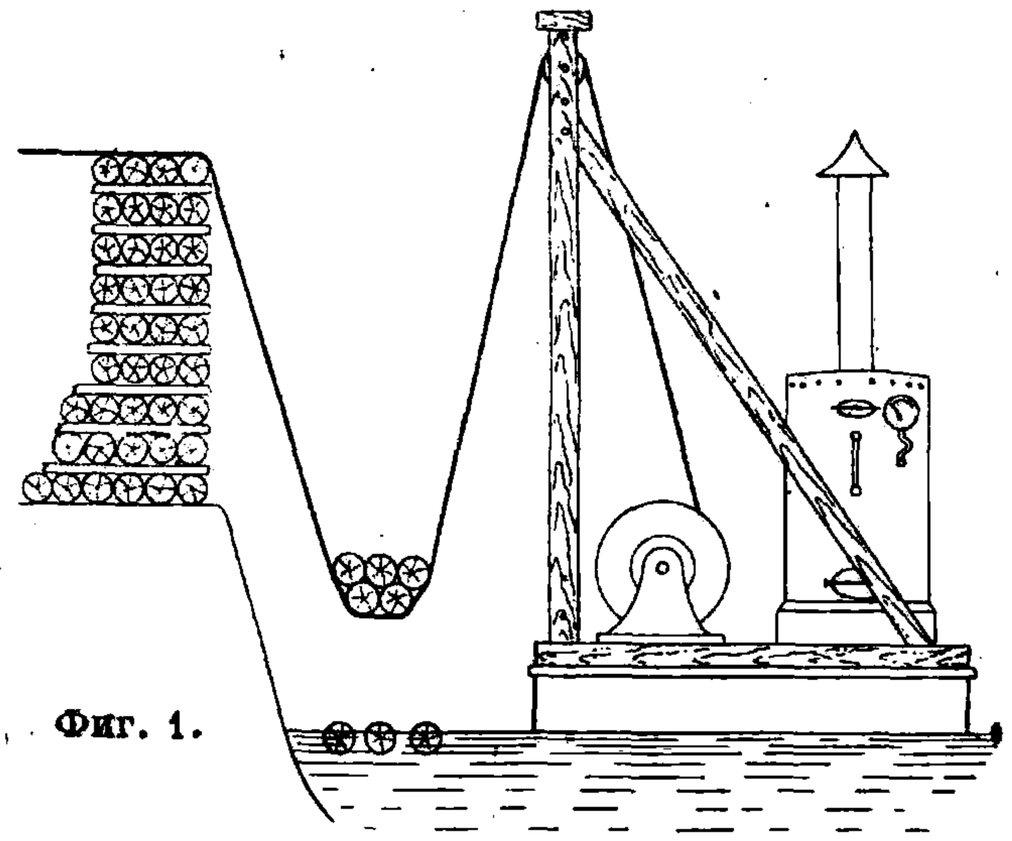
По характеру расположения лесопильные з-ды делятся на сплавные и гужевые. Сплавные лесопильные з-ды расположены на берегу какой-либо водной системы, служащей путем транспорта для доставки древесины в круглом виде непосредственно с воды, и делятся на низовые и верховые. Первые отличаются от вторых главн. образом размерами и производительностью и принадлежат к числу крупных, хорошо механизированных предприятий, имеющих крупную сырьевую базу, определяемую границами водных сплавных путей данной водной системы. Вторые же, наоборот, отличаются небольшой производительностью, так как питаются сырьем из более ограниченной базы верховьев водной системы сплавных путей и часто относятся к типу временных з-дов, что кладет свой отпечаток на схему технологич. процесса и более упрощенное механич. оборудование и устройство. Гужевые лесопильные з-ды работают на сырье, доставляемом к з-ду одним из видов сухопутн. транспорта (ж. д., канатноподвесные дороги, шоссе и грунтовые дороги). Из указанных двух основных типов лесопильных з-дов в целом ряде стран преобладают гужевые заводы, отличающиеся небольшой производительностью.

По особенностям технологич. процесса лесопильные з-ды делятся на рамные, ленточнопильные и круглопильные з-ды, в зависимости от характеристики основного оборудования. На рамных з-дах основным станком является лесопильная рама вертикального или горизонтального типа. Рамные з-ды строятся гл. обр. в З. Европе и в СССР, что находит объяснение в характере распиловки и размерах древесного сырья. Древесное сырье в З. Европе и в СССР в общем не отличается крупными размерами, почему и распиливается «блоками» или в развалку при помощи пакета пил, закрепленных в определенном порядке в т. н. постав.

В последнее время, благодаря изменившемуся на международном рынке спросу на пиломатериалы в сторону уменьшения ширины досок и брусьев, распиловку блоком и вразвал все чаще стали заменять распиловкой с предварительной «обрусовкой», что является характерным методом распиловки на ленточнопильных з-дах. Последние строят гл. обр. в США и Канаде благодаря наличию крупного сырья (больше 1 *м* в верхнем отрубе). Круглопильные заводы либо имеют специальное назначение, напр. для распиловки короткого бревна (тюлек) на шпалы, либо для распиловки бревен на брусья (ценные породы). В отдельных случаях круглопильные з-ды строят для распиловки кряжей на пиломатериалы или клепку. Наиболее чистая и точная распиловка бревен получается на рамных з-дах; грубую и неточную распиловку дают круглопильные з-ды. Ленточнопильная распиловка занимает промежуточное положение по точности распила и чистоте обработки поверхности распила.

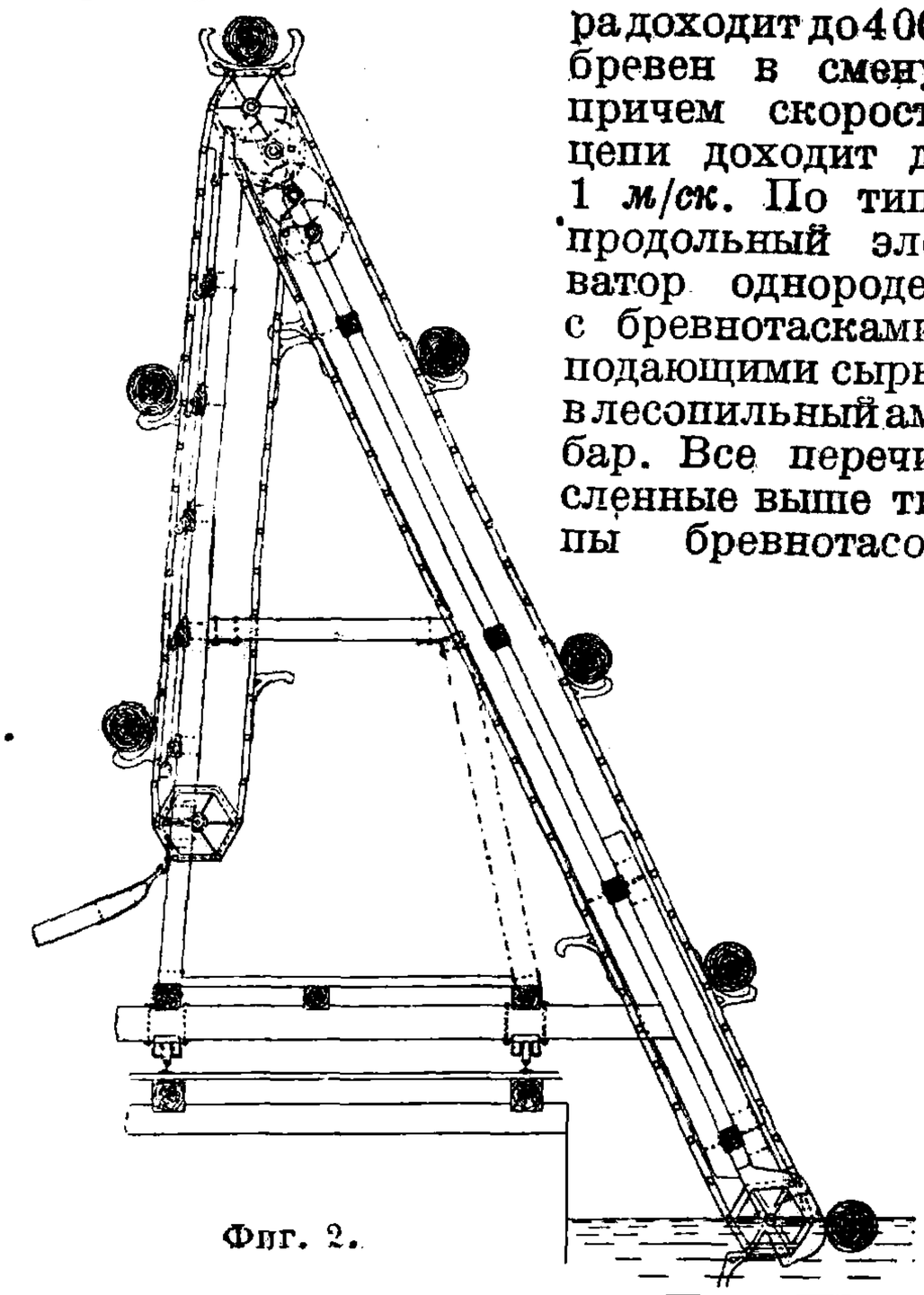
Современный лесопильный завод строится для работы по поточной системе. Планировка его должна предусматривать: а) биржу или склад сырья, б) лесопильный амбар, в) сортировку, г) биржу пиломатериалов, д) вспомогательные цехи и е) силовую станцию. Общее правило планировки лесопильного з-да заключается в использовании по возможности рельефа местности в целях облегчения транспорта тяжелого сырья и пиломатериалов; кроме того лесопильный з-д д. б. расположен в местности, доступной ветрам, и в конце гужевого пути или ж.-д. ветки, или рядом с транзитной линией ж. д., или на берегу сплавной реки.

Современные лесопильные з-ды хранят и складывают бревна в штабели на земле, под водой или хранят на воде в полузатопленном состоянии. Хранение бревен под водой считается лучшим способом, т. к. оно а) предохраняет древесину от усыхания и растрескивания; б) не дает «синевы», т. е. поражения древесины грибками; в) не дает бревнам замерзать в зимнее время; г) облегчает сортировку бревен по размерам при укладке в штабели. Водоемы, где хранятся бревна под водой, м. б. естественные или искусственные, вода в них слабо проточная, дно ровное, лучше песчаное или мелкокаменистое. Основание штабеля делают из однорядного плота, на к-рый бревна ряд за рядом последовательно накатывают вручную или при помощи пловучих лесокаток. Бревна на штабели подаются в рассортированном виде по породам и размерам. Пределом точности сортировки бревен по толщине служит назначение бревна на один постав по размеру. Сортировка бревен на воде требует для одного бревна 3—4 $м^2$ водной поверхности. Высота штабелей бревен в разных случаях укладки различна. При укладке бревен с «гужа» вручную бревна укладываются в 3—5 рядов на подкладках. При укладке бревен при помощи лесотасок—продольных и поперечных элеваторов—штабели м. б. высотой в головной или приемочной части до 10 *м*. При укладке бревен под водой надводная часть штабеля м. б. также высотой до 10 *м*, если позволит нагрузка, т. е. подводный способ укладки больше всего экономит место. Бревнотаски бывают: а) пловучие, где бревна поднимаются тросами при помощи лебедки (фиг. 1); производительность этих бревнотасок 1 200—1 800 бревен за 8-часовую смену;



Фиг. 1.

б) цепные бревнотаски, или поперечные элеваторы (фиг. 2), с производительностью в 1 200—2 000 бревен в смену в зависимости от их среднего диаметра; в) продольные элеваторы, где бревна движутся вдоль цепи элеватора; производительность такого элеватора доходит до 4 000 бревен в смену, причем скорость цепи доходит до 1 *м/сек*. По типу продольный элеватор однороден с бревнотасками, подающими сырье в лесопильный амбар. Все перечисленные выше типы бревнотасок



Фиг. 2.

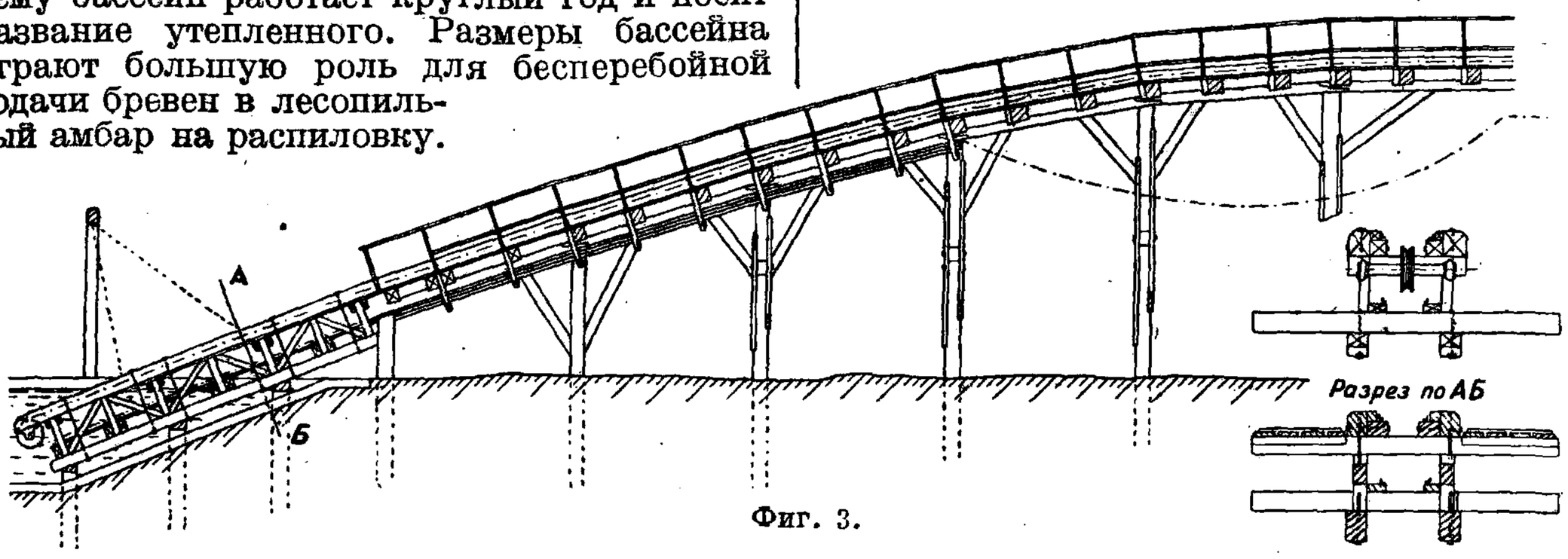
употребляются при выкатке бревен с воды на берег для зимней распиловки, если бревна не хранятся под водой. Первые два требуют ровных низких берегов с постоянным или мало меняющимся уровнем воды. Продольным элеватором, наоборот, пользуются при высоких, крутых берегах. При работе всех бревнотасок необходимо сортировать бревна на воде перед подачей на бревнотаску. Штабели располагают рядами длиной не более 150 *м* с промежутками около 2 *м*. Через каждые 100 *м* рядов делают

разрывы в 11 *м*, для пожарного проезда. Средняя высота штабелей в зависимости от способа укладки колеблется в пределах от 3 до 8 *м*. Допустимый уклон штабеля—0,04. Толщина прокладок ок. 7,5 *см*. Количество бревен в штабеле при высоте штабеля 6 *м*, при длине бревна в 6,5 *м*, в зависимости от среднего диаметра бревна определяется по табл. 1.

Табл. 1.—Емкость штабеля (в бревнах).

Средний диаметр бревна в *см*	При длине штабеля в *м*		
	80	100	120
24	5 700	7 200	8 600
25	5 400	6 800	8 200
26	5 100	6 400	7 700
27	4 800	6 000	7 200
28	4 600	5 800	7 000
29	4 500	5 600	6 700
30	4 100	5 200	6 200

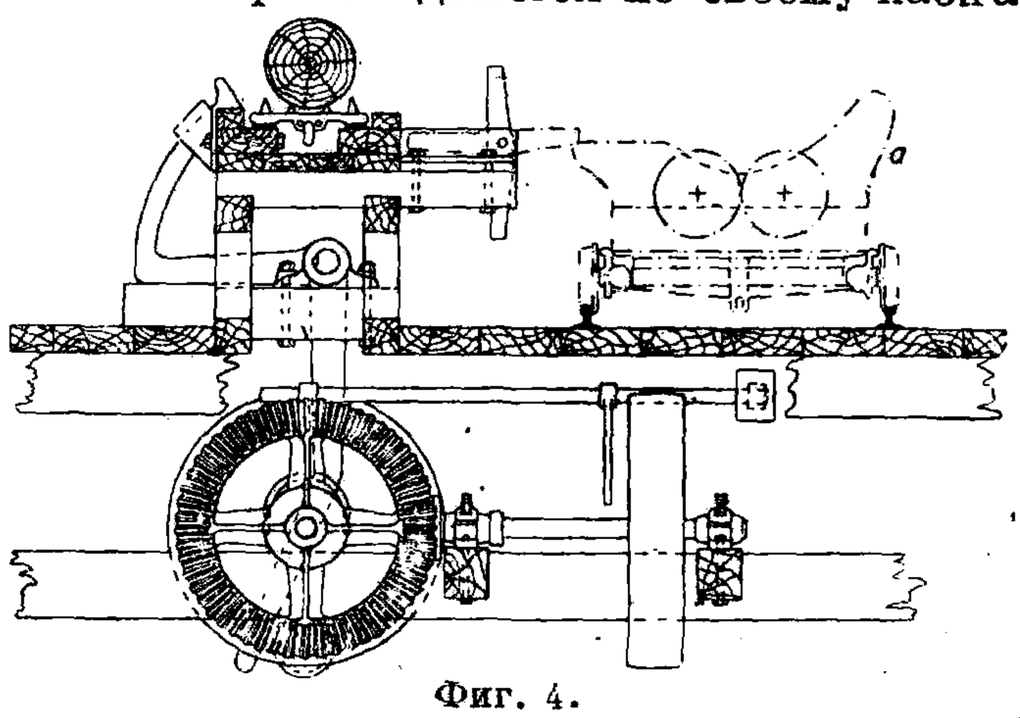
Подача бревен в лесопильный амбар производится обычно через бассейн, в который поступает конденсационная вода от силовой станции или отработанный пар, благодаря чему бассейн работает круглый год и носит название утепленного. Размеры бассейна играют большую роль для бесперебойной подачи бревен в лесопильный амбар на распиловку.



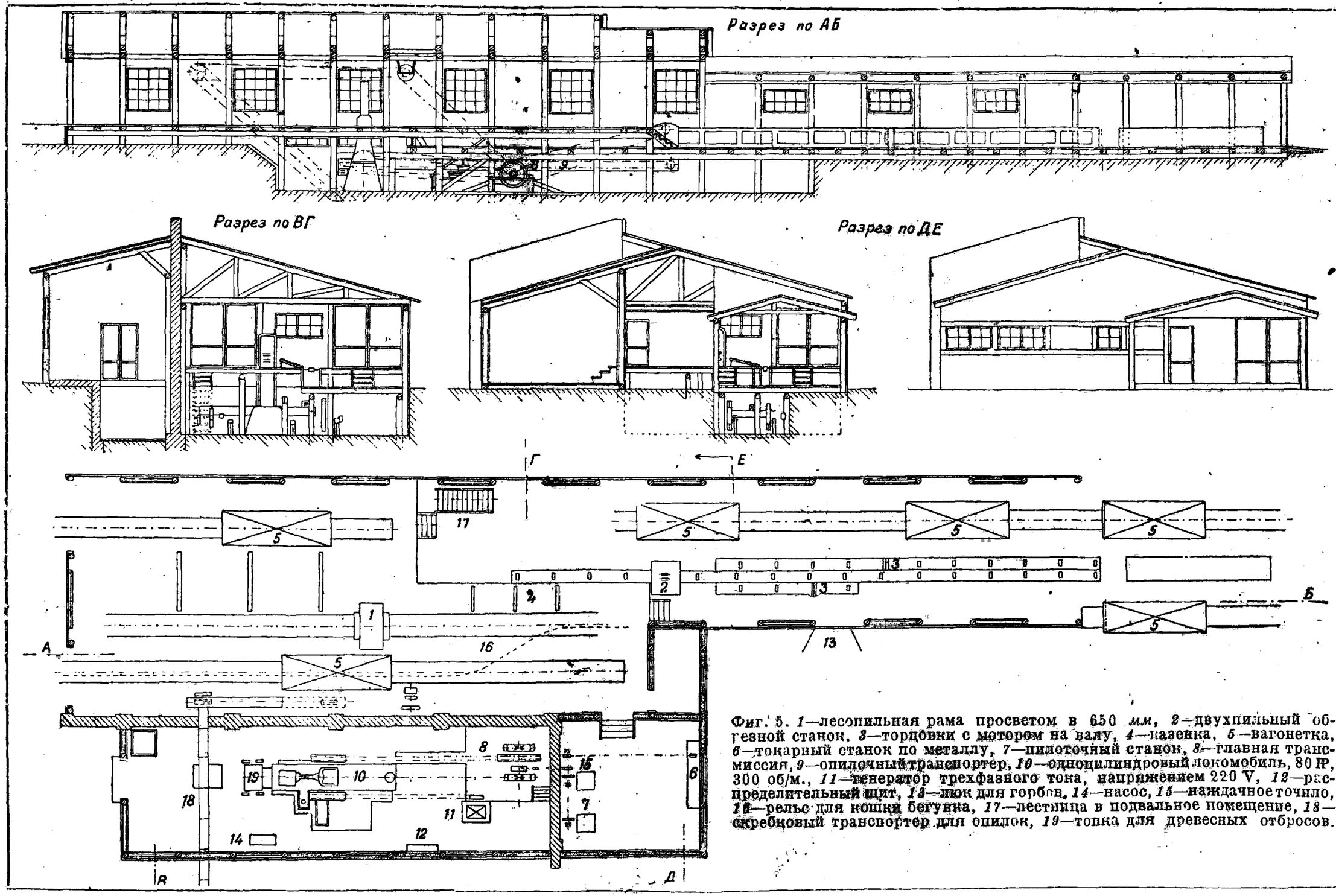
Фиг. 3.

Бассейн рассчитывают на 10-часовую работу ($1^1/_2$ смены), причем на одно бревно требуется 2,5—3 $м^2$ водной поверхности. Летом бревна подаются в бассейн непосредственно с воды через канал, если уровни воды совпадают, или через продольный элеватор, если уровень воды в бассейне стоит выше. Зимой бревна из штабелей чаще всего подаются при помощи «волокуши», которая представляет собою бесконечную цепь, проходящую через вертикальные барабаны большого диаметра (1,5 *м*), стоящие на поворотных пунктах. Цепь приводится в движение лебедкой. Так как барабаны легко передвигаются с места на место, то цепь всегда проходит вдоль фронта разгружаемых штабелей бревен, и последние доставляются в бассейн при помощи подхваточных цепей, причем бревна волочатся непосредственно по уплотненному снежному жолобу. Употребляются и более сложные устройства подачи бревен в штабели и в бассейны, напр. козловые, мостовые и кабельные краны. Подача бревен из бассейна в лесопильный амбар производится при помощи продольных элеваторов (фиг. 3), причем один элеватор обычно обслуживает только одну лесопильную раму. Бревнотасками, обслуживаемыми внизу на бассейне вручную, продвигают бревна по дворам бассейна и подают на прихватки движущихся вверх цепей элеватора. Продольный профиль бревнотасок делается выпуклым по параболич. кривой, чтобы бревна при движении не задевали передним торцом дна жолоба бревнотаски. Выходящий из воды угол не д. б. круче 27°. Подхваченное бревно идет в амбар автоматически, пока не встретит на своем пути подвижную заслонку и не начнет ее толкать вперед по ходу. Заслонка (шибер) соединена посредством системы рычагов с переводной вилкой механического привода и снабжена противовесом. Пока заслонка находится в отвесном положении, цепь движется, т. к. приводной ремень находится на рабочем шкиве приводного механизма; когда же заслонку наклоняет движущееся бревно, ремень переводится вилкой на холостой ход, и цепь с бревном сразу останавливается. Снимается бревно с цепи при помощи приводного механизма, сбрасывателя (фиг. 4), который приводится в действие путем нажима педали или же натягивания троса комлевым навальщиком, когда ему нужно перевалить бревно на специальные тележки. Последние строятся многих систем и делятся на: 1) зажимные или направляющие тележки, 2) поддерживающие, 3) подвесные, 4) нормальные зажимные тележки.

Ниже приведена типичная схема однорамного завода (фиг. 5). Основной станок—лесопильная рама—делится по своему назначению на брусующие рамы и эффективные. Первые разделывают бревно на брус или плаху, вторые разваливают брус на доски или бруски. Основной процесс распиловки примерно один и тот же. Перед каждой рамой, если она пилит вразвал (эффективная рама), устанавливают две тележки: одну

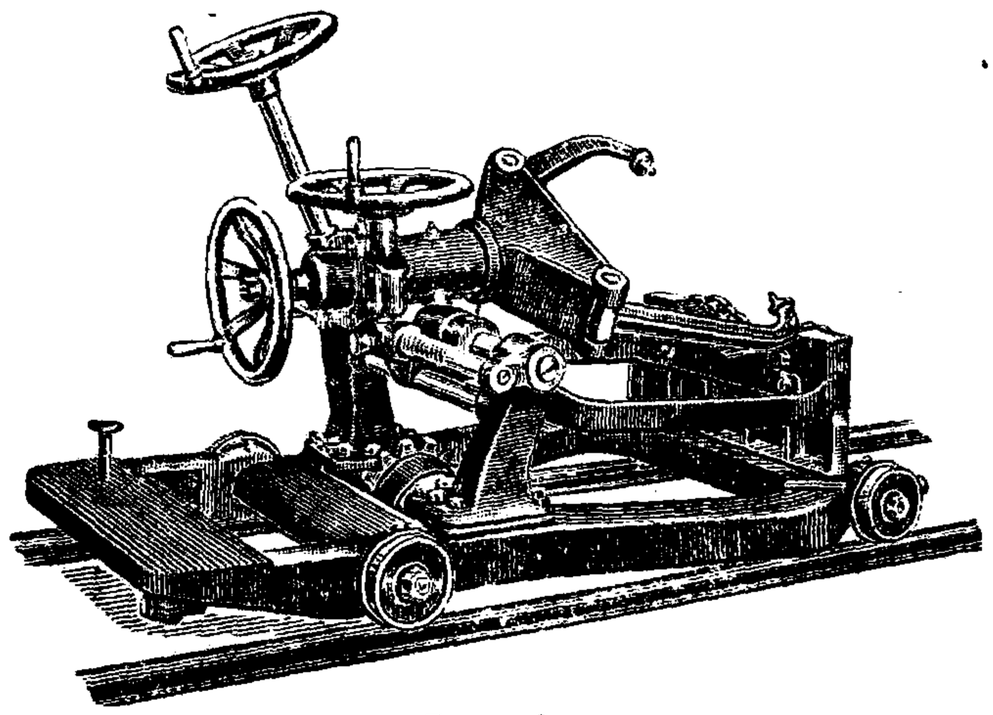


Фиг. 4.



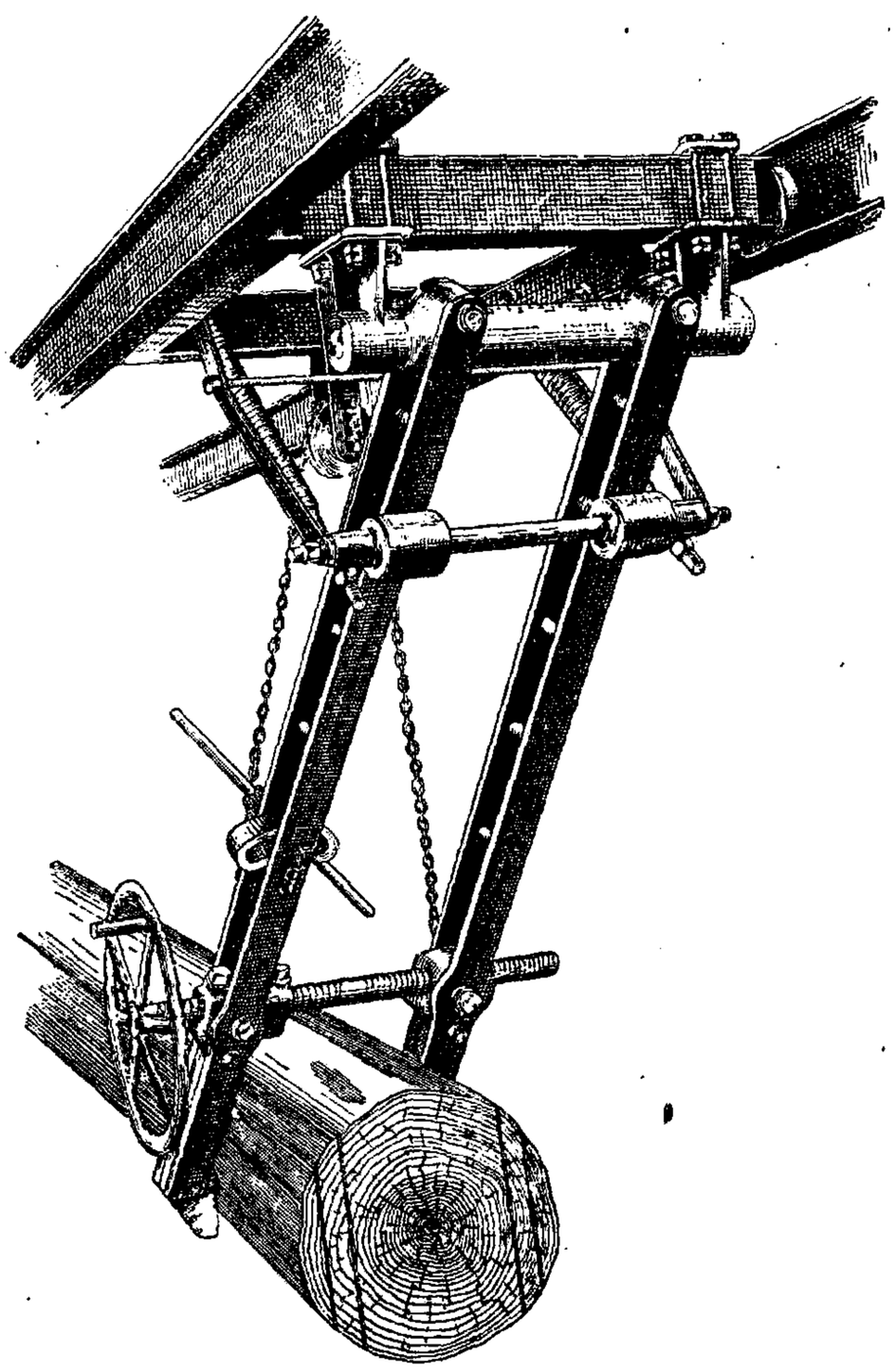
Фиг. 5. *1*—лесопильная рама просветом в 650 *мм*, *2*—двухпильный обрезной станок, *3*—торцовки с мотором на валу, *4*—казенка, *5*—вагонетка, *6*—токарный станок по металлу, *7*—пилоточный станок, *8*—главная трансмиссия, *9*—опилочный транспортер, *10*—одноцилиндровый локомобиль, 80 HP, 300 об/м., *11*—генератор трехфазного тока, напряжением 220 V, *12*—распределительный щит, *13*—люк для горбов, *14*—насос, *15*—наждачное точило, *16*—рельс для кошки бегунка, *17*—лестница в подвальное помещение, *18*—скребковый транспортер для опилок, *19*—топка для древесных отбросов.

комлевую—зажимную и другую вершинную—направляющую. Сзади рамы устанавливают у комля поддерживающую, у вершины—зажимную, подвесную или портальную тележки. Комлевую тележку спереди рамы и вершинную сзади рамы делают саморазмыкающимися в тот момент, когда бревно, комель или вершина соответственно находятся на строго и заранее определенном месте.



Фиг. 6.

Распиловка у лесопильных рам современного лесопильного завода ведется след. обр. Бревно, поданное продольной бревнотаской, останавливается автоматически у тележки впереди рамы. Рабочий, так называемый комлевой навальщик, нажимает педаль сбрасывателя, стоя у комлевой тележки, и бревно плавно по опущенным рычагам «слюзам» скатывается на приемные брусья тележки. Вершина бревна всегда располагается посредине поддерживающего бруса передней тележки *а* (фиг. 4), а комель зажимается комлевым навальщиком в клещи зажимной тележки (фиг. 6), затем бревно поворачивают вокруг оси в удобное для распиловки положение, как говорят «по метику», и выводят по оси постава, т. е. комель бревна заносится скольжением клещей зажимной тележки вправо или влево с таким расчетом, чтобы середина постава пришлась вдоль оси бревна. Выверенное так. обр. бревно окончательно зажимают «вмертвую» стопорным винтом и подают на тележках в раму. Так как вершина бревна свободно лежит в центре поддерживающей тележки, то бревно, при прижиме вершины к нижнему питающему валику, свободно поднимается и проходит в раму на распиловку. Бревно, пройдя в раме ~$^2/_3$ своей длины, подводит комлевую тележку к упору, клещи автоматически размыкаются, и обе тележки, комлевая и вершинная, сами собой, благодаря подвешенному через блок грузу, становятся в прежнее исходное положение, опять готовые принять новое бревно. Перед рамой вполне достаточно иметь только одного рабочего. Сзади раму обслуживает второй рабочий, к-рый 1) наблюдает за правильностью прохода бревна через раму, следя за нажимом питающих валиков; 2) устанавливает посылочный механизм на соответствующий размер посылки и вообще наблюдает за работой самой рамы, останавливая и пуская ее в ход; 3) зажимает выходящий пакет досок из рамы в тележку—вершинную зажимную, портальную или подвесную; 4) так как распиленное бревно после его выхода необходимо несколько продвинуть вперед, то тот же рабочий нажимом педали включает тележки «на ход», причем зажимная тележка находит на упор и автоматически размыкается. Доски и брус падают на шины доскового сбрасывателя или на роликовый транспортер, если рама имеет портальную или подвесную тележки. Как только весь распиленный блок досок освободится от клещей задней тележки и упадет на шины сбрасывателя, рабочий переводом рычага приводит сбрасыватель досок в действие, и доски падают на боковые роликовые шины или непосредственно на «рольюнг»—роликовый транспортер. По роликовому транспортеру доски передвигаются блоком вдоль лесопильного амбара к обрезному станку. Если лесопильная рама только брусует, а не разваливает бревно, то она всегда устанавливается «в пару» к разваливающей раме, в шахматном порядке. В этом случае разваливающая рама не имеет тележек, и брус проводится через эту раму на роликах, здесь же применяется подвесная тележка (фиг. 7). Брусующая же рама сзади иногда имеет портальные тележки, к-рые подвешивают доски и на весу наводят их на ролики. Применение портальных тележек позволяет экономить ширину здания лесопильного амбара, т. к. рамы в этом случае можно устанавливать не в шахматном порядке, а в затылок.



Фиг. 7.

Производительность современных лесопильных рамных заводов определяется по следующей ф-ле:

$$Q = \frac{\Delta \cdot n \cdot 420 \cdot 0{,}85}{L} \cdot V,$$

где Q—производительность рамы в $м^3$, Δ—подача бревна в *мм* за один оборот рамы, n—

число об/м. рамы, 420—число минут в смену (7 ч.), 0,85—кпд рамы за вычетом простоев и холостого хода, V—объем в $м^3$ одного среднего бревна, распиливаемого на заводе, взятого по среднему диаметру и средней длине бревна, L—средняя длина бревна в *мм*. Как видно из приведенной ф-лы, производительность зависит гл. обр. от величины принятой подачи бревен при их распиловке, так как остальные коэф-ты остаются более постоянными и мало изменчивыми. Современное оборудование лесопильных з-дов позволяет вести распиловку бревен на больших посылках. Табл. 2 дает численные выражения посылок при распиловке хвойных пород для рам с ходом 500 *мм*.

Табл. 2.—Размер посылок при распиловке хвойных пород.

Диаметр бревен в верхнем отрезе в *см*	Размер посылки в *мм*		Уклон пил в рамке в *мм*	
			Однотолчковая посылка	Непрерывная посылка
18	21,0	20,9	19	10
20	20,0	19,0	17	9
22	19,0	17,0	15	8
25	18,0	16,0	14	8
27	16,0	14,5	13	7
29	15,0	13,5	13	7
31	14,0	13,0	12	6
33	13,0	12,0	12	6
35	12,0	11,0	11	6
38	11.0	10,5	11	6
40	10,0	10,0	10	5
42	10,0	9,5	9	5
44	9,0	9,0	9	5
48	8,0	7,5	9	5
53	7,0	6,0	8	4

1) Размеры посылки взяты средние годовые при средней величине сбега, равной 1 *см* на 1 *м* длины бревна; длина бревен равна 6,5 *м*.

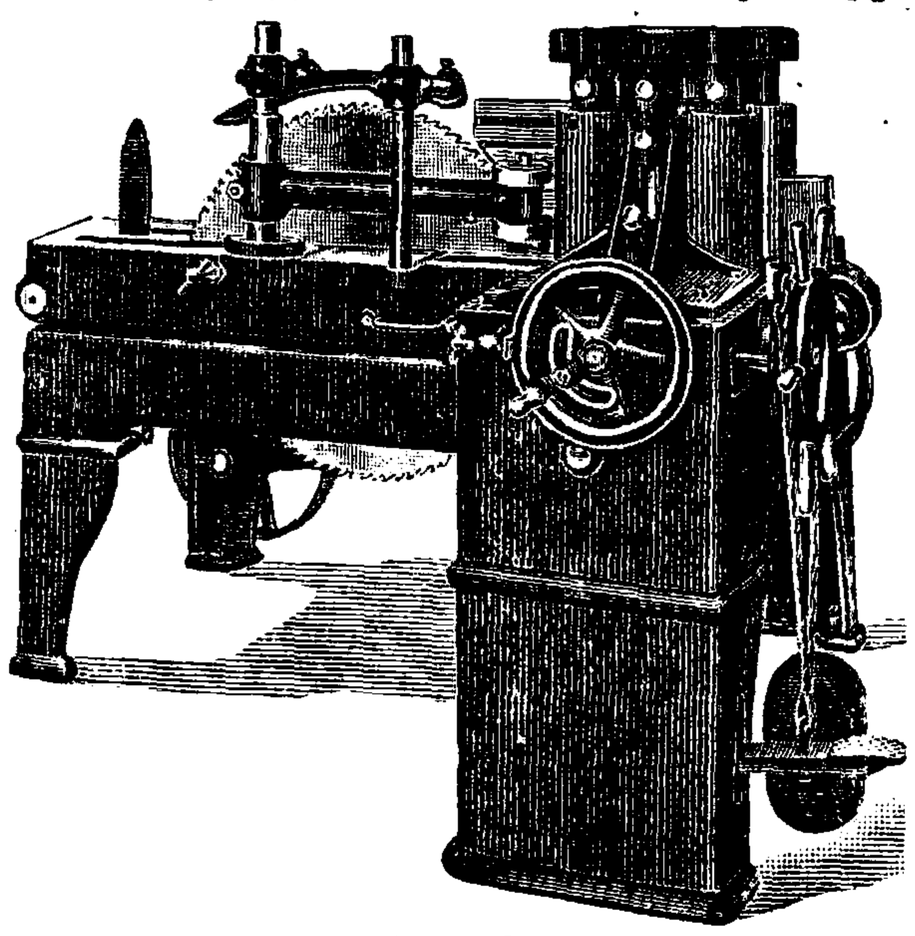
2) Для твердых пород посылки соответственно уменьшаются: для клена и граба на 50%, для дуба, ясеня, бука на 40%, липы—15%, березы, ольхи—10%.

3) При другом ходе рам посылки изменяются прямо пропорционально величине высоты хода.

4) Правильность посылки д. б. всегда согласована с уклоном пил в пильной рамке, иначе пилы будут сильно греться и посылки придется снижать.

Высокая производительность рам, когда за 7 ч. проходит 250—300 бревен средн. размера, требует не только автоматизации отдельных процессов, но и соответствующего количества вспомогательных станков. Так напр., следующий за рамами станок будет обрезной двухпильный станок, назначение к-рого обрезать кромки у досок для получения чистообрезного товара. Если раньше на две лесорамы было вполне достаточно одного обрезного станка, теперь, несмотря на то, что пропускная способность обрезного станка очень высока (60—110 *м/сж*), современные рамы требуют несколько иного соотношения.

Горбы от распиловки бревен идут от рам обычно теперь на так называемые ребровые станки для получения ящичной и иной клепки. Последовательность работы заключается в следующем. От рам горбы идут по особому ленточному транспортеру либо к ребровому станку (фиг. 8) непосредственно, когда последний расположен в задней части амбара, либо сначала на поперечный транспортер, к-рый выносит горб на боковую пристройку в цех для разработки пильной мелочи. Горбы в этом случае, прежде чем поступить на ребровый станок, проходят через торцовку, где обрезается «ус», тонкая часть горба, т. к. в разделку обычно идет только толстая, комлевая часть горба. Ребровый станок разрезает горб на тонкий необрезной пиломатериал. Последний идет сначала на однопильный обрезной, а оттуда на концеравнительный двух- трехпильный станок, где пильная клепка режется на заранее строго определенную длину. Мелкие срезки, наравне с тонкими рейками, идут либо на многопильный реечный станок либо на однопильный реечный станок, где выпиливают штукатурную



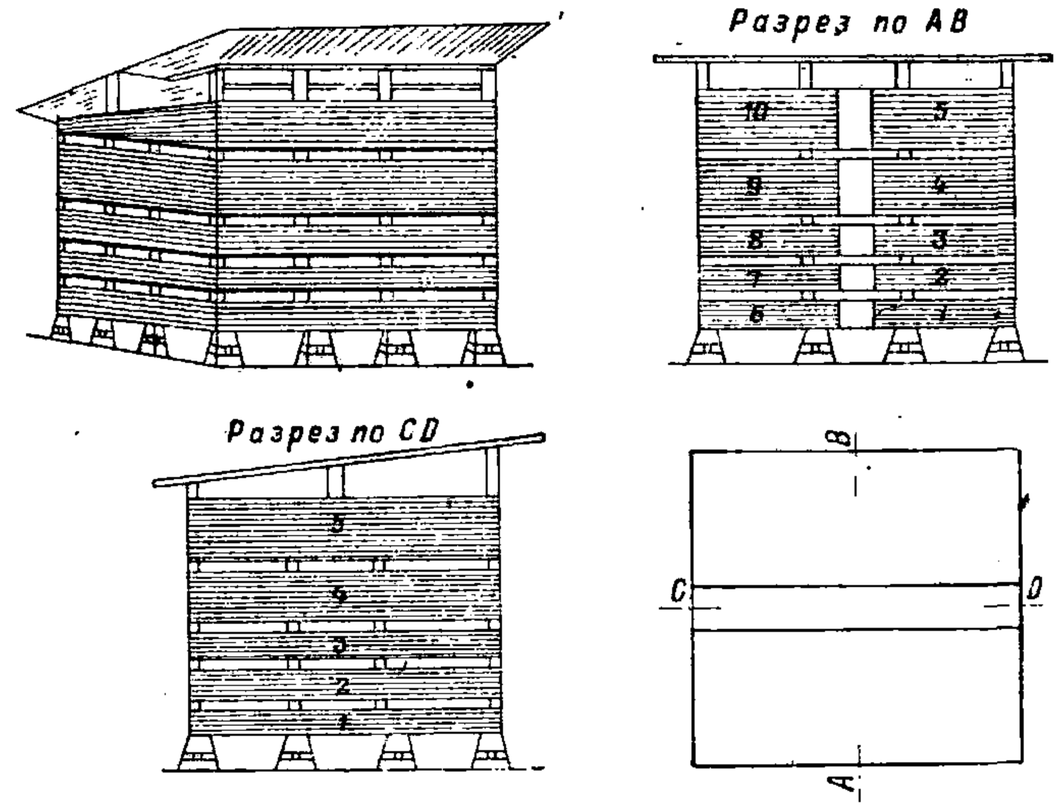
Фиг. 8.

дранку. Последняя вяжется либо в пучки либо в маты на особых вязальных автоматах. Крупная рейка идет на выработку багетки, наметельников и др. мелочи, к-рая находит сбыт на международном лесном рынке. Разделывается эта мелочь также на ребровых, реечных, однопильных обрезных и концеравнительных станках. В СССР внутренний рынок пока не потребляет мелочи. Вместо мелочи из горбов на наших лесопильных з-дах вырабатывается необрезная дощечка, т. н. шахтовка-щитовка и ящичная клепка.

Распиленный пиломатериал поступает как общее правило из амбара на сортировочную площадку. Последняя представляет собою крытый навес одно- или двухэтажный, где помещается сплошной поперечный транспортер, цепной или шагающий, или более сложный по устройству (с автоматич. распределителем). На транспортер сортировочной площадки пиломатериал попадает из амбара через пассовые транспортеры. Сортировки бывают либо односторонние при небольших з-дах на 2—4 рамы либо двусторонние. Доски с сортировочного стола стаскиваются рабочими вручную на вагонетки либо в пакеты (пинты, тиры) для отвозки на биржу пиломатериалов автовозами. На одного рабочего приходится 5—8 вагонеток или пакетов. Вагонетки на лесопильных заводах отвозят на биржу пиломатериалов: а) при помощи аккумуляторных электровозов, причем один электровоз справляется с работой 6-рамного з-да; этот вид транспорта широко практикуется в скандинавских странах; б) при помощи автовозов специального типа «кенгу-

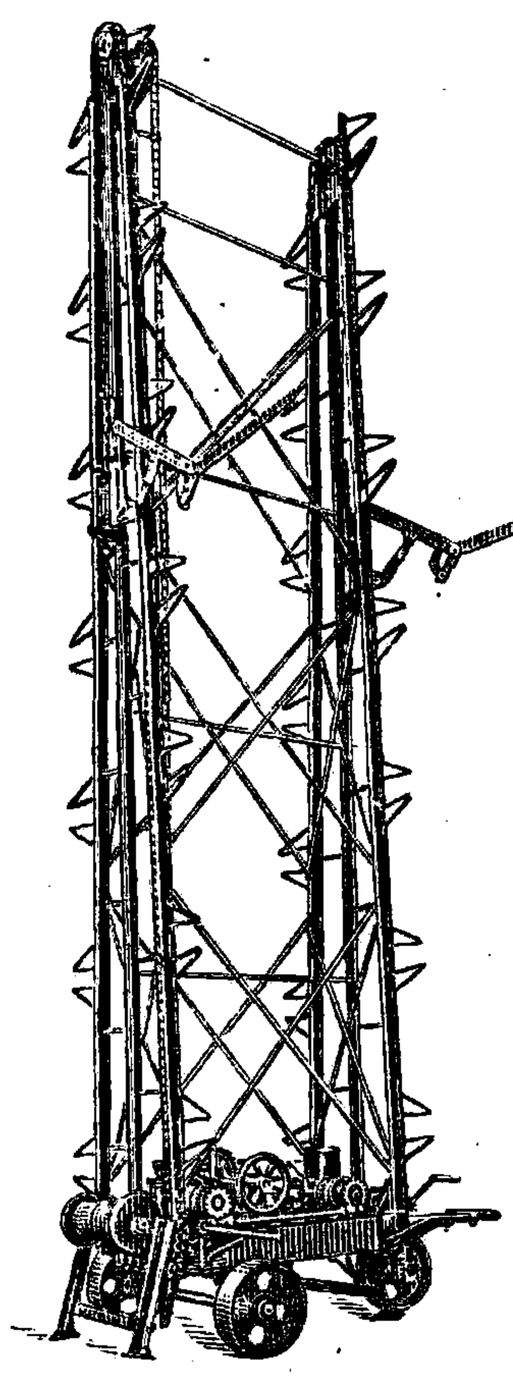
ру». Последние были изобретены и широко применяются в США. Крупные отбросы лесопильного производства на современных лесопильных з-дах поступают первоначально на особые дробилки, где раздробляются в щепу, и в таком виде идут в топливо для котельных установок силовой станции и сушилок при лесопильном з-де. В отдельных случаях дробленая щепа после сортировки идет на изготовление месонита, пластич. массы в виде плит и пластин размером 1×4 *м*, идущих на строительство и прочие производства как поделочный материал, а б. ч. отбросы идут на сжигание как мусор, для чего в США даже сконструированы специальные мусоросожигательные печи.

Биржи пиломатериалов на современных лесопильных заводах устраиваются с большой тщательностью, так как правильно расположенная и хорошо оборудованная биржа способствует более быстрой и правильной сушке пиломатериалов. Биржа пиломатериалов располагается в открытой, доступной ветрам местности с уклоном в сторону движения пиломатериалов. Пиломатериалы укладываются на специально устроенные фундаменты из деревянных брусьев, камня или железобетонных столбов (стеллажи). Высота фундамента д. б. на 15 *см* выше мощности снегового покрова в данной местности для того, чтобы воздух свободно проходил под штабелем, усиливая циркуляцию воздуха в штабеле и тем улучшая и укорачивая сроки сушки. Штабели д. б. правильно распланированы по территории биржи кварталами, по 4—6—8 штабелей в каждом квартале. Одна сторона квартала всегда содержит два штабеля. Продольные разрывы между кварталами д. б. по возможности расположены вдоль направления господствующих ветров в данной местности для увеличения тяги воздуха внутри штабелей. Проезды между штабелями не д. б. уже 6 *м*. Расстояния между штабелями в квартале устраиваются не меньше 2—4 *м*. Укладка досок в штабели производится с таким расчетом, чтобы: 1) воздух (господствующий ветер) проходил гл. обр. поперек досок, с ребра доски, а не торца; 2) доски лежали правильными рядами для создания вертикальных воздушных каналов, или продухов, т. е. доски должны лежать на прокладках толщиной, примерно равной толщине уложенных в штабель досок, с промежутками между досками в рядах от 40 *мм*; 3) в каждом штабеле доски укладывались одних размеров как по толщине, так и по ширине; 4) размер штабеля соответствовал самому длинному размеру доски, так как концы досок не должны свешиваться; 5) торцы досок были прикрыты соседними рядами досок либо обшиты досками для предупреждения от растрескивания торцов; 6) штабели были хорошо прикрыты односкатными крышами, причем скаты крыш д. б. по возможности обращены в сторону господствующих ветров. Типы штабелей и устройство фундаментов видны на прилагаемых рисунках (фиг. 9). Высота кладки штабелей зависит от способа кладки. При нормальной укладке досок в штабели высота фундамента 0,6—0,7 *м*. Ряды досок (1—5—10 ряд) должны иметь горизонтальные разрывы в 15—20 *см*. Укладка досок, идя снизу вверх (1—2—3 ряд). должна иметь высоту кладки 0,6—0,7 *м*; остальные ряды досок в зависимости от высоты штабеля (4—5—9—10) делятся горизонтальным разрывом



Фиг. 9.

пополам. Если общая высота штабеля не превышает 5 *м*, из кладки выпадают 3—8 ряды (см. разрез по *AB* и *CD*). Если доски укладываются вручную, высота штабеля достигает 4—5 *м*. Если же укладка производится специальными штабельными укладчиками (фиг. 10), то высота может быть доведена до 10 *м*. Правильно распланированная и устроенная биржа пиломатериалов все-таки не дает возможности всегда получать хорошо и нормально просушенную доску, так как пиломатериалы на бирже в штабелях сохнут с различной скоростью, в зависимости от того месяца, когда доски были уложены в штабель. Данные практики США, близко подходящие по результатам к нашим данным средней полосы РСФСР. для сосновых досок толщиной 25 *мм* с доведением влажности до 15% (на сухой вес) приведены ниже в табл. 3.



Фиг. 10.

Из этих данных видно, что в октябре—декабре доски не только не сохнут, но их влажность может даже увеличиться. Отсюда, как вывод, следует что 42% годовой продукции бывает готово по степени сухости только в июне месяце. Это обстоятельство заставило в современной постановке лесопильного производства перейти частично на искусственную сушку. Для непрерывности отпуска сухого пиломатериала с биржи заводов вполне достаточно, учитывая сезон-

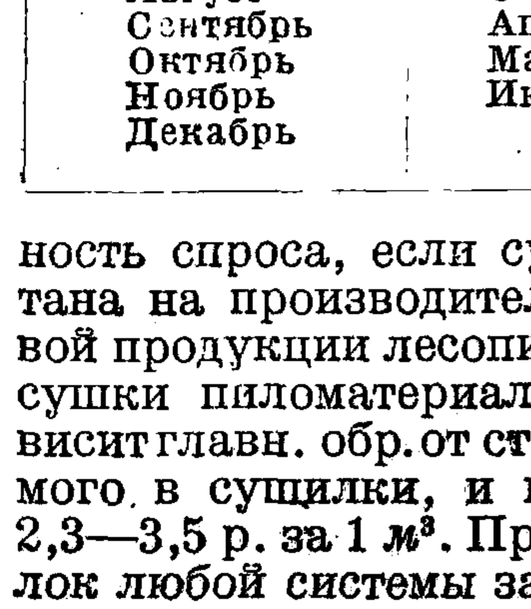
Табл. 3.—Продолжительность сушки сосновых досок в США.

Месяц начала сушки	Месяц конца сушки	Продолжит. сушки	
		месяцы	дни
Январь	Июнь	5	150
Февраль	»	4	120
Март	»	3,3	100
Апрель	Июль	3,3	100
Май	Август	3,0	90
Июнь	»	2,5	75
Июль	Сентябрь	1,7	50
Август	Октябрь	2,5	75
Сентябрь	Апрель	7,5	225
Октябрь	Май	7,5	225
Ноябрь	Июнь	7,5	225
Декабрь	»	6,7	200

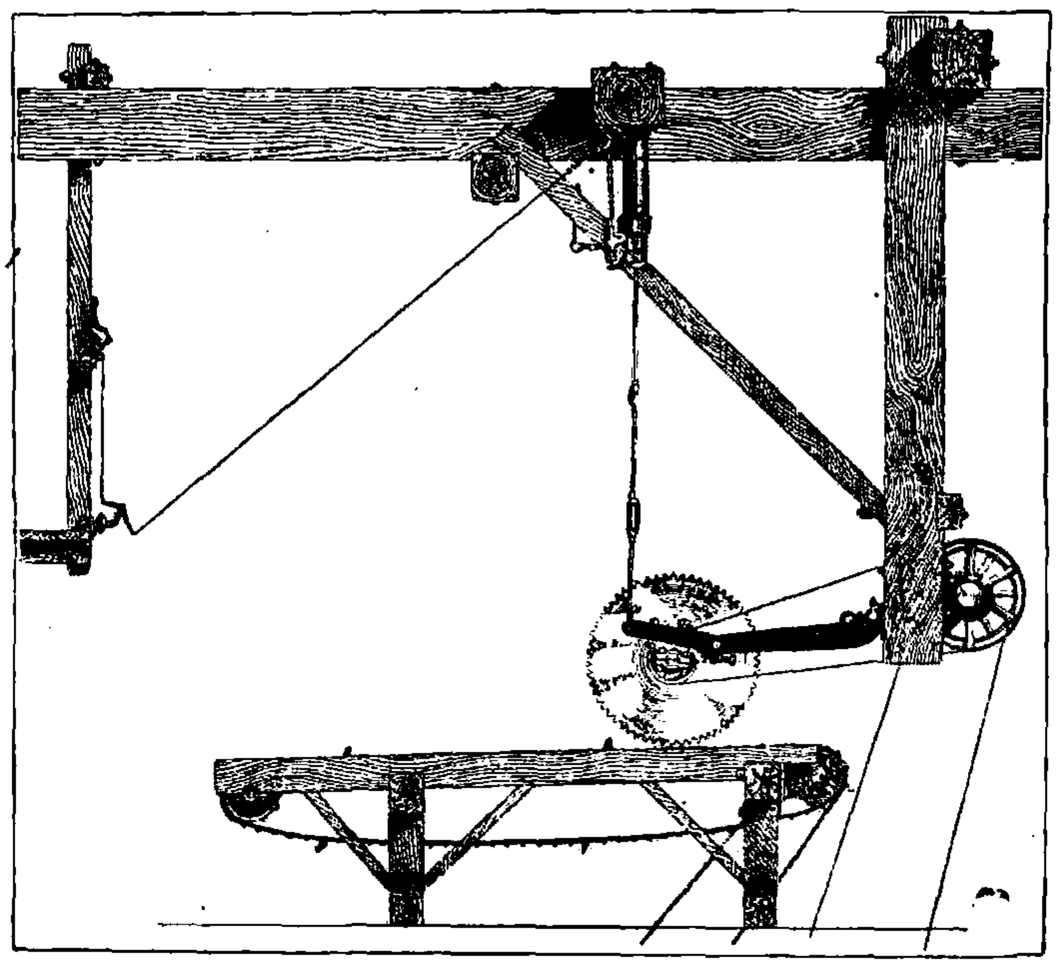
ность спроса, если сушилка будет рассчитана на производительность 30—40% годовой продукции лесопильного з-да. Стоимость сушки пиломатериалов хвойных пород зависит главн. обр. от стоимости пара, подаваемого в сушилки, и практически равняется 2,3—3,5 р. за 1 $м^3$. Правильная работа сушилок любой системы зависит главным обр. от правильности установленного режима (см. *Сушка дерева*) и тщательности надзора, при знающем свое дело сушильном мастере.

Современный лесопильный завод задалживает раб. силы на одну установленную раму в смену при постоянных рабочих 23—28 чв-д.; при сезонных по погрузке и выгрузке: летом 11—12 чв-д., зимой 13—14 чв-д.; служащих 5—8 чв-д. В последнее время лесопильные з-ды строятся из расчета полной электрификации. Затрата энергии в таких электрифицированных з-дах на 1 $м^3$ распиленного сырья колеблется в пределах 6,5—10,0 kWh, или на раму 60—110 HP.

Схема технологического процесса ленточнопильного з-да отличается от рамного з-да гл. образом тем, что основным станком в производстве там является ленточнопильный станок (фиг. 11). Подача сырья аналогична подаче на рамном заводе, основной же процесс распиловки сводится к следующему. Бревна, подаваемые на каретку ленточнопильного станка, опиливаются на брус и «опиленные пластины». Горбы идут для дальнейшей разделки в доски на горизонтальнопильный станок (фиг. 12). Брус идет на распиловку в широкопросветные вертикальные рамы, характера делительных рам, у к-рых высота хода равна 350 *мм* и через к-рые брусья, сложенные попарно, пропускаются в два яруса сразу. Пластины же обычно распускаются на доски на многопильных циркульных станках, носящих в США название эджеров. Перед выходом на сортировочные площадки доски обрезаются на размеры по длине с забелкой торцов на особых станках, носящих название т р и м м е р а (фиг. 13). Особенность этих станков заключается в том, что пиломатериалы разрезаются на ходу поперечного транспортера одним толь о бракером, сидящим в специально устроенной будке над транспортером, при помощи кнопочного или тросового управления, приводящего в движение циркульные пилы, каждую самостоятельно при помощи

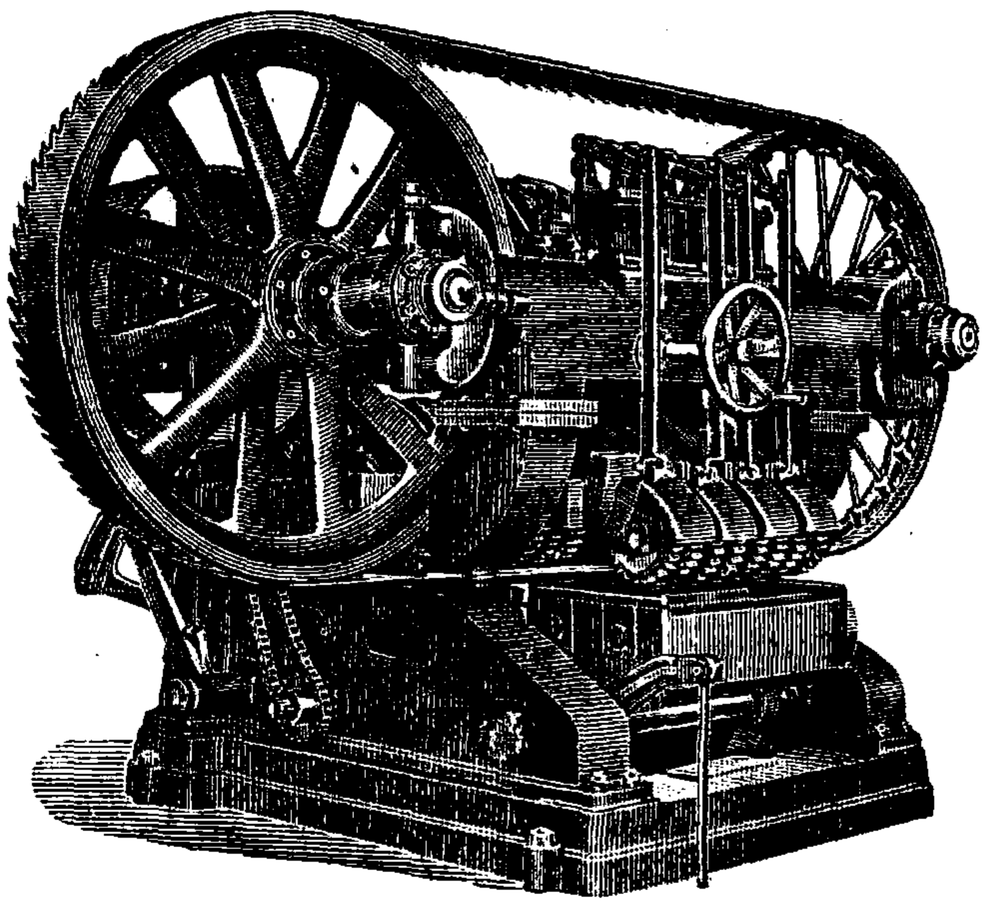


Фиг. 11.



Фиг. 12.

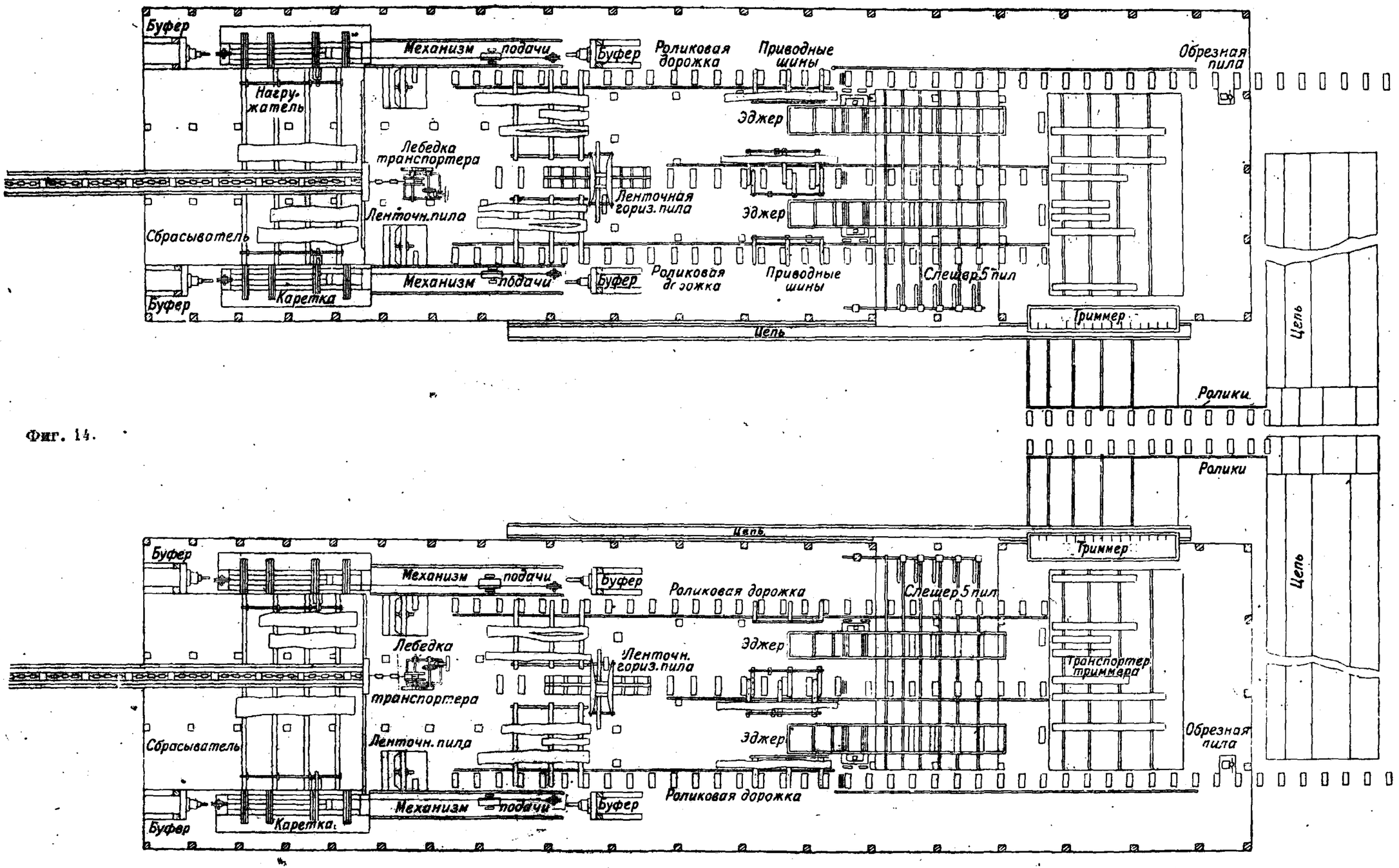
сжатого воздуха. Общая схема движения пиломатериалов в процессе распиловки на ленточнопильных з-дах видна на фиг. 14. Этот тип лесопильных з-дов особенно удобен при наличии толстомерного сырья. Часто механическое лесопиление имеет место при массовой разделке древесины на шпалы, короткий ящичный товар или клепки. В этих случаях, как и при необходимости разделки древесины на квадранты для радиальной распиловки, с успехом применяются цир-



Фиг. 13.

кульные станки. На фиг. 15 приводится схема устройства шпалорезного з-да.

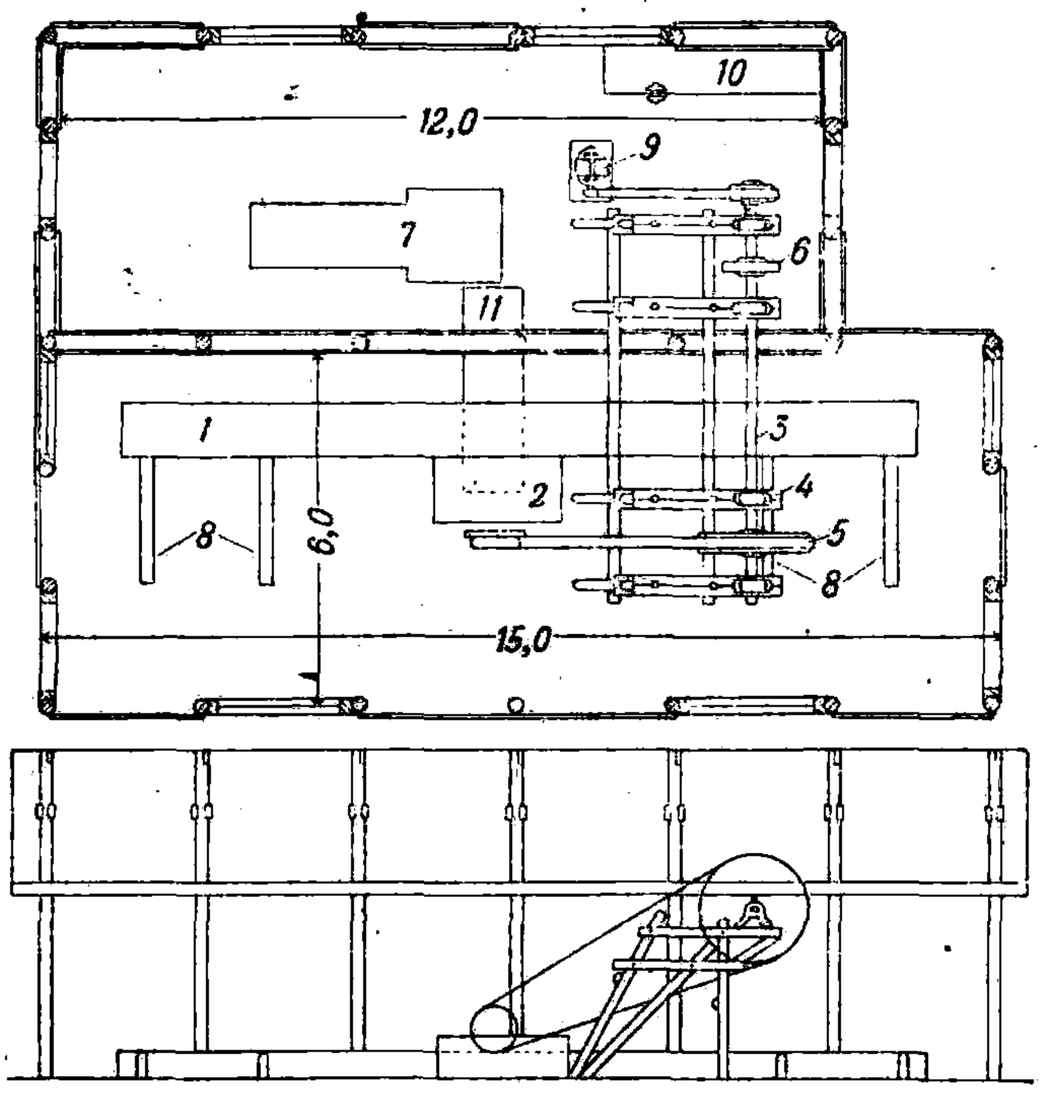
Независимо от характеристики выбранного оборудования лесопильное производство при разделке сырья на пиломатериалы стремится избрать такой метод распиловки, который дает при наибольшем % выхода наибольшую рыночную стоимость пиломатериала. Размеры выхода пиломатериалов из хвойного сырья и отходов и отбросов при распиловке бревен на экспорт примерно таковы (в процентах):


Буфер
Механизм подачи
Буфер
Роликовая дорожка
Приводные шины
Обрезная пила
Нагружатель
Эджер
Лебедка транспортера
Ленточная гориз. пила
Ленточн. пила
Эджер
Сбрасыватель
Механизм подачи
Буфер
Роликовая дорожка
Приводные шины
Слешер 5 пил
Буфер
Каретка
Цепь
Триммер
Ролики
Цепь
Буфер
Механизм подачи
Буфер
Роликовая дорожка
Слешер 5 пил
Триммер
Цепь
Лебедка транспортера
Ленточн. гориз. пила
Эджер
Транспортер триммера
Сбрасыватель
Ленточн. пила
Эджер
Обрезная пила
Механизм подачи
Буфер
Роликовая дорожка
Буфер
Каретка
Ролики

Фиг. 14.

Доски	до 60
Дилены и эндсы (недомерки)	» 5
Мелочь (рейка, клепка)	» 3
Припуск на усушку	» 6
Опилки	» 8,5
Дровяные отходы, срезки	» 17,5

З-ды, работающие на внутренний рынок, дают вместо мелочи, диленов и эндсов т. наз. шахтовку, причем на опилки вместо 8,5% идет до 11%. Величина отходов—26% и выше;



Фиг. 15. *1*—путь тележки станка; *2*—рабочая часть станка; *3*—приводный вал, 300 об/м., дл. 6 500 *мм*, диам. 75 *мм*; *4*—подшипник; *5*—шкив, ~ 1 500 *мм*; *6*—шкив, ~ 700 *мм*; *7*—локомобиль тип A-VI, 155 об/м., Людиновского з-да; *8*—казенка; *9*—динамомашина, 2 kW; *10*—верстак слесарный; *11*—канава для отгребания опилок.

последние идут гл. обр. на топливо для котельных установок силовых станций при лесозаводах, причем 1 *кг* отбросного древесного топлива может дать при 45% влажности 0,3 kWh энергии, или 1 *м*³ плотной древесины отбросов при той же влажности—ок. 220 kWh, т. е. на каждый *м*³ распиленного сырья приходится свободной энергии 45—50 kWh за покрытием собственных нужд.

О размерах лесопильной промышленности в СССР можно судить по данным за 6 лет (1927/28—32/33 гг.) трестирован. промышленности, находящейся в ведении ВСНХ СССР.

Лит.: Шапиро Д. Ф., Руководство по лесопильному производству, М.,1928; Дешевой М. А., Технология дерева, Разработка дерева распиливанием, Петербург, 1911; Песоцкий Н., Лесопильное дело со всеми вспомогательными к нему производствами, кн. 1, 2 издание, Л., 1927, кн. 2, 3, П., 1923, кн. 4—10, Л., 1924, кн. 11—15, Л., 1925; Пресс А. А., Лесопильное производство, 2 изд., П., 1923; Тищенко М. Т., Как распиливать бревна на рамной лесопилке, Ростов н/Д., 1925; Тищенко М. Т., Практическая справочная книга по лесопильному производству, Ростов н/Д., 1925; Филиппов Н. А., Лесная технология, Лесопильное производство, П., 1918; Шапиро Д. Ф., Курс лесопильного производства, Л., 1928; Штейн-Хильбер Ф., Лесопильный завод, Справочник по лесопильному делу, пер. с нем., Берлин, 1924.

ЛЕСОСПЛАВ, вид водного транспорта лесных грузов, при котором используются пловучесть дерева и сила течения воды. Таким способом транспортируется не только лесное сырье, т. е. бревна и дрова, но также и пиленый материал, древесн. уголь, смола и пр.

Общие сведения. Свежесрубленное дерево главных сплавляемых в СССР пород—ели, сосны, березы—имеет относительный удельный вес, близкий к единице; пролежав до сплава на воздухе даже короткое время, дерево уже значительно уменьшает свой уд. в. и повышает свою пловучесть, что видно из следующих цифр:

Отн. уд. в. древесины	Ель	Сосна	Береза
Свежесрубленной	0,85	0,91	0,92
Полусухой	0,55	0,60	0,71
Сухой	0,48	0,55	0,61

В воде дерево постепенно намокает и уд. в. его увеличивается, так что возникает явление «утопа» древесины. Степень намокания и т. н. утопа древесины зависит от ряда причин: от породы ее, возраста, плотности, диаметра бревен, от состояния их поверхности, т. е. сплавляются ли они в коре или в окоренном виде, от длительности нахождения в воде, быстроты течения, *t*° и состава воды. Степень влияния большинства этих факторов на пловучесть древесины точно не изучена. Нормы утопа, декретированные для разных речных систем СССР, колеблются в пределах от 0,5% (для хвойных бревен) до 5% (для лиственных дров) от всей массы, пускаемой в сплав.

Главные виды сплава. а) Сплав россыпью, или молевой сплав, при котором сплавляются отдельные штуки лесных мате-

Союзные республики	1927/28 г.		1928/29 г.		1929/30 г.		1930/31 г.		1931/32 г.		1932/33 г.	
	Зав.	Рам	Зав.	Рам	Зав.	Рам	Зав.	Рам	Зав.	Рам	Зав.	Рам
РСФСР сущ.	336	857	334	870	354	957	321	918	269	807	230	723
» нов.	—	—	4	17	59	126	103	262	157	523	186	607
	336	857	338	887	413	1 083	424	1 180	426	1 330	416	1 330
УССР сущ.	29	62	32	68	37	90	37	90	31	70	29	68
БССР »	15	45	16	48	14	46	13	44	11	39	9	34
» нов.	—	—	—	—	12	17	18	25	23	30	3	30
	15	45	16	48	26	63	31	69	34	69	32	64
ЗСФСР сущ.	19	35	18	32	17	31	16	30	12	24	11	22
» нов.	—	—	—	—	3	3	8	9	15	20	23	38
	19	35	18	32	20	34	24	39	27	44	34	60
Всего сущ.	399	999	400	1 018	422	1 124	387	1 082	323	940	279	847
» нов.	—	—	4	17	74	146	129	296	195	573	232	765
Итого	399	999	404	1 035	496	1 270	516	1 378	518	1 513	511	1 612
% лесоп. пром. к трест. пром. ВСНХ	70%		71%		74%		78%		81%		84%	
Общее количество переработ. древес. (в млн. *м*³)	12,65		15,75		23,85		34,54		45,18		54,66	
Число рам, приходящихся на 1 завод	2,5		2,6		2,5		2,7		2,9		3,2	

риалов. б) Сплав п л о т о в о й, при котором группы бревен плотно соединены, или «сплочены» между собой. в) Сплав в о д н о р е й с о в ы х с у д а х, составляющих одно целое с погруженными в них лесными материалами. По виду сплавных путей сплав подразделяется: а) на сплав п е р в о н а ч а л ь н ы й, т. е. по мелким рекам, начиная из района лесных массивов до впадения этих рек в более крупные, больш. частью судоходные потоки, или по верховьям крупных рек до начала их судоходной части, и б) сплав т р а н з и т н ы й, идущий по судоходным частям реки на большие расстояния. Обычно в пунктах перехода из первоначального сплава в транзитный меняется и вид самого сплава; напр. из молевого сплава древесину соединяют в плоты или мелкие плоты соединяют в крупные единицы с большой осадкой и длиной.

М о л е в о й с п л а в. Молевой сплав леса применяется на малых реках, а также в верховьях более крупных рек, где глубина воды в межень и даже весной незначительна, или же где имеются пороги или другие естественные препятствия для сплава плотами. Древесина, предназначенная для сплава, вывозится зимой на удобные для складывания и скатки леса пристани, именуемые «катищами», «ставежами», «плотбищами». На пристанях, избираемых на незаливаемых берегах реки, лесные материалы укладываются выше уровня ледохода в правильные штабеля; в случае необходимости складывать лес на заливаемых местах древесина огораживается и закрепляется снастями, бонами и стенками из бревен. До начала сплава, частично уже зимой, производится подготовка реки к прохождению молевого сплава. На низких берегах во избежание разноса древесины забиваются направляющие сваи, на к-рые навешиваются длинные пловучие бревна или устраиваются пловучие боны (запани), решетчатые деревянные стенки, плетни, дамбы. Подобные же заграждения устраиваются в крутых поворотах реки, в местах разделения ее на несколько рукавов, при проходе реки через озера и т. п. Кроме того производится очистка реки от упавших в нее деревьев и топляков и установка временных гаваней в нужных местах для головы моли.

Весною, при подъеме воды до уровня, при к-ром сплав производить удобнее всего, лес скатывают в воду и пускают в сплав. Ход моли требует непрерывного наблюдения для предупреждения образования заломов или заторов. Заторы при молевом сплаве особенно легко образуются на извилистых участках рек, где они способны нарастать в плотную массу, иногда на протяжении нескольких километров и в несколько рядов; быстрая разборка заторов составляет наиболее трудную и опасную часть работы по молевому сплаву. Необходима также зачистка хвоста сплава, т. е. сталкивание в воду оставших по пути у берегов и на отмелях лесных материалов и подгонка всего леса к конечному пункту сплава в один общий «пыж» или «залом». Рабочие-молевщики передвигаются по реке по берегам и на лодках, а в пределах сплошного хода моли—прямо по плывущим бревнам. Главным инструментом при молевом сплаве является багор с острым концом и крюком. В случае недостаточной глубины реки применяется «перемежный» сплав при помощи попусков воды из водохранилищ, устраиваемых для дополнительного питания реки. Для остановки и перепусков древесины во время сплава устраивают т. н. «временные запани», а в конечных пунктах или при выходе на транзитные пути—«коренные запани». Пловучие запани бывают двух типов: п р о д о л ь н ы е—со сплошным длинным боном, состоящим из нескольких рядов сплоченных бревен, и п о п е р е ч н ы е, состоящие из ряда звеньев (плиток), скрепленных длинною снастью—лежнем. Иногда названия запаней означают место и способ расположения запаней на реке: продольная ставится вдоль берега, с одним лишь концом, упирающимся в берег, а поперечная—поперек реки с головой и пятой у берегов.

Продольные запани «сколачиваются» из нескольких (от 4 до 12 и более) рядов бревен, сплачиваемых так, чтобы стыки бревен были расположены вразбежку; затем вся запань «прошивается», «обносится» или «шлагуется» снастями. Один конец запани—пята—опирается на берег, для чего пяту прикрепляют иногда к специально забитым сваям, а другой конец—голову—подводят к другому берегу и закрепляют снастями. Кроме того запань укрепляется «выносами»—пеньковыми или проволочными канатами, зачаливаемыми за сваи («мертвецы») на берегу, а с другой стороны запань опирается еще на «подстрелы»—бревенчатые упоры в берег. Коренные запани устраиваются иногда и более солидного постоянного типа со свайными, ряжевыми и даже каменными опорами с ледорезами. Прочное устройство и укрепление коренных запаней необходимо в виду огромного давления на них массы приплавленной древесины, которая во время внезапных паводков может прорвать запань и разнестись по пойме или уйти по течению главной реки. Для надежности запани необходим правильный выбор места ее сооружения в соответствующем повороте реки.

При расчете отдельных элементов запаней, т. е. главного бона, выносов и подстрелов, необходимо сообразоваться с возникающими в этих элементах усилиями. На запань действуют следующие силы: 1) давление текущей воды на вертикальную площадь, равную площади погруженной в воду части запани и давящего на нее залома из лесных материалов, к-рые иногда доходят почти до дна реки; 2) давление залома, передающего силу трения воды о смоченную нижнюю поверхность залома; 3) гидростатич. давление на запань от перепада воды выше и ниже запани вследствие подпора, образующегося от залома. Вывод ф-л, выражающих эти усилия, предложен Н. Н. Ралленбеком и приводится здесь в упрощенном виде. Обозначаем ширину запани через B, длину залома—L, скорость течения—v, глубину залома—H, высоту подпора—h, угол между направлением течения и запанью—α и угол между выносом и боном запани—β. Давление текущей воды на запань и залом определяется по формуле Жосселя:

$$R_1 = k \cdot B \cdot H \cdot v^2, \qquad (1)$$

где

$$k = \frac{42 \sin \alpha}{0{,}2 + 0{,}3 \sin \alpha}.$$

При величине угла α от 5 до 90° коэф. k изменяется в пределах от 16 до 84. Разлагая силу R_1 на две составляющие, получаем усилие вдоль выноса

$$P_1 = \frac{R_1 \cdot \sin \alpha}{\sin \beta}$$

и вдоль запани

$$Q_1 = \frac{R_1 \cdot \sin(\beta - \alpha)}{\sin \beta}.$$

Давление на запань вследствие трения воды о поверхность залома определяется по ф-ле Фруде:

$$R_2 = f \cdot B \cdot L \cdot v^2, \qquad (2)$$

где f—коэф. шероховатости, равный для неокоренных бревен ~0,3. Это усилие также разлагается на 2 составляющие: вдоль выноса и вдоль запани. Наконец, гидростатич. давление от подпора h выражается ф-лой:

$$R_3 = h\left(H + \frac{h}{2}\right) B. \qquad (3)$$

Общее усилие $R = R_1 + R_2 + R_3$. Следует заметить, что по этим ф-лам должно определять усилия для отдельных элементов по длине запани, на к-рых м. б. различны глубина залома и углы α и β, а затем суммировать усилия для всей длины запани и каждого выноса. Привсденные ф-лы не дают пока достаточно проверенных результатов, а могут дать лишь характер распределения усилий в запанях.

В формулах (1) и (2) в коэфициенты уже входит величина отношения плотности воды γ к ускорению силы тяжести

$$\frac{\gamma}{g} = \frac{1000}{9{,}81} = 102,$$

и результат вычисления по этим формулам получается в *кг*, если прочие величины принимать в *м*.

При установлении действующей на запань длины L залома следует принимать только «рабочую» часть залома при максимальном горизонте воды. На некотором расстоянии выше запани образуются самостоятельные заломы молевой древесины, передающие давление на берега, а не на запань, и кроме того в самом запанном заломе древесина располагается по определенным законам, в результате чего в теле залома образуется как бы свод, очерченный в плане по параболической кривой. Длина рабочей части запанного залома (пыжа) по наблюдениям составляет от 2 до 10 ширин реки в зависимости от скорости течения. Величина подпора h в формуле (3) зависит от скоростей течения, длины и глубины запанного залома. Скорость течения v в формуле (1) есть средняя скорость подхода выше запани, в формуле же (2) скорость следует принимать для сжатого сечения реки под заломом. Во избежание слишком больших скоростей под заломом и чрезмерного увеличения давления на запань применяется устройство водоотводного канала с истоком выше запанного залома; по этому каналу может направляться излишний расход воды, особенно на случай опускания залома до дна реки.

Прибывшую к коренной запани древесину выгружают на берег для сортировки или для дальнейшего сухопутного транспортирования; если древесина подлежит дальнейшему водному транспорту, то она соединяется в плоты для транзитного сплава или же грузится в суда. Перед сплоткой или выгрузкой на берег молевую древесину сортируют на воде по породам, размерам, качеству и по пунктам назначения. Для сортировки в запани устраивают сортировочные ворота, а на участке реки ниже запани—сортировочные приспособления, состоящие из ряда продольных ходов и соединенных с ними погрузочных дворов, где рассортированную древесину сплачивают в плоты. Рациональное устройство сортировочных приспособлений удешевляет операцию сортировки. В СССР существуют хорошие сортировки на некоторых притоках С. Двины; в Швеции на устройство рациональных, часто весьма сложных сортировочных приспособлений затрачиваются крупные суммы, причем эти сортировки соединяются с механизацией погрузки древесины в плоты (фиг. 1).



Схематический чертеж коренной запани с сортировочными устройствами для дров и бревен

Фиг. 1.

Плотовой сплав. Бревна, из к-рых составляются плоты, предварительно связываются между собою в отдельные плотные группы. Эти группы носят в различных бассейнах свои местные названия: челены, салки, клетки и пр. Челены разделяются на однорядные и многорядные, смотря по тому, состоят ли они из одного ряда бревен или нескольких (до 8) рядов, расположенных один над другим, с осадкой до 2 *м*. Однорядные челены сводятся в однорядные плоты, а многорядные челены—в многорядные, или грузовые, плоты. По способу сплава челены и плоты разделяются на самосплавные и буксируемые. Самосплавные челены иногда сплавляются «вольницей», т. е. без управления людьми; самосплавные плоты всегда идут под управлением, причем для возможности управлять плотом замедляют его ход спусканием на дно чугунных лотов, цепей-волокуш и якорей.

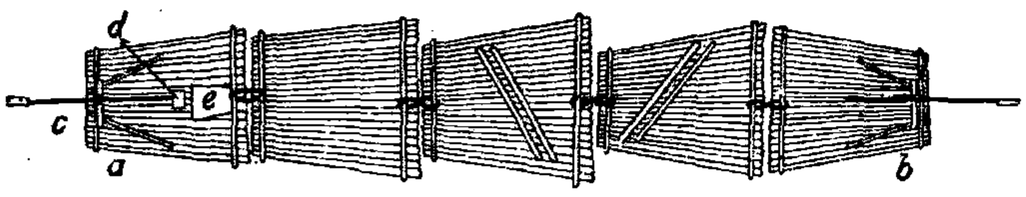
Для сплава однорядных плотов при диаметре сплавляемых бревен до 35 *см* и при донном запасе в 25 *см*, достаточна глубина воды на перекатах в 0,50 *м*. Для составления однорядн. челенов бревна одинаковой длины и примерно одинаковой толщины укладывают на воде в ряд, комлями в одну сторону; сверху, поперек их, в расстоянии ок. 0,50 *м* от каждого конца накладывают ромжины или поворины, т.е. бревна диам. 10—15 *см*, к к-рым привязывают бревна при помощи хомутов из виц; хомуты обхватывают по два бревна, перегибаются через ромжину и закрепляются клином, к-рый закладывают в верхнее кольцо хомута и загоняют в паз между двумя бревнами под ромжину. Вицу готовят из еловых и черемуховых или в крайнем случае березовых прутьев длиною 2—3 *м*, с диам. у корня 3—5 *мм*,

к-рые крутят вокруг столбов («баб»); при зимней заготовке вицу предварительно распаривают на огне в особых парильнях. Клинья тешут из осины или ели, длиною ок. 0,50 *м*, толщиною в головке 7—10 *см* (фиг. 2). Вица



Фиг. 2.

с успехом заменяется железной проволокой диам. 2,5—3 *мм*, к-рая помимо экономии дает и более удовлетворительные технич. результаты. Длина однорядных челенов равна длине сплачиваемых бревен, по ширине же эти челены включают в себе от 4 до 16 и более бревен в зависимости от ширины фарватера и извилистости реки. Узкие челены при выходе из малых речек в большие сплавные реки соединяются в челены шириною до 15 *м*. Из 5—10 отдельных челенов составляются целые однорядные плоты посредством «счала», т. е. прутяных канатов, скрученных из 3—4 виц, или же посредством коротких бревен—«собачин», прикрепляемых вицами к ромжинам соседних челенов. На переднем челене (головке) и заднем (гузке) укрепляют «подушки» для опоры «гребков», т. е. бревен, длиною 6—8 *м*, диам. 8—10 *см* с нашитою на конце доскою (1,5 × 0,25 × 0,05 *м*); гребки служат рулями. На головке ставят помещение для рабочих (шалашку, цыганку) и очаг. На фиг. 3 изображен однорядный плот из



Фиг. 3.

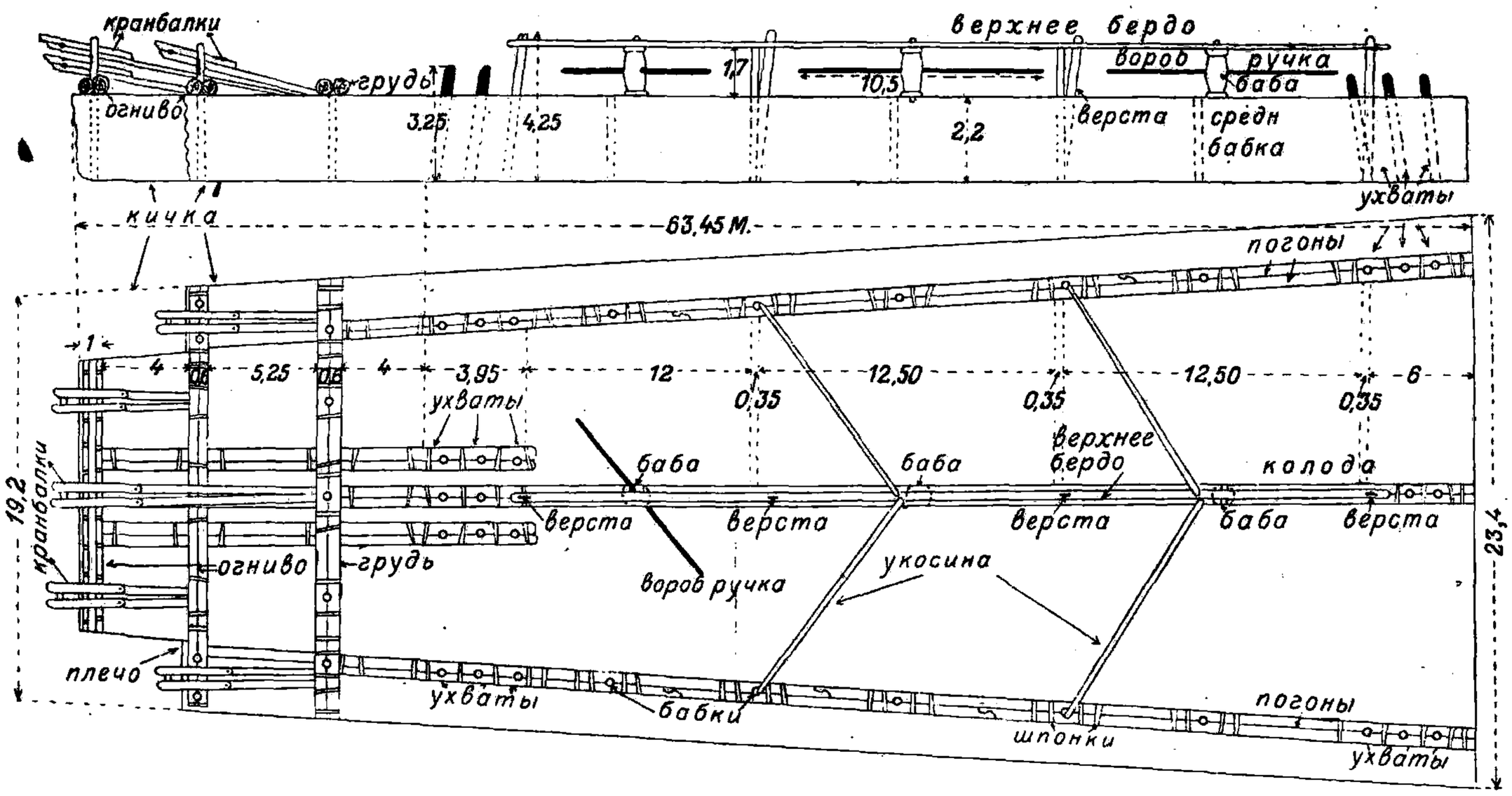
5 челенов: *a*—головка, *b*—гузка, *c*—гребок, *d*—очаг, *e*—шалашка.

Многорядные плоты. Осадка многорядных челенов и целых плотов—0,70—2,00 *м*; при этом от низа плота до самой высокой точки дна реки должен еще оставаться слой воды, так наз. «донный запас», в 0,25—0,50 *м*. Конструкция, размеры в плане и осадка челенов и плотов весьма разнообразны и зависят от глубины, ширины, извилистости, скорости течения и характера берегов и русла реки. Простейшая конструкция многорядных челенов—трех-, четырех- и пятирядные «клетки». Нижний ряд клетки представляет собою однорядный челен, сплоченный на две ромжины под клин, причем бревна в нем укладывают вразмет, т. е. чередуя комли с вершинами. Второй ряд бревен натаскивается на первый поперек и сплачивается на свои ромжины; третий ряд нагружается поперек второго и т. д.; через всю клетку пропускают с нижнего ряда один или два «гужа» (мочальные канаты), к-рые наверху оканчиваются петлями и служат для соединения клеток в ленты и плоты. Широкое применение находят следующие 3 основных типа многорядных челенов. Кошмы представляют собою штабели преимущественно тонкомерного леса (подтоварник, береговые дрова-долготье и пр.), обжатого снизу и сверху 3—4 длинными бревнами (нижние поворы и «жимья»), концы которых стягиваются хомутами из нескольких виц. Обрубы состоят из нескольких венцов обыкновенных бревенчатых срубов, укладываемых на нижние поворы и скрепляемых с ними хомутами из виц; эти обрубы грузятся доверху сплавляемыми лесоматериалами в несколько рядов. К обрубам относятся многорядные челены, именуемые «глухарями», «огородками» и пр., отличающиеся только деталями конструкции. Бабочные заделы кокшагского типа (рр. Большая и Малая Кокшага и другие притоки средней Волги) отличаются от всех предыдущих типов тем, что в них не употребляется вица. Заделы представляют собою бревенчатую раму из верхних и нижних повор, на концы к-рых надевают толстые бревна—«головники» с врубленными в них вертикальными стойками—«бабками». Все части этой рамы соединены врубками, шипами и гнездами с тщательной расклинкой деревянными клиньями. Бревна грузятся в несколько рядов вразмет на нижние поворы и зажимаются верхними поворами и боковыми бабками и навесями. Форма многорядных челенов в плане квадратная или прямоугольная, размеры от 8 × 8 до 12 × × 16 *м*, емкость от 50 до 200 *м*³ плотной массы лесоматериалов. Многорядные челены сводятся в многорядные плоты, к-рые иногда проплывают, как напр. в Волжском бассейне, до 3 000 *км*. Грузовые плоты состоят из челенов (до 80 шт.) и «матки», к-рая представляет собою большой челен особо прочной конструкции, идущий позади всего плота; к матке причаливаются все челены, и на ней сосредоточены все приспособления для управления плотом и помещения для команды. Матки достигают на Волге длины 75 *м*, ширины 24 *м*, при осадке до 2,5 *м*. Емкость матки достигает 1 600 *м*³ плотной массы древесины; в том числе ок. 15% составляет «прислужный» лес; вся остальная древесина является нагрузкой матки. На фиг. 4 указаны названия главных частей матки, а также нек-рые размеры волжской матки. С переходом к металлич. тросам и железным лебедкам размеры маток значительно сокращаются, причем число обслуживающих плот рабочих, достигающее ныне 30—40 чел., также уменьшается почти вдвое. Кроме матки в состав грузового плота иногда входит еще один или два крупных челена—«середыш» или «подматочник», которые однако гораздо меньше матки; на середыше помещаются казенки для рабочих и лоцмана.

Производство плотового сплава. Первоначальный плотовой сплав по малым рекам сводится преимущественно к сплаву отдельных челенов—однорядных и многорядных. Транзитный сплав однорядных плотов производится самосплавом на сравнительно небольшие расстояния, гл. обр. в летний период; в виду опасности такого сплава по крупным рекам. На крупных же реках и при больших расстояниях самосплавом идут лишь многорядные плоты. Управление грузовыми пло-

тами производится при помощи якорей, лотов и рей. Якоря служат для остановки плота. Применяются железные двухлапые якоря, весом до 2 500 *кг;* кроме того на плотах пользуются небольшими «рысковыми» якорями, к-рые завозятся в лодке в сторону

Волжская матка



Фиг. 4.

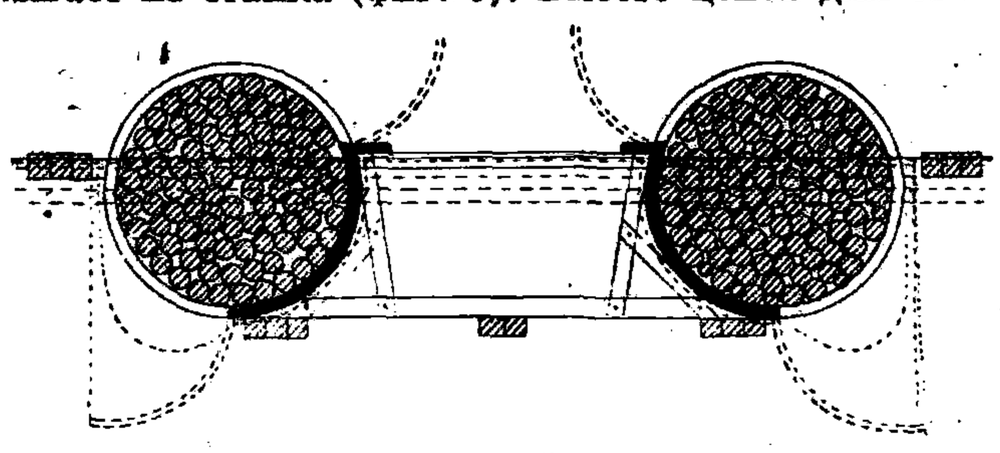
от плота и при помощи рыскового каната способствуют отклонению плота в нужном направлении. Л о т представляет собою чугунный параллелепипед с выступами («шишками») и железным кольцом для вчалки канатов; вес чугунных лотов—от 1 500 до 5 000 *кг*. На матке обычно устанавливаются два или три лота, прикрепленные к ухватам матки канатами. Лоты служат для замедления хода плота и для изменения направления его движения, что достигается удлинением или укорачиванием одного из прикрепленных к ним канатов. Для подъемов лотов и якорей служат устанавливаемые на матке деревянные вороты (воробы). Во избежание опасности для жизни рабочих при внезапном обратном развороте шпилей воробы д. б. снабжены стопорными приспособлениями. Р е и, плавающие рули, представляют собою плоские деревянные бревенчатые рамы длиною 15—20 *м*, обшитые вертикально досками на глубину, равную осадке матки; реи привешиваются с каждого борта плота по 3—4 штуки—к матке, к среднему и переднему челенам. Давлением течения реки на реи плот, идущий на лотах, отклоняется в ту или другую сторону.

Для ускорения сплава плоты, как однорядные, так и многорядные, буксируют специальными *буксирными пароходами* (см.). В нек-рых случаях буксирные пароходы служат не столько для тяги плотов, сколько для управления ими во время сплава. Буксируемые однорядные плоты на Волге, Каме и Вятке соединяются в возы длиною от 200 до 300 *м* и шириною от 20 до 55 *м*. На Сев. Двине буксируются однорядные плоты, содержащие от 10 000 до 23 000 шт. бревен кубатурой от 3 500 до 8 000 *м*³. Многорядные плоты при буксировке соединяются по 2—4 вместе, образуя караваны, кубатурой до 20 000 *м*³ плотной массы леса (например на участке от пристани Соколки на Каме до Сталинграда и Астрахани). Нормы буксировки в среднем таковы: для однорядных плотов—25—30 *м*³ леса и для многорядных—до 60 *м*³ на 1 HP_i парохода; буксирные пароходы бывают мощностью от 100 до 500 HP_i.

Механизация сплотки. За границей сплотка бревен на воде для буксировки плотов по озерам или по морям механизируется различными способами.

1) Ц е п н а я с п л о т к а в Швеции, Финляндии и США производится путем связывания бревен цепями в пучки или же в целые сигарообразные плоты. Главное преимущество цепной сплотки состоит в отсутствии прислужного леса и виц, ускорении работы и значительном уменьшении потребной рабочей силы. Плоты, связываемые цепями, имеют в станках круговое сечение, но при свободном плавании уплотняются и приобретают более плоскую эллиптич. форму сечения.

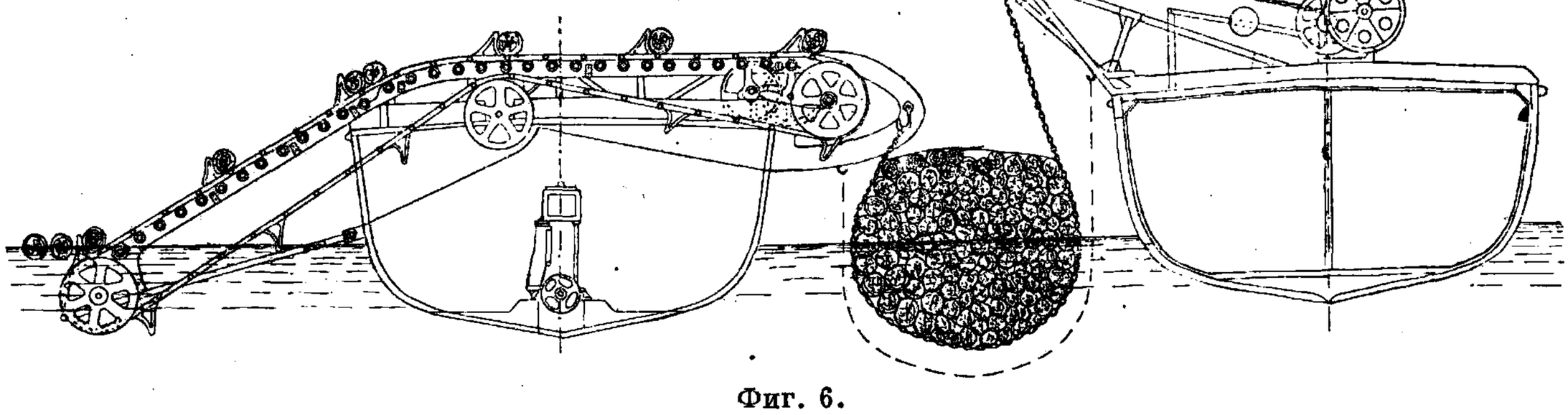
2) Цепная сплотка п о с и с т е м е Л а р с о н а в Финляндии производится вручную, в особых станках. Станок состоит из двух брусчатых соединенных между собой деревянных поплавков, на которых закреплены два разъемных железных кольца. Кольца из железных труб диаметром 5 *см* состоят из трех частей на петлях и с задвижками; диаметр колец должен соответствовать допустимой осадке при сплаве пучков. Бревна натаскиваются баграми в кольца, которые по мере наполнения погружаются с поплавками в воду. После загрузки бревен пучок связывают двумя цепями, к-рые затягивают и скрепляют замками. Затем кольца открывают, и пучок выплывает из станка (фиг. 5). Вместо цепей для связки



Фиг. 5.

бревен в пучки можно употреблять стальные тросы или железные прутья. Из пучков формируют плоты шириной в несколько пучков (в среднем 8) и длиной до 25 пучков, в зависимости от ширины и извилистости фарватера. Пучки в плоту связывают вдоль и поперек цепями. Станки Ларсона бывают и двойные.

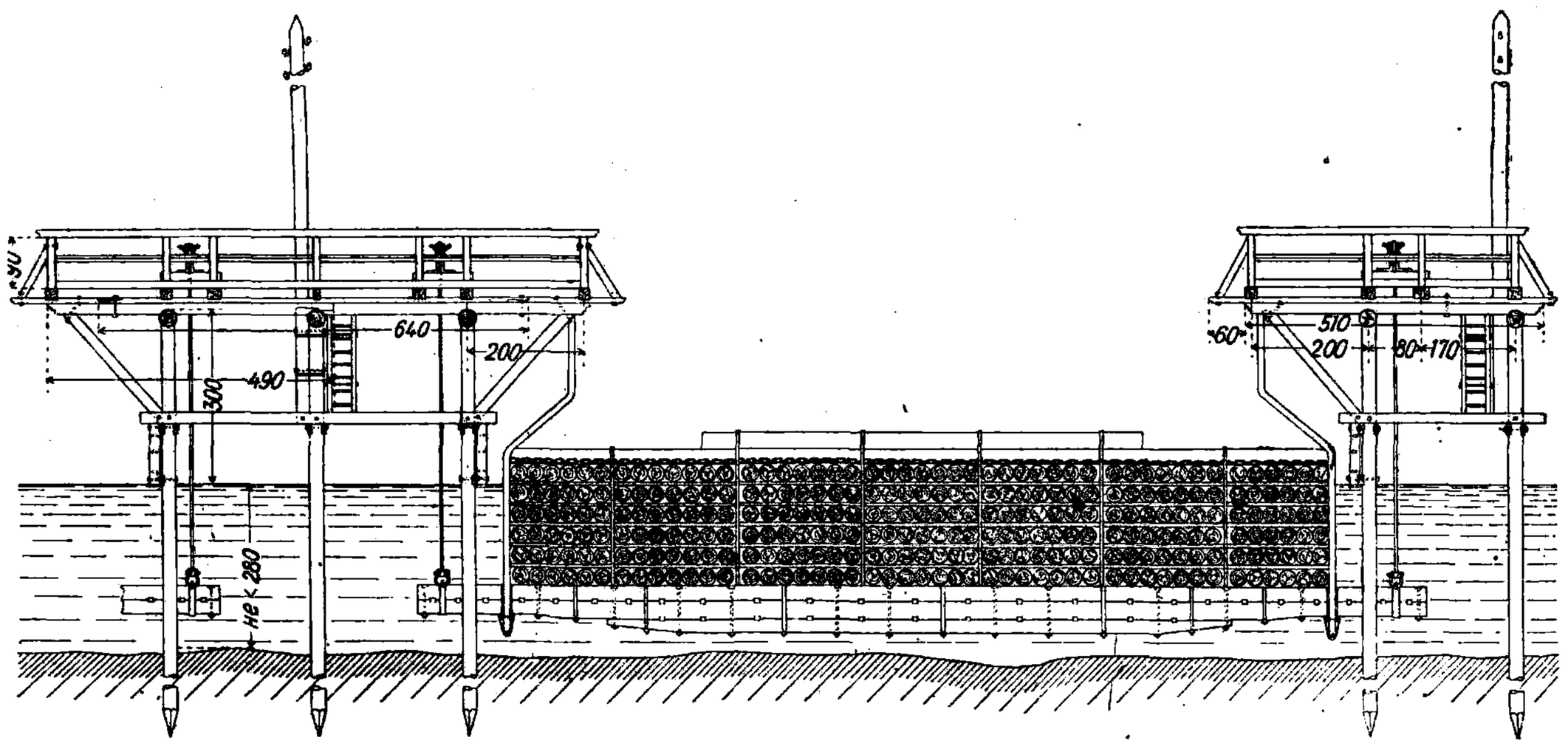
3) Цепная сплотка по системе Нильсена производится погрузкой бревен при помощи поперечного элеватора, приводимого в движение паровой машиной. Агрегат Нильсена состоит из двух судов. На одном установлен элеватор, паровой котел и паровая машина в 14—16 HP, приводящая в движение элеватор, гребной вал и винт судна, а на другом, скрепленном с первыми двумя поперечными железными балками,—две ручные лебедки для натяжения рабочих цепей, прикрепленных к элеватору (фиг. 6). На эти цепи, в промежуток между



Фиг. 6.

судами, подаются элеватором бревна. После накатки 50—80 бревен пучок связывают по концам цепями и опускают в воду; плот составляется из 200—220 таких пучков. По финским данным цепная сплотка дает свыше 40% экономии сравнительно с другими способами.

4) Сплотка по системе Альберта, испытываемая теперь в СССР, заключается в том, что бревна грузятся в особом станке на две постепенно погружаемые в воду балки (фиг. 7). Сверху



Фиг. 7.

бревна грузят поперек плота. Кроме обвязывающих плот цепей имеются тросы, скрепляющие плот в нескольких местах по всей высоте, от цепи к цепи.

5) В начальных пунктах транзитного сплава производится переплотка однорядных плотов в двухрядные, трехрядные и т. д. При этом большую часть однорядок распускают и бревна вручную баграми натаскивают во второй, третий и т. д. ряды на однорядные поддоны или решетки. Эта операция весьма длительна, требует значительной затраты рабочей силы и часто задерживает транзитный сплав до глубокой осени. Для механизации переплотки спроектированы два типа станков для сдваивания и страивания целых однорядок. Станки первого типа утапливают однорядки тягой их снизу через блоки лебедками; затем на утопленную однорядку наплывает вторая, которую скрепляют проволокой с первой; после утопления первых двух на них наплывает третья. Станок второго типа, наоборот, поднимает из воды целый однорядный челен и затем опускает его на подплывающий под него однорядный или двухрядный челен.

6) Плоты цепной сплотки для буксировки по морю начали строить в США уже в 1885 году, в настоящее время они достигают весьма больших размеров и буксируются на большие расстояния. Океанские плоты в Америке можно отнести к двум основным типам: плот Девиса и плот Бенсона. Плоты Девиса строят без применения специальных сплоточных станков в таких водах, где целости и долговечности свай, а также прочих деревянных частей станков угрожает морской червь (toredo). Плоты Девиса устраивают на основании из бревен, перевязанных по краям цепями или тросами. После погрузки на это основание нескольких рядов бревен их охватывают поперек цепями, прикрепленными к основанию. При размерах основания 21×45 *м* кубатура плота равна около 1 800 $м^3$ плотной массы. Плоты Бенсона строят сигарообразной формы, длиной от 200 до 300 *м*, шириной 15—18 *м* и высотой в центре до 10 *м*, при осадке до 8 *м*. Таких размеров плоты содержат от 12 000 до 18 000 $м^3$ плотной массы древесины, и ежегодно по несколько десятков этих океанских плотов буксируются от устья реки Колумбии до Сан-Диего и Калифорнии, на расстояние ок. 2 000 *км*. Сплотка производится в станках, укрепленных на сваях на глубокой воде. Погрузка леса в станки производится пловучим краном. Обвязочные цепи из 40-*мм* железа окружают плот через каждые 3,5 *м* и затягиваются паровой лебедкой с системой блоков. После этого откидывается одна стенка сплоточного станка и плот соскальзывает в воду. Буксировка может производиться за любой конец плота. Сплачиваемые бревна м. б. разных размеров, но при большей длине бревен плот приобретает бо́льшую прочность и может лучше противостоять океанской волне. На верх плота часто погружают еще груз из мелких сортиментов лесных материалов. Длительность плавания на 2 000 *км*—ок. 20 суток. На плоту помещаются два фонаря, горящие непрерывно без заправки во все время пути.

Рационализация сплава. Расчет сплавопропускной способности рек. Суточная пропускная способность молевого сплава n определяется из ф-лы:

$$n=(24\cdot 60\cdot \alpha)\cdot\left(B\cdot\frac{\pi D}{4}\cdot\beta\right)v\cdot k,$$

где α—коэф. использования суток, который напр. при работе в течение 18 часов равен

0,75; B—ширина реки в *м*; $\frac{\pi D}{4}$—кубатура бревен среднего диаметра D *м* на 1 *м*² поверхности реки при сплошном ее заполнении бревнами; β—коэф. заполнения, равный отношению фактич. кубатуры моли на 1 *м*² поверхности реки к кубатуре ее при сплошном заполнении; v—средняя скорость течения реки в *м/мин*; k—коэф. скорости движения моли по отношению к скорости течения, колеблющийся в пределах от 0,1 до 1. Наблюдения показали, что β уменьшается при увеличении скорости движения моли; величина β изменяется в среднем в пределах 0,1÷0,5.

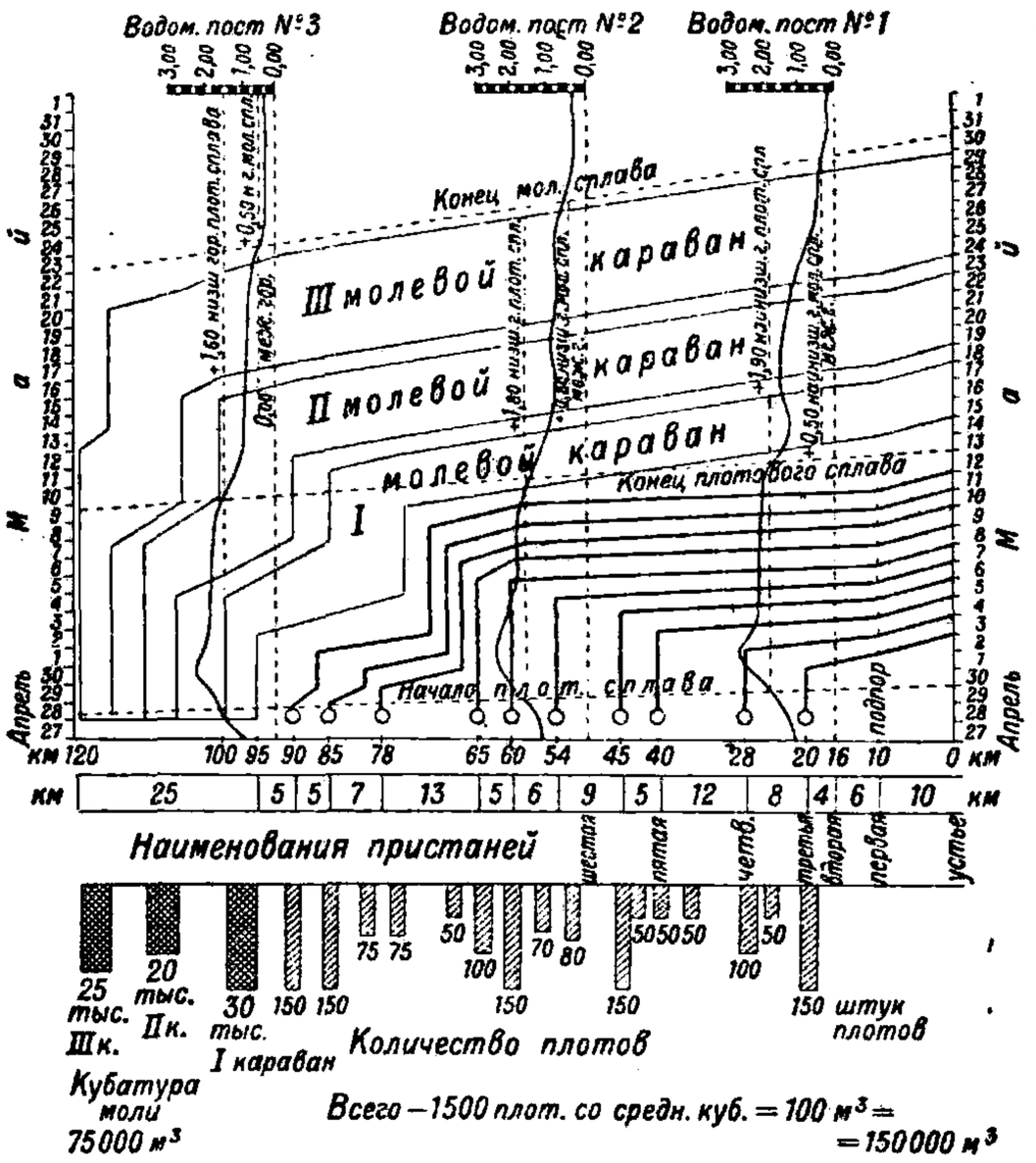
Суточная пропускная способность реки при плотовом сплаве

$$n=(24\cdot 60\cdot \alpha)\cdot\frac{v\cdot k}{L}\cdot q,$$

где k—коэф. скорости движения плотов, L—среднее расстояние между плотами, q—средняя кубатура одного плота. В этой формуле значение коэф-та k также варьирует в пределах от 0,1 до 1. Следует заметить, что в настоящее время не имеется достаточно определенных величин для коэф-тов k и β для отдельных размеров и видов сплавных путей, вследствие чего они подлежат установлению для каждой реки путем детальных обследований водн. режима и наблюдений за сплавом.

Организация наблюдений над водн. режимом рек и над сплавом. Наблюдения эти необходимы для установления пропускной способности реки и для составления проекта мелиорации реки и проекта рациональной организации сплава. Для организации наблюдений имеется ряд инструкций, составленных разными органами, как например Управлением лесами НКЗ РСФСР, Управлением сплава древесины при ВСНХ РСФСР и Всесоюзным научно-исследоват. ин-том древесины. На основании наблюдений устанавливаются основные данные, характеризующие реку и сплав по отдельным участкам ее и для самых затруднительных для сплава пунктов, а именно: 1) максимальные, минимальные и средние высоты и длительность весенних половодий и меженних и осенних горизонтов воды, что дает возможность установить продолжительность сплавных периодов для моли и плотов и осадку последних, предельные размеры плотов и бревен в зависимости от ширины реки, радиусов закруглений и т. п. по участкам; 2) скорости течения реки и скорости движения плотов и моли, расстояния между плотами и промежутки времени между пуском плотов с пристаней, а в отношении моли—густота движения ее или коэф. заполнения реки; 3) состояние русла и берегов реки и подлежащие устранению препятствия для весеннего и меженнего сплава; 4) вместимость пристаней и распределение по ним древесины по тяготению лесосек; 5) организация рабочей силы на сплаве, распределение ее по видам сплавных работ и по участкам реки и нормы ее расходования на отдельные виды сплавных операций; 6) все прочие условия сплава, как напр. вопросы снабжения снастями, такелажем, инвентарем, жильем и продовольствием рабочих. Все указанные данные обрабатываются в виде ведомостей, таблиц и графиков установленной формы, которые в результате дают фактич. сплавопропускную способность реки в современном ее состоянии, а также позволяют составить конкретный план мелиорации и организации сплава с увеличенной пропускной способностью. Ниже приводится пример составления проектных сплавных графиков плотового и молевого первоначального сплава для небольшой реки со сплавной длиной ок. 100 *км*, но с пропускной способностью до 150 000 *м*³ плотового и 75 000 *м*³ молевого сплава.

Проектный график № 1 (фиг. 8) совмещает в себе три графика: 1) график распределения древесины в плотах и моли по пристаням; на оси абсцисс отложены расстояния от устья до отдельных пристаней в *км*, а по оси ординат вниз—количество и кубатура плотов и моли, сосредоточенных по пристаням; 2) график движения плотов (по караванам) и моли; по оси абсцисс отложены расстояния от устья, по оси ординат вверх—время сплава в сутках; ход плотов изображен ломаными линиями, наклонные отрезки к-рых представляют движение, а вертикальные—стоянки плотов; 3) третий график—наложенные на первый график кривые колебания горизонтов воды по трем водомерным постам—близ устья, в середине и близ верховьев реки; на этих графиках осями абсцисс является ось ординат (времени), а ординаты высот воды откладываются в самостоятельном масштабе; на графиках колебания горизонтов



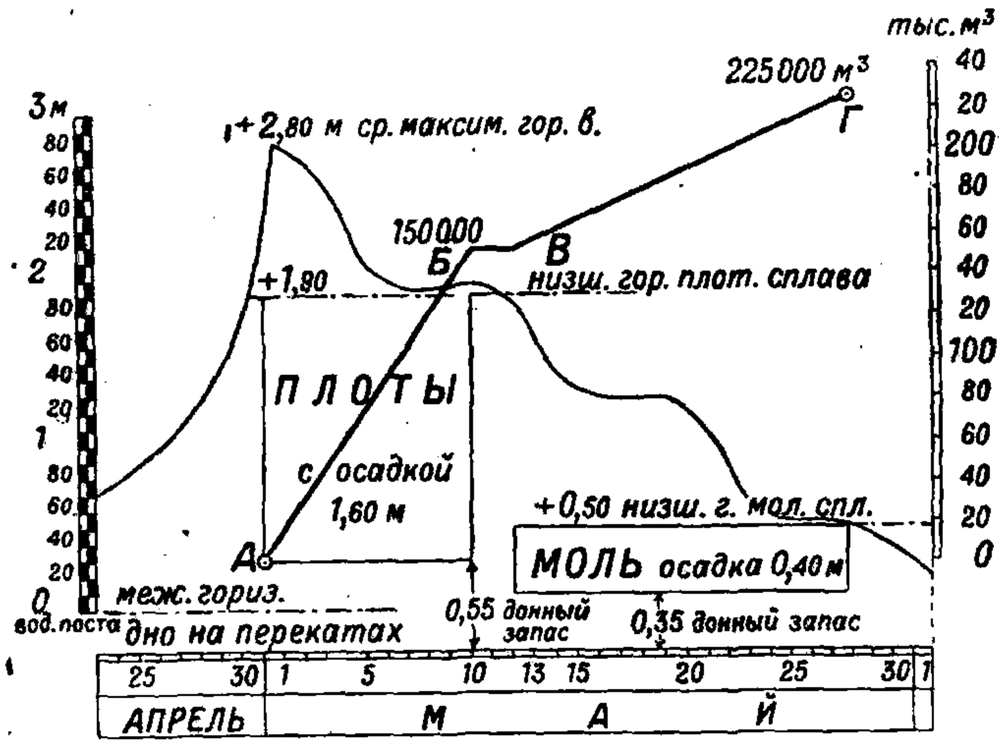
Фиг. 8. Основания для построения графика.

Плоты нижнего пояса: осадка—1,60 *м*, донный запас 0,3 *м*; плоты среднего пояса: осадка—1,40 *м*, донный запас 0,4 *м*; плоты верхнего пояса: осадка—1,10 *м*, донный запас 0,5 *м*.

Средн. промежуток времени между пуском плотов—5 минут; число рабочих часов в сутки: для пуска—12 час., по 150 плотов в сутки; средняя скорость плотов—3,5 *км/ч*; наибольшее расстояние—50 *км*—16 часов хода; средн. скорость движения головы и зачистки моли—15 *км* в сутки. Пропускная способность реки—4 000—7 000 *м*³ молевого сплава в сутки. Заполнение реки не свыше 2 000 *м*³ на 1 *км*.

нанесены наименьшие горизонты, при к-рых возможен плотовой и молевой сплав (при соответствующих осадках плотов и донных запасах по участкам реки); эти горизонты дают пределы сплава по времени. На самом графике указаны те величины, к-рые послужили основанием для составления проекта плотового сплава; по этому проекту в течение 10 дней сплавляются 1 500 плотов общей кубатурой 150 000 *м*³. Молевой сплав дан на графике в виде трех караванов—в 30 000, 20 000 и 25 000 *м*³. Ломаными линиями указаны ход головы и зачистки каждого каравана, причем расстояние между линиями в горизонтальном направлении указывает на растянутость каравана по реке, а в вертикальном—время (число суток) прохождения каравана через определенное сечение реки.

График № 2 (фиг. 9) представляет собою пропускную способность реки для Л. и стро-



Фиг. 9.

ится как результат проекта сплава по графику № 1. На графике № 2 изображены средняя за ряд лет кривая колебаний горизонтов воды на нижнем водомерном посту реки и соответствующие длительности и объемы плотового и молевого сплавов. Ломаная линия *АБВГ* представляет собою суммарную пропускную способность в устье реки по дням сплава, к-рая за весь навигационный период достигает 225 000 *м*³.

Организация рабочей силы на сплаве. Пропускная способность реки м. б. повышена увеличением количества рабочей силы, обслуживающей сплав; однако этому увеличению ставятся жесткие пределы экономикой сплава. Поэтому чрезвычайное значение имеют вопросы правильного использования рабочей силы и результатов ее учета при проведении наблюдений за сплавом. Хронометраж отдельных сплавных операций позволяет установить средние нормы расходования рабочей силы, причем результаты этого хронометража изображаются обычно графиками. Наблюдения показывают, что на величину расхода рабочей силы чрезвычайно сильно влияет не только квалификация рабочих, но и длительность прикрепления их к определенной работе и к определенному пункту на реке. Распределение рабочей силы по дням сплава, по работам и по длине реки изображается также графически и дает возможность ясно обнаружить все непроизводительные простои и другие неправильности использования рабочей силы.

Для рационализации распределения рабочей силы по сплавным работам во многих случаях возможно расчленить сплав на отдельные операции с прикреплением рабочих не к караванам или группам плотов или мол и, а к определенным пунктам на реке; при этом на сплаве вводится своего рода конвейерная система, при к-рой сплавляемая древесина движется по водному пути, переходя от одной команды рабочих к другой, для чего вся река разделяется на участки. До последнего времени на сплаве был принят и узаконен т. наз. «бытовой» рабочий день, длительностью до 12 час., с соответствующим повышением поденной заработной платы до 100%. Однако наблюдения показывают, что такой длины рабочий день фактически бывает только в единичных случаях, гл. образ. при авариях, в среднем же рабочий день отдельных рабочих на сплаве не превышает 9 час. Поэтому введение по плану регулярной двухсменной работы с фактической продолжительностью рабочего дня одной смены в 8 или 9 часов в большинстве случаев уменьшает расход рабочей силы на единицу работы.

Связь на первоначальном сплаве. Для возможности проведения сплава по заранее твердо проработанному плану необходима совершенная организация постоянной связи вдоль по реке между заведующим сплавом и подчиненными ему участковыми производителями работ и отдельными десятниками. Хорошая связь позволяет своевременно оповещать нижние участки реки о движении паводка или об убыли воды в верховьях, устанавливать последовательность пуска плотов, передавать распоряжения о своевременной переброске рабочей силы с одних участков на другие в случае аварий или непредвиденных затруднений и вообще ежедневно иметь полную и точную картину прохождения сплава по реке в соответствии с намеченным планом. В последнее время для связи получает все большее и большее распространение установка телефонов. Однако 1 *км* телефонных линий с аппаратами и пр. стоит не менее 150—200 руб., и следовательно телефонизация сплавных путей все же обходится довольно дорого. Поэтому на очереди стоит установление связи на сплаве путем устройства простых радиоприемников и радиопередатчиков, к-рые при требующихся малых радиусах действия стоят значительно дешевле телефонов.

Администрация и законодательство по сплаву древесины. Административно-инспекторское руководство на сплавах осуществляется ВСНХ РСФСР через Управление сплава, которое на местах имеет начальников сплавных районов, объединяющих руководство сплавом на бассейнах главных сплавных рек с притоками. Деятельность Управления сплава регламентируется «Положением о сплаве древесины», утвержденным СТО 27/VII 1929 г. (в отмену «Положения о сплаве» от 3/VIII 1926 г.). При Управлении сплава находится Совет по делам сплава с участием представителей от наркоматов и ряда других учреждений. В сплавных районах ежегодно созываются сплавные совещания лесозаготовителей, обсуждающие все основные вопросы по проведению сплава. Мелио-

рация сплавных путей регулируется междуведомственными комиссиями из представителей ВСНХ, НКПС и Управления лесами НКЗ. На судоходных путях транзитный сплав производится под надзором Управления внутренних водных путей в лице Судоходного надзора. На внутренних водных путях действуют «Правила плавания по внутренним водным путям» и «Правила сплава леса по внутренним водным путям», объявленные в приказах НКПС от 18 и 19 мая 1926 года; в развитие последних правил в каждом сплавном районе издаются правила сплава для бассейна каждой крупной реки, с учетом всех местных особенностей.

Экономика. Для СССР Л. имеет огромное значение, так как в областях, наиболее богатых лесом, имеется развитая сеть крупных и мелких водных путей, позволяющая с очень малыми затратами перебрасывать древесину на огромные расстояния, а равно вести лесоразработки вглубь лесных массивов. Весь объем Л. по рекам Европейской России (в старых границах) в 1913 г. равнялся ~34 млн. $м^3$ плотной массы древесины, считая в том числе 8 млн. $м^3$ дров. По данным Управления сплава СССР, в 1928 г. общая кубатура Л. по Европейской части СССР равнялась 34,1 млн. $м^3$, включая в это число и 15 млн. $м^3$ дров. По пятилетнему плану, на 1932/33 год объем лесосплава намечается в размере свыше 100 млн. $м^3$ плотной массы.

Из стран З. Европы Л. имеет большое значение для Швеции, Норвегии и Финляндии, где он достиг высокого технич. совершенства. В США сплав получил значительное распространение по верхней части р. Миссисипи и ее притокам.

Тяга плотов и кошелей варповальными лодками. Для перемещения сплавляемой древесины по участкам стоячей воды на небольшие расстояния в несколько *км* применяется вместо буксировки искусственная тяга во́ротами и лебедками людской, лошадиной и моторной силой. Такими участками являются гл. обр. большие и малые озера и устья сплавных рек в пределах подпора, образуемого подъемом воды в главной реке, в к-рую впадает сплавной приток. По стоячей или с очень медленным течением воде перетягиваются плоты или молевая древесина в кошелях, т. е. в пловучих запанях, состоящих из ряда соединенных между собою звеньев из одного, двух и более бревен. В Финляндии и Швеции нашли широкое применение т. н. варповальные лодки с во́ротами или лебедками; плоты или кошели притягиваются длинными тросами к этим лодкам, поставленным на якорь или причаленным к свайному кусту или к какой-либо другой постоянной опоре. Простейший тип варповальной лодки—деревянная лодка с установленным на ней деревянным воротом. Лодки применяются длиною 6—7 *м* с железной оковкой по килю и бортам, на носу и корме. Деревянный ворот, диам. 15—20 *см*, имеет железные опорные валики (цапфы), опирающиеся на простые железные упоры, установленные на бортах лодки; ворот имеет стопорное приспособление в виде храпового колеса, с собачкой. Ворот вращают при помощи 4 деревянных ручек. На корме лодки устраивается приспособление для направления буксирного троса, состоящее из одного горизонтального и двух вертикальных роликов. Более усовершенствованным устройством является установка на лодке обыкновенной железной л е б е д к и с одной или двумя передачами. Лебедки должны иметь небольшой вес—около 100 *кг* и давать силу тяги до 1 *т*. Якоря для этих лодок употребляют весом 25—40 *кг*, многолапные, двухлапные или однолапные. Последние очень удобны и могут применяться, если дно не твердое и не каменистое. Варповальные лодки с лебедкой могут перетягивать по озерам, при отсутствии встречного ветра, до 3 000 $м^3$ древесины. Для тяги по большим озерам и при наличии ветров сооружают плоты с вертикальными шпилями для конной тяги (к о н н ы й к а б е с т а н—с одной или двумя лошадьми). Якорь завозят на расстояние 500 *м* (и более) и к нему подтягивают кабестан с причаленными к нему плотами или кошелем. Буксир применяют из смоляного каната ∅ 76÷99 *мм* или стального троса ∅ 12 *мм* и завозят вперед на особой лодке.

М о т о р н ы е в а р п о в а л ь н ы е л о д к и финского типа применяют с моторами мощностью от 5 до 25 HP. Мотор приводит в движение или лебедку или гребной винт лодки. На фиг. 10 показана финская варповальная моторная лодка с мотором в 10—12 HP.

Т а б л. 1.—О с н о в н ы е р а з м е р ы и х а р а к т е р и с т и к и ф и н с к и х м о т о р н ы х в а р п о в а л ь н ы х л о д о к.

Характеристики		Числовые данные		
Мощность, HP		5—7	10—12	20—25
Сила тяги, *кг*		2 500	3 500	5 400
Объем буксир. воза, $м^3$		3 000	5 000	7 000
Скорость движения троса, *км/ч*		0,6—0,9	0,8—1,4	1,0—1,8
Размеры корпуса в *м*	длина	6,7	8,0	9,6
	ширина	1,8	2,1	2,5
	осадка	0,4—0,5	0,5—0,6	0,7—0,8
Вес в *кг*	корпуса	1 250	1 870	3 920
	мотора	400	480	580
	лебедки	250	350	500
	лодки с мотором и лебедкой	1 900	2 700	5 000
Трос	длина, *м*	550	800	800
	диаметр, *мм*	10	12	14

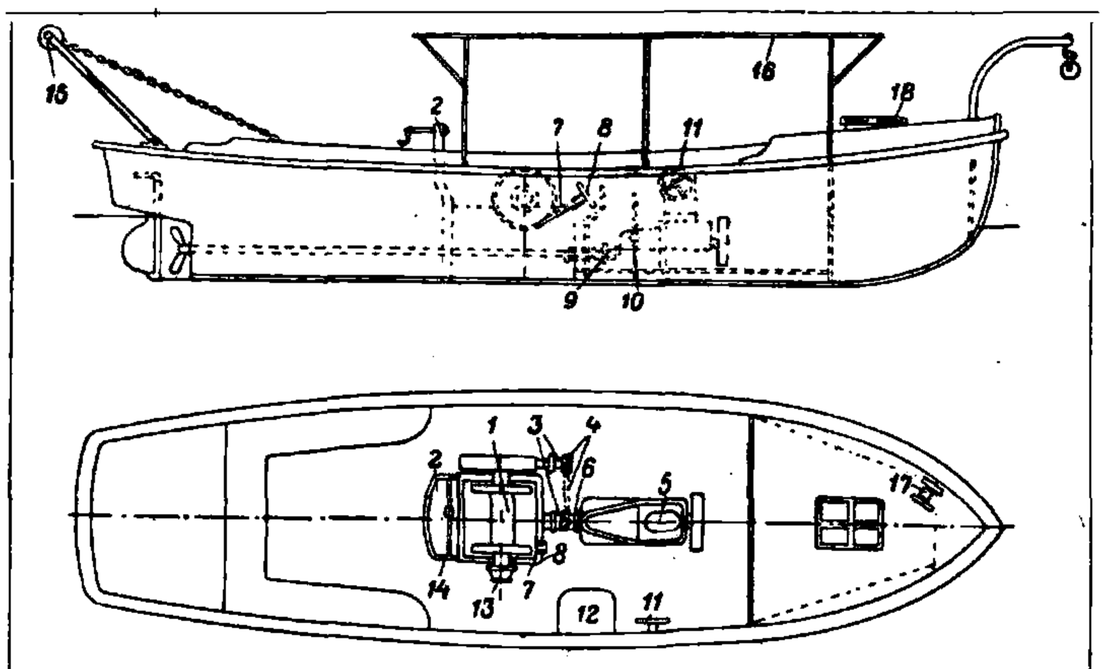
В табл. 2 приведены опытные данные по сравнению стоимости разного вида тяги в Карелии.

Т а б л. 2.—О п ы т н ы е д а н н ы е с т о и м о с т и р а з н о г о в и д а т я г и в К а р е л и и.

Вид тяги	Размер воза, шт. бревен	Скорость движения, *м/ч*	Стоимость 1 $м^3/км$ в коп.
Ручная	8 000	324	0,33
Конная	9 500	306	0,15
Варповальной лодкой	8 000	864	0,03

Буксировка пароходом может производиться значительно быстрее варпования, но для этого требуются пароходы значительн. мощности, к-рые во многих местах неприменимы

и удорожают работу. Между тем скорость при малых расстояниях не играет особой



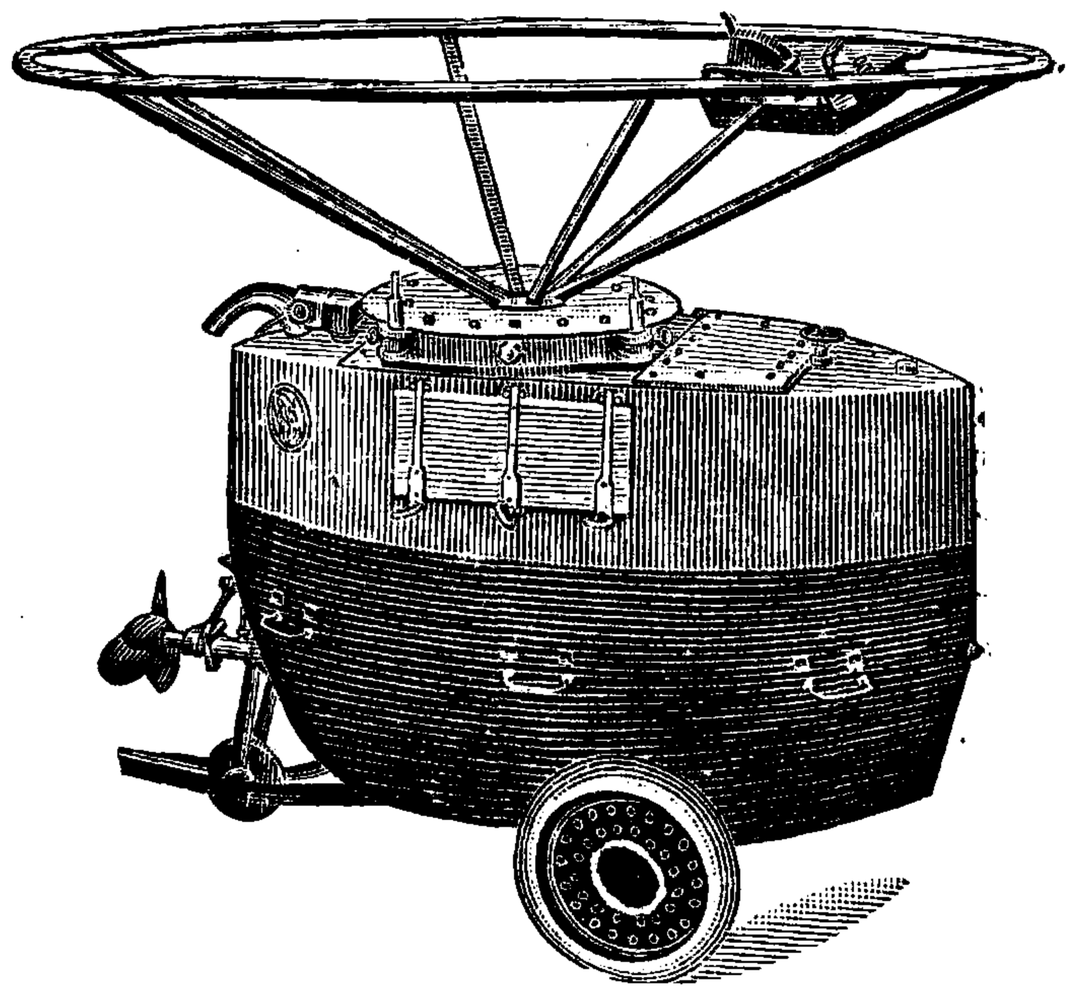
Фиг. 10. *1*—варповальная лебедка; *2*—буксирное приспособление с крюком; *3*—цепная передача для большой скорости работы; *4*—цепная передача для меньшей скорости работы; *5*—мотор; *6*—цепь, передающая работу мотора на варповальную лебедку; *7*—тормозной барабан; *8*—винт ленточного тормоза; *9*—сцепление вала мотора с лебедкой; *10*—сцепление мотора с винтом лодки; *11*—рулевое колесо; *12*—сидение машиниста; *13*—шкив для троса якоря; *14*—распределитель троса; *15*—съемное приспособление для подъема якоря; *16*—легкая крыша; *17*—лебедка для якоря.

роли, а скорость более 3 *км/час* вообще невозможна для тяги кошелей, т. к. при этом лес выплывает из них.

Лит.: Водарский Е. А., Лесосплав, М., 1923; Труфанов А. А., Очерк главных сплавных рек и транспортирования древесины Казанского края, Казань, 1923; его же, Очерк лесосплава на реках Кокшайского лесного массива, Казань, 1924; Пермяков Н. А., О расчетах и изысканиях лесосплавных путей, Москва, 1926; Никольский В. Р., Сплав россыпью и устройство запаней по речкам горного характера, Свердловск, 1926; Цветков Н. В. и Скороходов Я. П., Плотовой сплав в Волжском бассейне, М.—Л., 1929; Записной И. И., Практика лесозаготовок и лесосплава, Москва, 1927; Орлов В. И., Эксплоатация речного транспорта, М., 1928; Мелиорация марийских сплавных рек, М., 1928; «Вестник Всес. научно-исследовательского ин-та древесины», М.; «Лесопромышленное дело», Москва; «Лесное хозяйство и лесная промышленность»; Ekman W., Handbok i Skogsteknologi, Stockholm, 1922; Näslund O. J., Flottningsmateriel och Flottledsbyggnader, Stockholm, 1915; Oksala A., Uitto ja lauttaussekä uittorakentelt, Porvoo, 1926; Bryant R. C., Logging, New York, 1923; Stewart J. F., Manual of Forest Engineering and Extraction, London, 1927; «Flottinungs-Tidskrift», Stockholm; «Zeitschrift für Binnenschiffahrt», Berlin; «Proceedings of the American Society of Civil Engineers», New York; «Engineering News Record», New York.

Г. Арнштейн.

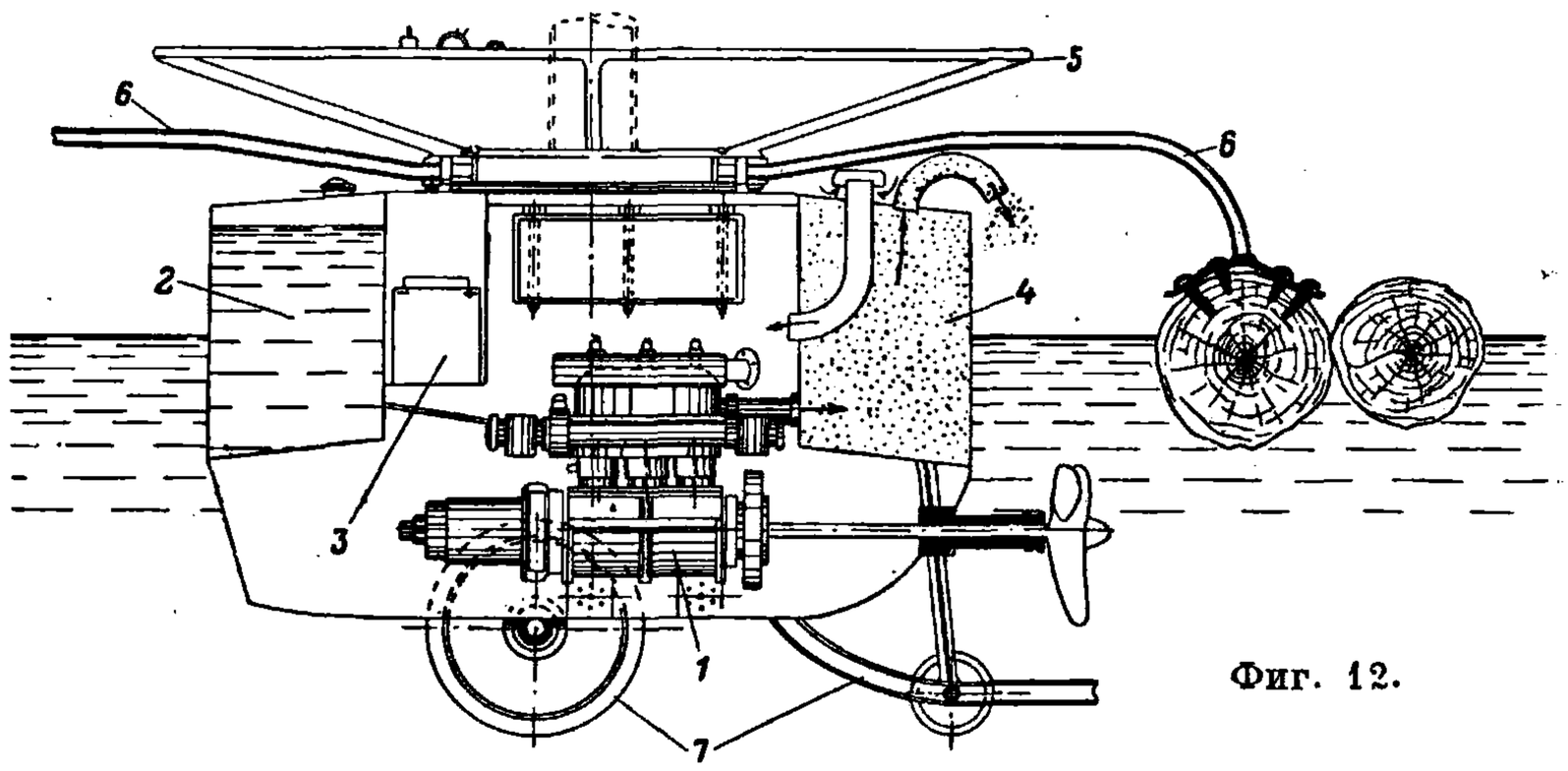
Лесосплавный водяной трактор. Для буксировки плотов применяется также водяной трактор, представляющий собою забортный двигатель, установленный в отдельном, независимом от буксируемого сооружения, небольшом корпусе. Приводится в движение трактор керосиновым или бензиновым мотором автомобильного типа. Общий вид трактора и его продольный разрез показаны на фиг. 11 и 12. Корпус обычно делают из сварных железных листов. В корпусе помимо двигателя *1* размещаются: топливный бак *2*, батарея *3*, глушитель *4*. Охлаждение двигателя производится забортной водой. Все управление двигателем вынесено наружу трактора и размещено на штурвале *5*, закрепленном неподвижно на палубе трактора или на рычаге управления. Пуск двигателя производится или от руки, при помощи рукоятки, выведенной наружу корпуса, или же стартером. Перемена направления движения трактора достигается поворотом на 180° всего корпуса; руля не имеется, и управление трактором совершается поворотом его на требуемый угол. Крепление трактора к буксируемому объекту (судно, плот и т. д.) осуществляется особыми тягами *6*, дающими возможность вращать трактор на 360° в обе стороны при помощи указанного штурвала *5* или рычага управления. Способ крепления трактора к плоту показан на фиг. 13. Рулевой помещается на буксируемом объекте. Вес трактора зависит от мощности двигателя и



Фиг. 11.

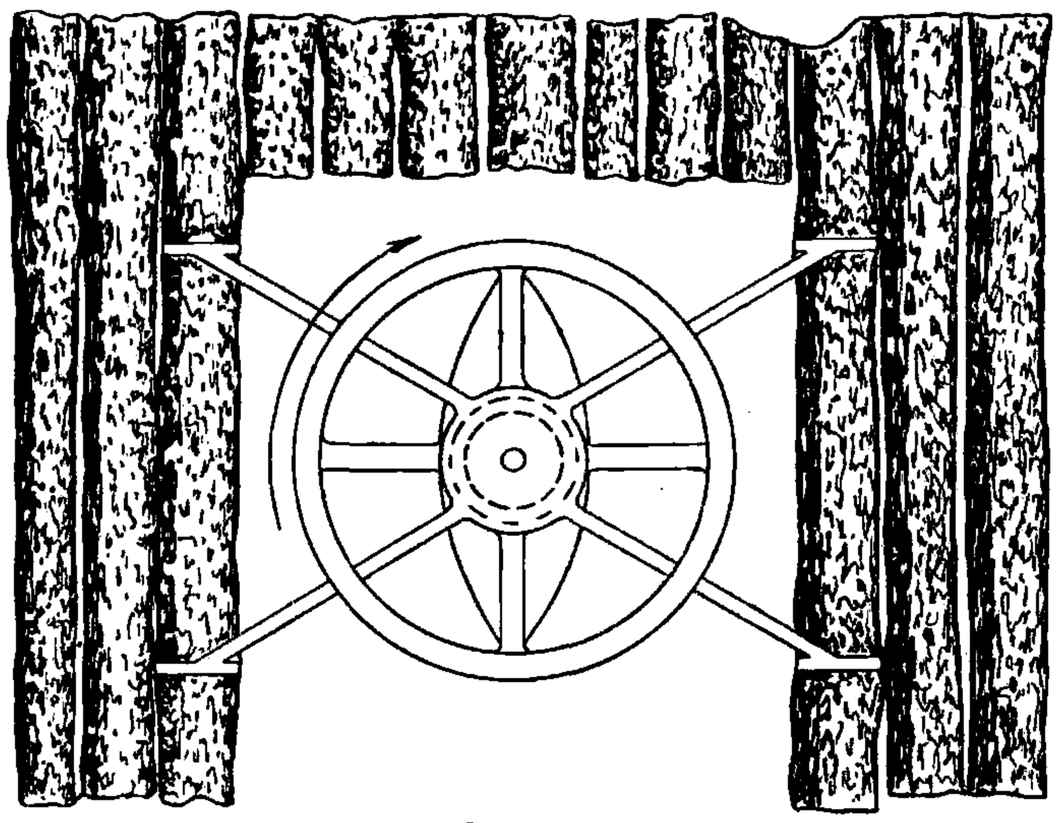
при мощностях в 20—25 HP не превосходит 300—350 *кг*, что позволяет легко перевозить его на большие расстояния. На короткие расстояния трактор можно перекатывать вручную, для чего служат имеющиеся с боков и в корме колеса *7*. Для уменьшения сопротивления движению при буксировке на воде боковые колеса делаются съемными.

Помимо бензиновых и керосиновых двигателей на водяных тракторах нередко устанавливаются паровые турбины мощностью до 75 HP. Котельная установка в этом случае выносится на особый плот, на к-ром на-



Фиг. 12.

ходится также команда, запас топлива (дрова, торф) и управление трактором. Имеется автоматич. регулировка равновесия трактора при меняющейся нагрузке котельного



Фиг. 13.

плота по мере расходования топлива. Водяной трактор может применяться для буксировки плотов, понтонов, при сплаве леса и т. п. В связи же с его небольшой осадкой (400—600 *мм*) он особенно ценен для мелководных рек. Изменяя способ крепления, его можно приспособить для буксировки баржей и парусных судов. **К. Горбунов.**

ЛЕСОСПЛАВНЫЕ ПУТИ, реки, озера, моря, искусственные каналы и лотки, по к-рым производится сплав леса.

Классификация сплавных путей. Все сплавные пути СССР, в соответствии с видами и способами применяющегося на них сплава, м. б. разделены на три группы: 1) транзитные пути сплава, 2) полутранзитные пути сплава и 3) первоначальные пути сплава. К транзитным путям сплава относят реки и озера, имеющие характер магистралей водного транспорта. По транзитным путям м. б. сплав дальнего следования (по Волге напр. практикуется сплав на 2 000 *км* и более) и местный—в пределах отдельных участков путей. Виды сплава, применяющиеся на этой группе путей,—плотовой и судовой. Способы сплава—самосплав и сплав с искусственной, главным обр. механич. тягой. К полутранзит. путям сплава следует отнести реки и озера, по к-рым только в весенний период возможен сплав в грузоединицах транзитного вида, с отправлением древесины в дальнее следование по главной магистрали без перегрузки и прочих добавочных операций. По мере спада весенних вод сплав древесины происходит в грузоединицах с меньшими кубатурой и осадкой и затем молью. В нижней части реки или в устье ее производится укрупнение грузоединиц и переоснастка их *такелажем* (см.), а также и погрузка мол и в плоты. Виды сплава: плотовой, судовой и молевой. Способы сплава: самосплав и сплав с искусственной тягой. К путям первоначального сплава относят: а) реки, по которым совсем невозможен сплав в грузоединицах транзитного вида, б) мелкие речки, ручьи и озера и в) искусственные каналы, лотки и пруды. Виды сплава—молевой и плотовой; при этом плотовой сплав производится более мелкими единицами, чем по путям транзитного сплава, и преимущественно отдельными членами, плывущими без управления. Способы сплава—самосплав и сплав с искусственной по преимуществу ручной и конной тягой. Каналы, соединяющие магистральные водные пути, и каналы и водохранилища крупных оросительных и осушительных систем, а также участки морей, используемые для лесосплава, д. б. отнесены к той или другой группе сплавных путей в соответствии с видом и характером применяющегося на них сплава.

Основные элементы сплавных путей. 1. Топография русла и берегов. Живые сечения потока (ширина и глубины сплавной части русла) являются основаниями для разделения всей длины сплавного пути на отдельные сплавные участки и для разделения всего периода навигации на отдельные периоды сплава, различные по видам и способам сплава и по грузоподъемности пути. Виды сплава (судовой, плотовой, молевой) в значительной степени предопределяются наименьшей шириной сплавной трасы и наименьшими глубинами по трасе. Эти же элементы вместе с минимальными из существующих радиусами закруглений трасы ограничивают и максимальные размеры сплавляемых единиц (длина, ширина и осадка) для каждого сплавного периода и каждого участка реки. Для путей первоначального сплава, за исключением искусственных, расходы воды которых обыкновенно регулируются в соответствии с потребностями, наибольшее значение имеют формы и размеры живых сечений в период весеннего половодья, т. к. в это время транспортируется наибольшее количество грузов по путям данной категории.

2. Извилистость пути. Для техники и экономики водного лесотранспорта по каждому Л. п. извилистость его имеет такое же большое значение, как и указанные топографич. факторы. При этом наибольший интерес представляет в данном случае не столько общий коэф. извилистости, к-рый характеризует удлинение пути между конечными пунктами транспорта по сравнению с прямой линией между этими точками, сколько характер серпантинности, величина радиусов закруглений отдельных меандр и местная кривизна и шероховатость берегов, особенно вогнутых внутри меандр. От извилистости пути зависят: 1) скорость движения при всех видах и способах сплава, 2) грузоподъемность пути, 3) размеры и кубатура сплавляемых единиц; 4) расход рабочей силы при сплаве, 5) объем работ по устройству и ремонту оградительных и прочих сооружений, 6) стоимость сплавных операций.

3. Гидрогеологические факторы. Гидрогеологич. качества пород, слагающих ложе и берега сплавных рек и каналов, в отношении их водопроницаемости, водоносности и размываемости течением, характеризуют сплавной путь с двух сторон: а) в отношении постоянства и устойчивости направлений, уклонов и форм живых сечений сплавного пути и б) отчасти в отношении водного режима пути. Устойчивость различных пород грунта русла сплавных рек против размыва их течением имеет для практи-

ки сплавного дела очень большое значение, так как от степени прочности грунта зависят объем и стоимость как капитальных, так и ежегодных текущих ремонтн. работ по Л. п. При легко размываемых песчаных грунтах возможны в самые ответственные периоды весеннего сплава такие серьезные изменения и повреждения пути, как образование новых русел и рукавов, большие размывы и обвалы берегов, захламление русла лесом с размытых берегов и передвижение и образование перекатов. По отношению к данному фактору естественные сплавные пути Союза м. б. разделены на следующие четыре группы: 1) реки с неустойчивым песчаным руслом, составляющие довольно большой процент от общей длины всех сплавных путей; 2) реки, по всему протяжению имеющие устойчивые русло и берега, сложенные по преимуществу из глинистых и прочих пород, достаточно сильно сцементированных; засоренность русла и качество наносов в таких реках зависят от степени облесенности и одернованности водосборной площади этих рек, а также характера грунтов по руслам притоков их; 3) реки, имеющие по различным своим участкам и устойчивые и неустойчивые русло и берега; таких рек большинство в сети сплавных путей; 4) горные реки на значительном протяжении с каменистым ложем. Пути первоначального сплава, состоящие из рек первой и третьей категорий, неизбежно требуют ежегодных ремонтных работ. Реки второй категории, будучи приведены в благоприятное для сплава состояние без нарушения естественного водного режима, мало нуждаются в текущем ремонте до тех пор, пока не произойдут изменения в степени лесистости или в характере землеиспользования на площади их водосбора. Горные реки в большинстве случаев требуют ежегодных ремонтных работ по расчистке от камней и лесного хлама, как приносимых с верхних участков, так и попадающих в русло при размывах и обвалах.

4. Водный режим. Из элементов гидрологии для лесосплава имеют непосредственное значение следующие факторы водного режима рек: 1) колебания горизонтов вод, 2) скорости течения, 3) расходы воды и 4) время вскрытия и замерзания рек. В соответствии с колебаниями горизонтов вод сплав по естественным путям разделяется в пределах навигации на три периода: весенний, летний и осенний. В каждый сплавной период практикуются те или иные виды и способы сплава в зависимости от преобладающих горизонтов (глубин) воды в реке и прочих гидрологических факторов. По всем участкам путей имеются для каждого периода и для каждого вида сплава определенные оптимальные и предельные (максимальные и минимальные) сплавные горизонты. От скоростей течения, их изменяемости по длине пути и соотношений между скоростями течения и шириной сплавной трасы зависят скорость движения сплавляемых лесоматериалов, грузоподъемность пути и расход рабочей силы на проведение различных сплавных операций. Скорости течения играют существенную роль при разработке конструкций грузоединиц и при расчетах прочности их. В практике сплавного дела скорости течения, превышающие 1 *м/ск* на первоначальных путях и 1,5 *м/ск* на транзитных, считаются уже опасными для существующих конструкций грузоединиц. Расходы воды и амплитуда их колебаний по временам года, являющиеся основными моментами при характеристике каждого полного потока, непосредственный, специальный интерес для сплавного дела представляют только в тех случаях, когда имеется необходимость в искусственном регулировании стока с целью удлинения сплавных периодов, увеличения грузоподъемности или удешевления сплава. Временем вскрытия и замерзания рек определяется длина лесосплавного периода, а следовательно и установление плана использования Л. п.

5. Степень благоустройства путей. Транзитные пути сплава обыкновенно являются судоходными путями сообщения. Пути первоначального сплава в Союзе ССР до настоящего времени находятся в большинстве случаев в совершенно неблагоустроенном состоянии. К систематическим работам по обследованию, улучшению и развитию сети Л. п. и к организации постоянного технического надзора за ними приступлено только за последние годы. С 1929 г. работам этим уделяется очень большое внимание лесной промышленностью, и они развертываются чрезвычайно широко. Опыт показал, что затрата средств на улучшение путей водного транспорта дает значительно больший экономич. эффект по сравнению со всеми другими видами транспорта.

Сплавные системы СССР, как и вообще вся речная сеть, изучены очень мало. В отношении судоходных частей главных водных систем имеются материалы по их характеристике как путей сообщения. Что же касается рек первоначального сплава, то для них в огромном большинстве случаев нет основных сведений для суждения об их технич. качествах. В 1929 году Всесоюзным научно-исследовательским ин-том древесины НТУ ВСНХ произведены сборка и обработка материалов по характеристике сплавных систем Европ. части Союза; полученные итоги приведены ниже в таблице.

Материалы, послужившие для составления сводной таблицы, не имеют достаточной полноты и точности, и сведения о протяжении водных путей заведомо преуменьшены. Данные по характеристике водных систем Азиатской части Союза еще менее точны.

Мелиорации Л. п. Большие реки и озера, являющиеся транзитными путями, только в редких случаях нуждаются в работах по улучшению их для целей сплава. Обыкновенно бывает более выгодно с экономич. стороны приспособлять технику сплава к существующим качествам транзитного пути, чем производить улучшение самих путей. Все же пути полутранзитного и первоначального сплава в их естественном состоянии, за редкими исключениями, совсем непригодны для эксплоатации их по современным методам рациональной организации движения, трудовых процессов и механизации работ и поэтому требуют мелиорации. Основными конкретными задачами всех мелиоративных мероприятий на Л. п. являются: 1) исправле-

Характеристика сплавных систем Европейской части СССР.

Главные сплавные системы	Общая длина систем			Колич. грузов, сплавленных в 1927 г.	
	используемая для сплава		неиспользуемая	$м^3$	%
	км	%	км		
Северное полярное море (мелкие реки)	Сведений		нет	10 000	0,02
Белое море (мелкие реки)	»		»	1 848 000	3,31
Печора	5 650	4,0	1 800	54 000	0,09
Мезень	5 400	3,8	900	198 000	0,36
С. Двина	24 950	17,6	3 330	9 672 000	17,41
Онега	5 130	3,7	1 210	787 000	1,44
					22,63
Нева с Ладожским озером	16 870	11,9	2 680	10 158 000	18,29
Оз. Чудское	3 310	2,3	810	165 000	0,30
З. Двина	4 140	2,9	1 370	1 583 000	2,85
					21,44
Волга с Окой и Камой	58 559	41,3	24 240	27 249 000	49,07
Урал	3 320	2,4	660	136 000	0,24
Днепр	14 340	10,1	8 240	3 676 000	6,62
Всего . . .	141 669	100,0	45 240	55 536 000	100,0

ние форм и направлений русла в пределах сплавной трасы, расчистки его от посторон. предметов (древесного хлама, камней и пр.) и закрепление удобного для сплава русла от изменений, 2) регулирование стока для продления периода оптимальных сплавных горизонтов и оптимальных для сплава скоростей течения, 3) устройство пристаней для складов лесоматериалов, их сортировки, переработки, погрузки и выгрузки и 4) оборудование Л. п. телефонной или телеграфной связью, жилыми и специальными строениями и искусственными сооружениями на путях.

Мелиорация рек для целей лесосплава, имеющая целью улучшение технич. качеств путей и сохранение их постоянства, проводится в основном по общим методам речной *мелиорации* (см.). Для строительства пристаней практикой сплавного дела выработан ряд правил и условий, в зависимости от целевого назначения лесных пристаней.

Типы искусственных сооружений, которые применяются при улучшениях и развитии сети сплавных систем, разделяются на следующие группы: а) мосты и переходы, б) плотины с плотоспусками и бревноспусками, в) водохранилища, г) заградительные и струенаправляющие дамбы и стенки, д) запани, ж) сортировочные и погрузочные лесные гавани, з) сплавные каналы в земле и сплавные лотки. Вся техника строительства искусственных сооружений на Л. п. основана на принципах речной гидрологии и гидротехнического строительства.

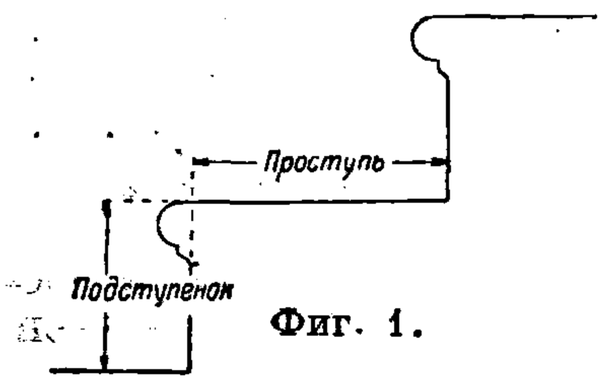
Научно-исследовательские работы по вопросам изучения и улучшения сети сплавных путей СССР. Систематич. научно-исследовательские работы по настоящим вопросам начаты в большом масштабе только в 1929 г. Всесоюзным научно-исследовательским ин-том древесины Союзлеспрома, организующим ряд своих отделений и опытных станций во всех главных лесозаготовительных и сплавных районах. Потребность и срочность работ по изучению сплавных путей Союза и по разработке методов их улучшения и развития вытекают из следующих основных положений: а) наличное состояние преобладающего большинства Л. п. совершенно не удовлетворяет требованиям современной техники и не может удовлетворить потребностям лесной промышленности как в качественном, так и в количественном отношениях; б) бо́льшая часть сплавных рек или совсем не изучена или изучена слишком мало; в) до настоящего времени не получили удовлетворительного разрешения многие, имеющие основное значение вопросы техники и экономики мелиоративного дела на сплавных путях.

Лит.: Труфанов А. А., Очерк главных сплавных рек и транспортирование древесины Казанского края, Казань, 1923; Жук С. Я., Лесосплавные лотки, Ленинград, 1925; Перечень внутренних водных путей сообщения, Москва, 1926; Пермяков Н. А., О расчетах и изысканиях лесосплавных путей, Москва, 1926; Кандиба Б., Регулирование рек, Москва, 1927; Труды 1-го совещания по водной лесомелиорации при Управл. лесами НКЗ, М., 1928; Акулов К. А. и Великанов М. А., Краткое изложение главнейших теорий речного потока и методов выправления рек, М., 1928; Советов С. А., Курс общей гидрологии, М.—Л., 1929; Шанько Д. Ф., Реки и леса Ленинградской области, Л., 1929; Акулов К., Брилинг Е. и др., Курс внутренних водных путей, т. 1—2, М.—Л., 1927; «Вестник Всесоюзного научно-исследоват. ин-та древесины», М.; «Лесопромышленное дело», М.; «Лесное хозяйство и лесная промышленность», Л.; Kinnman G., Om Flottleder och flottning, Stockholm, 1919; Ekman W., Handbok i Skogsteknologi, Stockholm, 1922; Helander A. B., Metsänkäyttöoppi, 1922; Näslund O. J., Flottningsteknik, Stockholm, 1915; Oksala A., Uitto ja lauttaus sekä uittorakenteet, 1926; «Svenska Flottningschefsföreningens Arsbok», Stockholm; «Flottnings-Tidskrift», Stockholm; «Wasser-u. Wegebau-Zeitschrift», Hannover; «Die Wasserwirtschaft», Wien; «Ztschr. f. Binnenschiffahrt», B.; «Svenska tekniska Vetenskapsakademien i Finland Meddelande», Helsingfors.

Д. Смарагдов.

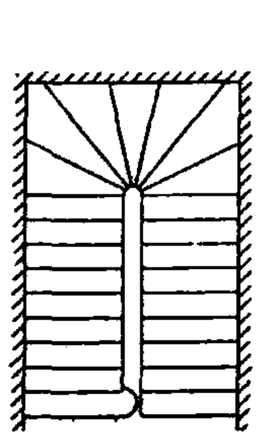
ЛЕСТНИЦЫ, сооружения для сообщения между этажами или со двором и улицею. Л. разделяются: по местоположению—на наружные и внутренние; по назначению—на парадные, чистые, черные и служебные (подвальные, чердачные, пожарные и пр.); по виду и расположению в плане—на прямые, ломаные, полукруглые и винтовые; по материалу—на деревянные, каменные, металлические, железобетонные. Составными элементами лестниц являются стены, пол, потолок, марши, площадки, ступени, перила и поручни. Место, окруженное стенами, где помещена Л., называется лестничной клеткой; поверхность Л., обращенная к стене клетки, называется наружной щекой, а противоположная ей—внутренней щекой; линия, проходящая по середине Л. (ось марша), называется линией всхода. Первая, или низшая, ступень марша называется входной, а верхняя, или выходящая на площадку,—выходной, ширина ступени без валика называется проступью (фиг. 1), а высота ступени—подступенком. При кривой линии всхода нек-рые ступени получают такое устрой-

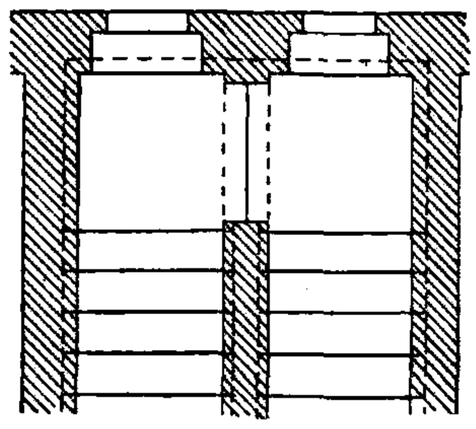
ство, что их наружные ребра направлены по нормали к кривой линии всхода и их проступи суживаются к одной стороне; такие ступени называются забежными. Площадки бывают междуэтажные, на которые выходят входные двери помещений всех этажей, и промежуточные—между маршами.



Фиг. 1.

Л. должны создавать удобное и безопасное сообщение между этажами. Для удобства сообщения требуется следующее. а) Ширина и высота ступеней должны находиться между собой в определенном соотношении. Т. к. вертикальный подъем ноги требует в два раза большего усилия, чем передвижение ее в горизонтальном направлении, а средняя, наиболее удобная, величина человеч. шага при ходьбе в горизонтальном направлении составляет 53÷62 *см*, то из этих двух положений получается правило: удвоенная высота *a* ступени и ширина ее *b* д. б. в сумме равны 53÷62 *см*, т. е. $2a+b=53\div62$ *см*. Принято считать $2a+b$ для парадных лестниц в 53 *см*, для чистых 58 *см* и для черных 62 *см*. Наименьшая ширина ступеней без валика должна быть не менее 27 *см*, а наибольшая вышина подъема 18 *см*. Подъем Л.


Фиг. 2.


Фиг. 3.

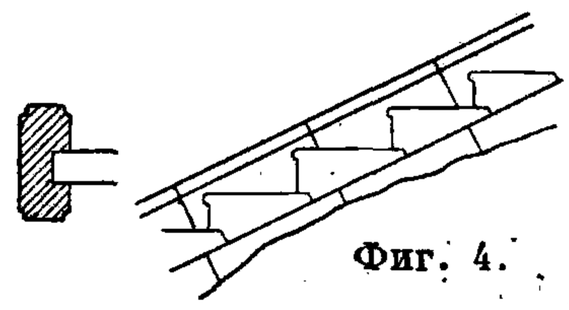
на чердак и в подвал допускается в отношении 1 : 1,25. Подступенки обыкновенно делаются для парадных Л. 9—11 *см*, для чистых (в жилых зданиях) 13—14 *см* (считая по 7 ступеней на 1 *м* высоты), для черных—15 *см*, для подвальных и чердачных 18 *см*. В зависимости от этого ширина ступени (проступь) получается для парадных Л. 35—31 *см*, для чистых 32—30 *см*, для черных 31—29 *см* и для подвальных 27 *см*. б) Ширина марша Л. делается: в парадных не менее 2,1 *м*, в чистых 1,8 *м*, в общественных зданиях 2,1—3,5 *м*, в черных—не менее 1,2 *м*, в подвальных и чердачных—не менее 0,75 *м*. в) Число ступеней в одном марше не д. б. более 15. Площадки м. б. квадратные, прямоугольные, в четверть или половину круга; иногда они получают неправильную фигуру, если марши сходятся под углом. Во всяком случае ширина площадки д. б. не менее ширины марша.

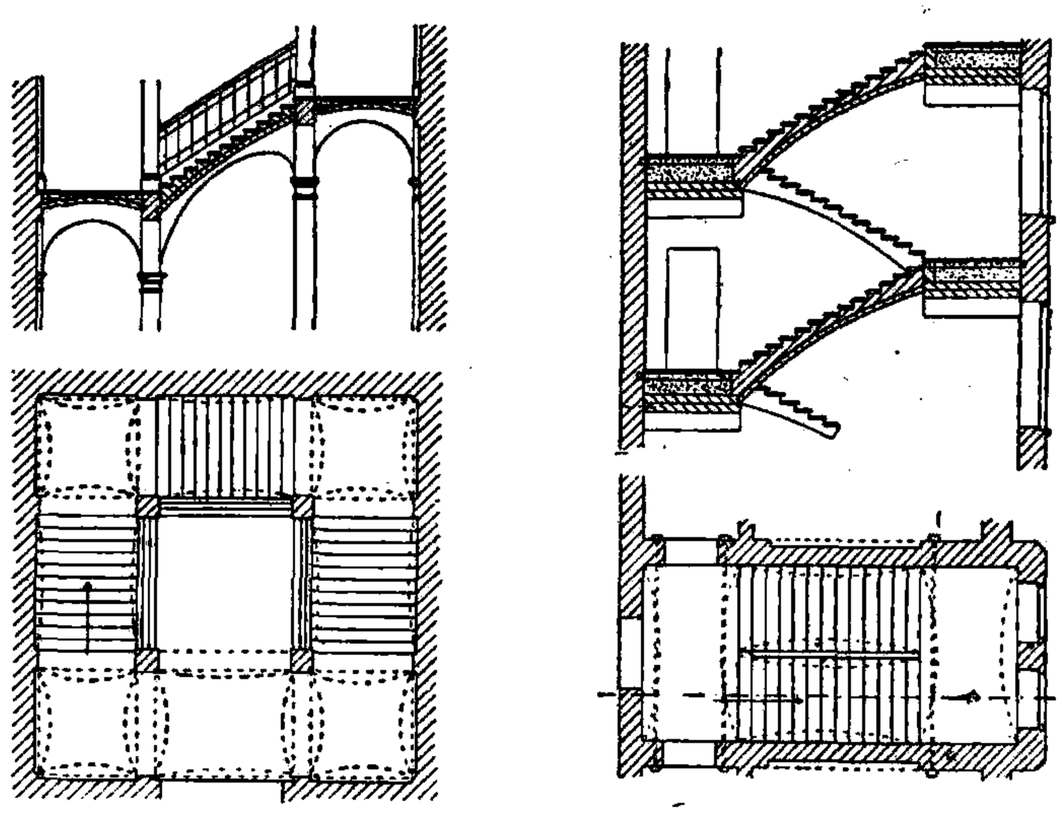
При проектировании Л. нужно иметь в виду следующее. а) Л. должна удовлетворять установленным нормам нагрузок и требуемой пропускной способности; б) Л. должна иметь в начале и в конце по площадке; в) высота одного марша над другим д. б. не менее 2 *м*; г) на всем протяжении Л. ширина маршей и площадок д. б. одинакова; д) Л. должна хорошо освещаться (для чего в стене или в потолке лестничной клетки д. б. окна) и хорошо вентилироваться. Пролеты между маршами: в чистых Л. от 35,5 *см*, в парадных—в зависимости от композиции и не менее 1,4 *м*, на случай устройства лифта; в черных Л. пролеты не делаются.

Р а з б и в к а Л. Задаются высотой ступени, делят вертикальное расстояние между уровнями полов соединяемых этажей на эту высоту и получают т. о. число ступеней без одной. Разбивка подступенков делается на рейке, равной высоте этажа; на другой, горизонтальной, рейке откладывают ширину площадок и ступеней; приставляя к делениям горизонтальной рейки отвесную рейку, вычерчивают на стенках лестничной клетки профили ступеней.

У с т р о й с т в о Л. Когда длина клетки дана заранее определенная, приходится иногда отводить среднюю площадку под забежные ступени (фиг. 2).

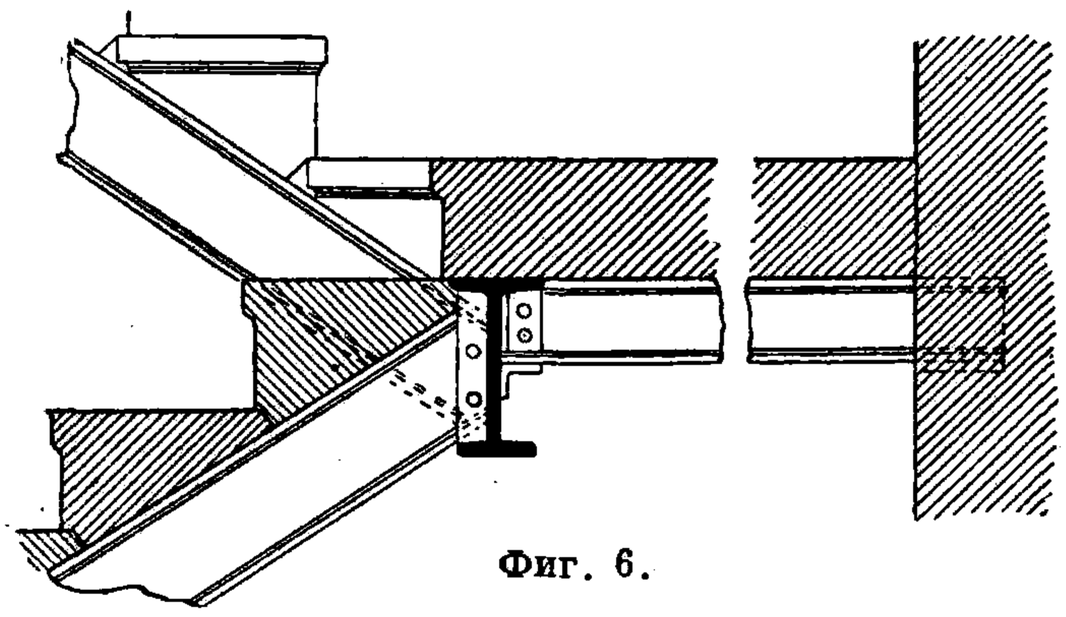
1) К а м е н н ы е Л., наиболее распространенные, делаются из естественных или искусственных камней: песчаника, гранита, гнейса, базальта, сиенита, известняка, мрамора, бетона и железобетона. По способу заделки ступеней каменные Л. бывают: заделанные в стены с обеих сторон; на каменных тетивах; на сводах и арках; на косоурах; висячие, заделанные одним концом в стену. а) Л. со ступенями, заделанными в стены (фиг. 3), в настоящее время почти не употребляются, кроме первых и вторых этажей многоэтажных домов. Ступени запускаются в стену на 13 *см*. б) На фиг. 4 показана Л. на каменных тетивах из отдельных каменных клиньев, в которых врублены гнезда для ступеней. в) На фиг. 5 дана лестница на сводах и арках, перекинутых между столбами. г) На фиг. 6 изображена Л. на косоурах или железных тетивах. Косоуры выделываются из полосового или таврового железа; косоуры, кованые из полосового


Фиг. 4.


Фиг. 5.

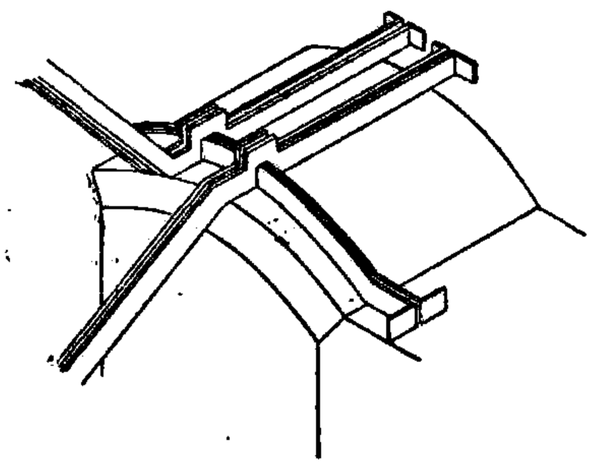
железа (фиг. 7), предпочитают клепаным из тавров и уголков (фиг. 8), так как они значительно дешевле и не требуют сложных сопряжений накладками. Кованые косоуры

делаются из железа 75÷89×16÷25 *мм* и 57÷70×13÷19 *мм*, в виде двух параллельных полос со связками из узкополосного железа. Площадки этих Л. делаются на желез-

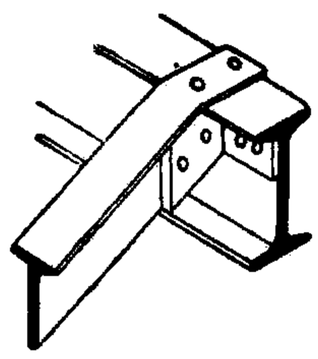


Фиг. 6.

ных балках и рельсах, между к-рыми устраивают легкие сводики в полкирпича, или на пологих кирпичных сводах; ступени заделываются одним концом в стену на 13 *см*; другой конец опирается на косоур. д) У висячих Л. марши состоят из каменных ступеней с одним концом заделанным в стену не

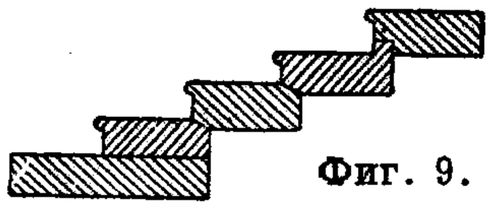


Фиг. 7.



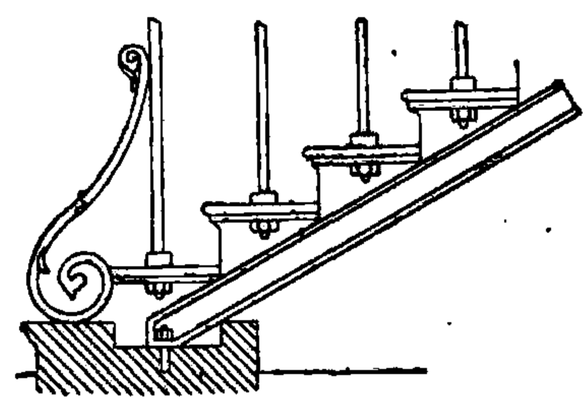
Фиг. 8.

менее, чем на 25 *см*, и другим остающимся свободным. Каждая ступень заходит над нижележащей на 25—38 *мм*. Давление передается последовательно от одной ступени к другой, а вращению их препятствует заделка концов в стену. Материал для таких ступеней д. б. совершенно однородный; пригонка д. б. тщательная, заделка в стену—на цементном растворе. Особенное внимание д. б. обращено на прочность фундамента для нижней ступени. Длина ступени не д. б. более 1.5 *м*, и лишь железобетонные ступени могут превышать эту длину. Соединение ступеней между собой видно на фиг. 9.



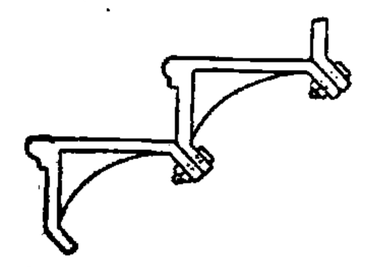
Фиг. 9.

2) Металлические Л. делают обыкновенно чугунные. Для небольших лестниц проступь и подступенок отливают вместе и навешивают на выступы железных косоуров. При длинных же маршах косоур делают с уступами (фиг. 10); нижний конец первого марша укрепляется в камне посредством болтов, залитых свинцом (фиг. 11); ступени кладут на реборды уступов и соединяют длинными болтами, к-рые вверху переходят в стержни, поддерживающие поручни перил. Менее прочны висячие металлич. Л. без косоуров; в этом случае ступени соединяются между собой болтами, пропущенными через приливы, имеющиеся на проступи и на подступенке (фиг. 12). Наиболее широкое применение имеют винтовые металлические Л. (см. *Винтовая лестница*), к-рые отливаются по готовым образцам, ∅ 1÷2,5 *м*, почти исключительно висячие; ступени закрепляются на центральном стержне, ∅ 50 *мм* (фиг. 13); особенное внимание д. б. обращено на укрепление концов стержней, в особенности нижнего (фиг. 14). Противопожарные наружные металлические лестницы делают обыкновенно из круглого железа, причем грядки лестницы располагаются на взаимном расстоянии в 44 *см*, а тетивы—не менее 53 *см*. В зданиях общественных и фабричных противопожарные лестницы должны быть снабжены железными площадками с перилами.

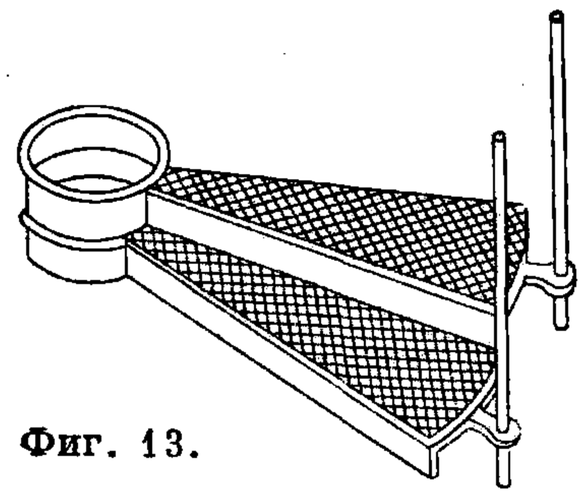


Фиг. 10.

Фиг. 11.

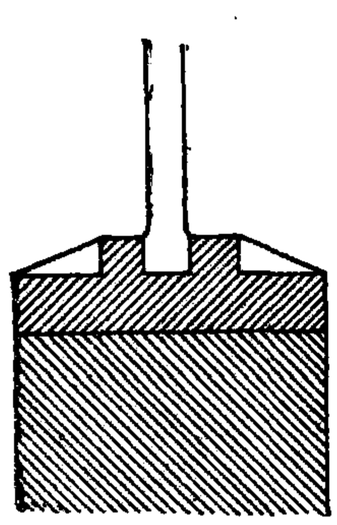


Фиг. 12.

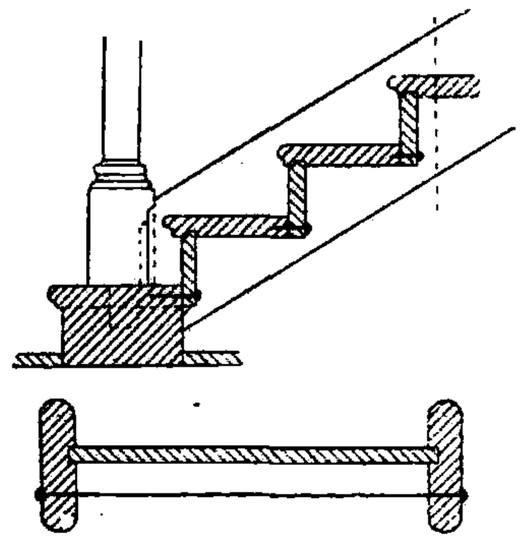


Фиг. 13.

3) Деревянные Л., по пожарным соображениям, допускаются только в деревянных постройках; они состоят из брусчатых или дощатых тетив толщиной 7,5—10 *см* (фиг. 15); концы проступей и подступенков закладываются в пазы глубиной 25 *мм*, выдолбленные в тетивах; доски для проступей—толщиной 50—75 *мм* и шириной 25 *см*; для подступенков—толщиной 25—38 *мм* и шириной 22 *см*; доски для проступей д. б. обязательно без сучков. Тетивы прикрепляются заершенными гвоздями к стене или же концы их опираются на балки обоих этажей; если на половине марша необходимо устроить площадку, то ее устанавливают на деревянных стойках. Входная ступень делается более массивной (из бруса), если в нее упираются тетивы и первый перильный столбик. Ширина деревянной Л. 0,7—1,4 *м*. Л. столярной работы собирают на клею, для чего соединение проступи с подступенком

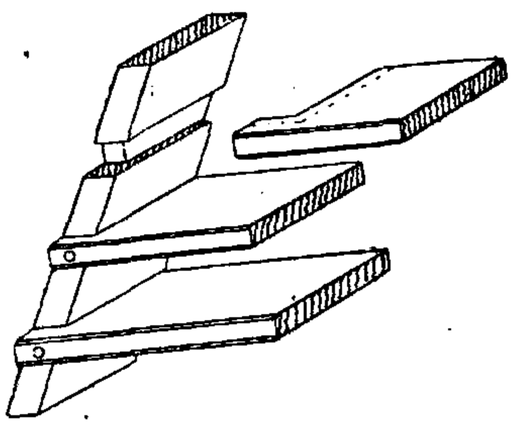


Фиг. 14.

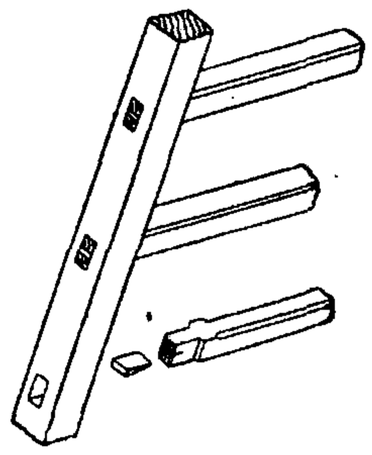


Фиг. 15.

делается в шпунт. Чердачные деревянные Л. могут быть устроены без подступенков (фиг. 16); наклон—45°. Приставные деревянные Л. делаются шириной 53 *см* (фиг. 17);

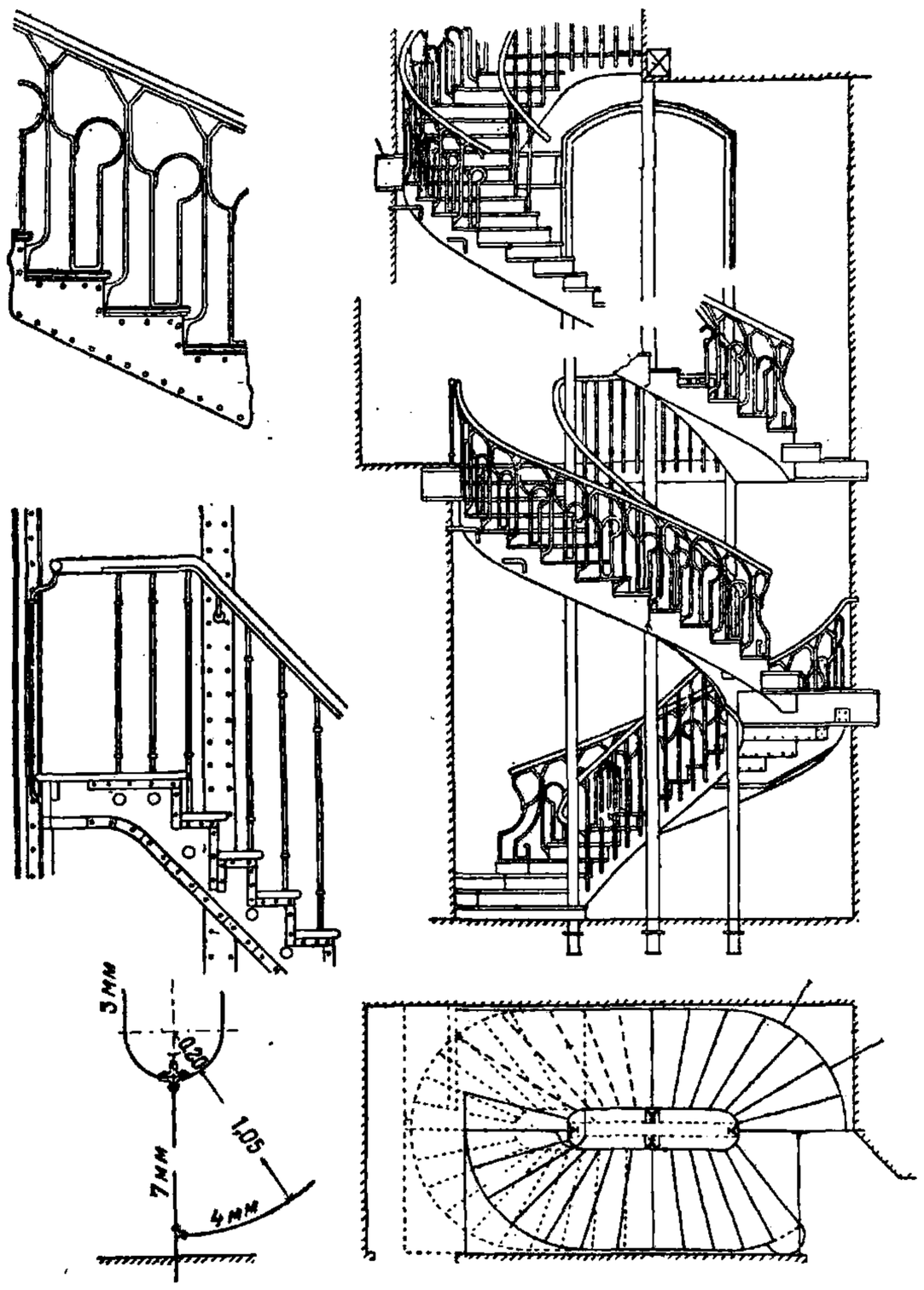


Фиг. 16.



Фиг. 17.

они состоят из брусчатых тетив и грядок; грядки располагаются на взаимном расстоянии 36—44 *см*; для грядок берут березовые аншпуги толщиной 63,5 *мм* или в крайнем случае сосновые жерди; соединение грядок с тетивами делается сквозными шипами с расклинкой. На фиг. 18 представлено несколько типичных примеров Л. и их частей различных конструкций (план, разрез и вид).

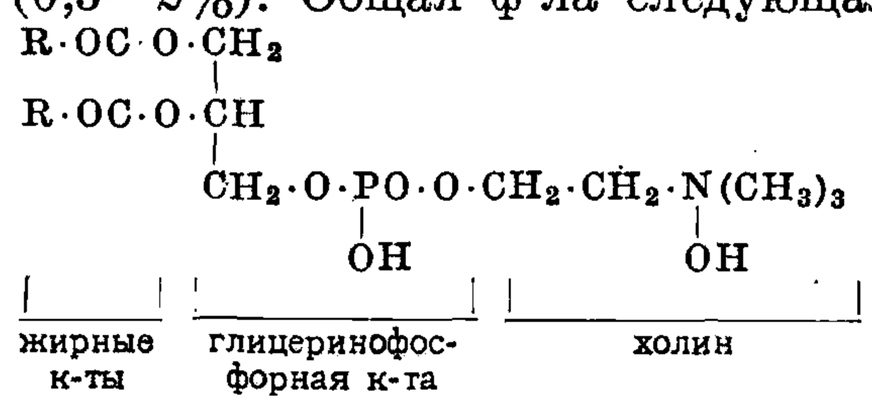


Фиг. 18.

Перила и поручни. Для удобства ходящих по Л. к стене прикрепляются на железных крючьях деревянные поручни, а для безопасности, с наружной стороны маршей и площадок, на каменных и металлич. Л.— железные перила с поручнями. Перила состоят из тетивы полосового железа, толщиной 13 *мм*, шириной 38 *мм*, и стоек из железных 25-*мм* брусков; стойки в камне заливают свинцом. Поручни делаются из дубового, ясеневого или красного дерева; высота перил ~ 1 *м* и не менее 0,9 *м*. В деревянных Л. перила делаются деревянные и состоят из поручней и стоек, причем при столярной работе стойки (балясины) делают точеные.

Лит.: Фрик С. и Кнолль К., Части зданий и строит. работы, пер. с нем., М., 1929; Стаценко В., Части зданий, ч. 1—2, 6 изд., П., 1923; Рошефор Н. И., Иллюстр. урочное положение, М., 1929; Серк Л. А., Архитектура промышленных зданий, М.—Л., 1928; Шишко Л., Части зданий, М., 1929; Gunzenhauser C., Baukonstruktionen in Holz, T. 1—2, B., 1911; Behse W., Treppen aus Holz, 7 Aufl., B., 1922; Foerster M., Taschenbuch f. Bauingenieure, Berlin, 1928; Esselborn K., Lehrbuch d. Hochbaues, B. 1, Berlin, 1923; Geusen L., Leitfaden f. d. Unterricht in Stein-, Holz- u. Eisenkonstruktionen, 2 Aufl., B., 1923. **Н. Туманов.**

ЛЕЦИТИНЫ, сложные органич. вещества, распространенные в растительном и животном царстве, особенно в мозговом веществе, в нервах, в яичном желтке (9,5%) и в семенах (0,5—2%). Общая ф-ла следующая:



При кипячении с кислотами или щелочами Л. распадаются на высшие жирные кислоты (пальмитиновую, стеариновую, олеиновую), глицеринофосфорную кислоту (см. *Глицерофосфаты*) и холин—оксипроизводное четвертичного аммониевого основания, $HO \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot N(CH_3)_3 \cdot OH$, или коламин, $NH_2 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot OH$. Лецитины представляют собою смешанные сложные эфиры глицерина, находящиеся в сочетании с фосфорной к-той и с жирными к-тами, причем один из гидроксилов фосфорной к-ты образует кроме того сложный эфир с гидроксилом холина или коламина. Л. легко растворимы в спирте, эфире и хлороформе, трудно—в ацетоне и уксусном эфире; дают соли как с к-тами, так и с основаниями. Для получения Л. из яичного желтка последний три раза кипятят с пятикратным количеством абсолютного спирта в течение двух часов, затем охлаждают до 0° и фильтруют, после чего отгоняют спирт. Остаток растворяют в небольшом количестве эфира или хлороформа и из профильтрованного раствора Л. осаждают ацетоном; полученный осадок промывают ацетоном и сушат в вакууме. В последнее время нек-рые Л. были получены синтетически А. Грином и Р. Лимпехером.

В СССР препарат Л. готовится на одном из заводов Госмедторгпрома в Ленинграде. Л. применяют для изготовления питательных препаратов. При добавлении 0,005—0,2% Л. к маргарину, последний при жарении пенится и румянится как коровье масло.

Лит.: Чичибабин А. Е., Основные начала органич. химии, 2 изд., М.—Л., 1929; Fourneau E. u. Tennenbaum M., Heilmittel d. org. Chemie u. ihre Herstellung, Braunschweig, 1927; Winterstein E. u. Trier, Die Alkaloide, 2 Aufl., T. 1, Berlin, 1928; «B», 1926, B. 59, p. 1350; ibid., 1927, B. 60, p. 147. **М. Кацнельсон.**

ЛИБЕРТИ-ПРЕСС, печатная машина малого формата (см. *Американка*) плоской формы и тигельного давления. Изобретена в Америке в 1857 г. Дегенером. Характерной особенностью этих машин является то, что тигель и талер качаются *около одной оси*. При раздвигании тигеля и талера последний принимает почти горизонтальное положение.

Основные преимущества Л.-п.—дешевизна, удобный доступ к форме и малый расход энергии; невыгодные стороны—значительное число подвижных частей, недостаточно большой натиск и недостаточно тщательное тарелочное растирание краски. **Е. Готман.**

ЛИГАТУРА, металлы, входящие в сплав с благородным металлом. Введение Л. в торговые и технич. сплавы благородных металлов вызывается коммерческими соображениями или стремлением придать сплаву определенные механич. свойства (твердость).

Л. золотых и серебряных сплавов. Чистое золото значительно мягче серебра. Сплавы золота с серебром тверже, более легкоплавки и более пластичны, чем каждый из этих металлов в отдельности. Твердость этих металлов увеличивается и от прибавления к ним меди или другого неблагородного металла. Из сплавов золота с серебром наибольшей твердостью обладает сплав с содержанием $^1/_3$ серебра; из сплавов золота с медью—сплав с содержанием 12% меди. Небольшое прибавление серебра существенно изменяет цвет золота, придавая ему бледный тон; при 50% серебра желтая окраска сплава исчезает. Диаграммы плавкости сплавов золота, серебра, платины, палладия—см. *Спр. ТЭ*, т. II.

Золото с серебром и золото с медью образуют непрерывный ряд твердых растворов. Из сплавов золота с медью наиболее легкоплавок ($t°_{пл.}$ 885°) сплав с содержанием 82% меди. Серебро с медью дает эвтектику (при содержании 28% меди) с $t°_{пл.}$ 778°. Растворимость в твердом состоянии (после отжига) меди в серебре равна 7,5% и серебра в меди — ~8%. Самородный сплав золота и серебра (45%) носит название электрума. В ювелирном деле содержание серебра в золотых изделиях изменяется в пределах от 25 до 30% и выше. В эти сплавы часто вводят небольшие количества меди. Т. н. зеленое золото содержит ~10% серебра. Присутствие меди делает сплавы красно-золотыми.

Ликвация лигатурных сплавов в некоторых случаях сказывается довольно сильно, и ее необходимо учитывать при опробовании лигатурных сплавов. Ликвация довольно заметна в сплавах серебра с медью и золота с медью: разность содержания золота в различных частях таких слитков достигает 10—15 тысячных. Содержание серебра повышается к центру слитка, а золота—к периферии. Присутствие свинца, цинка и сурьмы еще более усиливает это явление. Особенно сильно явление ликвации сказывается в сплавах платины, осмия и иридия. Белое золото, в собственном смысле этого слова, представляет собою сплав золота с палладием. Этот сплав содержит золота 750 проб, остальные 250 проб—палладий и небольшое количество серебра. Сплавы золота с рутением сходны с описанными выше сплавами золота. Для дешевой имитации «белого золота» употребляют никелевый сплав (состав: 55% меди, 21% цинка, 24% никеля), который сплавляют с чистым золотом; для получения «зеленого золота» применяют таким же образом обыкновенную латунь состава: 67% меди, 33% цинка. Алюминий дает ряд сплавов с золотом, интересных по интенсивности их окраски, которая изменяется от желтой до пурпуровой, и по изменению в широких пределах их твердости и $t°_{пл.}$ Сплав золота, содержащий 22% алюминия (соответствует химич. соединению $AuAl_2$), имеет характерный пурпуровый цвет. Так наз. алюминиевое золото представляет собою сплав меди с алюминием (около 25% алюминия); этот сплав мало подвержен действию азотной кислоты, очень похож по цвету на золото, но отличается более низким уд. в. Весьма небольшое количество свинца (менее 1 ч. на 1 000 ч.) делает золото ломким, особенно в горячем состоянии. Таким же образом влияет присутствие в сплаве Bi, Te, Sn, Sb и As. Zn и Cd, даже в случае присутствия их в большом количестве, дают менее ломкие сплавы. Отжиг устраняет ломкость, обусловленную присутствием следов свинца, но не устраняет влияния Bi или Te. Теллур делает сплав золота очень легкоплавким; при нагревании теллур улетучивается. Влияние примесей на свойства серебра сходно с описанным для золота.

Для спаивания чистого и лигатурного золота служат сплавы различного состава. При этом пользуются сплавами, значительно более легкоплавкими, чем спаиваемые предметы, но мало отличающимися от них по цвету. Некоторые из этих сплавов состоят из цинка, меди, серебра и золота. В присутствии нескольких % цинка сплавы золота с медью не делаются ломкими, но они весьма тверды и с трудом поддаются прокатке; в последнее время цинк в таких сплавах заменяют кадмием. При спаивании эти сплавы теряют вследствие улетучивания при нагревании цинк и кадмий и постепенно делаются менее плавкими.

Согласно положению о пробирном надзоре, внутреннее достоинство сплава благородного металла, из к-рого изготовляются изделия, а также слитки, полосы, золотые и серебряные листы, выражается в цифрах, указывающих число частей чистого золота или серебра в тысяче весовых частей сплава. Все части золотых и серебряных изделий д. б. не ниже установленной пробы. Исключение из данного правила допускается в тех случаях, когда необходимо придать изделиям соответствующие механич. качества. В СССР установлены следующие пробы: 1) для платиновых изделий—950, 2) для золотых изделий—583,750 и 958,3) для золотобойного производства—от 910 до 1 000, 4) для зеленого золота—750, 5) для серебряных изделий—800, 875 и 916. Кроме указанной (французской) системы практиковалась оценка внутреннего достоинства сплава, из которого готовятся выпускаемые в продажу изделия, посредством пробы, устанавливающей число золотников чистого благородного металла в лигатурном фунте, т. е. в 96 золотниках сплава. Для золотых изделий установлены пробы 56, 72 и 92; для серебряных изделий—76, 84 и 88; для изделий золотобойного производства—от 87 до 96; для зеленого золота—72. В Англии и Америке проба лигатурных сплавов выражается в каратах ($^1/_{24}$ ч.) или в тысячных частях. Т. о. проба чистого золота 24 карата или 1 000. Стандартное монетное золото в США имеет 900-ю пробу.

Стандартное британское монетное золото имеет 916-ю, 666-ю пробу, что составляет 22 карата. Серебряная монета в США имеет 900-ю пробу. Британская серебряная монета в течение долгого времени отвечала 925-й пробе, но с 1920 г. проба снижена до 500.

Л. сплавов платины. Сплавы платиновых металлов находят себе применение в химич. и электротехнич. промышленности, в зубоврачебном и ювелирном деле, а также для изготовления различных мелких изделий. Введение лигатуры в сплавы платины требуется в виду большой мягкости последней. Для повышения твердости практиковалось введение иридия в количестве 1—20% и даже до 30%. Кроме того применяются сплавы с содержанием от 3 до 5% иридия и 5% тантала. В электротехнич. промышленности применяется ряд сплавов для изготовления различных частей аппаратуры. Л. этих сплавов приведена в табл. 1.

Табл. 1.—Лигатура сплавов платины, применяемых в электротехнической промышленности.

Платина	Золото	Серебро	Другие металлы	Платина	Золото	Серебро	Другие металлы
95,0	—	—	Ir 5,0	33,0	67,0	—	—
95,0	—	—	Ta 5,0	25,0	—	70,0	Ni 5,0
93,0	—	—	Mo 7,0	20,0	—	—	C 40,0; Ni 25,0 Cu 15,0
90,0	—	—	Ir 10,0				
90,0	—	—	Rh 10,0	7,5	67,5	25,0	—
84,0	12,3	1,8	Pd 1,3	5,0	70,0	25,0	—
80,0	—	—	Ir 20,0				
80,0	—	—	Rh 20,0	3,0	77,0	20,0	—
45,0	15,0	25,0	Cu 15,0				

Весьма большой спрос на сплавы платины предъявляет ювелирное дело. Л. этих сплавов приводится в табл. 2.

Табл. 2.—Лигатура сплавов платины, применяемых в ювелирном деле.

Платина	Иридий	Золото	Другие металлы	Платина	Иридий	Золото	Другие металлы
97,0	—	—	Ru 3,0				Cu 18,00
95,0	5,0	—	—	55,0	—	—	Ni 27,00
93,5	5,0	—	Ru 1,5				(Cd 3,0)
90,0	10,0	—	—				Cu 35,00
90,0	5	5,0	—	40,0	—	—	Ni 25,00
85,0	—	7,0	Pd 8,0				
80,0	—	7,5	Pd 12,5	40,0	—	60,0	—
			Cu 18,25	30,0	—	70,0	—
63,5	—	—	Ni 18,25	10,0	2,0	58,0	Pd 30,0
			(Cd 2,5)	4,5	—	74,0	Pd 21,5
			Cu 19,00				
60,0	—	—	Ni 21,00				
			(Cd 2,5)				

Примечание. В скобках показаны составные части сплава, вводимые за счет других компонентов.

Лит.: Положение о пробирном надзоре, Собр. зак. СССР, М., 1925, *26*, стр. 180; «Известия Ин-та по изучению платины и других благородных металлов», Л., 1929, вып. 7; Rose T. K., Metallurgy of Gold, 6 ed., L., 1915; Liddell D. M., Handbook of Non-ferrous Metallurgy, v. 1—2, N. Y., 1926; Bordeaux, L'or et l'argent, Paris, 1926; Negru J., «Revue universelle d. Mines», Paris, 1928, 7 sér., T. 20, p. 157—169, 231—288.

И. Плаксин.

ЛИГАТУРЫ в полиграфии, слитные буквы. См. *Набор* типографский и *Шрифты*.

ЛИГНИН, темнокоричневый остаток *древесины* (см.), получающийся после обработки ее органич. растворителями: спиртом, эфиром, бензолом (для удаления смол, жиров и восков) и конц. серной или соляной к-той (для удаления целлюлозы и гемицеллюлоз). На фиг. 1 и 2 даны микрофотографии древесины после первой и второй обработок. После второй обработки оставшаяся ткань состоит только из лигнина; препарат уменьшается в объеме, но сохраняет все характерные признаки ткани: очертания клеточек трахеид и сердцевинных лучей и даже окаймленные поры трахеид. Л. является неотъемлемой составной частью древесины независимо от происхождения последней (из деревьев, кустарников или травянистых растений). На участие Л. в строении древесины существовали два различных взгляда; по мнению одних исследователей Л. не связан химически с остальными составными частями древесины: целлюлозой и гемицеллюлозами; другие же, наоборот, считали химич. связь несомненной. В последнее время начинает получать общее признание представление о древесине как о химич. соединении, хотя и с различной прочностью химич. связи между отдельными составными частями.

Количественный состав Л., по анализам различных исследователей, является чрезвычайно разнообразным: $C_{40}H_{42}O_{11}$, $C_{38}H_{32}O_{12}$ и др. Разнообразие в составе Л., полученного из различных древесных пород, зависит повидимому от колебаний в составе растительной ткани, из которой выделяют Л., от различной прочности химич. связи Л. с другими структурными элементами древесины и от несовершенства методов, применяемых для выделения Л. из растительных тканей. В древесине Л. настолько прочно связан с целлюлозой, что и после 12—16 ч. варки с варочной к-той (4,5—5,0% SO_2) при 140—145° он не удаляется полностью. С другой стороны, анализ Л., выделенного Хеглундом путем обработки древесины 41%-ной соляной к-той (при 0°), при различной продолжительности обработки, показал одинаковое количество связанных пентозанов (табл. 1). После гидролиза Л. кипячением с 5%-ной серной к-той до полного удаления пентозанов медное число Л. повышается до 25,92, что указывает на соединение пентозанов с Л. за счет карбонильных групп последнего.

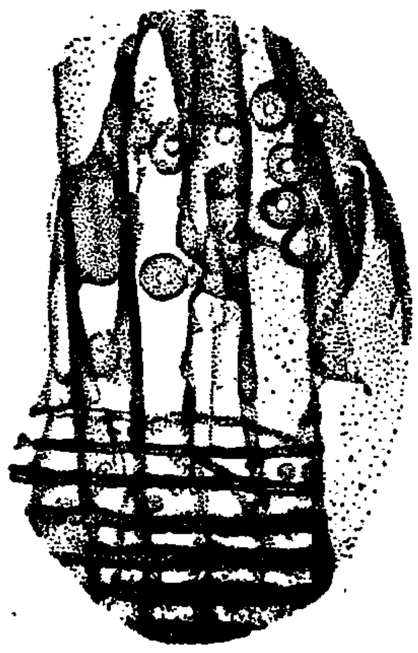
Определение содержания Л. в древесине производится преимущественно следующими методами: конц. 68—72%-ной серной к-той по Кёнигу и Классону, пересыщенной соля-

Табл. 1.—Содержание пентозанов в лигнине.

Продолжительность обработки HCl	Выход Л. в %	Медное число (CuZ)*	Количество пентозанов в Л. в %
1/2 час.	24,43	5,6	6,64
2 »	25,01	5,7	6,55
3 »	23,21	5,5	6,66
12 »	24,44	4,6	6,38

* Медное число (Kupferzahl)—осадок закиси меди (перечисленный на медь) в *г* (на 100 *г* вещества), полученный кипячением вещества с фелинговой жидкостью.

ной к-той по методу Вильштеттера или смесью соляной и серной к-т по Джонсону. Полученный указанными методами Л.—темно-коричневого цвета, сильно полимеризован-



Фиг. 1.



Фиг. 2.

ный и почти не обладает химической активностью. Все эти методы дают тождественные результаты лишь при вполне одинаковых условиях опыта; примененные к одной и той же древесине или целлюлозе, они могут давать различные выходы Л. Так, при анализе *крафт-целлюлозы* (см.) получено Л.: по методу Кёнига-Классона 7,41%, по методу Вильштеттера 9,37%, по методу Джонсона 5,92%. В последнее время ведутся работы, направленные к выяснению состава так наз. природного Л., т. е. находящегося в живом дереве. Для этого применяются более осторожные методы выделения Л. Так, Бекман и Лише для получения Л. из ржаной соломы употребляли 1,5—2,0%-ный спиртовый раствор едкого натра при комнатной *t°*. Поуелл (Powell) и Уитекер (Whittaker) для получения Л. из льна варили льняное волокно в течение 4 часов при 130° с 10%-ным раствором NaOH. Для получения Л. из древесины те же авторы применяли обработку 10%-ным NaOH при 140—160° в течение 6—10 ч. Процентный состав Л., выделенного таким путем из различных древесных пород, приведен в табл. 2.

Л. растворим в некоторых органич. растворителях, но экстракция его этими растворителями из древесины дает лишь ничтожные выходы Л.; т. о. точный состав Л. до сих пор не определен, а приводимые в литературе данные зависят от методики, применяемой для его выделения из древесины.

Для выяснения тождества Л., выделенных одинаковыми методами из различных древесин Л. Жеребовым и В. Малютиным был исследован Л., полученный из еловой древесины по методу Бекмана (применявшемуся для соломы) и по методу Поуелла (применявшемуся для льна): при этом элементарный состав древесного Л. в обоих случаях оказался весьма близким к Л. льна или ржаной соломы, обработанных теми же методами. Л., выделенный даже наиболее осторожными методами, все же повидимому не тождественен с природным Л.; притом методы эти позволяют извлечь Л. из древесины лишь в количестве 0,7—3,0% ее сухого веса или 2,4—10,0% от всей неосахариваемой части древесины. Самое существование природного Л. в живой растительной ткани является сомнительным; более вероятно, что помимо целлюлозы древесина содержит другое, пока неизвестное вещество, при осахаривании целлюлозы дающее Л. В строении Л. несомненно участвуют метоксильные и гидроксильные группы; некоторыми исследователями признается существование альдегидных и карбоксильных или кетонных карбонильных групп. Однако даже природа основного ядра Л. является спорной. Лигнин как перевязочное средство—см. *Вата*.

Табл. 2.—Состав лигнина, выделенного из различных древесных пород (по Powell-Whittaker).

Древесные породы	C	H	OH-группы
Лиственница	63,8	5,2	9,1
Сосна	63,4	5,6	8,9
Ель	64,0	5,5	9,0
Ясень	63,2	5,6	9,0
Береза	63,2	5,5	8,8
Тополь	63,3	5,8	8,7

Лит.: Жеребов Л., К вопросу о составе лигнина, «Бум. пром.», М., 1924, *9*, *12*; Жеребов Л. и Малютин В., К вопросу о составе лигнина, «Вестник Всес. научно-исслед. ин-та древесины», М., 1929, *1*; Kürschner K., Zur Chemie d. Ligninkörper, Sammlung chemischer u. chemisch-technischer Vorträge, hrsg. v. W. Herz, B. 28, H. 3/5, Stg., 1925; Fuchs W., Die Chemie d. Lignins, B., 1926. **Л. Жеребов.**

ЛИГРОИН, нефтепродукт, по своим свойствам промежуточный между бензином и керосином (тяжелый бензин). Технич. нормы Л., как и других нефтепродуктов, сильно колебались в различные периоды развития нефтяной промышленности в тесной связи с изменениями норм на бензин. В настоящее время в СССР установлены на Л. следующие нормы: уд. в. при 15° до 0,775; начало кипения не выше 110°; погонов до 200° не менее 95%; конец кипения не выше 220°, остаток в колбе не более 1,5%. Производителем Л. в СССР является Азнефть, для к-рой размещение Л. является одной из серьезных производственных задач. Причиной этого обстоятельства являются специфич. особенности апшеронских нефтей, сравнительно бедных погонами до 100° и богатых фракциями 100—200°, т. ч. для получения нормального автомобильного бензина легких погонов нехватает, погоны же с $t°_{кип.}$ выше 100° остаются в избытке. В нефтяной промышленности Л. применяется в качестве абсорбента при получении бензина из газа или из неконденсированных дистиллатных паров при перегонке нефти, а также вообще для смешения с готовым бензином из газа в целях получения

автомобильного топлива. Кроме того в промышленности Л. применяется—вместо скипидара—в качестве растворителя каучука, асфальта, лаков, для разведения масляных красок и т. п. **С. Наметкин.**

ЛИЗИМЕТР, приспособление для измерения количества воды, просачивающейся через определенный слой почвы. По Эбермейеру, Л. состоит из ямы шириною и длиною 2 *м* и глубиною 1,2 *м* с мульдообразным дном и с отводной трубой. Яма эта имеет оцементированные водонепроницаемые стенки и дно и заполняется испытываемой почвой с сохранением, если это надо, естественного состояния и растительного покрова. Под дном этой ямы устраивается штольня для доступа к измерительным приборам, собирающим просачивающуюся воду. При заполнении ямы почвой естественные условия почвы нарушаются; кроме того, если почва покрыта растительностью, то глубина Л. может оказаться недостаточной и его следует делать возможно глубже. Значительно более простым Л. в виду малых его размеров является испаритель Рыкачева, состоящий из 3 цинковых ящиков. Внешний ящик опускают в испытываемую почву заподлицо. В него вставляют один над другим 2 внутренних ящика, легко вынимаемых, размерами 400 *мм* длины и 250 *мм* ширины; из них верхний—глубиной 150 *мм* с решетчатым дном, а нижний—100 *мм*, сверху открытый. Верхний заполняется испытываемой почвой, в нижнем же скопляется просачивающаяся вода. Последнее приспособление дает весьма относительные цифры, требующие поправок.

Лит.: Гефер Г., Подземные воды и источники, М., 1925; Engels H., Handbuch d. Wasserbaues, 3 Aufl., B. 1—2, Lpz., 1923.

ЛИКВАЦИЯ, процесс концентрации некоторых составных частей жидкого сплава при его охлаждении в той части, к-рая застывает последней, и вызываемая этим процессом неоднородность твердого сплава. Застывание металлич. сплавов чаще всего происходит не при одной определенной $t°$, а в интервале $t°$, причем кристаллы, выделяющиеся в начале застывания, имеют иной состав, чем кристаллы последующих и конечных стадий застывания. Первые кристаллы имеют тенденцию обособляться от жидкой части сплава: они то всплывают на поверхность вследствие своей легкости, то оседают на дно вследствие большого уд. веса, то нарастают на стенках вместилища. В результате получается неоднородное распределение структурных элементов по сечению застывшего слитка, неоднородность химич. состава, а в связи с этим и всех других его свойств.

Л. может быть обнаружена микроскопически на отшлифованных сечениях слитков путем соответствующего травления их, причем первично застывшие части, содержащие обычно меньшее количество легкоплавких компонентов, травятся иначе, чем застывшие в конце затвердевания. Нередко Л. заметна уже на-глаз—по неоднородности цвета обработанных поверхностей отливок, а иногда и изломов. Так напр., медно-оловянные сплавы (бронзы), нормальный цвет которых желтый с красноватым оттенком, часто обнаруживают белые пятна богатого оловом сплава (т. наз. оловянные пятна), причем в центральных частях отливки (или слитка) таких пятен больше, чем на периферии.

Л. наиболее сильно проявляется при медленном охлаждении. Однако не все сплавы одинаково могут ликвировать; например медь с цинком (латунь, томпак), золото с серебром, золото с медью—не ликвируют или дают ликвацию очень незначительную, даже при очень медленном охлаждении. С другой стороны, например сплавы свинца с цинком или меди со свинцом настолько сильно ликвируют, что получить б. или м. однородную отливку невозможно, в особенности, если свинец входит в состав сплава в б. или м. значительном количестве. Заметно ликвируют сплавы цинка с оловом, меди с серебром, свинца с оловом и меди с оловом. В стали также обнаруживается Л. элементов, входящих в ее состав; так, в центральных и верхних частях слитков всегда содержится большее количество C, P и S. В бронзе в тех же частях наблюдается повышенное содержание Sn и Al. Нередко в сплавах, особенно цветных, наблюдается т. н. обратная Л., выражающаяся в накоплении примесей на периферии слитка. Это явление, не вполне объясненное, повидимому зависит от чрезмерной скорости кристаллич. роста первичных кристаллов, в результате которого между последними образуются пустоты, заполняемые затем вследствие отрицательного давления остаточной маточной жидкостью, сильно обогащенной примесями.

Л. в нек-рых сплавах происходит и до начала их застывания. Такими свойствами отличаются сплавы свинца и цинка, к-рые еще в жидком состоянии распадаются на 2 слоя: верхний богат цинком, а нижний—свинцом. К такому типу сплавов относятся сплавы алюминия с висмутом, алюминия со свинцом, цинка с висмутом и др.

Т. к. всякая неоднородность слитка является существенным недостатком его, то Л. стараются ослабить, применяя соответствующий способ охлаждения сплава; в большинстве случаев цель достигается ускоренным охлаждением его во время застывания.

Лит.: Бабошин А. Л., Металлография и термическая обработка железа, стали и чугуна, ч. 2, П., 1917; «ЖРМО», П., 1915, *1*; Евангулов М. Г., Сплавы, Л., 1924; Talbot B., Segregation in Steel Ingots, «Journ. of the Iron a. Steel Inst.», L., 1905.

ЛИКЕРЫ, алкогольные сладкие напитки крепостью в 25—60°, сахаристостью 20—40%, получаемые настаиванием спирта на плодах, семенах и различных душистых травах и обладающие свойственным каждому сорту ароматом. Л. приготовляются след. образом. Сначала приготовляют очищенный сироп, причем посторонние вещества из него удаляются в процессе варки сиропа с яичным белком. Затем приготовляют т. наз. ароматическую водку, для чего соответствующие плоды, корни, листья, цветы заливают водкой (40—60°) и после настаивания перегоняют в обычных дистилляционных аппаратах (экстрагирование). Безалкогольный сахарный сироп смешивают со спиртом лучшей ректификации в определенных соотношениях и к полученной смеси прибавляют ароматич. дистиллат; кроме того, в зависимости от сорта Л., добавляют еще и отдельные ароматич.

ингредиенты (напр. ваниль); наконец вводят в Л. в малых дозах виннокаменную или лимонную кислоту и растительные красители. Иногда в процессе производства Л. добавляют некоторое количество чистой патоки. Другой метод получения Л., т. наз. способ Эндгардта, отличается от изложенного тем, что здесь вместо ароматической водки делают ароматич. настои—морсы, получаемые в результате настаивания в течение 7—45 дней водки (40—70°) на измельченных сырых и сухих плодах и затем слитой. Следующий способ состоит в том, что в сироп определенной крепости добавляют различные, в зависимости от наименования Л., готовые эссенции в определенных малых соотношениях.

В СССР приготовление Л. ведут гл. обр. по способу Эндгардта. Купажирование сиропа со спиртом производят в обычных деревянных чанах при постоянном перемешивании. Готовые Л. фильтруют и затем, после нек-рой выдержки его в бочках, разливают в бутылки. Иногда Л. подвергают выдержке в бутылках для придания ему большей мягкости. Химич. состав и уд. в. наиболее употребительных Л. представлен в таблице.

Химич. состав и уд. вес наиболее употребительных ликеров.

Ликеры	Удельный вес	Алкоголь объемн. %	Алкоголь весов. %	Экстракт	Сахароза	Зола
				в г на 100 см³		
Бенедиктин . .	1,0709	52,0	38,5	36,00	32,57	0,043
Кюрасо	1,0300	55,0	42,5	38,60	28,50	0,040
Кюммель	1,0830	33,9	24,8	32,02	31,18	0,058
Шартрез	1,0799	43,18	—	36,11	34,45	—
Какао-ликер .	1,1338	26,68	—	40,68	30,40	—
Мараскин . . .	—	29,84	—	52,28	32,71	—
Анисовый из Бордо	1,847	42,0	30,7	34,82	34,44	0,040

Наркомздравом установлен особый список ингредиентов, допускаемых при приготовлении водочных изделий вообще.

Лит.: «Вопросы здравоохранения», М., 1928, сентябрь; Gaber A., Die Likörfabrikation, 11 Aufl., B.—W., 1923; «Вестник виноделия», СПБ—Одесса, 1892—1912.

В. Мунтян.

ЛИМБ, часть угломерного инструмента, служащая для отсчета величины горизонтальных и вертикальных углов. Л. представляет собой металлическ. круг, на котором нанесены деления через равные промежутки. В зависимости от размеров лимба и совершенства его изготовления черточки (деления) нарезаются через 1° или через 30′, 20′, 10′ и до 4′. Деления подписываются не все, а лишь некоторые, например через 10°; значение промежуточных делений, пятиградусных или градусных, отмечается большею длиною соответствующих черточек. На фиг. изображена часть Л., разделенного на полуградусы. В центре лимба вращается подвижная часть—*алидада* (см.). Для более точного измерения на алидаде устраивают вспомогательную шкалу—*верньер* (см.).



В больших инструментах, употребляемых в геодезии и астрономии, Л. делают обычно из латуни или бронзы, самые же деления наносятся на серебряной полоске, вправленной в круг Л. Нек-рые *меридианные круги* (см.) имеют чугунные Л., причем деления нанесены на никелевой полоске. Для увеличения точности отсчета употребляются микроскопы с окулярными микрометрами. Со временем, в особенности от присутствия в воздухе сернистых соединений, серебряные Л. тускнеют и требуют чистки. Последнюю нужно производить с большой осторожностью, чтобы не повредить тонкость делений. Лимб протирают вазелиновым маслом при помощи мягкой части пальца, двигаемого с нек-рым давлением вдоль лимба (перпендикулярно к штрихам делений). При очень сильном окислении серебра чистку производят кусочком угля из грушевого дерева, к-рый при этом шлифует поверхность серебра и заполняет углубленные штрихи, что также способствует отчетливости делений.

Л. является основною частью каждого угломерного инструмента; неточность его изготовления, случайное погнутие или царапина от неосторожного вытирания делений делают негодным весь инструмент. В больших инструментах обычно исследуют ошибки Л., т. е. исследуют правильность величины его делений и затем каждый непосредственный отсчет исправляют выведенными из исследований поправками. В зависимости от того или иного положения в приборе Л. получают название: горизонтальный и вертикальный.

ЛИМНОЛОГИЯ, озероведение; различают: общую и сравнительную Л. Общая Л. является частью *гидрологии* (см.), и под нею обычно подразумевают науку, которая изучает озера с точки зрения: общих свойств воды как вещества (гидрономия), типичных явлений в озерах, выясняющих причинную связь и взаимодействие их с внешними явлениями (гидрология озер), описания озерных объектов (лимнография), методики получения ряда озерных гидрографич. данных (лимнометрия). Сравнительная Л. является частью географии, рассматривающей озера с точки зрения их величины и расположения. Л. как наука ведет свое начало со времени работ Фореля [1,2].

Лит.: 1) Forel F. A., Le Léman, Monographie limnographique, t. 1—3, 1892—1914; 2) Форель Ф. А., Руководство к озероведению, Общая лимнология, СПБ, 1912.—Берг Л. С., Аральское море, СПБ, 1908; Книпович Н. М., Труды Каспийской экспедиции 1914—15 гг., П., 1921; Броунов П. И., Курс физич. географии, П., 1917; «Известия Гос. гидрологич. ин-та», Л., 1921—29; Association internationale permanente des Congrès de navigation, fleuves, canaux et ports, Notes bibliographiques (1885—1925), 5 séries, Bruxelles, 1908, 1912, 1919, 1924, 1927 (библиография по иностр. лит.).

ЛИМОНЕН, см. *Терпены.*

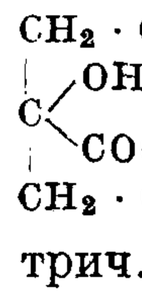
ЛИМОНИТ, *бурый железняк* (см.), самая распространенная форма гидроокиси железа. Л. аморфен и скрытокристалличен. Твердость плотных разностей до 5—5,5; хрупок. Перед паяльной трубкой плавится с трудом. В стеклянной трубочке выделяет при нагреве воду. Растворим в к-тах. Л.—наиболее устойчивая форма Fe-соединений на земной поверхности; образуется при выветривании минералов, содержащих Fe: осаждением из растворимых в воде соединений железа (углекислого, сернокислого железа, солей орга-

нических и других к-т), путем реакции окисления, гидратации (выпадение гидратов), действия щелочей и деятельности Fe-бактерий. Характерны различные виды метосоматизма (псевдоморфозы Л. по пириту, замещение выходов сульфидных руд—«железные шляпы», замещение известняков и сидеритов), а также гидратация и частичное замещение собственно Fe-минералов—гематита (Fe_2O_3) и магнетита (Fe_3O_4).

Разновидности Л. в зависимости от структуры минералов: Л. натечный—сложение жилковатое, концентрически скорлуповатое; Л. плотный — сплошной; Л. охристый—землистые разности желтого цвета; Л. шлаковидный—с жирным блеском и раковистым изломом, характерное присутствие Si и P; Л. ноздреватый, пористый; Л. вкрапленный в осадочных породах в виде рассеянных конкреций, заполняющих пустоты, трещины и цементирующий многие песчаники и конгломераты; Л. глинистый и кремнистый—в зависимости от примеси глины или кремнезема. Процессы метаморфизма выделяют из лимонита воду, превращая его в гематит. Лимонит—одна из важнейших *железных руд* (см.).

П. Топольницкий.

ЛИМОННАЯ КИСЛОТА, окситрикарбаллиловая кислота, 2-оксипропан-1, 2, 3-трикарбоновая кислота, трехосновная оксикислота, широко распространенная в растительном мире. Ее строение доказывается возможностью синтеза из симметрич. дихлорацетона путем перевода его в соответствующий нитрил и последующего омыления. Л. к. имеет уд. вес 1,542, хорошо растворима в воде и в спирте, кристаллизуется в гексагональной системе с одной частицей воды, к-рую теряем при нагревании до 130°; при 153° плавится, разлагаясь с выделением воды и переходя в аконитовую к-ту, $CH_2(COOH)\cdot C(COOH) : CH(COOH)$. Л. к. встречается в свободном виде или в виде солей в самых разнообразных тканях многих растений. Значительные количества свободной Л. к. содержатся в плодах клюквы, красной смородины и т. д., но особенно богаты ею не вполне зрелые плоды деревьев из рода Citrus (лимоны и др.), в соке которых содержание Л. к. достигает 7—9%.



Добывание Л. к. главн. обр. из не вполне зрелых и бракованных лимонов (см. *Лимонное дерево*). Для получения Л. к. отпрессовывают из мякоти лимона лимонный сок, который кипятят с мелом и с известью, причем осаждается лимоннокальциевая соль, трудно растворимая в кипящей воде. Выпавшую соль отфильтровывают, промывают горячей водой и разлагают слабой серной кислотой; полученный раствор отфильтровывают и выпаривают до начала кристаллизации. Выделившиеся кристаллы растворяют в воде, раствор обесцвечивают животным углем и выкристаллизовывают Л. к. Производство Л. к. сосредоточено гл. обр. в Италии, в особенности в Сицилии. Ежегодно здесь вырабатывают до 8 000 *m* Л. к., что составляет почти 90% всего мирового производства.

Т. к. разведение лимонного дерева в Европе, по климатич. условиям, ограничено средиземноморскими странами, то в качестве источника Л. к. возбудило большой интерес открытое в 1893 году Вемером (Wehmer) лимоннокислое брожение углеводов, первоначально обнаруженное в культурах цитромицетов (Citromyces), относящихся к плесневым грибкам, и протекающее согласно следующему основному ур-ию:

$$C_6H_{12}O_6+3O=C_6H_8O_7+2H_2O.$$

Оказалось, что способность вырабатывать Л. к. свойственна также очень многим представителям плесневых грибков: кроме описанных Вемером цитромицетов (Cytromyces Glaber и C. Pfefferianus) эта способность была отмечена также у Penicillium luteum и Mucor piriforme. Впоследствии в качестве энергичных возбудителей лимоннокислого брожения обратили на себя внимание Aspergillus niger (Керри, 1919 г.) и Penicillium arenarium (Шапошников и Мантейфель, 1923 г.). Однако грибки после накопления в среде определенной концентрации Л. к. начинают затем потреблять ее, сжигая до углекислоты и воды. Лишь при условии непрерывной нейтрализации мелом образующейся Л. к. удается поднять ее выход до 60%, считая на израсходованный сахар.

Несмотря на громадный интерес, к-рый представляет возможность промышленного использования лимоннокислого брожения, попытки осуществить его не могут пока считаться вполне удовлетворительными, и решение этого вопроса—задача будущего. В настоящее время применение способа брожения в производстве Л. к. встречает ряд затруднений, проистекающих из неполноты сведений по физиологии данной группы грибков, по вопросам об условиях накопления грибками Л. к. и о химизме этого процесса. На разрешение этих вопросов в настоящее время направлены силы ряда исследователей как на Западе (Вемер, Мольяр, Керри, Бернгауер и др.), так и в СССР (лаборатории акад. Костычева, Буткевича, Шапошникова и др.). Выяснено, что лимоннокислое брожение следует рассматривать как неполное окисление сахаров плесневыми грибками. Однако в этом процессе помимо Л. к. может образовываться и ряд других продуктов: глюконовая, фумаровая и щавелевая к-ты и наконец углекислота и вода, как продукты полного окисления. По взглядам одних исследователей, различные продукты окисления могут накопляться в культуре одного и того же грибка в зависимости от условий культуры; так, по взглядам Мазе, Мольяра и Костычева, Л. к. накопляется при условии недостатка в субстрате азота или других необходимых для развития веществ и при относительном избытке сахаров; Буткевич же считает, что накоплению Л. к. способствует кислая среда, тогда как в щелочной среде процесс направляется в сторону накопления глюконовой кислоты. Другие исследователи, наоборот, полагают, что преимущественное накопление той или иной кислоты является характерным свойством различных рас (Бернгауер). В связи с этим представляет интерес то обстоятельство, что описанный Шапошниковым и Мантейфелем гриб Penicillium arenarium не накопляет в культуре никаких к-т кроме лимонной.

Идея применения плесневых грибков в производстве Л. к., помимо подыскания среды, допускающей наибольший экономич. эффект процесса, осложняется еще тем, что плесневые грибки развиваются лишь на поверхности субстрата, следствием чего является длительность процесса (3—4 недели). Кроме того, так как продуцирующие Л. к. грибки развиваются в условиях, благоприятных и для других грибных и бактериальных организмов, то производство должно быть связано с возможно полной стерильностью субстрата и устранением возможности его инфекции. Эти задачи представляют не малую сложность при постановке заводского производства Л. к.

Л. к. применяется в ситцепечатании (в качестве протравы), главное же ее применение—в качестве вкусового вещества при фабрикации лимонадов, фруктовых вод, карамели и других кондитерских изделий. Однако в последнее время в этих производствах Л. к.

начинает вытесняться более дешевой *молочной кислотой* (см.).

Лит.: Шапошников В. и Мантейфель А., «Труды Научн. хим.-фарм. института», М., 1923, 5; «Biochem. Ztschr.», B., 1922, 1924; «Ztschr. f. physiol. Chemie», B., 1924; Wehmer, Zitronensäuregärung, Handbuch d. technisch. Mykologie, hrsg. v. F. Lafar, B. 1—5, Jena, 1904—14. **В. Шапошников.**

ЛИМОННОЕ ДЕРЕВО, Citrus medica L. из сем. Aurantiaceae, вечнозеленое колючее дерево 3—16 *м* высоты; родина—тропическая Азия; разводится с промышленной целью в Италии (Калабрия, Неаполь, Сицилия), Испании, Португалии, на юге Франции, на о-вах Греции, в Алжире, Калифорнии и на черноморском побережьи Кавказа. Древесина светлозеленого цвета, прекрасно поддается полировке, годна на мелкие поделки, уд. вес 0,63. На рынке под торговым названием Л. д. часто фигурирует древесина деревьев: сатинового феролиевого (Ferolia guianensis) и ост-индского сатинового (Chloroxylon switenia). Древесина их твердая, тяжелая, пахучая, цветом желтая, красноватая или бурая, хорошо полируется. Трудно поддается обработке; уд. в. до 0,83. Применяется эта древесина в токарн. и мебельном производствах; продажа ее производится на вес.

Плоды Л. д.—лимоны—обладают съедобной мякотью и пахучей коркой, богатой эфирным *лимонным маслом* (см.). Вполне взрослое Л. д. при урожае дает до 2 000 штук лимонов. Лучшими лимонами считаются сицилийские. В соке мякоти лимона содержится лимонная к-та в количестве 5—8%; находится она частью в свободном состоянии, частью же (1—2%)—в виде солей Са и щелочных металлов. Из сахаров в лимонном соке содержится глюкоза, фруктоза и сахароза; общее содержание сахаристых веществ—от 2 до 3,8%. Лимоны богаты витаминами А, В и С.

Лимоны служат для получения *лимонной кислоты* (см.) и лимонного сока. Полученный прессованием мякоти лимонов мутный сок подвергают брожению для образования некоторого количества спирта, который свертывает пектин сока; затем сок фильтруют, разливают в маленькие склянки, закупоривают и стерилизуют. Лимонный сок находит широкое применение для приготовления лимонада и для лечебных целей—как средство против цынги, так как он содержит витамин С. Лимонный сок, сваренный с сахаром (на 40 ч. лимонного сока—64 ч. сахара), дает лимонный сироп. Для получения лимонного масла, лимонной кислоты и лимонного сока употребляют гл. обр. бракованые плоды, хорошие лимоны идут в пищу в свежем виде.

Состав лимонов (Мессина): состав плода—37,5% кожи, 59,5% плодовой мякоти, 3,0% семян; состав мякоти—82,14% воды, 0,26% инвертного сахара, 6,82% лимонной кислоты; состав сока—10,1% экстрактивных веществ, 0,42% сахара, 7,03% лимонной кислоты, остальное—вода. Кроме обыкновенных, или кислых, лимонов существуют еще сладкие лимоны (плоды Л. д. Citrus limetta Risso), с сочной, сладкой, приятного вкуса мякотью, которые употребляются для еды в свежем виде. Из кожи сладких лимонов добывают эфирное лиметовое масло.

Лит.: Керн Э. Э., Деревья и кустарники, их лесоводственные особенности, использование и технические применения, М.—Л., 1925; «Товароведение», Сборник под редакцией П. Петрова и Ф. Церевитинова, т. 4, М.—Л., 1929. **Ф. Церевитинов.**

ЛИМОННОЕ МАСЛО, эфирное масло, получаемое из свежих корок плодов *лимонного дерева* (см.). Производство Л. м. осуществляется исключительно в Калабрии (Италия) и на о-ве Сицилии. Для этой цели применяют обычно только плоды зимнего сбора (плоды других сборов дают масло с низшим содержанием цитраля). В переработку на Л. м. идут плоды, непригодные для пересылки и сбыта в виде фруктов; производственный сезон длится с декабря по март—апрель.

Наиболее употребительным способом получения Л. м., как и всех *агрумовых масел* (см.), является способ выжимания. Для этого лимоны разрезают пополам и мякоть плода вычищают специальной острой ложкой или же снимают ножом с лимона корку в виде трех полос (с частью мякоти); после этого корки выжимают руками над губкой или глиняной чашкой; стекающее вместе с водной жидкостью Л. м. отстаивается, отделяется и фильтруется. Из 1 000 лимонов получается т. о. от 320 до 640 *г* Л. м. Такой способ дает Л. м. наивысшего качества; для получения же более низких сортов и для использования остатков после выжимания, применяют перегонку последних с водяным паром. Механизация производства Л. м. находится пока в зачаточном состоянии и дает не более 10% общего количества Л. м. Применяемые для этого машины состоят из рифленых чашек и рифленых же пестиков, имеющих взаимно противоположное движение, благодаря чему происходит повреждение поверхностного слоя корки и разрыв вместилищ, содержащих эфирное масло. Попытки применить для извлечения Л. м. способ экстракции не привели к удовлетворительным результатам и практич. применения не нашли. Производство Л. м. теснейшим образом связано с переработкой остальных частей плода, т. е. с выработкой лимонной к-ты, спирта, жирного масла из семян, пектина и т. д.

Л. м. представляет собою легко подвижную слабоокрашенную в желто-зеленый цвет жидкость, обладающую характерным запахом лимонной цедры и горьковатым вкусом. Уд. вес колеблется в пределах от 0,856 до 0,861; уд. вращение $[\alpha]_D$—от +57° до +61°; коэф. преломления n_D^{20}—от 1,474 до 1,476; нелетучий на водяной бане остаток составляет у масел ручной прессовки 2,1—4%, у масел машинной прессовки—5—6,6%. Л. м. редко растворяется нацело в 90%-ном спирте, в 95%-ном растворяется в 1—0,5 объема. Характерная составн. часть Л. м.—цитраль. $(CH_3)_2C:CH\cdot CH_2\cdot CH_2\cdot C(CH_3):CH\cdot CHO$ — непредельный альдегид, содержащийся в Л. м. в количестве 3,5—4%, для определения которого применяют аналитические методы, основанные на титровании гидроксиламином. Кроме цитраля в состав Л. м. входят лимонен, составляющий большую часть масла, α-пинен, β-пинен, камфен, β-фелландрен, метилгептенон, γ-терпинен, октиловый и ониловый альдегиды, цитронеллаль, α-терпинеол, уксусные эфиры линалоола и гераниола, сесквитерпены (бисаболен и кадинен)

и нелетучее соединение—цитраптен (диметоксикумарин), $C_{11}H_{10}O_4$. Л. м. часто фальсифицируется скипидаром, примесь которого открывают путем дробной разгонки.

Вывоз Л. м. из Италии в 1928 г. составлял 621 *m*. В незначительных размерах выработка Л. м. существует также в Испании и США. Потребность СССР составляет около 30 *m* и покрывается исключительно ввозом. Перспективы производства Л. м. в СССР неясны, так как попытки разведения лимонов в Закавказьи еще не привели к определенным результатам. Применяется Л. м. в пищевой промышленности—в производстве напитков и кондитерских изделий и в парфюмерном производстве—при выработке одеколона. **Б. Рутовский.**

Лит.: см. *Эфирные масла*.

ЛИМОНЫ, см. *Лимонное дерево*.

ЛИНАЛООЛ, к о р и а н д р о л — непредельный третичный спирт, довольно широко распространенный в эфирных маслах, где он встречается в правовращающей и левовращающей формах как в виде эфиров, так и в свободном состоянии. Состав линалоола отвечает формуле $C_{10}H_{18}O$; его наиболее вероятное строение:

$$(CH_3)_2C : CH \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot C(OH)(CH_3) \cdot CH : CH_2.$$

Главным источником получения Л. является масло л и н а л о е (см. *Эфирные масла*); кайенское масло линалое содержит от 60 до 80% левовращающего Л., тогда как в мексиканском одновременно присутствуют оба оптических изомера. Правовращающий Л. в таких же приблизительно количествах содержится в кориандровом эфирном масле. Широкое распространение в эфирных маслах имеют эфиры Л. с кислотами жирного ряда; наприм. в бергамотном масле содержится ок. 30—45% уксусного эфира Л., в лавандовом—ок. 25—50% эфиров уксусной и более высокомолекулярных жирных кислот; кроме того эфиры Л. составляют б. или м. значительную и характерную составную часть масел мускатного шалфея, листьев горького померанца и др. В эфирных маслах свободный Л. обычно сопровождается другими спиртами этого ряда—гераниолом и цитронеллолом. Л.—жидкость с характерным запахом, напоминающим ландыш; $t°_{кип.}$ его 197—199°; уд. вес 0,87; уд. вращение l-изомера —20°, d-изомера +19°. Характерна для Л. его растворимость в 50—60%-ном спирте.

Л. получают в большинстве случаев фракционной разгонкой эфирных масел; химически чистый продукт приготовляют, переводя Л. в соответствующую соль кислого фталевого эфира, получаемого через линалоолат натрия. Синтез Л. осуществляют исходя из метилгептенона—конденсацией его с ацетиленом в присутствии амида натрия и последующим восстановлением полученного дегидролиналоола. Повторно присоединяя и отщепляя воду, Л. легко изомеризуется в гераниол и терпинеол. Окисление Л. в кислой среде приводит к цитралю (с предварительной перегруппировкой в гераниол).

Из эфиров Л. наиболее практич. значение имеет уксусный, известный также под названием и с к у с с т в е н н о г о б е р г а м о т н о г о м а с л а, или б е р г а м и о л а; меньшее применение находят эфиры масляной кислоты. Получение уксусного эфира Л. требует нек-рых предосторожностей, т. к. при действии уксусного ангидрида на Л. происходят одновременно изомеризация—с образованием уксусного эфира терпинеола—и отщепление воды—с образованием углеводородов, преимущественно дипентена. Ацетилирование Л. ведут при 140° в кипящем ксилольном растворе; другие способы, например получение бергамиола через линалоолат натрия или алюминия, не нашли широкого применения.

Л. применяется главн. обр. в качестве составной части отдушек в мыловаренной и парфюмерной промышленности, являясь основой для запахов типа ландыша и прибавкой для многих других цветочных запахов. Эфиры Л., в особенности бергамиол, широко применяются для замены натурального бергамотного масла в дешевых одеколонах, а также для придания свежего оттенка другим запахам.

В СССР производство Л. и его эфиров для полного удовлетворения потребности в них может быть налажено переработкой кориандрового эфирного масла (см. *Кориандр*). Приблизительная потребность СССР к 1932/33 г. определяется: линалоола 3—4 *m*, бергамиола 4—5 *m*. **Б. Рутовский.**

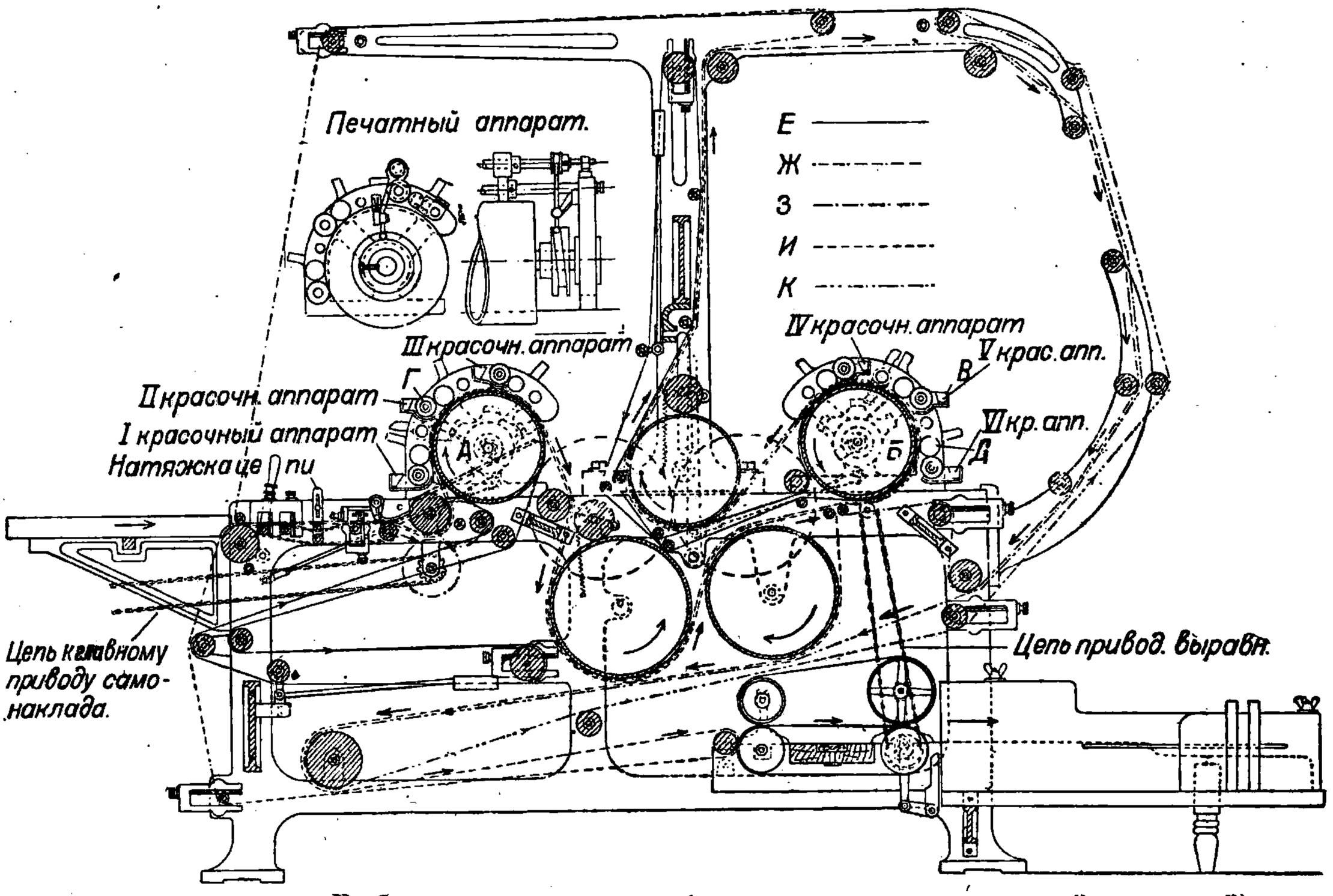
Лит.: см. *Душистые вещества*.

ЛИНДЕ МАШИНА, см. *Холодильное дело*.

ЛИНЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ, машины для нанесения на потребительскую бумагу (писчую, почтовую, контокоррентную, бланочную и пр.), в зависимости от назначения бумаги, поперечных и продольных линий, сплошных или прерывающихся, причем эти линии зачастую д. б. разных цветов. Большинство бумаг линуется с двух сторон; в этом случае линии оборотной стороны должны точно совпадать с линиями лицевой стороны, и на обеих сторонах линии должны находиться на одинаковом расстоянии от края бумаги. Выполнение всех этих задач требует наличия устройств, обеспечивающих возможность производства линовки способом, гарантирующим соответствующие качества и количества продукции.

В современной усовершенствованной Л. м. (см. фиг.) различают следующие главные части: 1) самонакладчик, отделяющий верхний лист от стопы и вводящий его в машину в определенное время (в соответствии с движением машины и в зависимости от размера листа); 2) механизм, проводящий бумагу через машину, т. е. подводящий ее к линевальному аппарату и выводящий после линовки из машины; 3) линующий аппарат, воспринимающий на себя краску и передающий ее на определенные места проходящей под ним бумаги; 4) т. н. п р и е м к а—аппарат, принимающий готовую продукцию из машины и складывающий ее в правильные стопы. Самонакладчик Л. м. состоит из рычага с расчесочн. роликами и из придерживающих ножиков. Рычаг, опускаясь на стопу бумаги через определенные промежутки времени (в зависимости от формата листа и быстроты его прохода к линевальным аппаратам), выдергивает из-под придерживающих ножиков верхний лист бумаги и продвигает его на систему бесконечных движу-

щихся лент, передающих лист в машину. Такие самонакладчики имеют существенный недостаток, заключающийся в том, что ножики, придерживая лист, несколько надрезают и следовательно портят лист, а если они затупились, то надрывают его. Образующиеся от надрыва волокна переходят вместе с листом в линевальный аппарат и засоряют его, отчего линии на бумаге со временем получаются нечистыми. В более усовершенствованных самонакладчиках ножики заменены специальным механизмом, выдергивающим из-под себя лист и затем продвигающим задние углы листа по направлению к машине; т. обр. освобождается место для кулачков, к-рые ложатся на освободившиеся места второго листа, вследствие чего одновременно освобождается из-под этого придерживающего аппарата отделенный от стопы верхний лист, к-рый подхватывается расческами рычажного механизма и уносится в машину. Самонакладчик всегда является самостоятельной машиной; ее можно выключить и производить накладку руками. Из-под лент самонакладчика лист проходит в систему находящихся в постоянном движении верхних *Ж* и нижних *И* бесконечных ниток, к-рые проводят лист под линевальн. аппаратами машины и выводят его на приемку. В машинах, линующих бумагу с одной стороны, имеются только две нитки. В машинах же, линующих бумагу с оборотом, т. е. являющихся как бы двойными машинами (они снабжаются двумя отдельными линевальными механизмами), имеются три, а в нек-рых машинах четыре нитки, причем верхняя нитка первого линевального аппарата проходит и ко второму линевальному аппарату, где она становится нижней ниткой (верхняя нитка *З*—особая). В машинах, у к-рых приемка расположена внизу, четвертая нитка *К* служит для провода линованного листа в приемный механизм, что отпадает в машинах, имеющих приемку наверху. В зависимости от ширины проходящего через Л. м. листа, по ширине ее барабанов расположено до 10 и больше параллельных систем ниток, считая за систему верхнюю и нижнюю нитки одного линевального аппарата, нижнюю нитку второго линевального аппарата



(в машинах с двусторонней линовкой) и четвертую, выводящую нитку (в машинах с нижней приемкой). От равномерности натяжения ниток зависит правильность хода листа в машине: нитки, ослабленные или натянутые слишком туго, имеют разные скорости и следовательно подают один край листа быстрее или медленнее другого, отчего лист перекашивается, т. е. во время хода меняет свое положение (края листа направлены не параллельно линии ниток и не под прямым углом к линевальным аппаратам) и т. о. получает линовку не в надлежащем месте. Правильная натяжка ниток требует от мастера, обслуживающего машину, опыта и навыка.

Линевальный аппарат состоит из барабана, поверх которого движется с одинаковой с барабаном скоростью бесконечное, т. н. линевальное сукно *Е* (фланель). Примерно по половине окружности барабана расположены 2, 3 или 4 красочных аппарата и столько же (в зависимости от рода работы) линевальных форм. Линевальная форма в применяемых у нас Л. м. германского производства состоит из медных дисков различной толщины, т. н. роликов, нанизанных в определенном расстоянии друг от друга на линевальный валик (промежутки заполняются шпациями—дисками меньшего диаметра); линевальный валик вращается вокруг своей оси с такою же скоростью, как и барабан, нитки и линевальное сукно. Жидкая, разведенная

в воде анилиновая краска находится в особом длинном, по ширине барабана, сосуде, т. н. кипсейке, откуда она проводится фланелью; один конец фланели закреплен в кипсейке (впитывает в себя краску), а другой свободно лежит на резиновом валике, воспринимающем краску и передающем ее на линевальные ролики. С роликов, под некоторым нажимом, краска передается на бумагу, проводимую системой ниток между линевальным сукном и линевальными роликами. Если линовка идет сплошная, т. е. непрерывающимися линиями от одного до другого края бумаги, то красочные аппараты постоянно прилегают к линевальному барабану и следовательно только в небольшие промежутки времени между двумя листами (установить возможно меньший интервал является задачей линовщика) приходят в соприкосновение с линевальным сукном. Бесконечное линевальное сукно имеет довольно длинный ход для того, чтобы воспринявшие краску места могли высохнуть до вторичного соприкосновения с бумагой.

В отличие от сплошной линовки, при к-рой линевальные ролики всегда находятся в рабочем положении и всегда от края до края пролиновывают бумагу, при линовке с перерывами ролики поднимаются и опускаются, т. е. из рабочего положения на короткий момент переходят в приподнятое нерабочее положение. Для уточнения и регулировки этого движения на концах линевальных барабанов по их окружности имеются канавки, по числу красочных аппаратов, которые заполняются специальными вставками разной длины (на барабане по его периферии имеется миллиметровая шкала, облегчающая установку вставок), в соответствии с длиной промежутка между концом линии на одном листе и началом линии на следующем за ним листе. Эти вставки, выступающие над поверхностью самого барабана, приподнимают линевальный валик с дисками (нерабочее положение) и опускают его вновь вниз (рабочее положение). Необходимо, чтобы возвращение линевального вала в рабочее положение точно совпадало с моментом, когда место листа, на котором должна начаться линовка (заголовок), будет находиться в месте соприкосновения роликов с сукном. Для достижения этого совпадения надо, чтобы лист входил в машину через правильные, точно соразмеренные интервалы, что частично достигается путем установки самонакладчика и уточняется особой гребенкой, пропускающей (движение вниз) свои зубцы между ниток и задерживающей поступательное движение листа; момент обратного движения гребенки (освобождение листа) точно соразмерен с моментом опускания линевального вала, чем и достигается точное попадание линевальных роликов на соответствующее место листа. Установка этих механизмов на первом барабане требует нек-рого налаживания и практических проверок, установка же механизмов на втором барабане производится по однородным на обоих барабанах шкалам. Кипсейка красочного аппарата м. б. разделена вставными перегородками (свинками) на несколько камер; каждая камера м. б. заполнена краской другого цвета (обычно красной, синей и зеленой). Т. о. продольные линии, начинающиеся в одном месте (у одной поперечной, заголовочной линии), м. б. разноцветными; наличие же одного, двух, трех или четырех красочных аппаратов определяет не количество разных цветов линий (разных красок), а количество линий разной длины, вернее—количество находящихся в разных местах поперечных заголовочных и подзаголовочных линий. Для производства ученич. тетрадей с косой линовкой имеются специальные спиральные валы.

Описанные выше машины строятся разных размеров. Производительность Л. м. по данным фирменных каталогов: при односторонней сплошной линовке от 4 000 до 5 000 листов в час; при односторонней линовке с перерывами (с заголовками) от 2 500 до 3 000 листов; при двусторонней сплошной линовке от 4 500 до 6 000 листов и при двусторонней линовке с перерывами (с заголовками) от 2 500 до 4 000 листов в час.

В продаже имеются также и небольшие Л. м., предназначенные для линовки бумаги малых форматов; эти машины в большинстве случаев однобарабанные (односторонняя линовка). К Л. м. могут быть пристроены дополнительные аппараты—для продольной резки листа, перфорировки, продольного гнутья бумаги—и печатный аппарат, впечатывающий небольшой текст, как например «Дебет», «Кредит» и другие заголовки, нумерацию линовки и пр. Для производства тетрадей имеется специальный фальцевальный аппарат, собирающий листы в лаген (пачку), вкладывающий лаген в обложку и затем фальцующий весь лаген, так что выходящая из машины продукция подлежит только шитву и резке (отпадает сборка и отдельная фальцовка листов).

Стоимость двухбарабанной Л. м. с самонакладчиком, тремя красочными аппаратами на каждом линевальном барабане достигает 3 000 руб.

Применявшиеся в прежние времена Л. м., в которых вместо линевальных роликов имелись «перья», т. е. особой формы медные трубки-желоба, заканчивающиеся узким отверстием (в зависимости от толщины требующейся линии), через которые поступающая из кипсейки в желоба краска протекает на бумагу, применяются в США и до настоящего времени, т. к. они имеют свои немаловажные преимущества. Прежде всего линия, проведенная пером, производит более мягкое и более отчетливое впечатление (перо лучше прилегает к бумаге, что очень важно при негладких бумагах, и для передачи краски на бумагу не требуется нажима, который при роликовой системе все-таки имеется). Затем, путем укорочения или удлинения самого пера, можно гораздо легче и точнее установить место начала линии. Далее, при сложных линовках, т. е. при линовке с перерывами, линиями, начинающимися от нескольких заголовочных линий, можно обойтись только одним красочным аппаратом. Имеются и недостатки: более быстрое по сравнению с роликами снашивание перьев, более высокая стоимость пера сравнительно со стоимостью дисков-роликов и др. В отличие от германских машин, к-рые рассчитаны

на экономию места (для чего многие механизмы спрятаны внутри машины, т. ч. линовщику труднее уследить за правильностью их работы), американские Л. м. имеют большую длину; благодаря этому все механизмы расположены открыто, и лист, проходящий через машину, во все время нахождения в машине находится на виду у линовщика. В то время как на немецких машинах поперечная линовка (квадратная в клетку) достигается только путем двукратного прогона бумаги через машину (в долевом и поперечном направлении), в америк. машинах путем пристройки второй машины под прямым углом к первой пропускают лист только один раз. Все немецкие машины, а частично и американские, предназначаются для линовки листовой бумаги; имеются также конструкции американских Л. м., предназначенных для линовки ролевой бумаги, причем лист отрезается от рулона в самой Л. м. **Р. Киббель.**

ЛИНЕЙЧАТЫЕ ПОВЕРХНОСТИ описываются прямой (образующей), непрерывно перемещающейся в пространстве. Поэтому они характеризуются тем, что через каждую их точку проходит прямая, целиком им принадлежащая.

Различают Л. п. р а з в е р т ы в а ю щ и е с я и к о с ы е. Первые можно определить как геометрич. место прямых (образующих), касательных к некоторой пространственной кривой—ребру возврата (см. *Семейства кривых и поверхностей*), почему два бесконечно близкие положения образующей такой Л. п. всегда лежат в одной плоскости; это обусловливает возможность развернуть Л. п. на плоскость без растяжения или сжатия, причем сохраняется неизменной длина всякой линии, взятой на ней. Свойство развертываться на плоскость можно принять за определение развертывающейся Л. п. Примером такой Л. п. может служить развертывающаяся винтовая поверхность, образующие которой касаются *винтовой линии* (см.). Частным случаем развертывающейся Л. п. являются *конические поверхности* (см.) и *цилиндрические поверхности* (см.), у которых ребро возврата стягивается в одну точку (вершину поверхности), через которую проходят все образующие и которая лежит либо на конечном расстоянии (конус) либо в бесконечности (цилиндр).

К косым Л. п. (неразвертывающимся) принадлежат коноидные поверхности, в том числе две поверхности второго порядка—однополый *гиперболоид* (см.) и гиперболический параболоид (см. *Поверхности* в т о р о г о п о р я д к а), а также обыкновенная *винтовая поверхность* (см.) и так называемый цилиндроид, прямой коноид третьего порядка, определяемый ур-ием

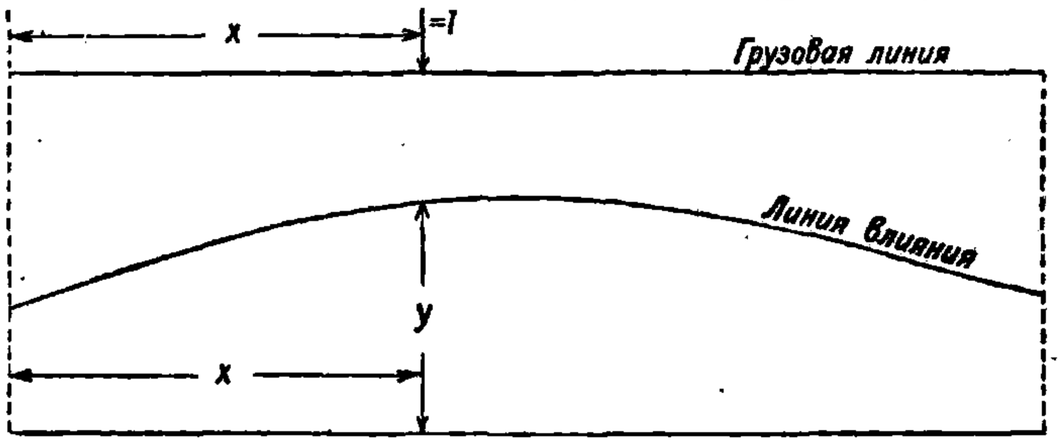
$$z \cdot (x^2 + y^2) = k \cdot xy$$

(за ось z принята направляющая прямая).

Лит.: S c h e f f e r s G., Lehrbuch der darstellenden Geometrie, 2 Auflage, B. 1—2, Berlin, 1922—1927.

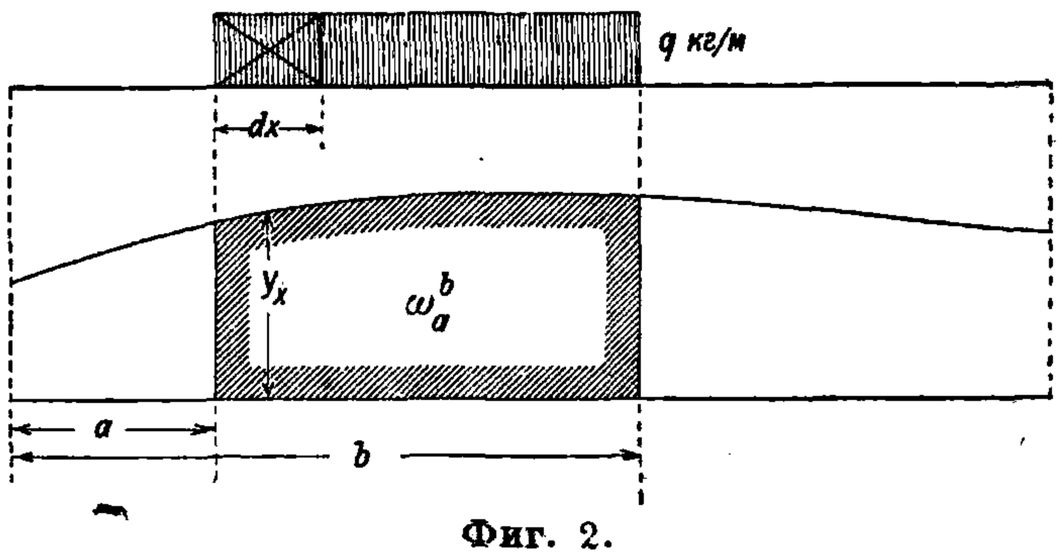
В. Коновалова.

ЛИНИИ ВЛИЯНИЯ, и н ф л ю е н т н ы е л и н и и, представляют собой графич. изображение закона изменения усилия или момента в сечении или точке сооружения в зависимости от груза равного единице, перемещаемого по грузовой линии сооружения. Л. в. может изображать также закон изменения деформации в сечении и линейного смещения точки сооружения в зависимости от перемещения груза равного 1 по сооружению. Каждая ордината y Л. в. (фиг. 1), взя-



Фиг. 1.

тая под положением груза равного 1, определяет собой, смотря по назначению Л. в., величину усилия, момента или деформации в сечении или точке сооружения, для к-рого она построена. Ординаты Л. в. имеют различную размерность, что зависит от ее назначения; если Л. в. определяет закон изменения момента, то ординаты ее имеют измерение в *см*; если она определяет усилие, то ординаты ее—отвлеченное число; если она определяет линейное перемещение, то ординаты ее—*см/кг*; если она определяет угловую деформацию, то ординаты ее—$\frac{1}{кг}$.



Фиг. 2.

Свойства Л. в. позволяют находить наивыгоднейшее положение подвижной нагрузки для рассматриваемого усилия, момента, деформации и т. д., что очень важно для расчета сооружений, подвергающихся действию подвижной нагрузки, могущей занимать любое положение на сооружении. Вместе с тем Л. в. на основании закона независимости действия дают возможность определять величину усилия, момента, деформации и пр. от воздействия ряда нагрузок или системы их как сумму воздействий отдельных грузов. Если это будет ряд сосредоточенных грузов P_1, P_2, ..., P_k, то величина усилия S, для которого построена Л. в., определяется выражением:

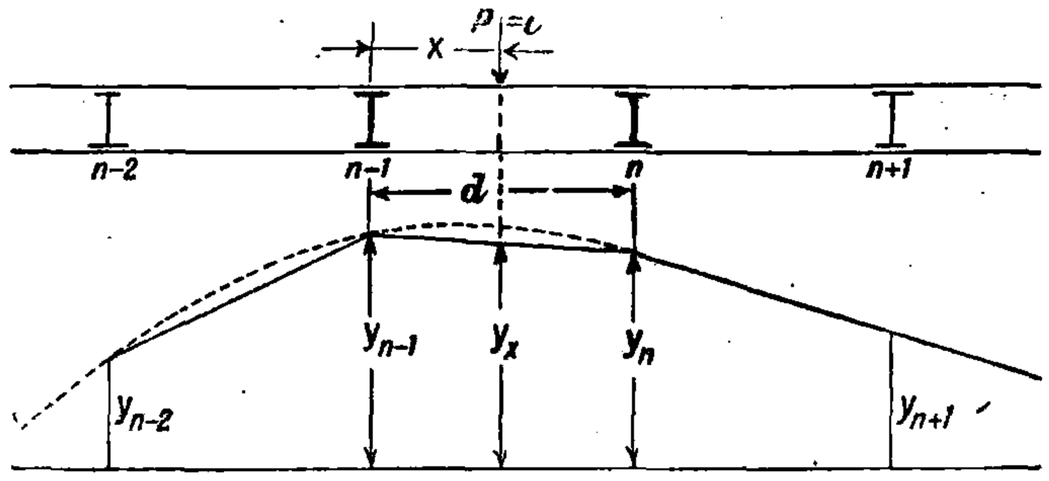
$$S = P_1y_1 + P_2y_2 + \ldots + P_ky_k = \sum_1^k Py.$$

Если сооружение загружается равномерно распределенной сплошной нагрузкой q *кг/м*, расположенной на участке с абсциссами a и b (фиг. 2), то величина усилия S определится по Л. в. выражением:

$$S = \sum_a^b y_x q\,dx = q \sum_a^b y_x\,dx = q \cdot \omega_a^b,$$

где ω_a^b—площадь Л. в. на участке между абсциссами a и b. Если нагрузка передается

на сооружение не непосредственно, как было указано в двух предыдущих случаях, а при посредстве балочек (фиг. 3), передающих нагрузку в определенные точки сооружения, называемые у з л а м и, то этим не нарушается способ использования Л. в., но изменяется контур самой Л. в., а именно: ординаты Л. в. над узлами сохраняют ту же величину, как при непосредственном действии нагрузки, что вполне понятно, между узлами же ординаты Л. в. изменяются по прямым. Действительно, груз $P=1$,



Фиг. 3.

помещаясь между узлами (фиг. 3), разлагается на два:

$$P_{n-1}=P\frac{d-x}{d} \text{ и } P_n=P\frac{x}{d};$$

т. к. по свойству Л. в. должно быть удовлетворено условие:

$$P\cdot y_x=P_{n-1}\cdot y_{n-1}+P_n\cdot y_n,$$

то после подстановки в это выражение величин P_{n-1} и P_n получим следующую зависимость для ординаты под грузом $P=1$:

$$y_x=\frac{d-x}{d}y_{n-1}+\frac{x}{d}y_n,$$

к-рая показывает, что y_x есть ордината прямой, имеющей по концам ординаты y_{n-1} и y_n, определяемые Л. в. при непосредственном действии нагрузки.

Использование Л. в. заключается в двух операциях: определении невыгоднейшего положения системы грузов на сооружении и определении наибольшего усилия для выбранного расположения.

1) О п р е д е л е н и е н е в ы г о д н е й ш е г о п о л о ж е н и я с и с т е м ы г р у з о в н а с о о р у ж е н и и. Если расстояния между грузами системы остаются постоянными, то величина суммарного воздействия Z есть ф-ия одного переменного x — расстояния первого груза от левой опоры: $Z(x)=\Sigma Py$. Наибольшее значение этой ф-ии мы найдем, приравнивая нулю ее производную по x:

$$Z'(x)=\sum P\operatorname{tg}\varphi=0, \qquad (1)$$

где через φ обозначен угол наклона любой ветви к горизонту. Т. к. грузы P имеют обычно одинаковый знак, то знак каждого члена суммы определяется знаком тангенса и равенство м. б. написано в виде:

$$\sum(P_{лев.}\cdot\operatorname{tg}\varphi)=\sum(P_{прав.}\cdot\operatorname{tg}\varphi), \qquad (2)$$

причем к левым грузам относятся те, которые расположены на восходящей части Л. в., а к правым—расположенные на нисходящей. Очевидно сумма $\Sigma P\operatorname{tg}\varphi$ может менять величину только при переходе какого-либо груза через одну из вершин; поэтому максимум Z может иметь место только п р и у с т а н о в к е о д н о г о и з г р у з о в, называемого при этом критическим, н а д о д н о й и з в е р ш и н. Это свойство Л. в. весьма упрощает задачу нахождения максимума Z, сводя решение к конечному и небольшому числу пробных установок. Из определения критич. груза следует, что при переходе его через одну вершину Л. в. сумма (1) меняет знак, а левая часть равенства (2) становится больше правой, если до перехода она была меньше ее, и обратно. Поэтому окончательным критерием для нахождения невыгоднейшего положения нагрузки оказывается следующее правило: если при отнесении предлагаемого критического груза к левым грузам имеем

$$\sum(P_{лев.}\cdot\operatorname{tg}\varphi)+P_{крит.}\cdot\operatorname{tg}\varphi\geqslant\sum(P_{прав.}\cdot\operatorname{tg}\varphi),$$

а при отнесении его к правым грузам имеем

$$\sum(P_{лев.}\cdot\operatorname{tg}\varphi)\leqslant\sum(P_{прав.}\cdot\operatorname{tg}\varphi)+P_{крит.}\cdot\operatorname{tg}\varphi,$$

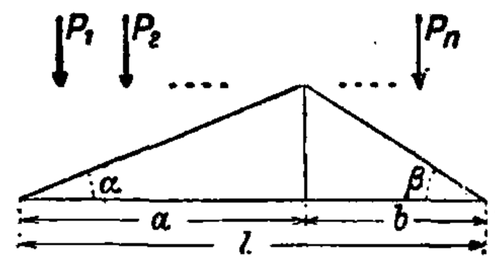
то соответственный груз является критическим и невыгоднейшее загружение найдено. В частности для треугольной Л. в. это правило принимает такие формы:

$$\sum P_{лев.}+P_{крит.}\geqslant\frac{a}{l}\sum P,$$

$$\sum P_{лев.}\leqslant\frac{a}{l}\sum P,$$

где в правых частях стоят суммы всех грузов, a—длина левой ветви Л. в. В криволинейных Л. в. определение невыгоднейшего загружения проще всего вести графич. путем, вычертив Л. в. на миллиметровой бумаге; передвигая по Л. в. полоску бумаги с отмеченными на ней взаимными положениями грузов и изменяя ординаты под грузами, можно быстро найти максимум после 2—3 пробных установок. Если кривая Л. в. очерчена по параболе или близкой к ней кривой, невыгоднейшее положение системы имеет место при совпадении равнодействующей системы с вершиной параболы.

2) В ы ч и с л е н и е у с и л и й и м о м е н т о в п о Л. в. д л я д а н н о й н а г р у з к и. После того как найдено невыгоднейшее положение системы на Л. в., целесообразно вычисление усилия или момента производить следующ. способами. Если Л. в. имеет форму треугольника и загружена сосредоточенными грузами P_1, P_2, ..., то, обозначив углы наклона линии влияния к горизонту через α и β (фиг. 4), имеем:



Фиг. 4.

$$Z=\sum Py=\operatorname{tg}\alpha\sum Px+\operatorname{tg}\beta\sum P(l-x),$$

где первая сумма распространяется на грузы, стоящие над левой ветвью Л. в., а вторая—на грузы над правой ветвью. Обе суммы выражают статич. моменты грузов относительно левой и правой опоры соответственно. Выражение это можно преобразовать:

$$Z=\operatorname{tg}\beta\sum P(l-x)-(\operatorname{tg}\alpha+\operatorname{tg}\beta)\sum P(a-x),$$

где первая сумма распространяется уже на все грузы, стоящие на сооружении, а вторая—на грузы, стоящие над левой ветвью Л. в. Это выражение удобно в том отношении, что обе суммы представляют статич. моменты левых грузов относительно правой

опоры и одновременно вершины Л. в.; вполне понятно, что аналогичное преобразование формулы м. б. сделано также для правой ветви Л. в. При таком преобразовании значительно облегчается расчет усилия путем составления таблиц моментов грузов от первого до n-го для данной системы по следующей схеме:

№ груза	Длина от 1-го груза до груза n	Сумма грузов $\sum_1^n P$	Момент грузов $\sum_1^n \mu$ относительно груза n

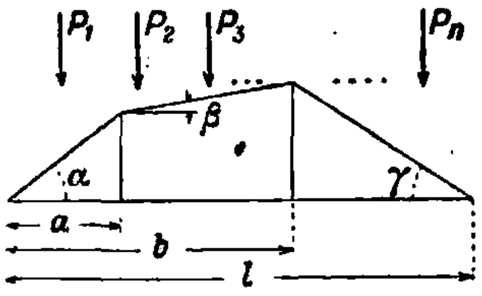
Такие таблицы составлены для всех расчетных схем жел.-дор. поездов и частично для нагрузок шоссейных мостов. Наличие 3-й графы позволяет легко вычислить момент левых грузов относительно любой промежуточной точки; так, момент относительно точки, отстоящей от n-го груза на c [в сторону $(n+1)$-го], определяется из

$$M = M_n + c\sum_1^n P.$$

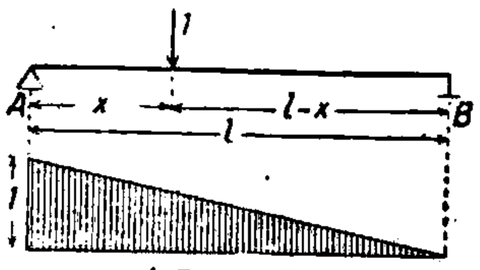
Если Л. в. имеет многоугольное очертание, то воздействие системы грузов выражается аналогичным образом (фиг. 5):

$$Z = \operatorname{tg}\gamma \sum P(l-x) - (\operatorname{tg}\gamma + \operatorname{tg}\beta)\sum P(b-x) - (\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta)\sum P(a-x),$$

где первая сумма—момент всех грузов относительно правой опоры, вторая—всех левых грузов относительно вершины b, третья—всех левых грузов относительно вершины a и т. д. Таблицы моментов сохраняют применимость и в самом общем случае.



Фиг. 5.



Фиг. 6.

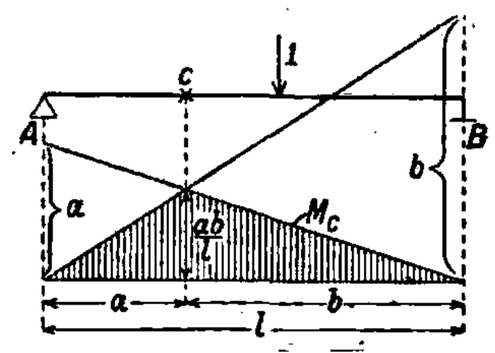
3) Расчет по эквивалентным нагрузкам. Для упрощения расчета по Л. в. можно пользоваться эквивалентной нагрузкой, т. е. такой сплошной равномерной нагрузкой p, воздействие к-рой на сооружение равно воздействию от данной системы сосредоточенных сил. Если ω—площадь Л. в., то эквивалентная нагрузка определяется из условия

$$Z = \sum Py = p\omega,$$

откуда $p = \frac{Z}{\omega}$.

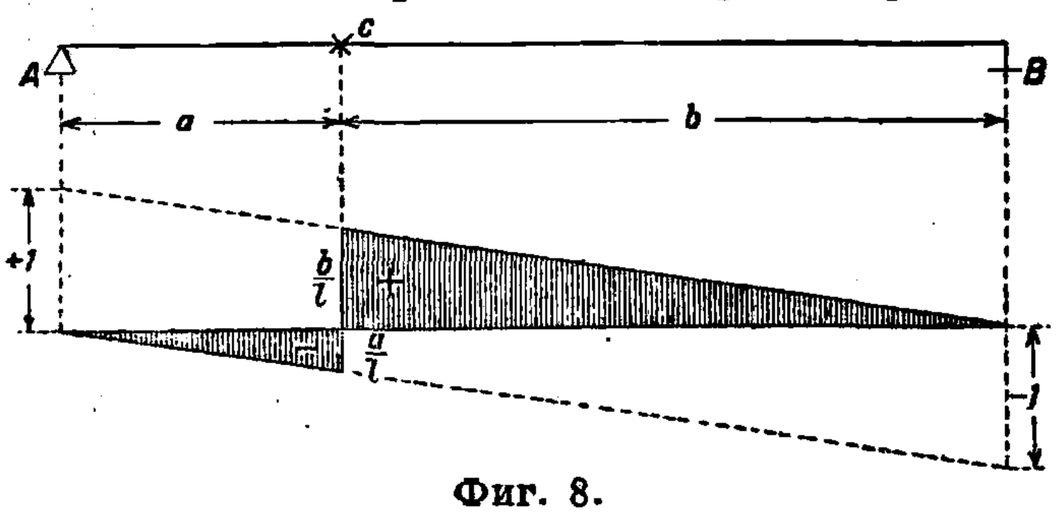
Удобство расчета заключается в том, что воздействие системы грузов может быть найдено путем простого умножения соответствующей эквивалентной нагрузки на площадь Л. в. Кроме того величины эквивалентных нагрузок дают удобный способ сравнения интенсивности загружения, производимого различными системами грузов. Пользование эквивалентными нагрузками облегчается наличием таблиц, составленных для всех расчетных и большинства существующих ж.-д. поездов, для различных пролетов мостов и для различных типов Л. в. (обычно для Л. в. момента в середине и четверти пролета и для Л. в. поперечной силы у опор и в четверти пролета). Эквивалентные нагрузки для Л. в. в промежуточных точках находятся линейной интерполяцией. Расчет по эквивалентной нагрузке значительно проще, чем расчет по системе грузов, так как не требует нахождения невыгоднейшего положения нагрузки; он к тому же достаточно точен, и в настоящее время разрешается применять его при проектировке ж.-д. мостов.

Построение Л. в. В простых статически определимых системах Л. в. могут быть построены из условий равновесия статики; более общим приемом построения Л. в. является построение их как эпюр возможных перемещений, что позволяет проводить построение их как в системах статически определимых всякого вида, так и в системах статически неопределимых.



Фиг. 7.

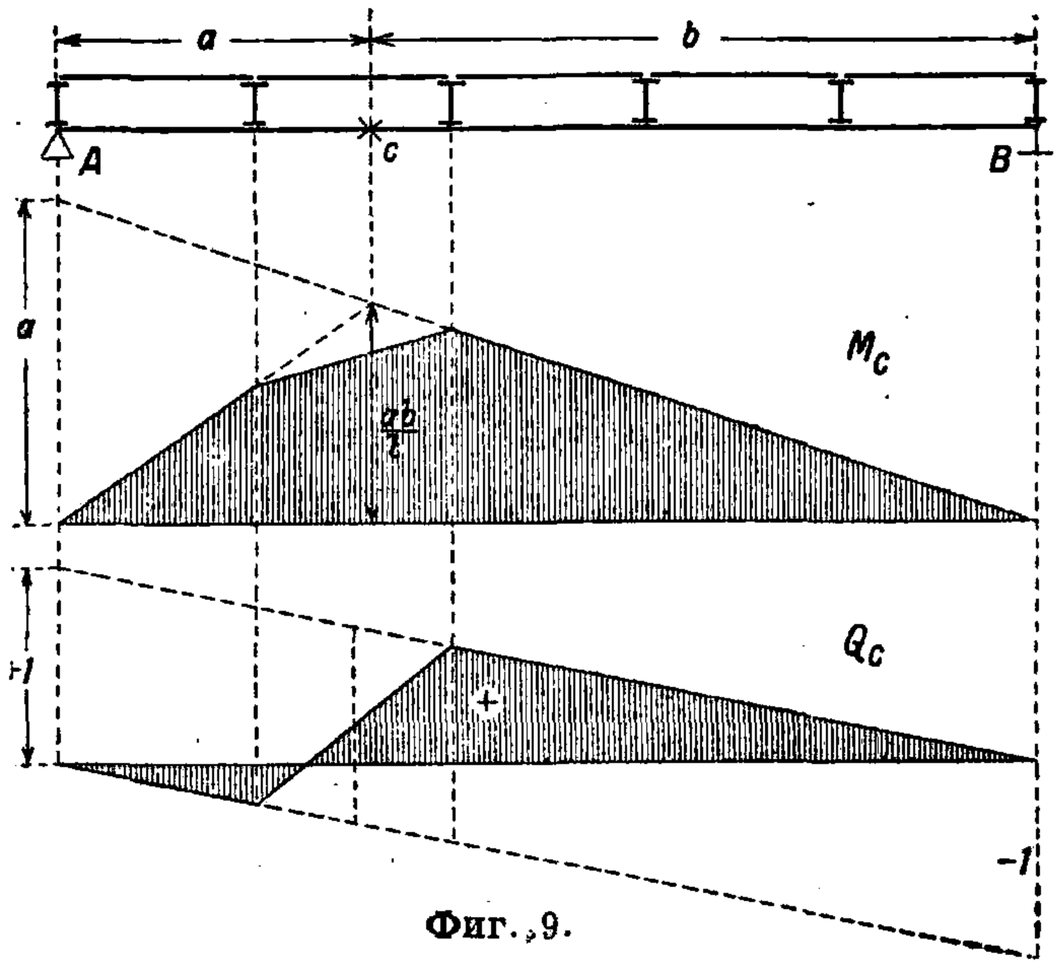
Построение Л. в. по законам статики. На фиг. 6 показано построение Л. в. опорной реакции простой двухопорной балки. Уравнение, определяющее линию влияния: $Al - 1(l-x) = 0$, откуда $A = \frac{l-x}{l}$; если $x = 0$, то $A = 1$; если $x = l$, то $A = 0$. Другая опорная реакция B определяется уравнением $B = \frac{x}{l}$, Л. в. ее симметрично подобна первой. На фиг. 7 показано построение Л. в. момента в сечении C на расстоянии a от левого конца балки; она очерчивается двумя прямыми, характеризующими изменение величины момента при положении груза = 1 справа и слева от сечения. Ур-ие правой прямой (груз справа от сечения) $M_c = Aa = \frac{l-x}{l}a$; эта прямая пропорциональна Л. в. левой опорной реакции и определяется ординатой a под левой опорой и нулем под правой опорой. Ур-ие левой прямой (груз слева от сечения) $M_c = Bb = \frac{x}{l}b$; эта прямая пропорциональна правой опорной реакции и определяется ординатой b под правой опорой и нулем под левой опорой. Обе прямые пересекаются на вертикали под точкой момента. Это свойство позволяет ограничиться при построении Л. в. моментов ур-ием одной прямой, т. к. вторая прямая будет определяться нулевой точкой под опорой и точкой пересечения первой прямой с



Фиг. 8.

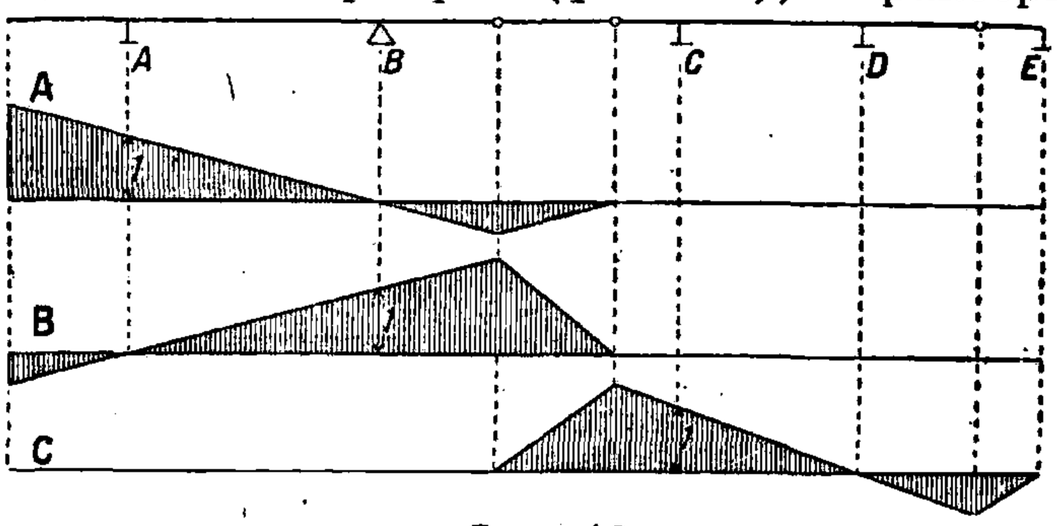
вертикалью под сечением. Наибольшая ордината Л. в. момента под точкой сечения равна $\frac{ab}{l}$. На фиг. 8 показано построение Л. в. поперечной силы. Эта Л. в. очерчивается двумя прямыми. Ур-ие правой пря-

мой (при положении груза равного 1 справа от сечения) $Q = A = \frac{l-x}{l}$; это та же прямая, которой очерчивается Л. в. левой опорной реакции. Ур-ие левой прямой (при положении груза равного 1 слева от сечения) $Q = -B = -\frac{x}{l}$; эта прямая пропорциональна Л. в. правой реакции, но с обратным знаком. Обе прямые параллельны между собой; распространение их ограничивается вертикалью под сечением. Указанные свойства прямых, очерчивающих Л. в. момента и поперечной силы в сечении балки, сохраняются во всех Л. в., выражающихся в ф-ии момента и поперечной силы, например в Л. в. ферм, арок и пр., о чем см. ниже. На фиг. 9



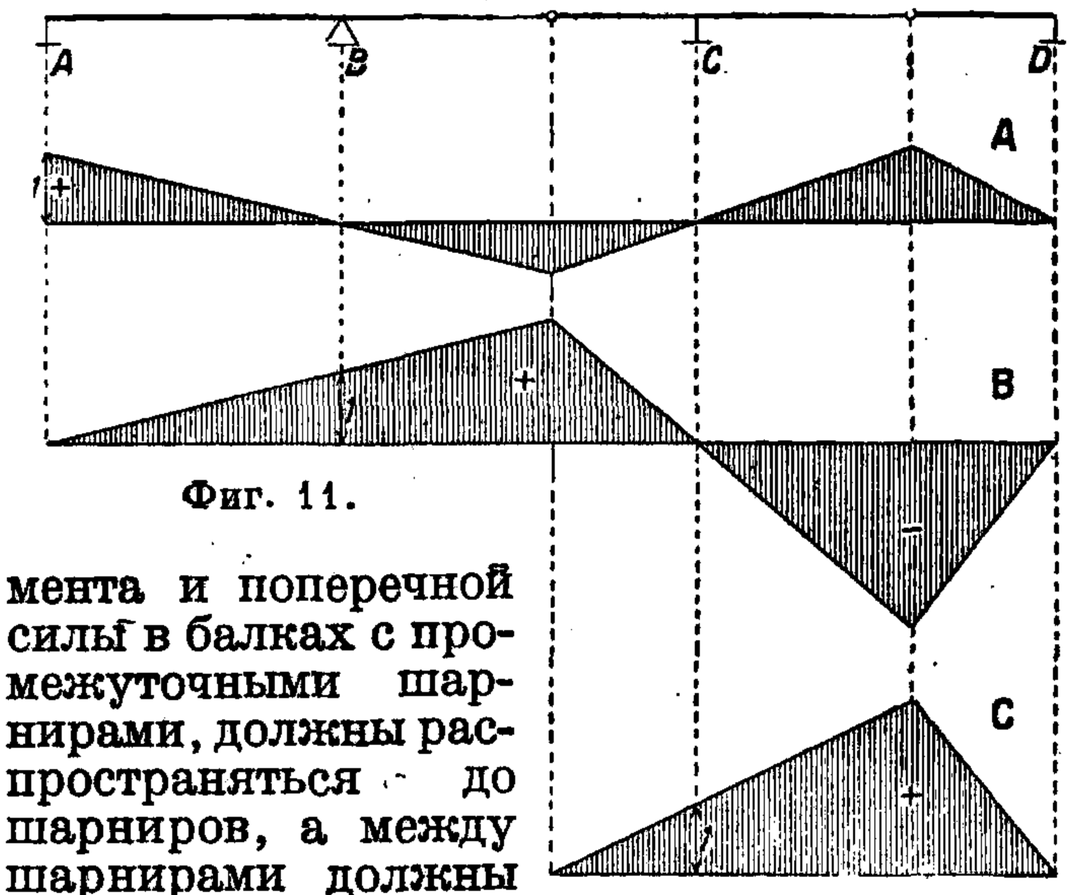
Фиг. 9.

показано построение Л. в. в сечении C балки при передаточном действии нагрузки. Они очерчиваются каждая теми же прямыми, как при непосредственном действии нагрузки, но в пределах между узлами, между к-рыми лежит сечение, контур Л. в. изменяется и она имеет очертание по прямой между ближайшими узлами. Изложенные основные положения о построении Л. в. в двух опорных балках сохраняются в силе и для других видов балок. При наличии в балках промежуточных шарниров (фиг. 10), характери-



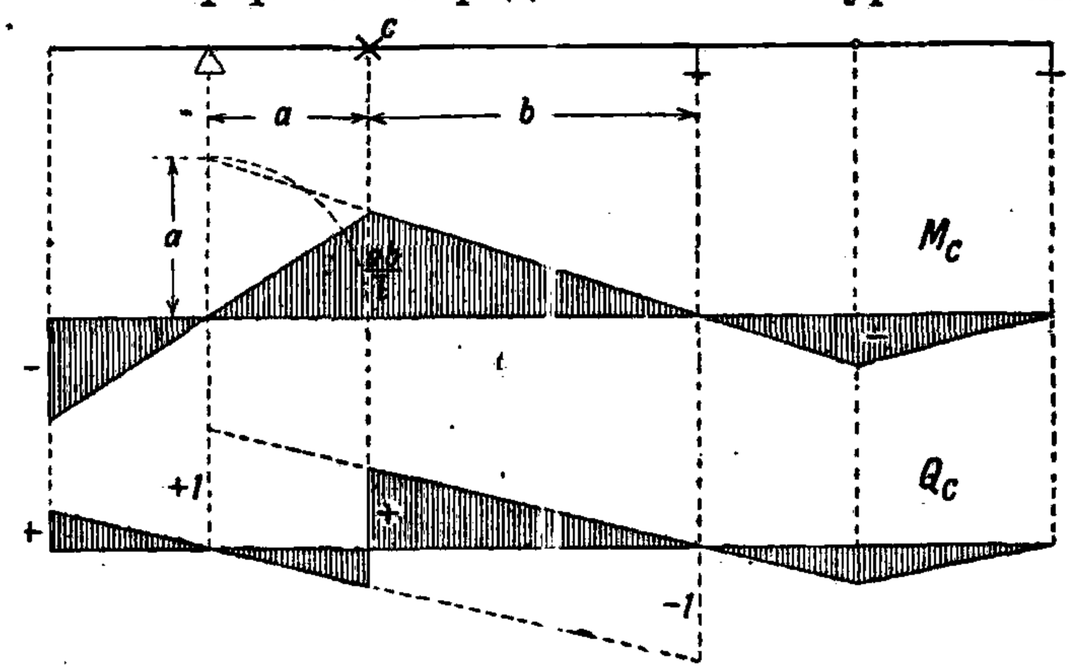
Фиг. 10.

зующих собой передачу на балки нагрузки через шарниры, Л. в. между шарнирами изменяется по прямым, как для узловой нагрузки. На фиг. 10 показано построение Л.в. опорных реакций A, B и C для консольной балки с подвесными балочками. Если между опорами балки помещается один шарнир (фиг. 11), то Л. в. изменяется по прямой между этим шарниром и ближайшей опорой, от к-рой проходит по прямой до следующего шарнира и т. д. Так как Л. в. в сечениях балки пропорциональны Л. в. опорных реакций, то прямые, очерчивающие Л. в. мо-



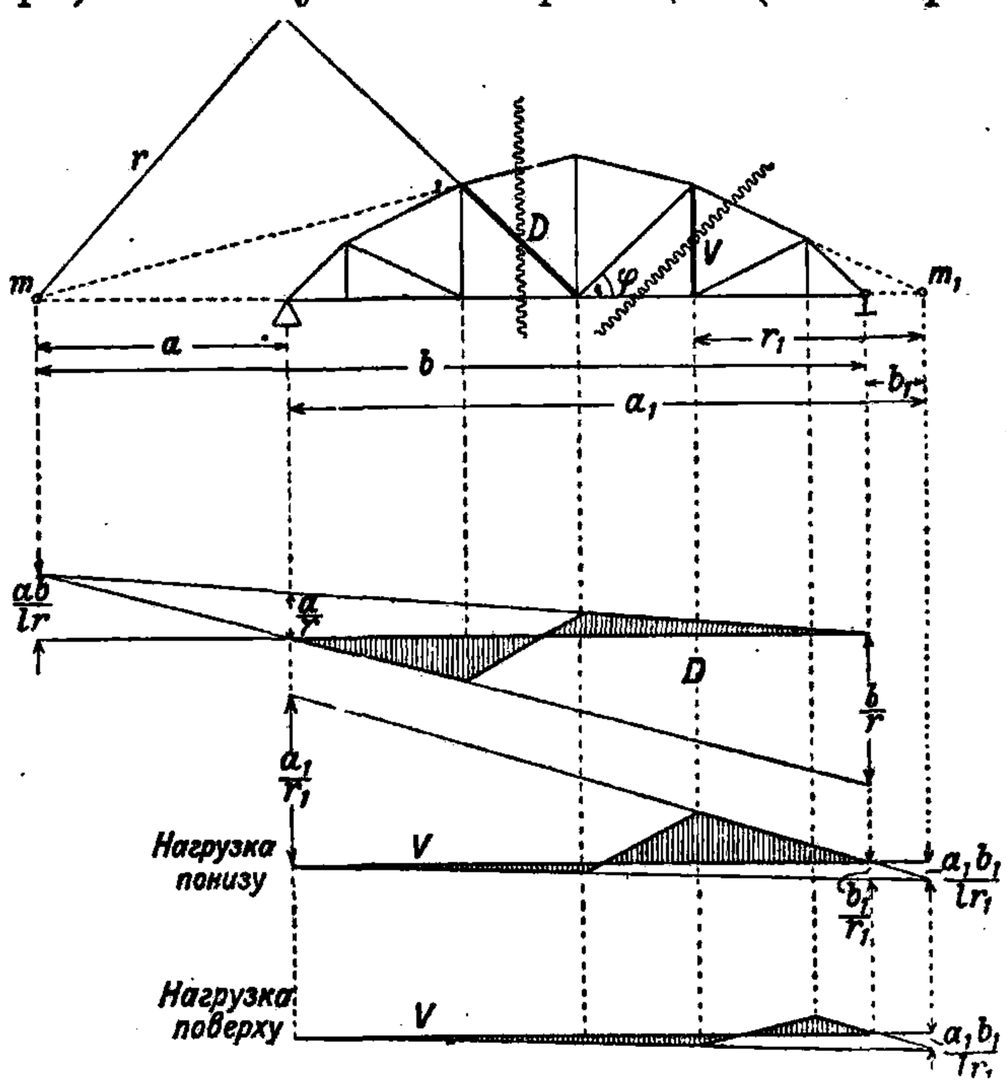
Фиг. 11.

мента и поперечной силы в балках с промежуточными шарнирами, должны распространяться до шарниров, а между шарнирами должны изменяться по прямым (фиг. 12), как это было показано для Л. в. опорных реакций таких балок (см. *Балки простые*). Л. в. усилий в фермах определяются из уравнений,



Фиг. 12.

определяющих величину и знак усилия в рассматриваемом стержне фермы и составляемых на основании условий равновесия или относительно точки момента (точка Риттера) или из условия проекций (см. *Фермы*).



Фиг. 13.

Но и в этих Л. в. сохраняются указанные выше основные свойства их. Так, Л. в. раскоса D фермы, показанной на фиг. 13, опре-

деляется из ур-ий равновесия относительно точки схода m рассеченных стержней верхнего и нижнего поясов; условия равновесия будут: правой прямой, при положении груза равного 1 справа от сечения,

$$Dr - Aa = 0;\ D = +A\frac{a}{r} = \frac{l-x}{l}\frac{a}{r};$$

левой прямой, при положении груза равного 1 слева от сечения,

$$-Dr - Bb = 0;\ D = -B\frac{b}{r} = -\frac{x}{l}\frac{b}{r}.$$

Построение этих прямых дано на фиг. 13, из которой видно, что они пересекаются на вертикали под точкой моментов; распространение их ограничивается грузовыми узлами, ближайшими к сечению, между которыми Л. в. изменяется по прямой. На той же фигуре показано построение Л. в. для стойки V. Ур-ие усилия этой стойки определяется относительно точки моментов m_1 и будет: при положении груза справа от сечения

$$-Vr_1 + Aa_1 = 0;\ V = +A\frac{a_1}{r_1} = \frac{l-x}{l}\frac{a_1}{r_1},$$

чем определяется ордината, равная $+\frac{a_1}{r_1}$ правой прямой под левой опорой; левая прямая определяется точкой пересечения правой прямой с вертикалью под точкой моментов и нулевой точкой под левой опорой. В тех случаях, когда сечение, проводимое для определения усилия в стойке, рассекает элементы верхнего и нижнего пояса между узлами, не лежащими на одной вертикали, контур Л. в. меняется в зависимости от того, где проходит грузовая линия—по нижним или верхним узлам. Сопоставление контуров Л. в. для этих двух случаев сделано на фиг. 13, где показан контур Л. в. стойки V при расположении нагрузки по верхним и нижним узлам. Контур Л. в. в фермах существенно зависит от очертания поясов фермы и системы решетки в ней (см. *Фермы*).

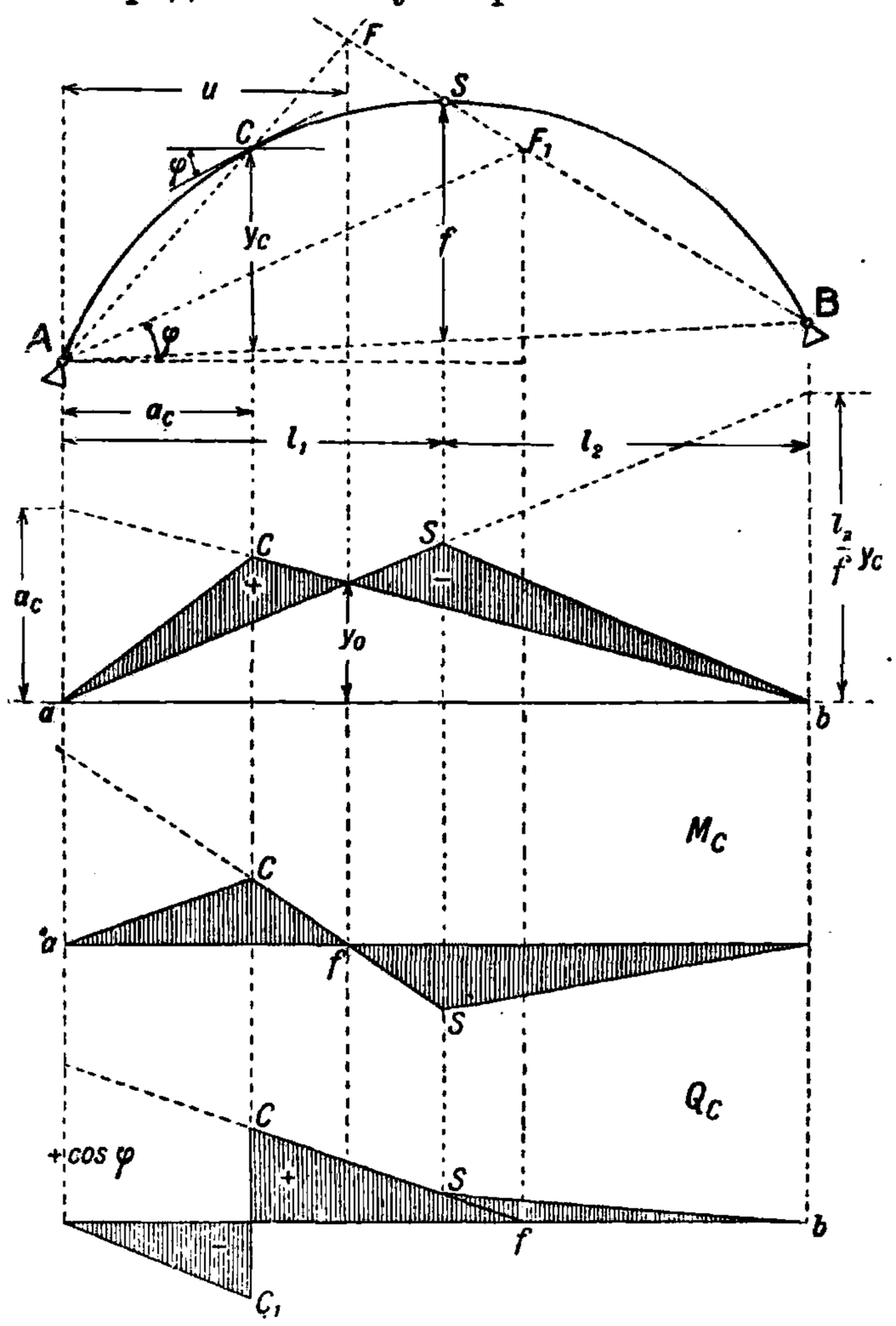
В сложных системах Л. в. определяются ур-иями, состоящими из суммы членов, что заставляет прибегать к суммированию отдельных прямых, характеризующих влияние отдельных членов уравнения; типичными примерами такого суммирования служат Л. в. в системах с распором (арки, комбинированные висячие системы и пр.). Так, Л. в. в арках являются результатом сложения видоизмененных Л. в. вертикальной реакции V и распора H. Например Л. в. момента в любом сечении арки определяется ур-ием: при положении груза равного 1 справа от сечения (фиг. 14)

$$M_c = V_A a_c - Hy_c.$$

Входящий в это выражение первый член аналогичен ур-ию Л. в. в простой двухопорной балке и следовательно Л. в., его очерчивающая, имеет форму тр-ка с вершиной под сечением. Что касается второго члена, то он зависит от Л. в. распора H. Величина самого распора H определяется из выражения момента для промежуточного шарнира S, для к-рого (фиг. 15)

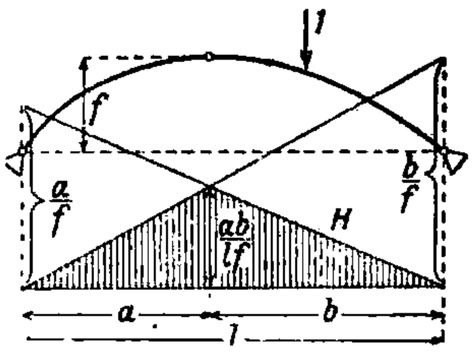
$$M_s = V_a a - Hf = 0, \text{ откуда } H = \frac{V_a a}{f}.$$

Следовательно Л. в. распора подобна Л. в. момента в шарнире S и имеет форму тр-ка с вершиной под шарниром и наибольшей ординатой под ним $\frac{ab}{lf}$. На фиг. 14 контур Л. в. второго члена $-Hy_c$ очерчен тр-ком aSb с ординатой $\frac{l_2}{f}y_c$ над правой опорой. Путем сложения ординат указанных двух членов определяется суммарная Л. в. момента



Фиг. 14.

в сечении C. Однако целесообразнее такие Л. в. строить по нулевым точкам. Из фиг. 14 видно, что нулевая точка Л. в., удовлетворяющая условию $M_c = V_A a_c - Hy_c = 0$, находится на пересечении правой прямой Л. в. $V_A a_c$ и левой прямой Л. в. Hy_c. Если предположить, что эта точка находится на некотором расстоянии u от левой опоры, то при положении груза равного 1 на этой точке, что соответствует условию $M_c = 0$, величина опорного давления $V_A = \frac{l-u}{l}$ и величина распора $H = \frac{u}{l}\frac{l_2}{f}$. Подставив эти значения V_A и H в вышеприведенное условие $M_c = 0$, получим:



Фиг. 15.

$$\frac{l-u}{l}a_c - \frac{u}{l}\frac{l_2}{f}y_c = 0, \text{ откуда } \frac{l-u}{l_2}f = \frac{y_c}{a_c}u.$$

Это отношение позволяет определить положение нулевой точки следующим простым геометрич. построением на самой арке. Прямыми SB и AB определяются вертикальные отрезки, удовлетворяющие условию $\frac{f}{l_2}(l-u)$ при любом u; прямыми AC и AB определяются вертикальные отрезки, удовлетворяющие условию $\frac{y_c}{a_c}u$ при любом u; очевидно,

что равенству этих отношений удовлетворяет отрезок, засекаемый прямыми BS и AC. Зная точку F и положение ее на оси абсцисс, можно построить Л. в. без суммирования, а именно: при суммировании отрезок a_c правой прямой V_A сохраняет свою величину, поэтому эта прямая в суммарной Л. в. пройдет через вершину отрезка a_c и нулевую точку f; левая прямая определяется двумя точками: нулевой точкой на левой опоре и точкой пересечения правой прямой с вертикалью под точкой моментов; правая прямая проходит до точки S пересечения с вертикалью под шарниром, а далее по прямой между шарнирами, как между узлами. На той же фиг. 14 проведено этим же способом построение Л. в. для поперечной силы. При положении груза справа от сечения ур-ие Л. в. будет

$$Q_c = V_A \cos\varphi - H \sin\varphi.$$

Полагая, как и раньше, $Q_c = 0$, получим:

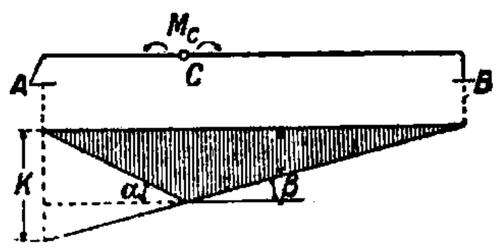
$V_A \cos\varphi - H \sin\varphi = 0$, откуда $\frac{l-u}{l_2} f = u \operatorname{tg}\varphi$.

Проведя через точку A линию AF_1 параллельно касательной к арке в точке C, определим точку F_1, удовлетворяющую указанному условию, чем определяется положение нулевой точки f Л. в. Самое же построение суммарной Л. в. проводится следующим путем: правая прямая суммарной Л. в. определяется отрезком равным $\cos\varphi$ под левой опорой и нулевой точкой f; левая прямая должна проходить через нуль под левой опорой и д. б. параллельна правой прямой, как Л. в. поперечной силы (фиг. 8); между точкой на правой прямой под шарниром арки и нулевой точкой под правой опорой Л. в. изменяется по прямой, как между шарнирами. Такой прием суммирования Л. в. распространяется на все статически определимые системы с распором (см. *Фермы*).

Построение Л. в. по законам кинематики. Более общим приемом построения Л. в. является рассмотрение их как эпюр возможных перемещений. Если в статически определимой неизменяемой системе устранить какую-либо связь, то этим она превращается в механизм, получающий возможность перемещения, к-рое происходит вокруг некоторых мгновенных полюсов. Усилия или момент, приложенные взамен устраненных связей, препятствуют свободному смещению механизма и удерживают его в равновесии. Если рассматривать такой механизм под действием груза равного 1 и обозначить величину устраненной связи через S, то равновесие системы, по условию равенства нулю работы, определится ур-ием:

$$-S\delta + 1 \cdot y = 0, \text{ откуда } S = \frac{y}{\delta},$$

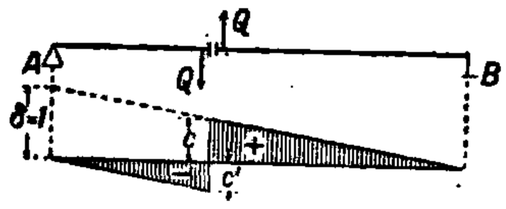
где δ—перемещение, возможное по направлению устраненной связи; y—перемещение, возможное по направлению груза равного 1. Если определить величины y возможных перемещений всех точек грузовой линии, то этим определится эпюра возможных перемещений ее. Из полученного выражения усилия устраненной связи непосредственно видно, что если измерить ординаты эпюры возможных перемещений грузовой линии в масштабе $\delta = 1$, то она представит собой Л. в. устраненной связи. Эпюра возможных перемещений является как бы моделью Л. в. Таким образом вопрос сводится к построению эпюры возможных перемещений грузовой линии и определению величины δ возможного перемещения по направлению устраненной связи, к-рое должно служить единицей масштаба. Построение эпюр возможных перемещений в статически определимых системах облегчается тем, что каждое жесткое звено, входящее в состав системы, имеет возможную подвижность, вращаясь только вокруг мгновенного полюса; эпюра возможных перемещений в этом случае характеризуется прямой, имеющей нуль в проекции точки неподвижного полюса. Например если в балке, лежащей на 2 опорах, в каком-либо сечении поместить шарнир (фиг. 16), то балка представится в виде механизма, могущего вращаться вокруг указанного шарнира, причем возможная для нее эпюра перемещений характеризуется двумя прямыми с нулевыми точками под абсолютно неподвижными полюсами A и B и пересекающимися между собой под относительным полюсом (см. *Механика теоретическая*). Балка будет удерживаться в равновесии моментами M, приложенными в шарнире; ур-ие работы для этого случая выразится в таком виде:



Фиг. 16.

$$-M_c(\alpha+\beta) + 1 \cdot y = 0, \text{ откуда } M_c = \frac{y}{\alpha+\beta};$$

величина $(\alpha+\beta)$ определяется отношением $k:a$; если отрезок k будет равен a, то ур-ие приводится к виду $M_c = y$, т. е. эпюра перемещений представит собой непосредственно Л. в. момента, что и будет соответствовать действительности, т. к. каждая ордината ее y будет равняться $\frac{a(l-x)}{l}$, что определяет собой величину момента. На фиг. 17 построена эпюра возможного перемещения балки, если у нее в том же сечении будет устранена связь, препятствующая поперечному сдвигу. Ур-ие возможной работы в этом случае выразится так:



Фиг. 17.

$$-Q(c+c') + 1 \cdot y = 0, \text{ откуда } Q = \frac{y}{c+c'} = \frac{y}{\delta}.$$

Приняв $(c+c') = 1$, получим масштаб, при к-ром ординаты эпюры перемещений будут представлять собой Л. в. поперечной силы. Выразив ординату y через отрезок $\delta = c+c'$, а именно: $y = (c+c')\frac{l-x}{l}$, получим $Q = \frac{l-x}{l}$, что соответствует уравнению Л. в. поперечной силы.

На фиг. 18 показано применение этого способа построения Л. в. для усилий в стержнях простых ферм. Устранение раскоса фермы дает возможность смещения обеим частям ее путем вращения вокруг абсолютных полюсов A и B. Эпюра возможных перемещений характеризуется двумя прямыми, пересекаемыми третьей прямой в проекциях под относительными полюсами *3*, *5* и *4*, *6*. Выражение возможной работы в этом слу-

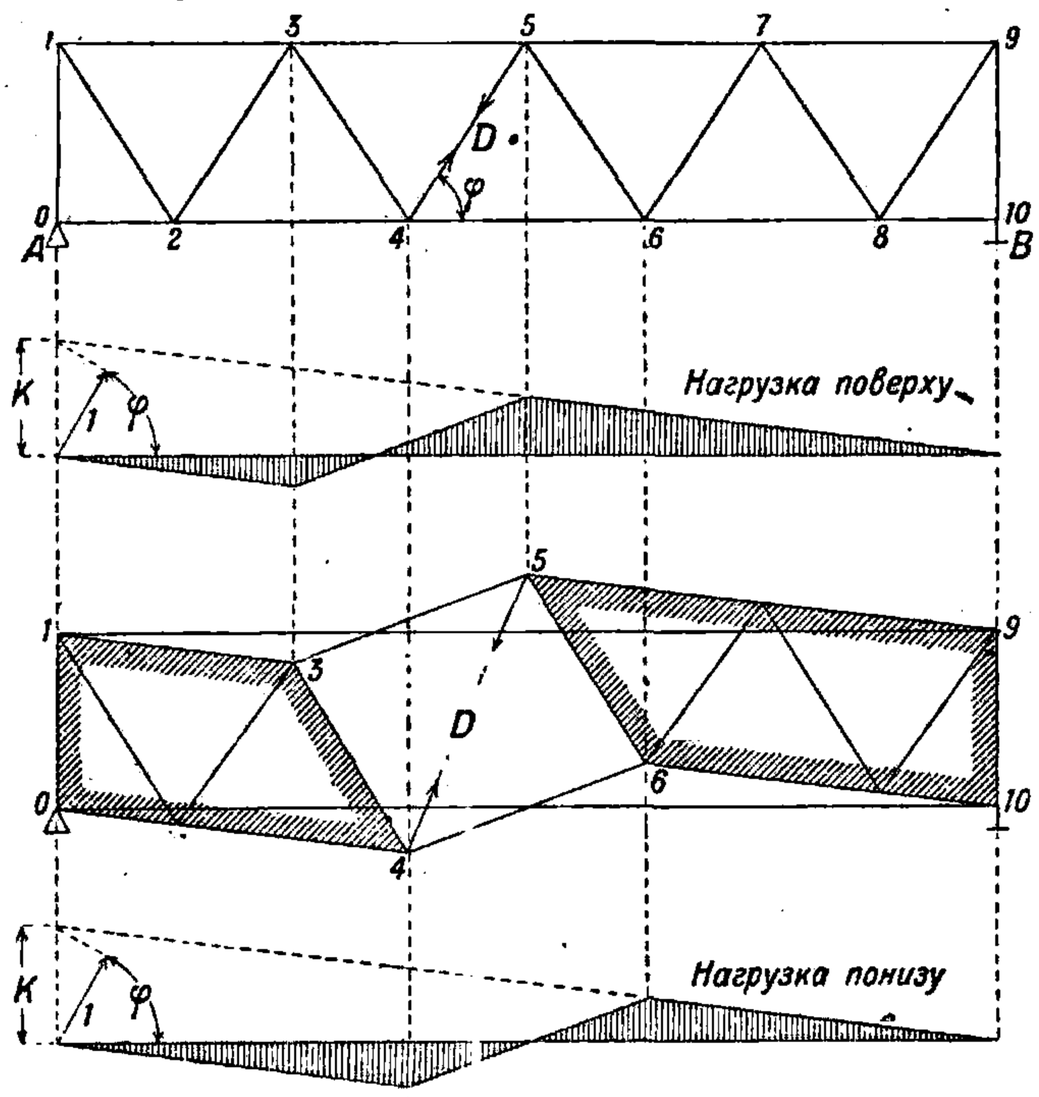
чае будет: при положении груза равного 1 в правой части

$$-D\delta + 1 \cdot y = 0, \text{ откуда } D = +\frac{y}{\delta};$$

при положении груза = 1 в левой части

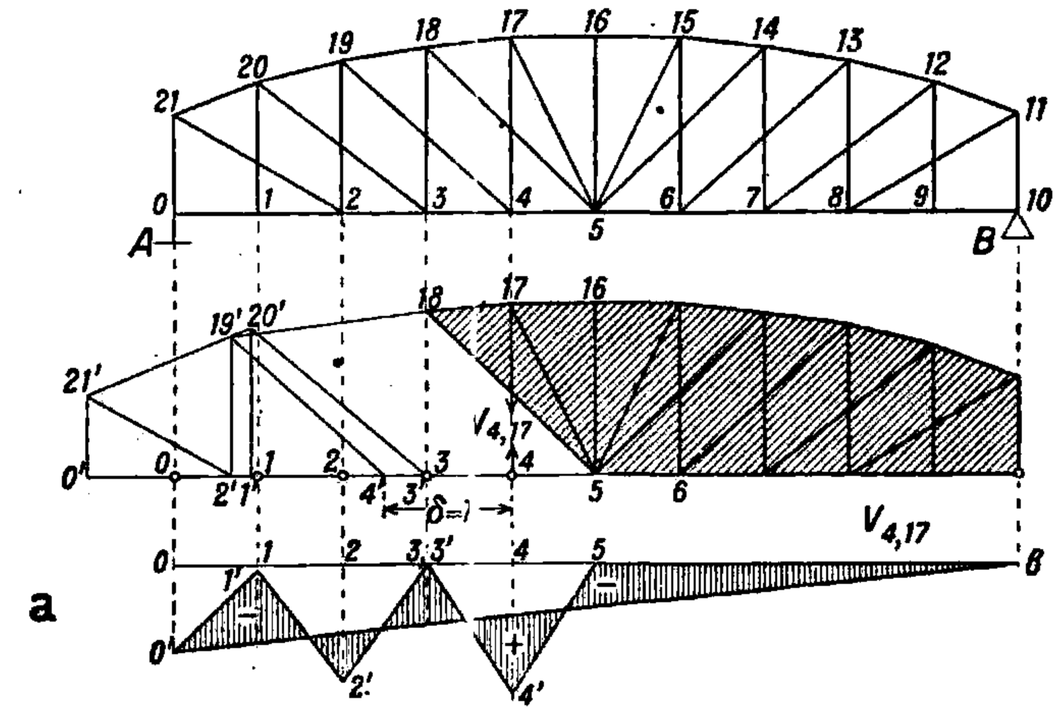
$$-D\delta - 1 \cdot y = 0, \text{ откуда } D = -\frac{y}{\delta},$$

где δ—суммарное перемещение по направлению усилия D. Разница в знаках показывает, что усилие раскоса имеет разные знаки в зависимости от положения нагрузки, как это и надо было ожидать (см. *Фермы*). Т. к. в данном случае точка моментов лежит в бесконечности, то относительное смещение обоих звеньев определяется отрезком k, величина же возможной деформации раскоса $\delta = k \sin \varphi$, что непосредственно видно по проекции полного перемещения k на направление раскоса.



Фиг. 18.

В фермах со сложной решеткой, когда система превращается в механизм с целым рядом звеньев, целесообразно производить построение эпюры перемещений при помощи диаграммы или эпюры скоростей (см. *Кинематический метод*). На фиг. 19 показано построение диаграммы скоростей в двураскосной ферме при устранении из нее стержня стойки $v_{4,17}$, а по ней эпюры возможных перемещений для узлов нижнего пояса. При устранении стойки $v_{4,17}$ узел 4 фермы получает возможность вертикального смещения с нек-рой скоростью 4—4′, определяемой изображающей точкой 4′ (см. *Кинематический метод*). По этой точке 4′ строятся последовательно изображающие точки 3′, 19′, 20′, 2′, 1′, 21′ и 0′, определяющие скорости в узлах 3—3′, 2—2′, 1—1′ и 0—0′. Отложив эти отрезки в виде ординат от оси абсцисс, получим эпюру возможного смещения этих узлов относительно звена 0—5, но т. к. опорный узел 0 не может иметь смещения, то эпюра д. б. исправлена поворотом всей фермы вокруг шарнира 10 так, чтобы в результате перемещение на опоре 0 было равно нулю; такой поворот всей системы характеризуется на эпюре вертикальных перемещений прямой 10—0′. Тогда величины действительных возможных перемещений всех узлов определятся разностью ординат этой прямой и ординат, полученных по диаграмме скоростей. Это непосредственно следует также из выражения возможной работы, к-рое изобразится так:



Фиг. 19.

$$-v_{4,17} \cdot \delta - Ay_0 + 1 \cdot y_p = 0,$$

откуда

$$v_{4,17} = \frac{1}{\delta}[-Ay_0 + y_p],$$

но так как

$$A = \frac{l-x}{l},$$

то

$$v_{4,17} = \frac{1}{\delta}\left[-\frac{l-x}{l}y_0 + y_p\right].$$

Переход от эпюры к Л. в. должен быть сделан из условия измерения ординат в масштабе отрезка $4—4' = \delta = 1$.

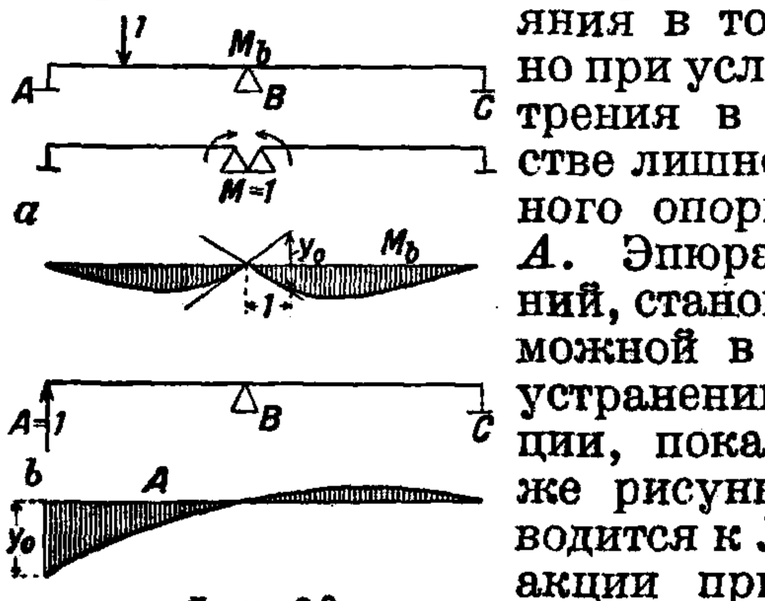
Преимущество кинематическ. метода и в частности построения при помощи диаграммы скоростей заключается в том, что с помощью ее легко строить Л. в. для любого направления. Действительно все полученные по фиг. 19 отрезки скоростей были отложены нами по вертикальному направлению в полном виде, но они могли быть отложены по любому направлению в виде отрезков, равных проекции этих скоростей на новое направление.

Л. в. в статически неопределимых системах. Кинематическ. метод лежит также в основе построения Л. в. статически неопределимых систем; при построении Л. в. в этих системах устраняется лишняя связь и изучаются перемещения грузовых точек системы, становящиеся возможными при устранении этой связи. При наличии в системе одной неизвестной X величина ее определяется выражением $X = -\frac{\Delta_{xp}}{\delta_{xx}}$ (см. *Статически неопределимые системы*), которое при действии на систему груза равного 1 приводится к виду

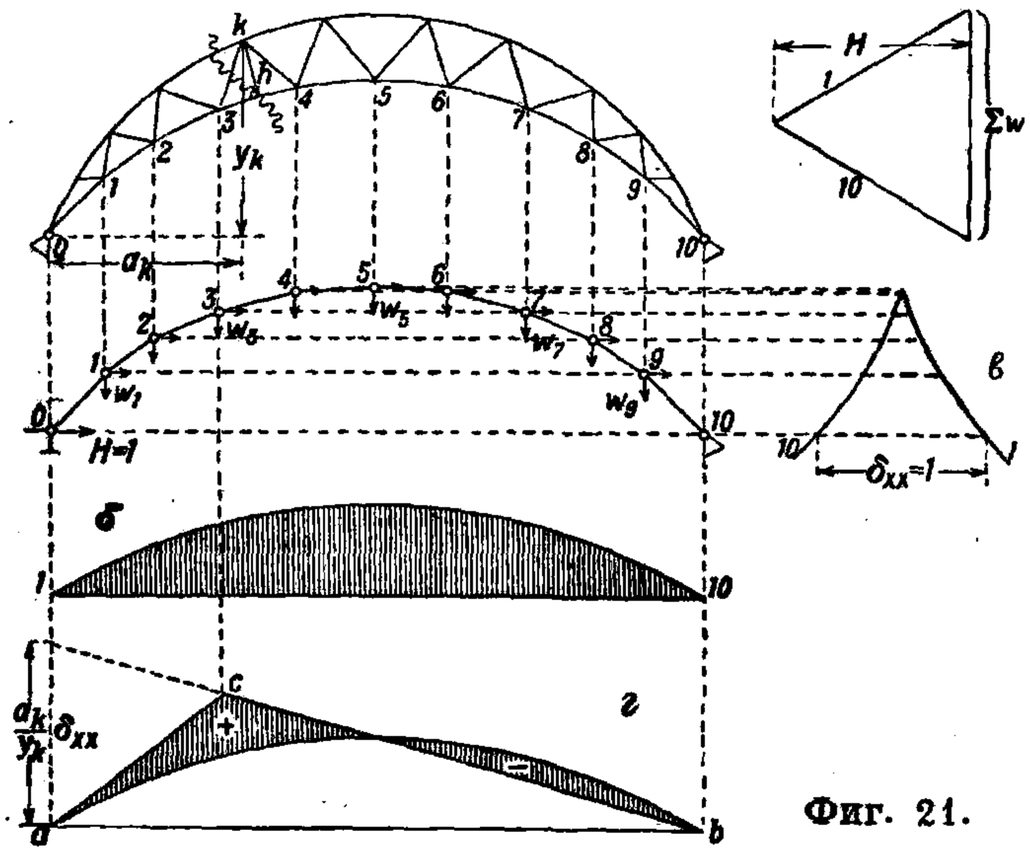
$$X = -\frac{\delta_{x1}}{\delta_{xx}} = -\frac{\delta_{1x}}{\delta_{xx}},$$

так как на основании теоремы о взаимности перемещений $\delta_{x1} = \delta_{1x}$. В этом выражении числитель δ_{1x} представляет собой линейное перемещение по направлению груза равного 1, вызываемое единичным воздействием по направлению устраненной связи, а знаменатель представляет собой деформацию угловую или линейную по направлению самого неизвестного от того же единичного воздействия $X = 1$. Т. о. если будут известны

перемещения всех грузовых точек системы, вызываемые воздействием $X=1$, т. е. будет найдена эпюра возможных перемещений, то при измерении ординат эпюры в масштабе $\delta_{xx}=1$ получим Л. в. неизвестного. Построение эпюр перемещений целесообразнее делать графически при помощи упругих грузов, определяемых как угловые деформации: в сплошных системах из выражения $\frac{M}{EI}ds$, а в сочлененных системах как угловые деформации шарнирной цепи (см. *Графическое определение перемещений*). На фиг. 20 показано построение Л. в. в двупролетной балке с рассмотрением в ней, в качестве лишнего неизвестного, момента на средней опоре. Эпюра перемещений будет иметь вид двух кривых, показанных на чертеже; она представляет собой модель Л. в.; переход к Л. в. должен быть сделан путем установления масштаба $\delta_{xx}=1$. В данном случае деформация δ_{xx} представляет собой угловую деформацию, определяемую тангенсом угла между касательными к обеим ветвям эпюры в точке приложения неизвестного момента. На фиг. 20 показано построение линии влияния в той же балке, но при условии рассмотрения в ней в качестве лишнего неизвестного опорной реакции A. Эпюра перемещений, становящаяся возможной в системе при устранении этой реакции, показана на том же рисунке; она приводится к Л. в. этой реакции при измерении ее ординат в масштабе $\delta_{xx}=y_0=1$. На фиг. 21 показано построение Л. в. для двухшарнирной арки, в которой за неизвестное принят распор H. Эпюра перемещений, построенная по упругим грузам, определенным по угловым деформациям в шарнирной цепи, вызываемым воздействием $x(H)=1$, имеет вид кривой (фиг. 21, б). В



Фиг. 20.



Фиг. 21.

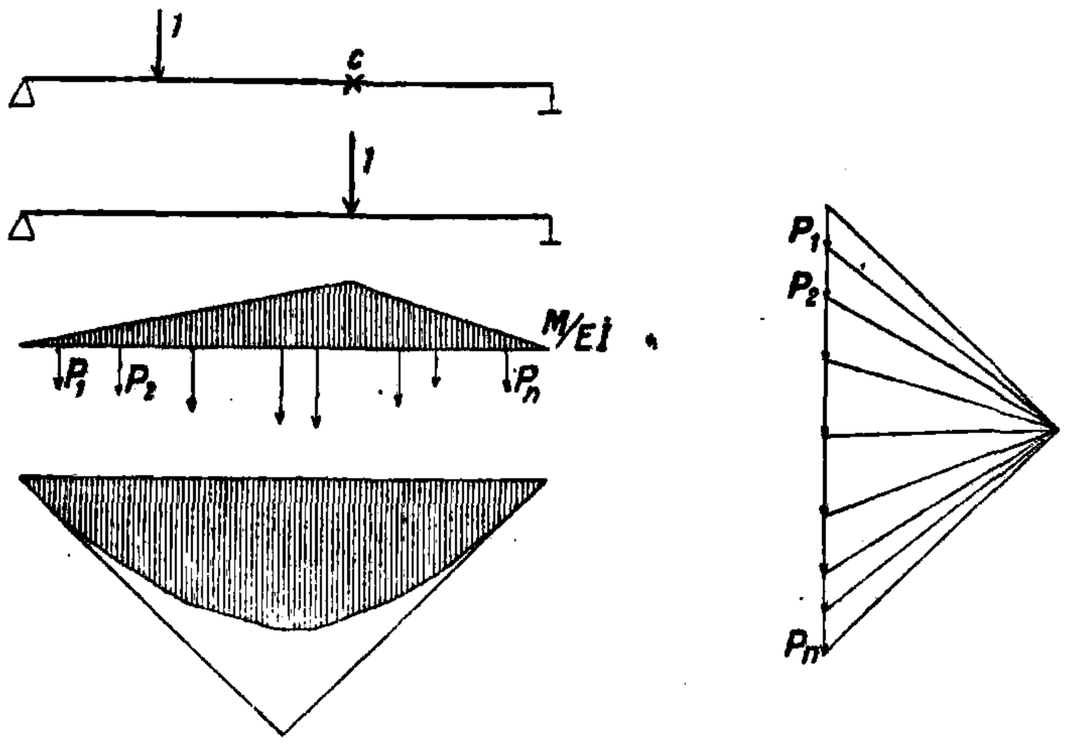
рассматриваемом случае определение масштабного множителя $\delta_{xx}=1$ д. б. сделано или аналитич. расчетом по ф-ле $\delta_{xx}=\sum\frac{N_x^2S}{E\omega}$ (см. *Деформация*) или графич. построением эпюры перемещений для горизонтального направления, как это показано на той же фиг. 21, в. Построение Л. в. внутренних усилий статически неопределимых систем после определения в ней Л. в. лишних неизвестных сводится к построению суммарных Л. в. по соответствующим ур-иям. Так напр., Л. в. поясного стержня той же арки, определяемая ур-ием вида

$$u_{3,4}\cdot h=V_Aa_k-Hy_k,$$

может быть построена как суммарная из ординат Л. в. реакции V_A и ординат Л. в. распора H, измененных помножением на постоянные множители. В целях упрощения перемножений ординат кривой Л. в. распора можно рекомендовать основывать построение на полученной кривой распора, вынеся множитель y_k за скобку; тогда $u_{3,4}=\frac{y_k}{h}\left(V_A\frac{a_k}{y_k}-H\right)$. Отложив (фиг. 21, г) под левой опорой при построении Л. в. момента V_Aa_k вместо отрезка a_k отрезок $\frac{a_k}{y_k}$ в масштабе Л. в. H, т. е. $\frac{a_k}{y_k}\delta_{xx}$, проводят прямую, определяющую правую прямую Л. в. момента V_Aa_k; левая прямая определится, как известно, точками a и c; общая суммарная Л. в. показана на той же фигуре штриховкой. Истинная величина ее ординат должна определиться помножением на два масштабных множителя $\frac{y_k}{h}\cdot\frac{1}{\delta_{xx}}$. Этот прием удобоприменим для всех статически неопределимых систем с одним неизвестным. При наличии в системе нескольких неизвестных вопрос с построением Л. в. осложняется, но в нем могут быть достигнуты упрощения специальными преобразованиями (см. *Статически неопределимые системы*). Для построения Л. в. в нек-рых общеупотребительных статически неопределимых системах существуют специальные таблицы: например для расчета неразрезных балок—таблицы Griot; для расчета сводов, заделанных пятами,—таблица Strassner'a и др.

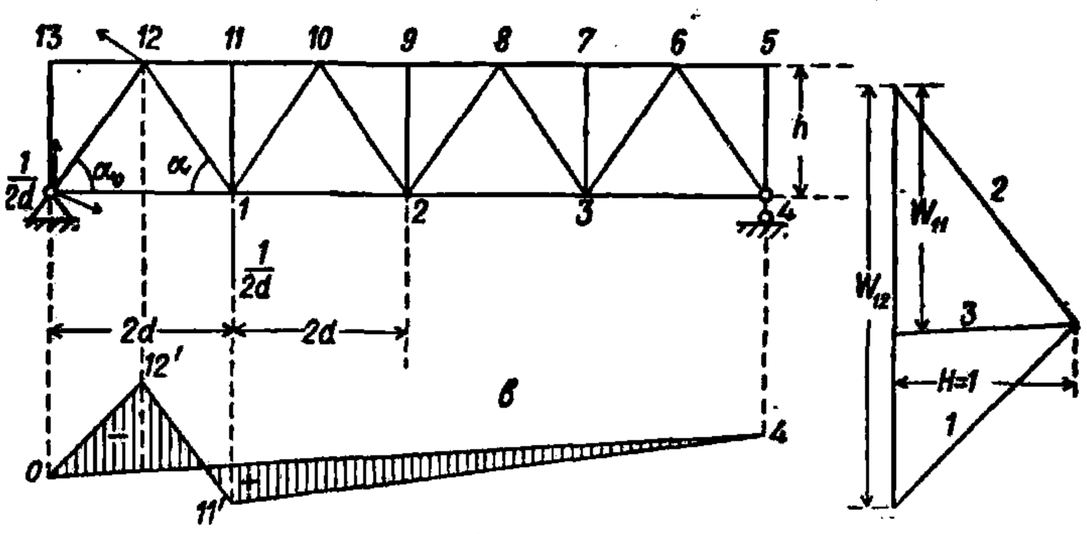
Л. в. д е ф о р м а ц и й. По теореме о взаимности перемещений всякое перемещение вида $\delta_{ap}=\delta_{pa}$, из чего следует, что линейное перемещение δ_{pa}, вызываемое единичным воздействием по направлению искомой деформации, по величине равно деформации δ_{ap}, вызываемой действием груза равного 1, приложенного к грузовой точке системы, к которой относится перемещение δ_{pa}. Отсюда следует, что линия прогибов, или эпюра перемещений, грузовой линии системы, возникающая от единичного воздействия, приложенного по направлению исследуемого перемещения, является в то же время Л. в. этого перемещения. Построение эпюры перемещений м. б. сделано или аналитически по вычислениям ординат δ_{pa} (см. *Деформация*) или графически при помощи упругих грузов (см. *Графическое определение перемещений*). Ординаты этих эпюр, измеренные в масштабе, соответствующем полюсному расстоянию равному 1, определяют собой Л. в. изучаемой деформации. В системах со сплошными сечениями, где условия деформации в каждом сечении определяются выражением вида $W=\frac{M}{EI}ds$, построение эпюры перемещений, а следовательно Л. в., делается как ве-

ревочного мн-ка для фиктивного загружения системы эпюрой моментов при полюсном расстоянии равном 1 (фиг. 22). На фиг. 23 показано построение Л. в. деформации угла



Фиг. 22.

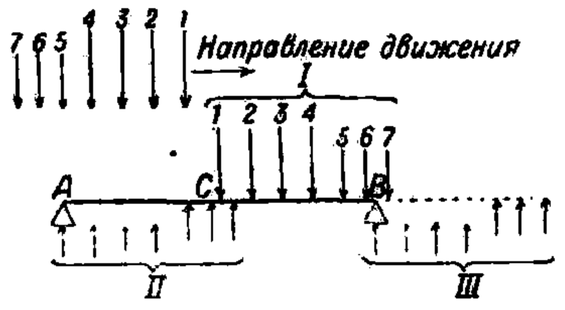
α, образуемого раскосом и фермой. Приняв грузовую линию по верхним узлам фермы, вычисляют для нее фиктивные упругие грузы (угловые деформации в углах) от действия двух пар с моментами равными 1, приложенными к раскосу и элементу пояса для определения деформации угла. В рассматриваемом случае фиктивные грузы будут иметь место только в двух узлах: $-W_{12}$ и $+W_{11}$. Веревочный мн-к, построенный для них при полюсном расстоянии равном 1, имеет форму двух тр-ков и является Л. в. углового перемещения. Точное построение Л. в. перемещений в фермах и в сочлененных системах связано с большими вычислениями величин упругих грузов. На практике Л. в. прогибов приходится пользоваться при испытании сооружений, в частности мостов, где точность теоретическ. расчетов не соответствует точности измерительных приборов. В таких случаях вычисление ординат Л. в. прогибов можно делать по приближенным ф-лам инж. Качурина. Подсчеты показали, что расходимость вычислений по приближенным и точным ф-лам для простых решетчатых ферм с дополнительными подвесками и без них не



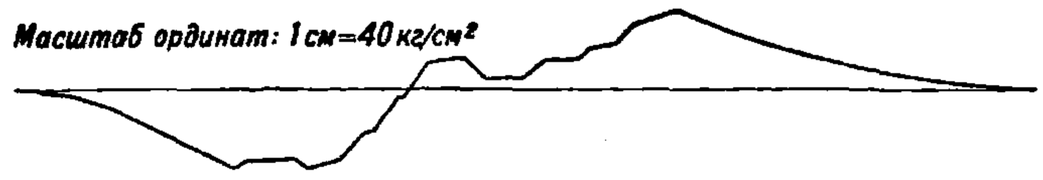
Фиг. 23.

превосходит 5%, тогда как расходимость между действительными и теоретическими прогибами доходит до 10%.

Обобщенные Л. в. Под этим названием известны Л. в., характеризующие собой не влияние груза равного 1, как это имеет место в обычных Л. в., а целой системы грузов, имеющих различную величину и отстоящих друг от друга на определенных и неизменяемых расстояниях. Применение обобщенных Л. в. имеет большое значение для испытания мостов. Инж. И. М. Рабинович предложил строить эти обобщенные линии влияния как веревочный многоугольник от специальной системы грузов. Например если требуется построить обобщенную Л. в. для среднего сечения балки от поезда по схеме, показанной на фиг. 24, то балку надо рассматривать под действием трех поездов, обозначенных на том же чертеже цифрами *I*, *II* и *III*. Все эти поезда получаются поворотом действительного поезда на 180°. Поезд *I* ставится своей передней осью над исследуемым сечением; грузы его положительны. Остальные два поезда—реактивные поезда—ставятся своими передними осями над опорами, все грузы их равны половине веса действительных и направлены в обратную сторону. Вся система грузов уравновешена и веревочный многоугольник ее будет замкнутый. Этот веревочный мн-к и представляет собой обобщенную Л. в. момента в рассматриваемом сечении. Прием этот м. б. использован для построения любой обобщенной Л. в., соответственно изменяются только число положительных и отрицательных поездов и коэфициенты их пропорциональности по отношению к действительному поезду. На фиг. 25

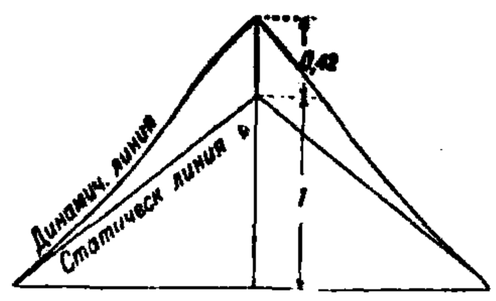


Фиг. 24.



Фиг. 25.

показана построенная указанным способом обобщенная Л. в. усилия в раскосе балочной фермы пролетом 27,0 *м* от паровоза серии Щ. Каждая ордината диаграммы соответствует тому положению паровоза, когда передняя ось его стоит над этой ординатой. Особый интерес обобщенных Л. в. заключается в том, что они могут быть построены для динамического действия нагрузки (фиг. 26). Несомненно, что этот вид Л. в. должен получить большое развитие в деле испытания мостов.



Фиг. 26.

Лит.: Мюллер-Бреслау Г., Графич. статика сооружений, т. 2, ч. 1, пер. с немецкого, 2 изд., СПБ, 1910; Патон Е. Ф. и Горбунов Б. Н., Стальные мосты, т. 1, Киев, 1929; Патон Е. Ф., Таблицы для проектирования деревянных и стальных мостов, Киев, 1929; Прокофьев, Теория сооружения, ч. 1—2, М., 1926—28; Тимошенко С. П., Курс статики сооружений, ч. 1, Л., 1926; Качурин В., Линии влияния для прогибов и перемещений сквозных ферм, «Труды научно-технического к-та НКПС», М., 1927, вып. 60; Рабинович И., Кинематич. метод в строит. механике, М., 1928; его же, Нек-рые способы исследования диаграмм, получаемых при испытании мостов, «Труды бюро мостов исслед. научно-техн. к-та НКПС», М., 1923, сб. 3; Грио Г., Интерполяционные таблицы для быстрого построения инфлюентных линий моментов и поперечных сил, а также для равномерно распределенных нагрузок и сосредоточенного груза, пер. с нем., М., 1928; Doorentz R., Abreitung d. Einflusslinien, Strassburg, 1921; Landsberg Th., Das Verfahren d. Einflusslinien, 7 Aufl., B., 1920; Marcus H., Die Einflusslinien mehrfach gestützter Rahmenträger, B., 1915. **И. Прокофьев.**

ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ, устройство для транспорта электрич. энергии из места производства в места потребления энергии. Л. п. мо-

гут быть воздушными или подземными. В последнем случае передача энергии производится по подземным кабелям (см. *Кабель высоковольтный*), причем обычно передача электрич. энергии по подземным кабелям производится только на сравнительно небольшие расстояния. При более значительных расстояниях, порядка 100 *км* и более, передача электрич. энергии производится всегда по воздушным Л. п. Последние состоят из голых проводов, поддерживаемых линейными изоляторами (см. *Изоляторы электрические*); последние укрепляются через известные промежутки на специальных мачтах-опорах, соединяющих между собой место генерации электрической энергии (генераторный конец Л. п.) с местом потребления энергии (приемный конец Л. п.). В настоящее время имеются уже осуществленные проекты Л. п., по которым передается до 150 000 kW по одной линии на расстоянии до нескольких сотен *км*. При передаче столь больших мощностей на такие большие расстояния, во избежание чрезмерных потерь в Л. п. или чрезмерных сечений проводов, необходимо вести передачу при весьма больших напряжениях, достигающих в настоящее время в уже работающих установках до 220 kV. В связи с большой протяженностью Л. п. и значительной величиной применяемых напряжений емкость линии начинает играть заметную роль в процессе передачи энергии, и картина явлений, происходящих в длинных Л. п., сильно отличается от явлений в коротких линиях.

Электрический расчет Л. п. Омич. сопротивление R провода Л. п. равно:

$$R = \frac{\varrho \cdot l}{q}\ \Omega, \qquad (1)$$

где l—длина провода в *км*, q—сечение провода в *мм²*, ϱ—удельное сопротивление материала провода в Ω *мм²/км*.

Значения удельных сопротивлений различных материалов приведены в табл. 1.

Табл. 1.—Значения ϱ для различных материалов.

Красная медь		Алюминий	Бронза	Железо	Сталь
мягкая	твердотянутая				
17,25	17,5	28,7	19,8—28,3	138	160—204

При переменном токе сопротивление будет несколько больше, вследствие влияния *скин-эффекта* (см.). В этом случае сопротивление провода будет

$$R_{пер.} = R_{пост.} \cdot K, \qquad (2)$$

где K—коэф. скин-эффекта. Для сплошных цилиндрич. проводов и тросов коэф. скин-эффекта равен

$$K = 1 + 2{,}03\,\frac{f^2\mu^2 d^4}{\varrho^2} - 3{,}3\,\frac{f^4\mu^4 d^8}{\varrho^4} + \ldots; \qquad (3)$$

d — диам. провода в *см*. Так как магнитная проницаемость μ ферромагнитных материалов зависит от индукции, то сопротивление биметаллич. проводов зависит от силы тока в них. Зависимость омич. сопротивления биметаллич. проводов (алюминий-сталь) иллюстрируется данными табл. 2.

Табл. 2.—Омическое сопротивление биметаллических проводников.

Сечение провода, *мм²*	На постоян. токе в Ω на *км* при 25°	На переменном токе в Ω на *км* при частоте f=50 пер/ск. и 25°, Плотность тока на А/*мм²*				
		0	0,62	1,24	1,86	2,17
806	0,0365	0,0367	0,0370	0,0380	0,0400	0,0416
645	0,0456	0,0458	0,0462	0,0470	0,0488	0,0501
524	0,0561	0,0564	0,0567	0,0574	0,0590	0,0601
403	0,0727	0,0733	0,0740	0,0740	0,0752	0,0765
307	0,0957	0,0963	0,0970	0,0976	0,0995	0,100
254	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116	0,116
152	0,194	0,194	0,194	0,194	0,194	0,194
107	0,275	0,276	0,280	0,295	0,316	0,324
67	0,437	0,438	0,440	0,448	0,461	0,471
42	0,696	0,696	0,696	0,696	0,703	0,721
21,1	1,392	1,392	1,392	1,392	1,392	1,392

Рабочая самоиндукция провода линии при применении транспозиции проводов равна

$$L = \left(0{,}46 \lg \frac{D-r}{r} + 0{,}05 + 0{,}2\,\frac{r}{D}\right) \cdot 10^{-3}\ \text{H/км}, \qquad (4)$$

где r—радиус провода в *см*, D—расстояние между центрами проводов в *см*. При трехфазной линии с транспозицией проводов под D следует понимать среднее геометрич. расстояние между проводами

$$D = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{13} \cdot D_{23}}, \qquad (5)$$

где D_{12}, D_{13}, D_{23}—соответственно расстояния между проводами 1—2, 1—3 и 2—3. Так как для воздушных линий r мало по сравнению с D, то в этом случае ф-ла (4) примет вид:

$$L = \left(0{,}46\,\frac{D}{r} + 0{,}05\right) \cdot 10^{-3}\ \text{H/км}. \qquad (4a)$$

Индуктивное сопротивление линии

$$x = 2\pi f\, l.l\ \Omega. \qquad (6)$$

Кажущееся сопротивление провода линии

$$z = \sqrt{x^2 + R^2}\ \Omega. \qquad (7)$$

Рабочая емкость линии без учета влияния земли

$$C = \frac{0{,}0241 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{D}{r}}\ \text{F/км}. \qquad (8)$$

Рабочая емкость с учетом влияния земли

$$C = \frac{0{,}0241 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{D}{r} \cdot \frac{2h}{\sigma}}\ \text{F/км}, \qquad (9)$$

где h—среднее геометрическое высот проводов над землей и σ—среднее геометрическое расстояний от проводов до их зеркальных изображений.

$$\frac{2h}{\sigma} = 2\sqrt[3]{\frac{h_1 \cdot h_2 \cdot h_3}{\sigma_{12} \cdot \sigma_{13} \cdot \sigma_{23}}}. \qquad (10)$$

Реактивная проводимость провода линии

$$B = 2\pi f\, Cl\ \text{мо}. \qquad (11)$$

Активная проводимость провода линии передачи g складывается из потерь в изоляторах и потерь на корону.

Потери в изоляторах изменяются прямо пропорционально частоте, выше при деревянных штырях, чем при железных, выше при тумане или мелком дожде, чем в хорошую погоду или при сильном дожде или при обледенелых изоляторах. Результаты измерений потерь в штыревом изоляторе на рабочее напряжение ок. 60 kV даны в табл. 3.

Табл. 3.—Потери в штыревом изоляторе.

Напряжение, kV	Потери в W в изоляторе	
	сухом	мокром
40	7	23
60	16	50
80	31	105
90	41	144

Омическое сопротивление одного элемента гирлянды подвесных изоляторов в сухом виде равно ∞, а при смоченной дождем верхней поверхности равно ~80 MΩ.

Потери на корону в проводе Л. п. равны

$$p = \frac{241}{\delta}(f+25)\sqrt{\frac{r}{D}}(E-E_0)^2 \cdot 10^{-5}\ \text{kW/км}; \quad (12)$$

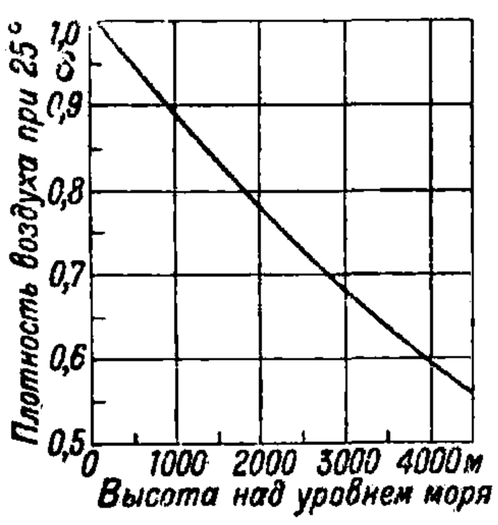
E—рабочее напряжение линии в kV, E_0—критич. коронное напряжение;

$$E_0 = 48{,}9\, m\, \delta\, r \lg\frac{D}{r}\ \text{kV}, \quad (13)$$

где m—коэф., учитывающий состояние поверхности; для полированных проводов $m = 1$; для сплошных неполированных проводов $m = 0{,}93 \div 0{,}98$; для витых проводов $m = 0{,}82 \div 0{,}86$; δ—плотность воздуха:

$$\delta = \frac{3.92b}{T^\circ}, \quad (14)$$

(b—барометрическое давление в *см* ртутного столба). Зависимость δ от высоты над уровнем моря дана на кривой фиг. 1. Во время снежной бури потери на корону сильно увеличиваются и м. б. вычислены (E_0 принимают равным 80% его значения при хорошей погоде). Во избежание больших потерь на корону в условиях бури необходимо стремиться к тому, чтобы E_0, вычисленное по ф-ле (13), было больше E рабочего напряжения линии.



Фиг. 1.

Характеристиками Л. п. называются кривые зависимости ряда величин от мощности P_2 на приемном конце линии. Эти величины суть: P_1—мощность на генераторном конце Л. п.; I_1 и I_2—силы тока на генераторном и приемном концах Л. п.; E_1 и E_2—напряжения на генераторном и приемном концах Л. п.; $\cos\varphi_1$ и $\cos\varphi_2$—коэф-ты мощности на концах Л. п.; η—кпд Л. п.; I_s и W_s—ток и мощность синхронных компенсаторов. Ур-ия Л. п. имеют вид:

$$E_1 = E_2 \operatorname{ch}\sqrt{z_0 y_0} + \sqrt{\frac{z_0}{y_0}}\, I_2 \operatorname{sh}\sqrt{z_0 y_0}, \quad (15)$$

$$I_1 = I_2 \operatorname{ch}\sqrt{z_0 y_0} + \sqrt{\frac{y_0}{z_0}}\, E_0 \operatorname{sh}\sqrt{z_0 y_0}, \quad (16)$$

где

$$z_0 = (R + jx)\ \Omega$$

и

$$y_0 = (g + jB)\ \text{мо}.$$

Обычно при отсутствии потерь на корону можно принимать $g = 0$. По мере удаления от приемного конца Л. п., как это следует из ур-ий (15) и (16), действующие значения силы тока и напряжения будут в общем возрастать, причем возрастание будет итти не беспрерывно, а волнообразно, с длиной волны

$$\lambda = \frac{1}{f\sqrt{LC}}.$$

Т. о. в отдельных случаях при длинных Л. п. сила тока и напряжение на генераторном конце м. б вследствие влияния распределенной емкости Л. п. менее силы тока и напряжения на приемном конце. Фазный сдвиг между током и напряжением также меняется вдоль Л. п. и м. б. то отстающим, то опережающим. Так как сила тока, напряжение и фазный угол беспрерывно изменяются вдоль линии, то очевидно, что, вообще говоря, потери в линии будут больше джоулевых потерь, рассчитанных по силе тока приемного конца, и падение напряжения в Л. п. будет больше омич. падения напряжения. В тех случаях, когда электрич. и магнитная энергии в Л. п. полностью компенсируют друг друга, потери в Л. п. будут равны омическим потерям. Это условие удовлетворяется при нагрузке P, значение которой дается следующим выражением:

$$P = \frac{3E_2}{1\,000}\sqrt{\frac{C}{L}}\ \text{kW},$$

где E_2—фазное напряжение на приемном конце Л. п: в V. Если длина линии передачи

$$l_0 = \frac{1}{4f\sqrt{LC}},$$

т. е. равна четверти длины волны, то условия компенсации электрической и магнитной энергии удовлетворяются при всех нагрузках. Ур-ия (15) и (16) имеют сложный вид и неудобны для расчетов, почему ими рекомендуется пользоваться только при расчете очень длинных Л. п. Для линий длиной до 500 *км* можно с достаточной точностью заменить ур-ия (15) и (16) следующими ур-иями:

$$E_1 = E_2\left(1 + \frac{z_0 y_0}{2}\right) + z_0 I_2\left(1 + \frac{z_0 y_0}{6}\right) = A + jB, \quad (17)$$

$$I_1 = I_2\left(1 + \frac{z_0 y_0}{2}\right) + y_0 E_2\left(1 + \frac{z_0 y_0}{6}\right) = C + jD \quad (18)$$

или в более удобной для расчета форме:

$$E_1 = \alpha\left\{E_2\beta + I_2 z_0 \cos(\sigma - \varphi_2)\right\} + j\alpha\left\{E_2\beta\tau + I_2 z_0 \sin(\sigma - \varphi_2)\right\} = A + jB, \quad (19)$$

$$I_1 = \gamma I_2 \cos(\varphi_2 - \tau) - E_2 B\xi\alpha + j\left\{E_2 B\alpha - \gamma I_2 \sin(\varphi_2 - \tau)\right\} = C + jD. \quad (20)$$

В уравнениях (19) и (20) все величины (кроме E_1 и I_1) представляют собою абсолютные значения, т. е. $z_0 = \sqrt{R^2 + x^2}$ и т. п.

$$\alpha = 1 - \frac{Bx}{6}, \quad (21)$$

$$\beta = 1 - \frac{Bx}{3}, \quad (22)$$

$$\gamma = 1 - \frac{Bx}{2}, \quad (23)$$

$$\tau = \operatorname{arc\,tg}\frac{RB}{2} \cong \frac{RB}{2}, \quad (24)$$

$$\xi = \operatorname{arc\,tg}\frac{RB}{6} \cong \frac{RB}{6} \cong \frac{\tau}{3}, \quad (25)$$

$$\sigma = \operatorname{arc\,tg}\frac{\frac{x}{R} + \frac{RB}{6}}{1 - \frac{Bx}{6}} \cong \operatorname{arc\,tg}\frac{x}{R}. \quad (26)$$

При частоте $f=50$ можно с достаточной точностью принять:

$$a=1-0{,}1935\,l^2\cdot 10^{-6}, \quad (21a)$$

$$\beta=1-0{,}387\;l^2\cdot 10^{-6}, \quad (22a)$$

$$\gamma=1-0{,}581\;l^2\cdot 10^{-6}. \quad (23a)$$

Л. п. оканчивается у трансформаторов, в которых сопротивление, самоиндукция и емкость уже не распределенные, как в линии, а сосредоточенные. При необходимости определения напряжений и т. д. на стороне низкого напряжения необходимо учитывать влияние трансформаторов. Расчет можно произвести двумя ступенями, рассматривая сначала явление в линии и накладывая затем на них падение напряжения и т. д. в трансформаторах. Иногда удобно принимать постоянные трансформаторов не сосредоточенными, а распределенными и прибавлять их непосредственно к постоянным линии, что сводит расчет к одной операции без большого ущерба в точности, в особенности при коротких линиях. Намагничивающий ток нормальных силовых трансформаторов изменяется в пределах 3—6% от тока полной нагрузки, потери в железе $^1/_2$—1% и потери в меди $^3/_4$—$1^1/_4$% от номинальной мощности трансформатора. Омическое падение напряжения IR составляет обычно $^3/_4$—1% от номинального напряжения трансформатора. Реактивное падение напряжения Ix в % зависиг от напряжения (см. *Короткое замыкание*). По вышеприведенным данным могут быть легко вычислены необходимые для расчета постоянные трансформаторов.

Для сравнительно коротких линий, не длиннее 65—80 *км*, и напряжений, не превосходящих 50—60 kV, влиянием емкости и утечки можно пренебречь, причем уравнения Л. п. примут вид:

$$E_1=E_2+z_0I_2, \quad (27)$$

$$I_1=I_2. \quad (28)$$

Нормально при передаче электрич. энергии по Л. п. напряжение у приемного конца должно поддерживаться постоянным при всех нагрузках. Это м. б. достигнуто например путем изменения напряжения генератора. Относительное изменение напряжения генератора в % от постоянного напряжения приемника при изменении нагрузки от холостого хода до полной называется регулированием линии:

$$\Delta E=\frac{E_1-E_{10}}{E_2}\cdot 100\,\%. \quad (29)$$

Величина ΔE зависит гл. обр. от реактивности линии. В целях удобства эксплоатации регулирование линии не должно превосходить 10—15% и максимум в исключительных случаях 22%. Регулирование линии м. б. вычислено по вышеприведенным ур-иям Л. п. (15), (19) или (27), в зависимости от длины линии. С достаточной точностью регулирование линии может быть вычислено по следующей ф-ле:

$$\Delta E=a\left[mz_0\cos(\sigma-\varphi_2)+m^2\frac{z_0^2}{2}\right]\cdot 100\,\%, \quad (30)$$

где

$$m=\frac{I_2}{E_2} \quad (31)$$

(I_2—ток на приемном конце при полной нагрузке). Т. к. при постоянном напряжении на приемном конце Л. п. напряжение на генераторном конце зависит от коэф-та мощности, то, если регулирование линии получается более допустимых пределов, возможно поддерживать постоянные напряжения на обоих концах Л. п. путем искусственного изменения коэф-та мощности. Такое изменение коэфициента мощности м. б. выполнено при помощи синхронных компенсаторов, т. е. синхронных двигателей, дающих, как известно, при недовозбуждении отстающий, а при перевозбуждении опережающий ток. Двайт (H. B. Dwight) показал, что для поддержания постоянства напряжения на приемном конце линии при постоянном напряжении на генераторном конце необходимо, чтобы конец вектора тока I_2 скользил по кругу, координаты центра к-рого и радиус зависят от постоянных линии и напряжения. Координаты центра круга синхронных компенсаторов и радиус круга м. б. с достаточной точностью вычислены по следующим ф-лам:

$$a=-\frac{E_2\beta'}{z_0}\cos(\varphi+\xi-\tau_0), \quad (32)$$

$$b=\frac{E_2\beta'}{z_0}\sin(\varphi+\xi-\tau_0), \quad (33)$$

$$r=\frac{E_2}{z_0a}, \quad (34)$$

где

$$\tau_0=\frac{\tau}{\beta'}, \quad (35)$$

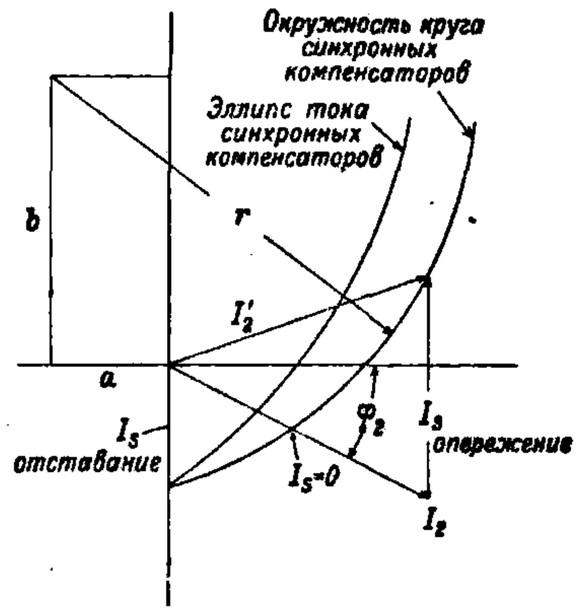
$$\beta'=1-\frac{Bx}{3}\beta. \quad (36)$$

Для линий не длиннее 200—300 *км* можно с достаточной точностью пользоваться вместо ф-л (32) и (33) ф-лами

$$a=-\frac{E_2\beta R}{z_0^2}, \quad (37)$$

$$b=\frac{E_2\beta x}{z_0^2}. \quad (38)$$

Ток синхронных компенсаторов, а следовательно и их реактивная мощность, могут быть определены путем построения диаграммы (фиг. 2). При холостом ходе синхронные компенсаторы посылают в линию отстающий ток, который с увеличением нагрузки постепенно уменьшается, доходит до нуля и при полной нагрузке становится опережающим. При увеличении напряжения E_1 отстающий ток синхронных компенсаторов увеличивается, а опережающий уменьшается.

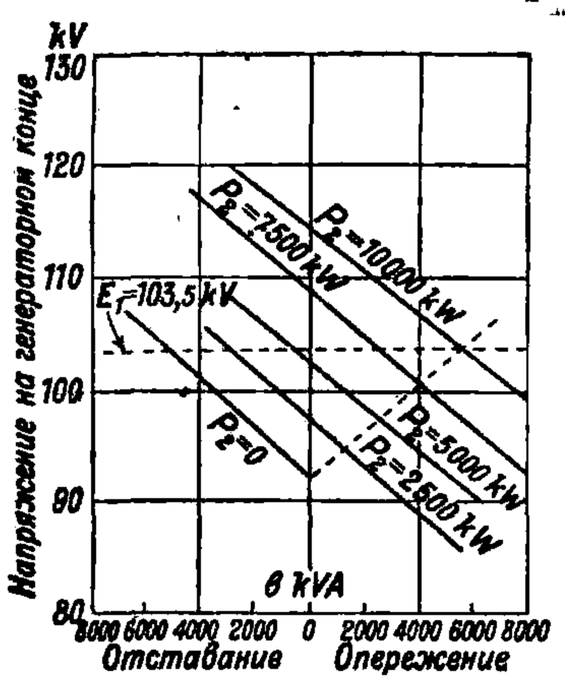


Фиг. 2.

Наивыгоднейшим является такое напряжение генераторного конца E_1, при котором максимальный опережающий и отстающий токи равны, т. к. очевидно, что мощность синхронных компенсаторов при этом получается минимальной. Однако в виду неустойчивости работы сильно недовозбужденных синхронных двигателей на практике обычно выбирается E_1 т. обр., чтобы максимум отстающего тока равнялся 60—75% максимума

опережающего тока (тока синхронных компенсаторов при полной нагрузке). Выбор напряжения E_1 м. б. сделан на диаграмме фиг. 2 путем подбора величины r, удовлетворяющей вышеуказанным условиям. Тогда напряжение E_1 находится по ф-ле (34).

Другой способ определения мощности синхронных компенсаторов заключается в следующем. Строятся кривые зависимости генераторного напряжения от коэф-та мощности приемника при различных нагрузках. Для данной постоянной величины E_2 и $\cos\varphi_2$ коэф-т мощности на приемном конце зависит от мощности синхронных компенсаторов, которая для удобства и откладывается на оси абсцисс. Построенные т. о. зависимости (фиг. 3) практически представляют собою прямые линии, за исключением очень больших перегрузок и малых коэф-тов мощности $\cos\varphi_2$. В виду этого для построения зависимости достаточно для каждой нагрузки вычислить две точки, соответствующие следующим условиям: 1) мощность синхронных компенсаторов $W_s = 0$ и 2) коэф-т мощности приемного конца равен 1. Пересечение зеркального изображения кривой для холостого хода относительно оси $W_s = 0$ с кривой полной нагрузки дает точку, определяющую мощность синхронных компенсаторов и напряжение генераторного конца при условии равенства отстающей и опережающей мощностей компенсаторов. При неравенстве отстающей и опережающей мощностей необходимо только соответственно изменить ось, относительно которой строится зеркальное изображение кривой холостого хода. Пересечения кривых для других нагрузок с прямой линией, соответствующей полученному указанным способом напряжению E_1, дают точки, определяющие мощность синхронных компенсаторов при этих нагрузках. Суммируя найденное значение тока синхронного компенсатора с током нагрузки (геометрически), получаем полный ток на приемном конце Л. п. Зная полный ток приемного конца, характеристики Л. п. можно вычислить по приведенным выше ур-иям, напр. (19) и (20). Потери в синхронных компенсаторах равны 3—4% от их реактивной мощности.



Фиг. 3.

Перенапряжения в Л. п. и выбор изоляции. Перенапряжения в Л. п. могут быть разбиты на следующие группы: 1) перенапряжения внутреннего характера вследствие процессов включения и выключения; 2) перенапряжения вследствие заземляющих дуг; 3) перенапряжения атмосферного характера. Перенапряжения при включении и выключении разомкнутой линии обычно не превосходят 70—100% от номинального напряжения Л. п. В отдельных случаях были зарегистрированы перенапряжения, в 6 раз превышающие номинальное фазное напряжение Л. п. Наиболее неблагоприятные условия получаются при оперативности на стороне высокого напряжения. Выключение и включение нагрузки вызывают обычно очень небольшие перенапряжения. При выключении коротко-замкнутой линии запасенная магнитная энергия $\frac{LI^2}{2}$ переходит в электростатическую энергию $\frac{CE^2}{2}$, т. е.

$$\frac{LI^2}{2} = \frac{CE^2}{2}.$$

Т. о. возникающие при этом перенапряжения будут тем больше, чем меньше емкость C и чем больше ток короткого замыкания I.

Выключение короткого замыкания наиболее опасно при оперативности на стороне низкого напряжения. Судя по произведенным наблюдениям на работающих америк. линиях, перенапряжения при выключении коротких замыканий не превосходят 5—6-кратной величины от нормального фазного напряжения Л. п. Такие перенапряжения для современной изоляции Л. п. и аппаратов нормально не представляют опасности. Перенапряжения вследствие заземляющих дуг, возникающие при генерировании дугой высокочастотных колебаний, наиболее опасны на системах с изолированной нейтралью. Ниже приведены теоретические максимальные напряжения, могущие быть полученными при различных условиях и вычисленные Клемом (I. E. Clem).

Условия расчета	Кратность перенапряжения по отношению к фазному напряжению Л. п.
Без учета затухания	7,5
С учетом затухания	5,7
С учетом затухания и емкости между проводами	5,5
При заземлении нейтрали через сопротивление не больше критического	2,5
При наглухо заземленной нейтрали	1,0

Критич. сопротивление в нейтрали, при котором перенапряжение вследствие заземляющих дуг не превосходит 2,5-кратной величины от фазного напряжения Л. п., может быть вычислено по следующей ф-ле, выведенной Кларком (E. Clark):

$$R = \frac{10E^2}{P_1}\sqrt{\frac{x - x^2\left(\frac{\sqrt{3}}{100}\frac{E}{P_1}kI_c\right)}{\frac{\sqrt{3}}{100}\frac{E}{P_1}kI_c}}, \qquad (39)$$

где E—линейное напряжение в kV; x—реактивность системы до места аварии в % от мощности P_1; I_c—зарядный ток в заземляющей дуге; k—отношение отстающей составляющей тока короткого замыкания к I_c. Для быстрого гашения дуги проф. Петерсеном было предложено заземлять нейтраль трансформаторов через реактивную катушку, подобранную т. обр., чтобы скомпенсировать емкостный ток в заземляющей дуге. Тем не менее в условиях дождя, при наличии заметной активной составляющей тока заземления, катушка Петерсена не может вызвать гашения дуги и даже, наоборот, может сама явиться источником значительных перенапряжений. Наилучшим способом борьбы с заземляющими дугами является все же заземление нейтрали или наглухо или через со-

противление, не превосходящее критической величины (ф-ла Кларка).

Наиболее опасными для изоляции Л. п. и оконечных подстанций являются перенапряжения атмосферного характера. Атмосферные перенапряжения носят всегда характер импульсов или быстро затухающих колебаний очень высокой частоты.

Возникновение перенапряжений атмосферного характера м. б. представлено след. обр. Когда над проводом Л. п. находится заряженное грозовое облако, то на проводе индуктируется связанный заряд противоположного знака, плотность σ которого в точке x будет

$$\sigma = \frac{\partial Q}{\partial x} = Cgh,$$

где C—емкость провода на единицу длины, h—высота провода над землей, g—градиент земного потенциала. При мгновенном разряде заряда облака заряд на проводе Л. п. освобождается, причем потенциал провода будет

$$V = \frac{1}{C} \cdot \frac{\partial Q}{\partial x} = gh.$$

Так как в действительности облако не может разрядиться мгновенно и разряд длится конечный промежуток времени, то действительная амплитуда перенапряжения, возникающего на проводе Л. п. при разряде грозового облака, будет

$$V = \alpha gh, \qquad (40)$$

где коэф. $\alpha \leqslant 1$ и зависит от скорости и закона разряда облака и распределения связанного заряда вдоль провода Л. п. После освобождения заряда последний начинает двигаться в две противоположные стороны, образуя две блуждающих волны, амплитуда напряжения к-рых будет

$$V_1 = \alpha' gh, \qquad (40а)$$

причем коэф. $\alpha' \leqslant 0{,}5$. В табл. 4 приведены значения коэф-тов α и α' в предположении равномерного распределения связанного заряда вдоль провода Л. п.

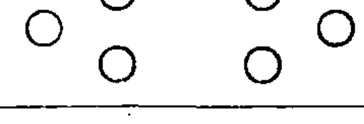
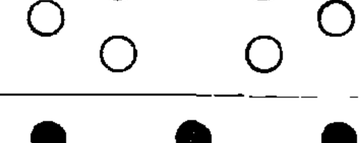
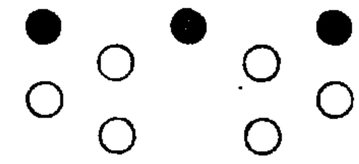
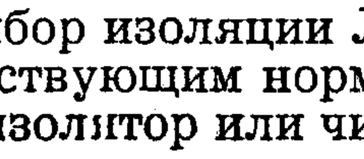
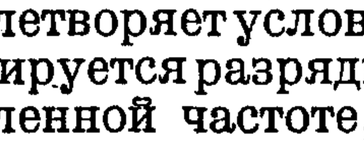
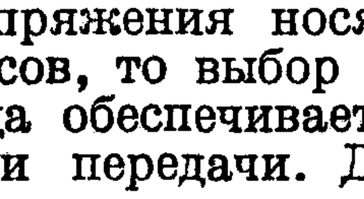
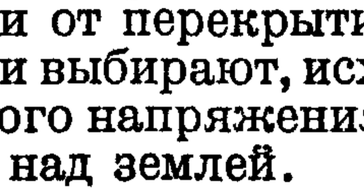
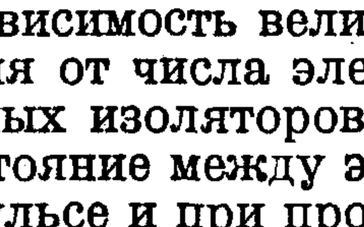
Табл. 4.—Значения α и α'.

Время разряда облака на 95% в μ-ск.	Длина связанного заряда в *м*			
	600		1 200	
	α	α'	α	α'
0	1	0,5	1	0,5
1	0,61	0,42	0,72	0,48
2	0,44	0,34	0,58	0,42
3	0,33	0,27	0,47	0,37
4	0,27	0,23	0,40	0,32

Градиент потенциала земли может при сильных грозах достигать значений до 330 kV/*м*.

Для уменьшения амплитуды атмосферных перенапряжений применяется защита линий при помощи заземленных тросов, протянутых над проводами Л. п. Отношение амплитуды перенапряжения при защите Л. п. заземляющими тросами к амплитуде перенапряжения без тросов называется коэфициентом защиты. Значения коэфициента защиты при различных расположениях проводов и тросов даны в табл. 5. Из рассмотрения табл. 5 очевидно преимущество горизонтального расположения проводов, так как в этом случае мы кроме понижения высоты подвеса провода улучшаем также и защитное действие троса. При двух заземленных тросах и горизонтальном расположении проводов коэф. защиты м. б. принят равным 0, 37.

Табл. 5.—Коэфициенты защиты.

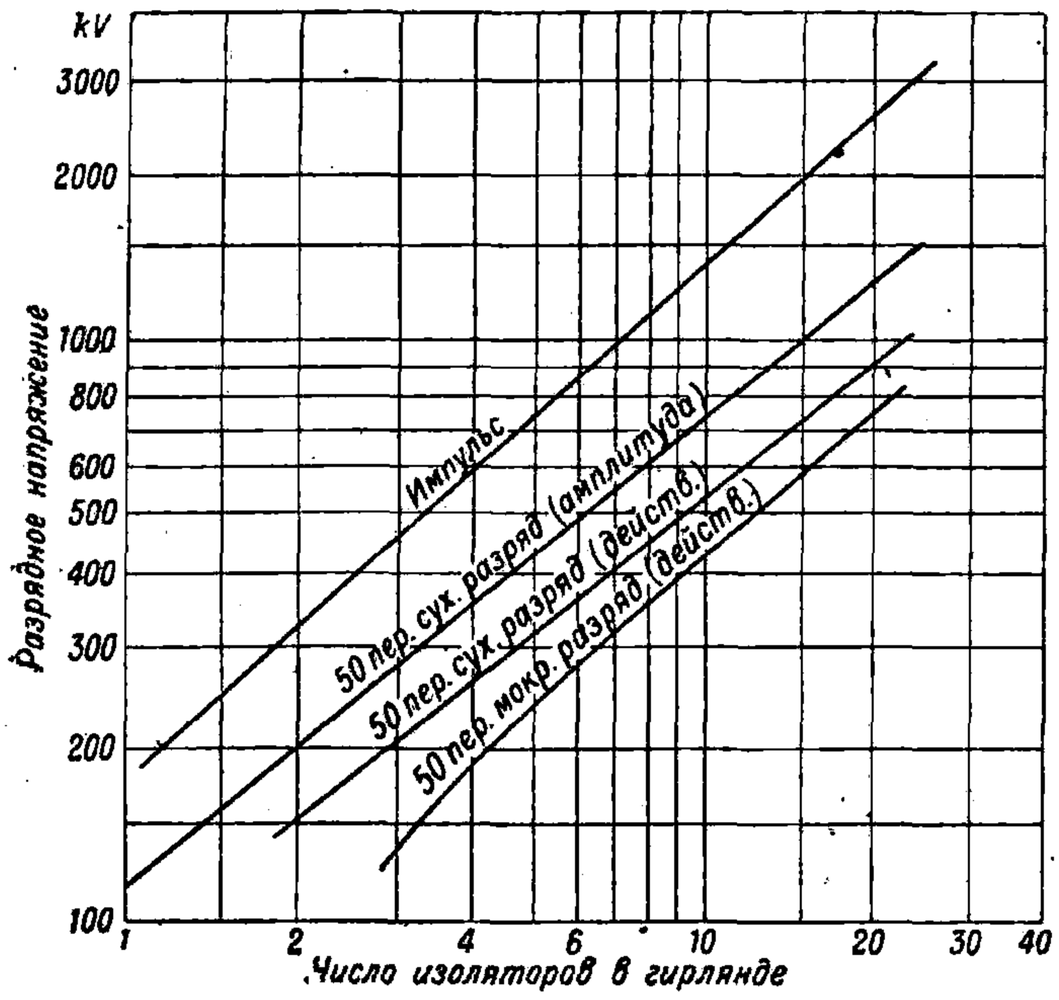
Расположение проводов ○ » тросов ●	Коэфициент защиты	
	(1) (2) (3)	0,45 0,45 0,52
	(1) (2) (3)	0,37 0,32 0,37
	(1) (2) (3)	0,50 0,44 0,50
	(1) (2) (3)	0,30 0,27 0,30
	(1) (2) (3)	0,32 0,28 0,32
	(1) (2) (3)	0,42 0,52 0,62
	(1) (2) (3)	0,33 0,39 0,48
	(1) (2) (3)	0,28 0,33 0,41

Выбор изоляции Л. п. делается обычно по существующим нормам, т. е. выбирается такой изолятор или число элементов гирлянды изоляторов, разрядное напряжение которого удовлетворяет условиям норм. Однако так как нормируется разрядное напряжение при промышленной частоте, а наиболее опасные перенапряжения носят всегда характер импульсов, то выбор изоляции по нормам не всегда обеспечивает бесперебойную работу линии передачи. Для полного обеспечения линии от перекрытия изоляторов изоляцию линии выбирают, исходя из импульсного разрядного напряжения и высоты подвески провода над землей.

Зависимость величины разрядного напряжения от числа элементов в гирлянде шарнирных изоляторов (⌀ элемента—254 *мм* и расстояние между элементами—146 *мм*) при импульсе и при промышленной частоте дана в графической форме на фиг. 4. При расчете амплитуды атмосферных перенапряжений градиент земного потенциала в большинстве случаев достаточно принимать равным 250 kV/*м* и только в местностях с усиленной грозовой деятельностью увеличивать эту цифру до 330 kV/*м*.

Очень сильная изоляция Л. п. может создать благоприятные условия для попадания волн с большой амплитудой на подстанцию. Во

избежание этого ближайшие к подстанции участки Л. п. следует делать с ослабленной изоляцией и с усиленной защитой тросами. Длину ослабленного участка выбирают исходя из того, чтобы волна перенапряжения,



Фиг. 4.

возникшая за пределами этого участка, успела достаточно затухнуть до попадания на подстанцию. Затухание волны вдоль линии м. б. вычислено по ф-ле (эмпирической):

$$e = \frac{e_0}{0{,}0001\, l e_0 + 1}, \qquad (41)$$

где e_0—начальн. амплитуда волны в kV; l—расстояние до места возникновения волны в *км*. Максимальное возможное значение e_0 для любой линии будет импульсное разрядное напряжение изоляторов. При выборе подвесных изоляторов необходимо иметь в виду, что распределение потенциала вдоль гирлянды происходит неравномерно вследствие влияния емкостей арматуры изолятора относитедьно земли и провода Л. п.

Выбор расстояния между проводами. Выбор расстояния между проводами Л. п. должен быть произведен т. о., чтобы при максимальном возможном сближении проводов разрядное напряжение между ними при плотности воздуха $\delta = 0{,}9$ (условия бури) было не менее полуторного рабочего напряжения Л. п. Разрядное напряжение по отношению к нейтрали м. б. вычислено по ф-ле Пика:

$$E_{ms} = g_{ms} r \ln \frac{D}{r}\ \text{kV}_{действ.}, \qquad (42)$$

причем при больших расстояниях $\frac{D}{r} > 30$

$$g_{ms} = 21{,}2\, \delta m \left(1 + \frac{0{,}01\, D}{\sqrt{\delta r} \cdot r}\right) \text{kV/см}, \qquad (43)$$

при $\frac{D}{r} < 30$

$$g_{ms} = 21{,}2\, \delta m \left(1 + \frac{0{,}301}{\sqrt{\delta r}}\right) \text{kV/см}. \qquad (44)$$

Сближение проводов может произойти или вследствие их раскачивания ветром, или вследствие неодинаковой нагрузки вертикально расположенных проводов, или вследствие раскачивания проводов электродинамич. взаимодействием токов короткого замыкания. При горизонтальном расположении максимальн. сближение проводов будет при их асинхронном раскачивании. При расчете качания проводов под действием ветра достаточно принимать расхождение фаз качания на 90°. При вертикальном расположении проводов наиболее опасным является сброс гололеда на одном пролете нижнего провода. Анализ вопроса показывает, что в этом случае сближение проводов практически не зависит от пролета Л. п.

При приблизительных расчетах можно определить расстояние между проводами при горизонтальном расположении их по формуле, предложенной инж. А. А. Глазуновым:

$$D = \left(A \frac{l}{\lg q} + BE\right) \text{см}, \qquad (45)$$

где l—длина пролета в *м*, E—линейное напряжение в начале линии в kV. При $E < 40$ kV:

$$A = 1{,}4, \quad B = 1;$$

при $E > 40$ kV:

$$A = 0{,}75, \quad B = 2{,}2.$$

Вертикальное расстояние между проводами Л. п. может быть определено по формуле инж. А. М. Залесского:

$$s_в = (120 + 0{,}155\, E^{1{,}5})\ \text{см}. \qquad (46)$$

Расстояние между проводами и частями опор м. б. определено по ф-ле проф. А. А. Смурова:

$$d = (15{,}7 + 5{,}75 \sqrt{E})\ \text{см}, \qquad (47)$$

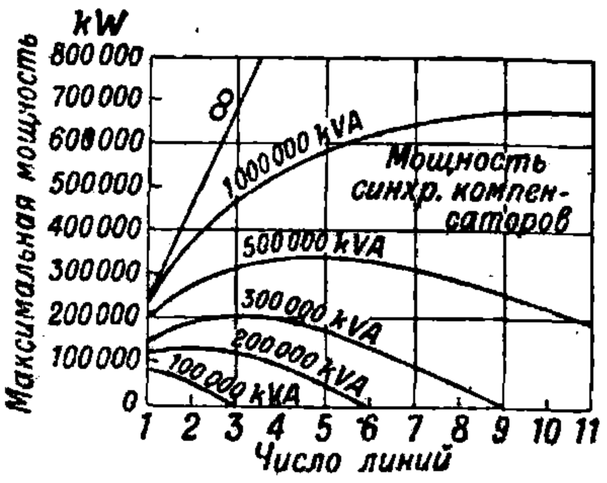
причем в случае подвесных изоляторов принимается отклонение гирлянд на 45°.

Ф-лы (45), (46) и (47) не учитывают отклонения проводов электродинамич. силами при коротком замыкании. В этом случае максимальное горизонтальное отклонение провода м. б. вычислено из ур-ия:

$$0{,}29 f_0 \frac{I^2}{q} \ln \frac{D + 1{,}5 x_m}{D} = 2\,890 \frac{k_0 x_m^2}{f_0 \sigma^2} + 2 - 0{,}092 \frac{I^2 t}{q^2 \sigma}, \qquad (48)$$

где x_m—максимальное горизонтальное отклонение провода в *см*, f_0—начальная стрела провеса провода в *см*, σ—начальное напряжение в материале провода в *кг/см²*, k—отношение веса провода с гололедом к весу голого провода, t—время в ск., необходимое для достижения максимального отклонения. На основании произведенных Петерсоном и Мак Крекеном опытов можно принимать в среднем $t = 0{,}3$—$1{,}2$ ск. Ур-ие (48) легче всего решать путем подбора.

Устойчивость работы Л. п. Каждая данная Л. п. имеет нек-рую предельную мощность, которую можно передать по Л. п. При переходе через этот предел устойчивость работы нарушается и происходит выпадение из синхронизма. Устойчивость работы тем меньше, чем больше кажущееся сопротивление между генератором и мотором. На больших высоковольтных Л. п. зарядный ток понижает необходимое возбуждение машины и может таким образом привести к уменьшению устойчивости работы. Поэтому максимальная мощность, которая может быть передана по Л. п. при увеличении числа цепей, сначала увеличивается, а потом снова падает (фиг. 5).



Фиг. 5.

Необходимо различать устойчивость работы Л. п. при установившемся и при устанавливающемся режиме работы. Устойчивость работы при установившемся режиме работы сильно зависит от системы регулирования напряжения и от типа возбудителя. При замене Л. п. по Кенелли эквивалентной π линией максимальная мощность, которая м. б. передана по Л. п. при установившемся режиме работы, м. б. вычислена по ф-ле, предложенной Никле (C. A. Nickle):

$$P_{max} = \frac{E^2 \sqrt{\left(x'_1 + \frac{x}{2}\right)\left(x'_2 + \frac{x}{2}\right)}}{\left(\frac{x}{2}\right)^2 + \left(x'_1 + \frac{x}{2}\right)\left(x'_2 + \frac{x}{2}\right)}, \qquad (49)$$

где E—линейное напряжение передачи, x'_1—эквивалентная реактивность генератора, x'_2—эквивалентная реактивность мотора, x—эквивалентная реактивность линии. В виду наличия многих влияющих и неучитываемых факторов точный расчет максимальной мощности возможно произвести лишь в простейших случаях. Расчет устойчивости работы Л. п. при устанавливающемся режиме работы представляет собою чрезвычайно сложную задачу и обычно не может быть произведен. Испытания работающих систем показали, что предел устойчивости работы Л. п. при устанавливающемся режиме работы составляет от 30 до 60% от P_{max} при установившемся режиме.

Механический расчет Л. п. Расчет проводов имеет целью определить тяжения и провесы проводов при различных условиях для решения задач по выбору расположения проводов, трасировке линий, монтажу и т. п. Провес проводов определяется по ф-ле:

$$f = \frac{gl^2}{8q\sigma} \text{ м}, \qquad (50)$$

где g—нагрузка провода в *кг/м*, l—пролет в *м*, σ—напряжение в материале провода в *кг/мм²*, q—сечение провода в *мм²*. Если обозначить

$$p = \frac{g}{q} \text{ кг/м} \cdot \text{мм}^2, \qquad (51)$$

то по заданным начальным условиям (σ_0, p_0 и t_0°) напряжение в материале провода при любых условиях может быть определено из уравнения:

$$\sigma - \frac{1}{24}\frac{p^2 l^2 E}{\sigma^2} = \sigma_0 - \frac{1}{24}\frac{p_0^2 l^2 E}{\sigma_0^2} - aE(t - t_0) \mp \frac{\delta E}{l}, \qquad (52)$$

где E—модуль упругости материала проводов, a—температурный коэф. линейного расширения материала проводов, t—темп-ра в °C, δ—изменение пролета, причем знак – соответствует уменьшению пролета, а + увеличению. Механические свойства многопроволочных проводов по нормам ЦЭС приведены в табл. 6.

Максимальное напряжение в материале провода при пролете больше критического имеет место при $t = 5°$ и нагрузке гололедом и ветром, а при пролетах меньше критического при $t = t_{min}$. Критич. пролет определяется по следующей формуле:

$$l_{кр.} = \sigma_{max} \sqrt{a(t_{min} - t_0)\frac{24}{p^2 - p_0^2}} \text{ м}. \qquad (53)$$

Знак 0 соответствует условиям гололеда. Максимальный провес проводов может иметь

Табл. 6.—Механические свойства многопроволочных проводов.

Материал	Уд. вес γ	a	E, *кг/мм²*	Допуск. напряж. в матер., *кг/мм²*	
				промежут. пролеты	анкерованные пролеты
Медь	8,9	$16 \cdot 10^{-6}$	$1{,}1 \cdot 10^4$	20	13
Алюминий .	2,7	$23 \cdot 10^{-6}$	$0{,}6 \cdot 10^4$	10	7
Сталь	7,8	$12 \cdot 10^{-6}$	$1{,}8 \cdot 10^4$	—	—

место или при $t = t_{max}$ (если $t_{max} > t_{кр.}$) или при нагрузке гололедом и $t = -5°$ ($t_{max} < t_{кр.}$). Критич. $t°$ м. б. рассчитана по ф-ле:

$$t_{кр.} = t_0 + \sigma_{max}\frac{1}{aE}\left(1 - \frac{p}{p_0}\right). \qquad (54)$$

По нормам ЦЭС следует принимать толщину гололеда 1 *см* при уд. весе льда=0,9 и давление ветра на провода $p_v = 24$ *кг/м²*, относя давление ветра к проекциям провода. При раскачивании проводов ветром максимальный угол качания имеет место при $t = -5°$ и нагрузке гололедом толщиной

$$\delta = \sqrt{0{,}0036\gamma q - 0{,}25\,d^2} - 0{,}5\,d, \qquad (55)$$

где d—диам. провода в *см*. Если по ф-ле (55) $\delta > 1$ *см*, то в расчет следует вводить $\delta = 1$ *см*.

Нагрузки, действующие на опоры Л. п., определяются по нормам ЦЭС в соответствии с вышеизложенным. Наиболее тяжелым случаем является односторонний обрыв части проводов (обрыв двух проводов из трех). При определении приложенных в этом случае к опоре сил тяжений проводов при расчете промежуточных опор с подвесными изоляторами необходимо считаться с уменьшением тяжения проводов вследствие отклонения гирлянд. Уменьшение тяжения проводов в этом случае будет тем незначительнее, чем больше пролетов имеется между анкерными опорами. Т. к. опоры имеют нормально некоторую гибкость, то необходимо учитывать также и отклонение вершины опоры, также уменьшающее натяжение проводов. Расчет уменьшения натяжений вследствие отклонения гирлянд и верхушек опор производят проще всего путем подбора, задаваясь условиями на анкерной опоре и проверяя по ним условия на последней опоре у оборванного пролета. При наличии заземленного троса необходимо считаться с тем, что часть нагрузок берет на себя трос. После определения действующих на опору нагрузок расчет опор производится нормальными методами строительной механики.

Экономический расчет Л. п. Задача снабжения электрич. энергией промышленных центров может быть разрешена или постройкой электрич. станции на месте нагрузки и транспортом топлива для питания такой станции или же непосредственным транспортом электрич. энергии через Л. п. При экономич. обосновании целесообразности постройки Л. п. могут встретиться два основных случая. При передаче энергии от тепловой электрич. станции необходимо сравнить стоимость транспорта электрич. энергии по Л. п. со стоимостью транспорта топлива. При передаче электрич. энергии с гидроэлектрич. станции необходимо сравнивать стоимость энергии от

гидростанции (стоимость электрич. энергии на шинах станции + стоимость передачи энергии по Л. п.) со стоимостью энергии на местной электрической станции, работающей на местном или привозном топливе. Обычно наиболее рентабельной является передача электрич. энергии от гидростанций и от станций, работающих на дешевом и малокалорийном топливе (торф, сланец, штыб и т. п.), транспорт к-рого обходится чересчур дорого. При рассмотрении вопроса необходимо также иметь в виду разгрузку ж.-д. транспорта при сжигании топлива на месте добычи и транспортировании электрической энергии. Задача проектирования и постройки Л. п. заключается в выборе таких элементов Л. п. и их комбинации, при к-рых ежегодные расходы на передачу энергии являются минимальными. При этом общая задача распадается на ряд отдельных частных задач.

Для каждой линии имеется нек-рый пролет, называемый экономическим пролетом, при к-ром ежегодные расходы на опоры и изоляторы минимальны. Экономич. пролет определяется путем расчета стоимости одного *км* Л. п. (без проводов) для различных пролетов, на основании чего строится кривая зависимости ежегодных расходов от длины пролета и находится ее минимум. В среднем экономич. пролет получается обычно для жестких металлич. опор равным:

При $E=$ 35 kV	. . . . .	150—200 *м*
» $E=$ 60 »	. . . . .	200—250 »
» $E=$100 »	. . . . .	220—270 »
» $E=$220 »	. . . . .	250—300 »

При гибких опорах экономич. пролет получается обычно в $1^1/_2$—2 раза меньше.

Стоимость проводов Л. п. пропорциональна весу материала проводов, т. е. пропорциональна сечению провода. Т. к. увеличение сечения проводов увеличивает стоимость проводов и опор, но уменьшает стоимость потерь в линии, то для каждой Л. п. существует некоторое наивыгоднейшее сечение провода, при к-ром ежегодные расходы получаются минимальными. Не учитывая влияния сечения проводов на стоимость опор, наивыгоднейшую плотность тока в линии можно найти по Кельвину из ф-лы:

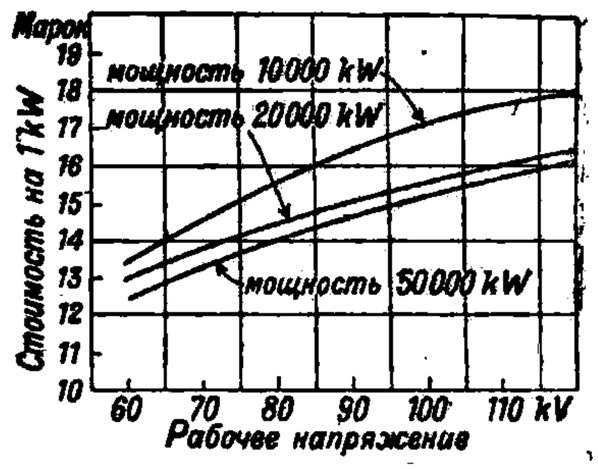
$$s=\frac{I_e}{q}=0{,}1\sqrt{\frac{\delta a p}{\varrho w}}\ \frac{\text{A}}{\text{мм}^2}, \qquad (56)$$

где q—сечение провода в *мм*^{2}, δ—уд. в. материала провода, p—стоимость одной *т* проводов, w—стоимость одного kW-года электрич. энергии, ϱ—удельное сопротивление материала провода, a—ежегодные %-ные отчисления на провода, I_e—средняя квадратичная сила тока в линии за год. Если обозначить имеющуюся в линии силу тока через I_x, то средняя квадратичная сила тока будет

$$I_e=\sqrt{\frac{\Sigma I_x^2 t}{8\,760}}. \qquad (57)$$

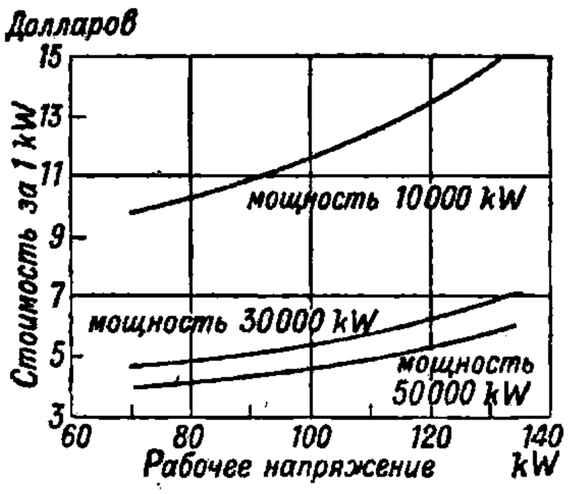
Т. к. ф-ла (56) не учитывает стоимости опор, увеличивающейся при увеличении сечения провода, то в действительности наивыгоднейшее сечение будет всегда меньше рассчитанного по ф-ле (56). В виду этого можно рекомендовать пользоваться этой ф-лой только для ориентировки, для получения верхнего предела возможного сечения провода, и находить после этого наивыгоднейшее сечение провода путем составления параллельных смет для нескольких вариантов и сравнения получающихся стоимостей.

Чаще всего применяются провода из следующих материалов: красная медь твердотянутая; красная медь в виде полых проводов; биметаллическ. провода (обыкновенно алюминий со стальным сердечником); алюминиевые провода без стального сердечника применяются значительно реже; железные провода применяются только на неответственных линиях небольшой мощности, например в сетях в сельских местностях.

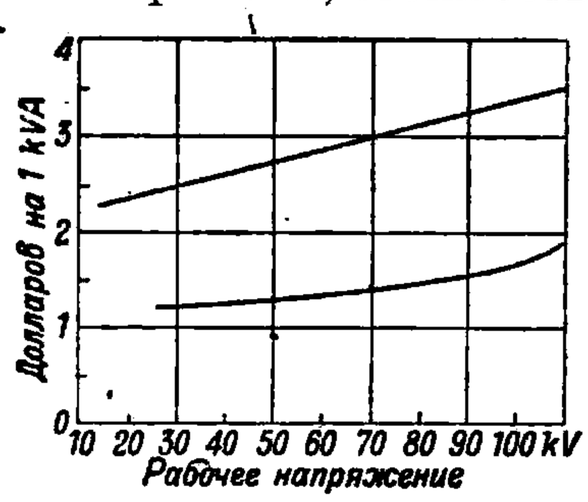


Фиг. 6.

Стоимость оконечных подстанций после разработки схемы коммутации, выбора типа подстанции и составления спецификации аппаратуры легко определяется по прейскурантам и предложениям разных фирм. Для предварительных сравнительных расчетов можно пользоваться данными стоимостей, приведенными в виде кривых на фиг. 6 (стоимость трансформаторных подстанций в Германии, по проф. Клингенбергу), на фиг. 7 (стоимость открытых подстанций в Америке) и на фиг. 8 (стоимость трансформаторов и распределительного устройства по А. Стиллу). Общие ежегодные расходы по Л. п. и оконечным подстанциям складываются из следующих элементов: расходы на обслуживающий персонал; процентные отчисления на капитал; процентные отчисления на амортизацию оборудования; процентные отчисления на ремонт; стоимость потерь в линии, трансформаторах и синхронных компенсаторах. Расходы на обслуживающий персонал малы по сравнению с остальными расходами и при проектировании могут не учитываться. Конечно при окончательном определении стоимости передачи электрической энергии эти расходы также должны быть учтены. Процентные отчисления на капитал зависят от стоимости капитала в данный момент в данной местности. Учитывая %, наросшие на капитал за время постройки до начала эксплоатации, %, которые необходимо отчислять на затраченный капитал при стоимости капитала p% и сроке постройки n лет, будем иметь:



Фиг. 7.



Фиг. 8.

$$p_1=\frac{p}{n}\left[\left(1+\frac{p}{100}\right)^n+\left(1+\frac{p}{100}\right)^{n-1}+\ldots+\left(1+\frac{p}{100}\right)^2+\left(1+\frac{p}{100}\right)\right]\%. \qquad (58)$$

Ф-ла (58) предполагает отпуск денег на постройку равными суммами в начале каждого года постройки. Для уменьшения процентных отчислений на капитал следует стремиться к уменьшению срока постройки и к сосредоточиванию главных расходов к концу постройки.

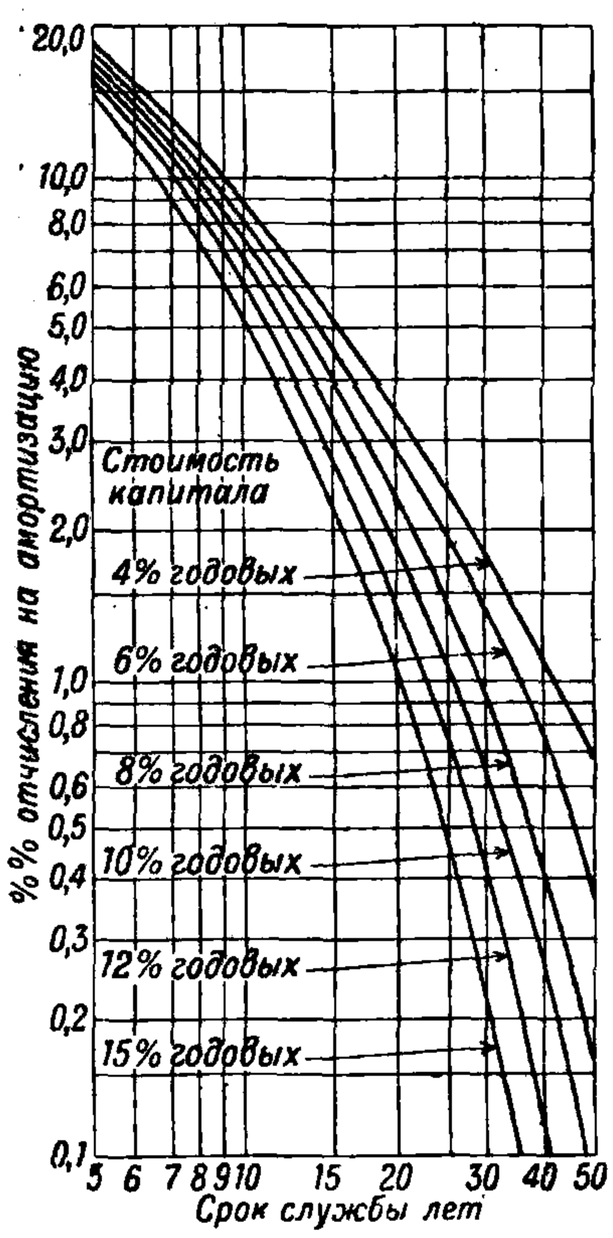
Процентные отчисления на амортизацию оборудования имеют целью покрывать текущие расходы на ремонт частей оборудования и к концу срока службы сооружений накопить капитал, необходимый для замены установки новой. Учитывая сложные % на капитал амортизационного фонда, процентные отчисления на амортизацию можно определить по формуле:

$$d = \frac{w}{J}\left[\frac{p}{(1+p)^n - 1}\right] \cdot 100\%, \qquad (59)$$

где p—стоимость капитала в долях единицы, n—срок службы установки в годах, J—стоимость сооружения, w—стоимость замены по окончании срока службы старой установки новой;

$$w = J + R - S,$$

где R—стоимость приготовления места под постройку новых сооружений (расчистка места, разборка и т. п.), S—стоимость установки после окончания срока службы ее, т. е. та сумма, за которую можно продать изношенное оборудование и материалы установки. В табл. 7 приведены данные относительно сроков службы отдельных элементов сооружений и стоимость их S после окончания срока службы.



Фиг. 9.

На кривых фиг. 9 приведена зависимость процентн. отчислений на амортизацию от срока службы сооружения в предположении $S=R$. Процентные отчисления на ремонт зависят от характера отдельных элементов установки и от напряженности работы. Для различных частей установки ориентировочно можно принять процентные отчисления по след. данным:

Наименование	Отчисления на ремонт в %
Динамо, турбины, сети внутри помещений	1,5
Трансформаторы	1,5—3
Деревянные опоры	2
Железные опоры	1
Распределительное устройство	2
Здания	0,7—1
Воздушные сети	4

Выбор наивыгоднейшего напряжения является наиболее существенным при экономич. расчете Л. п. Ориентировочно наивыгоднейшее напряжение может быть рассчитано по эмпирической формуле:

Табл. 7.—Срок службы элементов сооружения и стоимость их S по окончании срока службы.

Наименование элементов сооружения	Срок службы в годах	S в % от первоначальной стоимости
Здания	75	5
Паровые турбины	15—20	10
Паровые машины и конденсаторы	12	10
Синхронные компенсаторы, трансформаторы, возбудители и т. п.	15—20	10
Распределит. устройство	12	5
Альтернаторы	10—20	10
Аккумуляторные батареи	10—20	10
Водяные турбины	30	—
Железные опоры	40—50	—
Деревян. опоры в бетоне	20	—
Деревян. опоры в земле	10—18	—
Воздушные линии	20	—

$$E = 4{,}34\sqrt{l + 0{,}0161P} \text{ kV}, \qquad (60)$$

где l—длина линии в *км* и P—передаваемая по линии мощность в kW. Ф-ла Стилла, как и другие предложенные эмпирич. ф-лы, применима только для предварительных расчетов, так как многие существенные факторы ф-лой не учитываются. В виду этого для нахождения наивыгоднейшего напряжения необходимо итти путем сравнения нескольких параллельных вариантов и пользоваться ф-лой (60) только для предварительного определения наивыгоднейшего напряжения и ограничения числа подлежащих сравнению вариантов.

Сравнение вариантов передачи приводит к параллельному расчету нескольких вариантов и составлению смет стоимости сооружений и стоимости передачи энергии, что м. б. выполнено согласно вышеизложенному. При этом необходимо помнить, что наивыгоднейшим является не тот вариант, который дает наименьшую стоимость сооружений, а дающий наименьшую стоимость передачи энергии; только в редких специальных случаях следует отдавать предпочтение варианту с меньшей первоначальной затратой капитала.

Лит.: Стилл А., Передача электрич. энергии, М., 1925; Каппер Ф., Электропередача. Сооружение воздушных линий, М., 1927; Смуров А. А., Электротехника высокого напряжения и передача электрич. энергии, Л., 1925; Угримов Б. И., Техника высоких напряжений, вып. 1—4, М.—Л., 1924—26; Хрущов В. М., Электрич. линии и сети, Харьков, 1926 (литогр.); Эпштейн Г. Л., Линии передачи электр. энергии переменными токами, ч. 1, Киев, 1925; Машкилейсон Л. Е., Вспомогательные графики и таблицы для расчета линий электропередач, Л., 1928; Сиротинский Л. И., Перенапряжения, Москва, 1924; Эпштейн Г. Л., Перенапряжения на электрических установках, Киев, 1927; Юрьев М. Ю., Влияние высоковольтных линий на линии связи, М., 1929; Сушкин Н. И. и Глазунов А. А., Новые конструкции высоковольтных линий передачи, М.—Л., 1929; Глазунов А. А., Линии электропередачи, ч. 1, М., 1928; Залесский А. М., К вопросу о выборе расстояний между проводами линий передачи, «Электричество», Москва, 1928; Цепляев П. П., Индуктивное влияние трехфазных линий сильного тока на параллельные им линии слабого тока, там же, 1923; Азбукин П. А., Влияние линий передач электрич. энергии на линии слабого тока, там же, 1925; СЭТ, Справочная книга для электротехников, т. 3., Л., 1928; Фаульь Ф., Справочник по элсктротехнике, т. 3, М., 1929; Электротехнические правила и нормы, М., 1929; Buch A., Theorie moderner Hochspannungsanlagen, 2 Aufl., Mch. u. Berlin, 1922; Zipp H., Handbuch der elektrischen Hochspannungstechnik,

5 Aufl., Leipzig, 1923; Kyser H., Die elektrische Kraftübertragung, 2 Aufl., B. 2, B., 1921; Mauduit A., Installations électriques à haute et basse tension, v. 1, Paris, 1926; Loew, Electrical Power Transmission, New York, 1928; Lewis W. W., Transmission Line Engineering, N. Y., 1928; Dwight H. B., Transmission Line Formulas, N. Y., 1925; Peek F. W., Dielectric Phenomena in High Voltage Engineering, N. Y., 1920; Steinmetz C. P., Theory and Calculation of Transient Electric Phenomena a. Oscillations, N. Y., 1920; Rüdenberg R., Elektrische Schaltvorgänge, 2 Aufl., Berlin, 1926; Schwaiger A., Elektrische Festigkeitslehre, Berlin, 1925; Roth A., Hochspannungstechnik, Berlin, 1927; Coombs R. D., Pole a. Tower Lines, New York, 1926; Pender H., Handbook for Electrical Engineers, 2 ed., New York, 1922; Amer. Inst. of Electr. Eng. Standards, N. Y.; Vorschriftenbuch des V. D. E., Berlin, 1928; Peterson W. S. a. Cracker H. I., Movements of Overhead Line Conductors During Short Circuits, «Transactions of the American Inst. of Electr. Eng.», N. Y., 1929, *1*; Symposium on Surge Voltage Investigation, ibid., 1928, *4*; Lewis W. W., Relation between Transmission Line Insulation a. Transformer Insulation, ibid., 1928, *4*; Sporn P., Rationalisation of Transmission System Insulation Strength, ibid., 1928, *4*; Clarke E., Steady State Stability in Transmission Systems, ibidem, 1926; Wagner C. F. a. Evans R. D., Static Stability Limits and the Intermediate Condenser Station, ibid., 1928, *1*; Murray J. S. and Robert T., Power Limit Tests on Southeastern Power and Light Company's System, ibid., 1929, *1*.

Л. Машкиллейсон.

ЛИНИИ СВЯЗИ в зависимости от характера проводки разделяются на А) воздушные, Б) подземные и В) подводные. Последние два вида Л. с. обычно называются кабельными линиями, хотя кабельные линии могут быть и воздушными. Основою каждой проводной Л. с. является металлич. проводник, служащий для передачи сигналов из одного пункта в другой; расположение же этого проводника и способ изоляции его от земли определяет вид связи.

А. Воздушные Л. с. Металлич. проводник, протянутый по воздуху, необходимо должен иметь точки опоры (закреплений) и быть изолированным в этих точках от земли. Соответственно этому в воздушных Л. с. различают: проводник, изоляторы и опоры.

Проводник. В качестве проводника для воздушной Л. с. может быть применена проволока из любого металла, но условия целесообразности, долговечности, прочности и экономичности выставляют для него следующие основные требования: 1) хорошая проводимость, 2) высокая механич. прочность, 3) дешевизна и 4) наименьший удельн. вес. Ни один из известных в природе металлов не удовлетворяет полностью всем четырем требованиям, не удовлетворяют им и сплавы из различных металлов. Наиболее распространенной в качестве проводника для воздушных Л. с. является железная и стальная проволока, почти исключительно применяемая на воздушных телеграфных линиях, затем бронзовая проволока (хромистая, фосфорная и силициевая), применяемая на телефонных линиях, медная твердотянутая проволока для дальних связей, сравнительно редко алюминиевая проволока и наконец биметаллическая, составленная из стального сердечника, покрытого слоем меди (Америка и СССР) или же оплетенного алюминиевыми проволоками (Германия). В последнее время во Франции и в Швейцарии начали применять для выделки проволоки воздушных Л. с. сплав из алюминия с магнием, кремнием и железом, присвоив ему название aldrey (98,7% Al; 0,3% Fe; 0,6% Si; 0,4% Mg) и альмелек (98,6% Al; 0,8% Mg; 0,6% Si). Размеры проволоки, применяемой в качестве провода воздушных линий, обыкновенно определяются диаметром ее поперечного сечения, выраженным в *мм*, и в зависимости от ее назначения проволока для воздушных линий носит названия: а) линейная, идущая в качестве воздушного проводника, б) перевязочная, употребляющаяся для закрепления провода на изоляторах, и в) спаечная для спайки отдельных концов провода; особняком стоит проволока воздушных переходов, иногда бронзовая, но чаще одиночная стальная или же в виде канатиков, сплетенных из 3 или 7 отдельных проволок. Наконец идет проволока изолированная: а) гакеталь для переходов воздушных проводов через провода, несущие сильные токи (трамвайные, осветительные и т. п.); б) гуттаперча и освинцованная вводная для ввода проводов внутрь помещений и в) комнатная (обычно парафинированная) для проводки в самих помещениях. Размеры и область применения неизолированных проволок приведены в табл. 1.

Табл. 1.—Применение неизолированных проволок.

Диаметр в *мм*	Металл проволоки	Область применения		Норма отпуска на 1 *км* линии в *кг*
		Телеграф	Телефон	
6	Железо	Для дальних связей	Не применяется	240
5	»	» междугородных связей	Для междугородных линий до 100 *км*	165
4	»	» » »	Для междугородных линий до 100 *км*	105
4	Бронза	» дальних связей	Тоже, свыше 400 *км*	120
4	Твердотянутая медь	» » »	» » » »	120
4	Алюминий	Не применяется	» до 300 *км*	35
3	Железо	Для городских линий	» » 50 »	60
3	Бронза	Не применяется	» » 300 »	68
2,75	Сталь	Для воздушных переходов	Для воздушных переходов	52
2,5	Железо	» перевязок	» перевязок	1
2,2	Сталь	» стальных канатиков	» стальных канатиков	100 для 3 и 250 для 7
2	Железо	» перевязок	» перевязок	0,7
1,5	»	» спаек	» спаек	0,07
1,5	Бронза	Не применяется	» городских сетей	18
1,2	»	» »	Тоже	11
1	Железо	Для спаек	Для спаек	0,025
1	Бронза	Не применяется	» городских сетей	8
1	Медь	Для перевязок	» перевязок	0,2

Срок службы железных проводов установлен в среднем в 30 лет, однако в зависимости от местности, по к-рой проходит воздушная линия, этот срок изменяется в очень широких пределах. По берегам морей, в районах химич. з-дов и вдоль ж. д., паровозы к-рых отапливаются каменным углем, этот срок сокращается иногда даже до 10 лет. Наоборот, железная проволока воздушных линий, идущих вдоль ж. д., паровозы которых ходят на нефтяном топливе, а также в полосах сухого умеренного климата, служит более 50 лет. Для бронзовой и медной проволок сроки службы пока не установлены. Полувековая слишком практика воздушных Л. с. выработала определенные технич. условия для каждого сорта проволоки, которые в главнейшем сводятся к требованиям механич. прочности и к электрич. проводимости, приведенным в табл. 2.

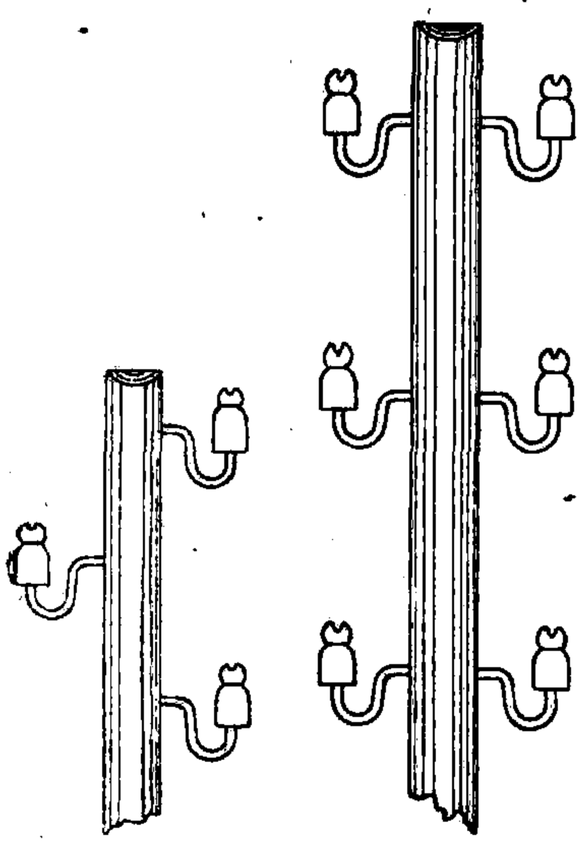
Табл. 2.—Технические условия для воздущн. проводников.

Металл проволоки	Технические условия				
	Врем. сопр. на разрыв в *кг*	Допускаемое удлинен. в %	Число изгибов	Число скручиваний	Омич. сопротивл. на 1 *км* при 20°
Железная					
диам. 6,0 *мм*	1 214	6	4	8	4,88
» 5,0 »	864	6	6	10	7,04
» 4,0 »	553	6	8	12	11,0
» 3,0 »	311	6	10	14	19,5
» 2,5 »	216	6	15	16	28,0
Твердотянутая медная					
диам. 4,0 *мм*	550	0,6	6	*	1,5
» 3,0 »	315	0,6	6	*	2,51
» 2,5 »	210	0,6	6	*	3,7
» 2,0 »	135	0,6	6	*	5,8
Алюминиевая					
диам. 4,0 *мм* . . .	360	35	4	10	2,7
Бронзовая I					
диам. 4,0 *мм*	635	1	9	—	1,66
» 3,0 »	370	1	9	—	2,96
» 2,5 »	255	1	9	—	4,26
» 2,0 »	165	1	9	—	6,64
Бронзовая II					
диам. 4,0 *мм*	755	1	9	—	2,2
» 3,0 »	438	1	9	—	3,9
» 2,5 »	315	1	9	—	5,7
» 2,0 »	208	1	9	—	8,8
» 1,5 »	125	1	9	—	15,7
» 1,2 »	80	1	9	—	24,0
» 1,0 »	56	1	9	—	35,0
Бронзовая III					
диам. 4,0 *мм*	865	1	9	—	4,32
» 3,0 »	515	1	9	—	7,9
» 2,5 »	364	1	9	—	11,3
» 2,0 »	235	1	9	—	17,7

* Заменяется двумя навертываниями и одним развертыванием.

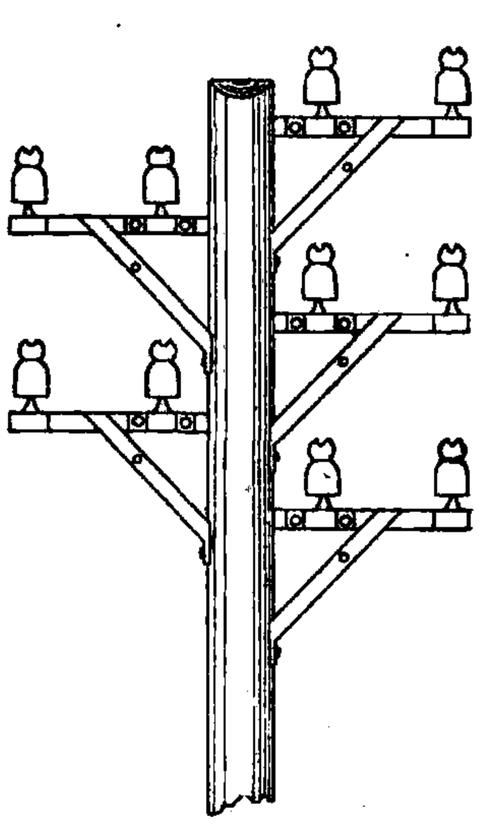
И з о л я т о р ы. Для изолирования провода воздушной линии от земли в точках прикрепления его к неподвижным опорам применяются по преимуществу фарфоровые изоляторы колокольного типа, принятые почти во всех странах с частичными изменениями в форме и в размерах в каждой. В СССР для воздушных Л. с. применяются четыре типа фарфоровых двухюбочных изоляторов (см. *Изоляторы электрические*). В последнее время в виду большого брака фарфоровых изоляторов из-за несовершенства глазури НКПиТ по просьбе промышленности допустил этот брак к приемке под названием «изоляторы марки Д» при условии сохранения норм сопротивления изоляции. Применение стеклянных изоляторов, широко распространенных в Америке, задерживается в СССР выработкою такого состава стекла, которое бы выдерживало термическое испытание нагрева до 40° с последующим охлаждением водой в 10°, так как если фарфоровые изоляторы страдают от боя их, то стеклянные изоляторы, применявшиеся в СССР, сами лопаются. Вопросом о введении в практику СССР стеклянных изоляторов усиленно занимается ВЭО и возможно, что частичное применение их на второстепенных воздушных линиях найдет себе место в ближайшем будущем. Кроме описанных изоляторов при устройстве воздушных линий связи на так называемых воздушных переходах применяются мачтовые изоляторы и шпанкопфы, в которых изоляторы накрываются чугунным колпаком, заливаемым расплавленною серою. На мачтовых изоляторах провод свободно лежит на вращающемся ролике, а на шпанкопфах, которые устанавливаются на подмачтовых столбах, провод заклинивается наглухо специальными клиньями или же эксцентриками. Изоляторы обыкновенно насаживаются или на железные крюки, ввинчиваемые в деревянные столбы, или на железные штыри, укрепляемые на траверсах или же на специальных кронштейнах (ревизионных, вводных, мостовых и т. п.). Перед насадкой изоляторов конец крюка или штыря предварительно обматывается небольшим куском смолен. пакли, вследствие чего получается механически весьма прочное соединение изолятора с крюком или штырем. Расположение проводов на столбах при малом числе проводов применяется шахматное (фиг. 1), при большом числе проводов—параллельное (фиг. 2). При значительном числе проводов последние размещаются на деревянных или железных траверсах, располагаемых на столбах на взаимных расстояниях 60÷40 *см*. Наиболее употребительные траверсы—на 2 и 4 штыря (фиг. 3 и 4). Длинные траверсы усиливаются обыкновенно подкосами или же скрепляются друг с другом лирами из полосового или углового железа. Поперечное сечение траверс обусловливается числом проводов и величиной пролета между столбами. Деревянные траверсы изготовляются обычно из дуба и лишь при

отсутствии его — из лиственницы, березы, бука или других твердых пород. Деревянные траверсы подвергаются пропитыванию противогнилостными средствами, как креозот и т. п.



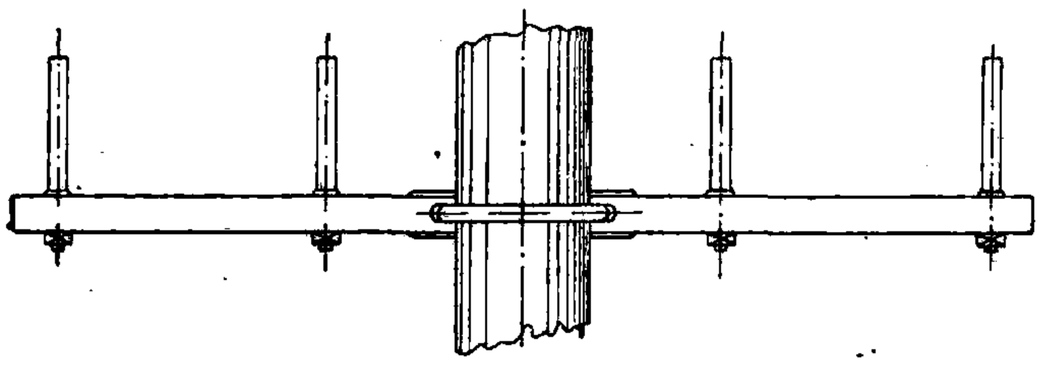
Фиг. 1.

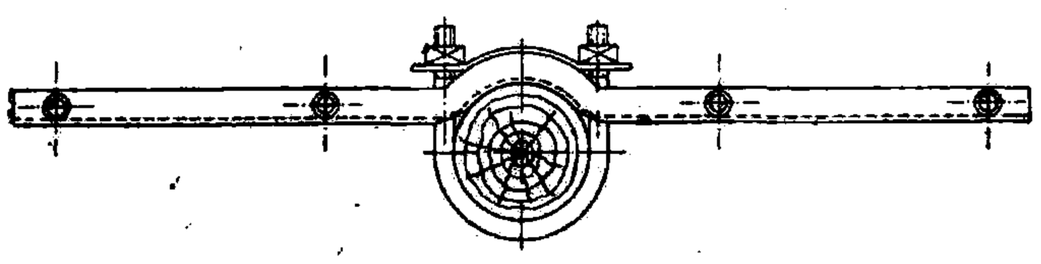
Фиг. 2.



Фиг. 3.

О п о р ы. Опорами проводов воздушных Л. с. обычно служат столбы, устанавливаемые в грунт; в больших городах воздушные провода часто укрепляются на стойках, установленных на крышах зданий, в тун-





Фиг. 4.

нелях же и на мостах провода прикрепляются к особым кронштейнам. Опорами воздушных линий в СССР являются преимущественно деревянные столбы (из дуба, сосны и лиственницы и в редких случаях из пихты, ели и даже тополя). За границей и в больших городах применяются железные столбы из фасонного и котельного железа и железобетонные столбы, находящие в СССР лишь частичное применение. Размеры столбов определяются по их длине и по диаметру верхнего отруба и приведены в табл. 3.

Табл. 3.—Размеры деревянных столбов воздушных линий.

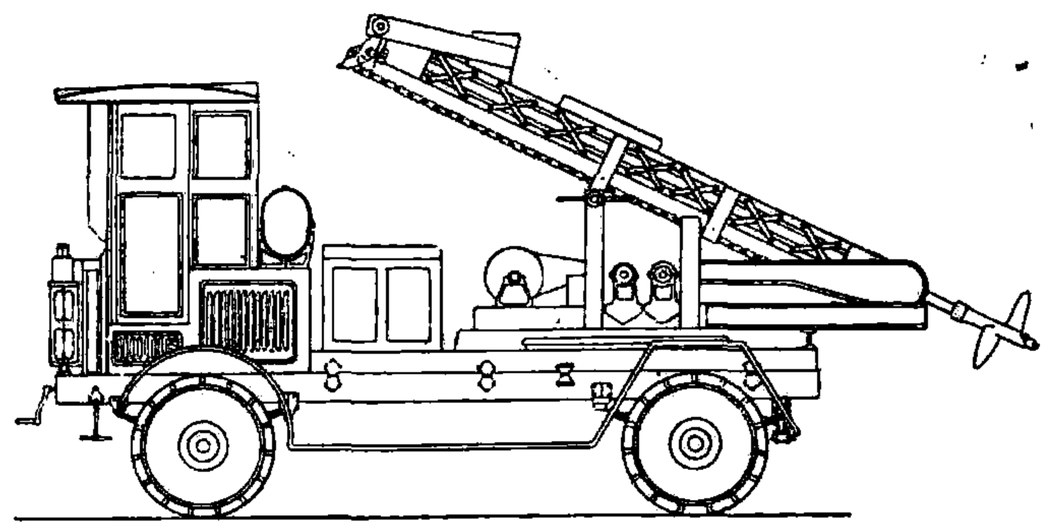
Число проводов		1—4	5—8	9—12	13—18	19—24
Длина столбов в *м* . . .		7,5	8,5	10,5	13	15
Диаметр верхнего отруба в *см*	дуб .	14	16	18	20	22
	сосна и др.	16	18	20	22	24

Деревянные столбы д. б. непременно зимней рубки, выделанные по возможности от корня молодых деревьев и во всяком случае из нижних двух третей здоровых (не сухостойных) деревьев хорошего качества, мелкослойных, без каких бы то ни было пороков и заболеваний, по возможности прямые и круглого сечения. Кривизна допускается лишь в одной плоскости не свыше 2% для дубовых и 1% для прочих пород леса. Столбы д. б. совершенно очищены от коры, луба и сучьев, но отеска их для выпрямления не допускается. Внизу столбы опиливаются перпендикулярно к оси, а в вершине затесываются на два ската по высоте 10 *см* с оставлением конька (гребня), шириной 3 *см* по направлению наибольшего диаметра. Отступления в размерах верхнего отруба допускаются не свыше 0,5 *см* от приведенных в табл. 3 значений. При приемке деревянные столбы, удовлетворяющие вышеприведенным технич. условиям, клеймятся особыми металлич. клеймами с двумя последними цифрами года заготовки (например 29), накладываемыми против конька столба на таком расстоянии от комля столба, чтобы по установке столба в грунт клеймо приходилось на расстоянии 2 *м* от поверхности земли. В грунтах средней плотности столбы закапываются обычно на $^1/_5$ своей длины, в грунтах скалистых глубина закопки уменьшается на 0,5 *м*. В табл. 4 приведены глубины закопки столбов и места наложения клейм на столбах при их приемке.

Табл. 4.—Закопка и клеймение столбов воздушных линий.

Длина столба в *м*	Глубина закопки в *м*		Расстояние в *м* клейма от комля столба	
	в грунте средней плотности	в скалистом грунте	для среднего грунта	для скалистого грунта
7,5	1,5	1	3,5	3
8,5	1,7	1,2	3,7	3,2
10,5	2	1,5	4	3,5
13	2,15	1,6	4,15	3,6
15	2,25	1,75	4,25	3,75

В последнее время как рытье ям, так и установка столбов механизированы и производятся с помощью специального приспособления, устанавливаемого на тракторе (фиг. 5).



Фиг. 5.

На основании опытных данных можно считать, что при использовании машины только для рытья ям средняя затрата времени на бурение одной ямы, включая и переход к последующей яме (при 20 ямах на 1 *км* линии), выражается в 4 *м*, что дает до 130 ям за 8-часовой рабочий день. Если же машина используется для рытья ям с одновременной установкой столбов, то за 8-часовой рабочий

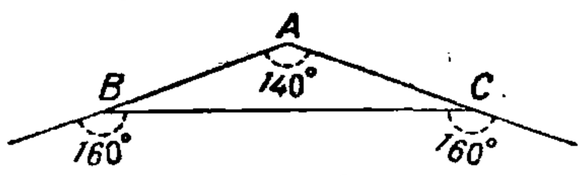
день может быть установлено до 100 столбов при двух рабочих.

При устройстве воздушных линий столбы устанавливаются строго вертикально и по прямой линии, предварительно разбиваемой на местности. Взаимные расстояния между столбами (пролеты) определяются числом подвешиваемых проводов (табл. 5).

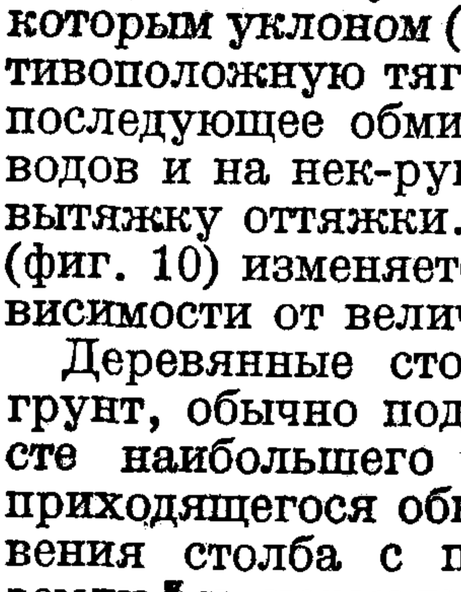
Табл. 5.—Пролеты между столбами воздушных линий.

Число проводов на линии	1—2	3—8	9—20	свыше 20
Число столбов на 1 *км* линии	12,5	16	20	25
Величина пролетов в *м*	80	60	50	40

Указанные в табл. 5 пролеты соблюдаются лишь по возможности, т. к. обстоятельства местности не допускают строгого их соблюдения. Кроме того на поворотах линии для уменьшения горизонтальной нагрузки угловых столбов, создаваемой натяжением проводов, смежные с угловым столбом пролеты уменьшаются тем больше, чем меньше угол. На полевых линиях не допускаются углы A острее 145° и заменяются двумя более тупыми углами B и C (фиг. 6). Исключение допускается только для городских воздушных линий, где предельным углом является прямой угол. Линейные столбы снабжаются дополнительными укреплениями (подпорами, подкосами, лежнями, турами и т. п.) лишь в местностях, подверженных разрушительному действию гололеда, или же в болотистых грунтах, угловые же столбы обязательно имеют дополнительные укрепления или устраиваются сложной конструкции, сдвоенными по всей длине под углом (Азовые, фиг. 7) и параллельно (Н-образные, фиг. 8) и изредка даже строенными («тройники», фиг. 9). Чаще всего угловые столбы укрепляются подпорами (фиг. 10), и только в случае невозможности установки подпоры (напр. если она придется на середине улицы, шоссе, дороги и т. п.) укрепление подпорою заменяется укреплением оттяжкою (фиг. 11), нижний конец которой прикрепляется к зарытому в землю «якорю». При установке достаточно высокого якоря (фиг. 12) оттяжка может пересекать улицу, дорогу и т. п., не препятствуя свободному по ним движению. В отличие от линейных столбов, устанавливаемых совершенно вертикально, угловые столбы устанавливаются всегда с некоторым уклоном («запасом») в сторону, противоположную тяге проводов, с расчетом на последующее обминание грунта тягою проводов и на нек-рую осадку подпоры или на вытяжку оттяжки. Величина этого запаса a (фиг. 10) изменяется от 0,25 до 0,75 *м* в зависимости от величины угла и рода грунта.

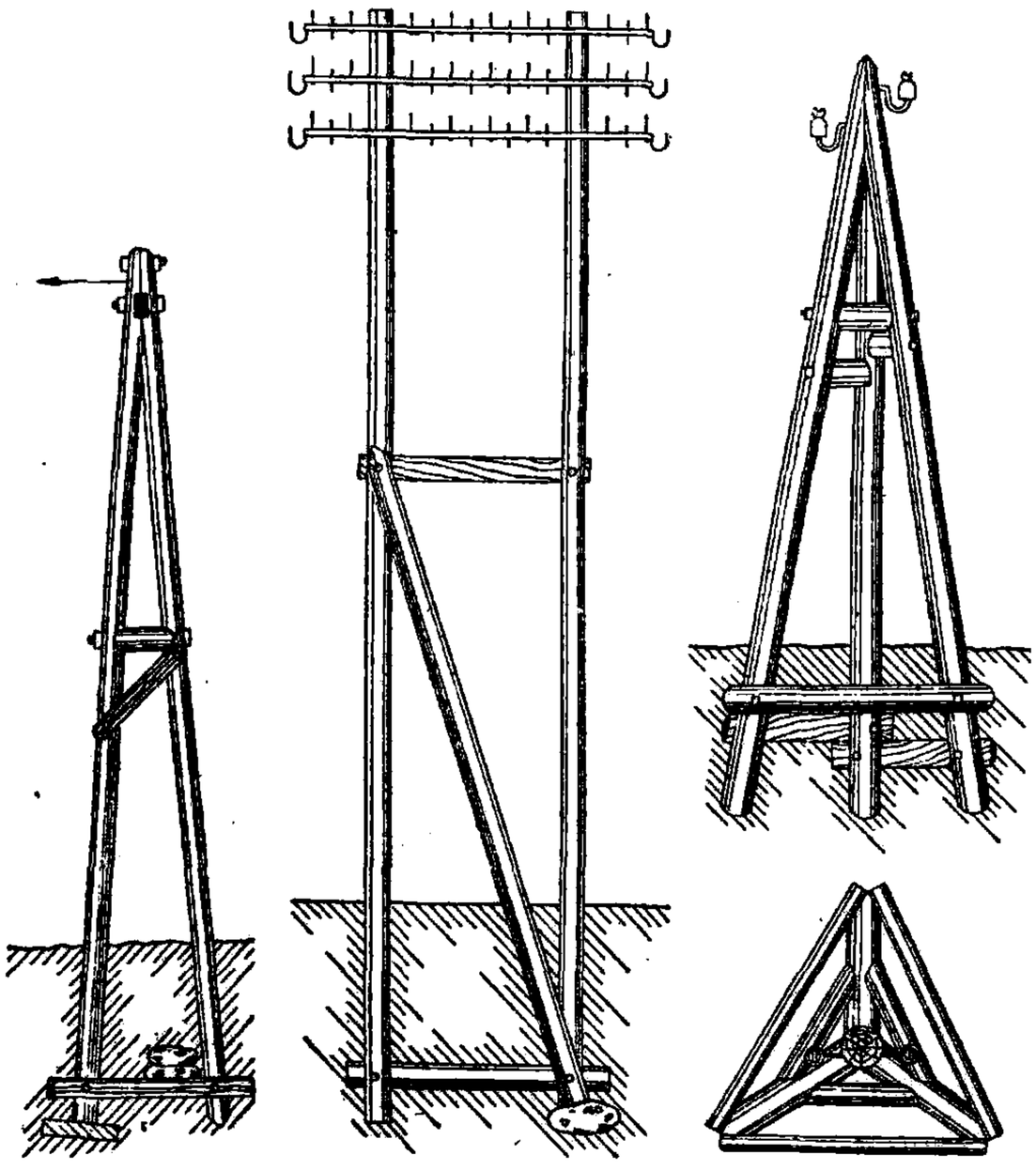


Фиг. 6.



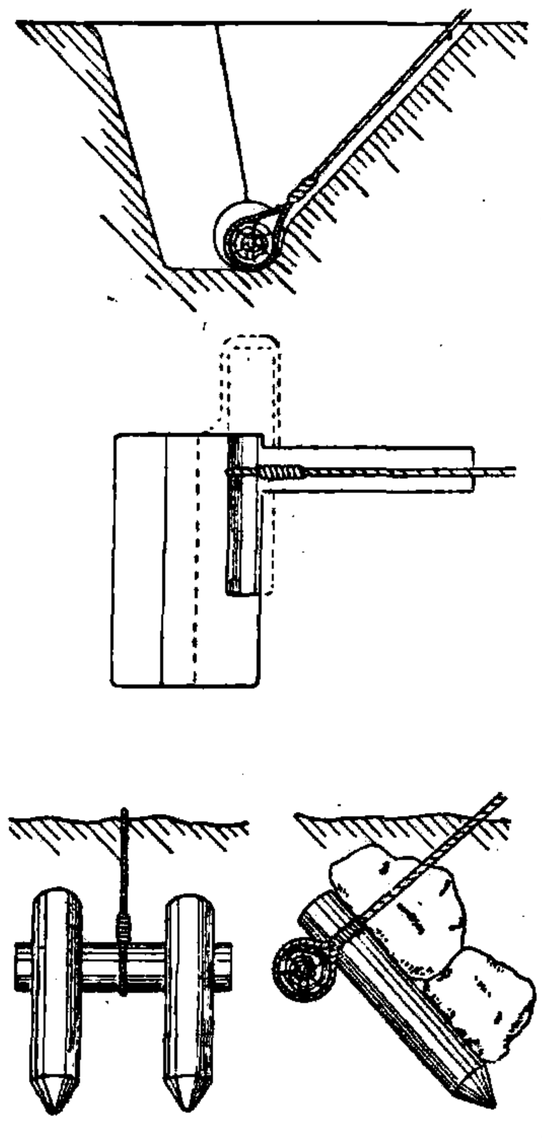
Фиг. 10.

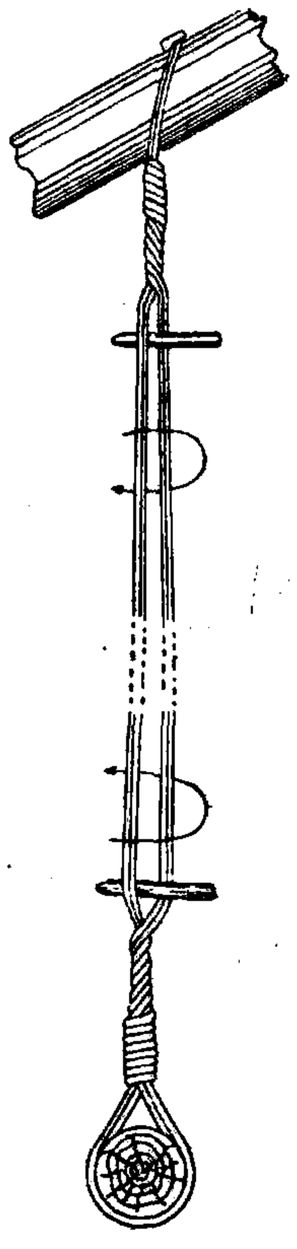
Деревянные столбы, устанавливаемые в грунт, обычно подвергаются гниению в месте наибольшего напряжения материала, приходящегося обычно на зону соприкосновения столба с поверхностью земли, и нормальным сроком службы для сосновых столбов считается 7—9 лет и для дубовых 9—12 лет. Однако в зависимости от климатическ. и почвенных условий эти сроки сильно изменяются, напр. на линии, проходящей вблизи Аральского озера-моря, имеются столбы заготовки 1869 г., т. е. стоящие свыше 60 лет. Возрастающая с каждым годом стоимость древесины заставила обратиться к приме-


Фиг. 7.

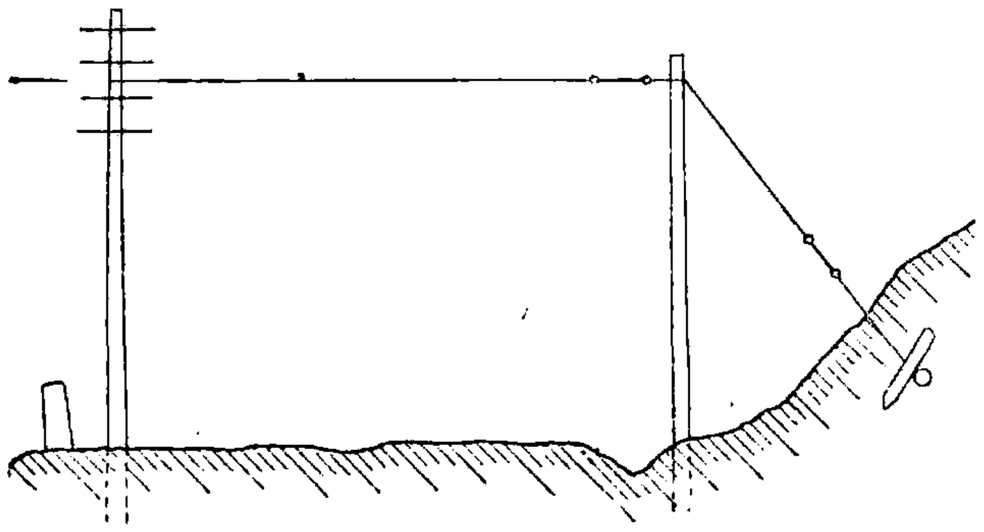
Фиг. 8.

Фиг. 9.


Фиг. 11.



нению пропитывания столбов противогнилостными веществами (см. *Дерево*, консервация Д.). Стремление продлить срок службы деревянных столбов заставило кроме пропитывания прибегнуть к применению искусственных оснований для них, как то: деревянных консервированных («стандартножка» в Германии), железных и железобетонных (Швейцария и Америка). НКПС для



Фиг. 12.

этой цели использует старые рельсы, и почти уже все воздушные линии НКПС переведены на рельсовые основания. Это же стремление заставило ведомство связи применить рельсовые основания для деревянных столбов воздушных Л. с. в Средней Азии еще в 70-х годах XIX в., а в 1929 г. даже частично перейти на железные трубчатые столбы.

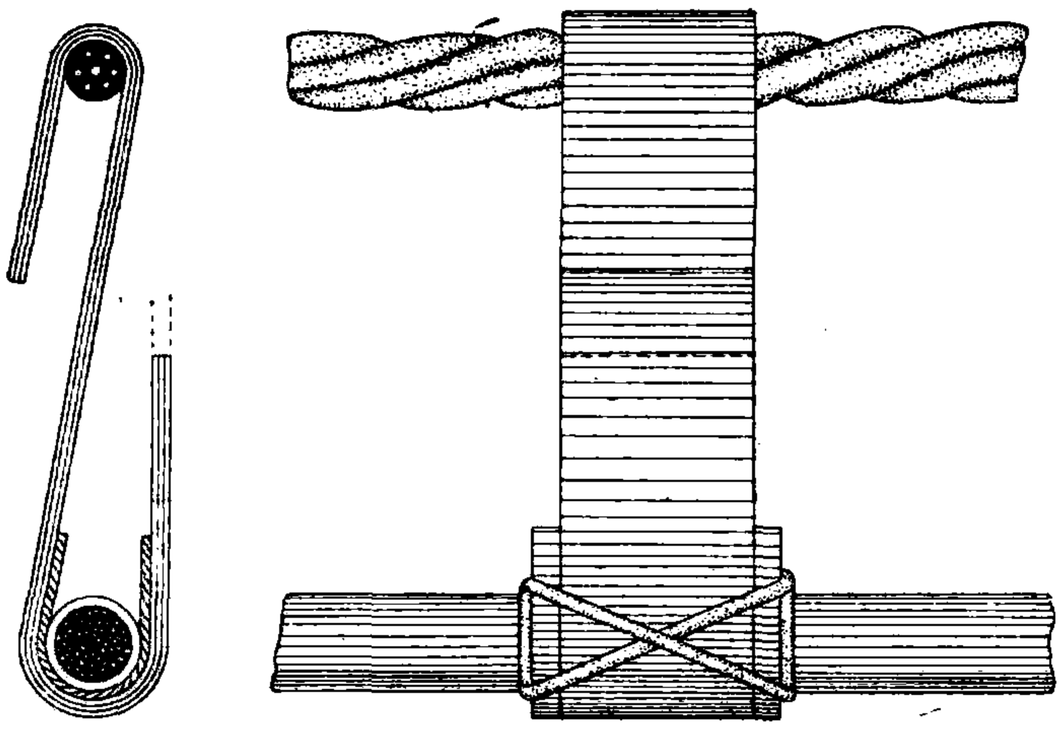
Б. Подземные Л. с. Подземные линии связи являются прототипом Л. с. и ведут свое начало с 1816 г. Первоначальное развитие их было приостановлено появлением, с одной стороны, более дешевых воздушных линий, а с другой—отсутствием подходящего материала для надежного изолирования металлического провода в земле. С открытием гуттаперчи и с применением ее в качестве изолирующей оболочки жилы кабелей подземные линии стали технически вполне надежными и начали завоевывать определенное место в среде Л. с. Быстрое вздорожание гуттаперчи ограничивало первое время применение подземных линий только теми областями, где устройство воздушных линий представлялось невозможным, ненадежным или нежелательным. В первую очередь это были Л. с. военного значения, прокладываемые на театре военных действий, затем Л. с. через затопляемые местности и наконец городские линии в больших городах с сильно развитым уличным движением. Последовательная замена дорогостоящей гуттаперчи каучуком (резиною), джутом и пропитанною бумагою для изоляции жилы кабеля, неизменно изготовлявшейся из чисто медной проволоки, не могла все же обеспечить надлежащего развития подземных линий до применения заводом Фельтон и Гильом в качестве изолирующей оболочки бумажной ленты с воздушною прослойкой. С появлением кабелей с бумажно-воздушной изоляцией начинается эра подземных Л. с., обещающая в недалеком будущем заменить подземными линиями все воздушные магистральные Л. с.

В. Подводные Л. с. Небольшие водные пространства, встречаемые на пути устройства воздушных Л. с., обычно перекрываются воздушными переходами, устраиваемыми на соответствующей высоты мачтах с применением стального провода или канатика и особых мачтовых изоляторов, о чем было упомянуто выше при описании воздушных Л. с. Значительные же водные пространства, как широкие судоходные реки, большие озера, моря и океаны, перекрываются подводными Л. с., ведущими свое начало со времен применения гуттаперчи в качестве изолирующей оболочки жил подводных кабелей. Как общее правило морские кабели не соединяются с воздушными линиями и все пространство от берега до станции проходится подземным кабелем, речные же кабели обыкновенно с обеих сторон присоединяются к воздушным линиям. Такие присоединения обычно делаются на кабельных столбах, в кабельных ящиках, шкафах, будках и изредка в кабельных домиках. Наиболее существенной частью этих соединений являются приборы, ограждающие жилы кабеля от повреждений их грозовыми разрядами или токами высокого напряжения. Кроме того для предупреждения возможности механич. повреждений подводных кабелей на берегах в местах выхода кабеля из воды ставят створные сигналы желтых дисков с крестообразными черными полосами, на которых в темное время зажигают фонари с оранжевыми стеклами; за границей вместо дисков ставят ромбовидные щиты, выкрашенные пополам в белый и красный цвет, с надписью «Telegraph». В Ленинграде можно видеть надписи на набережных у мостов через р. Неву и ее рукава: «не бросать якорей», «кабель» и т. п. Для наблюдения за сохранностью кабелей обычно в местах кабельных переходов содержатся специальные сторожа, на обязанности которых лежит следить за сохранностью кабельного перехода, за исправным состоянием оградительных и защитных приспособлений, а равно и за исполнением судовладельцами мер предосторожности при плавании в зонах, огражденных сигнальными приспособлениями. Для прокладки и последующего исправления случайных повреждений подводных кабелей в большинстве стран, располагающих морскими кабелями, имеются специальные кабельные суда, названия которых запечатлены в истории развития международных связей. Таковы: «Great Eastern», «Goliaph», «Faraday» и др.

Устройство воздушных и подземных кабельных линий. Подвеска воздушных кабелей. Воздушный кабель в виду его значительного веса и небольшой механической прочности подвешивается на тросе, состоящем из стальных проволок, числом 3—7 и диам. 2,2 *мм*. Кабель прикрепляется к тросу при помощи подвесок различной конструкции. На фиг. 13 представлены подвески, сделанные из листового оцинкованного железа толщиной 2 *мм*. Перед подвеской кабеля д. б. произведено испытание целости его свинцовой оболочки путем накачивания углекислоты или воздуха, пропущенного через хлористый кальций. Накачивание производится специальным насосом, причем давление не должно падать в течение 20—30 минут. Подвеска кабеля может быть произведена двумя способами: в первом случае сперва прикрепляют кабель к тросу, а затем посредством блоков поднимают трос

с кабелем и прикрепляют его с помощью специальных зажимов к столбам. Во втором случае сначала подвешивают трос, а потом уже к нему—кабель.

Прокладка кабеля в земле. При прокладке в земле применяется исключительно бронированный кабель. Трасу кабеля надлежит выбирать таким образом, чтобы избежать соседства с кабельными линиями сильного тока и рельсовыми путями



Фиг. 13.

электрич. ж. д.; во всяком случае расстояние между кабелями слабого и сильного тока не д. б. меньше 0,5 *м*; пересечения кабельных линий д. б. по возможности под прямым углом (но не менее 45°), причем вновь прокладываемый кабель должен проходить под существующим уже кабелем. Глубину траншеи делают 0,7—1,0 *м*; в районе города для предохранения оболочки кабеля от разъедания трамвайными токами, а также на участках с твердым грунтом и в тех местах, где можно ожидать химических воздействий почвы, на дно траншеи рекомендуется насыпать песок слоем до 10—15 *см*. Рытье траншеи можно производить как вручную, так и с помощью специальной машины. Необходимо отметить, что камни, даже довольно значительной величины, не препятствуют работе машины; если же встречаются корни больших деревьев, то их нужно обрубать. Поверх проложенного кабеля насыпают слой просеянной земли (10—15 *см*) и затем укладывают ряд бетонных брикетов или кирпичей для защиты кабеля от механич. повреждений. Через мосты и под путями ж.-д. кабель надо прокладывать в железных или чугунных трубах, причем эти трубы д. б. изолированы от земли керамикой или фиброй для устранения разъедания оболочки кабеля от действия блуждающих токов. Глубина траншей имеет значение не только в смысле защиты кабеля от механических повреждений, но также влияет на электрич. свойства кабеля в зависимости от изменения температуры.

Влияние $t°$ на электрические свойства кабеля. Для омического сопротивления R_T проводника при температуре $T°$ имеем:

$$R_T = R_0 (1 + \alpha_0 T) = R_m [1 + \alpha_m (T - m)],$$

где R_0 и α_0—омич. сопротивление и $t°$-ный коэф. при 0°, R_m и α_m—те же величины при $t° = m°$, откуда

$$\alpha_m = \frac{\alpha_0}{1 + \alpha_0 m}.$$

Принимая 1 000 $\alpha_0 = 4{,}265$, получим наприм. 1 000 $\alpha_{20} = 3{,}93$. Омич. сопротивление проводников диам. 0,9 и 1,4 *мм* при различных $t°$ имеет следующие значения (в Ω):

$t°$	−30	−20	−10	0	10	20	30
0,9 *мм*	45,57	47,80	50,03	52,26	54,49	56,72	58,95
1,4 *мм*	18,83	19,76	20,68	21,60	22,52	23,44	24,36

Емкость между жилами кабеля увеличивается при увеличении $t°$. Увеличение емкости составляет 0,1% на 1°. Емкости в μF для диаметров проводников 0,9 и 1,4 *мм* для различных $t°$ имеют следующие значения:

$t°$	0,9 *мм*	1,4 *мм*
−30	0,03199	0,03390
−20	0,03233	0,03426
−10	0,03266	0,03461
0	0,03300	0,03497
10	0,03300	0,03532
20	0,03367	0,03568
30	0,03400	0,03603

Проводимость изоляции для переменного тока тональных частот, как показывают измерения (для кабелей с воздушно-бумажной изоляцией), постепенно падает до 90° и затем быстро увеличивается. Зависимость проводимости изоляции в μ мо от $t°$ для $\omega = 5\,000$ видна из следующих данных:

$t°$	−30	−20	−10	0	10	20	30
μ мо	1,0	0,9	0,82	0,75	0,68	0,62	0,57

Влиянием $t°$ на коэф. самоиндукции (индуктивность) можно пренебречь.

Влияние температуры на электрич. свойства пупиновских катушек. Омическое сопротивление пупиновских катушек состоит из омич. сопротивления постоянному току и омич. сопротивления переменному току. Катушки, применяемые для нормальной пупинизации (Р-20, Р-19, Р-07), характеризуются следующими данными:

Тип катушки	Самоиндукция в Н	Омич. сопротивление постоян. току при 20° в Ω
Р-20	0,20	15,8
Р-19	0,19	10,8
Р-07	0,07	5,4

Зависимость сопротивления постоянному току в Ω от $t°$ следующая:

$t°$	Р-20	Р-19	Р-07
−30	12,7	8,68	4,34
−20	13,22	9,10	4,55
−10	13,94	9,53	4,76
0	14,56	9,95	4,98
10	15,6	10,38	5,19
20	15,8	10,80	5,40
30	16,42	11,22	5,61

Сопротивление переменному току в Ω в зависимости от частоты дано в таблице:

ω	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000	7 000	8 000
Р-20	0,39	0,82	1,28	1,78	2,32	2,89	3,51	4,16
Р-19	0,37	0,78	1,21	1,69	2,20	2,75	3,34	3,95
Р-07	0,13	0,28	0,43	0,58	0,75	0,92	1,06	1,30

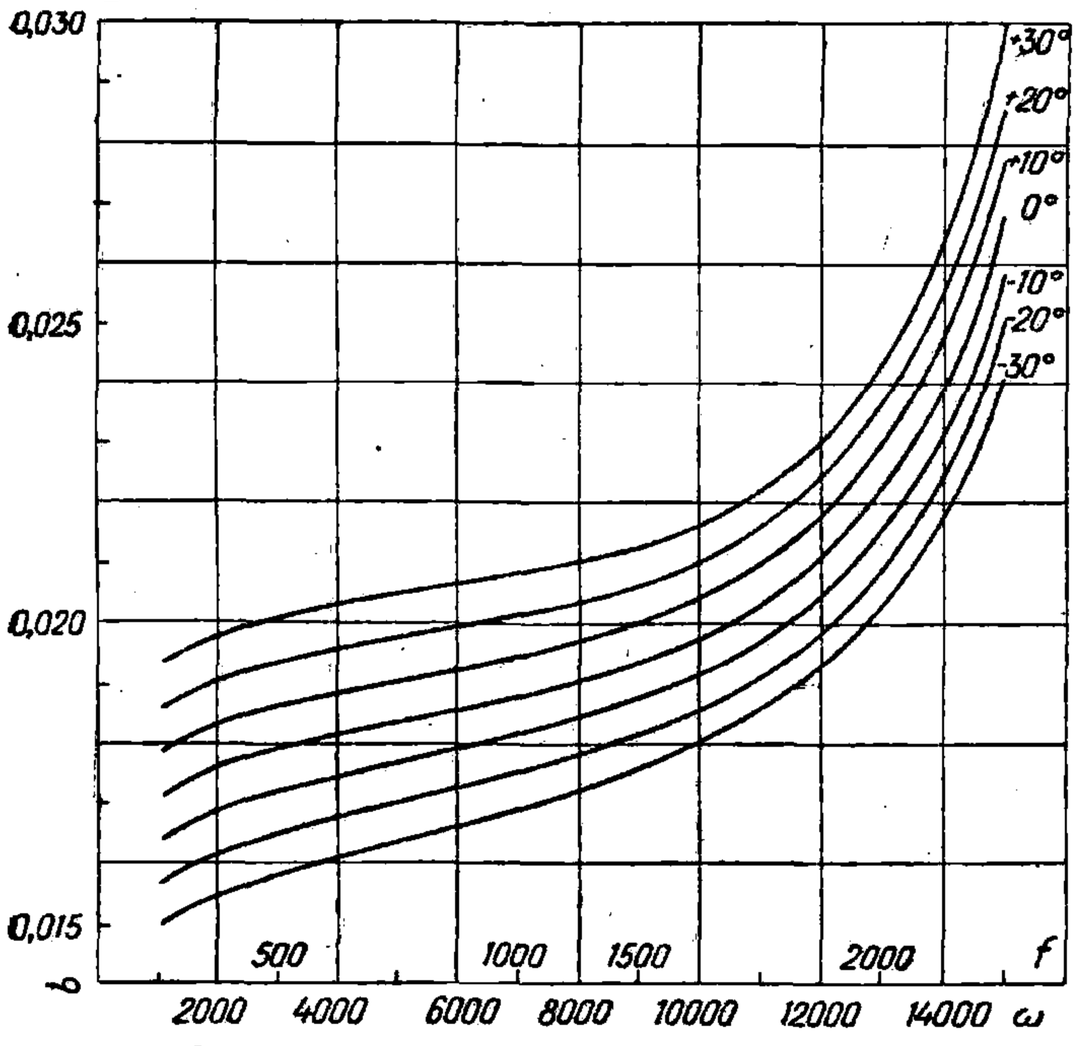
Коэф. самоиндукции катушек увеличивается вместе с увеличением $t°$, что видно из следующей таблицы:

$t°$	Р-20	Р-19	Р-07
−30	0,193	0,1834	0,06755
−20	0,1944	0,1847	0,06804
−10	0,1958	0,1860	0,06853
0	0,1972	0,1873	0,06902
10	0,1986	0,1887	0,06951
20	0,2000	0,1900	0,07000
30	0,2014	0,1913	0,07049

На основании приведенных данных произведены вычисления зависимости собственной частоты волнового сопротивления и ки-

лометрич. затухания пупинизированной кабельной линии в зависимости от изменения темп-ры (для основных двухпроводных линий с проводниками диам. 0,9 и 1,4 *мм*).

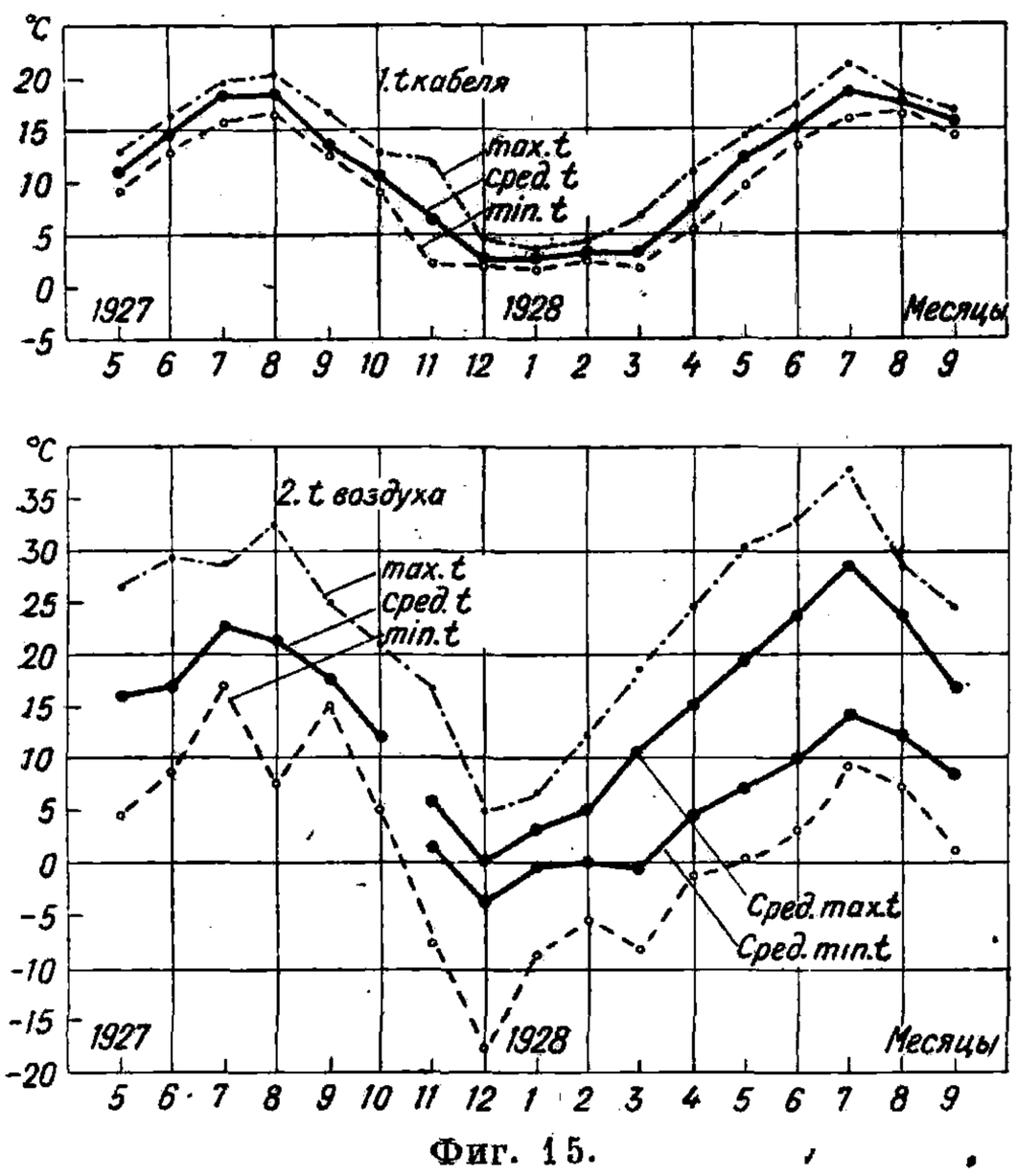
Зависимость километрич. затухания кабельной линии с жилами 0,9 *мм* от $t°$ дана на фиг. 14; изменение $t°$ в течение года —



Фиг. 14.

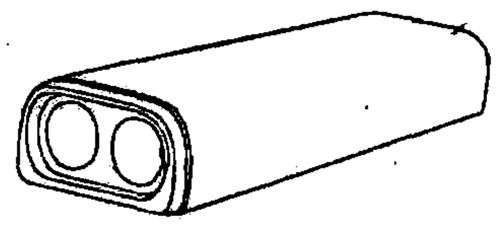
на фиг. 15. Для средних разговорных частот можно принять, что километрич. затухание пупинизированного кабеля увеличивается на 0,5% на 1°.

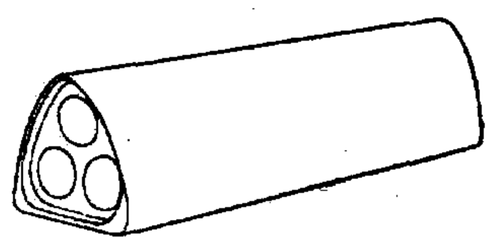
Прокладка кабеля в канализации. Наиболее употребительным типом кабельной канализации являются бетонные глыбы, которые делаются в виде

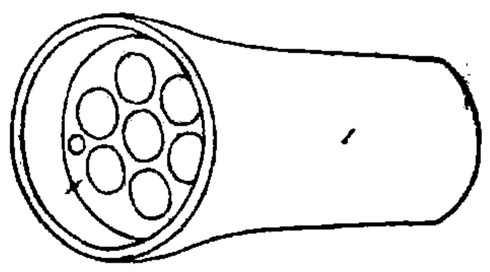


Фиг. 15.

цилиндра или параллелепипеда с соответствующим числом отверстий (фиг. 16). Устройство канализации — см. *Сети* телефонные городские. Испытав целость свинцовой оболочки, барабан с кабелем устанавливают на стойках у края колодца. На конце кабеля надевается чулок (фиг. 17), с помощью которого соединяется кабель со стальным тросом, служащим для протягивания кабеля; протягивание кабеля производится лебедкой. Между чулком и тросом помещается щетка для очистки отверстия канализации. Стальной трос для протягивания кабеля д. б. рассчитан так, чтобы при внезапных толчках во время протягивания он не разрывался. Обычно разрывное усилие троса не должно быть меньше 4 000 *кг*. Стальн. трос вводится в отверстие канализации с помощью разборных штанг (фиг. 18). Рабочая сила при протягивании кабеля распределяется след. образом: 1 рабочий, наблюдающий за правильным сматыванием кабеля с барабана, 5 рабочих для вращения барабана с кабелем, 6 рабочих для вращения лебедки и 1 механик, наблюдающий за всей работой. Ручную лебедку постепенно вытесняет механическая (фиг. 19, где *a*—двигатель, *b*, *c*, *d*—валы зубчатой передачи, *k*—цепная передача, *l*—рычаг для включения шестерни барабана, *p*—вал барабана, *r*—колодковый тормоз, *s*—тормозной рычаг, *u*—рычаг соединительной муфты), что объясняется гл. обр. экономич. соображениями. По сообщениям герм. Министерства почт и телеграфов за один 1927 год на работах городской телефонной сети Берлина применение механич. лебедок дало до 53 000 мар. экономии.





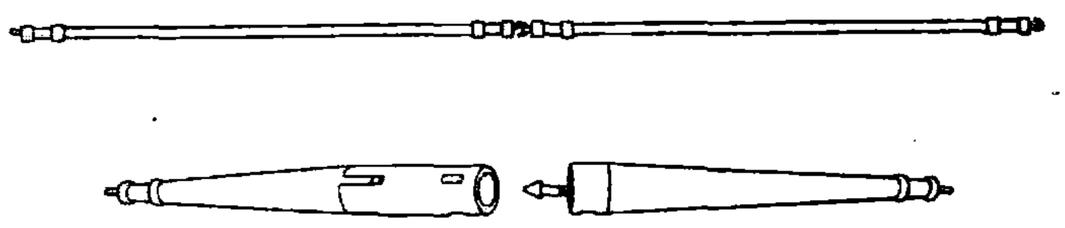


Фиг. 16.



Фиг. 17.

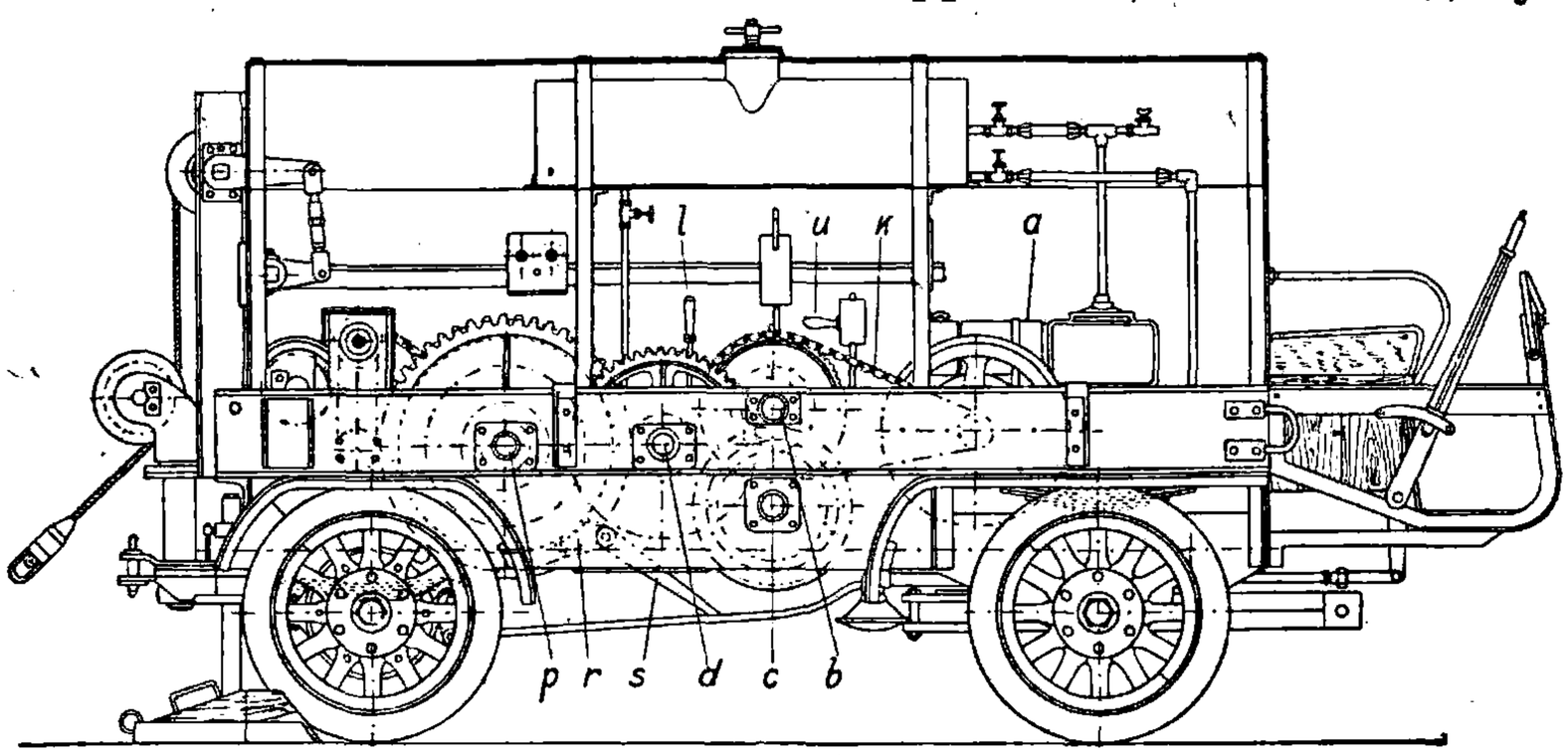
В вопросе о применении бронированного кабеля (для прокладки в земле) или голого свинцового кабеля (для прокладки в канализации) играют большую роль грунтовые



Фиг. 18.

воды, которые в зависимости от местных условий могут проникать в канализацию, отверстия которой представляют собой как бы дренажные устройства. В зависимости от уровня грунтовых вод отверстия канализации то наполняются водой, то вода из них вытекает; вода всегда имеет механич. примеси (песок и т. п.), которые остаются в отверстиях и засоряют их, что служит помехой при протягивании или вытягивании кабеля (при его замене). Кроме того вода может содержать вещества, разъедающие свинцовую оболочку кабеля. Все взятое вместе приводит к тому, что кабельные линии дальнего протяжения прокладываются преимущественно в земле (применяется бронирo-

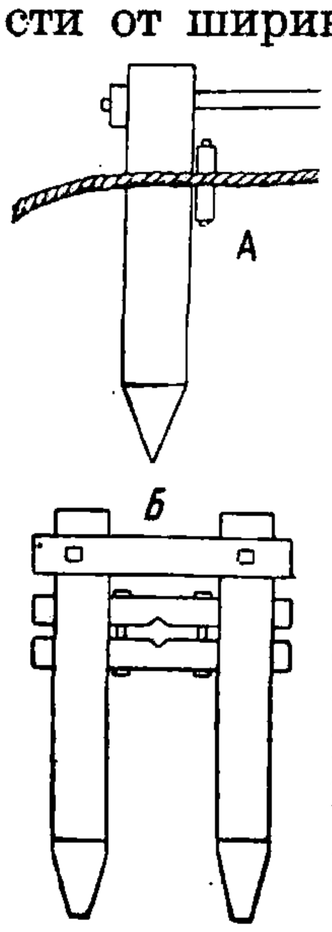
ванный кабель). За последнее время в Америке получила распространение фибровая канализация. Ее основным преимуществом является легкий вес и вытекающая отсюда легкость транспортирования и укладки, а также надежная защита кабеля от коррозии.



Фиг. 19.

Для того чтобы предохранить фибровые каналы на городских участках от механич. повреждений, они заливаются бетоном. Доставка кабеля на место прокладки производится в барабанах. Барабаны разгружаются из жел.-дор. вагонов или на автомобили или на повозки, в которых они подвозятся к месту прокладки, где кабель сматывается с барабана рабочими. Если позволяют условия, то кабель прокладывается непосредственно с ж.-д. платформ.

Прокладка речного кабеля. Для выяснения длины кабеля необходимо предварительно определить профиль дна реки. К найденной длине прибавляют запас. Величина запаса зависит от силы течения реки: при слабом течении достаточно 20%, при быстром—запас делается до 30%. Кроме кабеля, необходимого для прокладки по дну реки, необходимо иметь в виду «береговые» концы, которые прокладываются по заливаемой части берега. В зависимости от ширины реки кабель прокладывается или с лодок или с баржи, на которой устанавливается барабан с кабелем. Барабан снабжается тормозным устройством, к-рым можно в любой момент приостановить спуск кабеля в воду. Сначала начинают прокладку берегового конца, причем баржа становится возможно ближе к берегу. Кабель передают вручную на берег по лодкам, расставленным от баржи до берега. Вытянув кабель, «береговой» конец укладывают в приготовлен. заранее траншею и засыпают землей. Конец кабеля укрепляют специальным приспособлением (фиг. 20, А и Б). После этого приступают к погружению кабеля в воду при движении баржи.



Фиг. 20.

Прокладка морского кабеля. Морской кабель характеризуется так называемым модулем разрыва и модулем погружения. Первый из них, обозначаемый обычно M_r, представляет собой ту предельную глубину погружения кабеля в воду, при которой он разрывается от собственного веса опущенного в воду конца; второй, обозначаемый через M,—ту глубину погружения кабеля, к-рая безопасно допускается при прокладке. Нормально $M = {}^1/_3 M_r$, т. е. при прокладке требуется тройной запас прочности. Модуль разрыва определяется исключительно прочностью брони кабеля и практически не зависит от жил кабеля, изоляции и т. п. Для железной брони, у к-рой разрывное усилие $k_z = 40$ *кг/мм²* и удельный вес в воде $\delta = 6{,}5$,

$$M_r = \frac{40}{6{,}5} = 6 \text{ км},$$

$$M = \frac{1}{3} M_r = 2 \text{ км}.$$

Для больших глубин применяется стальная броня, для к-рой $k_z = 120$ *кг/мм²* и $\delta = 6{,}5$; поэтому

$$M = \frac{1}{3} \cdot \frac{120}{6{,}5} = 6 \text{ км}.$$

В морях, прилегающих к СССР, глубины прокладки достигают 500—600 *м*. При прокладке кабеля необходимо принять во внимание запас кабеля, который выражается разностью между скоростью погружения кабеля и скоростью движения кабельного судна. Этот запас m относится на единицу длины кабеля и выражается ф-лой (в %):

$$m = \frac{Q - v}{v} \cdot 100,$$

где v—скорость судна в узлах, Q—число мин., требуемое для погружения одной морской мили кабеля (1 узел = 30,87 *м/мин*, морская миля = 1 852 *м*). Для прокладки морских кабелей строятся специальные суда, особенностью которых является наличие помещения для кабеля, так называемые тенксы. Размеры тенксов довольно значительны и на большом кабельном судне их можно поместить до шести. При прокладке кабель из тенкса подается направляющими роликами на кабельную машину, оттуда на выпрямляющий ролик и через спусковой блок опускается в море.

Лит.: Лапин Н. П., Устройство кабельных линий связи, М., 1927; его же, Устройство воздушных линий связи, М., 1927; Müllenheim G., Die Verlegung des deutsch-schwedischen Pupin-Seekabels, «Karlswerk-Rundschau», Köln—Mühlhausen, 1927; Die neue Fernkabelverbindung Deutschland—Schweiz, «Europäischer Fernsprechdienst», B., 1928; Müller Ew., Das Fernsprechkabel Deutschland — Schweden, ibid., 1928; Heider R., Die Fernkabelanlage Wien—Budapest, ibid., 1928; Holmgren A., Die Fernsprechverbindung Schweden — Finnland, ibid., 1929; Stegmann F., Das Fernkabel München—Innsbruck, ibid., 1928; «Das Fernkabel», B., 1923; Telegraphenbauordnung, Abschn. 2—3, B., 1921; Krümmel O., Handbuch d. Ozeanographie, 2 Aufl., B. 1—2, Stuttgart, 1907—11; Andrée K., Geologie des Meeresbodens, B. 2, B., 1920; Kunert, Neue Wege für die Instandsetzung von Seekabeln, «Telegraphen- und Fernsprechtechnik», B., 1924. **М. Юрьев.**

ЛИНИЯ ПРОГИБОВ, см. *Графическое определение усилий*.

ЛИНОЛЕУМ, влаго-, тепло- и отчасти звукоизоляционный отделочно-строительн. материал, изготовляемый преимущественно из продуктов окисления льняного масла и

применяемый главн. обр. в качестве настилки для полов и столов, для обивки стен и для лекционных досок.

Свойства Л. По своим свойствам Л. во многом напоминает резину, от которой он однако выгодно отличается весьма медленным процессом старения. Обладая большой упругостью, Л. является материалом, исключительно мало страдающим от износа при трении; так, по Ф. Фритцу, при одинаковых условиях службы износ дуба составляет 8%, гранитных плит—4,4%, а линолеума—только 1,6%. Точно также Л. отличается значительной звукопоглощающей способностью, и коэфициент затухания составляет, по Сабину, 12 (для числа колебаний 512). Теплопроводность Л. незначительна. Данные относительно удельн. веса и теплопроводности см. *Спр. ТЭ*, т. III, Теплоизоляционные материалы. Прочность на разрыв (до образования трещин) хорошего Л. при ширине полоски в 1 *см* характеризуется данными разрывающего усилия: 24,2 *кг* в направлении основы и 13,4 *кг* в направлении утка. Коэфициент трения характеризуется тангенсом угла наклона, при к-ром начинается скольжение при нормальном давлении 1 *кг/см*^{2}; для сухой и шершавой кожи эта величина равна 0,83, а для влажной—0,99. Поглощение воды изменчиво и характеризуется следующими данными:

Время намокания	24 ч.	48 ч.	360 ч.
Поглощенная вода	2—8%	3,26%	7,37%

Так. образом Л. отличается сравнительно малой способностью поглощать влагу. Он хорошо выдерживает мытье, достаточно стоек в отношении кислот, но щелочами повреждается; в случаях, когда возможно воздействие щелочей, необходимо применение Л. специальных видов. Л. замечателен своим бактерицидным действием, указанным впервые Л. Биттером; подобное действие оказывают только высыхающие масла, тогда как невысыхающие, вроде оливкового, сохраняют в себе патогенные бактерии живыми.

Производство Л. заключается в нанесении на прочную ткань из толстых нитей (главн. обр. джутовую) и укреплении на ней каландрированием специального теста из пробковой муки и так называемого линолеумного цемента (смеси линоксина, или окисленного льняного масла, со смолой); производство распадается на следующие операции: 1) окисление льняного масла; 2) производство линоксина; 3) производство линолеумного цемента; 4) размалывание пробки; 5) смешивание пробковой муки с цементом; 6) нанесение массы на ткань, служащую основанием линолеума; 7) каландрирование; 8) просушка продукта и нанесение узоров на готовый Л. В зависимости от обработки и вида поверхности различают одноцветный Л.—так наз. уни-Л.; гранит-Л.—с рисунком, подобным поверхности гранита или других каменных пород; муарель-Л.—с жилковатыми разводами; инлед-Л.—составленный из разноцветных линолеумных масс; тисненый Л.—с выпуклыми узорами, имитирующими резьбу по дереву или по слоновой кости, тейлоровский (см. *Вальтоновы масла*) и др.

Добротность продукции в линолеумном производстве зависит преимущественно от качества линолеумного цемента; процесс обработки льняного масла для получения этого цемента еще не вполне ясен, и проведение его нуждается в большой тщательности. Предложено много различных способов обработки льняного масла. Процесс, первоначально предложенный Ф. Вальтоном, с нек-рыми видоизменениями применяется и в настоящее время (см. *Вальтоновы масла*). Получаемый при этом светлый продукт отличается высоким качеством, однако образование слоя линоксина на полотнах (крапивных) идет медленно и за 4 месяца толщина его нарастает лишь на 2 *см*. Кроме того при этом процессе образуются в больших количествах уксусная и муравьиная кислоты, углекислота и другие продукты окисления, так что требуется хорошее проветривание оксидационных камер. Выход линоксина изменяется с временем года—в сухие зимние месяцы он гораздо больше, чем во влажные летние. Наконец длительность производственного процесса ведет к задержке в производстве больших количеств масла. Все эти неудобные стороны вальтонова процесса вызвали предложение ряда так назыв. быстрых или ускоренных процессов производства. Название их быстрыми процессами окисления не может впрочем считаться правильным, так как самое окисление здесь происходит не быстрее, чем в вальтоновом процессе, но тонкий слой окисленного масла непосредственно после образования идет в дело, тогда как в вальтоновом процессе он снимается лишь по наращении полного слоя линоксина. Ч. Бедфорд [1] предложил размешивать льняное масло в барабане, обогреваемом паром до $t°$ от 50 до 122°; в присутствии мела и сикативов и при пропускании воздуха за $^1/_2$—$^3/_4$ дня получают твердый продукт окисления. Подобные же процессы предложены Ф. Вальтоном [2] и Э. Пернакоттом [3]. При процессе Пернакотта олифа с 2% глета варится при 250° на голом огне, причем в горячее масло с силой вдувается воздух. Вследствие окисления и полимеризации масло вспенивается и уплотняется; за половину дня оно вполне загустевает, и тогда его разливают в корыта, из к-рых по охлаждении масло вырезают в виде упругих клейких пирогов. Получаемый процессом Пернакотта линоксин характеризуется темной окраской и называется черным маслом (Schwarzöl). Разработаны также и многие другие процессы—Ст. Левиаком [4], А. Генте [5], Фр. Грунером [6], Анонимным обществом «Электричество и озон» [7], Г. Шихтом и А. Эйзенштейном, В. Мейзелем и др. Для проведения процесса окисления существует особый аппарат [8]. Добавка пережженной извести к линолеумной смеси сушит и отверждает Л.; еще сильнее действует магнезия и окись цинка, причем последняя даже в незначительных количествах (напр. как загрязнение литопона) разрушает продукт. Для быстрого просыхания Л. при обработке добавляют вещества, отдающие при умеренных $t°$ кислород (хлорная известь, перекиси). Предложено для получения твердых упругих продуктов окисления вводить в смесь из 100 *кг* льняного масла и 1,5 *кг* уксусной к-ты кислород или озонированный воздух, причем $t°$ не дают подниматься выше 70° [9]. Олифа, переходящая в линоксин, м. б. получена, если в сырое льняное масло добавить твердый продукт окисления льняного масла каким-либо быстродействующим способом [10].

Холстовый линоксин, или т. н. вальтонов линоксин, представляет собою янтарножелтый продукт, при нагревании размягчающийся, но не плавящийся, а на вальцах способный растираться в пушистую слипающуюся массу. Количество поглощенного им кислорода меньше того, которое способно поглотить льняное масло; в противном случае получается продукт слишком сухой для хорошего линолеума. Но вместе с тем эта недоокисленность холстового линоксина делает его недостаточно клейким, для того, чтобы возможна была непосредственная переработка в линолеумную массу посредством разминания с пробковой или древесной мукой и краской, как это возможно при применении черного масла. Поэтому холстовый линоксин требует предварительного обращения в линолеумный цемент посредством сплавления линоксина со смолами. Для этого холстовый линоксин сильными вальцами растирают в светложелтую рыхлую мягкую массу и вносят в расплавлен-

ную смолу, находящуюся в котлах со сферическим дном и двойными стенками, обогреваемых сжатым паром. После хорошего промешивания мешалками в котлы засыпают тонко измолотый каури-копал и обогреваемую массу разминают примерно в течение часа. Полученный линолеумный цемент вальцуют и в горячем виде накладывают (по 20 *кг*) в жестяные ящики, покрытые тонким слоем мела. Для добротности цемента считается выгодным дать ему долго вылежаться. Линолеумная масса получается путем разминания в особых вальцевальных и мешальных машинах этого цемента с пробковой и древесной мукой. Особенные преимущества имеет так называемая колбасная машина «Wurstmacher». Количественные соотношения составных частей зависят от рода вырабатываемого фабриката. В таблице

Состав наиболее употребительных видов линолеума (в вес. ч.).

Составные части	Вид линолеума			
	Одноцветный	Инлеедовый	Гранитовый	Тейловский
Древесная мука	—	25	25	—
Цементирующее вещество	20	23—25	20	15 (черн. масло)
Краска . . .	—	8—15	8—12	—
Охра	10	—	—	3,5
Пробковая мука	25	—	—	25

указаны, по Ульману, обычные соотношения. Для качества фабриката полезна добавка некоторого количества старой линолеумной массы, которую отделяют от ткани и измельчают на вальцах. При добавлении краски к линолеумной массе необходима известная осторожность, так как при процессе производства Л. подвергается нагреву до 150—160°. Пригодны для Л. земляные краски: сиенская земля, умбра, бурая марганцевая, красная железная окись с литопоном или без него, зеленый ультрамарин, сажа, для серых тонов — смеси черного и белого; напротив, черная земля, черная железная и охра — последние для желтого и бурого цветов — непригодны, как краснеющие уже при $t°$ 70—90°. Берлинская лазурь в Л. восстанавливается и белеет, но с течением времени окисляется и вновь получает синий цвет. Для получения муарель-линолеума линолеумную массу спрессовывают с такой же массой, растворенной в бензине, бензоле, ацетоне или скипидаре; по образовавшимся прожилкам жирорастворимые краски проникают внутрь массы и придают ей мраморный рисунок [11].

Понижение горючести Л. достигается добавкой к линолеумной массе углекислого магния, отщепляющего огнегасящую углекислоту при сравнительно низкой $t°$ [12]. Трудногорючий Л. получается из 23 ч. линолеумной массы, 20 ч. древесной или пробковой муки, 2 ч. осажденной кремнекислоты, 8,4 ч. двууглекислой соды, 4,2 ч. естественной магнезии и 6 ч. охры или другой краски, причем джутовое основание предварительно пропитывают раствором из 15 ч. нашатыря, 6 ч. борной кислоты и 3 ч. буры в 100 ч. воды. Другой процесс состоит в добавке к линолеумной массе (из линоксина и 50% смолы и пробки) фосфорной кислоты и фенола или его заменителя [13]. Понижение ломкости Л. достигается предварительным смешением красок со стеариновой кислотой или сплавлением их с кислотами льняного масла, смоляными, масляной и т. д. [14]. Напротив, неосторожное применение окисей тяжелых и щелочноземельных металлов при наличии канифоли может дать твердый и ломкий Л. Предохранением Л. от постарения, выражающегося в ломкости, служит добавка 3% пиридина, хинолина, анилина, диметиланилина и т. д. [15]. Для повышения щелочестойкости применяется китайское древесное масло или смеси с ним [16], а также другие высыхающие масла [17]. Пробку можно заменять различными более дешевыми продуктами: кукурузными початками, остающимися после извлечения семян, кукурузными стеблями и корнями [18], березовой корой, освобожденной от содержащегося в ней спирта бетулина [19], сосновой корой, льняной соломой [20]. Весьма гладкую непористую и не пачкающуюся поверхность получает Л. на рисовой шелухе (85 *кг* муки из шелухи, 7—8 *кг* цемента, 8 *кг* краски), иногда с добавкой пробковой и древесной муки; предлагались также различные растительные, животные и минеральные волокна [21]. Иглы хвойных деревьев, обработанные водяным паром, кислотами или щелочами [22] или же прогретые до 90° и размолотые [23], при смешивании с окисленными высыхающими маслами, смоляным маслом, скипидаром, известью, остатками сухой перегонки масел и жиров и красками и при последующей прессовке дают линолеумоподобный материал, который укрепляют на пропитанной маслом ткани или фанере [24], иногда с добавкой волокон, но без какого-либо отдельного основания [25]. Подобные же настилки выделываются из волокон морской травы, краски и льняного масла с добавкой сикативов — свинцового сахара и извести.

Если линолеум предназначается как материал для классных или рисовальных досок, то к массе добавляют значительные количества аспидной и древесн. муки, кобальтовой синей, парижской синей и ультрамарина [26].

После нанесения линолеумной массы на ткань и каландрирования товар должен подвергаться окончательному окислению, причем воздух сушильных камер д. б. достаточно сух, т. к. влага задерживает окисление. После сушки товар свертывается в рулоны, упаковывается и поступает на склады, где рулоны хранятся стоймя.

Узорный Л. производится путем печатания по нему рисунка—ручного при небольших кусках и машинного при более крупных. Краски для этой цели разводят на лаке и уплотненной олифе, иногда с сикативами и разжижителями. В качестве красителей должны применяться вполне маслостойкие и светостойкие тонкозернистые земли, некоторые искусственные минеральные краски: хромовая и цинковая желтая, парижская голубая, хромовая и цинковая зе-

леные, хромокисная зеленая, виктория зеленая, сажа, а также и некоторые из каменноугольных жирорастворимых красок [27]. Глянец рисунка достигается добавкой к краске небольших количеств тощего янтарного или копалового лака. Оборотная сторона джутовой ткани покрывается краской из пигментов, льняного масла, смолы, сурика, скипидара и его заменителей. В Англии и в Америке применяют менее огнеопасную краску, приготовляемую из 100 вес. ч. воды, 1,7—соды, 20—канифоли, 2,5—жиропота, 65—льняного масла, 0,3—борнокислого марганца, 80—мела, 27,5—английской красной. В новейшее время стараются совсем исключить масло, заменяя его крахмалом, клеем или казеином и отверждая клей добавкой квасцов и двухромовокислого калия.

Подвергаясь трению, Л. с напечатанным по нему рисунком быстро утрачивает его и получает неопрятный вид. Этот недостаток м. б. устранен изготовлением Л., в котором рисунок проходит через всю толщу линолеумного слоя и поэтому держится до конца его существования. Способов производства этого рода Л., так наз. инлед-Л., существует много [28]. В настоящее время чаще всего применяется следующий процесс. На железном столе длиною 15—20 *м* натягивается джутовая ткань. Цветные линолеумные массы изготовляются отдельно и накладываются на ткань через шаблоны. Так, если нужно получить Л. с темносиним фоном и красными прямоугольниками, которые связаны между собой зелеными полосами, то сначала накладывают на джут шаблоны, которые позволяют вырезать красные прямоугольники; отверстия этих шаблонов заполняют красной линолеумной массой. Затем применяют шаблоны, в которых вырезаны соединительные полосы,—их заполняют зеленой линолеумной массой. Наконец идут шаблоны, у которых прямоугольники и полосы закрыты; эти шаблоны заполняют синей линолеумной массой. Когда при помощи этих шаблонов на джут нанесены все краски, джут с свободно лежащей на нем линолеумной массой спрессовывают при помощи гидравлич. пресса, находящегося на конце стола, причем нижнюю платформу пресса нагревают до $t°$ 80°—этим достигается прочное соединение линолеумной массы с джутом. Полученную т. о. полосу Л. натирают парафином и вторично прессуют при помощи гидравлич. пресса со стальною зеркально гладкой нагретой до 120° пластиной; от этого поверхность Л. получает высокий глянец. Линолеум с нестирающимся рисунком выделывается также путем тканья, вязанья или плетенья различно окрашенных нитей и лент, изготовляемых из линолеумной массы, иногда с добавлением веществ, повышающих ее прочность на разрыв; затем полученный товар спрессовывают или каландрируют [29]. Возможен также прием, при котором заготовляется основная пластина из кожеобразного Л. со сквозными узорами, а затем в нее запрессовывается мягкая линолеумная масса [30].

Л. применяется не только для настилки полов, но и для отделки стен и потолков, в качестве влагонепроницаемых обоев. В этих случаях требования в отношении механической прочности м. б. значительно снижены. В соответствии с этим основанием для Л. служит не прочная ткань, а толстая бумага или дешевый картон, изготовленный из старой бумаги, а линолеумная масса наносится сравнительно тонким слоем; на поверхности этого Л., называемого л и н к р у с т о й, отпечатывают цветные рисунки или оттискивают выпуклые узоры, имитирующие резьбу по дереву и по слоновой кости. Выделывают также и различные заменители линкрусты—т. н. текко, метаксин и т. д. Для этого на бумажное основание, иногда предварительно загрунтованное подкрашенным казеиновым раствором, наносят тесто из льняного масла, пробковой муки и красителей; после каландрирования и оттискивания узоров продукт покрывают цветным или бесцветным лаком.

И с п ы т а н и е Л. Приближенный химич. анализ Л. ведется, по Ульцеру и Бадерло, след. обр.: 2 *г* тонко наскобленного теркой Л. нагревают с 25 *см*³ бензола в замкнутой трубке в течение 1 ч. при 150°; содержимое трубки промывают бензолом, фильтруют через взвешенный фильтр, отмывают бензолом и остаток вместе с фильтром сушат при 110° до постоянного веса; остаток, состоящий из органического пробкового вещества и минеральных веществ, после взвешивания сжигают и золу взвешивают—разность дает количество органич. пробкового вещества. Из фильтрата отгоняют бензол, остаток просушивают в токе углекислоты и взвешивают. Этот бензольный экстракт содержит кроме линоксина и смолы еще также растворенное пробковое вещество, так как бензол растворяет круглым числом 4% от веса пробки. Поэтому к найденному весу пробки надо прибавить 4%, как поправку, и столько же вычесть из найденного количества экстракта. Подобным образом д. б. сделана поправка на золу пробки; количество этой золы д. б. вычтено из полного количества золы и присчитано к органич. веществу пробки.

Для отделения линоксина от смолы можно воспользоваться, по А. Грюну, эстеризацией. Вещество обрабатывают 3%-ным спиртовым раствором соляной кислоты, пока все оно не перейдет в раствор; затем раствор разбавляют равным объемом воды, при помощи карбоната делают раствор щелочным, добавляют эфира и подвергают встряхиванию. Смоляные кислоты остаются в виде мыл в водном растворе, а эстеры жирных кислот линоксина и неомыляемые составные части переходят в эфир. После этого посредством омыления и извлечения раствора мыл петролейным эфиром неомыляемые составные части м. б. отделены от жирных кислот линоксина, так что те и другие составные части м. б. исследованы порознь. Зола Л. слагается из золы олифы (сикатив) и золы пробки, землистых красок и некоторого количества наполнителя. Содержание золы сверх 20% делает Л. ломким. Для определения содержания воды в Л. Ингль (Ingle) рекомендует просушивать тонко натертый Л. в водяном сушильном шкафу. Содержание воды д. б. мерой пористости Л.; оно в среднем достигает 2—3% и редко бывает больше.

Более обычны практич. способы испытания—на механич. прочность, гибкость и растяжение. Кроме того д. б. охарактеризован коэф. трения кожи подошвы о Л. в соответствии с нормальной нагрузкой при хождении. По А. Симону, измеряется тангенс угла наклона, при котором нагруженный 50 *кг* кусок кожи в 50 *см*²—один раз сухой и шершавый, другой раз влажный—начинает скользить по Л. Упругость Л. характеризуется степенью восстановления деформированной поверхности Л. и определяется след. обр.: на поверхность Л., наклеенного на деревянную подкладку копаловым лаком, накладывается на 48 ч. нагруженная 20 *кг* железная пластинка, имеющая 20,2 *мм* в стороне квадрата, затем измеряется глубина следа через 1 мин. после снятия нагрузки и через 48 ч.; разность этих двух измерений покажет восстанавливаемость поверхности. У хорошего Л. соответственные числа—0,22 и 0,14 *мм* (разность—0,08 *мм*). Износ линолеума измеряется на квадратном куске размером 50 *см*², нагруженном 30 *кг* и прижатом к вращающемуся диску из литого железа, причем истирание усиливается подсыпаемым наждаком (на каждые 10 оборотов идет 20 *г* наксосского наждака № 3); для хорошего линолеума потеря веса при 100 оборотах достигает 2,1 *г*. Испытание на поглощение воды проводится на куске площадью в 50 *см*² после удаления ткани. Линолеумную массу взвешивают до вымачивания и после него, обжав между листами фильтровальной бумаги. Важное значение имеет также испытание Л. на его отношение к разбавленным кислотам, растворам щелочей и мыл, вообще к различным химическим агентам и в особенности растворителям (скипидару), минеральным краскам и т. д.

У х о д за Л. Л. представляет собою материал весьма долговечный, но требующий определенных условий своей службы, несоблюдение к-рых ведет к порче его. Особенно тщательно должна быть проведена настилка Л. и укрепление его на поверхности. Существует много рецептов специального клея для Л. (в приведенных ниже—числа означают весовые части). 1) Во многих случаях особенно рекомендуется копаловый клей: 275 ч. копала манилы, 460 ч. америк. канифоли, 80 ч. льняной олифы. 2) Для укрепления Л. на массивных полах всякого рода, кроме магнезитовых, пригоден шелла-

ковый лак: 50 ч. шеллака, 100 ч. галипота, 40 ч. спирта. 3) Для укрепления на железе—водные растворы столярного клея, декстрина и рыбьего клея с добавлением густого терпентина или 4) терпентин с канифолью и рапсовым маслом или 5) кумаровая смола с добавлением 20%-ной смеси каменноугольного масла и асфальта. 6) Смесь тяжелого масла, смол и каменноугольного асфальта [31]. 7) Сплавляют 10 частей копала, 55 ч. патоки, 25 ч. смолы; после нек-рого остывания, 5 ч. примола (асфальтового дистиллата) и затем 5 ч. спирта. 8) 50 ч. канифоли, 50—100 ч. копала манилы, 50—70 ч. спирта, 50 ч. галипота (или вместо последнего 40 ч. касторового масла и 40 ч. скипидара или 25—30 ч. кислот льняного масла). 9) 50 ч. копала, 20 ч. смоляного масла, 30 ч. спирта. 10) Мел и льняное масло с добавлением муки из буковой древесины. 11) 25 ч. клея, набухшего в 50 ч. воды, 4 ч. соляной кислоты и раствор из 6 ч. сернокислого цинка в 15 ч. воды; смесь нагревают в течение 1—2 ч. на водяной бане и намазывают как на Л., так и на пол. 12) Линоксин растворяют в смеси из 90 ч. 80%-ного спирта, 6 ч. буры и 4 ч. углекислого магния; этот клей не повреждается влагою и в продолжение долгого времени не теряет склеивающей силы. 13) Для приклеивания линкрусты к загрунтовке масляной краской изготовляют а) густой клейстер из ржаной муки и б) такой же клейстер с добавлением на 12 *л* 250 *г* венецианского терпентина; линкрусту намазывают клейстером без терпентина, а масляно-красочную поверхность—клейстером с терпентином.

Л. можно мыть, но только нейтральными мылами; щелочей, соды и минеральных масел он боится. Мыло для Л. готовится из 95 *кг* масла цейлонского кокоса, 3 *кг* касторового масла и раствора 3 *кг* церезина и 2 *кг* пчелиного воска в 2 *кг* сырого пальмового масла; эта смесь омыляется при 70—75° при помощи 50 *кг* 38°-ной натровой щелочи. Освежение красок Л. достигается промывкой смесью из равных частей молока и воды. Удаление пятен ляписа достигается при помощи раствора цианистого калия, наливаемого на соответственное место Л., окруженное восковым валиком. После промывки Л. необходимо покрывать 1) тонким слоем льняного масла, 2) раствором его в пинолине (см. *Смолы*) или 3) специальными восковыми составами. Один из них, венецол, составляется из 63 частей желтого церезина, расплавленного и растворенного в 108,5 частях тяжелого бензина, разжиженного в 60 частях скипидара и надушенного 3 частями амилацетата; другой состав готовится из 50 ч. желтого воска, 100 ч. карнаубского воска, 450 ч. скипидара и 400 ч. бензина. См. также *Восковые составы*, паркетный и мебельный воск.

Л. в полиграфии употребляется как материал для высокой гравюры (см. *Гравирование*) взамен дерева при несложных видах гравировальных работ и для заполнения больших площадей (планов) при цветной гравюре. Для тонких граверных работ Л. пригоден мало, так как крошится при резании.

Лит.: [1]) Ан. П. 7742/1893; [2]) Ан. П. 7126/1894 и Г. П. 83584; [3]) Ан. П. 2057/1871; [4]) Г. П. 154091/1902 и 229424/1908; [5]) Г. П. 195663; [6]) Г. П. 268647; [7]) Г. П. 273935; [8]) Г. П. 104789; [9]) Г. П. 263656; [10]) Г. П. 229424; [11]) Г. П. 221204; [12]) Г. П. 229056; [13]) Г. П. 286690; [14]) Г. П. 225681; [15]) Г. П. 239289; [16]) Г. П. 180621; [17]) Г. П. 204239; [18]) Г. П. 235258; [19]) Норв. П. 21704; [20]) Ам. П. 965344; [21]) Г. П. 109583; [22]) Г. П. 89538; [23]) Г. П. 97206; [24]) Г. П. 279907; [25]) Г. П. 296650; [26]) Г. П. 225697; [27]) А. П. 19113/1891; [28]) Г. П. 259557, 258787, 259429, 260515, 292700, 271615 и др.; [29]) Г. П. 281866 и 232329; [30]) Г. П. 276804; [31]) Г. П. 140198.

Bauer K. H., Die trocknenden Öle, p. 329—336, Stuttgart, 1928; Fritz F., Sechzig Jahre Linoleumfabrikation, Augsburg, 1925; Fischer H., Geschichte, Eigenschaften und Fabrikation des Linoleums, 2 Auflage, Leipzig, 1924; Scherer R., Die künstlichen Fussboden- und Wandbeläge, Wien—Leipzig, 1922; Andés L. E., Feuersicher-, Geruchslos- und Wasserdichtmassen u. s. w., Wien—Leipzig, 1896; Kaufmann, Anleitung z. Verlegung und Behandlung v. Linoleum, Würzburg, 1902; Schall, «Kunststoffe», München, 1917, p. 41 (патентная литература); Kausch, ibidem, 1914, p. 188 (сводка патентов); Halen S., ibidem, 1920, p. 193 (дополнительн. список патентов); Circular *190* a. *191* of Bureau of Standards U. S. A., Wsh.; Gröber, «Ztschr. f. d. gesamte Kälte-Industrie», Hamburg, 1909, B. 16, p. 94; Gröber, «Z. d. VDI», 1910, B. 54, p. 1319; Burchartz, «Mitteilungen aus d. Kgl. Techn. Versuchsanstalten zu Berlin», Berlin, 1899, Jg. 17, p. 285 (способы испытания); Simon A., «Chemische Umschau», Stuttgart, 1925, p. 275, 308 (способы испытания); Ingle, «J. Ch. I.», 1904, v. 23, p. 1197; Grün A., Analyse d. Fette u. Wachse, sowie d. Erzeugnisse d. Fettindustrie, B. 1, B., 1925.

П. Флоренский.

ЛИНОТИП, строкоотливная наборная машина. См. *Набор* типографский и *Наборные машины*.

ЛИНТЕР, волокна и пух, оставшиеся на хлопковом семени после очистки хлопка-сырца на хлопкоочистительных машинах—*джинах* (см.). Эти волокна и пух отделяют от семени путем пропуска через т. н. линтерные машины, или линтера. Линтерованного волокна получают ~1—1,5% от веса взятого семени. См. *Хлопкопрядение*.

Лит.: Товароведение, под ред. Я. Никитинского и П. Петрова, т. 3, М.—Л., 1924.

ЛИПА, дерево высотой до 25 *м*; растет медленно; теневынослива. Дает обильную поросль от пня. Древесина без ядра, светлая, иногда с слегка коричневатым, красноватым или желтоватым оттенком.

Среди Л., произрастающих в СССР, различают крупнолистную и мелколистную Л. Крупнолистная липа (Tilia grandifolia) растет на Кавказе и на юге Европы. Древесина очень легкая, равномерно плотная, очень мягкая, эластичная, легко колется; прочность и теплотворная способность незначительны; удельный вес воздушносухой древесины 0,32—0,59. Мелколистная липа (Tilia parvifolia) произрастает в Сибири, на Алтае, в Европ. части СССР и в Зап. Европе. Древесина более плотная, более тяжелая, гибкая, более прочная и с большей теплотворной способностью, чем древесина летней Л. Древесина с равномерным строением легко обрабатывается инструментами и легко режется. Уд. в. свежесрубленной древесины 0,58—0,78; уд. вес воздушносухой древесины 0,32—0,60.

Древесина Л. высоко ценится в токарном и столярном деле, идет на резьбу, на кадки, ульи, деревянную посуду, гармоники, сапожные колодки, филенки, фурниры и пр. Твердая кора старых Л. идет на лубки. Липовый луб из деревьев среднего возраста служит для приготовления мочала. Луб

очень молодых Л. дает лыко для плетения кузовов, лаптей и т. д. Теплотворность липовых дров низка (см. *Топливо*). Уголь из Л. идет на рисовальные карандаши (рисовальные угольки) и на приготовление пороха.

Лит.: Арнольд Ф. К., Русский лес, т. 2, ч. 2, СПБ, 1891; Пеньковский В., Деревья и кустарники как разводимые, так и дикорастущие в Европ. России, на Кавказе и в Сибири, Херсон, 1901; Керн Э. Э., Деревья и кустарники, их лесоводственные особенности, использование и техн. применение, Москва—Ленинград, 1925; Турский М., Лесоводство, М., 1915; Kirchner O., Loew E. u. Schröter C., Lebensgeschichte d. Blütenpflanzen Mitteleuropas, Stuttgart, 1913; Wiesner J., Die Rohstoffe d. Pflanzenreiches, 4 Aufl., B. 1—2, Leipzig, 1927—28. **Л. Линде.**

ЛИПАРИТ (третичного и послетретичного возраста) и кварцевые порфиры (дотретичного возраста), излившиеся аналоги глубинных щелочноземельных гранитов, характеризующихся большим содержанием SiO_2 (70—76%), Al_2O_3 (12—15%) и щелочей. Структура Л. порфировая: выделение кристаллическ. кварца, санидина и (в кварцевом порфире) ортоклаза. Темных минералов мало. Основная масса плотная или мелкозернистая; присутствует стекло. Цвет от белого до серого, иногда желтоватый и красноватый. По химич. составу к Л. относятся обсидиан (вулканич. стекло), пехштейн (вулканическое стекло с 10% H_2O), пемза. Л. встречается на о-ве Липари, Кавказе (бештаунит), в Крыму и на Камчатке. Кварцевые порфиры встречаются на Урале, Волыни и в Сибири. Химич. состав липарита (среднее из 64 анализов) и кварцевого порфира (среднее из 50 анализов) приведен ниже.

	Липарит	Кварц. порфир		Липарит	Кварц. порфир
SiO_2 . . .	72,60	72,30	MgO . . .	0,38	0,52
TiO_2 . . .	0,30	0,33	CaO . . .	1,32	1,38
Al_2O_3 . .	13,88	14,77	Na_2O . . .	3,54	2,85
Fe_2O_3 . .	1,43	1,55	K_2O . . .	4,03	4,56
FeO . . .	0,82	1,01	H_2O . . .	1,52	1,09
MnO . . .	0,12	0,09	P_2O_5 . . .	0,06	0,09

Л. употребляется на щебенку, мостильный камень; Л. с плитообразной отдельностью идет как строительный камень. Некоторые липариты, принимающие полировку, идут на поделки. Сопротивление на раздавливание 1 300—1 800 *кг/см²*. Плотность 2,4—2,6. В особенности прочны мелкозернистые разности липарита (кварцевые фельзиты). **П. Топольницкий.**

ЛИСТВЕННИЦА, хвойное дерево 1-го класса, достигающее 30—50 *м* высоты. Светолюбива, нуждается в глубокой, плодородной почве. Древесина с узкой заболонью шириной от 1,5 до 3 *см*, окрашенной в желтоватый или желтовато-беловатый цвет; ядро красновато-бурого или светло-карминно-красного цвета. Летняя древесина годичных колец темного цвета, ясно отграниченная от весенней древесины. Смоляных ходов мало, на-глаз они мало заметны. Среди многочисленных однослойных сердцевинных лучей встречаются и лучи многослойные. Последние содержат по одному центральному смоляному ходу. Трахеиды сердцевинных лучей с гладкими стенками (реже внутренние стенки их с зубчиками).

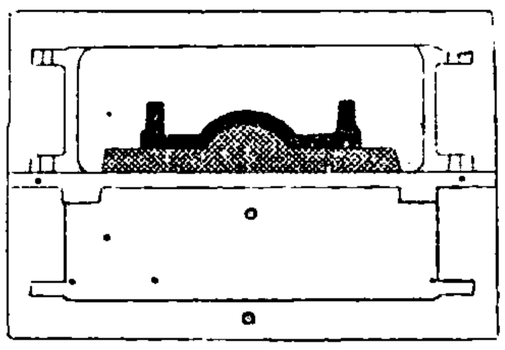
Древесина высоких технич. качеств, хорошо и легко колется, не коробится, эластична и очень плотна. Срок службы на открытом воздухе: в защищенных условиях 90—95 л., в незащищенных условиях 40—85 л. (под водой 80 л.); легко полируется, хороша как топливо. Уд. вес свежесрубленной древесины 0,52—1,00 (Крамарж); удельный вес воздушносухой древесины (10—15% воды) 0,44—0,80; уд. в. древесины, высушенной при 110°, 0,44—0,48 (Визнер). Как строительный материал древесина лиственницы предпочитается всем остальным породам. Ценный поделочный лес в столярном и мебельном производстве (оконные рамы, двери). Употребляется на шпалы, телеграфные столбы, гонт, клепку, а также для гидротехнич. сооружений, так как под водой приобретает твердость камня. Европейская Л. (Larix europea) распространена в Западной Европе на Альпах и Карпатах. Дает лиственничный терпентин и бриансонскую манну. Сибирская лиственница (Larix sibirica) растет в Сибири и на С.-В. Европейской части СССР. Ее древесина по качеству лучше европейской Л.

Лит.: Арнольд Ф. К., Русский лес, т. 2, ч. 2, СПБ, 1891; Пеньковский В., Деревья и кустарники как разводимые, так и дикорастущие в Европ. России, на Кавказе и в Сибири, Херсон, 1901; Керн Э. Э., Деревья и кустарники, их лесоводственные особенности, использование и технич. применение, М.—Л., 1925; Андреев В. Н., Дендрология, ч. 1—Голосемянные, М., 1925; Kirchner O., Loew E. und Schröter C., Lebensgeschichte d. Blütenpflanzen Mitteleuropas, Stg., 1913; Wiesner J., Die Rohstoffe d. Pflanzenreiches, 4 Aufl., B. 1—2, Lpz., 1927—28. **Л. Линде.**

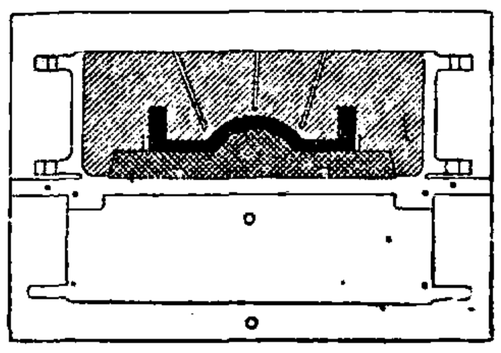
ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, один из технологич. процессов получения изделия заполнением расплавленным металлом заранее приготовленной формы, в к-рой металл отвердевает. Значение Л. п. в машиностроении характеризуется тем, что более 75% по весу всех деталей машин и орудий являются литыми. Изготовление деталей путем отливки является не только простым, а потому и дешевым способом, но часто при очень сложных конструкциях и крупных размерах деталей—и единственным. Литейным процессом можно получить изделия и из таких металлов, которые не обладают способностью коваться. В Л. п. детали машин изготовляются индивидуальным, серийным и в нек-рых случаях массовым порядком. Материалами Л. п. являются: литейные материалы (чугун, сталь, медь и ее сплавы, алюминий и его сплавы и пр.); формовочные материалы (песок, глина и т. п.); вспомогательные материалы: топливо, огнеупорные материалы, флюсы и пр. Основные операции в Л. п. следующие: 1) приготовление формовочн. земли (см. *Формовочные материалы*), 2) изготовление формы (формовка), 3) плавка металла, 4) сборка и заливка формы, 5) освобождение отливки из формы (выбивка), 6) очистка литья (обрубка, очистка и обрезка), 7) термическая обработка (отжиг или полная термическая обработка).

Изготовление форм (формовка). В Л. п. применяются: времен. формы по преимуществу из глины и песка и постоянные металлич. формы, гл. обр. из стали (см. *Формовочные материалы*). Металл во время затвердевания уменьшается в объеме (явление усадки), поэтому форму изготовляют по размерам больше изделия на величину усад-

ки. Явление усадки отражается на прочности отливки, а иногда даже на ее целости, когда например формовочная масса (стержни), окруженная жидким металлом, является слишком прочной и неподатливой, а ме-

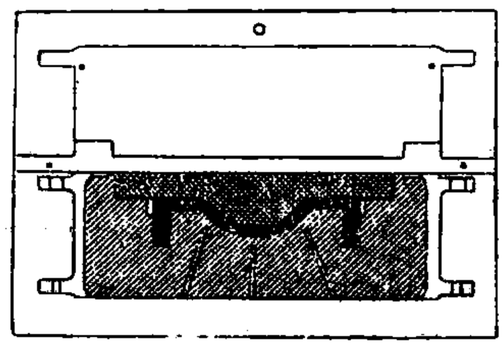


Фиг. 1.

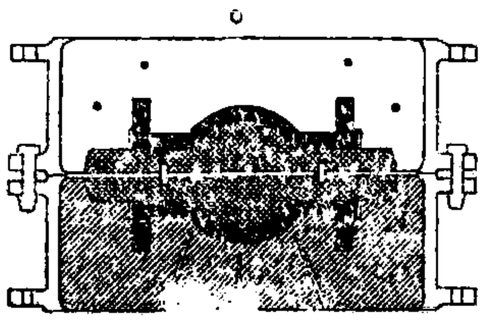


Фиг. 2.

талл отливки застывая сокращается. Поэтому во временных формах формовочная масса д. б. податливой; при постоянных же



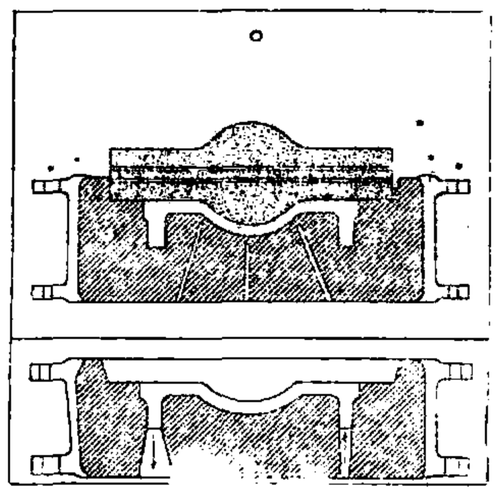
Фиг. 3.



Фиг. 4.

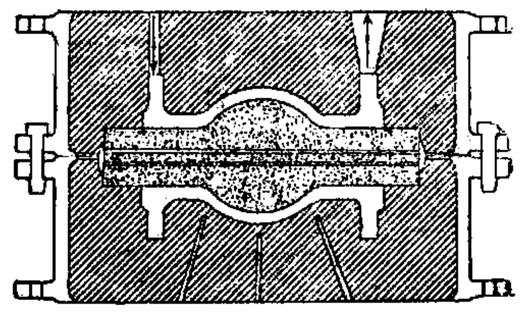
формах необходимо (в зависимости от скорости затвердевания металла) вóвремя выбрасывать из них изделия, что достигается очень точным (по времени) действием соответствующих механизмов.

Фиг. 5.



Фиг. 6.

Постоянные формы получили развитие гл. обр. для отливки цветных металлов, имеющих низкую $t°_{пл.}$, и отчасти для чугуна; для стали постоянные формы применяются редко, т. к. очень трудно (даже для чугуна) подобрать металл, противостоящий многократному нагреванию и охлаждению. Особенно широкое распространение получила отливка в постоянные формы (permanent molds) с металлич. шишками алюминиевых сплавов. К числу постоянных форм можно отнести так наз. долговремен. многократного применения формы (long-life molds), предложенные и запатентованные фирмой Holley Carburettor Co., Detroit. Они изготовляются из очень прочного огнеупорного материала. Вся трудность изготовления этих форм заключается в подыскании соответствующего материала (каолин, магнезия, боксит) и хорошей связи его с чугунной оболочкой. Поверхность огнеупорного слоя можно подправлять пока он не износится, после чего огнеупорный слой наносят снова. В такие формы отливаются чугун и другие металлы (кроме стали). Отбелка чугуна не имеет места, и отливка хорошо обрабатывается.

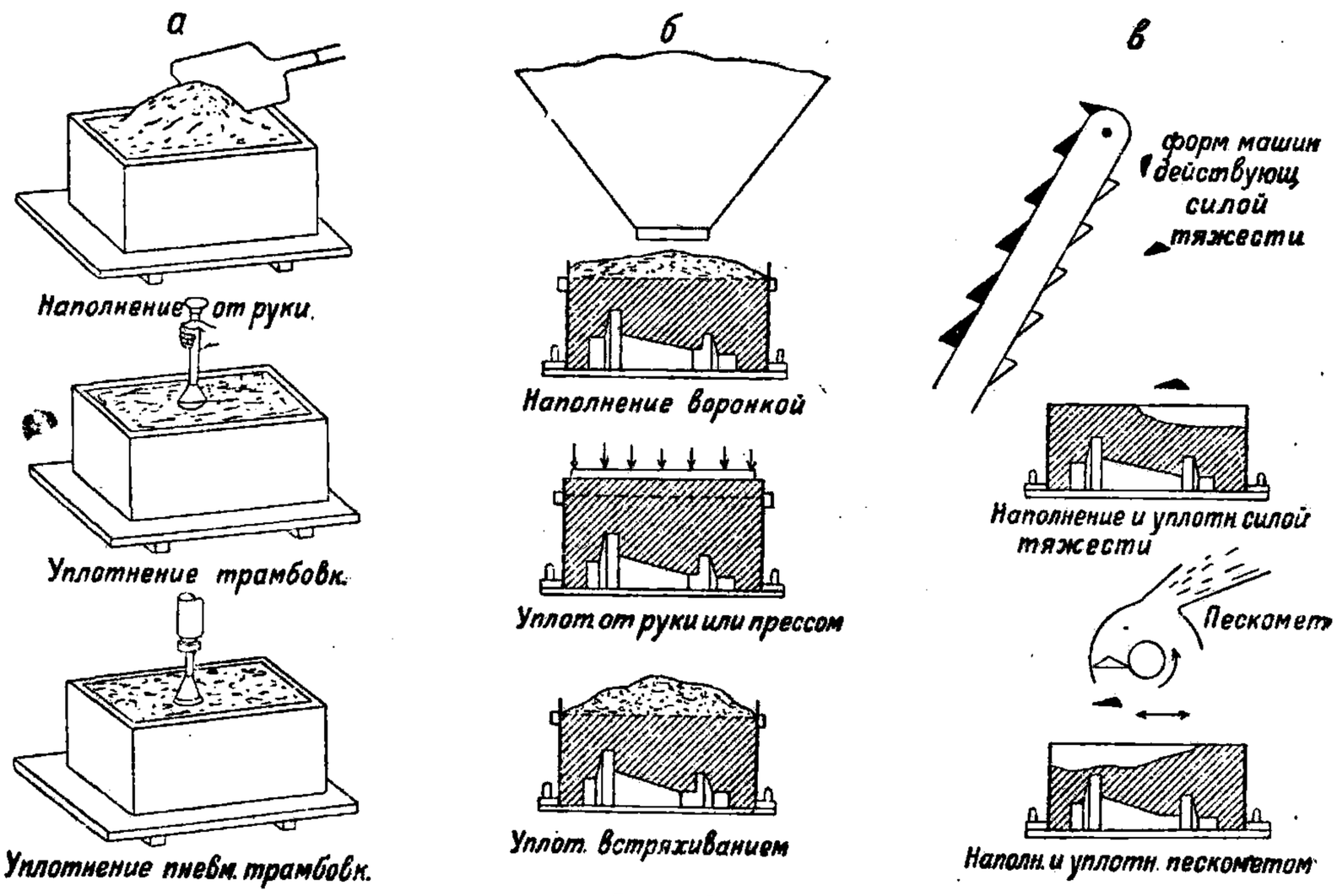


Фиг. 7.

Временные формы изготовляются при помощи моделей (см. *Модельное дело*) или же шаблонов, представляющих собой точную копию отливки (увеличенную на величину усадки), и *опок* (см.)—прямоугольных или квадратных (реже—круглых) ящиков без дна и крышки. Опоки служат для того, чтобы придать прочность формовочному материалу и при формовке обойтись возможно меньшим количеством формовочной земли. Гораздо реже формовка производится в почве без опок или только с одной верхней опокой.

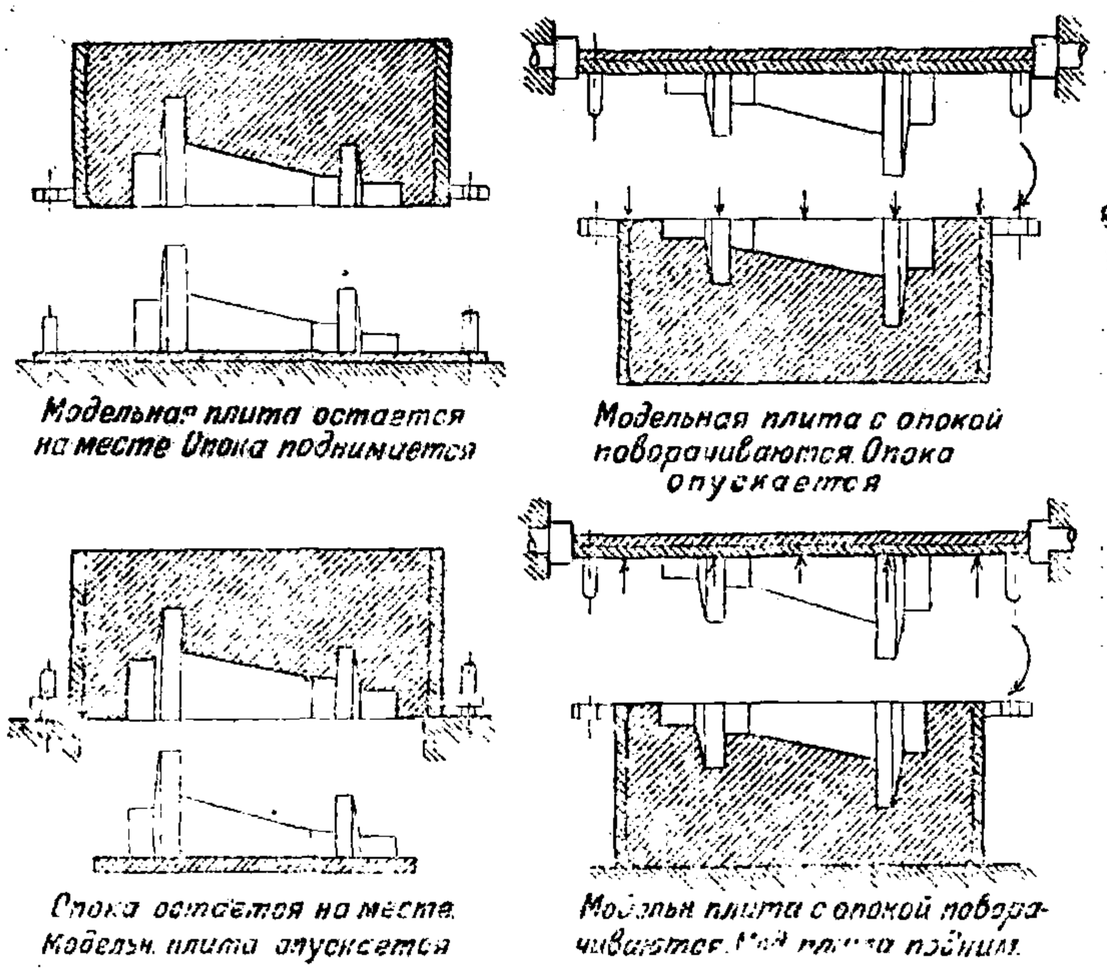
Схематически процесс изготовления форм следующий. 1) Половину модели кладут на подмодельную плиту (фиг. 1). 2) На плиту ставят нижнюю половину опоки и засыпают на несколько *мм* модельной землей (фиг. 2), слегка уплотняемой вокруг модели (в большинстве случаев от руки); после этого в опоку насыпают наполнительную землю (доверху и более), к-рую затем уплотняют б. или м. сильно в зависимости от величины и характера отливки; форму вентилируют (протыкают в нескольких местах шпилькой). 3) Набитую опоку вместе с подмодельной доской перевертывают (фиг. 3); подмодельную доску снимают; поверхность нижней опоки посыпают разделительным песком. 4) На нижнюю половину модели ставят верхнюю половину модели, засыпаемую слоем модельного песка, и верхнюю опоку (фиг. 4), в которую ставят модели литника и выпора (фиг. 5). 5) После уплотнения наполнительной земли опоки разнимают, и из каждой половины удаляют модели. 6) В освобожденную от модели нижнюю форму вставляют стержень (фиг. 6), который готовится отдельно. 7) Нижнюю опоку со стержнем накрывают верхней опокой (фиг. 7); собранные опоки грузят, т. е. на верхнюю опоку кладут груз, чтобы предохранить ее от всплывания при заполнении формы жидким металлом.

Способы наполнения опок формовочным материалом и уплотнения его приведены на фиг. 8. Формовочные машины делятся на три основных типа: прессующие, встряхивающие и пескометы. Каждая формовочная машина снабжена приспособлениями для освобож-



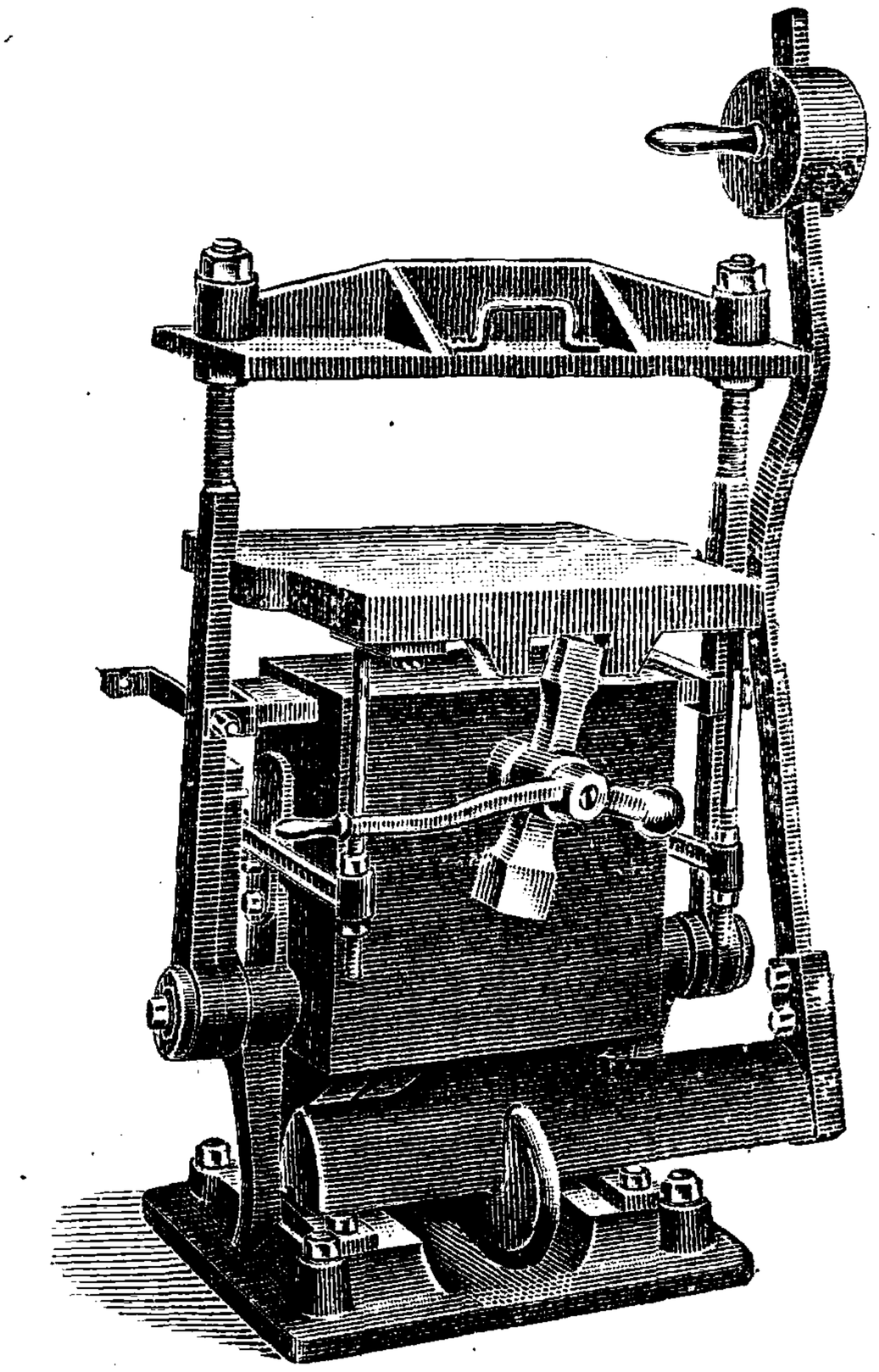
Фиг. 8.

дения модели из опоки. Основные методы освобождения модели из опок показаны на фиг. 9. В соответствии с методами освобож-



Фиг. 9.

дения моделей из опок формовочные машины кроме того делятся на подгруппы: 1) машины с подъемом опок, 2) машины с поворотною плитой и 3) машины с протяжною плитой. На фиг. 10 изображена обыкновенная прессовая (с ручной подпрессовкой снизу) формовочная машина; на фиг. 11 приведен один из новейших типов встряхивающе-прессовых машин системы Никольса, работающих сжатым воздухом. Модельная плита этой машины укрепляется на держателе модели *D*; опока (не показана на схеме) соединяется или с модельной плитой или с рамкой *E*, служащей опорой опоки. Ставят рукоятку вентиля *N* направо. Происходит встряхивание; при этом воздух проходит внутрь поршня *B* под поршень *A*, который несет на себе модельную плиту. Подъем поршня управляется автоматически поднятием окон *F* нижним краем поршня. Через эти окна воздух перетекает в поршень *B* и в атмосферу. Во время встряхивания траверсы *H* с прессующей колодкой стоят над опокой. Затем рукоятку вентиля *N* поворачивают налево. Тогда воздух идет по другому проводу под поршень *B* и поднимает оба поршня с модельной плитой, рамками *D* и *E* и наполненной песком утрясенной опокой и прижимает последнюю к прессовой колодке, чем и достигается уплотнение. Снова поворачивают рукоятку *N* в среднее положение, чем открывают выходное отверстие прессового цилиндра. Оба поршня *A* и *B*, держатель модели *D* с модельной плитой и несущая опоку рама *E* падают вниз, причем кроме прессового поршня *B* направляющими служат круглые штанги *G*. Во время движения штанги *G* останавливаются собачками *C* на известной высоте так, что рама *E* с готовой формой останавливается, тогда как система *B-A-D* с модельной плитой продолжают движение вниз; при этом модель вытаскивается из формы. Откачнувши траверсу с прессовой колодкой, легко снять форму. Для обеспечения точного вертикального движения держателя модели *D* служат четыре направляющих штанги *M* во встряхивающем столе. Штанги *G* в нижнем положении погружаются в масляную ванну, равно как и направляющие *M*, чтобы обеспечить хорошую смазку и спокойное падение рамы *E*, для чего движением ножного рычага вправо поворачивают собачку *C*. На раме *E* можно укрепить протяжн. плиту, на которую уже ставят опоку так, чтобы при высокой с крутыми стенками модели работать по способу протягивания. В обоих случаях вибратор на раме *D* помогает выниманию модели. На фиг. 12 представлена одна из многих конструкций п е с к о м е т а—новейшей формовочной машины, производящей одновременно и наполнение опоки формовочной землей и уплотнение последней действием центробежной силы. Формовочный материал посредством элеватора передается на встряхивающийся жолоб, затем на ленту, которая передает его в головку пескомета; здесь земля подхватывается быстро вращающимся ковшом рабочей головки, который отсекает порцию земли из общего количества и с огромной скоро-

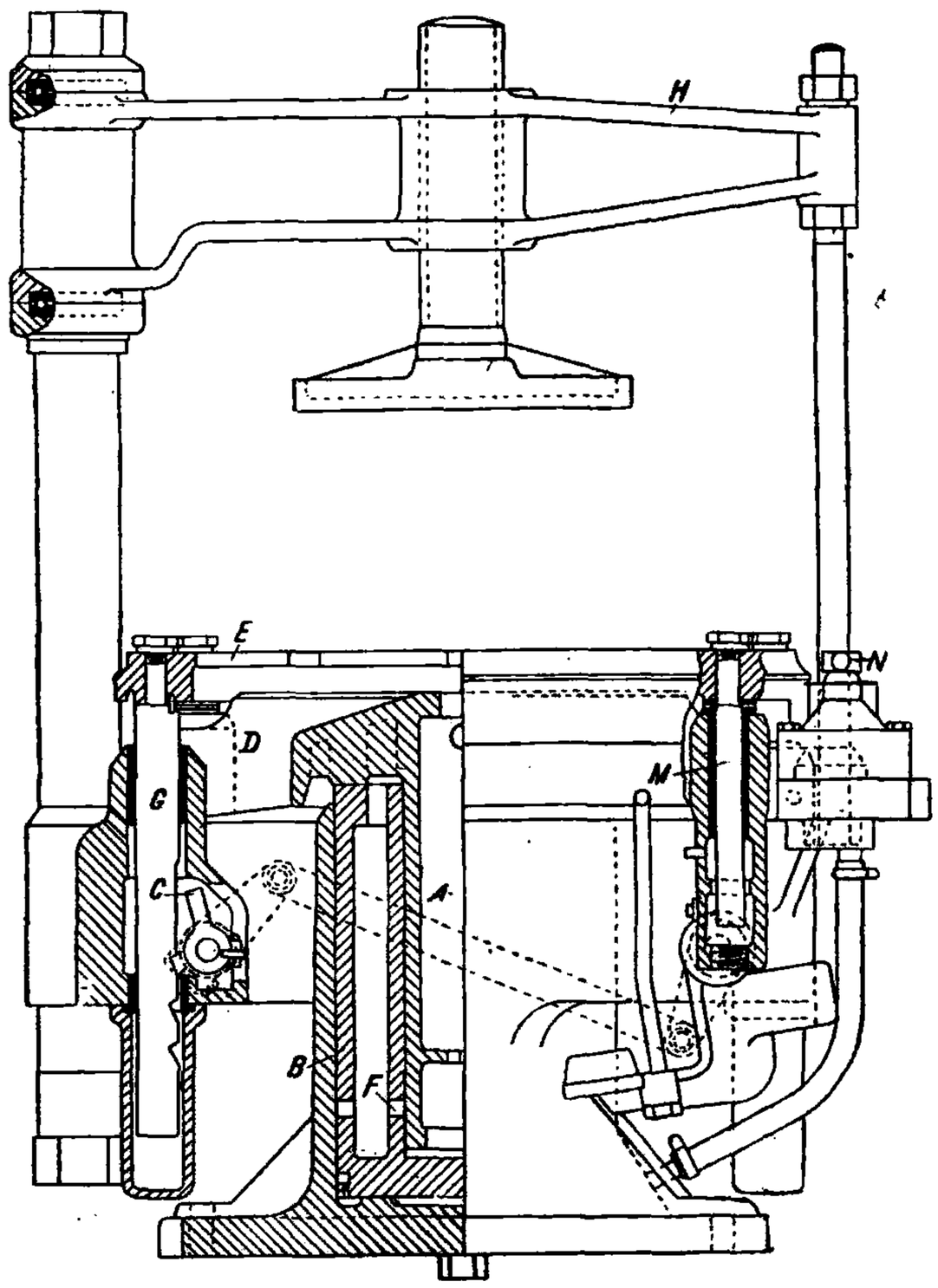


Фиг. 10.

стью (12—18 *м/ск*) направляет землю в опоку, где и происходит уплотнение ее. Главное преимущество пескомета по сравнению

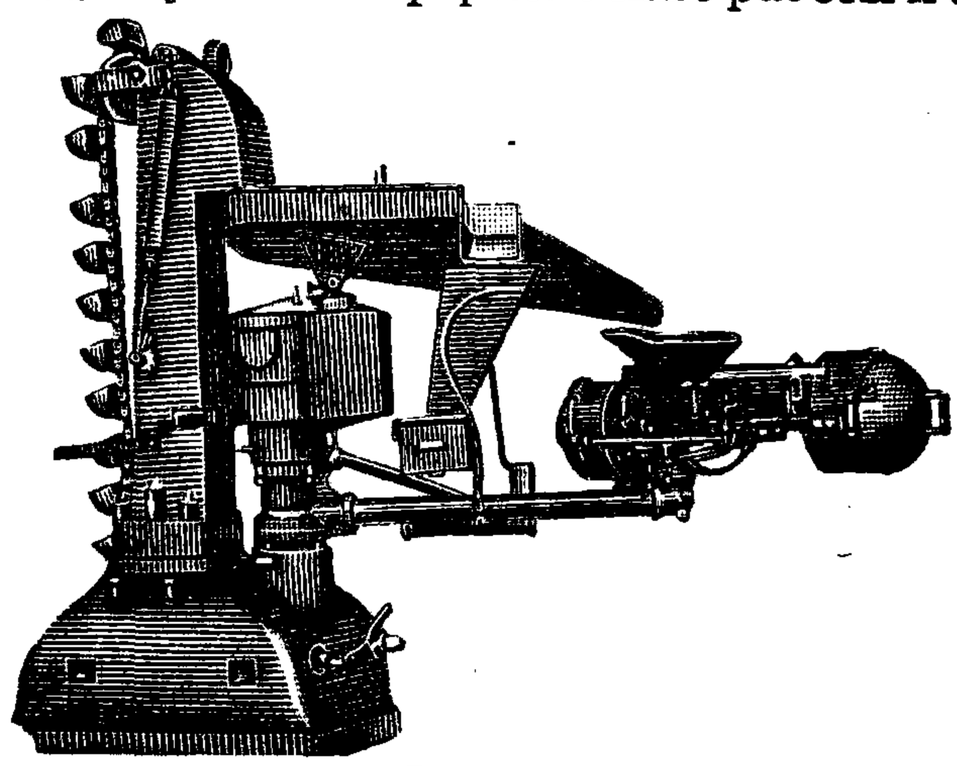
с др. типами формовочных машин заключается в том, что он не связан с определенной величиною опоки, как это имеет место в других формовочных машинах, и потому только пескомет разрешает задачу механизации работ по наполнению опок формовочным материалом и по уплотнению последнего в литейных, где преобладает работа индивидуального характера. Кроме того пескомет обладает чрезвычайно большой производительностью.

Внутренние очертания детали, пустоты и т. п. получаются посредством стержней или шишек, к-рые готовятся отдельно от форм в т. н. стержневых ящиках. Т. к. в процессе заливки шишки в большинстве случаев бывают окружены расплавленным металлом, то вопрос правильной вентиляции их приобретает исключительно важное значение: газопроницаемость шишек д. б. значительно выше, нежели газопроницаемость самой формы. На фиг. 13 дан чертеж стержня (половинка стержневого ящика). Чтобы увеличить газопроницаемость стержня, внутри



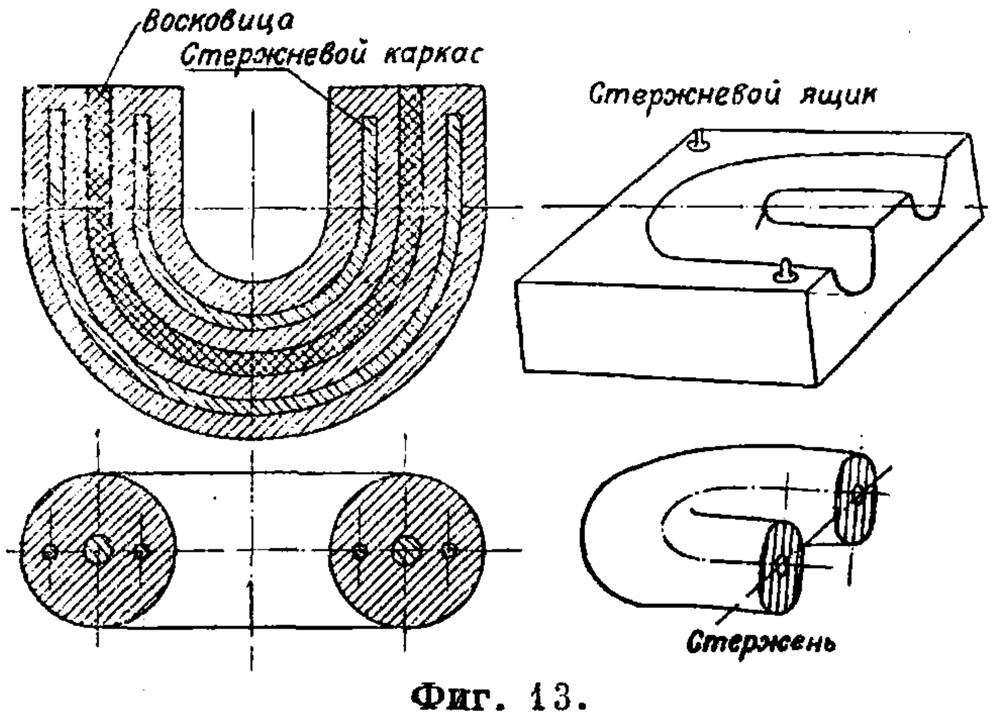
Фиг. 11.

его закладывают восковой шнур (восковица), воск к-рого при сушке вытопится, оставив т. о. свободный проход для газа. Чтобы увеличить сопротивление стержня действию столба расплавленного металла, стержень снабжают особым металлич. каркасом. Для производства таких ответственных и сложных отливок, как напр. автоблоки, радиаторы и т. п., применяются т. н. масляные стержни, к-рые готовятся в большинстве случаев из чистого кварцевого песка с прибавлением для связки различных вяжущих веществ; из них наилучшим следует признать льняное масло, но применяются также бобовое, маисовое масло, патока, декстрин, глютен и пр. При помощи шишек можно получать не только внутреннее, но и внешнее очертание детали (безопочная формовка). Многие з-ды в Америке применяют этот метод, опуская все формовочные работы и заменяя их стержневыми работами, к-рые не требуют особо квалифицированного труда.



Фиг. 12.

Изготовленные формы припыливают мелкоистолченным углем или графитом или же красят специально изготовленной массой (белюга или краска), представляющей собой очень жидкую смесь огнеупорной глины, муки и клея; при отделке форм для чугунного литья в такую массу добавляют мелкий графит или кокс. Наглаживание поверхности формы гладилкой запрещается. После отделки форма или ставится в сушило (чаще) и собирается для заливки или же (реже) поступает в заливку в сыром виде—отливка в сыром. Сушка форм для разных металлов производится при разной $t°$: для стали 500—600°, для чугуна 200—300°, для цветных металлов 150—250°. Постоянные и долговременные формы всегда слегка нагревают перед отливкой (до 75—100°), в дальнейшем для следующих отливок, наоборот, их остуживают, чтобы $t°$ их была не выше 75—100°. Особую заботу следует уделять вопросу сушки стержней, для чего с успехом применяются сушила непрерывного действия, позволяющие регулировать $t°$ сушки в строго намеченных пределах с колебанием $\pm 5°$. Т. к. сырая форма податливее, чем сухая, то часто многие отливки, не удающиеся в сухую, удачно выходят в сыром. Однако сырая форма требует особого внимания к составу формовочной массы (нужна большая пористость для удаления не только газов, выделяющихся из металла, но и паров воды) и надлежащему уплотнению формы.



Фиг. 13.

Не переуплотнить («назвонить») и не слишком рыхло набить формовочную массу (иначе жидкий металл размоет стенки формы)—задача, к-рую может разрешить только очень опытный работник.

Плавка металла. Литейные материалы должны обладать следующими свойствами: а) жидкотекучестью, т. е. способностью расплавленного металла заполнять форму; б) минимальной усадкой, т. е. способностью отливки сохранять свою форму; в) наименьшей склонностью к *ликвации* (см.); г) возможно низкой точкой плавления. Почти все промышленные металлы (за исключением алюминия) в чистом виде не удовлетворяют этим условиям: так, железо имеет очень высокую $t°_{пл.}$ и обладает незначительной жидкотекучестью и большой усадкой; медь, хотя и имеет не слишком высокую $t°_{пл.}$, но вследствие ее чрезмерно большой склонности растворять газы получение плотных беспузыристых отливок представляет большие затруднения и требует специальных условий для избежания брака отливок. Примеси других металлов и металлоидов к основному металлу (железо, медь и пр.) в значительной степени улучшают литейные качества в смысле понижения $t°_{пл.}$, уменьшения коэф-та усадки и т. д. Примесь углерода к железу в количестве 1,7% и выше понижает $t°_{пл}$ железа с 1 528° до 1 135°, коэф. усадки—с 2% до 1%; примесь цинка или олова к меди и алюминию значительно улучшает их литейные качества. Наилучшими литейными качествами обладают сплавы алюминий-медь, алюминий-кремний. Состав литейных чугунов см. ОСТ 497, 498, 499; состав меди—ОСТ 308; состав медно-цинковых сплавов—ОСТ 312. Сталь для отливок применяется двух типов: с содержанием С от 0,15 до 0,18% (врем. сопротивление на разрыв 36 *кг/мм²*) и от 0,30 до 0,35% (54 *кг/мм²*); Mn ≤ 0,6—0,8%; Si ≤ 0,20%; S и P обыкновенно менее 0,05%. Этот состав обеспечивает плотность отливки. Специальные стали для литья применяются редко. В табл. 1 приводятся наиболее употребительные литейные сплавы алюминия.

Табл. 1.—Наиболее употребительные литейные сплавы алюминия.

№	Название	Al	Fe	Zn	Cu	Si	Mg	Mn	Ni
1	Чистый алюминий	94,35	—	—	—	0,14	—	0,51	—
2	Дуралюмин	93,5	0,4	—	4,3	0,4	0,5	0,9	—
3	Y-сплав	91,5	0,9	—	4,4	0,5	—	0,65	2,5
4	Американский сплав	90,9	—	—	8,1	0,4	—	0,6	—
5	Силумин	87,3	—	—	—	12,5	—	0,2	—
6	Сплавы для поршней	86,9	—	—	12,2	0,3	—	0,6	—
7	Немецкий сплав	84,3	—	12,0	2,7	0,4	—	0,6	—

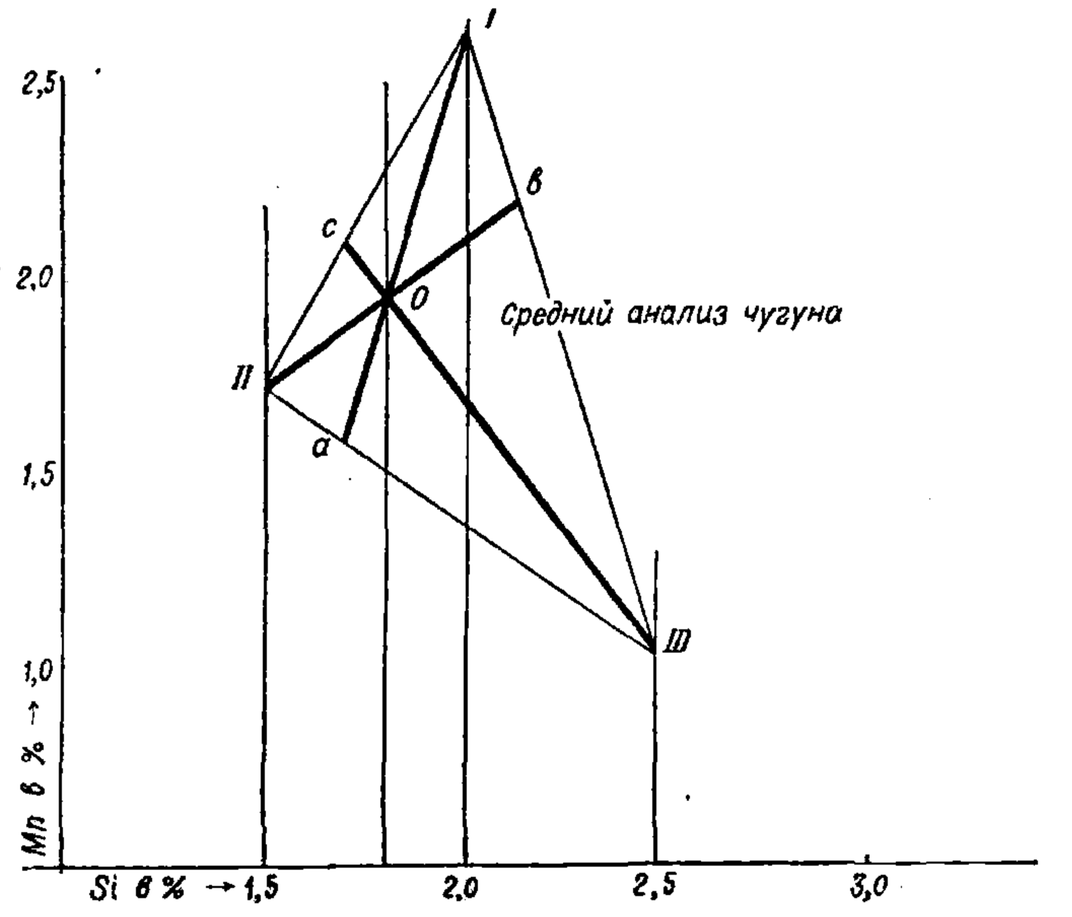
Чтобы получить отливку требуемых качеств при наименьшей стоимости ее, необходимо знать, в каких условиях будет работать отливка, какие качества потребуются от нее и какие изменения произойдут в металле при переплавке его. На основании этого составляется расчет шихты: В шихту входят кроме исходных литейных материалов также и отходы литейного цеха (литники, выпора, забракованные отливки, выплески из литейных ковшей и т. п.) и *лом металлический* (см.).

Ниже приводится пример численного расчета шихты (по Мольденке) кислотоупорного серого чугуна (табл. 2). Требуется рассчитать шихту следующего состава: 3,25% C, 1,53% Si, 1,25% Mn, 0,20% P, 0,05% S. Для расчета принимаются определенные величины угара элементов при плавке в вагранке.

Табл. 2.—Данные (в %) для расчета шихты серого чугуна (по Мольденке).

№	Наименование	Si	Mn	S	P
1	Требуемый состав отливки	1,53	1,25	0,05	0,20
2	Изменение при плавке	0,23	0,22	+0,017	0,00
3	Итого общ. состав шихты	1,7	1,47	0,033	0,20
4	Чугун I (имеющиеся на складе)	2,0	2,6	0,01	0,06
5	» II (имеющиеся на складе)	1,5	1,7	0,01	0,12
6	» III (имеющиеся на складе)	2,5	1,00	0,03	0,24
7	Покупной лом (20% шихты)	1,65	0,70	0,05	0,45
8	Свой лом (30% шихты)	1,53	1,25	0,05	0,20
9	Средний анализ лома	1,58	1,03	0,05	0,3
10	» » чугуна	1,82	1,91	0,016	0,1

Задача состоит в определении относительных количеств, в к-рых надо смешать чугуны групп I, II и III, чтобы получить смесь состава (в %): 1,82 Si, 1,91 Mn, 0,1 P, 0,016 S. Для этого на осях Mn—Si (фиг. 14) от-

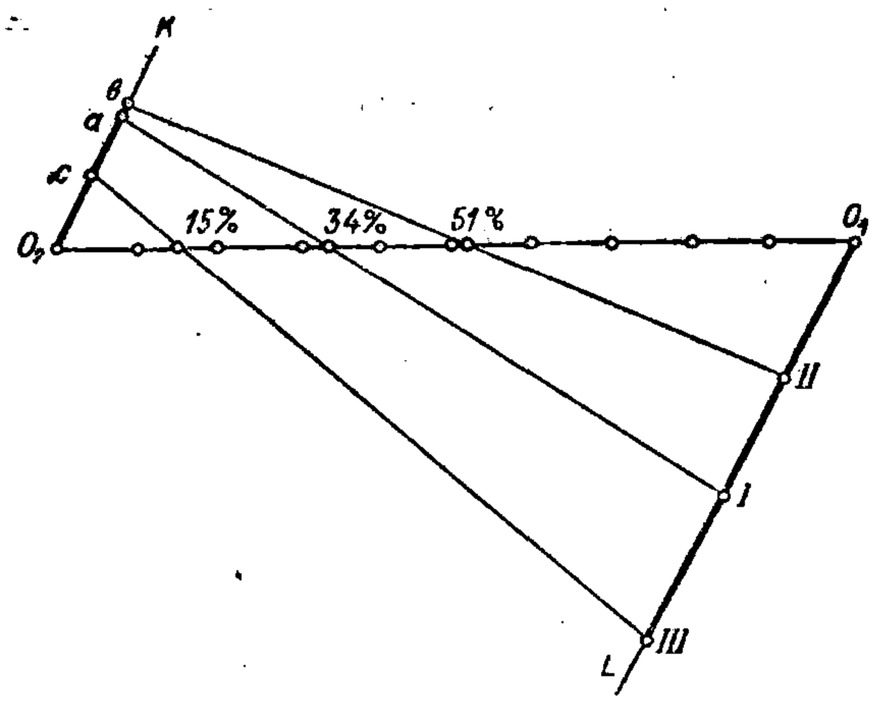


Фиг. 14.

кладываем соответственные содержания Si и Mn; соединив точки, соответствующие трем чугунам (строки 4, 5 и 6), видим, что точка среднего состава требуемой смеси находится внутри тр-ка *I-II-III*, что указывает на возможность составления требуемой смеси из данных 3 сортов чугуна. Вершины тр-ка *I-II-III* соединим с точкой *O* и продолжим прямые *IO*, *IIO* и *IIIO* до пересечения с противоположными сторонами тр-ка в точках *a*, *b* и *c*. Затем берем произвольную прямую O_2O_1 (фиг. 15), разделенную на 100 равных частей (100%), и в концах этой прямой проводим под произвольным углом прямые O_2K и O_1L, параллельные друг другу. От точки O_1 откладываем отрезки O_1I, O_1II и O_1III, равные *OI*, *OII*, *OIII*. Точно так же от точки O_2 откладываем прямые O_2a, O_2b и O_2c, соответственно равные *Oa*, *Ob* и *Oc*. Соединив точки *a* с *I*, *b* с *II* и *c* с *III*, мы сразу прочтем на прямой O_2O_1, что чугуна I надо взять 34%, чугуна II—51% и чугуна III—15%. Следовательно, каждые 150 *кг* шихты будут состоять из 34 *кг* чугуна I, 51 *кг* чугуна II, 15 *кг* чугуна III; 30 *кг* своего лома и 20 *кг* лома покупного.

Для расплавления различных металлов служат разнообразнейшие по конструкции печи: для расплавления стали—мартеновские печи (кислые и основные), малые бессемеры (напр. Тропенаса, Робера); чугуна—вагранки, отражательные печи и тигельные установки; для алюминия, меди и их сплавов—

различные конструкции тигельных, пламенных и электрических печей. Процесс плавления в вагранке является самым экономичным и потому наиболее распространенным; применение тиглей ограничено дороговизной



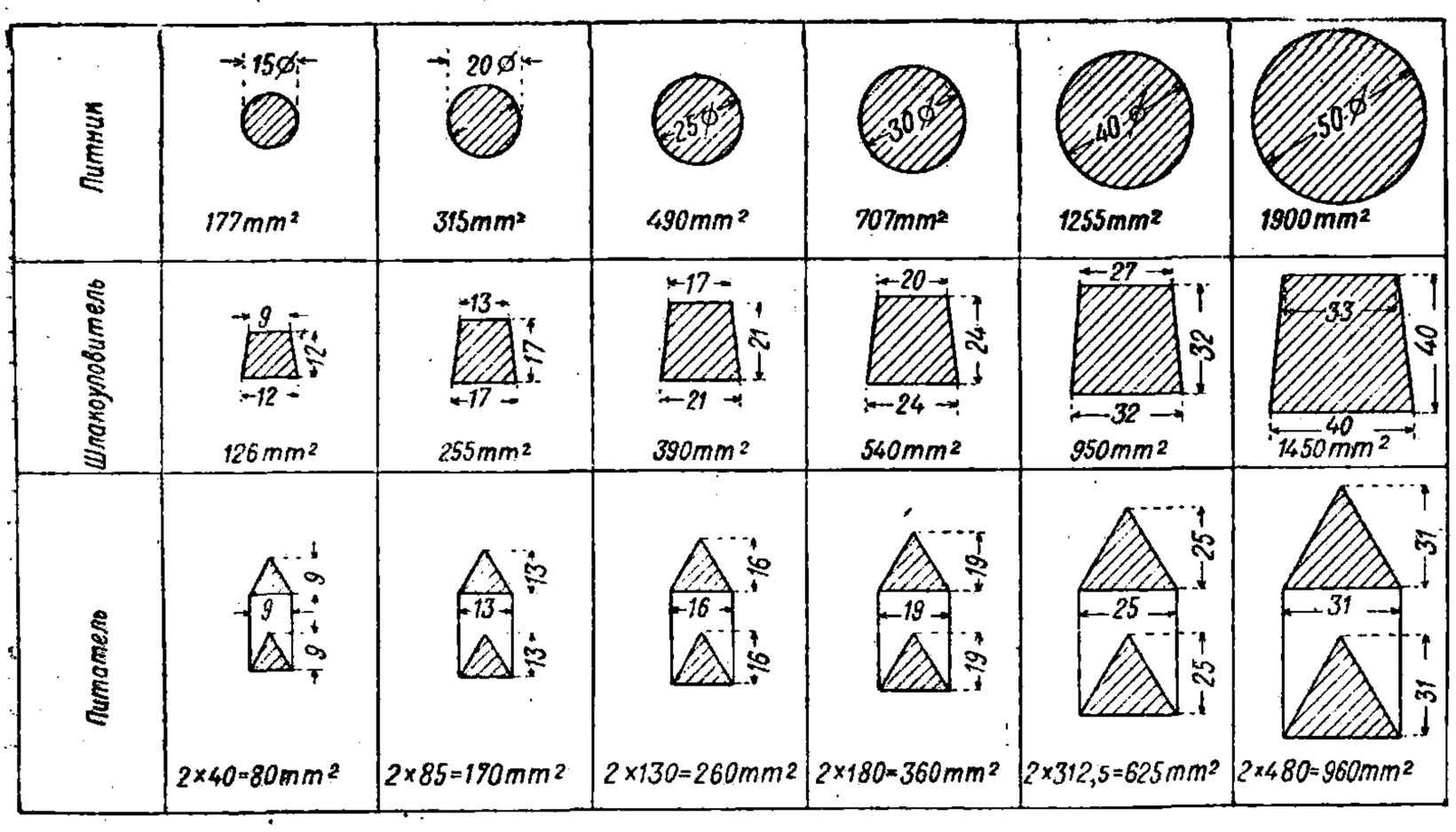
Фиг. 15.

процесса и крайним неудобством производства отливки (например стального фасонного литья) из тиглей. Пламенные печи при цветном литье неудобны тем, что окислительное действие пламени портит качество металла, а выделяющиеся в помещении окислы металлов вредно действуют на здоровье работающих; кроме того требуется, чтобы темп-ра разлива цветных металлов была в очень узких, заранее назначенных пределах (напр. для алюминия 700±20°). За последнее время широкое распространение получили электропечи различных систем для плавки гл. обр. стали и цветных металлов. Главное преимущество электрич. печей—их индиферентность к химич. реакциям, имеющим место во время плавки, и, как результат этого, более чистый металл; затем возможность регулировать в очень широких пределах степень перегрева металла, меньший угар его и т. п. Для расплавления чугуна применение электроэнергии обходится значительно дороже плавки в вагранках, а потому встречается сравнительно редко и то лишь в виде комбинированного процесса: вагранка-электропечь или вагранка-бессемер-электропечь, в соответствии со специальными требованиями, предъявляемыми производством. При плавке цветных металлов в электропечах снижается угар: напр. угар латуни в тиглях выражается 4—6%, в электропечах 0,5—1,5%. В табл. 3 приведены сравнительные данные стоимости плавки 1 *m* латуни в тиглях и электропечах сист. «Ajax».

Табл. 3.—Сравнительные данные стоимости плавки 1 *m* латуни (в руб.).

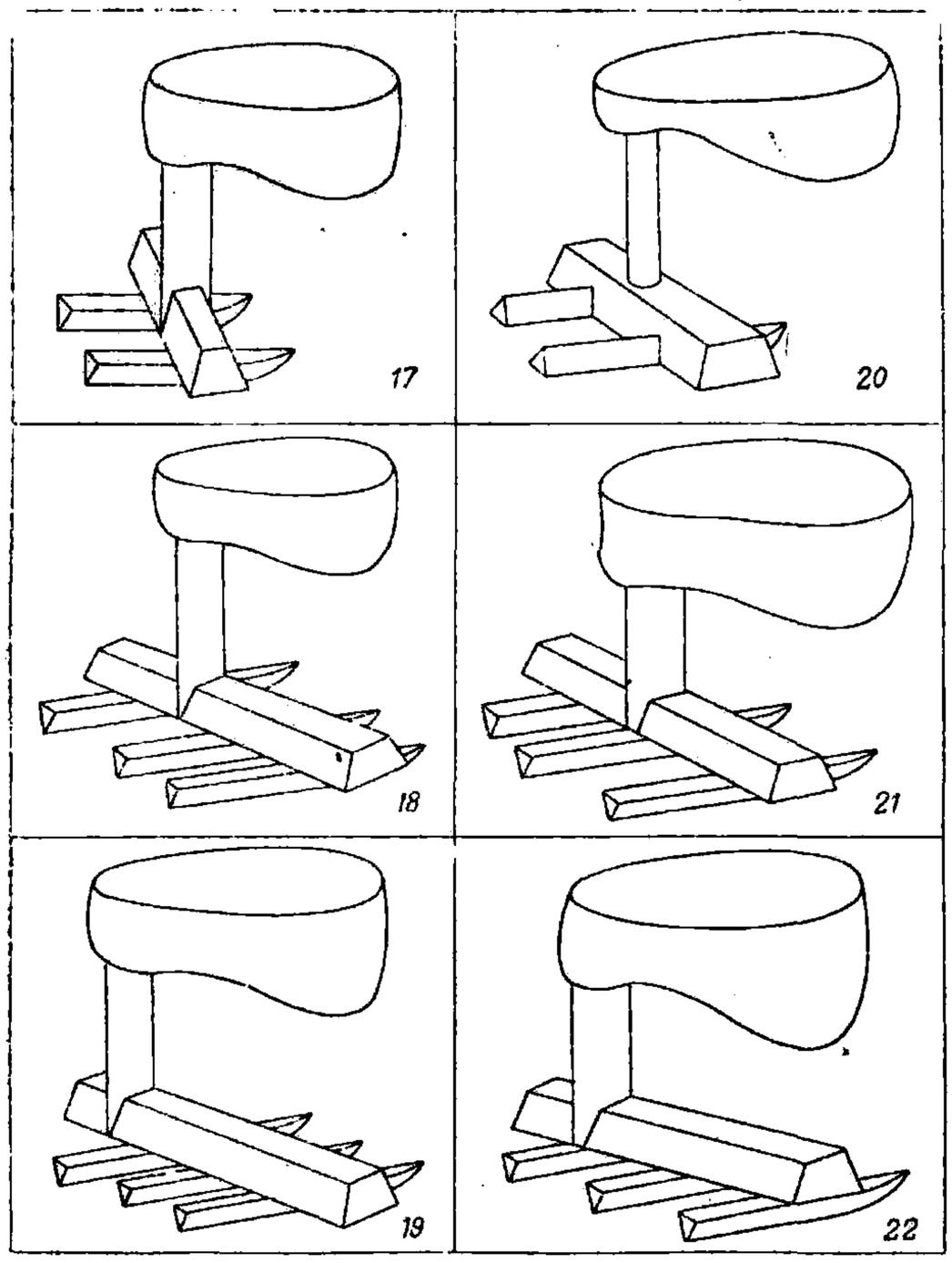
Наименование	В электрич. печах	В тиглях
Рабочая плата	6,00	15,00
Электрич. энергия	10,00	—
Вентиляция	0,75	2,00
Топливо	—	9,00
Тигли	—	10,00
Ремонт набивки	1,00	—
Цеховые расходы	13,00	25,00
Прочие »	1,75	4,50
Итого	32,50	65,50

Техника литья. Подводка расплавленного металла к форме составляет одну из важнейших операций в Л. п.; металл, прекрасно составленный (по анализу), расплавленный и раскисленный согласно всем лучшим предписаниям, м. б. испорчен неумелым подводом его в форму. В первую очередь необходимо позаботиться о том, чтобы струя металла, идущая в форму, была непрерывной и заполняла каналы, подводящие металл к форме, целиком. Для этого необходимо правильно рассчитать взаимное отношение поперечных сечений литника, шлаколовителя и питателей (фиг. 16); так, при диаметре литника, равном 20 *мм*, площадь поперечного сечения литника = 315 *мм*², площадь шлаколовителя следует брать меньшей, а именно 255 *мм*², и сумма площадей питателей не должна превосходить 170 *мм*². На фиг. 17—22 приведены примеры правильных и ошибочных установок литников, шлаколовителей и питателей. Фиг. 17, 18 и 19 дают примеры правильной установки, фиг. 20—неправильной установки потому, что сечение литника слишком мало и при литье металл не будет заполнять целиком шлаколовитель, вследствие чего шлак попадет в форму и испортит отливку. На фиг. 21 показана неправильная установка: литник поставлен прямо над питателем, шлак непосредственно попадает в форму. На фиг. 22 литник смещен и поставлен прямо над питателем, шлак попадает в форму. В стальные отливки для избежания усадочных раковин ставятся две прибыли. Прибыли в стальных отливках занимают около 25—30% веса отливки. Стальные мелкие отливки, чугунные (за исключением очень ответственных) и цветное литье отливаются без прибылей. Заливка форм требует известного навыка.



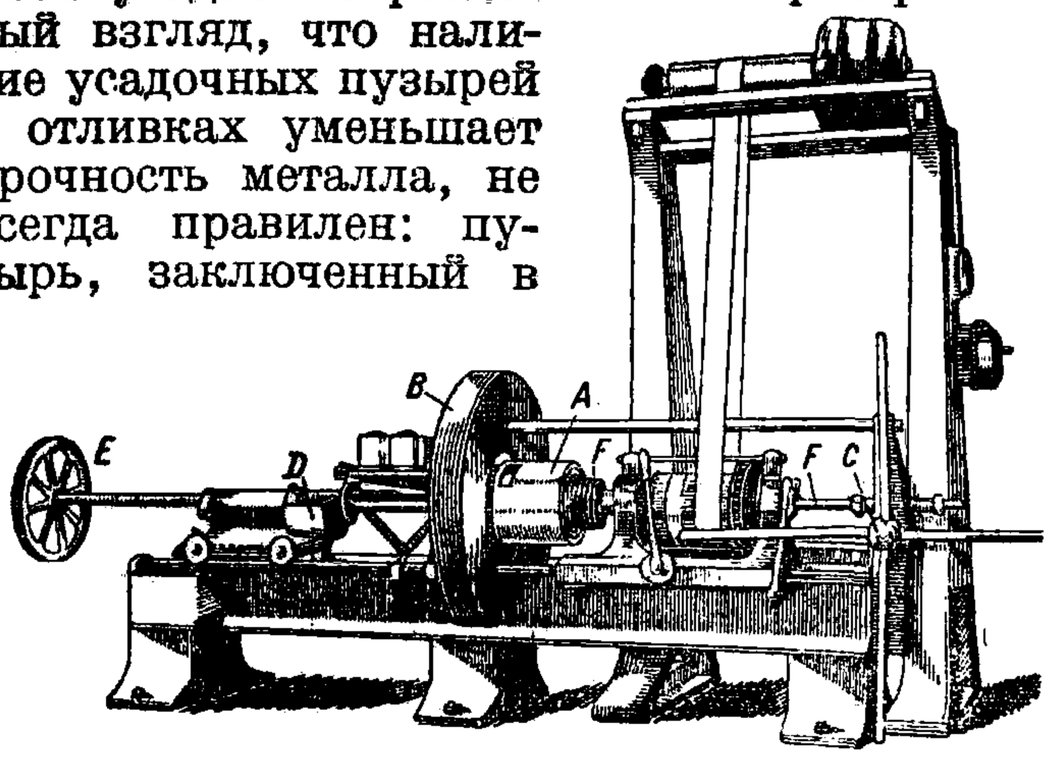
Фиг. 16.

Металл нельзя лить в литник с перерывами струи. В нек-рых случаях, когда требуется большой напор, стараются направить струю стали из ковша прямо в литник, создавая



Фиг. 17—22.

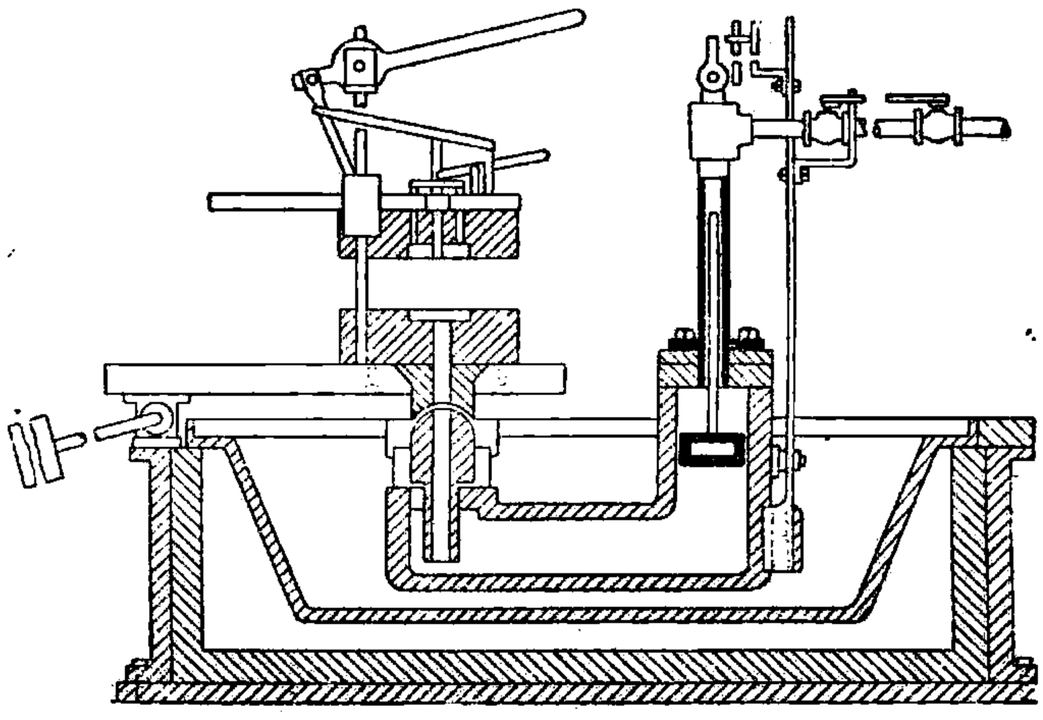
т. о. удар стали. Заливка стали считается законченной, когда металл показался в прибыли. В этот момент предпочитают в крупных отливках добавлять металл в прибыли, а не через литник. Т. о. создается горячая прибыль, питающая отливку (при сокращении объема застывающего металла) сверху, но не снизу (что вредно). Готовый металл рекомендуется перед выпуском раскислять силикошпигелем. Эта присадка делает металл более спокойным, и он хорошо разливается. В наиболее толстых частях отливок образуются усадочные раковины. Распространенный взгляд, что наличие усадочных пузырей в отливках уменьшает прочность металла, не всегда правилен: пузырь, заключенный в



Фиг. 23.

металле, представляет собой сферу (подобно своду) с правильно расположенными кристаллами и оказывает значительное сопротивление разрушению, особенно раздавливанию. Вытяжка ковкой этого пузыря образует складку, наличие к-рой уже безусловно ослабляет металл. Для избежания образования усадочных пузырей применяется центробежная отливка и отливка под давлением.

Центробежная отливка состоит в том, что расплавленный металл вводится в быстро вращающуюся металлич. форму, где под действием центробежной силы он прилипает к внешней поверхности вращающейся формы. Т. о. можно готовить разнообразные тела вращения. Схема работ центробежной литейной машины дана на фиг. 23. Формой служит цилиндр *A*. Посредством рукоятки *C* форма *A* м. б. передвинута назад (на чертеже—направо). Находящийся на конце шпинделя поршень с охлаждающей ребристой поверхностью *F* образует заднюю стенку формы. В начале отливки форма *A* прижимается совершенно плотно к корпусу *B*, после этого наполненный расплавленным металлом ковш *D* вкатывают внутрь формы *A*, к-рую одновременно с этим приводят во вращение. Поворачивая маховичок *E*, выливают расплавленный металл в форму. Как только металл затвердеет, форму *A* подвигают вправо на поршень, который выдавливает отливку. Особо широкое распространение получил способ центробежной отливки при изготовлении чугунных труб. Материал, из которого готовятся формы для центробежных отливок,



Фиг. 24.

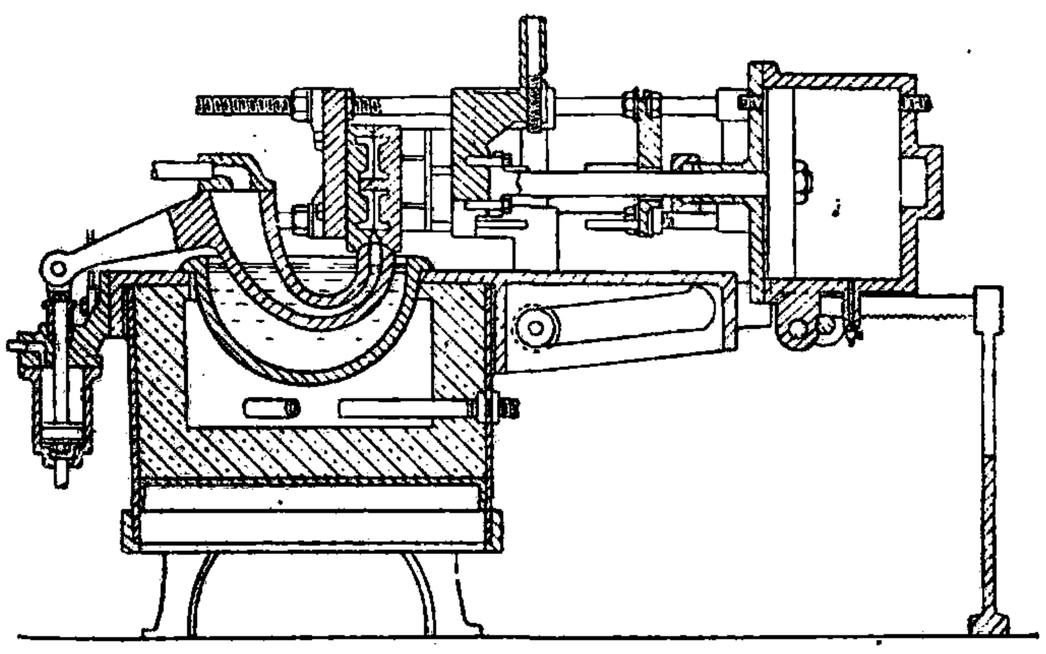
д. б. выбран особенно тщательно в зависимости от условий работы центробежной литейной машины. Для форм с высокой степенью нагрева чугун, вследствие его склонности к росту (увеличение объема при повторных нагреваниях), применять не рекомендуется; применение стали дает лучшие результаты. Формы без футеровки, работающие с подогревом или охлаждаемые водой, могут готовиться из стали, но продолжительность службы их невелика. Поэтому предпочтительнее делать формы из нихрома (60% Ni и 40% Cr) или же из Becket-металла, а также из сплава следующего состава: 80% Ni и 20% Cr. Этот сплав выдерживает длительные и повторные $t°$-ные нагрузки свыше 1 370°. Существенным является требование, чтобы стальные формы не имели раковин ближе 3 *мм* от внутренней поверхности формы и чтобы эта поверхность была совершенно гладкая; толщина стенок выбирается так, чтобы при отливках форма не нагревалась свыше критич. точки данного металла.

При литье под давлением расплавленный металл вводится под высоким давлением в металлич. форму, в результате чего получаются детали, настолько точно соответствую-

щие заданным размерам, что они не нуждаются в дальнейшей механич. обработке. Это представляет особенно значительные выгоды при массовом производстве мелких и требующих большой точности деталей (напр. части счетчиков, мелкие машинные части). Наиболее важными промышл. сплавами для отливок под давлением являются сплавы цинка, алюминия и отчасти меди. В табл. 4 приведены характеристики различных сплавов, применяемых для отливок под давлением. Машины, применяемые для отливок под давлением, делятся на две основных группы.

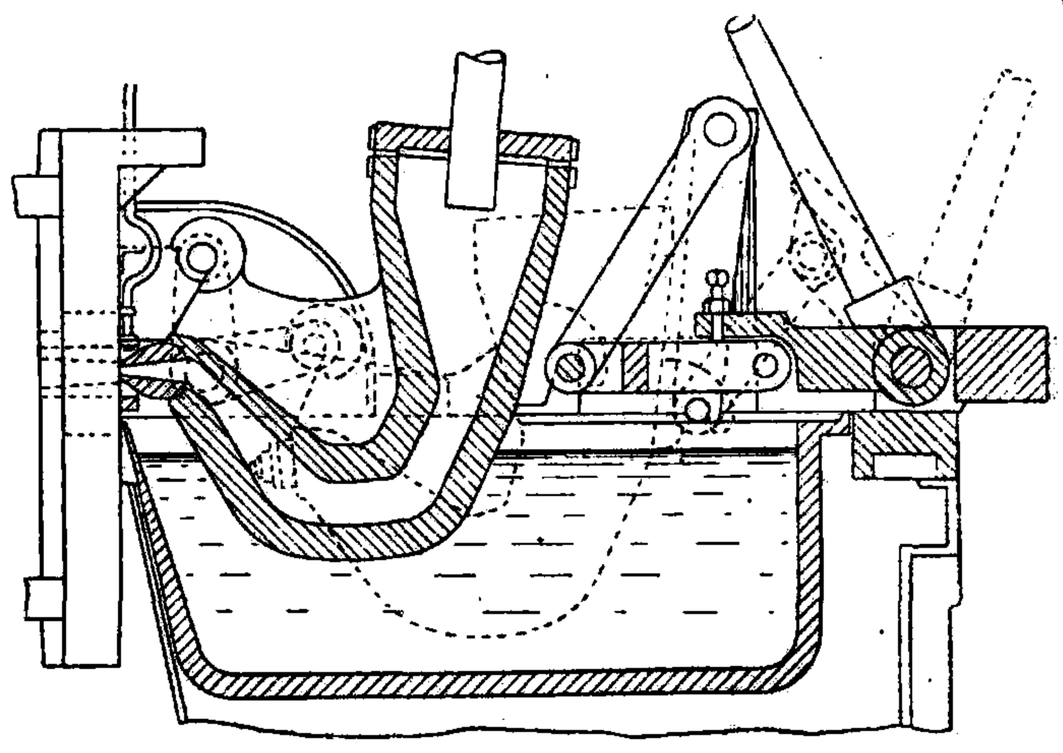
Табл. 4.—Сплавы для отливок под давлением.

Состав, %						Затвердевание в °С		Уд. вес	Разрывное усилие в кг/мм²	Удлинение в %	H_{Br}	Ударное сопротивление в см кг/мм²
Сплавы	Sn	Pb	Sb	Cu		начало	конец					
Легкоплавкие тяжелые	Свинцовые	—	90	10	—	265	246	10,5	~5,6	—	(15,5)	—
		10	80	10	—			10,5		—	(23,9)	—
	Свинцово-оловян.	25	56	15	4	270—330	160	9,2	7,7	1,4	23,1	46
		50	33	13	4			8,1	7,5	2,2	21,9	39
		60	23	13	4			7,8	7,5	2,4	22,7	46
		75	8	13	4			7,3	9,3	1,4	28,5	79
		Zn	Sn	Al	Cu	Ni						
	Цинкооловян.	71,5	25	0,5	3	—	ср. 390—450	ср. 175	ср. 7,2	10,4	3,8	36,6	146
		76,5	20	0,5	3	—				13,1	1,3	49	130
		77,3	18	0,2	4	0,5				14,9	2,1	51,4	37
		86,7	10	0,3	3	—				12,1	0,5	46,7	79
		85,7	10	—	4	0,3				17,3	0,9	64,3	80
		87,5	8	0,5	4	—				9,1	0,4	66,5	41
	Цинк-алюм.	93,5	—	2,5	4	—		ср. 380	ср. 6,8—7,0	18,9	—	85,8	166
		91	—	5	4	—				26,2	0,25	107.3	124
		93,5	—	4	2,5	—				23,8	—	94,5	177
		93,6	—	4	2	0,4				20,6	0,4	104,5	109
		Al	Cu	Si	Ni	Mn							
Тугоплавкие легкие	Медноалюм.	92	8	—	—	—	ср. 630	ср. 540	2,9—3,1	22,7	2,2	66	291,7
		92	6	2	—	—				—	—	—	—
		92,4	6	—	1,6	—				23,8	2,2	72,5	264
		88,25	8	—	3,75	—				25,2	1,1	92,1	136
	Силумин	остат.	—	11—13	—	2	570		2,65	24,0	1,4	75,3	177
		Mg	Al	Mn									
	Электрон	89,7	10	0,3	—	—	630	440	1,83	(13—18)	2—4	(70)	—



Фиг. 25.

1) Для сплавов с невысокой точкой плавления применяются поршневые машины (фиг. 24). В жидкой металлич. ванне находится насос, приводимый в движение от рычага или сжатым воздухом. При опускании поршня вниз металл через сопло вдавливается в форму. Поршневые машины для сплавов с более высокой точкой плавления (алюминиевые и пр.) оказались непригодными: металл затвердевает между поршнем и стенками цилиндра, что вызывает частую чистку и резкое повышение накладных расходов. 2) Для тугоплавких сплавов поэтому применяются машины (фиг. 25 и 26), снабженные специальным черпаком (гуснек), который при помощи особого приспособления каждый раз захватывает строго необходимую порцию металла;

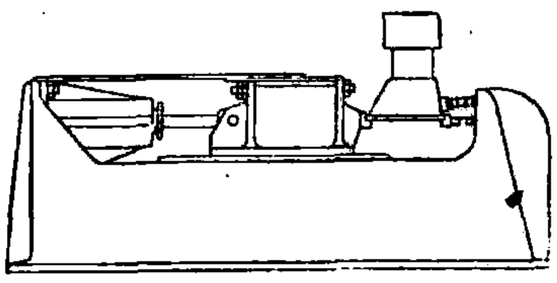


Фиг. 26.

металл подвергается действию сжатого воздуха лишь в этом черпаке на сравнительно небольшой поверхности, чем избегается излишнее окисление металла.

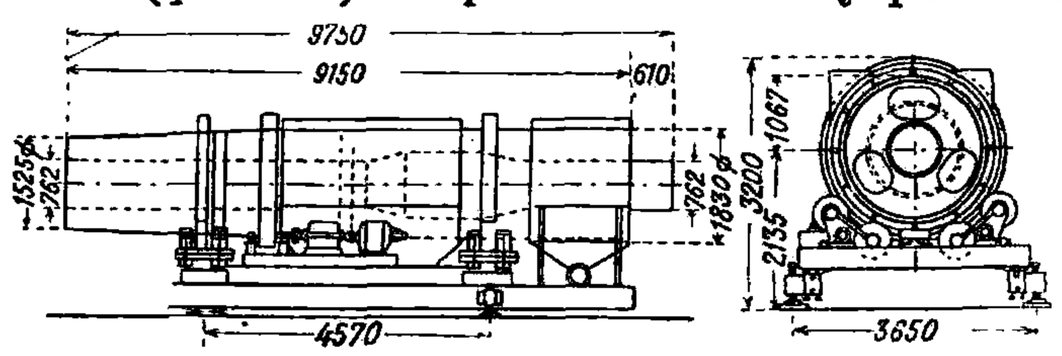
В ы б и в к а о т л и в о к. Скорейшее освобождение залитого изделия из форм имеет существенное влияние на целость его. Следует иметь в виду и то обстоятельство, что горячую отливку легко деформировать неловким ударом при освобождении из формы. Особенно важно скорейшее освобождение центральных шишек у отливок. Для этой цели, когда изготовляются шишки, часть каркаса, которая является скелетом шишки, выводят через «знак» так, чтобы после заливки кувалдой по этой выступающей части легко можно было выбить шишку и тем самым дать возможность отливке свободно сокращаться в процессе дальнейшего ее остывания.

Операция выбивки опок в современных литейных полностью механизирована. Наиболее простое приспособление для этой цели состоит в том, что подвешенный к пневматич. подъемнику вибратор посредством специального приспособления м. б. присоединен к опоке, к-рая одновременно с этим немного приподнимается; после этого вибратор приводится в действие, и через несколько секунд опока опоражнивается. При другом способе выбивки опоки кладутся на решетку, к-рая при помощи кулачков приводится в колебательное движение; земля из опок проваливается сквозь решетку. Чтобы горячая земля не падала на отводящий землю ленточный конвейер слишком большими массами, под решеткой установлены два питательные валика, к-рые равномерно подают ее на конвейер. Выбивка стержней производится или вручную, или посредством водяной струи высокого давления, или же на специально сконструированных пневматич. вибраторных машинах (фиг. 27) сист. Stoney. Отливки с тележки устанавливаются в специальных держателях машины при помощи воздушного подъемника, расположенного у каждой машины. Затем приводится в действие вибратор, и стержни выбиваются в продолжение 3—6 ск.



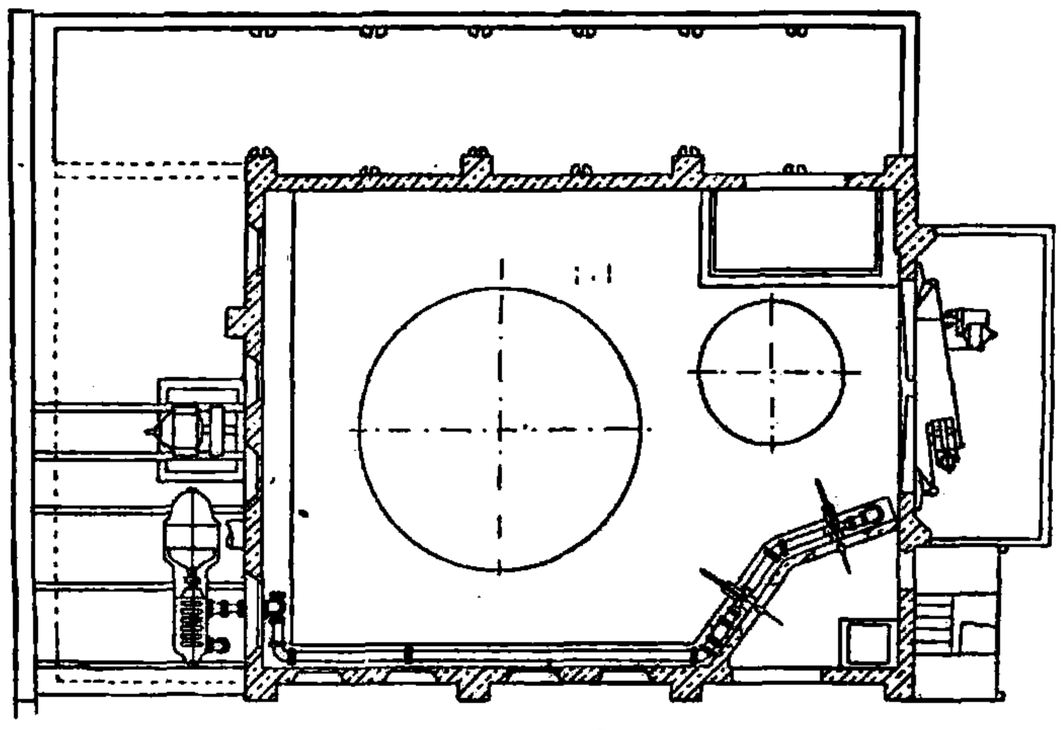
Фиг. 27.

О ч и с т к а л и т ь я. Вынутая из формы отливка имеет ряд приливов (литники, выпора и прибыли), ненужных по чертежу изделия, но необходимых при производстве. Приставшую к отливке землю, литники и выпора удаляют обрубкой, а прибыли—отрезкой. Очищенное литье с прибылями называется ч е р н ы м, а без прибылей—о б р е з а н н ы м, или ч и с т ы м. Чугунное литье б. ч. оставляют без обрезки. Очистка литья в некоторых случаях встречает затруднения, напр. при взрывах металла получается «засор» в отливке, если сорванную массу не вынесло в прибыль или выпор; при неправильной постановке литника обрубщик может выломать литник с телом отливки; в таком случае отливку с литником лучше направить на обрезку; при удалении глубоких шишек очень трудно выбрать тонкую шишку из длинной трубы; в этом случае сдвиг каркаса во время застывания металла может не только помочь сохранить целость отливки, но и облегчить выбивку. Очистка внешней поверхности отливок от пригоревшей земли производится в современных литейных во вращающихся барабанах или же струей песка в пескоструйных аппаратах и камерах. Первый способ преимущественно распространен в Америке, второй—в Европе. Недостатком способа очистки литья в обыкновенных барабанах является большая затрата труда и времени на ручную загрузку и выгрузку его. Значительное упрощение получается в случае применения вместо обыкновенных барабанов — барабанов непрерывного действия (фиг. 28). Барабан имеет внутреннюю



Фиг. 28.

и внешнюю полости. Отливки поступают во внутреннюю полость вращающегося барабана с правой стороны. Туда же из внешней полости сквозь особые прорезы поступают закаленные чугунные звездочки. При медленном движении по направлению к противоположному концу барабана литье успевает очиститься. Не доходя до конца барабана, чугунные звездочки проваливаются сквозь небольшие прорезы из внутренней во внешнюю полость барабана, откуда они посредством спиральных направляющих передаются к головной части барабана. Отливки более сложные, при очистке к-рых в барабанах можно было бы опасаться большого % брака из-за боя и которые подвергаются значительной механич. обработке, очищаются в пескоструйных камерах непрерывного действия. Очень успешным оказался способ г и д р а в л и ч е с к о й очистки литья, впервые с успехом примененный на заводе Allis Chalmers Co. (Миллвоки): время очистки сократилось с нескольких часов до нескольких минут. Устройство используется для очистки турбинных колес, цилиндров газометров и им подобных тяжелых отливок.



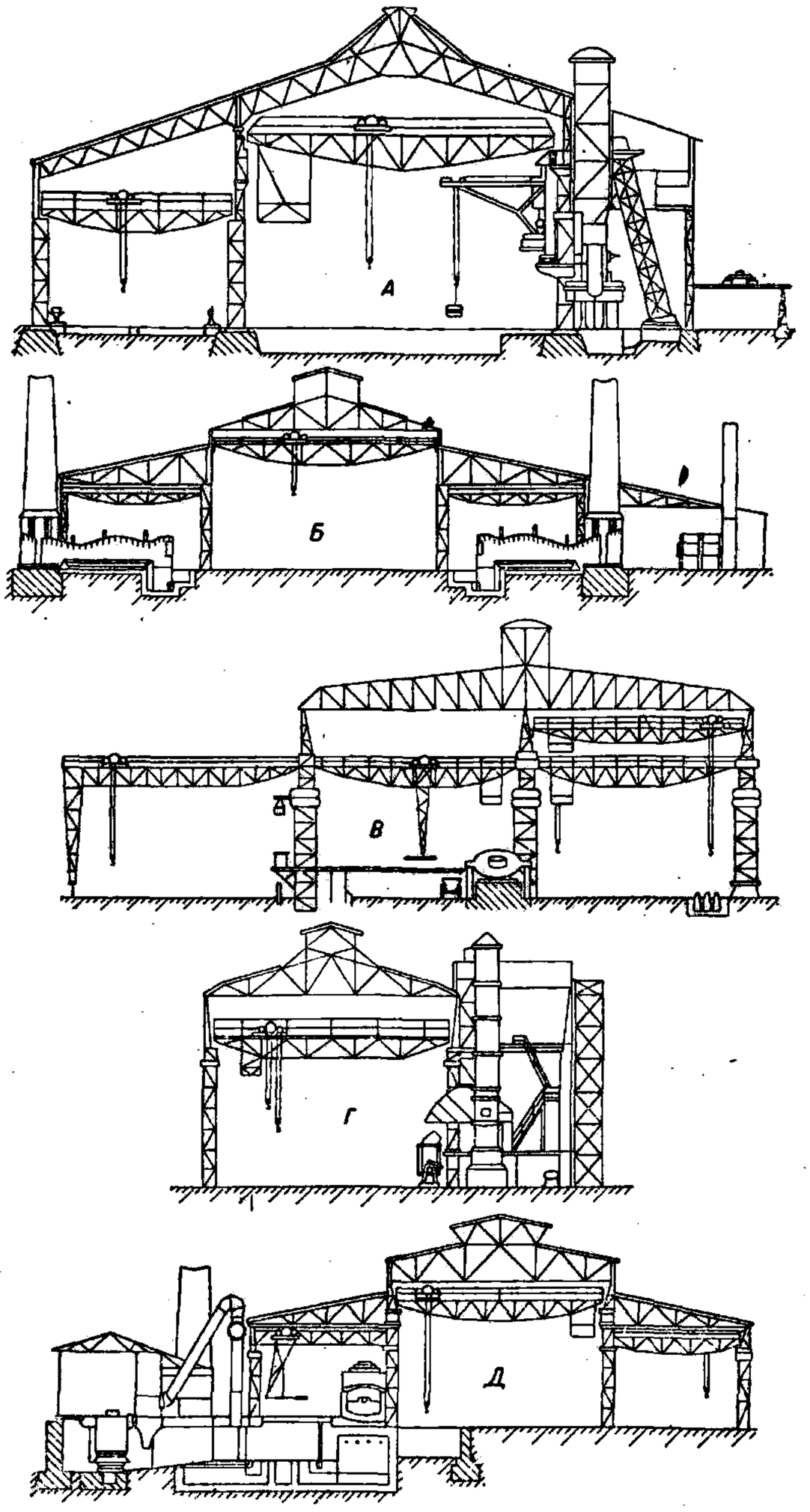
Фиг. 29.

Очистка отливок производится в закрытой бетонной камере (фиг. 29), расположенной посредине литейной. Внутренние размеры камеры 10 370×13 725×6 100 *мм*. Толщина

бетонных стен 305 *мм*. Чтобы защитить стены от размывающего действия воды, их покрывают стальными плитами. Внутри камеры устроены два поворотных круга ⌀ 3 050 *мм* (поднимает 100 *т*) и 6 100 *мм* (300 *т*). Оба круга вращаются на шариковых опорах и приводятся во вращение моторами в 25 и 35 HP. Помещение для обслуживания расположено в одном из углов камеры. Установлено 2 аппарата с тремя соплами, расположенными на равной высоте. Сопла м. б. поставлены на любой высоте. Сопло для большего стола имеет ⌀ 27 *мм*, для меньшего—16 *мм*. Насос производительностью в 3 500 *л/мин* приводится в действие мотором в 300 HP. При двух одновременно действующих соплах давление воды равно 28 *atm*. Получающаяся от очистки грязь отстаивается в двух лежащих под полом приемниках, из которых ее непрерывно удаляют при помощи элеватора. Землю отделяют от воды, доводят до 7% влажности и пускают опять в производство. Преимуществом этого способа очистки является дешевизна, полное отсутствие пыли, а также и то, что каркасы стержней не портятся и могут снова итти в дело.

Термическая обработка. После очистки литье подвергается иногда термич. обработке. Стальное литье и *ковкий чугун* (см.) обязательно отжигаются. Относительно чугуна в настоящ. время доказано, что он м. б. подвергнут термической обработке аналогично стали, причем структура чугуна феррито-графито-цементитная переходит в структуру перлито-графитную (см. *Металлография*) с повышением механическ. качеств (удлинение до 8%, врем. сопротивление на разрыв до 40—45 *кг/мм*²). Особенно облегчает термич. обработку отливка чугуна в постоянные формы. Бронзовое литье также во многих случаях м. б. улучшено посредством термической обработки. Алюминиевое литье всегда закаливается при 500±10° и отпускается при 140±10°.

Основные принципы проектирования литейных цехов. Проектируя новую литейную, прежде всего приходится считаться с расположением основных металлообрабатывающих цехов и выбирать место для литейной с таким расчетом, чтобы иметь возможность наиболее просто и дешево доставлять литье в обрабатывающие цехи. Программа работ литейной д. б. определена с возможно более точными подробностями как в количественном и весовом, так и в габаритном отношениях, что даст возможность выбрать наиболее подходящее для данного случая оборудование и наиболее целесообразный технологич. процесс. Схема расчета литейной сводится в этом случае к следующему. Имея точную программу работ, составляют альбом формовок, который даст и основные принципы организации отдельных операций технологич. процесса и количество потребных для производства опок и типы их, а также и необходимое количество формовочных материалов, а следовательно и мощность земледельного устройства. Получив так. обр. ориентировочные данные о расходе исходных материалов, о размере необходимых площадей, приступают к уточнению отдельных операций производственного процесса, возможной механизации его в целом или в отдельных частях. Различные варианты подсчетов взаимного расположения отдельных цехов литейной дадут возможность наиболее целесообразно разрешить вопрос организации заданного производственного процесса. Если же программа не м. б. определена с б. или м. приемлемой точностью, тогда приходится вести расчет основных и вспомогательных цехов литейной по так наз. коэфициентам. На фиг. 30



Фиг. 30.

приведены обычные типы зданий литейных; фиг. *А*—литейная серого чугуна для индивидуального литья; *Б*—литейная ковкого чугуна с установкой пламенных печей; *В*—фасонно-сталелитейная с отделением мартеновских печей; *Г*—фасонно-сталелитейная с конвертерами; *Д*—сталелитейная с электропечами.

Лит.: Аксенов Н. П., Оборудование литейных мастерских, механизация приготовления земли, М., 1929; Рубцов И. И., Механизация литейного дела, М., 1930; Павлов И. М., Составные шихты на цветное литье, Л., 1929; Лозе Е., Механизация литейного дела, пер. с нем., Москва, 1926; Формовочные материалы, Л., 1930; «Вестник металлопромышленности», М.; «ЭКРМО»; Handbuch d. Eisen- u. Stahlgiesserei, hrsg. v. C. Geiger, B. 1—3, 2 Aufl., Berlin, 1925—28; Werkstoffhandbuch, Nichteisenmetalle, B., 1927; «St. u. E.», 1928; Moldenke R., The Principles of Iron Founding, New York, 1912; Ander-

son R., The Metallurgy of Aluminium a. Aluminium Alloys, New York, 1925; «Foundry», New York; «Iron Age», N. Y.; Die Giesserei, München; «Giesserei-Ztg», Berlin. **Н. Рубцов и Н. Грачев.**

Профессиональные вредности и техника безопасности. Все производственные процессы, протекающие в литейных цехах, связаны с возникновением тех или иных профессиональных вредностей. Так, при подготовке и обработке формовочных материалов, выбивке, обрубке и чистке отливок образуется огромное количество пыли (от 20 до 180 *мг/м*³). Для борьбы с загрязнением воздуха пылью должна быть установлена надлежащая вентиляция; особо благоприятным в этом отношении является применение гидравлического способа очистки отливок. При формовочных работах, в тех случаях, когда формовка производится на полу литейной, рабочие вынуждены держать свое тело в согнутом, часто в весьма неестественном положении, что может вести к искривлениям костей скелета. Эти вредности устраняются при производстве работ на формовочных станках. Низкая температура в литейных в зимнее время (часто ниже 0°), большая сырость, всегда холодный и нередко промерзший земляной пол вызывают у формовщиков частые простудные заболевания, в особенности ревматизм. При обслуживании плавильных аппаратов рабочие подвергаются вредному влиянию резких колебаний температуры. При литье из расплавленных металлов выделяются вредные газы. Из последних наибольшее значение имеют следующие: окись углерода, сернистый газ и окись цинка. Концентрация CO в воздухе литейных колеблется в среднем в пределах 0,03—0,05 *мг/л*, достигая в отдельные моменты литья над самыми опоками до 0,21—0,32 *мг/л*. (Институтом охраны труда установлена норма в 0,02 *мг/л*.) Количество сернистого газа (SO_2) в воздухе литейных, в зависимости от сорта применяемого металла и кокса, достигает 0,045—0,15 *мг/л* (норма 0,02—0,04 *мг/л*). Вдыхание паров окиси цинка в меднолитейных вызывает у рабочих приступы литейной лихорадки. При ручной завалке шихты в плавильные аппараты, при разливке металла по опокам вручную наблюдается чрезвычайно большое мышечное напряжение, что в связи с высокой температурой работ вызывает сильно изнуряющее потоотделение. Эти вредности устраняются применением конвейеров, механизации загрузки печей и транспорта, а также пневматической выбивки опок.

Наибольшее число несчастных случаев в чугунно- и меднолитейном производствах происходит от ожогов расплавленным и раскаленным металлом во время ручной разноски или развозки его. Особо серьезные последствия влечет соприкосновение расплавленного металла или шлака с влагой (взрывы). Для устранения этих явлений необходимо иметь ровные дорожки из кирпича, бетона, железобетона и т. п. в местах, не занятых формованием, причем главный проход д. б. не уже 2 *м*; д. б. правильно организован поток людей с пустыми ковшами и с расплавленным металлом; места отливок и выливания шлака должны быть сухи; ковши д. б. хорошо высушены и прогреты; кожухи ковшей должны иметь небольшие отверстия для удаления паров из обмазки и т. д. Рабочие, имеющие дело с расплавлен. металлом, д. б. снабжены надлежащей спецодеждой, очками, респираторами и т. п., причем рубаха не должна заправляться в штаны и штаны в сапоги, а поля шляпы д. б. отогнуты вниз. Ручная формовка сопровождается большим количеством наколов о железные шпильки, имеющиеся в старой формовочной земле. Средством борьбы является пропускание земли через магнитный сепаратор. При переноске ковшей с расплавленным металлом центр тяжести их во избежание опрокидывания должен быть ниже оси вращения (до 50 *мм*). Все цепи, канаты и коромысла должны не реже одного раза в 2 месяца проверяться на полную нагрузку и не реже одного раза в 2 недели тщательно осматриваться. Все машины должны быть снабжены надежными ограждениями опасных мест.

Для регулирования в законодательном порядке условий труда в литейных Наркомтрудом издан ряд обязательных постановлений. Сюда прежде всего относятся «Правила безопасности работ в чугунно- и меднолитейном производстве»; постановления об ограничении применения труда женщин и подростков при наиболее вредных и опасных работах в литейных; постановления о сокращенном рабочем дне и дополнительном отпуске для некоторых категорий рабочих (меднолитейщиков, пескоструйщиков и др.). См. *Вагранка* и *Мартеновское производство*.

Лит.: Каган Э. М., Труд в литейных, Харьков, 1925; Каган Д. М., Гигиена труда в литейном деле, Москва, 1928; Гродзовский М. К., Вредные газы и пары в литейных цехах, «ГТ», 1925, *1*; Шефранова А. С., Об асбестовой спецодежде, там же, 1927, *12*; Дейчмейстер В., Ботинки для литейных цехов, там же; Евангулов М., Литейное дело, Москва, 1928; Шевалев Н., Техника безопасности, М., 1925; Якимчик И., Законодательство по технике безопасности, 3 изд., М., 1929; Alexander M., Safety in the Foundry, «Nat. Founders Association», Chicago, 1915; Syrup Fr., Handbuch d. Arbeiterschutzes u. d. Betriebssicherheit, B. 1—2, Berlin, 1927; Schlesinger G., Unfallverhütungstechnik, B., 1910. **Д. Каган и П. Синев.**

ЛИТЕРА в полиграфии, металлич. или деревянная (при крупн. размерах) буква, знак препинания и т. д. в типографском наборе. Собирательное понятие—шрифт. См. *Набор* типографский и *Шрифты*.

ЛИТИЙ, Li, химич. элемент I группы периодич. системы; ат. вес 6,940; порядковый номер 3. Л. в чистом виде—серебристобелый металл; уд. вес 0,534. Л.—самый легкий из металлов; его $t°_{пл.}$ 180° и $t°_{кип.}$ выше 1 400°; коэф. линейного расширения 0,00006; теплоемкость (при 0°) 0,785 Cal/*кг*; теплопроводность (при 0°) 0,71 Cal *см/см²* ск. °C; теплота плавления 32,8 Cal/*кг*; электропроводность (при 0°) $11{,}7 \cdot 10^4$ мо/*см*; коэф. сжимаемости $8{,}8 \cdot 10^{-6}$ *см²/кг*; твердость (по Мосу) 0,6.

Присутствие Л. в составе веществ определяется по яркокрасному окрашиванию пламени, по спектру, для которого характерна 1 красная спектральная линия 670,8 *mμ* и 1 оранжево-желтая линия 610,4 *mμ* (а в водородном пламени еще 1 голубая линия), а также по образованию белых осадков при действии углекислого аммония или фосфорнонатриевой соли в присутствии аммиака.

Л.—одновалентный элемент и относится к группе щелочных металлов (Li, Na, K, Rb и Cs); со своими аналогами Л. обнаруживает химич. сходство: все щелочные металлы легко разлагают воду; гидраты их окисей, типа MeOH, и углекислые соли, типа Me_2CO_3, растворимы в воде. На воздухе Л. загорается при температуре выше 200° и горит ярким белым пламенем. Энергично разлагает воду, но при этом не плавится. В хлоре и в парах брома и иода Л. воспламеняется; будучи накален, горит в углекислом газе. Л. соединяется с азотом уже при обыкновенной температуре; с водородом—только при нагревании. При $t° \geqslant 200°$ Л. оказывает сильное восстановительное действие на кремнезем, стекло и фарфор. С элементами K, Na, Ca, Mg, Al, Au, Pb, Sb и As Л. образует сплавы определенного состава, а с Sn, Cd и особенно с Hg легко сплавляется в различных соотношениях. Нагретый Л. действует на платину, золото, серебро и железо.

В природе Л. встречается только в соединениях. Он входит в небольших количествах в состав многих минералов. Наиболее богаты литием минералы: евкриптит (10,9—11,9% Li_2O), сподумен (трифан, 2,9—7,6% Li_2O), петалит (кастор, 1,97—4,15% Li_2O), манандонит (ок. 4% Li_2O), лепидолит (литионит, литинистая слюда 1,43—6,16% Li_2O)—наиболее распространенный из содержащих Л. минералов, полилитионит (9,04% Li_2O), цинвальдит (железистый лепидолит, 1,14—5,03% Li_2O), криофиллит (около 4,5% Li_2O), литиофиллит (8,5—9,26% Li_2O), амблигонит (7,10—9,88% Li_2O), криолитионит (5,35% Li, что соответствует 11,52% Li_2O)—самый богатый литием минерал. Присутствие солей Л. обнаружено во многих минеральных водах (в Карлсбадском источнике 2,34 *г* Li_2O на 1 000 *г* воды); в СССР значительное содержание соединений Л. найдено напр. в воде Красногорских источников по Военно-Сухумской дороге и Индышских источников на Эльбрусе, в морской воде (гл. обр. галоидные соединения Л.), а также во многих растениях (напр. в табаке, чае, кофе, какао, в обыкновенной и сахарной свекле, в шалфее, в морских водорослях и т. д.) и в органах высших животных: в печени, почках, селезенке, легких, в крови, в молоке.

Месторождения литиевых минералов известны: в З. Австралии, в С. Америке (Канада, Ю. Дакота, Калифорния), в З. Европе (Саксония, Швеция, Чехо-Словакия, Франция, Испания) и в СССР (на Урале—лепидолит, криолитионит, на С. Кавказе—петалит, в бывшей Ферганской области и в Сибири—цинвальдит и лепидолит).

Из названных выше минералов непосредственное применение в промышленности находят главн. обр. амблигонит и лепидолит, употребляемые для изготовления опаловых стекол, флинтгласа, а также нек-рых сортов эмали и глазури; лепидолит применяется также для различных поделок, а прозрачные разности сподумена—гиденит (зеленого цвета) и кунцит (фиолетового цвета)—относятся к числу драгоценных камней.

Для получения чистых соединений Л. из минералов применяется несколько способов, из которых технич. значение имеет обработка тонко измельченного и б. ч. предварительно сплавленного минерала (главн. обр. лепидолита) крепкой соляной или серной кислотой, после чего производится отделение солей щелочных металлов от соединений всех остальных металлов и от кремнезема выщелачиванием водой, прокаливанием, окислением и осаждением различными реактивами; наконец литий отделяют от других щелочных металлов или в виде углекислой соли, пользуясь ее малой растворимостью в воде, или в виде хлористого Л., пользуясь его растворимостью в спирте и эфире [1,2].

Металлический Л. получается путем электролиза расплавленной смеси бромистого Л. с 10—15% хлористого Л. и 20% хлористого калия. Вследствие дороговизны металлич. Л. не находит до сих пор постоянного практич. применения, но за последнее время удешевление его производства (98—99%-ный металлический Л. стоит около 60 долл. за *кг*) дает возможность этому металлу приобрести некоторое промышленное значение. Наибольший практический интерес представляют сплавы Л. с алюминием, обладающие более высокой твердостью, чем чистый Al, но имеющие тот недостаток, что они легко корродируют. Например сплав состава 97,6% Al + 2,0% Cu + 0,4% Li после закалки (500°) и отжига (< 100°) приобретает твердость выше 80 по Бринелю.

Соединения Л. С кислородом литий образует два соединения: Li_2O—окись Л., образующуюся при сгорании Л. на воздухе, а также при прокаливании нек-рых солей Л. и применяемую при приготовлении фотографич. проявителей, и Li_2O_2—перекись Л., получаемую при действии перекиси водорода на водный раствор гидрата окиси Л. Гидрат окиси Л., LiOH,—белая кристаллич. масса, образуется при растворении Li_2O в воде и при действии гашеной извести на углекислый Л. В воде LiOH растворяется плохо; из растворов в водном спирте он выделяется в виде кристаллического гидрата—$LiOH \cdot H_2O$. По своим химическим свойствам LiOH—довольно сильное основание, однако более слабое, чем NaOH и KOH; в последнее время применяется в щелочных аккумуляторах Эдисона для повышения их емкости. При красном калении LiOH разлагается по уравнению:

$$2LiOH = Li_2O + H_2O.$$

Азотистый Л., или нитрид Л., NLi_3, при действии воды, а также водорода образует аммиак; во втором случае получается также водородистый Л., LiH; последний с азотом снова дает NLi_3 и аммиак:

$$NLi_3 + 3H_2 = NH_3 + 3LiH;$$
$$3LiH + N_2 = NLi_3 + NH_3.$$

Азотистый Л. предложен в качестве катализатора при промышленном синтезе аммиака. Соли Л. применяются в медицине, при изготовлении искусственных минеральных вод, в пиротехнике, фотографии, рентгенографии и для изготовления химич. препаратов. Физиологич. действие иона Li сходно с действием K-иона. Наиболее важными из солей лития являются следующие. Углекислый Л., Li_2CO_3, труднорастворимый в воде (в 100 в. ч. воды при 10° растворяются 1,406 в. ч. этой соли); с повышением *t*° рас-

творимость Li_2CO_3 падает. При накаливании Li_2CO_3 разлагается на Li_2O и CO_2. В расплавленном виде углекислый Л. сильно действует на платину, серебро и фарфор. Слабая растворимость в воде в значительной степени мешает широкому применению Li_2CO_3 в медицинской практике; Li_2CO_3 является исходным материалом для получения других соединений Л. и применяется для изготовления светящихся составов. Фосфорнокислый Л., Li_3PO_4, также трудно растворим в воде (1 вес. ч. в 2 539 вес. ч. воды). Он выделяется в виде белого кристаллич. осадка из растворов соединений Л. под действием фосфорнонатриевой соли в присутствии аммиака. Эта реакция служит для открытия, а иногда и для отделения лития. Для той же цели может служить образование труднорастворимого в воде фтористого Л., LiF. Другие галоидные соединения лития представляют собою хорошо растворимые и очень гигроскопичные кристаллическ. порошки, применяемые в медицине. Из них хлористый Л., LiCl, растворим в абсолютном спирте, амиловом алкоголе, глицерине и ацетоне; растворимость в спирте способствует применению LiCl для отделения Л. от K и Na, аналогичные соединения к-рых в спирте не растворяются. LiCl применяется также при изготовлении искусственных минеральных вод, в фотографии и при паянии алюминия. Бромистый и иодистый Л., LiBr и LiJ, также растворимые в спирте, применяются гл. образом в фотографии и в медицине (как средства, растворяющие мочевую кислоту); салициловокислый Л., $LiC_7H_5O_3$, и лимоннокислый Л., $LiC_6H_7O_7$ (смесь его с пиперазином называется литиопиперазином), применяются для тех же целей.

По количеству добываемых литиевых соединений первое место занимают Германия и США. В среднем ежегодная мировая добыча солей Л. не превышает нескольких десятков *m*. Годовое потребление Л. в СССР (гл. обр. для фармацевтич. целей)—ок. 1 *m*.

Лит.: [1])Г. П. 207845/08; [2]) Г. П. 413723/24; Миронов, Литий, Годовой обзор минер. ресурсов СССР за 1926/27 г., Л., 1928; Менделеев Д. И., Основы химии, 9 изд., т. 2, М.—Л., 1928; Оствальд В., Основы неорганич. химии, пер. с нем., 2 изд., М., 1914; Сырокомский В. С., Применение редких элементов в промышленности, П., 1919; Хлопин В. Г., «НИ», 1927, т. 2, стр. 213 — 226; Ullm. Enz., 1 Auflage, B. 7, p. 627; Gmelin's, Handbuch d. anorgan. Chemie, 8 Aufl., B., 1929; Ephraim F., Anorganische Chemie, 4 Aufl., Dresden—Leipzig, 1929; Ausbeutung d. Vorkommen v. Lithiummineralien, «Chem. Industrie», Berlin, 1927, *1*, p. 40; Lincoln F. Ch., Lithium Production from Manitoba, «Min.-Journ.», London, 1927, v. 159, *4816*, p. 1027; Regelsberger F., Chemische Technologie d. Leichtmetalle und ihrer Legierungen, Leipzig, 1926.

В. Горшешников.

ЛИТОГЕНЕЗИС (образование горных пород), одна из фаз геологич. цикла, заключающаяся в отложении на дне морских бассейнов гальки, песка, глинистого и известкового ила, которые, накопляясь, образуют толщи осадочных пород. Процессами горообразования (фаза орогенезиса) горизонтально залегающие породы изгибаются в складчатые горы, разбиваемые на отдельные участки тектонич. трещинами, по к-рым иногда поднимаются на поверхность земли изверженные массы. Образовавшиеся горы разрушаются агентами атмосферы (перемена темп-ры, вода, лед, ветер) и продукты разрушения пород (галька, песок, ил) сносятся ручьями и реками в моря (фаза глиптогенезиса), где они вновь отлагаются, завершив т. о. геологический цикл.

П. Топольницкий.

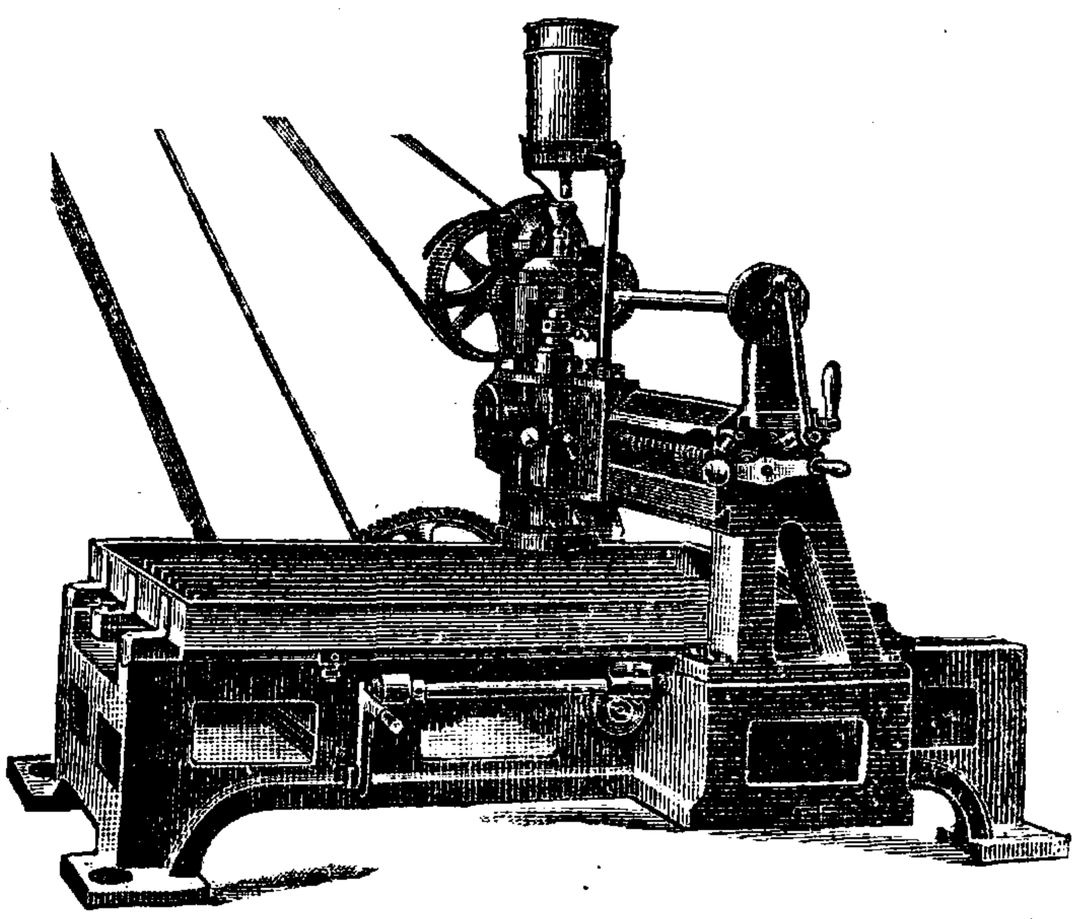
ЛИТОГРАФИЯ, способ печатания с плоской поверхности, где печатной формой является особый вид плотного известняка—т. н. литографский камень.

Основы литографского процесса. Главной составной частью литографского камня является углекислый кальций, $CaCO_3$, обладающий свойством: 1) легко впитывать и удерживать жиры и 2) поддаваться воздействию некоторых кислот (азотной, серной, соляной, фосфорной и др.). Литографская тушь и карандаш, которыми наносится на камень рисунок, представляют собой сплавленную смесь мыла, сала, воска и смол. Эта смесь образует с $CaCO_3$, при действии содержащихся в ней жирных кислот (олеиновой, стеариновой, маргариновой и т. п.), нерастворимые в воде, слабых к-тах и скипидаре соли жирных к-т, в частности олеомаргариновокислый кальций. Хотя мыло и одно в состоянии образовать в слое камня необходимый олеомаргариновокислый кальций, но оно вследствие чрезмерной мягкости неудобно для рисования; кроме того одно мыло неспособно в достаточной мере защитить камень от действия к-ты. Воск и смолы, являясь цементирующим веществом, придают литографским карандашам и туши необходимую твердость и остроту штриха, увеличивая в то же время его сопротивляемость действию к-ты. Под действием азотной к-ты на поверхности чистых мест камня, свободных от карандаша и туши, $CaCO_3$ превращается в азотнокислую соль кальция, менее восприимчивую к жирам. Эта соль хотя и растворима в воде, но в значительных количествах адсорбируется $CaCO_3$. Кроме того поверхность камня, свободная от туши или карандаша, растворяясь в кислоте, дает рисунку некоторый, весьма незначительный рельеф. Серная и соляная кислоты производят на камень почти то же действие, но они имеют следующие недостатки: от действия соляной к-ты на поверхности камня образуется хлористая соль, весьма гигроскопичная и легко растворимая в воде, а потому легко смываемая с камня; от действия же серной кислоты образуется сернокислая соль, имеющая склонность слоиться и непрочно держаться на камне. Щавелевая и фосфорная кислоты действуют аналогично азотной и в некоторых случаях даже лучше последней, но они дороги и употребляются только при корректурах, при подготовке камня для гравирования, для нанесения негативного рисунка, а также при выворотных (негативных) переводах. Если нанесенный рисунок после обработки его кислотой смыть скипидаром, то сойдет только краска, растворяющаяся в скипидаре, рисунок же, состоящий теперь уже из олеомаргариновокислого кальция, сохранится на поверхности камня в виде светлых, блестящих штрихов, т. к. олеомаргариновокислый кальций нерастворим

в скипидаре. Камень с рисунком, обработанный кислотой и смытый скипидаром, увлажняется водой и накатывается при помощи валика печатной краской. Растертая на масле краска, являясь зажиривающим веществом, будет восприниматься только олеомаргариновокислым кальцием рисунка, способным впитывать и удерживать жиры. Азотнокислая соль кальция, т. е. места, свободные от рисунка, краски воспринимать не будут. В этом, строго говоря, и заключается процесс литографского печатания. На практике изложенный процесс несколько усложняется. Это вызвано, с одной стороны, желанием получить с одной формы возможно большее количество оттисков, а с другой—необходимостью получить чистые и четкие отпечатки с очень тонких и нежных рисунков. Для этого в азотную кислоту при травлении добавляют раствор гуммиарабика, который, во-первых, делает травящую жидкость менее подвижной, отчего травление камня идет более равномерно, а во-вторых, проникая в поры камня, обеспечивает адсорбцию азотнокислого кальция. Перед травлением камень припудривают порошком талька, который пристает к жирному рисунку и образует на его штрихах тонкую корочку, увеличивающую сопротивляемость рисунка травлению. Еще более прочная корочка (резерв) образуется от припудривания рисунка канифолью, которая расплавляется потом пламенем бензинового фонаря.

Литографский камень (см.). Камни по твердости разделяются на три сорта: т в е р д ы е (синевато-серые), с р е д н и е (белые) и с л а б ы е (желтовато-белые). Камни разных сортов неодинаково воспринимают жиры и поддаются обработке кислотой. Поэтому для различных работ требуются и различные камни. Твердые камни хорошо поддаются гравировке, дают ясный, четкий и острый штрих, но зато плохо воспринимают жиры: литографскую тушь и особенно карандаш. Слабые камни хорошо воспринимают жиры, но слишком сильно реагируют с кислотой и потому пригодны лишь для грубых работ, так как тонкий рисунок м. б. легко стравлен. Лучшими камнями для непосредственной работы на них (для т. н. оригинальных работ) считаются белые, средние по твердости камни. Для какой бы работы камень ни предназначался, он должен быть чистым и однородным в своем строении. Только для очень грубых работ можно пренебрегать такими дефектами камня, как точки, нити, мраморообразные разводы. Эти дефекты, вводя в заблуждение глаз даже опытного литографа, дают самые неожиданные результаты при печати. Камень, имеющий нити (жилы), состоящие из углекислой извести, не позволяет хорошо выкатать рисунок краской, так как известь жадно поглощает влагу. Вкрапленные в породу кристаллы кремния и жилы из окиси железа совершенно не принимают краски. Трещины в камне могут повлечь за собой поломку в станке или машине или же будут давать на отпечатке белые царапины.

Перед работой камень шлифуют, для чего его укладывают на особый решетчатый стол, со стоком воды под ним, и на камень просеивают через сито крупный речной песок, который смачивают водой. Затем металлическим диском начинают равномерными круговыми движениями растирать песок по камню. Время от времени камень смывают водой и на него вновь просеивают песок. Для шлифовки служат и специальные машины с пемзовым кругом и автоматическ. смачиванием (фиг. 1). После такой предварительной шлифовки, в зависимости от предполагаемой работы, или еще более гладко шлифуют камень или же придают ему шероховатую, зернистую поверхность. В первом случае камень идет для гравировки, для работы

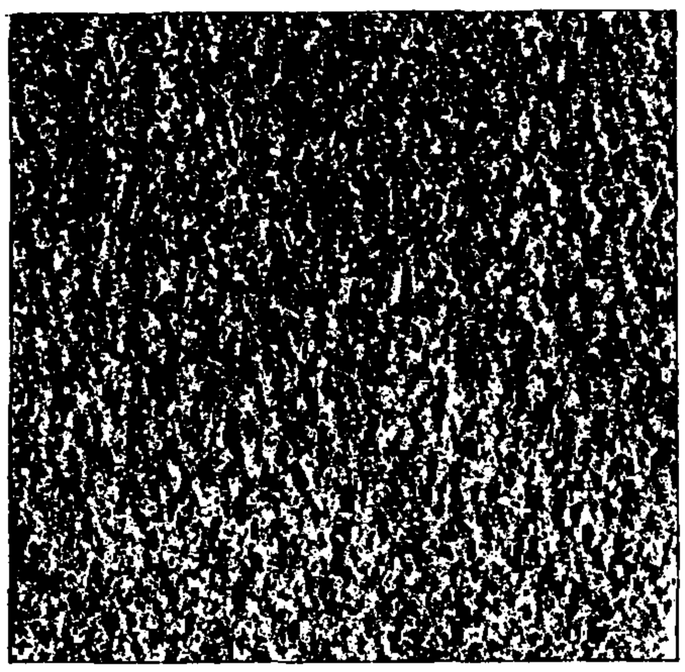


Фиг. 1.

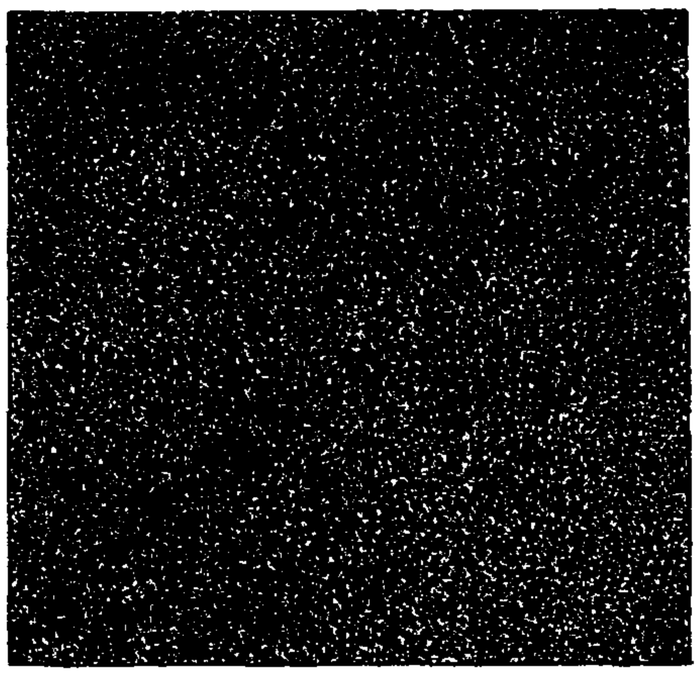
тушью и для переводов, такой камень называется г л а д к и м; во втором случае камень идет для работ карандашом и для выскребания по асфальту, этот камень называется к о р е ш к о в ы м, или к о р н о в а н н ы м. Гладкие камни еще несколько раз шлифуют куском пемзы с водой; для гравировки кроме того полируют наждачным или пемзовым сухим порошком при помощи суконного тампона. Корешковые камни после предварительной шлифовки обрабатывают п о д к о р е ш о к кварцевым песком без увлажнения. От характера растирания, от крупности песка и от продолжительности наводки зависит фактура поверхности камня, т. е. корешок. Для особенно о с т р о г о, чистого корешка употребляют иногда вместо песка толченое стекло или хрусталь.

Р а б о т а н а к а м н е. Для работы на камне имеются в продаже специальные химические литографские карандаши и тушь, главными составными частями которых являются сало и мыло. Чтобы наложенные штрихи не расплывались и держались на одном месте, постепенно высыхая, а также чтобы придать карандашу твердость и эластичность, добавляются воск и шеллак; для того чтобы наложенный штрих был ясно виден и было возможно давать градацию тонов, добавляется ламповая копоть. Наиболее испытанные рецепты даны: для туши—в табл. 1, а для карандашей—в табл. 2.

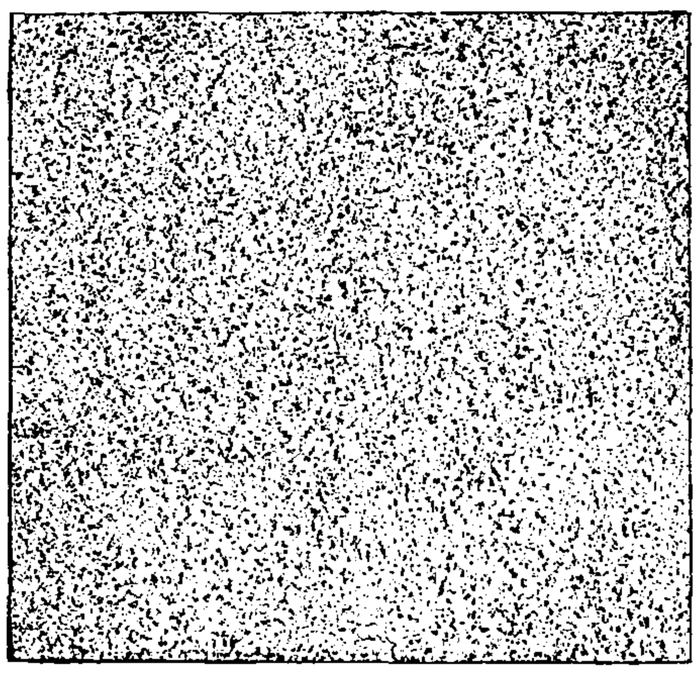
Н а н е с е н и е р и с у н к а. В Л. различают два вида исполнения: а в т о л и т о г р а ф и ю и р е п р о д у к ц и о н н у ю Л.



Работа боковой поверхностью карандаша.



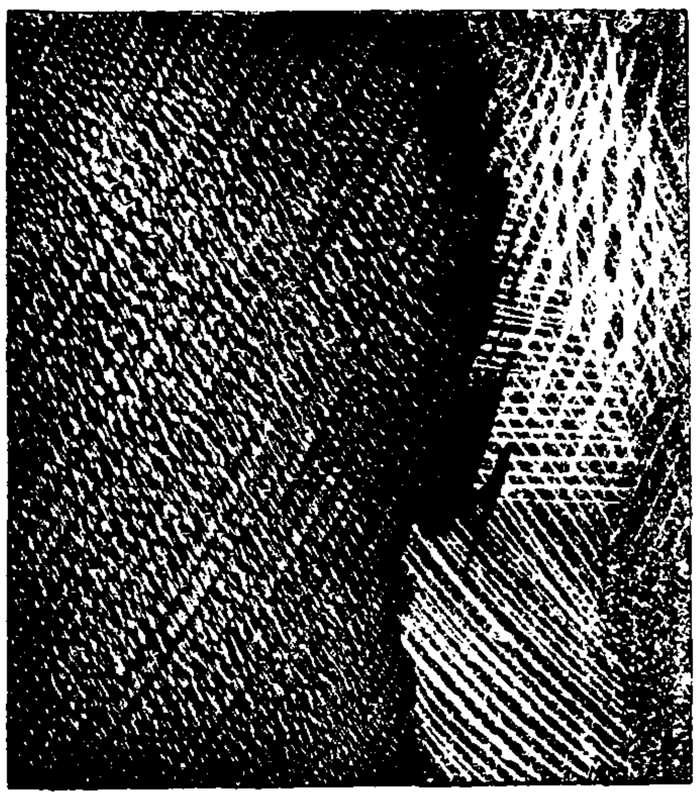
Выравнивание (заборка) тона.



Притирка фланелью.



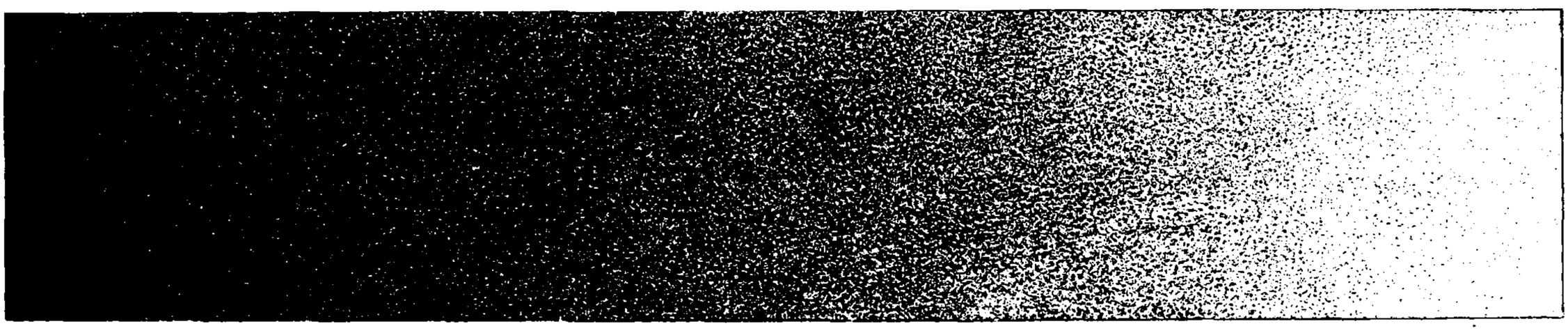
Свободный карандашный штрих (основная прокладка тона).



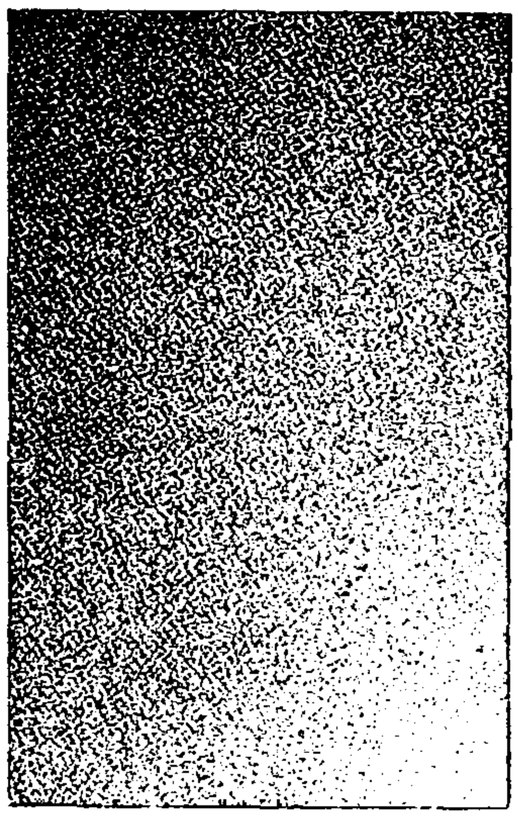
Выборка иглой и шабером.



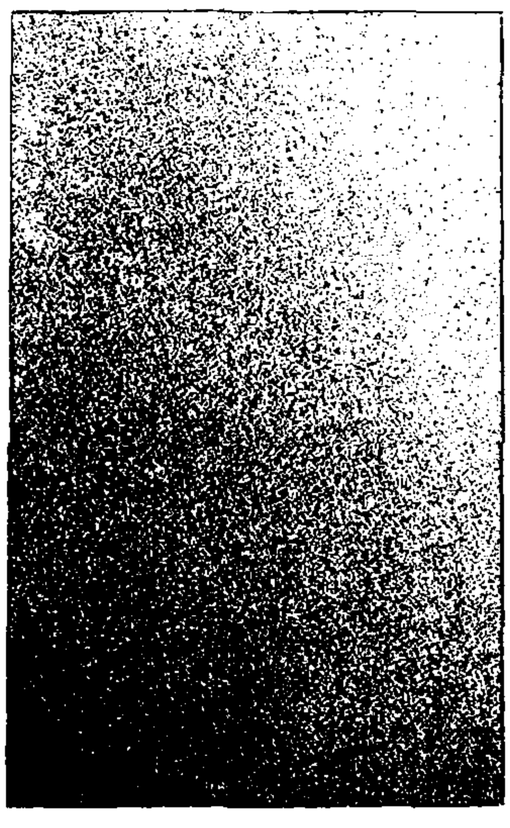
Комбинированная техника.

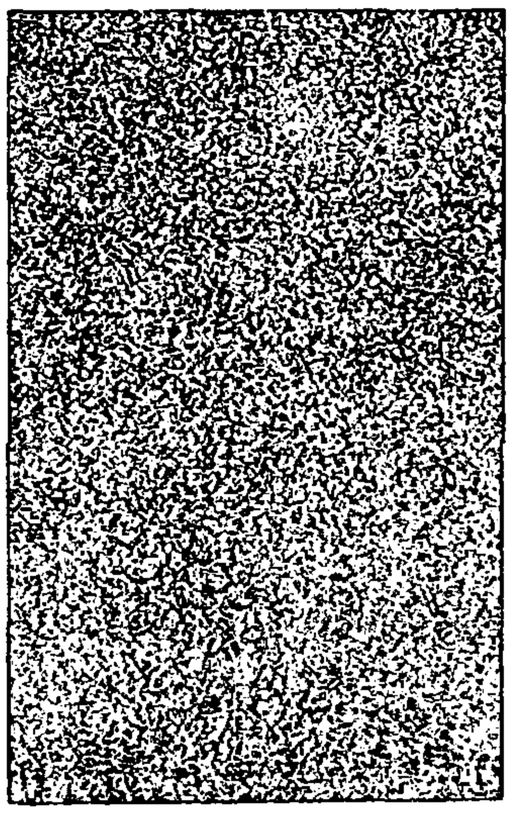


Разбег тона от светлого к темному.

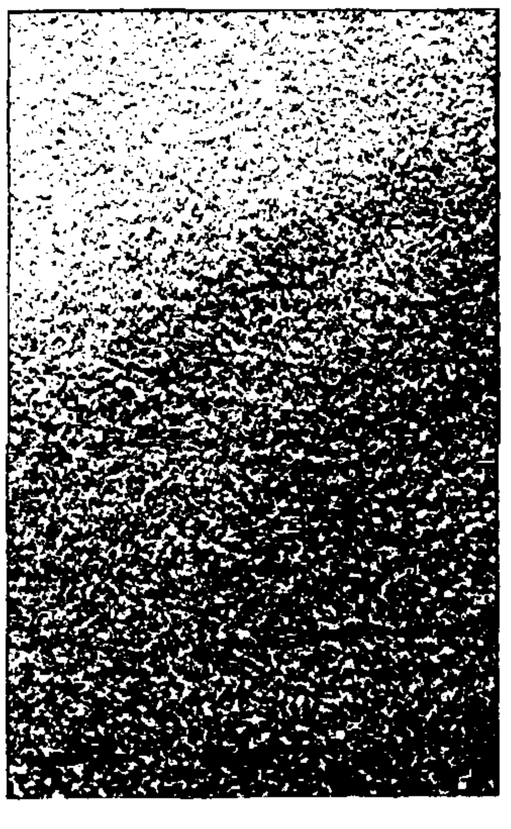


На немецком корн-папире.





На обыкновенной бумаге, пропущенной через голандер.

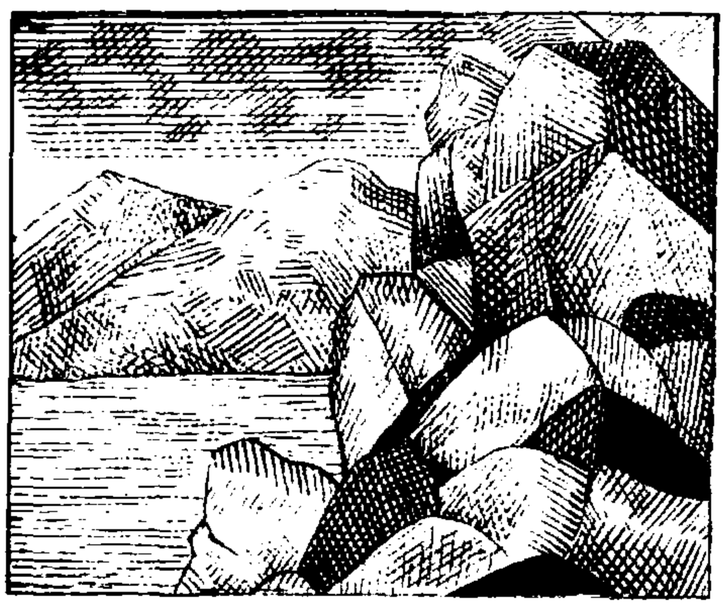


На слоновой бумаге.

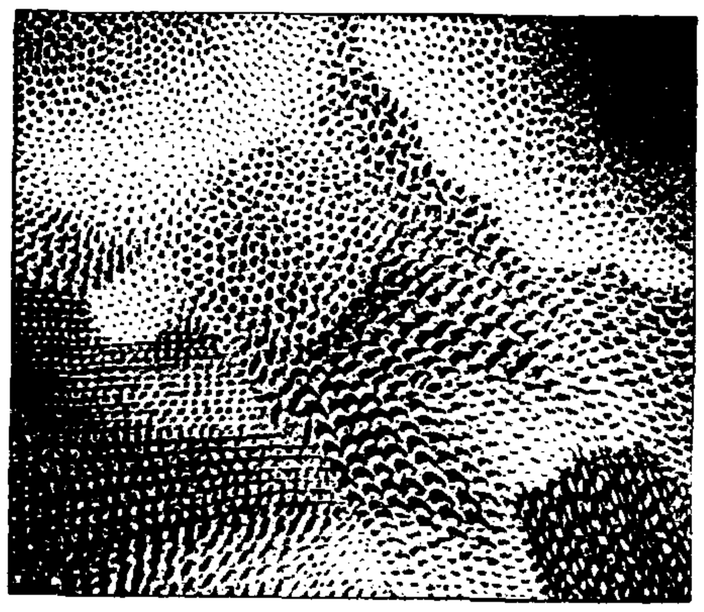
Таблица образцов техники работы на корешковом камне и автографских бумагах.

„ГЕОКАРТПРОМ" Москва.

ЛИТОГРАФИЯ



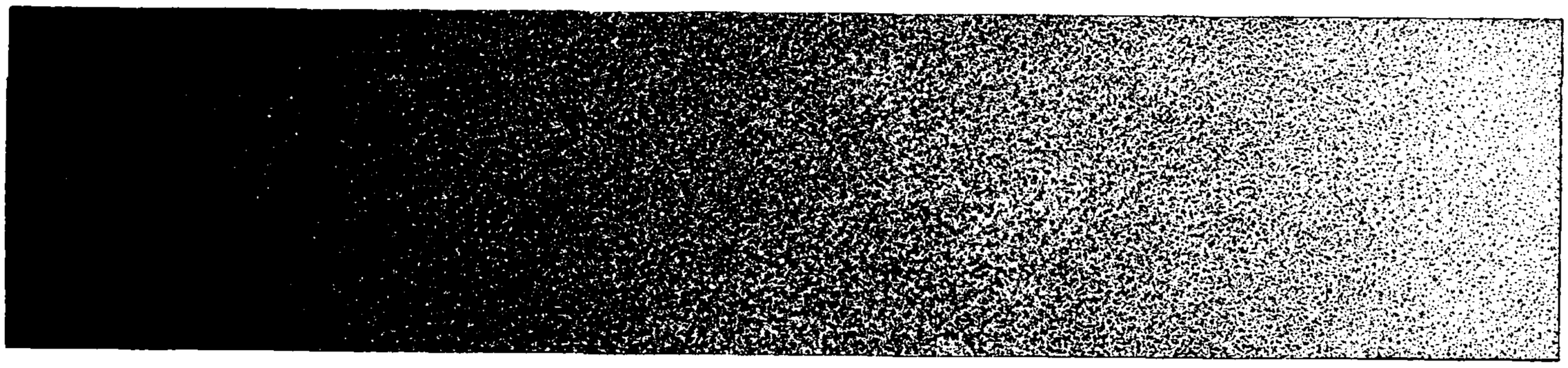
Работа пером.



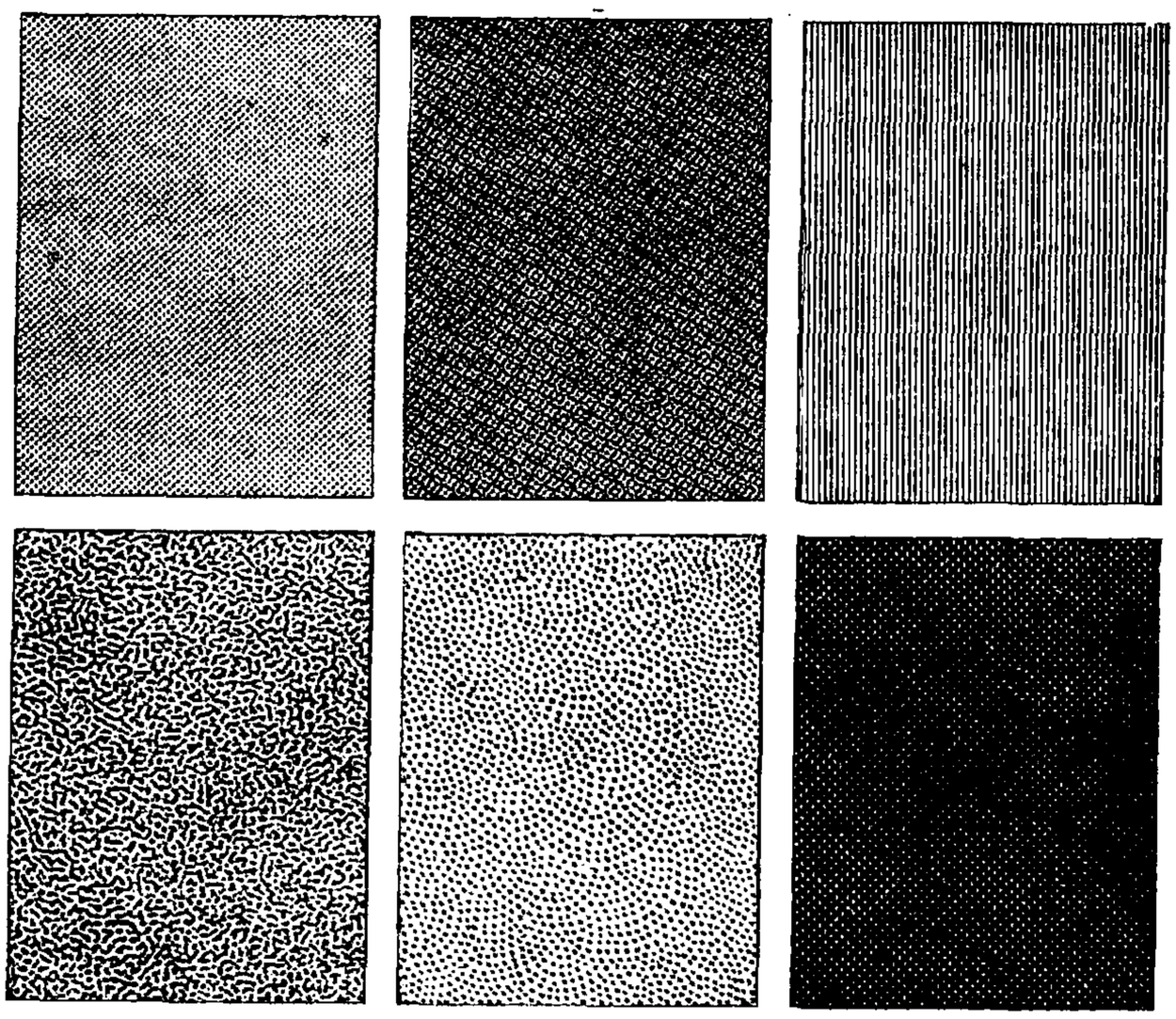
Пунктирная манера.



Работа сухой щетинной кистью.



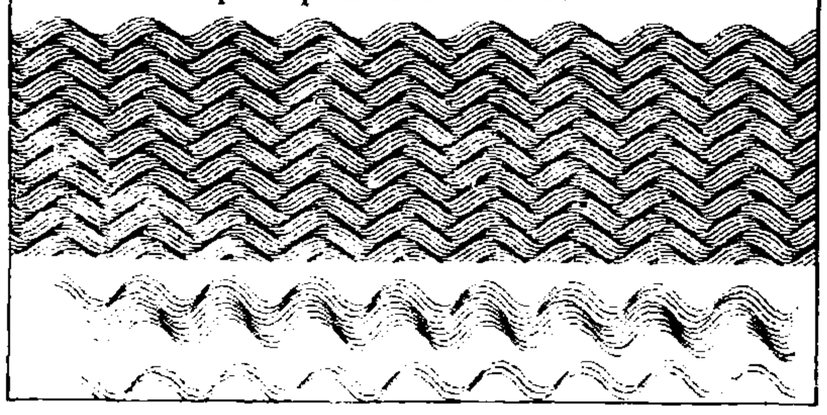
Сплошная заливка тушью и брызги.



Тангирные сетки.



Гравировка этикета.



Машинная гравировка.



Выскребание по асфальту шабером, иглой, резиной „родоль“ и наждачной бумагой.

Таблица образцов техники работы на гладком камне тушью, выскребания по асфальту и гравировки.

„ГЕОКАРТПРОМ“ Москва

Табл. 1.—Составы для литографской туши (в весовых частях).

№ рецептов	Рецепты	Марсельское мыло	Желтый воск	Белый воск	Чистое сало	Мастика в зернах	Шеллак	Сода	Асфальт	Уншлитт	Тонкая ламповая копоть	Канифоль	Вода
1	Лемерсье	6,5	2,0	—	1,5	—	3,0	—	—	—	1,5	—	—
2	»	1,0	1,0	—	1,0	—	1,0	—	—	—	1,0	—	—
3	Десмадриль . . .	11,0	—	20,0	—	5,0	14,0	—	—	—	4,5	—	—
4	—	5,0	—	—	—	5,0	25,0	5,0	—	—	2,0	—	—
5	—	6,0	6,0	—	3,0	—	—	—	—	—	2,0	—	—
6	—	5,0	6,0	—	—	2,5	6,0	—	2,0	5,0	1,5	—	62,5
7	—	21,0	12,0	12,0	—	10,5	24,0	—	7,5	21,0	5,0	—	250,0
8	Игоряинова . . .	90,0	24,0	—	18,0	—	32.0	—	—	—	18,0	—	—
9	Вейсгаупта . . .	16.0	—	10,0	10,0	—	14,0	—	—	—	5.0	—	—
10	Симоненко	7,0	—	14,0	—	3,0	10,0	—	—	—	3,5	1,0	—
11	»	11,0	11,0	—	3,0	1,0	4,0	—	—	—	3,0	—	—
12	»	24,0	—	8,0	6,0	—	12,0	—	—	—	3,0	—	—

Табл. 2.—Составы для литографских карандашей (в весовых частях).

№ рецептов	Рецепты	Желтый воск	Белый воск	Белое марсельское мыло	Чистое баранье сало	Селитра	Шеллак	Сода	Мастика	Спермацет	Бура	Вазелин	Ламповая копоть	Вода	Сиккатив
1	Энгельмана . .	32,0	—	24,0	4,0	1,0	—	—	—	—	—	—	7,0	—	—
2	—	12,0	—	8.0	2,0	—	8,0	1,0	—	—	—	—	4,0	—	—
3	Дерya	32,0	—	11,0	12,0	1,0	—	—	—	—	—	—	6,5	—	—
4	—	—	32,0	24,0	—	—	8,0	—	—	16,0	—	—	12,0	—	—
5	Английский . .	30.0	—	20,0	25.0	—	15,0	—	—	—	—	—	6,0	—	—
6	—	32.0	—	8,0	2,0	—	24,0	1,0	—	—	—	—	4,0	—	—
7	Кнехта	10,0	—	7,5	1,25	0,3	0,5	—	—	—	—	—	2,0	2,0	0,5
8	Виллана	7,5	—	10.0	—	—	0,75	—	—	—	0,25	2,5	2,0	1,5	—
9	Игоряинова . .	8,0	—	6,0	—	—	2,0	—	—	—	—	—	2,0	—	—
10	—	—	6,0	2,0	4,0	—	2,0	—	1,0	—	—	—	2,0	—	—

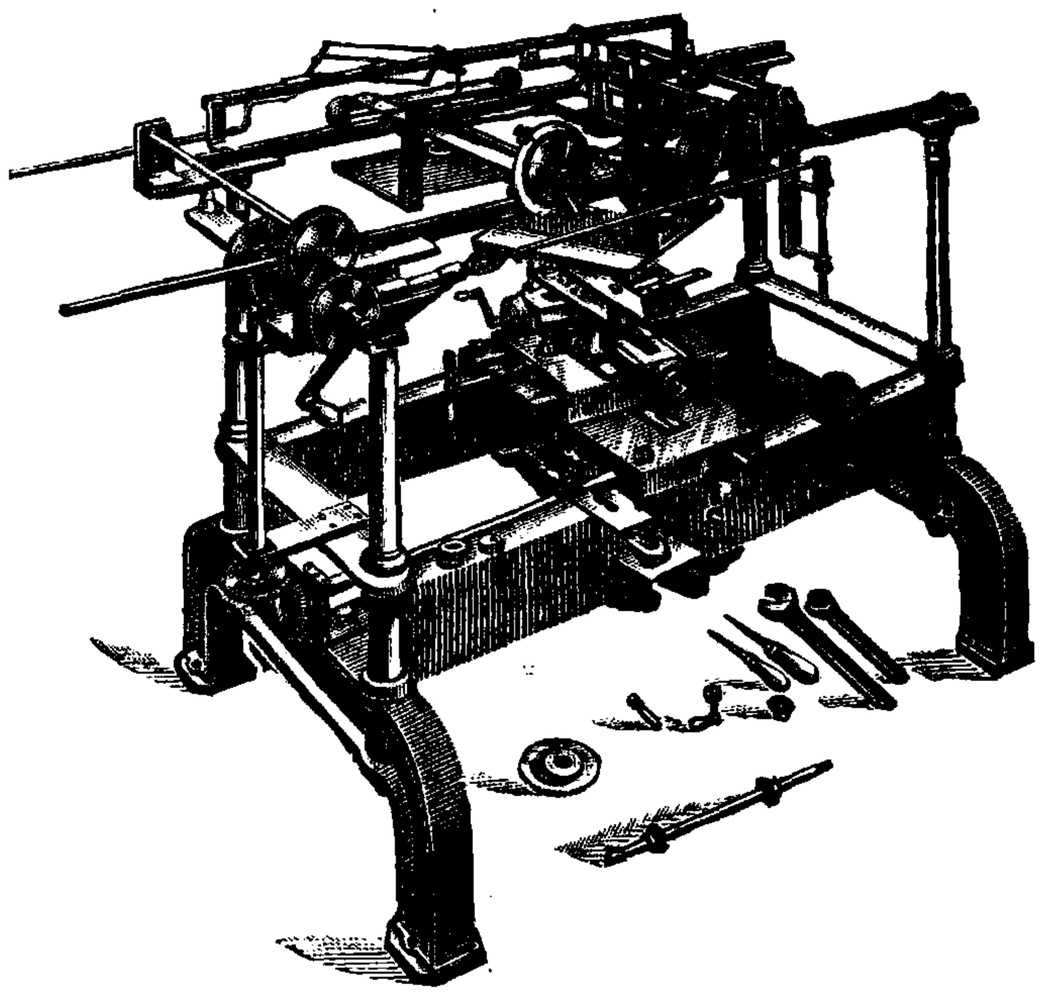
Под первой разумеют такой характер исполнения, когда на камне работает сам автор-художник. Репродукционная Л. отличается от автолитографии тем, что здесь воспроизводят уже готовый оригинал. Как во всякой печатной форме, рисунок на камне должен иметь обратный, зеркальный вид. Поэтому изображение непосредственно на камень наносится только в автолитографии, да и то редко. Обычно всегда с рисунка делается предварительный контурный перевод на камень, что облегчает рисование и дает возможность легче ориентироваться на отдельных участках рисунка. В репродукционной Л. такой контурный перевод абсолютно необходим. Здесь переводят не только очертания самого изображения, но и границы переходов тона и цвета. Такой контур называется а б р и с о м. Абрис делается или на обыкновенной кальке, или на особой прозрачной гуммированной бумаге, или на желатиновых пленках, в зависимости от сложности рисунка. На кальку абрис переводится обыкновенным свинцовым карандашом, после чего передавливается на камень острой палочкой или карандашом через бумагу, натертую крокусом. Более сложные абрисы на прозрачной гуммированной бумаге (на т. н. п е л ю р е, или п л ю р е) делаются литографской тушью пером. Чтобы абрис не был запутанным и в нем можно было бы легче разобраться, темные места слегка заштриховывают. Для особо сложных оригиналов абрис делается на прозрачных желатиновых листах, на которых он выгравировывается очень тонкой и острой иглой.

Работа на гладком камне тушью по своей технике довольно разнообразна. Здесь возможна работа пером и кистью во всей широте их применения. Особенно характерна для Л. разновидность работы пером, т. н. п у н к т и р н а я м а н е р а, состоящая в том, что сила тона и фактура рисунка зависят от густоты и системы расположения точек, сделанных пером. Для больших площадей очень хорошие результаты дает техника забрызгивания, сущность к-рой состоит в том, что данное место рисунка забрызгивается тушью при помощи зубной щетки. Кроме ручных брызг в литографии употребляются т а н г и р ы (Tangierplatten), которые представляют собою прозрачные пластинки из плотной эластичной массы, натянутые на деревянные рамы, с нанесенными на них рельефными точками или штрихами в различных комбинациях. Наружную сторону тангирной пластинки (рельеф) закатывают при помощи валика жирной литографской краской, накладывают на камень и притирают с другой стороны косточкой или деревянным лощилом. От этого краска, нанесенная на рельеф тангирной пластинки, переходит на камень и дает ровную, красивую фактуру. Для правильного наложения тангирной пластинки существуют специальные станки. При умелом использовании характера брызг или при надлежащем подборе и комбинации тангирных пластинок получаются очень эффектные результаты. Для того чтобы брызги или тангир легли на свое место, не выходя из отведенных им границ, всю остальную поверхность камня покрывают гуммиарабиком, который потом легко смывается вместе с излишними брызгами или тангиром. На корешковом камне работа значительно легче, так как литографский карандаш дает возможность наносить тона различной силы только в зависимости от нажима

и густоты штриха. Здесь также возможно применение заливок тушью, работа пером и брызгами, но отпечатки не получатся такими острыми и ровными, как на гладком камне. При работе на гладком камне и на корешке употребляются еще особые инструменты, так называемые ш а б е р а, и особые вделанные в дерево (наподобие карандаша) стальные и г л ы. Эти инструменты облегчают работу литографа и расширяют его возможности в смысле разнообразия обработки поверхности камня. Иглой или шабером можно ослабить нанесенную тушовку, смягчить переходы тона и убрать ошибочно положенный штрих; кроме того они служат и в качестве самостоятельных инструментов по обработке рисунка, со свойственными только им особенностями и своеобразием. Особенно велика их роль при выскребании по асфальту и при гравировке на камне. Самый употребительный шабер представляет собою маленький обоюдоострый нож с тяжелой металлич. ручкой. Иглы различаются как по форме затачивания, так и по форме и толщине сечения.

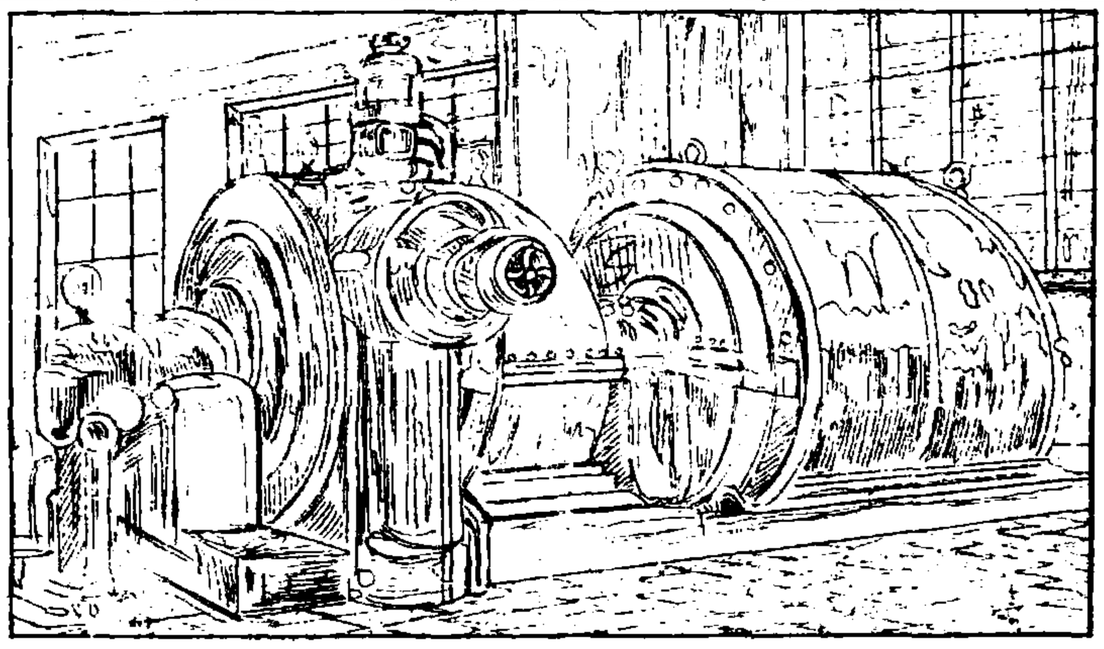
Разновидность литографской работы, называемая в ы с к р е б а н и е м п о а с ф а л ь т у, заключается в следующем. Корешковый камень закатывают тонким слоем сирийского асфальта, разведенного в скипидаре (20 *г* асфальта на 80 *г* скипидара). На высушенный камень переводят при помощи крокуса рисунок и выскребают светлые места рисунка шабером, иглой или перочинным ножом. Самые сильные (темные) места рисунка оставляют нетронутыми, а самые светлые соскабливают до полного удаления асфальтового слоя. Кроме шабера и иглы при работе на асфальте употребляют наждачную бумагу и резину «Родоль». Ошибки исправляют нанесением жидкого асфальта кисточкой. В репродукционной Л. эта техника с успехом применяется при исполнении «о л е о г р а ф и й», т. е. оригиналов, написанных масляными красками, так как здесь лучше, чем в другой какой-либо технике, удается передача мазков кисти. Отсюда и произошло название «олеография», т. е. литография, имитирующая масляную живопись. Чтобы оттиск еще больше был похож на масляную живопись, его или пропускали через валы голландера, имитируя фактуру полотна, или на асфальтированном камне оттискивали кусок холста, глубоко процарапывали места, соответствующие сильным и характерным мазкам кисти, и, сильно протравив до получения значительного рельефа, готовые оттиски пропускали в машину на чистый камень без краски. В обоих случаях оттиск получался как бы сделанным на полотне. Чтобы еще больше усилить это впечатление, оттиски потом покрывали прозрачным лаком.

Наиболее трудной литографской техникой является г р а в и р о в а н и е н а к а м н е, которое применяется при исполнении географических карт, этикетов, чертежей и т. п. работ, требующих острого, четкого штриха. Камень для гравирования приготовляется так. Тщательно отшлифованный и отполированный камень обрабатывают азотной кислотой или слабым раствором щавелевой к-ты, делая т. о. камень невосприимчивым к жирам. Затем при помощи мягкой щетки или губки камень покрывают грунтом, состоящим из кальцинированной сажи или ламповой копоти с небольшим количеством спирта, воды и гуммиарабика. Когда грунт засохнет, переводят на камень абрис рисунка при помощи крокуса или (в сложных рисунках) перетискивают абрис, сделанный на пелюре литографской тушью. Для этого абрис кладут на камень и протаскивают в литографском станке. Перетиснутый на камень абрис припудривают крокусом или ультрамарином, смахивают излишки порошка кистью, и тогда абрис четко выступает на черном фоне грунта камня. После этого приступают к гравированию остро отточенными иглами. Прорезанные иглой штрихи обнажают чистый камень, который теперь остается только зажирить, чтобы получить оттиск. Неправильно проведенные штрихи соскабливаются шабером и закрываются грунтом с кислотой. Для гравирования прямых и волнистых линий имеются специальные машины (см. *Гравирование*). На фиг. 2 изображена универсальная гравировальная машина.



Фиг. 2.

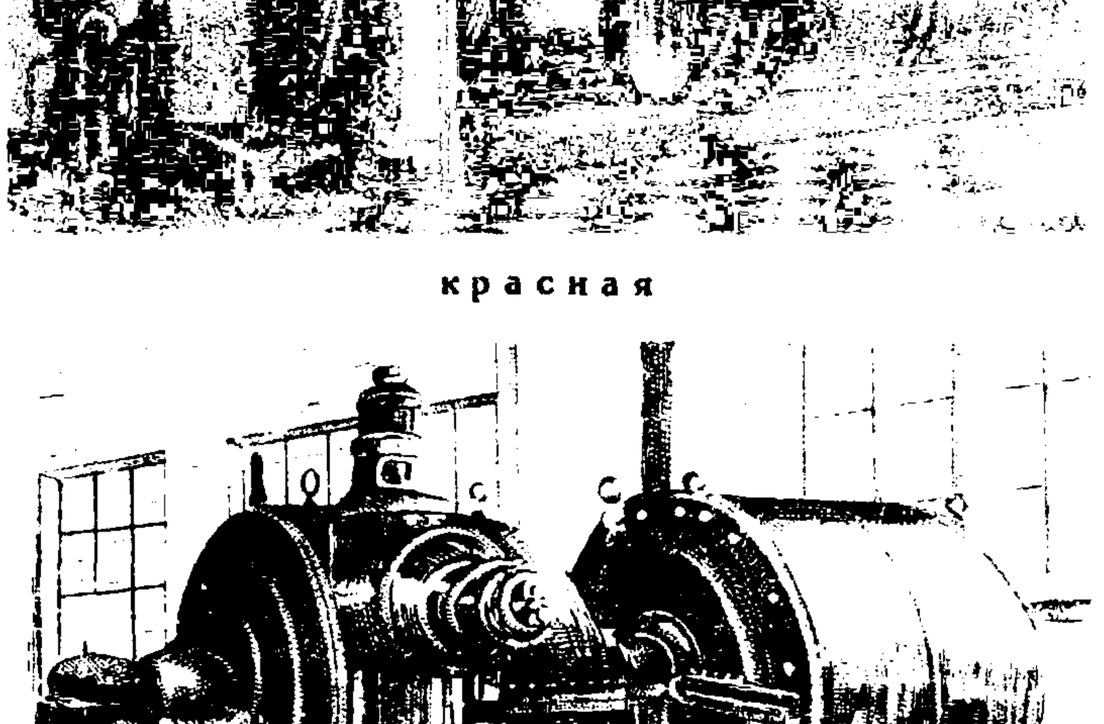
Х р о м о л и т о г р а ф и я, т. е. многоцветная Л., по своей технике почти ничем не отличается от вышеописанных способов Л. Самая главная и важная особенность хромолитографии—разложение репродуцируемого оригинала на его составные цвета. Эта задача заключается в том, чтобы, во-первых, определить те основные цвета, совокупность которых могла бы передать данный оригинал; во-вторых, выбрать технику работы, наиболее соответствующую характеру оригинала, и, в-третьих, найти такие цвета и в такой комбинации, чтобы ограничиться наименьшим количеством красок, а следовательно наименьшим количеством камней и прогонов машины. Для этого снимают с рисунка абрис, переводят его на камень и делают со всех четырех сторон на полях камня при помощи рейсфедера крестики-метки тушью; поля размером не менее 3—4 *см* должны быть оставлены у всякого рисунка. Кроме того на одном из полей кам-



абрис

желтая

голубая



контур

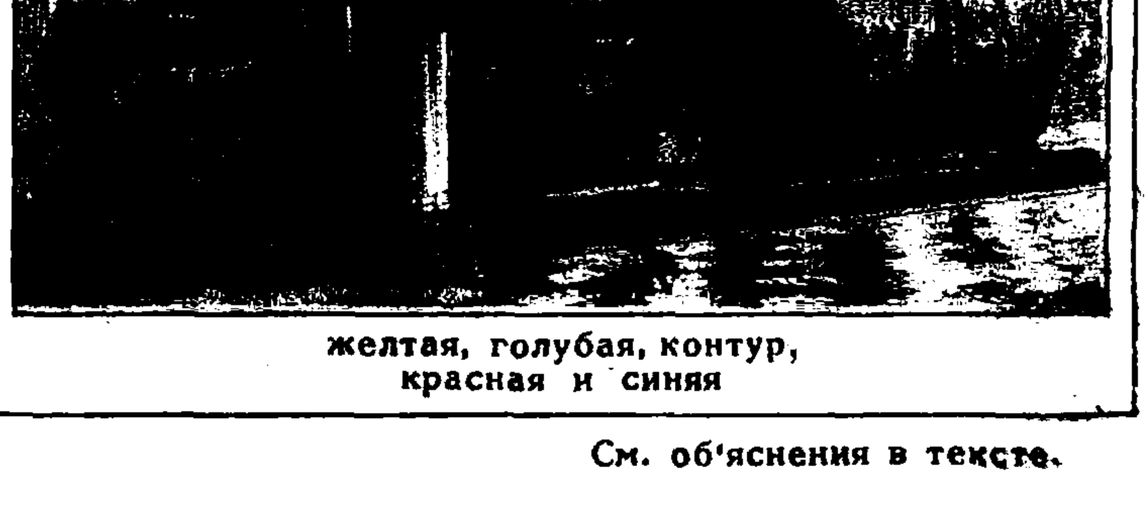
желтая и голубая



желтая, голубая и контур



красная



желтая, голубая, контур и красная

синяя

желтая, голубая, контур, красная и синяя

Т. Э.

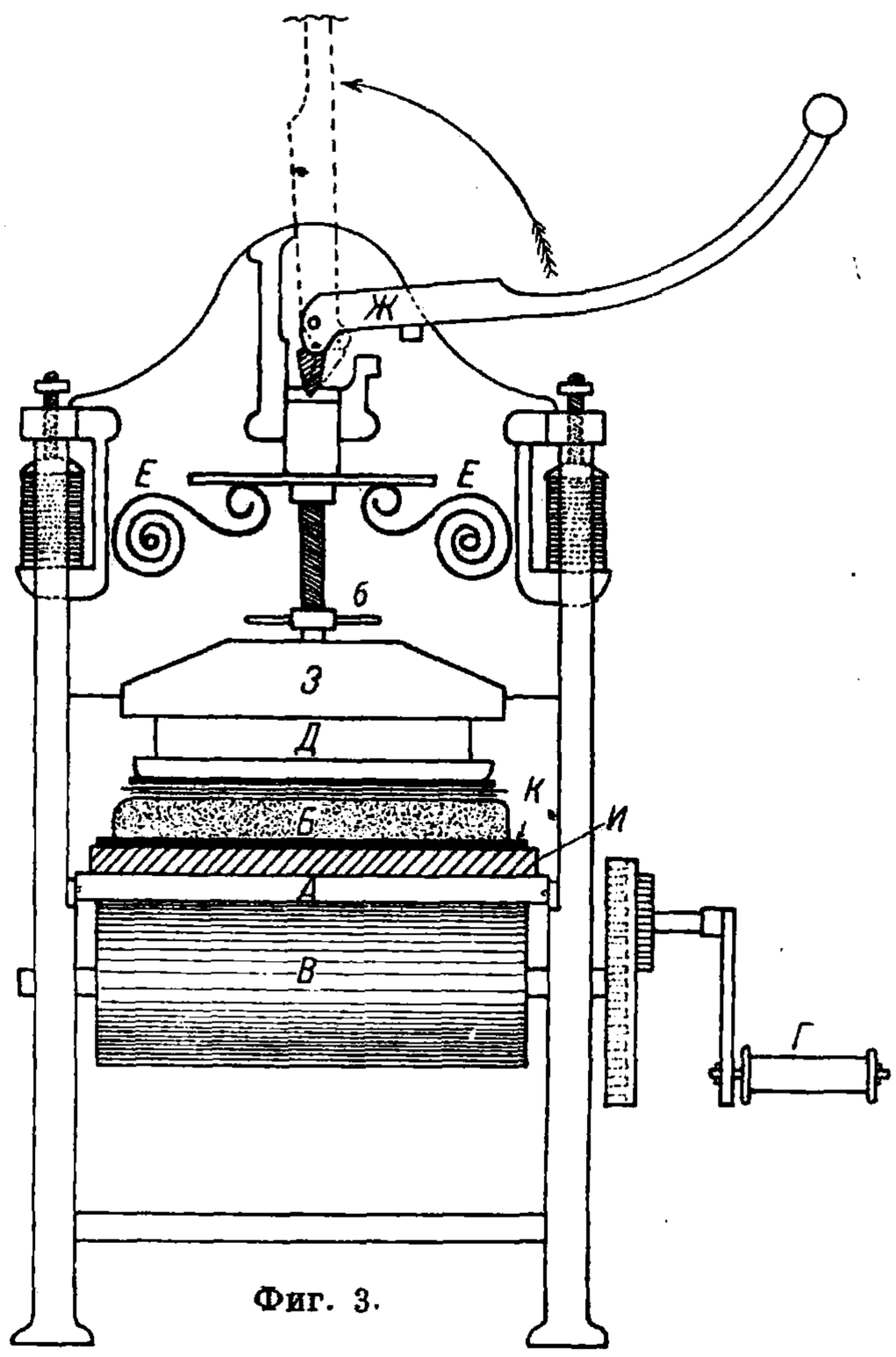
См. об'яснения в тексте.

ня вычерчивают ряд маленьких прямоугольников, т. н. р е м а р о к, или ш а ш е к, число к-рых соответствует числу красок данной хромолитографии. Крестики нужны печатнику для точного наложения одной краски на другую, а ремарки—для определения правильности цвета в его максимальной силе. С этого камня делаются с у х и е, или б л е д н ы е, переводы на такое количество камней, сколько должно быть красок в данной хромолитографии. Далее хромолитограф на каждый камень переносит только один цвет, учитывая силу тона отдельных пятен, их отношения и тот результат, к-рый должен получиться от наложения этого цвета на другой. Кроме того хромолитограф должен учитывать последовательность наложения красок при печати, т. к. если печатать напр. синюю краску на желтую, то цвет получится синевато-зеленый, а если, наоборот, печатать желтую на синюю, то получится желтовато-зеленый цвет. Работа хромолитографа усложняется еще тем, что каждый цвет приходится передавать при помощи черного карандаша и черной туши, учитывая силу тона, какая должна получиться при печати надлежащей краской. Для того чтобы при печати на машине можно было точно подобрать нужную краску, хромолитографы на каждом отдельном цвете (на камне) заливают одну ремарку тушью. Тогда при пробе ремарки дадут шкалу цветов в их полной силе; подобрать краски в машине по этой шкале уже не представляет больших затруднений. Образцы различных техник работы на гладком и корешковом камнях, а также последовательность наложения красок при печатании хромолитографий изображены на вкл. листе.

А в т о г р а ф с к и е и п е р е в о д н ы е б у м а г и. Под этим названием в литографии разумеют бумагу, покрытую особым слоем, позволяющим делать переводы рисунка с одного камня на другой или делать непосредственно на ней, как на камне, литографские рисунки. Всякую переводную бумагу можно назвать автографской, если непосредственно на ней делается рисунок. К о р н-п а п и р о м называется такая автографская бумага, которая имеет зерно (корешок). Преимуществами таких бумаг является, во-первых, то, что здесь рисунок делается в прямом, а не в обратном виде; во-вторых, обращение с бумагой гораздо проще, чем с камнем. Недостатком их являются гораздо меньшие изобразительные возможности и ограниченность техники; здесь невозможно широкое применение шабера, иглы, работы по грунту и пр. В продаже имеются различные сорта крытых бумаг. Наиболее высокими по качеству считаются: берлинская и китайская переводные бумаги, французская прозрачная (или пелюр) и немецкий корн-папир с баритовой подслойкой и искусственно нанесенным на нем рельефом (зерном).

Т р а в л е н и е к а м н я и п е ч а т ь н а с т а н к е. Камень с рисунком перед травлением припудривают порошком талька, излишки которого смахивают ватой. Затем равномерно покрывают весь камень в ы т р а в к о й при помощи мягкой губки. Примерный состав вытравки: 100 ч. воды, 10 ч. гуммиарабика и 1—2 ч. азотной кислоты. Твердый камень и рисунок, сделанный тушью, требуют более сильного травления, чем слабый камень и рисунок, сделанный карандашом. Ослабляют вытравку добавлением жидкого гуммиарабика, а усиливают или добавлением к-ты или продолжительностью самого травления. Протравив камень, его «смывают» водой и закрывают раствором чистого гуммиарабика. Гуммиарабик рекомендуется разводить в холодной воде и добавлять в него немного нашатырного спирта и глицерина. Проф. Шварц рекомендует составлять раствор гуммиарабика так: на 100 частей воды брать 50 частей гуммиарабика и 1 часть формалина. Вместо гуммиарабика можно употреблять как для вытравки, так и для закрывания камня декстрин, который гораздо дешевле и вполне пригоден при грубых работах. Декстрин приготовляется так. обр.: в металлическую миску наливают воды и засыпают декстрин (примерно 150 *г* на 1 *л* воды), ставят миску на умеренный огонь, время от времени помешивают палочкой. Когда все распустится и масса начнет кипеть, миску снимают с огня и процеживают декстрин сквозь тряпку.

Для получения с камня пробного оттиска имеются р у ч н ы е л и т о г р а ф с к и е с т а н к и. Станок (фиг. 3) состоит из под-



Фиг. 3.

вижной деревянной тележки *А*, на которую кладется камень *Б*. Эта тележка лежит на металлич. валу *В*, к-рый соединяется зубчатками с ручкой *Г*. Над тележкой установлен пружинный пресс с деревянным брусом *Д*, нижние ребра к-рого стесаны и образуют острый угол. Этот брусок носит название р е б е р а. Лучшие ребера делаются из бука. Ребер вставляется в металлический паз *З*, ко-

торый благодаря пружинам *Е* и рычагу *Ж* может подниматься и опускаться, плотно нажимая на камень. Для регулирования нажима имеется винт *б*. На тележку для большей упругости кладется деревянная решетка *И*, закрытая войлоком *К*; последний накрывается листом цинка или линолеумом. Валики бывают кожаные, массные и резиновые. Первые разделяются на ворсовые и лицевые. Ворсовыми называются валики, обтянутые кожею внутренней (шероховатой) стороной вверх, а лицевыми—обтянутые кожею наружной (гладкой) стороной вверх. Ворсовые валики употребляются для накатывания плотных контурных красок, а лицевые, массные и резиновые—для накатывания более слабых красок (например в хромолитографии). Массные и резиновые валики гораздо лучше лицевых кожаных, так как с них легче смывается краска и они тоньше и равномернее ее накатывают. Камень с рисунками кладут на тележку станка, подводят под ребер и устанавливают давление пресса. Установив пресс, раскатывают валиком на плите краску тонким слоем, смывают с камня водой гуммиарабик и скипидаром—рисунок. Затем чистой нежирной тряпкой с водой смывают грязь с камня и, слегка увлажнив его, накатывают рисунок краской. Выкатав как следует рисунок, накладывают на него лист бумаги, на котором хотят получить оттиск, и накрывают еще одним или двумя листами мягкой бумаги. Сверху кладут п а п к у (лист английского картона), смазанную вазелином или салом, и подводят тележку с камнем под ребер. Между ребером и папкой кладется смазанный салом п о д р е б е р н и к (полоска картона немного большей длины, чем ребер, и шириною 8—10 *см*). Опускают рычаг пресса и протаскивают камень в станке. Ребер, нажимая через подреберник на смазанную салом папку, скользит по ней и перетискивает рисунок с камня на бумагу. Для получения второго, третьего и т. д. оттисков камень каждый раз увлажняют водой и накатывают краской уже без смывки скипидаром. Вместо скипидара можно рекомендовать так наз. венскую промывную тинктуру, которую наливают на камень и стирают тряпкой с небольшим количеством воды.

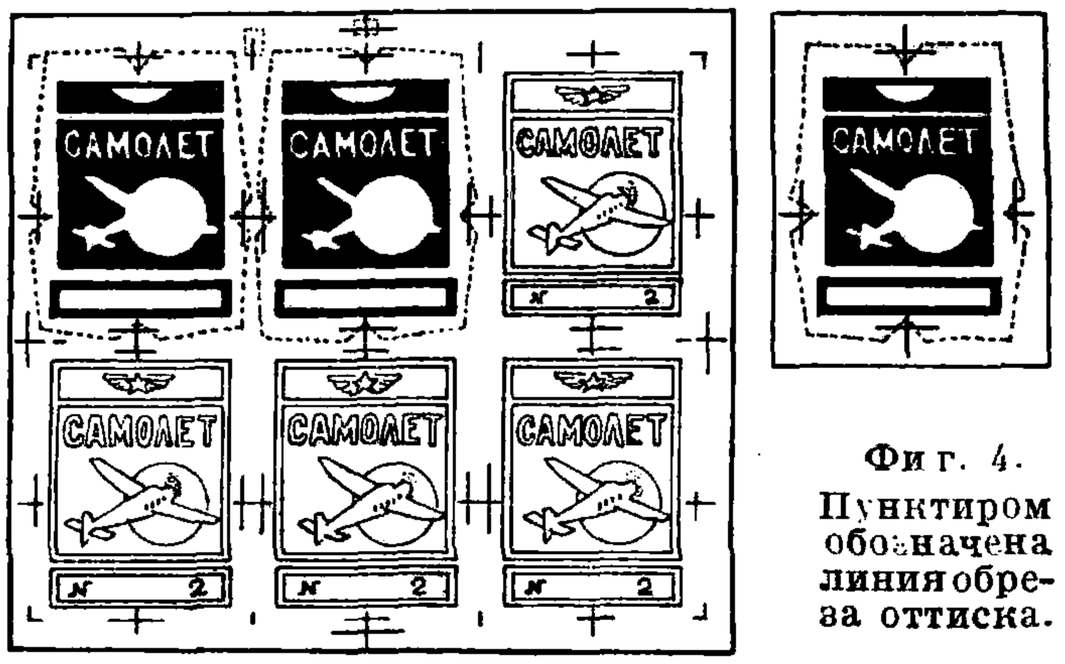
При к о р р е к т у р а х, когда нужно нанести новые штрихи на травленый камень, последний необходимо восстановить в прежнее состояние, т. е. сделать вновь восприимчивым к жирам. Это достигается обработкой камня уксусной кислотой или калиевыми квасцами. В первом случае азотнокислый кальций, находящийся на поверхности камня, переходит в уксуснокислый кальций и легко смывается водой, обнажая $CaCO_3$. Во втором случае, при обработке квасцами, образующаяся при гидролизе их серная к-та переводит азотнокислый кальций в сернокислый, который несравненно меньше адсорбируется $CaCO_3$ и легко смывается водой. Процесс восстановления камня (или, как принято говорить, к в а с ц е в а н и я) производится след. образом. Хорошо выкатанный краской рисунок припудривают тальком и канифолью, которые тщательно стирают ватой. Затем канифоль прижигают пламенем паяльной лампы. Расплавленная канифоль образует тонкую корочку на всех штрихах рисунка. Рисунок еще раз припудривают тальком и обливают раствором 10 *г* калиевых квасцов или 28 *см*³ обыкновенной уксусной эссенции в 400 *см*³ воды. Под одним из этих растворов камень стоит в течение 1—3 минут; затем его смывают водой и просушивают, после чего можно вновь наносить на него тушь или карандаш. После необходимых исправлений камень вновь травится. Удалить лишние штрихи, ослабить отдельные места рисунка или убрать грязные пятна можно шабером или же иглой. Большие пятна счищают пемзой. После этого также необходимо камень протравить еще раз в тех местах, где были сделаны подчистки. Травление камня и получение оттиска с рисунка, сделанного выскребанием по асфальту, отличается лишь тем, что здесь делается более сильное травление и после него рисунок скипидаром не смывают, а прямо накатывают краской по увлажненному камню. Но можно смывать и скипидаром, если камень перед закатыванием асфальтом ожирить маслом или мыльной водой. Обработка камня и печать с гравировки производятся след. обр. Камень заливают деревянным или льняным маслом на 10—15 м. (чтобы зажирить прорезанные штрихи), обтирают чистой тряпкой и забивают черной жирной краской при помощи тампона, свернутого из кирзы. Остатки грунта и краски смывают гуммиарабиком при помощи губки. Затем камень накатывают краской при помощи ворсового валика. Гравюра печатается под более сильным давлением пресса, с остро обструганным ребером, на мягкой, малопроклеенной и слегка отволоженной бумаге.

Печатание х р о м о л и т о г р а ф и и («пробы») на ручном станке требует от «пробиста» большого опыта, а главное, знания красок, их свойств, приемов смешения и пр. Так как в хромолитографии печатают цветными красками, то после смывки скипидаром камень рекомендуется слегка протереть деревянным маслом при помощи мягкой тряпки. Составив цвет краски, к-рая должна печататься первой, и оттиснув с этого камня нужное количество экземпляров, протыкают в полученных оттисках (в точках пересечения линий, образующих крестики) маленькие дырочки. Затем кладут на станок камень второго цвета, накатывают его надлежащей краской и просверливают на этом камне в крестиках тонкой иглой едва заметные углубления. То же самое делается и на всех камнях последующих красок. Оттиск первой краски надевают с обратной стороны на ножки специального штанген-циркуля (с двумя иглами, установленными точно по двум противоположным крестикам) и накладывают оттиск по дырочкам в крестиках камня второй краски. Т. о. достигается точное наложение одной краски на другую. Затем отнимают осторожно циркуль и делают оттиск второй краски. Так же тискаются третья, четвертая и т. д. краски. Отдельные оттиски каждого цвета называются ш к а л а м и. По этим шкалам будет подбираться

потом краска при печати на машине. В хромолитографии очень важен выбор олифы, к-рая д. б. чистой, прозрачной и соответствовать применяемой краске. Олифа бывает трех сортов: крепкая, средняя и слабая. Крепкая олифа берется для светлых, прозрачных, т. н. л а з у р н ы х красок; для более плотных, к р о ю щ и х красок берется более слабая олифа. Для ускорения высыхания краски, что особенно важно в многокрасочной печати, существуют специальные с у ш к и (копаловый лак, даммаровый лак, дуратин-электронор, сушащая паста, сикатив и др.).

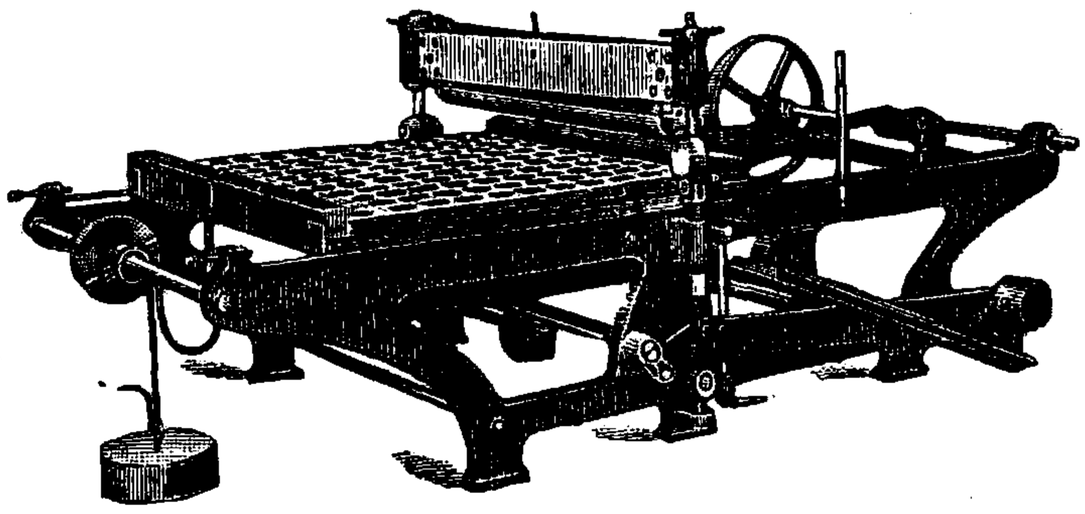
П е р е в о д ы н а к а м е н ь. Всякое изображение, сделанное не непосредственно на камне, а перенесенное на него механич. путем, носит название п е р е в о д а. Переводы различают машинные и оригинальные. Под м а ш и н н ы м и разумеют переводы, сделанные с оригинальных камней (т. е. с тех камней, на к-рых был сделан первоначальный рисунок). Оригинальные камни не идут для печати на машине, а хранятся в качестве «оригинала». Под о р и г и н а л ь н ы м и переводами разумеют такие, которые сами по себе являются оригинальными камнями, и перевод для машины делается уже с них. М а ш и н н ы й п е р е в о д делается след. образом. Берут толстую бумагу (папку), равную формату предназначенной для печати бумаги, и расчерчивают ее карандашом, отмечая места рисунков, линии разреза и поля; после этого папку натирают порошком канифоли. Камень с рисунком, с к-рого нужно сделать перевод, устанавливают в ручном станке и с него делают нужное количество оттисков специальной жирной переводной краской на крытую, или переводную бумагу. Такие оттиски называются ж и р н ы м и. Переводная краска может быть самостоятельно приготовлена по следующему рецепту: 60 вес. ч. желтого воска, 30 ч. ядрового мыла, 30 ч. марсельского мыла, 22 ч. венецианского скипидара, 4 ч. канифоли, 26 ч. лавандового масла, 58 ч. уншлитта и 270 ч. крепкой литографской краски (Federfarbe) расплавляют на огне при непрерывном размешивании. Краску накатывают на рисунок очень тонко и камень после накатки просушивают во избежание прилипания переводной бумаги. Если оттиски делаются с гравировки, берут китайскую бумагу, для очень тонких работ—берлинскую, а для простых—обыкновенную. На пелюр делаются оттиски в тех случаях, когда нужно очень точное наложение, а меток-крестиков на рисунке нет. Снятые оттиски обрезают так, чтобы их удобно было установить на папке в надлежащее место, и отрывистыми ударами тяжелой свинцовой иглы накалывают на папку. Пробоины иглой делают в чистых местах рисунка, не задевая его штрихов. Благодаря этим пробоинам и канифоли оттиски удерживаются на папке.

При х р о м о л и т о г р а ф и и оттиски наклеиваются на папку с заранее тиснутым на нее таким же образом абрисом. Здесь оттиски обрезают так, чтобы их удобно было точно наложить на крестики абриса, тиснутого на папке (фиг. 4). Когда закончена наклейка оттисков, устанавливают заранее приготовленный гладкий камень на большом механич. переводном станке (фиг. 5), устанавливают давление пресса, увлажняют камень куском фланели до ровной легкой влажности, накладывают на него папку с оттисками (лицом вниз), закрывают листом цинка, смазанным вазелином или салом, и 3—4 раза протаскивают камень под прессом. При этом оттиски плотно пристают к камню; их увлажняют сверху водой, закрывают чистой бумагой и



Фиг. 4. Пунктиром обозначена линия обреза оттиска.

вновь делают протаскивание в станке 3—4 раза. Так проделывают несколько раз, постепенно уменьшая давление пресса. Затем камень обильно смачивают водой и осторожно снимают приклеившиеся оттиски: бумага легко снимается, и на камне остаются перешедшие с нее рисунки-оттиски. Камень промывают чистой водой при помощи губки, сушат, покрывают тонким слоем гуммиарабика, вновь сушат и натирают венской промывной тинктурой. После этого камень накатывают валиком с краской, делают нужные исправления рисунка, припудривают его канифолью и тальком, чисто стирают последние и делают прижигание. Вновь пудрят рисунок тальком, счищают грязь, липние линии и пятна, делают (если нужно) вторую корректуру и травят камень довольно сильным травлением. Затем травление смывают водой, а рисунок—скипидаром, накатывают

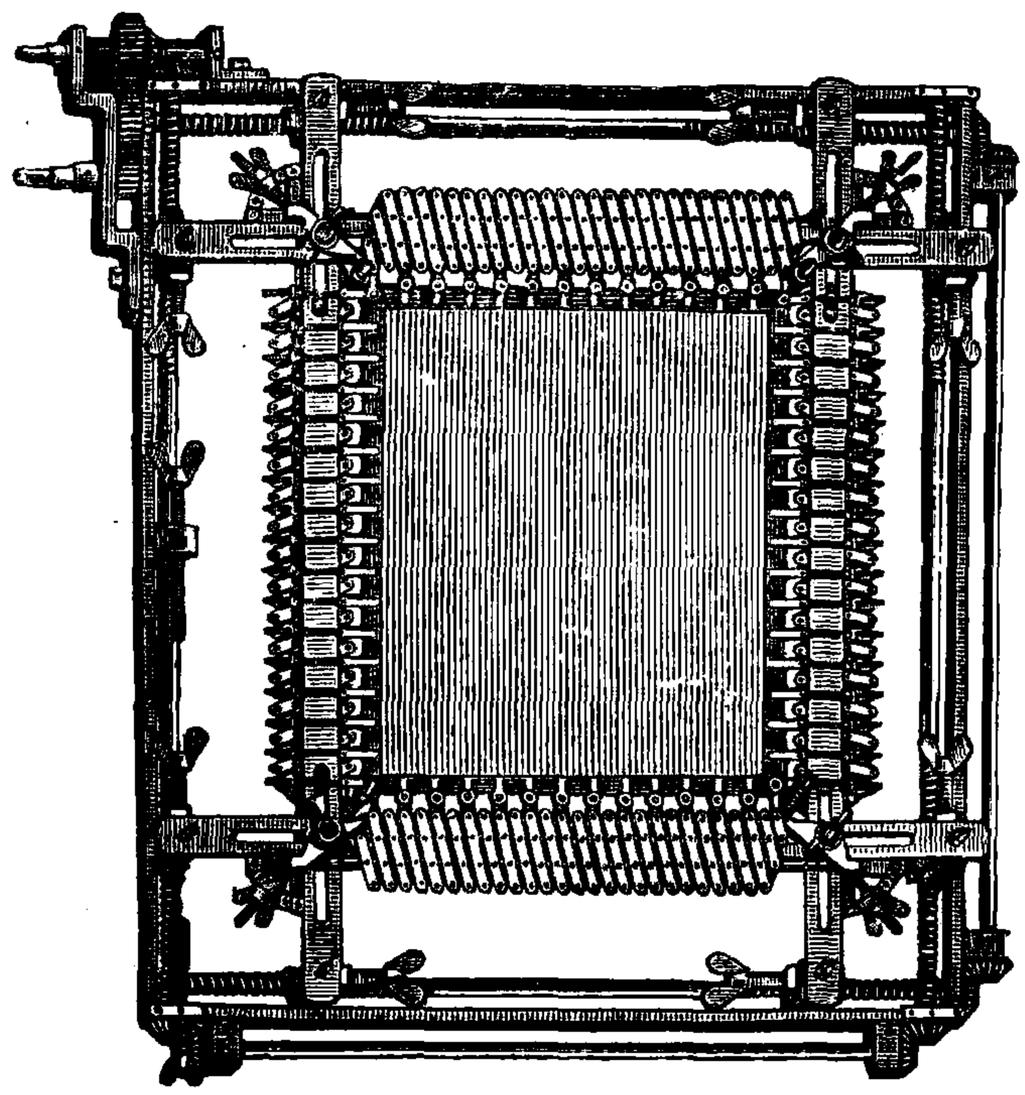


Фиг. 5.

краской, припудривают вновь канифолью и тальком, еще раз прижигают и травят. Смытый водой и закрытый гуммиарабиком перевод готов теперь для печати на машине.

К числу о р и г и н а л ь н ы х п е р е в о д о в относятся переводы с пелюра, желатины, корн-папира, составные, выворотные, анастатические, сухие (бледные) переводы, фотопереводы и переводы при помощи пантографа. Переводы с п е л ю р а делаются так же, как и машинные переводы. Переводы с ж е л а т и н ы делаются след. образом. Лист желатины с награвированным на нем абрисом затирают фланелью с крепкой переводной краской, которая забивается в про-

резанные штрихи; излишек краски снимают чистой фланелью. Затем желатину кладут лицом вниз на застланный бумагой гладкий камень, закрывают сверху влажным листом бумаги и под легким давлением пресса протаскивают в станке. После этого желатину отволаживают до легкого отлипа во влажной макулатуре, кладут лицом вниз на гладкий сухой камень и несколько раз протаскивают в станке под легким прессом. Снимают желатину и обрабатывают камень, как при обычном машинном переводе. С у х и е (б л е д н ы е) п е р е в о д ы делаются для размножения абриса при хромолитографии. Здесь с абриса делают оттиски на плотной, хорошо глазированной бумаге типографской (как менее жирной) краской и перетискивают на гладкие или корешковые камни. Вместо типографской краски можно брать и литографскую, но в этом случае оттиски перед переводом на камень следует припудрить сух. порошком крокуса или пережженной милори. Перевод абриса на к о р н-п а п и р делается путем переворачивания оттиска, снятого с камня, на новый чистый лист бумаги, с которого и делают уже перевод на корн-папир. Другой, более рациональный, способ заключается в следующем. Камень с абрисом накатывают крепкой черной краской и припудривают сухой краской; корн-папир кладут на этот камень и протаскивают в станке. С накатанного один раз камня можно сделать 3—4 бледных перевода, припудривая только каждый раз камень сухой краской. Общий п е р е в о д-а б р и с для машинных переводов при хромолитографии делается как обычный машин. перевод. Такой абрис оттискивается на плотную, пропущенную в машине и окрашенную с обеих сторон желтой краской папку, равную по формату той бумаге, на которой будет печататься данная хромолитография. Для правильного наложения красок кроме крестиков, имеющихся на каждом рисунке, на папке делают со всех четырех сторон общие крестики (фиг. 4). С о с т а в н ы м и п е р е в о д а м и называются такие, когда мастеру-переводчику приходится составлять рисунок из отдельных частей, размножая их и соединяя в одно целое, или же вставлять в рисунок текст, заменять его другим и т. п. В ы в о р о т н ы е (н е г а т и в н ы е) п е р е в о д ы делают в тех случаях, когда нужно очень мелкий рисунок сделать белым штрихом по темному фону, что особенно часто встречается в этикетках. В этих случаях рисунок делают на камне в негативном виде; с этого камня делают обычный перевод на новый камень, который травят несколько раз и очень сильно, чтобы «поднять рисунок», т. е. сделать его более рельефным. Потом камень смывают водой, дважды отквасцовывают и заливают сплошь тушью. Затем смывают камень скипидаром, закатывают краской, припудривают тальком и ровным древесным углем по залитому водой камню осторожно протирают рисунок: уголь сошлифовывает краску с рельефно выступающих штрихов, обнажая под ними камень. После этого камень канифолят, прижигают и травят в обычном порядке сильным травлением 3—4 раза. Кроме описанного существуют и другие способы выворотки. А н а с т а т и ч е с к и м и называют в Л. такие переводы, когда на камень нужно перевести какой-нибудь оттиск, отпечатанный несколько месяцев или даже лет тому назад на обыкновенной бумаге. Это очень сложный и кропотливый процесс, дающий малоудовлетворительные результаты и применяемый крайне редко. Все эти способы основаны или на размягчении старой краски или на сообщении ей способности воспринимать новую жирную краску, без замазывания пробелов, путем обработки виннокаменной к-той. К группе оригинальных переводов относятся и п е р е в о д ы п о м о щ ь ю п а н т о г р а ф а. Литографский пантограф состоит из прозрачной (круглой или прямоугольной) резиновой пленки, равномерно растягиваемой во все стороны системой тяжков, соединенных через металлич. раму с бесконечным винтом (фиг. 6). Пантограф укрепля-



Фиг. 6.

ется шарнирами к специальному столу, чтобы его можно было поднимать и опускать точно на прежнее место. В доске стола имеется прорез, в к-ром установлен опускающийся при помощи винта талер, на к-рый устанавливается камень с рисунком, подлежащим увеличению или уменьшению. Рисунок накатывается жиркой краской. Для уменьшения рисунка резина растягивается настолько, чтобы при обратном движении винта она сократилась до требуемых размеров. Потом резину смазывают с внутренней стороны мастикой, приготовленной след. обр.: 100 *г* пшеничного или рисового крахмала разводят в 50 *см*³ холодной кипяченой воды; сюда добавляют 12 *г* чистого столярного клея и 10 *г* желатины (заранее распущенных в воде и застывших); смесь ставят на огонь и, непрерывно размешивая, добавляют от 3,5 (зимой) до 7,5 (летом) *г* глицерина. Когда смесь сварится и превратится в густую массу, ее снимают с огня, дают остыть и разбавляют холодной кипяченой водой до густоты сметаны. Потом добавляют от 1 до 2,5 *г* глицерина. Хорошо приготовленная мастика должна давать с резины на палец отлип. На увлажненную слегка резину наносят мастику тон-

ким слоем при помощи губки. Резину опускают на камень, накрывают листом бумаги и прокатывают по ней чистым ворсовым валиком, от середины рисунка по всем направлениям. Потом медленно опускают талер с камнем, поднимают пантограф, и резина сжимается до требуемого размера. На талер устанавливают чистый камень, протирают его влажной фланелью, быстро опускают пантограф, накрывают его бумагой и перетискивают валиком рисунок с резины на камень. Затем опускают немного талер и впрыскивают воду между краями камня и отставшей резиной, для того чтобы при дальнейшем опускании талера резина легко отставала от камня. Дальнейший процесс укрепления рисунка тот же, что в обычном переводе. Увеличение рисунка идет в обратном порядке, рисунок переносят на нерастянутую резину, к-рую потом растягивают. Мастику и в этом случае следует наносить на растянутую резину, после чего ее отпускают и тогда уже перетискивают на нее рисунок.

Ф о т о л и т о г р а ф и я. Фотомеханические пёреводы имеют большие преимущества. Не говоря о быстроте и дешевизне изготовления печатной формы, фотоперевод свободен от произвола репродуктора-рисовальщика и дает возможность почти точного воспроизведения оригинала в увеличенном или уменьшенном виде. Если в ручной хромолитографии для точного воспроизведения оригинала нужно в одном случае 12, а в другом—8 красок, то при помощи фотолитографии требуются лишь в первом случае не более 9, а во втором не более 6 красок. Число способов фотопереводов для плоской печати довольно значительно. Сюда относятся хромоальбуминный и асфальтовый способы, перевод при помощи желатиновой бумаги, эмале-клеевой способ д-ра Альберта, способы «Мануль», «Типон» и др. Наиболее распространены два первых способа; остальные или малоупотребительны, или не имеют непосредственной связи с Л., или, в большинстве случаев, патентованы и требуют готовых препаратов. Сущность хромоальбуминного способа заключается в следующем. Хромовые соли калия, аммония и натрия в соединении с клеем, желатиной, альбумином и другими органич. веществами обладают светочувствительностью, теряя под действием света первоначальные свойства, в частности растворимость в воде. Если на камень, цинк или алюминий нанести тонкий слой хромированного альбумина или желатины, подвергнуть его через фотографический растровый или штриховой негатив (см. *Фототехника*) действию света и натереть затем краской, то последняя при смывании водой удержится только на освещенных местах, а неосвещенные места слоя растворятся и сойдут с камня, цинка или алюминия вместе с краской. Асфальтовый способ также основан на светочувствительности определ. сортов асфальта, наносимых в виде раствора тонким слоем, и на потере ими растворимости под влиянием света. В качестве растворителя (проявителя) берут скипидар. Добавление камфорн. масла или бензола ускоряет процесс. При съемке негативов для фотолитографии необходимо иметь в виду, что для печати на плоских или обыкновенных ротационных литографских машинах негативы должны фотографироваться через призму, а для офсетной печати—без призмы. Для фотопереводов употребляются камни: для тоновой фотолитографии—корешковые, а для одноцветных и штриховых работ—гладкие. Перед нанесением светочувствительн. слоя камень смывают водой, гуммируют, сушат, вновь смывают водой и покрывают при помощи бархатных тампонов-щеток раствором 3—4 *г* желатины, 4 *г* двухромовокислого калия и 4 *см*³ аммиака в 100 *см*³ воды. Сначала дают разбухнуть желатине, потом распускают ее в половинном количестве воды. В другой половине воды растворяют двухромовокислый калий и, помешивая, добавляют в него по каплям желатину (чтобы она не свернулась). Наконец добавляют аммиак. Покрывать нужно очень тонким слоем. После этого дают высохнуть камню и, смыв его водой, наносят на него хромоальбуминный или асфальтовый светочувствительный препарат в темной комнате, освещенной лишь слабым желтым светом. Хромоальбуминный препарат приготовляют след. обр. Свежий отстоявшийся яичный белок или раствор белкового препарата (альбумин) сбивают в снежную пену веничком из деревянных прутьев. Через несколько часов его фильтруют сквозь чистую льняную тряпку, приготовляют раствор 100 *см*³ белка в 500 *см*³ дистиллированной воды, тщательно перемешивают и сливают вместе с раствором 12 *г* двухромовокислого аммония (растертого в порошок) в 500 *см*³ дистиллированной воды. Добавляют немного аммиака до появления желтой окраски, 2—3 зернышка марганцовокислого калия и 5 капель раствора азотнокислого серебра в воде (1 : 10). Хромовые растворы следует хранить в темной прохладной комнате в хорошо закупоренных склянках и не дольше 2 недель. Асфальтовый препарат приготовляют след. обр. Порошок сирийского асфальта насыпают в высокую узкую стеклянную банку и наливают в нее хлороформа до образования густой массы, к-рую через несколько часов заливают серным эфиром, хорошо перемешивают и дают отстояться. Жидкость сверху асфальта сливают и заменяют чистым эфиром. Так проделывают до тех пор, пока эфир не будет почти чистым. Осадок асфальта высушивают и полученный порошок растворяют в бензоле (4—6 *г* асфальта на 100 *см*³ бензола). Более быстрый способ приготовления препарата следующий: 50 *г* сирийского асфальта в кусках растворяют в 200 *г* хлороформа и 50 *г* бензола; в отдельной посуде растворяют 600 *г* хлороформа и 150 *г* бензола; перед работой отфильтровывают в темножелтую или красную бутыль 150 *см*³ первого и 150 *см*³ второго растворов, добавив несколько капель лавандового масла (1 капля на 5—6 *см*³); этот препарат предназначается для полутоновых негативов на корешковом камне. Для гладкого же камня или фотоперевода на цинк или алюминий берут двойное количество второго раствора. Хромовый или асфальтовый препарат наносят на камень при помощи центрифуги, бархатных щеток или же лицевого валика очень тонким и ровным слоем. На препариро-

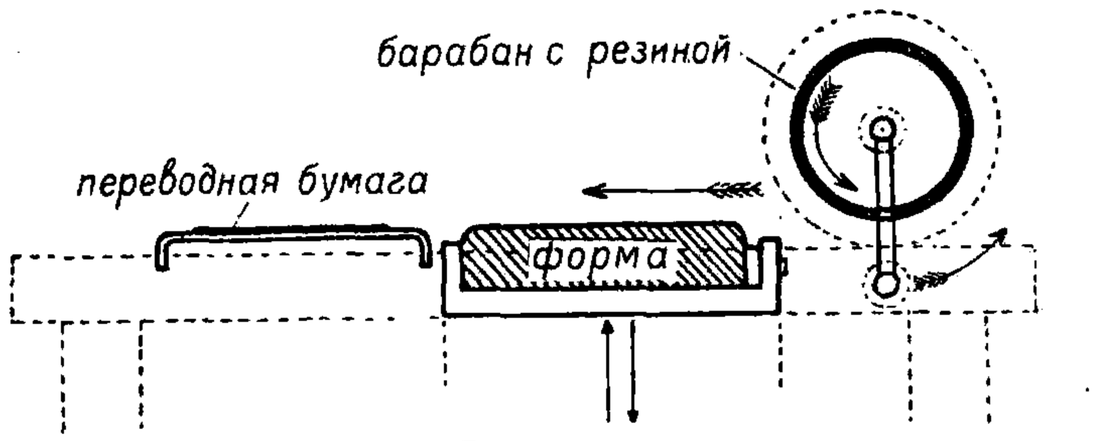
ванный хромированным альбумином или асфальтом камень, в темной комнате со слабым желтым светом, накладывают негатив (пленкой к камню), камень переносят на специальный копировальный станок и подвергают действию света вольтовой дуги. Время экспонирования зависит от негатива, силы света, расстояния и толщины слоя. Примерно оно равно для альбуминного слоя 4—10 м. при источнике света от дуговой лампы в 25 А на расстоянии от негатива в 30—40 *см*; для асфальтового слоя экспозиция продолжается от 1 до 6 ч. Когда копирование закончено, камень вместе с негативом переносят в темную комнату, негатив снимают и камень (при альбуминном способе) накатывают специальной жидко разведенной скипидаром жирной краской, к-рую быстро разравнивают бархатным валиком до тонкого темносерого ровного слоя. Краску для фотопереводов можно приготовить самостоятельно, растирая 100 *г* обыкновенной литографской краски с 200 *г* жирной переводной краски (Umdruckfarbe) и 15 *г* лавандового масла. Накатанный краской камень переносят в светлую комнату, где начинают проявлять рисунок. При хромовом слое камень помещают под мягкую непрерывную струю воды и осторожно протирают мокрым куском ваты. После этого камень смывают раствором аммиака или нашатырным спиртом для удаления остатков жира и грязи, споласкивают водой, просушивают, гуммируют, смывают тинктурой и обрабатывают как обычный перевод. При асфальтовом слое заготовляют в отдельных мензурках два проявителя: в одной—чистое терпентиновое масло (скипидар), а в другой—смесь из 3 ч. скипидара и 1 ч. камфорного масла. Камень без предварительной накатки краской протирают ватой, смоченной одним терпентиновым маслом. От этого на неосвещенных местах рисунка асфальт растворяется и обнажает чистый камень. Если проявление идет медленно, берут второй раствор, к-рый действует как более сильный проявитель. Затем камень смывают скипидаром для удаления камфорного масла, споласкивают водой, просушивают, гуммируют и обрабатывают в дальнейшем как обычный перевод.

Работа на цинке и алюминии. В силу общности процессов к Л. относят и работы на цинке и алюминии. Главное отличие в изготовлении печатной формы на этих металлах заключается в рецептуре тех материалов, которыми они обрабатываются, процессы же и их последовательность почти одинаковы. Благодаря тому, что на цинке и алюминии можно делать любые переводы и выгибать потом печатную форму (пластину), стала возможной литографская ротационная печать. Цинк, как наиболее дешевый, а в нек-рых случаях и наиболее удобный, материал, применяется более широко, чем алюминий, хотя последний имеет нек-рые преимущества в смысле чистоты и тонкости штриха. Процесс работы на цинке идет след. обр. Цинковую пластину с абсолютно ровной поверхностью и равномерной толщиной (примерно 0,6 *мм*) шлифуют тонким песком или порошком пемзы при помощи деревян. колодки, обтянутой войлоком. Вместо воды пластину увлажняют 5%-ным раствором едкого кали. Когда шлиф потемнеет, его смывают водой, насыпают на пластину песок и вновь шлифуют. Так проделывают 3—4 раза. Старые пластины предварительно промывают бензолом для удаления с них рисунка. Затем обмывают пластину кругом водой и обрабатывают в особой шлифовальной машине, состоящей из коробки, которая делает быстрые кругообразные движения. Цинк кладут в эту коробку, посыпают песком и стеклянными или фарфоровыми шариками и смачивают водой. Т. о. наводится корешок, характер к-рого зависит от песка и от шариков. В зависимости от корешка и предполагаемой работы длительность шлифования в машине колеблется от 30 м. до 2 ч. После этого пластину вынимают, тщательно смывают с обеих сторон струей воды и погружают на 1—2 м. в шамотную ванну с раствором 50 $см^3$ азотной к-ты и 20 *г* квасцов в 1 000 $см^3$ воды (или, по другому рецепту, 100 $см^3$ уксусной к-ты в 1 000 $см^3$ воды). Вынутую пластину обтирают мягкой губкой для удаления темносерого осадка окислов, тщательно споласкивают струей воды и сушат. Образовавшуюся в виде белого налета окись цинка вновь смывают и пластину быстро просушивают. Самая работа на цинке производится так же, как и на камне, с применением всех техник, кроме гравирования и выскребания по асфальту, но только более твердыми карандашами и с ограниченным применением игл и шабера. Выскребание по асфальту здесь м. б. заменено выскребанием по специальному грунту, состоящему из раствора 2 ч. гуммиарабика, 2 ч. декстрина и нескольких капель глицерина в 35 ч. воды. Жидкость фильтруют и растирают в ней 5—7 ч. сухих цинковых белил. Пластину покрывают тонким слоем этого грунта и после просушки наносят рисунок иглой или шабером, снимая грунт, но не задевая самого цинка. Когда рисунок закончен, пластину закатывают жирной литографской краской, опускают в ванну с водой и осторожно удаляют ватой грунт с приставшей к нему краской. Последняя остается только на местах, освобожденных от грунта при выскребании. Процесс травления идет обычным путем. Непосредственная работа на цинке применяется редко, и главное назначение цинка—переводы. Для переводов и пробных оттисков служат обычные литографские станки как ручные, так и механические, но на их тележку устанавливают или гладкий камень или прочный металлич. фундамент (плита). Перед переводом цинк еще раз обливают раствором квасцов (большей крепости, чем для восстановления камня), смывают через 2—3 м. водой и протирают фланелью. Дальнейший процесс—как и при переводе на камень. Травится цинк раствором 30 *г* соли Штреккера в 1 000 $см^3$ воды. Это—патентованный препарат, и приготовление такой вытравки сопряжено с получением ее из-за границы. Для самостоятельного приготовления вытравки для цинка можно рекомендовать следующие рецепты: 1 000 $см^3$ раствора гуммиарабика, 200 *г* гипосульфита, 70 *г* фосфорной кислоты, 30 *г* щавелевой к-ты и 20 *г* хромовой к-ты или

3 000 *см*³ раствора гуммиарабика, 600 *г* гипосульфита, 100 *г* щавелевой к-ты, 90 *г* фосфорной к-ты, 15 *г* хромовой к-ты и 20 *см*³ азотной к-ты. Сначала растворяют в 600—800 *см*³ воды фосфорную к-ту и в этом растворе разводят гипосульфит. Полученную смесь сливают в заготовленный раствор гуммиарабика и добавляют остальные к-ты. Для травления оригинальных работ вытравку ослабляют гуммиарабиком. При больших корректурах или вставках промывают нужное место бензолом и обезжиривают едким кали; пластину отквасцовывают, промывают водой и лишь тогда наносят корректуру. При фотопереводах пластину (перед нанесением светочувствительного слоя) кладут на 1—2 м. в раствор 10 *г* квасцов, 10 *г* селитры, 10 *см*³ соляной к-ты и 1 000 *см*³ воды, тщательно обмывают водой и во влажном состоянии дважды обливают препаратом в центрифуге. Копирование происходит в специальной пневматич. раме, в к-рой негатив плотно и равномерно прижимается к пластине.

Работа на алюминии (альграфия) также отличается только рецептурой. Перед шлифовкой пластину промывают скипидаром, ополаскивают водой и обезжиривают в ванне с раствором 1 ч. азотной к-ты, 3 ч. воды и 0,1 ч. серной к-ты в течение 6—8 ч. для новых пластин и 10—12 ч. для бывших в употреблении. Вместо этого для ускорения процесса пластину подвергают в течение 5—8 м. действию раствора 45 ч. азотной к-ты, 35 ч. кремнефтористоводородной к-ты, 5 ч. конц. раствора серной к-ты в 415 ч. воды. Вытравка для алюминия составляется из 1 ч. 20%-ного раствора фосфорной к-ты и 12 ч. густого раствора гуммиарабика. Для травления переводов вытравку делают более сильной: на 1 ч. к-ты берут 7—8 ч. гуммиарабика. При корректурах рисунок припудривают тальком и смачивают в местах, подлежащих исправлению, крепким раствором серной к-ты при помощи стеклянной палочки. Через 2—3 мин. к-ту смывают сильной струей воды; краска должна растворится. Пластину просушивают, пудрят тальком и обливают на 2—5 м. раствором щавелевой к-ты, из к-рой сначала приготовляют насыщенный раствор при $t°$ воды 20—25°, а затем 4 ч. этого раствора разбавляют 96 ч. дистиллированной воды. После этого пластину обмывают струей воды, сушат и делают нужные исправления. При фотопереводах пластину перед нанесением светочувствительного препарата обливают сначала водой, а затем сейчас же препаратом в центрифуге.

Подсобные процессы. Часто в Л. встречается надобность в переводе на камень типографского набора или цинкографских и ксилографских клише. Для этого с набора или клише делается хорошо приправленный оттиск жирной краской на переводную бумагу, а с последней делается уже обычный перевод на камень. Когда нужно сделать перевод для офсета, в к-ром печатная форма имеет прямое изображение, а оригинальный камень имеет не прямое, а обратное изображение, является необходимость в переворачивании изображения. Та же необходимость возникает при переводе для офсета типографского набора или клише. Для этой цели существуют специальные станки, т. н. контрпрессы (фиг. 7), состоящие из двух рядом лежащих фундаментов, на один из к-рых укрепляется переводная бумага, а на другой—набор, клише или камень. По зубчатым рейкам, лежащим по обе стороны фундаментов, передвигается барабан, обтянутый резиной. Камень, клише или набор накатывается жирной краской, к-рая перетискивается на резину барабана, а потом передается на переводную бумагу уже в перевернутом виде. После обычного перевода с бумаги на камень или цинк получается требуемое прямое изображение. Кроме контрпресса для этой же цели существует более дешевый аппарат вендум. Он представляет собою 2 массивные соединенные шарнирами стальные рамы. Аппарат устанавливается на литографском ручном станке, в него вставляется и укрепляется камень, рама с набором или клише, которые накатываются жирной переводной краской. Верхняя рама с натянутым резиновым полотном опускается на камень, набор или клише и подводится под ребер станка. Сверху резины находится тонкий лист цинка, смазанный салом, на который кладется подреберник. Аппарат протаскивают один раз в станке под легким прессом, осторожно поднимают верхнюю раму с резиной, камень застилают чистой бумагой, сверху которой кладут переводную бумагу, опускают верхнюю раму на прежнее место и тем же путем перетискивают изображение с резины на переводную бумагу.



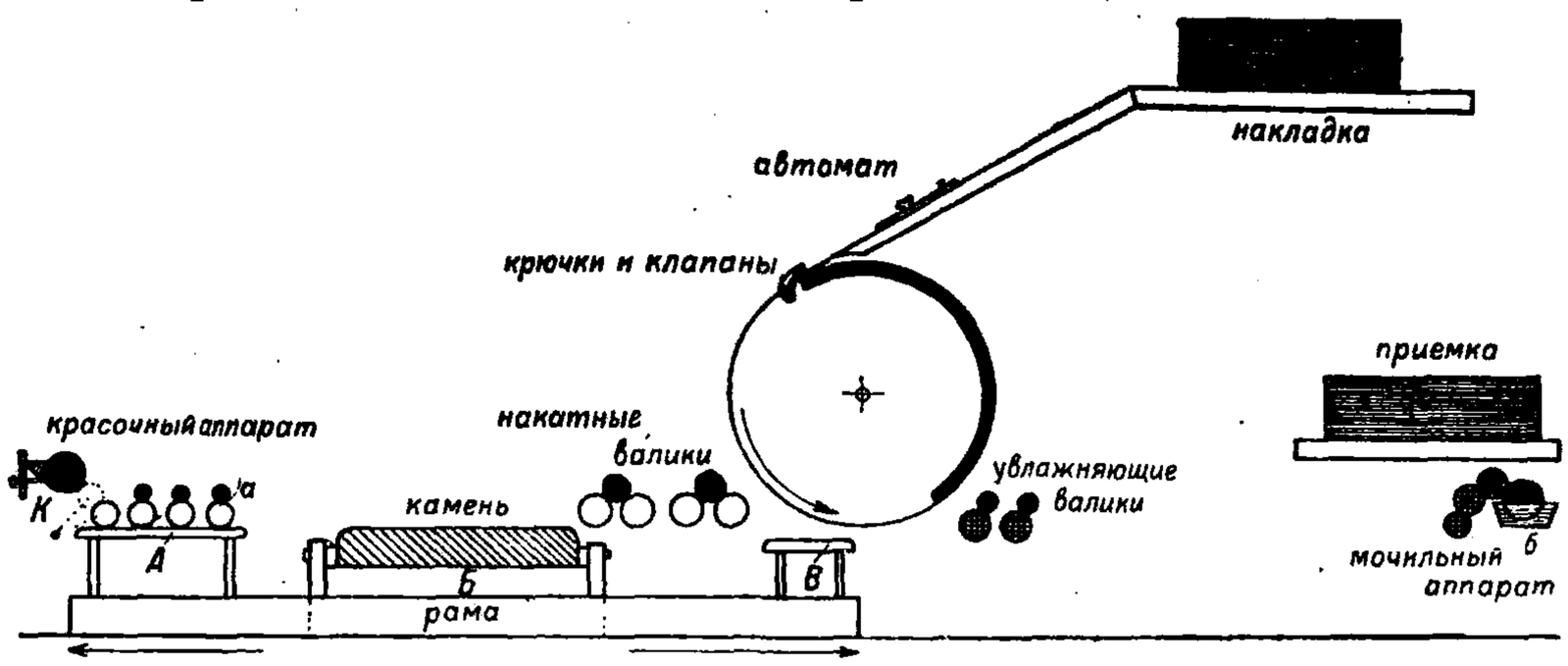
Фиг. 7.

При печатании хромолитографией, когда бумага вытянулась и оттиски предыдущих красок не совпадают с новым переводом, возникает необходимость в просушке оттисков. Для этого существуют специальные сушилки, состоящие из длинной железной коробки с газовым или паровым подогревателем внутри.

К числу подсобных процессов относится и бронзирование оттисков, т. е. нанесение бронзового порошка на отпечаток. См. *Бронзирование*.

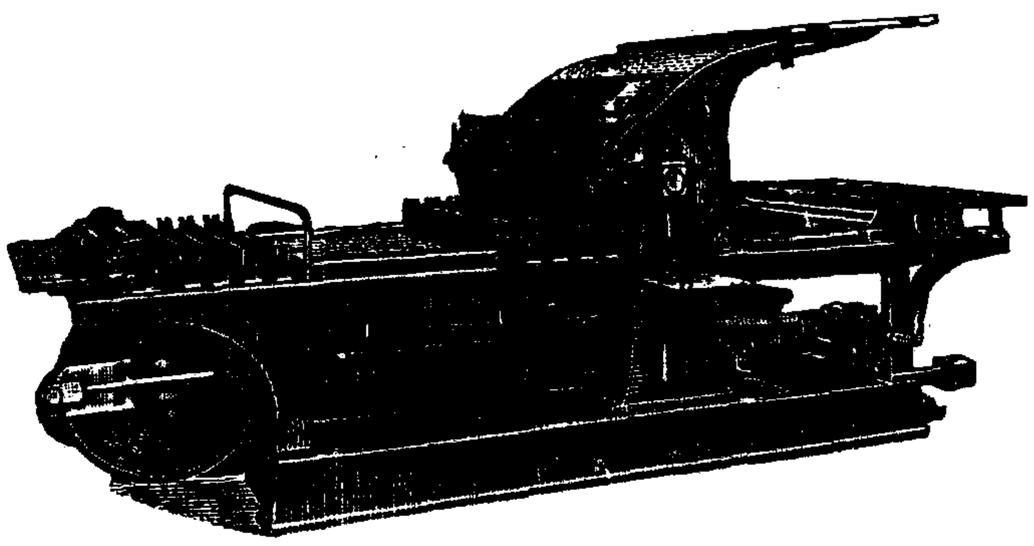
Плоские литографские машины. По своей конструкции все системы плоских литографских машин очень сходны между собой, и разница между ними заключается только в нек-рых деталях. Наиболее распространенными в СССР являются машины ф-ки Faber u. Schleicher A. G. в Оффенбахе на Майне и Maschinenfabrik Johannisberg, G. m. b. H. в Гейзенгейме на Рейне. Принцип устройства плоской машины очень прост. На массивной металлич. подвижной раме (фиг. 8) укреплены неподвижно красочная плита *А*, талер *Б*, на к-рый устанавливается камень, и мочильная подушка *В*. На переднем конце машины установлен к и п с е е ч-

ный (красочный) аппарат с системой раскатывающих валиков. Назначение этого аппарата—передавать на красочную плиту из кипсейки *К* тонкий ровный слой краски. На противоположном конце машины установлен мочильный аппарат, передающий из корытца *б* воду на мочильную подушку *В*. Около середины машины установлен печатающий барабан с системой особых крючков и



Фиг. 8.

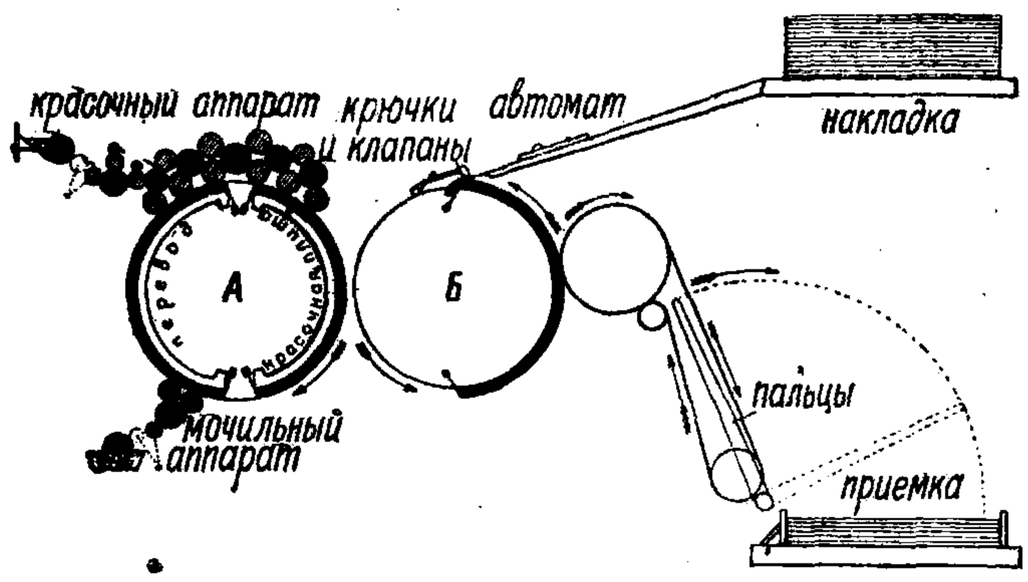
клапанов для захвата бумаги. С передней стороны барабана находится система валиков для накатывания камня краской, а с другой стороны барабана—валики для увлажнения камня водой. Мочильная подушка, а также увлажняющие камень валики и валики мочильного аппарата обшиты фланелью. Для нажима и для большей равномерности в раскатывании краски над каждым валиком красочного аппарата и над каждой парой валиков, накатывающих ка-



Фиг. 9.

мень, положены тяжелые металлич. валики *а* (на схеме они обозначены черным). Печатающий барабан обтянут кирзой и клеенкой. Для накладывания бумаги сверху барабана укреплена деревянная наклонная площадка—н а к л а д к а, на к-рой сбоку находится т. н. а в т о м а т, т. е. зажим для правильного наложения листа. Под накладкой и над мочильным аппаратом находится доска для приема оттисков (п р и е м к а). Оттиск на машине получается след. обр. Мочильный аппарат берет из корытца воду и смачивает подушку. При движении рамы вперед подушка проходит под увлажняющими валиками, которые передают влагу на камень. Увлажненный камень проходит под накатными валиками, накатывающими рисунок краской. В это время красочная плита принимает с валиков кипсеечного аппарата краску, а рабочий-накладчик кладет в клапаны барабана лист бумаги. Бумага идет вслед за барабаном, который при обратном движении рамы начинает вращаться и во время прохождения под ним камня делает с последнего оттиск на бумагу. Барабан становится в исходное положение, клапаны отпускают бумагу, и рабочий-приемщик снимает оттиск, перешедший на другую сторону барабана, и кладет его на приемку. В это время красочная плита передает краску на накатывающие валики. В некоторых машинах отпечатанные листы выкладываются автоматически. Общий вид плоской литографской машины показан на фигуре 9. Для регулирования подачи краски из кипсейки у последней имеется гибкий стальной нож, укрепленный под углом. Верхнее ребро ножа укреплено неподвижно, нижнее, прилегающее к металлич. валу, м. б. прижато ближе или дальше. В кипсейку закладываются свинцовые или гартовые перегородки (т. н. чушки), благодаря чему можно накладывать в кипсейку краски разного цвета и получать в один прогон машины оттиск, напечатанный двумя или несколькими рядом лежащими красками. Эти краски м.б. разделены или сливаться одна с другой незаметными переходами. Такая печать называется р а д у ж н о й, или печатью в р а с к а т. Весь процесс установки камня и автомата и получения первых оттисков называется п р и л а д к о й. Плоские машины дают 400—500 оттисков в ч., а с одного перевода можно напечатать до 30 000 оттисков в зависимости от тонкости рисунка, крепости камня, качества перевода и опытности печатника.

Р о т а ц и о н н ы е л и т о г р а ф с к и е м а ш и н ы. Обыкновенная ротационная машина для печати с цинка устроена по следующему способу (фиг. 10). На одну половину большого барабана *А* плотно привернут лист цинка, заменяющий собою красочную плиту плоской машины. На вторую половину этого барабана надевается цинковый перевод при помощи особых зажимов. К это-



Фиг. 10.

му барабану прилегает второй печатающий барабан *Б* с крючками и клапанами для захвата и наложения бумаги. Одна половина этого барабана обтянута кирзой и клеенкой и плотно прилегает к первому барабану. Вторая половина печатающего барабана ничем не закрыта и несколько ниже первой половины. Оба барабана установлены с таким расчетом, что при вращении нижележащая по-

ловина печатающего барабана проходит над красочной плитой, не соприкасаясь с ней; во время же прохода перевода другая половина печатающего барабана плотно прилегает к переводу и делает с него оттиск на бумагу. Мочильный аппарат, установленный внизу первого барабана, к началу прохождения красочной плиты опускается, и вода т. о. на плиту не передается. К началу же прохождения перевода мочильный аппарат поднимается, валики прилегают к переводу и увлажняют его. Красочный аппарат установлен сверху первого барабана. Машина дает 800—1 000 оттисков в час. Для печати с алюминия существуют специальные машины, устройство к-рых несколько отличается от вышеописанных, хотя и последние пригодны для этой цели. К числу ротационных литографских машин относятся и новые, широко распространенные за границей и начинающие появляться в СССР, т. н. офсетные машины (см. *Офсет*). Здесь печатание происходит не непосредственно с печатной формы, а с особого цилиндра, обтянутого резиновой покрышкой. Последняя принимает с печатной формы (с цинка) накатанное краской изображение и перетискивает его на бумагу. Соединение офсета с фотолитографией является сильным соперником ручной литографии, особенно при больших тиражах, где наряду с качеством играет роль и экономия.

Лит.: Адарюков В. Я., Литография (материалы для библиографии, 1817—1926), «Полиграфич. производство», М., 1927, *2—3*; Карулин П. И., Техника литографии, ч. 1, М., 1923; Рудометов М. Д., Опыт систематич. курса по графич. искусствам, СПБ, 1897; Родс Г. Д., Литографское искусство, Л., 1928; Суворов П. И., Литография, М.—Л., 1927; Russ R., Handb. d. modernen Reproduktions-Technik, 2 Aufl., B. 2, Frankfurt a/M., 1924; Krüger O., Die lithographischen Verfahren u. der Offsetdruck, 2 Aufl., Lpz., 1929; Witte L., Praktikum d. Stein- u. Zinkdrucks, Lpz., 1926; Fleck C., Die Photolithographie, Leipzig, 1912; Biller E. T., Das Gesamtgebiet d. Offsetdruckes, Lpz. (s. a.); Mugrauer J., Der Gummidruck, W.—Lpz., 1922; Enders B., Der praktische Umdrucker, 3 Aufl., Schkeuditz—Lpz. (s. a.).

П. Суворов.

ЛИТОГРАФСКАЯ ПЕЧАТЬ, см. *Литография*.

ЛИТОГРАФСКИЕ КРАСКИ, см. *Печатные краски*.

ЛИТОГРАФСКИЙ КАМЕНЬ, однородный тонкозернистый известняк, иногда доломитизированный, с раковистым изломом. Л. к. применяется в литографии для печатания в виде прямоугольных плит, отшлифованных с одной (в Европе) или с двух сторон (в Америке); размеры плит от 14×16 до 125×175 *см*. Основные требования, предъявляемые к Л. к.,—тонкозернистость, отсутствие трещин и прожилков кварца или кальцита, поглощение наносимой краски и прочность держания рисунка. Пригодность Л. к. определяется опытным печатанием, так как ни внешний вид ни химич. состав не дают для этого достаточных данных.

Л. к. добывается в Германии, Франции, США, Италии. Недавно открыто месторождение его в Манчжурии. Лучших качеств Л. к. разрабатывается в месторождении, находящемся близ Золенгофена (в Баварии); золенгофенские разработки долгое время монопольно снабжали мировой рынок Л. к., но в настоящее время это месторождение в значительной степени выработано, и добыча Л. к. все время падает, что видно из следующих данных (в *m*):

Годы	Добыча	Годы	Добыча
1906	15 077	1922	1 450
1913	7 893	1923	530
1921	7 646		

Различают три вида камней: синевато-серый (более прочный), белый (средний) и желтовато-белый (более мягкий), которые в свою очередь подразделяются на три сорта (I, II и III) в зависимости от присутствия в камне прожилков кальцита, которые понижают ценность камня. Добываемый материал весь используется; при этом получается 7% Л. к., 7% кровельных плиток, 26% половых плит и 60% отброса, идущего в размол для известкования почвы.

В СССР месторождения Л. к. известны: в Закавказьи (южный склон Главного кавказского хребта), на Кубани (ст. Неберджаевская близ Новороссийска), в Черноморьи (р. Адобиевка близ Геленджика), на Урале (д. Березовая гора Кунгурского района), в Подолии (на левом берегу Днестра, м-ко Ягорлык). Особенно интенсивно изучаются Горным отделом ВСНХ Грузии месторождения Л. к. в Тифлисском округе. Пока разрабатывается только одно Алгетское месторождение в 55 *км* от Тифлиса по р. Алгетке. Верхнемеловые толстоплитчатые известняки (подстилаемые глинистыми сланцами и окремнелыми известняками и прикрытые песчаниками) с толщиной плит до 30 *см* дают значительный выход камней больших размеров. Цвет—светлосерый; кремневых включений нет; строение сходно со строением золенгофенских Л. к.; величина частиц в среднем—2—7 μ, хотя попадаются агрегаты углекислого кальция в 10—18 μ. Запасы—500 млн. *m*; из них камней размерами 82×112 *см*, толщиной 12 *см* должно получиться ~1 760 млн. штук. Алгетский камень отличается от золенгофенского бо́льшим содержанием SiO_2, что видно из табл. 1.

Табл. 1.—Состав золенгофенского и алгетского Л. к.

Состав	Золенгофенский Л. к. I с.		Алгетский Л. к. белый
	синий	желтый	
SiO_2	1,20	0,90	6,50
TiO_2	—	—	0,03
Al_2O_3	0,95	0,75	0,80
Fe_2O_3	0,22	0,16	0,09
FeO	—	—	0,21
CaO	53,00	54,50	50,93
MgO	0,77	0,30	0,28
MnO	Сл.	—	0,05
Na_2O	0,59	0,12	0,03
K_2O	0,27	0,16	0,19
CO_2	42,50	43,20	40,18
P_2O_5	0,01	0,04	0,08
H_2O	0,59	0,20	0,60
H_2O 110°	—	—	0,24
Летуч. вещ.	—	—	0,06

Испытания показали прекрасное качество Л. к. Алгетского месторождения. Из всей толщи алгетских известняков 40% годно для разработки Л. к.; выход из них начерно готовых камней достигает 80%. На месте добычи обрабатываются плиты толщиной от 7 до 9 *см* для мелких камней и в 10—12 *см* для

крупных. Шлифовка (в Тифлисе) производится кварцевым песком, причем отход достигает 30%.

До последнего времени потребность СССР в Л. к. (800—1 000 камней в год) удовлетворялась исключительно ввозом, к-рый в связи с начавшейся разработкой Алгетского месторождения постепенно сократился, что видно из табл. 2, и в настоящее время потребность в Л. к. покрывается добычей камня из этого месторождения. Стоимость алгетского камня дешевле золенгофенского. Дальнейшая механизация добычи и обработки камней и проведение дороги по бер. р. Алгетки значительно снизят себестоимость добываемого камня.

Табл. 2.—Ввоз Л. к. в СССР.

Годы	*m*	Руб.
1913	505	31 104
1924/25	131	145 000
1925/26	117	155 000
1926/27	14	19 000

Лит.: Попов И. В., Литографский камень около ст. Неберджаевской на Кубани, «МС», 1926, *9*; Мамуровский А. А., Ортенберг Д. Л. и Хечинов В. К., Литогр. камень Грузии, там же, 1928, *7—8*.

П. Топольницкий.

ЛИТОЕ ЖЕЛЕЗО и литая сталь, б. или м. углеродистое железо, полученное при $t°$ более высокой, чем $t°_{пл.}$ железа, т. е. в жидком состоянии. Термины Л. ж. и литая сталь введены постановлением Филадельфийского конгресса металлургов (1876 г.) для отличия продуктов сталеделательного производства — малоуглеродистого, мягкого, незакаливающегося и твердого, высокоуглеродистого, принимающего закалку—от сварочного железа и сварочной стали, получавшихся кричным и пудлинговым процессами. Постановление конгресса имело целью устранить путаницу в металлургич. терминологии, внесенную развитием производства бессемеровского и мартеновского металла, который в заводском обиходе и даже в технич. литературе назывался сталью, если даже содержал 0,08% С и совершено не принимал закалки. Хотя немецкие и русские ученые металлурги старались применять термины Л. ж. и литая сталь, эти последние все же не вошли в широкое употребление.

Производство и свойства Л. ж.—см. *Мартеновское производство*, *Томасирование*; производство и свойства литой стали—см. *Бессемерование*, *Мартеновское производство*, *Томасирование*, *Сталь*.

М. Павлов.

ЛИТОПОН, белая минеральная краска, состоящая из смеси сернистого цинка ZnS и осажденного сернокислого бария $BaSO_4$ в определенных соотношениях.

Л. получается обменным разложением растворов сернокислого цинка и сернистого бария по уравнению:

$$ZnSO_4 + BaS = ZnS + BaSO_4.$$

Этим способом получают наиболее ходовой сорт Л. с содержанием 30% ZnS (точно—29,4%), известный в продаже под обозначением «нормального» или «красной марки». $ZnSO_4$ иногда заменяют более дешевым $ZnCl_2$; в этом случае прибавляют глауберову соль, Na_2SO_4, причем разложение идет по уравнению:

$$ZnCl_2 + Na_2SO_4 + BaS = ZnS + BaSO_4 + 2NaCl.$$

Для получения сортов Л. с более высоким содержанием ZnS (ок. 45%) реакцию проводят соответственно следующим уравнениям:

$$2ZnSO_4 + Na_2S + BaS = 2ZnS + BaSO_4 + Na_2SO_4$$

или

$$2ZnCl_2 + Na_2SO_4 + 2BaS = 2ZnS + BaSO_4 + BaCl_2 + 2NaCl.$$

Л. с меньшим содержанием ZnS получают из более высоких сортов Л., смешивая их с осажденным $BaSO_4$ или тонкоизмельченным тяжелым шпатом. На некоторых фабриках осаждение ZnS и $BaSO_4$ ведут отдельно, в две операции:

I. $BaS + ZnCl_2 = ZnS + BaCl_2$,

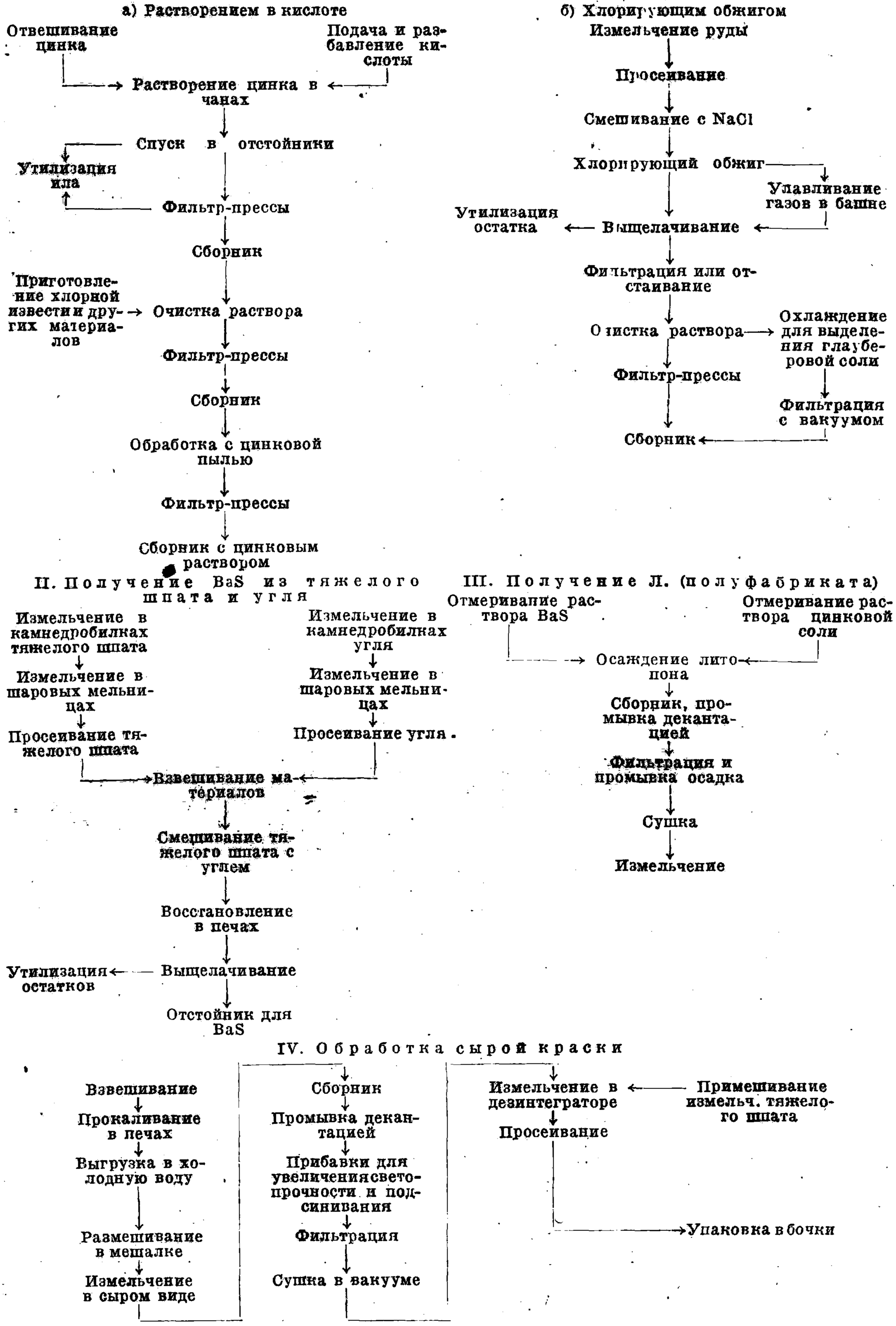
II. $BaCl_2 + ZnSO_4 = BaSO_4 + ZnCl_2$;

оба осадка промывают и смешивают в количествах, необходимых для получения желаемого сорта Л. Полученный Л. подвергают дальнейшей обработке: после сушки его прокаливают без доступа воздуха и горячую массу бросают в воду для быстрого охлаждения, благодаря чему изменяется структура Л.—он становится мягче, укрывистее и белее. Затем его измельчают, просеивают и упаковывают в бочки. В виду того что от действия света Л. иногда темнеет, во время производства его применяют различные способы для получения возможно более стойкого к свету продукта. Процесс производства Л. составляют следующие основные операции: 1) получение раствора цинковой соли из цинка, огарков пирита, флюсов и других содержащих цинк материалов; 2) получение раствора сернистого бария путем восстановления углем тяжелого шпата; 3) получение Л. (полуфабриката) из вышеуказанных растворов; 4) обработка сырой краски для получения готового Л. Последовательный ход операций приведен в схеме, помещенной на ст. 213-214.

Получение раствора $ZnSO_4$ или $ZnCl_2$. Растворы цинковых солей получают при помощи растворения в к-те цинка (цинковых обрезков, флюсов, получающихся при оцинковке, и т. п.) и (по новому способу) при помощи хлорирующего обжига с поваренной солью. По первому способу цинк растворяют в серной или соляной к-тах в дубовых чанах, снабженных паропроводом и водопроводом; но этот способ как дорого стоящий теперь применяется сравнительно редко. В настоящее время для получения $ZnCl_2$ за границей применяют хлорирующий обжиг с NaCl, которому подвергают гл. обр. огарки пирита, остающиеся при производстве серной к-ты и целлюлозы, затем шлаки, содержащие Zn, при производстве Cu и Pb, бедные цинком руды, остатки, получающиеся при восстановлении органич. веществ цинковой пылью, и т. п. отбросы, содержащие цинк, пригодные для переработки его в соли. Огарки пирита содержат до 7—10% Zn, б. ч. в виде ZnS и отчасти в виде смеси ZnO с основным цинковым сульфатом; кроме этого в них имеются примеси Cu, Pb, Cd, а также As, Fe и Mn. При долгом лежании огарки под влиянием атмосферных условий становятся более

СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА Л.

I. Получение раствора $ZnSO_4$ или $ZnCl_2$



II. Получение BaS из тяжелого шпата и угля

III. Получение Л. (полуфабриката)

IV. Обработка сырой краски

рыхлыми, часть растворимых солей из верхних слоев вымывается и обогащает нижние, в виду чего переработка их предпочитается огаркам, только-что полученным из печи. Однако вследствие высокого содержания воды (до 20%) они труднее измельчаются, и потому на практике обычно применяют смесь тех и других. Для получения Zn в виде растворимых солей $ZnCl_2$ и $ZnSO_4$ огарки подвергают хлорирующему обжигу в печах с ручным перемешиванием, а в последнее время для этого применяют механич. вращающиеся печи. Сначала огарки измельчают на вальцах до величины зерен менее 2 *мм*, затем их тщательно смешивают с 18—22% NaCl (по опытам необходим большой избыток), к которому подмешано ок. 5% колчеданных огарков; кроме того рекомендуется также прибавка к смеси необожженного пирита или $Fe_2(SO_4)_3$, особенно в том случае, если перерабатываемые огарки были доведены до сильного обжига. При хлорирующем обжиге с одним NaCl получается нерастворимая в воде хлорокись цинка. Получающаяся из ZnS и FeS при действии O и H_2O (влажный воздух) H_2SO_4 с NaCl дает Na_2SO_4 и HCl; последняя и переводит ZnO в $ZnCl_2$. Присутствующий в огарках цинковый сульфат разлагается только при $t° > 800°$; этой $t°$ следует избегать, так как хлористый цинк испаряется при 730°. С избытком HCl немного улетучиваются SO_2, SO_3 и $ZnCl_2$; поэтому газы улавливают в башне водой и кислую жидкость употребляют для выщелачивания цинковых солей.

Печи с ручным перемешиванием имеют обычно размеры $10 \times 3{,}5 \times 0{,}6$ *м*; в них помещается муфель 0,28 *м* высоты, к-рый омывается сверху и снизу горячими газами из топки. В каждом муфеле помещается около 6 000 *кг* смеси, к-рая распределяется равномерным слоем около 15 *см* высоты. Газы, выходящие из печи, можно использовать для сушки руды. Смесь руды и соли поднимается элеватором от вальцовок в ящики, из которых насыпается в вагонетки и отвозится к печам для загрузки в муфель. Обжиг сначала происходит за счет тепла, оставшегося в печи от предыдущего обжига, а также получающегося от окисления сульфида, а затем муфель нагревается горячими газами из топки; под конец обжига нагревание усиливается (немного выше 700°) для перевода $FeSO_4$ в нерастворимую Fe_2O_3. Продолжительность операции 18—20 ч. Во время обжига массу в муфеле через каждые 2—3 ч. перемешивают. По Сталю, недостаточно одного обжига, чтобы получить бедный цинком остаток, так как часть ZnS обволакивается $ZnCl_2$; поэтому остаток после выщелачивания подвергают иногда вторично той же самой операции. Для выщелачивания смесь из муфеля, по возможности горячую (200—300°), обрабатывают водой в особых аппаратах. В щелоке не должно быть более 11 или 12% Zn, чтобы избежать выкристаллизовывания соли в трубопроводах и сборниках и чтобы получалась свободная от Zn глауберова соль. Совершенно нейтральный раствор щелока мутнеет от выделения хлорокиси цинка, поэтому к нему прибавляют кислый раствор из газоуловительных башен. Темп-ра щелока не должна опускаться ниже 40°, в зимнее время его подогревают паром. Остаток после выщелачивания перерабатывают на железную краску; в нем остается около 1,5% Zn, отчасти связанного с SiO_2. Щелок после очистки можно непосредственно употреблять для получения Л. с 30% ZnS. Для производства более высоких сортов литопона необходимо удалить из щелока Na_2SO_4. Щелок перекачивают в низкие сосуды с большой поверхностью, где он отстаивается и охлаждается. Часто употребляют аппараты с двойными стенками и мешалкой для охлаждения щелока до 5—6°. В последнем случае почти вся глауберова соль выделяется в течение 12 ч. в виде мелких кристаллов. Соль отделяют от щелока при помощи фильтрования с вакуумом и промывают еще 3—4 раза холодной водой. Глауберова соль получается совершенно чистая, с содержанием не более 0,05% Zn, если щелок перед охлаждением был хорошо отстоен и не содержал более 10% Zn; в противном случае к глауберовой соли примешивается еще двойная Zn-Na соль.

Свойства Л. Л. представляет тонкий порошок белого цвета, напоминающий цинковые белила. Белизна Л., по Оствальду, равна 91% для сухой краски и 85%—для клеевой. Более низкие сорта Л. благодаря присутствию примесей имеют сероватый или желтоватый оттенок. Уд. вес Л. равен 4,1—4,3. Перед свинцовыми белилами Л. имеет ряд преимуществ: он не чувствителен к H_2S, имеет меньший уд. вес, не ядовит и много дешевле. Кроющая способность Л. очень хорошая. У сортов Л. с содержанием 30 и 40% ZnS она превосходит кроющую способность не только цинковых, но и некоторых сортов свинцовых белил. Недостатки Л.—его чувствительность к действию света и погоды: от действия света Л. темнеет. Причина этого явления в настоящее время еще недостаточно выяснена, однако считают, что чувствительность Л. к свету зависит, во-первых, от структуры ZnS и, во-вторых, от действия примесей: сернистых соединений металлов Pb, Cd, Fe и других, образующихся в присутствии Cl как катализатора (Eibner). От действия атмосферных влияний наружные окраски Л. склонны к образованию трещин и разрушению, вследствие чего стойкость Л. к погоде считается мало удовлетворительной; прочность окрасок Л., по Ульману, приблизительно в 4 раза менее прочности свинцовых белил и в 2 раза менее по сравнению с цинковыми; однако смешивания Л. со свинцовыми красками избегают, в виду того, что некоторые сорта Л. могут давать почернение вследствие образования сернистого свинца; по новейшим наблюдениям эта опасность довольно незначительна.

Совместно с Л. за границей вырабатывают **сулфопон** из сернистого кальция (получаемого кипячением 50 ч. серного цвета с известью) и цинкового купороса, причем получается осадок состава $ZnS + CaSO_4$. Краска эта мягче Л., но обладает меньшей кроющей силой. Суррогаты Л., встречающиеся в продаже, вырабатываются сухим путем из смесей $ZnSO_4$ и $BaCO_3$; сухую смесь этих солей прокаливают, выщелачивают водой и сушат,

Применение Л. Благодаря хорошей кроющей способности, недорогой цене, нечувствительности к сероводороду, неядовитости и другим свойствам Л. применяется в настоящее время в больших количествах для получения окрасок и в технике, во многих производствах, где он вытеснил ядовитые свинцовые белила. Л. поступает в продажу в виде тонкого порошка с различным содержанием ZnS. Содержание последнего в Л. обозначается при помощи цветных марок на бочках с краской. Так, в Германии различают марки и сорта Л. со следующим содержанием ZnS (в %):

Желтая марка . . .	15	Зеленая марка . . .	40
Красная » . . .	30	Бронзовая » . . .	50
Лиловая » . . .	35	Серебряная » . . .	60

В СССР вырабатываются три сорта литопона: 1) белая печать с содержанием ZnS $\leqslant$ 26%; 2) красная печать—ZnS $\leqslant$29%; 3) зеленая печать—ZnS $\leqslant$32%. Отклонения в содержании ZnS допускаются $\pm$ 1%. Л. употребляется гл. обр. как масляная малярная краска и краска для лаков. Масляная краска получается посредством замешивания Л. с маслом и пропускания смеси через вальцовую краскотерку. Количество масла зависит от качества товара: для краски в виде пасты его употребляют от 15 до 20% и для готовой малярной краски—от 30 до 35%. Для окрасок (гл. обр. внутренних) чаще всего употребляют Л. с 30% ZnS (красная марка) как обладающий очень хорошей кроющей способностью и относительно дешевый по цене; для более дешевых окрасок и для получения шпаклевальных смесей употребляется Л. с меньшим содержанием ZnS. Л. является единственной белой краской, которая без затруднений может применяться для окраски спиртовых лаков, т. к. в смеси с ними не уплотняется подобно свинцовым или цинковым белилам. Для этой цели применяются 30%-ный Л. или специальные сорта—«Л. для лака». Л. употребляется также как клеевая и акварельная краски. Последняя изготовляется из наиболее стойких к свету сортов Л. Из смеси Л. с другими красками м. б. получены самые разнообразные оттенки для кроющих красок разных цветов; напр. «модная голубая» получается из парижской синей и Л., «кроющая красная»—из светопрочного красного лака и Л. и т. д. В технике Л. находит применение во многих производствах: 1) как краска, 2) как субстрат для минеральных и перманентных красок и 3) как наполнитель. Л. употребляется: 1) в производствах линолеума, клеенки, линкрусты, обоев, резины, игрушек и других предметов, в которых он вытеснил ядовитые свинцовые белила; 2) для окраски цемента, искусственных камней и плит, сургуча, клея и других материалов; 3) при гидросульфитных вытравках для получения чистой и прочной бели на окрашенном шерстяном или полушерстяном товаре; 4) при получении светящихся составов. В смеси с целлулоидным раствором Л. отличается большой светочувствительностью и может, по Дюрсту, применяться даже для фотографич. пленок.

Анализ Л. В состав Л. кроме ZnS и $BaSO_4$ могут входить: 1) различные соединения, образующиеся во время процесса производства Л., как например: окись цинка, углекислый цинк, различные основные соли цинка, углекислый барий, хлористые, сернокислые и прочие соли; 2) различные технич. примеси, попадающие в Л. из сырых материалов, как то: окиси железа, марганца, свинца, кальция и других металлов, уголь, хлор и пр.; 3) различные примеси, прибавляемые к готовому товару с целью его удешевления и фальсификации, как напр. тяжелый шпат, мел, глина и т. п.; 4) влага. При анализе Л. прежде всего определяют содержание ZnS, как наиболее ценной составной части Л., от к-рой зависит качество краски, затем содержание $BaSO_4$, окиси цинка (включая и основные соли цинка), влаги, растворимых в воде солей и других примесей. Кроме этого производят испытания качества помола, цвета краски, отношения литопона к свету, способности его смешиваться с другими красками и пригодности для спиртовых лаков.

Испытание на чувствительность Л. к свету очень важно и должно производиться в условиях, близких к практическим. Л. намазывают вместе с связывающими материалами между стеклянными пластинками, одну половину покрывают темной бумагой, а другую—подвергают действию света. Нередко пользуются для испытания кварцевой лампой, подвергая окраски Л. действию света в течение 30 м. на расстоянии 30 *см*.

Для испытания кроющей силы Л. 2 *г* его тщательно растирают с 0,2 *г* ультрамарина и с необходимым количеством масла и покрывают этой смесью белый матовый картон. Для сравнения точно так же поступают и с известным образцом Л. При нек-ром опыте удается т. о. установить даже содержание ZnS в Л. Пригодность Л. для спиртовых лаков определяется смешиванием 20 ч. Л. с 10 ч. спиртового лака и 1 ч. денатурата в закрытой стеклянной банке: после 24 ч. не должно получаться никакого осадка, и масса не должна густеть. При анализе тертой краски для экстрагирования масла применяют бензол, а для лаков—преимущественно америк. экстракционную смесь (состав смеси: 10 об. ч. эфира, 6 об. ч. бензола, 4 об. ч. метилового спирта, 1 об. ч. ацетона), но применяют и другие растворители.

В настоящее время в СССР имеется пока только один завод по изготовлению Л. (в Ленинграде, имени Воровского) с производительностью около 5 000 *т* в год. В ближайшие годы намечен к постройке ряд других заводов литопона: в Кутаисе, на Урале и в иных местах.

Лит.: ОСТ, *634*, М., 1929; Оссовецкий И., Малярное дело, 2 изд., М., 1896; Киселев В. С., Краски, масла и лаки, 2 изд., Л., 1926; Михайлов С. Н., Производство минеральных и земляных красок, П., 1915; Bersch J., Die Fabrikation d. Mineral-u. Lackfarben, 2 Aufl., W.—Lpz., 1893; Rose Fr., Die Mineralfarben, p. 98, Lpz., 1916; Gentele J. G., Lehrb. d. Farbenfabrikation, 3 Aufl., B. 2, p. 121, Brschw., 1909; Ullm. Enz., B. 12, p. 245; Wagner H., Die Körperfarben, p. 117, Stg., 1928; Zerr G. u. Rübencamp R., Handb. d. Farbenfabrikation, 3 Aufl., p. 327, B., 1922; Eibner A., «Ch. Ztg», 1923, Jg. 47, p. 13, 1925, *49*, p. 345; «Farben-Ztg», B., 1925, Jg. 30, p. 2606; Nagel O., «Z. ang. Ch.», 1912, Jg. 25, p. 617; Maas u. Kempf, ibid., 1922, Jg. 35, p. 609, 1923, *36*, p. 293; Steinau R., «Ch. Ztg», 1920, Jg. 44, p. 974, 1921, Jg. 45, p. 741, 1238; Wolff H., «Farben-Ztg», B., 1925, Jg. 30, p. 1859. **П. Черенин.**

ЛИТОСФЕРА, твердая оболочка земли, окружающая более глубокие расплавленные слои (п и р о с ф е р а) с центральным ядром земли, очень плотным (б а р и с ф е р а). Л. окружена г и д р о с ф е р о й (океаны, моря) и а т м о с ф е р о й. Непосредственному изучению доступна только незначительная верхняя часть Л. на глубину не более 30 *км*. Она слагается на 95% из массивных пород (глубинных и излившихся) и 5% из осадочных. Химический состав верхней части Л. (земная кора) следующий (в %):

Элемент	%	Элемент	%
Кислород	49,42	Фтор	0,027
Кремний	25,75	Цирконий	0,023
Алюминий	7,51	Никель	0,018
Железо	4,70	Стронций	0,017
Кальций	3,39	Ванадий	0,016
Натрий	2,64	Медь	0,010
Калий	2,40		
Магний	1,94	Цинк	0,0057
		Иттрий	0,0055
Водород	0,88	Вольфрам	0,0055
Титан	0,58	Литий	0,005
Хлор	0,188	Рубидий	0,0034
Фосфор	0,12	Церий	0,0027
		Торий	0,0025
Углерод	0,087	Гафний	0,002
Марганец	0,080	Кобальт	0,0018
Сера	0,048	Неодим	0,0017
Барий	0,047	Бор	0,0014
Хром	0,033		
Азот	0,030	Всего	99,99

На все же остальные элементы—0,01%.

Лит.: B e h r e n d F. u. B e r g G., Chemische Geologie, Stg., 1927. **П. Тополь ницкий.**

ЛИТОФАНИЯ, исполнение барельефного изображения в воске как подготовительный процесс при изготовлении приспособлений для производства художественных просвечивающих картин на бумаге. См. *Водяные знаки*.

ЛИТЬЕ, см. *Литейное производство*.

ЛИТЬЕ ЧУГУННОЕ, см. *Чугунное литье*.

ЛИЦЕНДРАТ, многожильный проводник, представляющий собой кабель из большого числа тонких, изолированных друг от друга проводов, причем эти отдельные жилы скручиваются вместе так, что каждый провод лежит частью внутри кабеля, частью на его наружной поверхности. Благодаря такой скрутке каждая жила на единице длины окружена одинаковым потоком; таким образом через каждую жилу течет один и тот же ток, т. е. уменьшается влияние *скин-эффекта* (см.). Последнее справедливо лишь в том случае, если изоляция всех жил полная и если соединение всех жил на концах кабеля действительно обеспечено. Обычно жилы бывают скручены по три, т. е. каждые три жилы образуют один кабель.

В е л и ч и н ы п о л н о г о д и а м е т р а Л. в *мм*.

∅ проволоки	Число жил		
	9	27	81
0,07	0,41	0,73	1,41
0,08	0,45	0,77	1,49
0,10	0,52	0,91	1,69
0,12	0,61	1,06	1,96
0,15	0,71	1,27	2,54
0,19	0,88	1,49	2,82

Затем 3 таких кабеля снова скручиваются, образуя 9-жильный кабель, и т. д.; таким образом получаются кабели, имеющие 3, 9, 27, 81, 243 жилы. Для изготовления таких кабелей обычно употребляются проволоки от 0,19 до 0,08 *мм* в диаметре.

Наилучшей практическ. конструкцией Л. для токов радиочастот является полая трубка из свободно переплетенных изолированных жил, причем желательно применять переплет корзиночной формы (см. *Катушки самоиндукции*).

ЛИЦЕНЗИЯ ПАТЕНТНАЯ, предоставление другим лицам права реализации и осуществления запатентованного изобретения. Л. п. устанавливается либо по соглашению между патентообладателем и третьим лицом либо принудительно, вопреки воле патентообладателя.

Л и ц е н з и о н н ы й д о г о в о р. Добровольная Л. п. устанавливается путем заключения лицензионного договора между патентообладателем, лицензиаром, и третьим лицом, лицензиатом. Согласно нашему патентному закону, патентообладатель может выдать на основании своего патента лицензию (разрешение) на использование изобретения в определенном отношении (ст. 10, п. 2 декрета о патентах). В виду того что обладатель заявочного свидетельства в случае последующей выдачи патента приравнивается по объему прав к патентообладателю, следует признать, что и ему принадлежит право установления Л. п. Инструкция о порядке приобретения прав на изобретения государственными учреждениями и предприятиями определенно постановляет, что приобретение как патентов на изобретения, так и Л. п. допустимо и до выдачи патента—по заявочному свидетельству, выданному К-том по делам изобретений ВСНХ СССР (ст. 2). Если патент принадлежит нескольким лицам, то они могут отчудить патент или выдать Л. п. лишь сообща (ст. 10 декрета о патентах).

Л. п. бывает трех родов: а) п р о с т а я Л. п., когда лицензиату дозволяется производить определенные действия в том или ином виде; б) и с к л ю ч и т е л ь н а я Л. п., когда лицензиату выдается простая Л. п. при обязательстве со стороны лицензиара не выдавать другим лицам таких же лицензий; в) п о л н а я Л. п., когда лицензиату выдается исключительная Л. п. при обязательстве со стороны лицензиара, что он сам впредь не будет осуществлять изобретения. Такая полная Л. п., выданная на весь срок действия патента, совпадает по своему экономическ. значению с передачей патента. Юридически же между этими обоими действиями есть принципиальная и существенная разница. Так, во-первых, если полный лицензиат не станет платить причитающихся с него взносов, то договор Л. п. может быть признан расторгнутым и право патентообладателя восстанавливается в полном своем объеме. Если же совершено было отчуждение патента под условием последующих уплат, то неисполнение последнего требования конечно не переносит права на патент от приобретателя обратно к продавцу. Во-вторых, если выдавший полную Л. п. станет в нарушение договора сам осуществлять изобрете-

ние, то он платит убытки; отчудивший же патент отвечает в аналогичном случае за контрафакцию. Каждый из трех указанных видов Л. п. распадается в свою очередь на общие Л. п. (на территории СССР) или местные (союзная или автономная республика, область, район); на срочные (определенное число лет) и бессрочные (на все время действия патента).

В случае нарушения патента право на гражданский иск, как и на уголовное преследование нарушителей, наряду с патентообладателем имеет и лицензиат в пределах предоставленных ему лицензионным договором прав (в пределах данной территории и т. п.). Ст. 11 декрета постановляет: «Лица, получившие лицензии по патенту, если в лицензии не условлено иное, имеют также самостоятельное право иска по поводу нарушения патента». Очевидно, что слово «иск» относится как к возбуждению уголовных преследований, так и к заявлению гражданского иска.

Передача патента и установление Л. п. вступают в силу лишь со дня отметки о том в патентном реестре (ст. 10 декрета о патентах). С юридическ. точки зрения приходится считать, что отчуждение патента или предоставление Л. п. приобретает с момента внесения в реестр вещный характер, т. е. управомоченному лицу предоставляется непосредственно господство над самим патентом или лицензией. Так, из двух лиц, купивших один и тот же патент у одного и того же изобретателя, патент перейдет к тому, кто первый окажется внесенным в реестр Комитета; другому лицу останется лишь право требовать возмещения убытков. В отношении лицензионных прав для нового приобретателя патента обязательны те из них, которые внесены в реестр; те же Л. п., к-рые не внесены в реестр, для нового приобретателя патента не обязательны; такому лицензиату при продаже патента остается лишь путем судебного иска взыскивать убытки от своего контрагента.

Одним из существенных моментов при заключении лицензионного договора является вопрос о том, как быть, если в дальнейшем патент не будет выдан или уже выданный патент будет признан недействительным. Действующая инструкция «О порядке приобретения прав на изобретение государственными учреждениями и предприятиями» постановляет, что в случае заключения договора по заявочному свидетельству «должны быть включены в договор условия, охраняющие интересы приобретающего госоргана на случай отказа в выдаче патента» (ст. 2). Является бесспорным факт, что признанное недействительным заявочное свидетельство, равно как и аннулированный патент, прекращает лицензионный договор в отношении его дальнейшего действия; лицензиар не может запретить дальнейшее пользование изобретением в виду отсутствия такого права; следовательно о дальнейших платежах лицензиару не может быть и речи. Проблема заключается в том, подлежат ли возврату уже уплаченные патентообладателю взносы. Действующая практика различает следующие два случая отказа в выдаче патента: а) отказ в выдаче патента за отсутствием новизны изобретения, б) отказ вследствие отсутствия авторства или правопреемства у патентообладателя (спор об авторстве). В первом случае типовые соглашения постановляют, что производство дальнейших платежей прекращается, однако деньги, которые получил изобретатель, возврату не подлежат, и ответственности за убытки лицензиата изобретатель не несет. Если по заявочному свидетельству будет выдан патент при существенном изменении патентной ф-лы, лицензиат имеет право расторгнуть договор с тем однако, что все выданные изобретателю суммы возврату не подлежат. Что касается второго случая, то здесь практика устанавливает, что сделанные взносы подлежат возврату с уплатой неустойки, убытков и с подобными невыгодными последствиями для лица, отчудившего или выдавшего Л. п. на изобретение, по которому в выдаче патента было отказано вследствие присвоения авторства. Данную практику надо считать правильной. Объективный характер изобретения, его патентоспособность, в большей степени могут быть проверены гос. органом, чем автором его; изобретатель не может гарантировать, что данное изобретение нигде в мире не описано в литературе или что оно нигде уже не применялось. Экономич. рентабельность изобретения является стимулом к заключению договора; поскольку в течение определенного времени авторское право на изобретение имело место, лицензиат пользовался этим правом, а потому уплаченное им авторское вознаграждение компенсировалось означенным использованием изобретения. Иначе обстоит вопрос при присвоении лицензиаром чужого изобретения. Субъективн. недобросовестность патентообладателя естественно должна повлечь за собой определенные невыгодные для него материальные последствия.

Экономическое значение лицензионного договора. При господстве свободной конкуренции лицензионная система является наилучшим средством использования патентообладателем своего изобретения. Развитая система Л. п. может быть сравнена с электрич. сетью: патентная энергия данного изобретения м. б. проведена по всем направлениям при установленной пропускной способности и возможности прекращения ее отпуска потребителю в любой момент. Про_америк. трест обувных машин утверждают, что разработанная им лицензионная система является более значительным «изобретением», чем любая построенная им машина. При развитии монополистич. капитала Л. п. в ее договорной форме является средством, содействующим росту и развитию монополистич. организаций. Исследователи герм. монополистич. организаций, разбирая различные виды картеля, этой обычной для герм. монополистич. предприятий организационной формы, специально выделяют патентные картели. В основании патентного картеля лежит та или иная комбинация обмена Л. п. между членами картеля. Первой ступенью согласования интересов предприятий при помощи патентов является взаимн. обмен Л. п. на имеющиеся

у каждого из контрагентов патентные права; каждое предприятие получает от контрагентов простую Л. п., используемую им в соответствии с потребностями производства. Такой обмен Л.п. существовал в течение ряда лет между крупнейшими германскими предприятиями в области производства ламп накаливания (Всеобщая компания электричества, Сименс, Ауер). Следующим шагом по пути более прочного картелирования является обмен Л. п. между контрагентами с устранением предприятий, находящихся вне объединений, так наз. а у т с а й д е р о в, от возможности пользоваться патентом. Каждое из предприятий, оставаясь собственником своих патентных прав, предоставляет всем остальным контрагентам простую Л. п. в установленном объеме; договоры между участниками предусматривают запрещение предоставлять Л. п. аутсайдерам. Обычно такие патентные соглашения являются сопутствующими общекартельным постановлениям. Патентная лицензионная система цементирует межкартельные отношения, так как предприятие, выходящее из картеля, лишается права пользования изобретением, и в то же время эта система содействует удушению конкуренции, находящейся вне монопольного объединения.

В реконструктивный период развития советской промышленности конкуренция между госуд. органами, наблюдавшаяся в восстановительном периоде, изживается полностью, и вместе с тем устанавливается обмен технич. помощью между предприятиями. В то время как в предыдущем периоде такой обмен был только исключением, настоящий период характеризуется более плановым обменом новыми изобретениями и усовершенствованиями между нашими хоз. органами. Изобретения перестают быть собственностью отдельного предприятия; они могут применяться во всех предприятиях данной отрасли промышленности, поскольку для них имеется технич. и экономич. база. На создаваемые ныне объединения предприятий возлагается как основная функция реконструкция данной отрасли промышленности на высшей технич. базе: объединение должно применять заграничный технич. опыт, равно как и достижения лучших предприятий Союза, на других действующих и вновь строящихся предприятиях, находящихся в ведении объединения. С правовой точки зрения объединение как юридическое лицо является обладателем всех патентных прав, применяемых в данной отрасли промышленности. Поэтому всякий лицензионный договор, заключаемый объединением предприятий, является по своей экономич. сущности равносильным полному отчуждению изобретения. При хозяйственно монопольном положении объединений предприятий никакая конкурирующая с их производством Л. п. или параллельная производственная деятельность патентообладателя недопустимы.

П р и н у д и т е л ь н а я Л. п. Принудительная Л. п. устанавливается не по добровольному соглашению сторон, а на основании постановления судебного или административного учреждения. Как западноевропейское, так и советское право устанавливают принудительную Л. п. при неосуществлении или недостаточном осуществлении или вообще при злоупотреблении своим монопольным правом (см. *Патентное право*). Неосуществление изобретения может повлечь за собой или признание патента недействительным или выдачу принудительной Л. п. на это изобретение заинтересованному лицу или организации. Германское право постановляет: «Если патентодержатель отказывает третьему лицу в выдаче лицензии на эксплоатацию изобретения, несмотря на предложенное ему соответствующее вознаграждение и обеспечение исполнения, то таковая лицензия м. б. присуждена принудительным путем, если выдача ее обусловливается общественным интересом. Лицензия м. б. присуждена в ограниченном объеме и поставлена в зависимость от наличия разных условий» (§ 11, ч. 1 патентного закона). К нарушениям общественного интереса герм. практика относит следующие случаи: патентодержатель не пускает изобретения в общественно-хозяйственный оборот или удовлетворяет рыночный спрос на патентованный предмет в недостаточной степени; патентодержатель стремится использовать свое монопольное положение в чрезмерной степени, напр. отказом в выдаче Л. п. на крайне важное изобретение при неосуществлении им этого изобретения, и т. д.

Широко устанавливает выдачу принудительной Л. п. англ. новелла от 23 декабря 1919 г. Этот в высшей степени характерный законодательный акт предоставляет председателю патентующего учреждения (Comptroller'у) огромные права на установление принудительной Л. п. при злоупотреблении исключительным правом со стороны патентообладателя; в крайнем случае Comptroller'у предоставляется также и право отобрать патент. Ст. 1 новеллы дает пространное и казуистическое перечисление случаев злоупотребления монополией. Новелла направлена против герм. промышл., гл. обр. химической, стремившейся обеспечить гегемонию на англ. рынке патентными монополиями.

Согласно советскому праву патентообладатель обязан осуществить свое изобретение в пределах СССР лично или путем выдачи Л. п. (ст. 18, ч. 1 декрета о патентах). В последнем случае обязанность по осуществлению переходит на лицензиата. Если патентообладатель, сам или через третьих лиц, держателей Л. п., не осуществил изобретения, то он находится под угрозой принудительной выдачи Л. п. Ст. 18, ч. 3 декрета гласит: «Если ни патентообладатель ни держатель лицензии не осуществил изобретения в указанный срок в СССР, то всякое заинтересованное учреждение или лицо имеет право возбудить перед К-том по делам изобретений ходатайство о выдаче ему принудительной лицензии, вознаграждение по которой устанавливается судом...». Субъектом иска о выдаче принудительной Л. п. может быть всякое заинтересованное лицо, физическое или юридическое, в первую очередь конечно гос. учреждение или гос. предприятие. Претендующий на получение Л. п. должен быть правомочным на промышленную оперативную деятельность, необходимую и достаточную для осуществления изобретения.

Помимо указанной принудительной Л. п., являющейся карательной мерой по отношению к патентообладателю за неосуществление или недостаточное осуществление изобретения, советское право знает вид принудительной Л. п. как частный случай отчуждения патента на изобретение, имеющее особо важное значение. Советское право (так же, как и западноевропейское) знает институт отчуждения патента на изобретение,«относящееся к области государственной обороны или имеющее особо важное значение для страны» (ст. 15, ч. 1). Под словами «особо важное значение» приходится понимать важность не для производственных целей гос. либо хоз. органов, что предусматривается второй частью статьи, а пригодность для всеобщего блага, равно и для смягчения народных бедствий и борьбы с ними, например при эпидемиях, неурожаях, наводнениях.

Особенностью советского права является норма ст. 15, ч. 2 декрета о патентах, согласно которой «в пользу государственных учреждений и предприятий может быть установлена за соответствующее вознаграждение принудительная лицензия в пределах потребностей учреждений». Эта норма является естественной для государства, являющегося не только хозяйствующим субъектом, но и установившего государственную монополию в отношении крупной и средней промышленности. Согласно п. 1 «Правил о порядке принудительного отчуждения», применяемому в соответствии с п. 12 этих правил также и при установлении принудительных Л. п. для гос. промышленности, как отчуждению, так и установлению принудительной Л. п. должны предшествовать переговоры о добровольном соглашении с патентодержателем. Помимо того принудительная Л. п. в пользу гос. промышленности является мерой исключительной; это доказывается как ее нормированием статьей 15 декрета, устанавливающей исключительные положения в отношении патентных прав, так и одинаковым порядком установления означенных Л. п. и принудительного отчуждения патентов. Поэтому принудительная Л. п. может иметь место лишь в отношении изобретений, имеющих особо важное значение для гос. промышленности. Таким же образом толкует рассматриваемую статью Советско-германское соглашение об охране промышленной собственности. В протоколе заседания в ст.1 соглашения установлено, что право гос. промышленности на принудительные Л. п. может быть противопоставлено герм. патентообладателям лишь при предпосылках, имеющихся в абз. 1 ст. 15 декрета, т. е. если изобретение относится к области государственной обороны или имеет особо важное значение для страны.

Как отчуждение, так и принудительная Л. п. являются возмездными. Размер вознаграждения за принудительное отчуждение патента определяется по справедливой оценке тех выгод, к-рые могли бы быть извлечены владельцем патента от применения изобретения (§ 3 правил). Особенностью советской социалистич. гос. промышленности является, с одной стороны, ее плановая и регулируемая высшими гос. органами сущность, а с другой—ее организационная структура в виде организаций, находящихся на хоз. расчете. В соответствии с публичноправовым характером нашей национализированной промышленности декрет о патентах на изобретения уничтожил для нее монопольную сферу патентообладателя в случаях особо для нее важных: поскольку изобретение, имеющее важное значение для страны, не может перейти к гос. предприятию по добровольному соглашению, постольку последнее имеет возможность добиться принудительной Л. п. Как общее же правило построенной на хозяйственно-коммерч. принципе гос. промышленности предоставляется эксплоатация изобретения на договорных началах вознаграждения патентообладателя; представляется совершенно естественным, что, извлекая непосредственную пользу от применения технического усовершенствования, предприятие уплачивает вознаграждение патентообладателю по соглашению с ним. **И. Хейфец.**

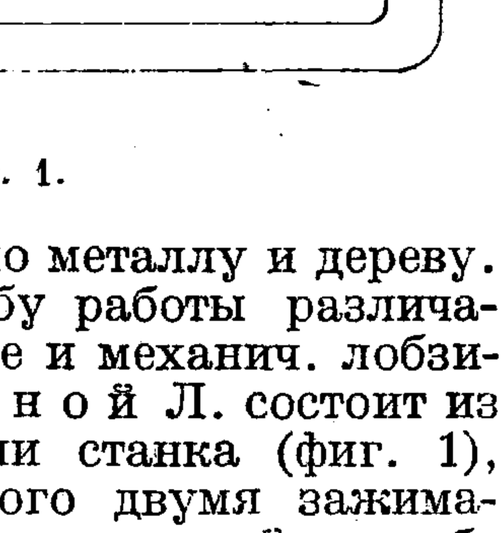
Лит : см. *Патентное право.*

ЛОБЗИКИ, тонкие выкружные пилы, употребляемые при выпиловочных (ажурных)



Фиг. 1.

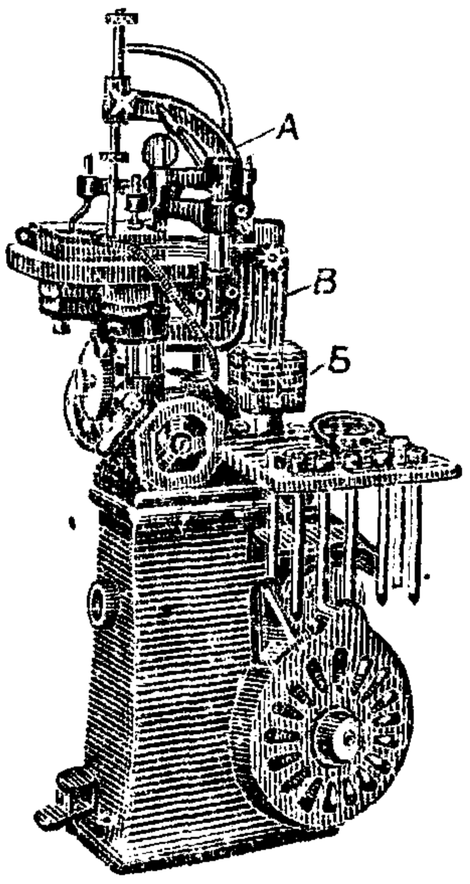
работах по металлу и дереву. По способу работы различают ручные и механич. лобзики. Р у ч н о й Л. состоит из рамки или станка (фиг. 1), снабженного двумя зажимами *а* и *б*, из которых один верхний или оба делают переставными для натяжки пилки, к-рую зажимают в зажимах. Станки делают металлические или деревянные; последние несколько легче и предпочтительнее для любительских работ. Для часовых дел мастеров делают Л. с малым вылетом и передвижной рукояткой для возможности использования сломанных пилок.



Фиг. 2.

Механические Л. строятся трех типов: 1) с рессорой, применявшиеся раньше довольно часто для ажурных работ по дереву, но в настоящее время совершенно вышедшие из употребления; 2) с двумя качающимися рычагами (фиг. 2), шарнирно соединенными по середине их длины со станиной и составляющими с вертикальной тягой и пилкой шарнирный параллелограм,

приводимый в колебательное движение кривошипом и шатуном; Л. этого типа пригодны лишь для работ, не требующих высокой степени точности; 3) Л. с движущейся поступательно рамкой (фиг. 3); этот тип станков получил в последн. время значительное распространение в металлообрабатывающей промышленности для выработки сквозных отверстий в штампах и матрицах, причем время обработки сокращается на 60—75% сравнительно с употреблявшимся прежде методом высверливания ряда отверстий и последующей опиловки вручную. Станок состоит из рамки *А*, движущейся по двум цилиндрическим направляющим и приводимой в движение кривошипно-шатунным механизмом, скрытым в цоколе машины. Нажатие обрабатываемого предмета на пилку производится при помощи особого груза *Б*, натягивающего две цепи *В*, прикрепленные к рамке, в к-рую зажимают обрабатываемый предмет; благодаря этому нажатие производится всегда с одинаковой оптимальной силой и на долю рабочего приходится лишь направление обрабатываемого предмета.



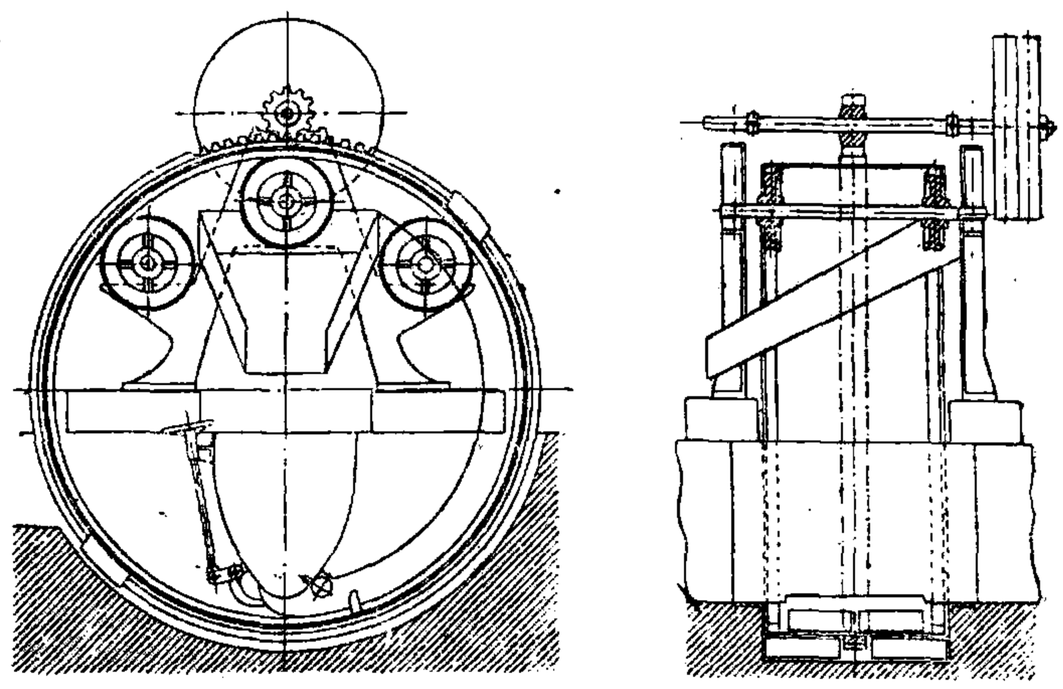
Фиг. 3.

Пилки для ручных Л. имеют длину от 125 до 130 *мм*, для машинных—от 130 до 300 *мм* и изготовляются различной нумерации, по величине зубцов. Пилки для обработки дерева и металла делают из стали различного качества, причем с чисто внешней стороны они различаются тем, что пилки для дерева отпущены до соломенно-желтого цвета, а для металла—до синего. До войны 1914—1918 гг. все производство пилок для Л. было сосредоточено в Шварцвальде, где их производили кустарным способом, выпиливая зубцы вручную напильником в особом станочке, куда пропускалась непосредственно с бобины расплющенная предварительно проволока соответственного размера. Проволока употребляется английская, изготовляемая специально для этой цели, причем она получается обычно круглого сечения и прокатывается в прямоугольное или слегка суженное кзади сечение на ручных вальцовых станках. В последнее время ручная работа вытесняется довольно примитивными машинами, к-рые изготовляются самими заводчиками и кустарями в Шварцвальде по собственным чертежам. Хотя во время войны 1914 г. многие государства поставили у себя производство пилок для Л., но до сих пор как в количественном, так и в качественном отношении доминирующее значение принадлежит полукустарному шварцвальдскому производству.

Л. Павлушков.

ЛОВУШКА, ловительное приспособление, прибор для улавливания: посторонних предметов тяжелее воды (камнеловушки и песколовители), примесей, плавающих в воде или соке, напр. соломы, ботвы и мезги (соломоловители), и жидких или твердых частиц, уносимых паровым или газовым потоком (соколовушки, маслоотделители и лаверы).

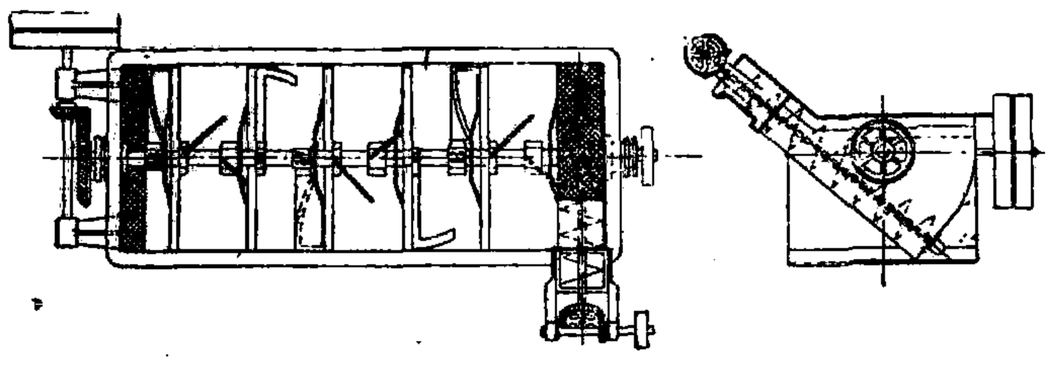
Л., применяемые в сахарной промышленности. Камнеловушки устанавливаются по пути движения свеклы на гидравлич. транспортерах перед свекломойками и после них; иногда конструктивно они представляют одно целое со свекломойкой. По своей конструкции они делятся на автоматические и механические. Типичным представителем первого вида является Л. системы Баранова, устанавливаемая в конце гидравлич. транспортеров и представляющая собою железный карман с наклонным дном. В нижнюю часть Л. под напором поступает вода. Действие Л. таково: свекла струей воды подбрасывается вверх, а камни собираются в


Фиг. 1.

кармане, скатываясь по наклонному дну, откуда периодически удаляются при открывании шибера. Из механич. камнеловителей надо указать камнеловушку системы Эйк (Eyck), мойку системы Рауде и ее видоизменения. Обе эти камнеловушки также устанавливаются на жолобе гидравлич. транспортера. Л. системы Эйк представляет собою решетчатый барабан, к-рый установлен вдоль транспортера (фиг. 1). Против барабана в дне транспортера имеется продолговатая щель, прикрываемая качающимся клапаном, регулирующим ширину щели. Балласт, камни, железные предметы и прочие тяжелые загрязнения падают внутрь барабана, ковшами которого поднимаются и сбрасываются в лоток. Для устранения провалов свеклы в щель транспортера под напором поступает вода, поднимающая свеклу вверх. Л. типа мойки Рауде состоит из железного цилиндра с конич. дном, оканчивающимся шибером. Внутри цилиндра имеется вертикальный вал с насаженными на него лопастями, назначение которых перемешивать свеклу и направлять ее снизу вверх. Вал делает до 20 об/м. (в зависимости от диам. цилиндра). Камни, попадающиеся в свекле, собираются в конич. части Л., откуда они удаляются через шибер.

Песколовители применяются для очистки известкового молока от камней и песка и для очистки соков, обработанных известью, от песка, попадающего в сок вместе с известковым молоком. Простейшим типом песколовителя является цилиндрич. дырчатое сито. Из песколовителей более совершенного типа необходимо отметить песколови-

тель, основанный на принципе отстаивания (сист.Русселя,фиг.2),представляющий собою полуцилиндрич. корыто, разделенное вертикальными перегородками на несколько отделений. Вдоль корыта вращается вал с прикрепленными к нему скребками, которые одной своей стороной скользят по дну корыта, а другой—по вертикальной стенке, образуя

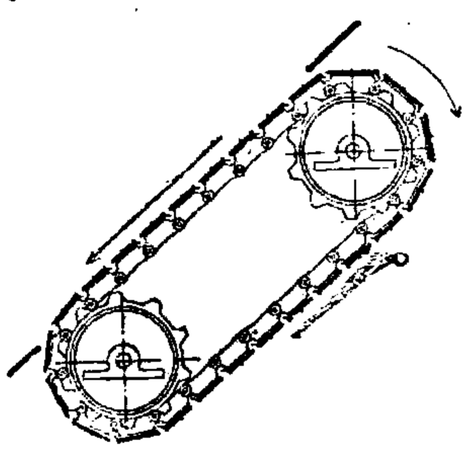


Фиг. 2.

подобие ковшей, которыми осаждающиеся на дно корыта песок и мелкие камешки передаются из одного отделения песколовителя в другое. Из последнего отделения камешки и песок удаляются при помощи шнека; неочищенное известковое молоко подается навстречу движению камней и песка.

Соломоловители служат для очистки свеклы от легких плавающих примесей—соломы,ботвы и пр.—и устанавливаются как перед свекломойкой, так равно и после нее. Обычный тип соломоловителя — железные или деревянные грабли, установленные поперек гидравлического транспортера. По мере накопления примеси грабли очищаются вручную. Примером механически очищающегося соломоловителя может служить Л. типа Шмитца, в которой уловленная зубьями грабель солома и ботва поднимаются и сбрасываются в ящик. Для полной очистки свеклы от соломы применяется соломоловитель сист. Неселовского, представляющий собою подвижную наклонную плоскость (фиг. 3). Свекла скатывается навстречу движению наклонной плоскости, а солома и зелень задерживаются проволочными гвоздями, насаженными в планки плоскости, и удаляются с нижней части прибора струей воды.

Для освобождения диффузионного сока от увлеченных частиц и волокон свеклы наиболее совершенным является самоочищающийся мезголовитель типа Пильгардта, состоящий из вращающегося на валу ситчатого цилиндра, соединенного снизу с отводящей трубой и закрытого сверху.



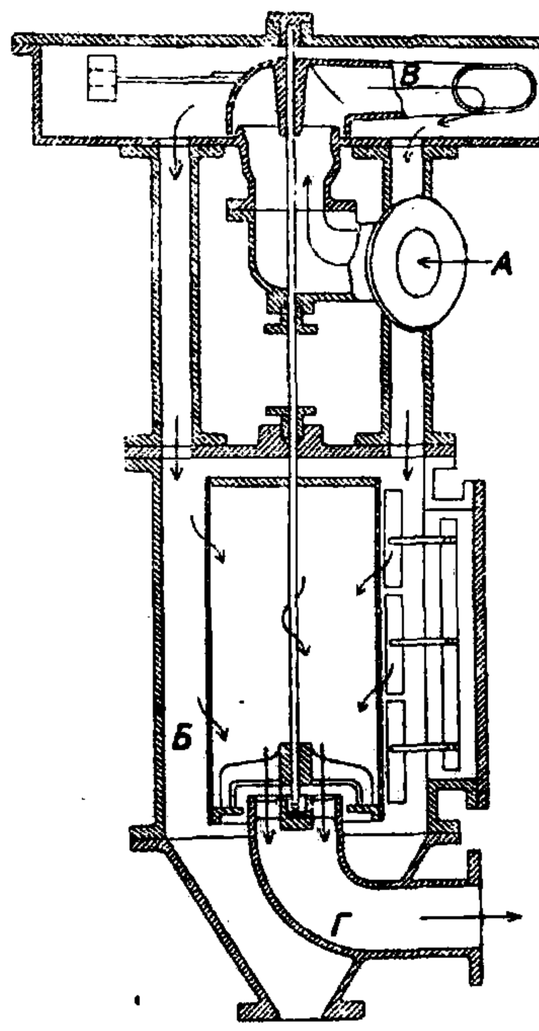
Фиг. 3.

Ситчатый цилиндр окружен сосудом *Б*,к к-рому снизу примыкает воронкообразный придаток с отводящей трубой *Г* (фиг. 4). Внутри сосуда *Б* имеется ситоочиститель. Неочищенный сок поступает в сосуд через отверстие *А* и проходит через турбинку *В*. которая насажена на вал сита.

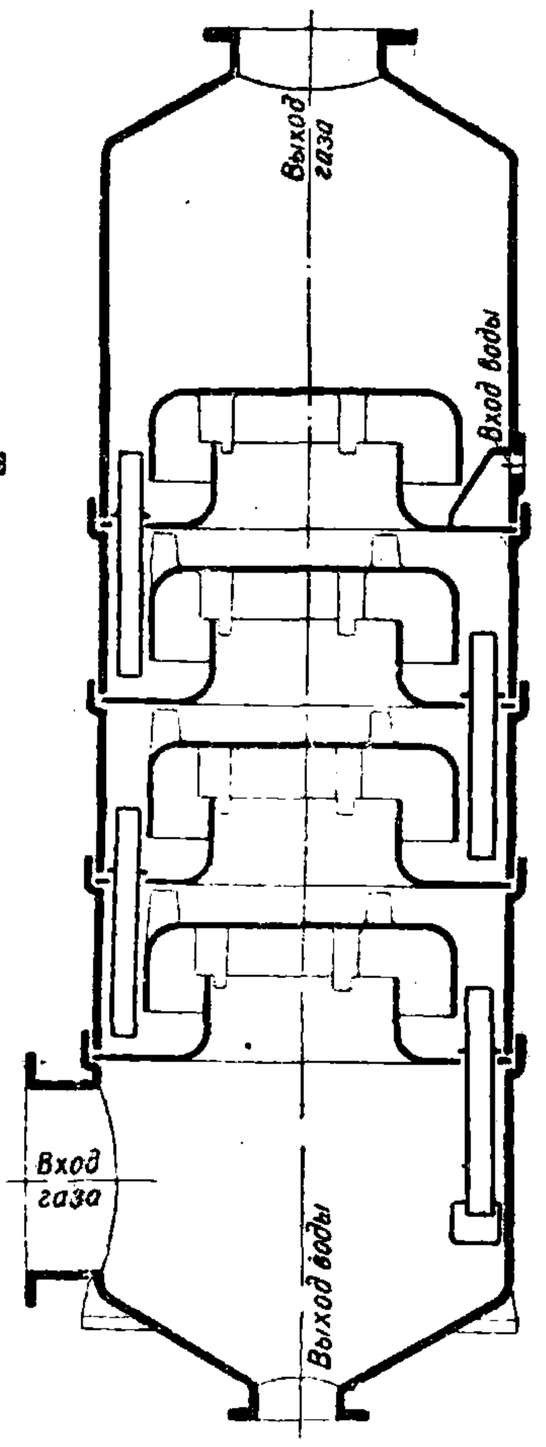
Соколовушки устанавливаются на выпарных аппаратах для улавливания жидких частиц сока, уносимых паровым потоком. Л. построены на принципе уменьшения скорости движения, а также живой силы парового потока, несущего во взвешенном состоянии жидкие частицы; для этого паровой поток направляют через обширное замкнутое пространство, перегороженное одной или несколькими дырчатыми переборками, о к-рые ударяется паровой поток и при потере скорости выделяет жидкие частицы. Того же эффекта достигают, заставляя паровой поток проходить между переборками, меняющими его направление. Примером Л., основанной на первом принципе, служит весьма распространенная горизонтальная Л. сист. Годека; примером Л. второго типа может служить вертикальная Л. и сепаратор, устанавливаемый на аппарате Кестнера.

Для удаления масла из отработавшего пара паровых машин, поступающего на обогревание различных приборов, применяются *маслоотделители*(см.),в которых паровой поток направляется в обширное замкнутое пространство, заполненное многочисленными переборками,расположенными вертикально и параллельно одна относительно другой.

Для очищения газового потока от пыли и



Фиг. 4.

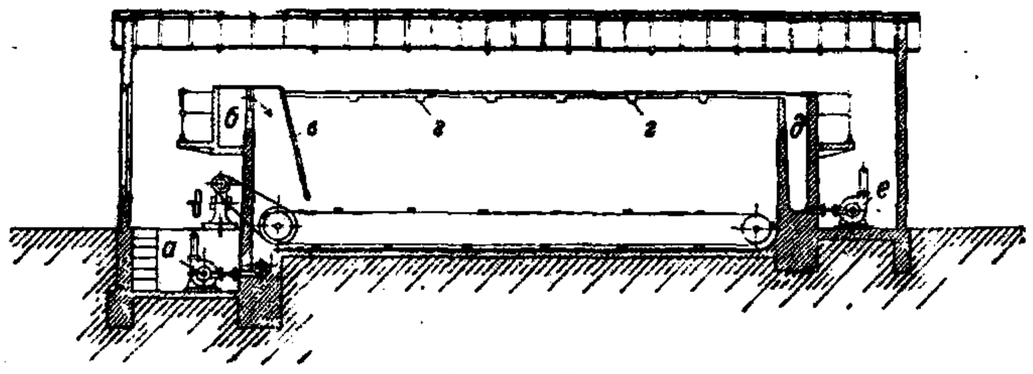


Фиг. 5.

одновременно охлаждения газа применяется лавер (фиг. 5), состоящий из цилиндра, перегороженного поперек тарелками; тарелки перекрыты колпаками, на к-рые поступает сверху вода. Газ, всасываемый насосом, идет против воды, охлаждается и одновременно очищается ею.

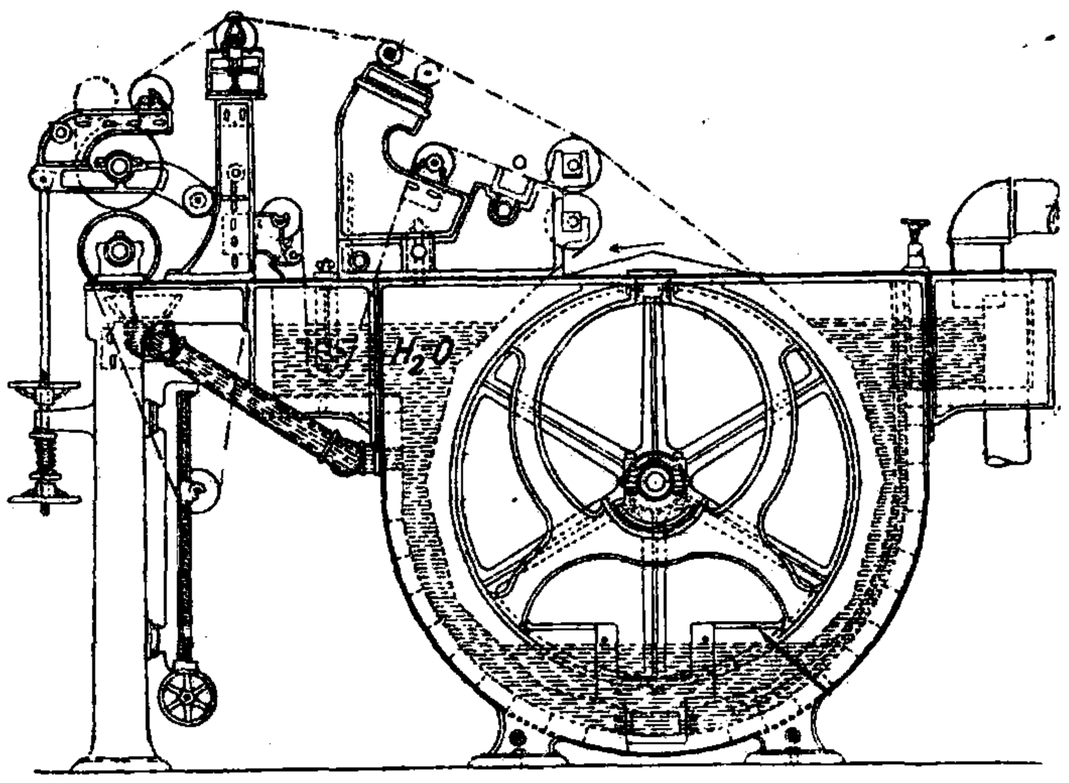
Л. в целлюлозном и бумажном производствах служат для улавливания из производственных сточных вод ценных материалов—волокна и наполняющих бумагу веществ (каолин, барит и т. п.). Содержание улавливаемых веществ в сточных водах выражается 0,05—0,08% и зависит главн. обр. от степени размола волокон массы в бумажном производстве и от характера варки целлюлозы—в целлюлозном. Количество сточных вод для среднего сорта бумаги колеблется в пределах 60—100 $м^3$ на 1 $т$. Приведенная характеристика сточных вод определяет конструкцию Л. Это—или 1) большие отстойные резервуары различной формы, в которых

происходит разделение твердых веществ и воды по уд. весу, или 2) фильтры с частыми сетками и сукнами большой фильтрующей способности.



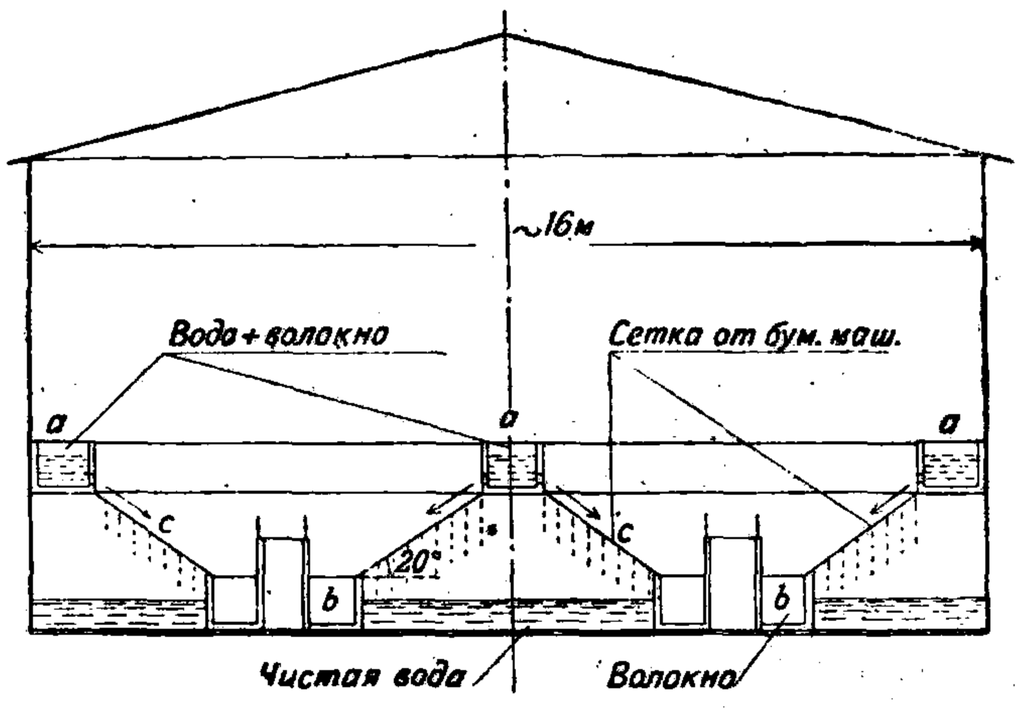
Фиг. 6.

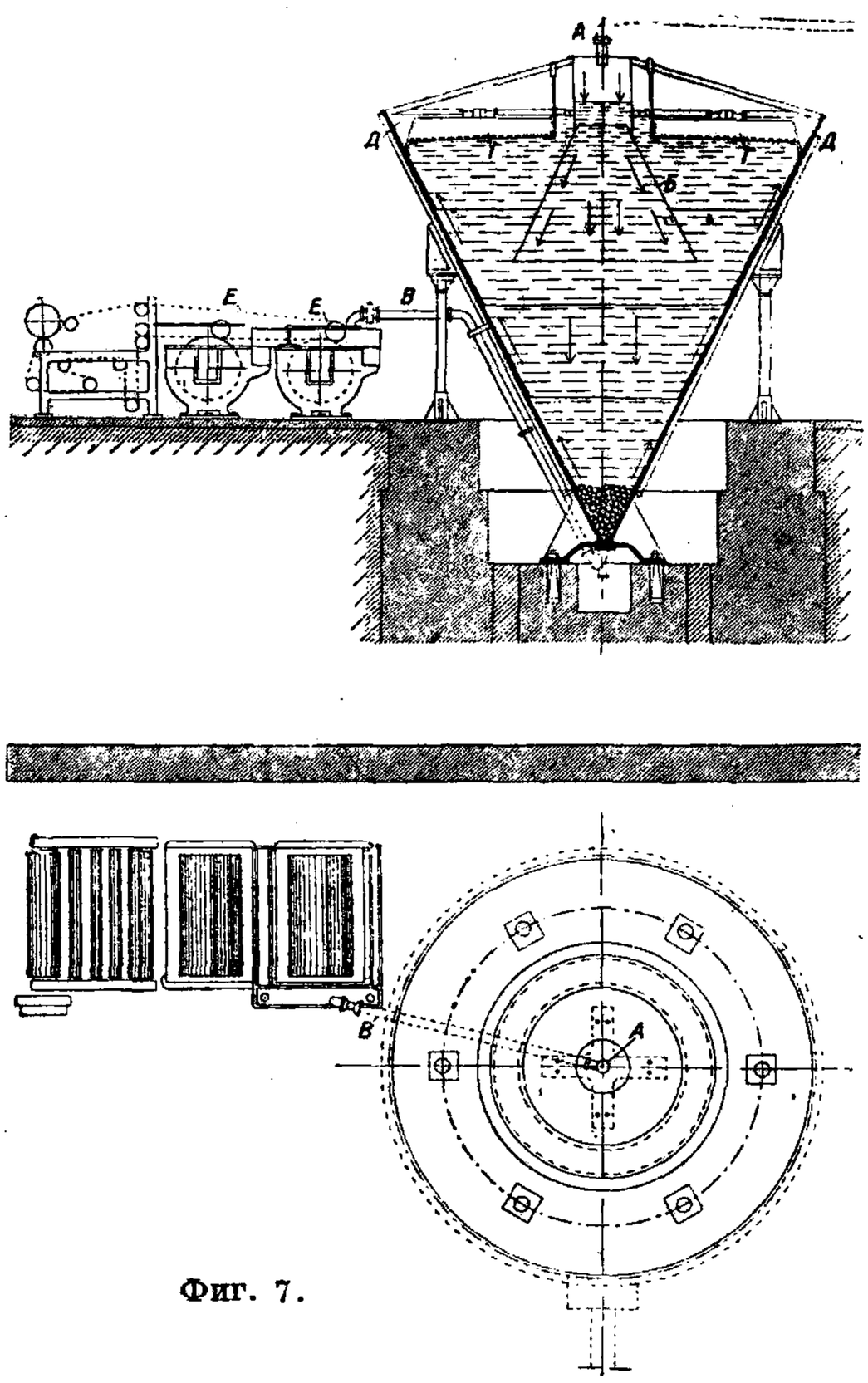
Необходимыми условиями удовлетворительной работы Л. первого типа являются: достаточно большой объем резервуаров, непрерывная работа системы и отсутствие в поступающей сточной воде токов, мешающих осаждению частиц. Дорогостоящее сооружение этих Л. оправдывается дешевизной и простотой их эксплоатации. Примером этого типа Л. является скребковая Л. системы Фойт-Шмидта (Voith-Schmidt) с камерой объемом 900—1 200 $м^3$, в к-рой отстоявшийся осадок непрерывно удаляется со дна камеры закрепленными на бесконечных цепях скребками в особый приемник, откуда масса насосом *а* (фиг. 6) возвращается обратно в производство. Сточные воды собираются в приемник *б* и наклонною поперечною перегородкою *в* направляются в нижнюю часть Л., где и оставляют взвешенные в воде частицы. Отстоявшаяся чистая вода через отверстия *г* в боковых стенках резервуара поступает в боковой канал *д* и из него насосом *е* удаляется в наружную сточную канаву ф-ки или частично обратно в производство, заменяя нек-рое количество потребной для него свежей воды. Для фабрик с небольшим



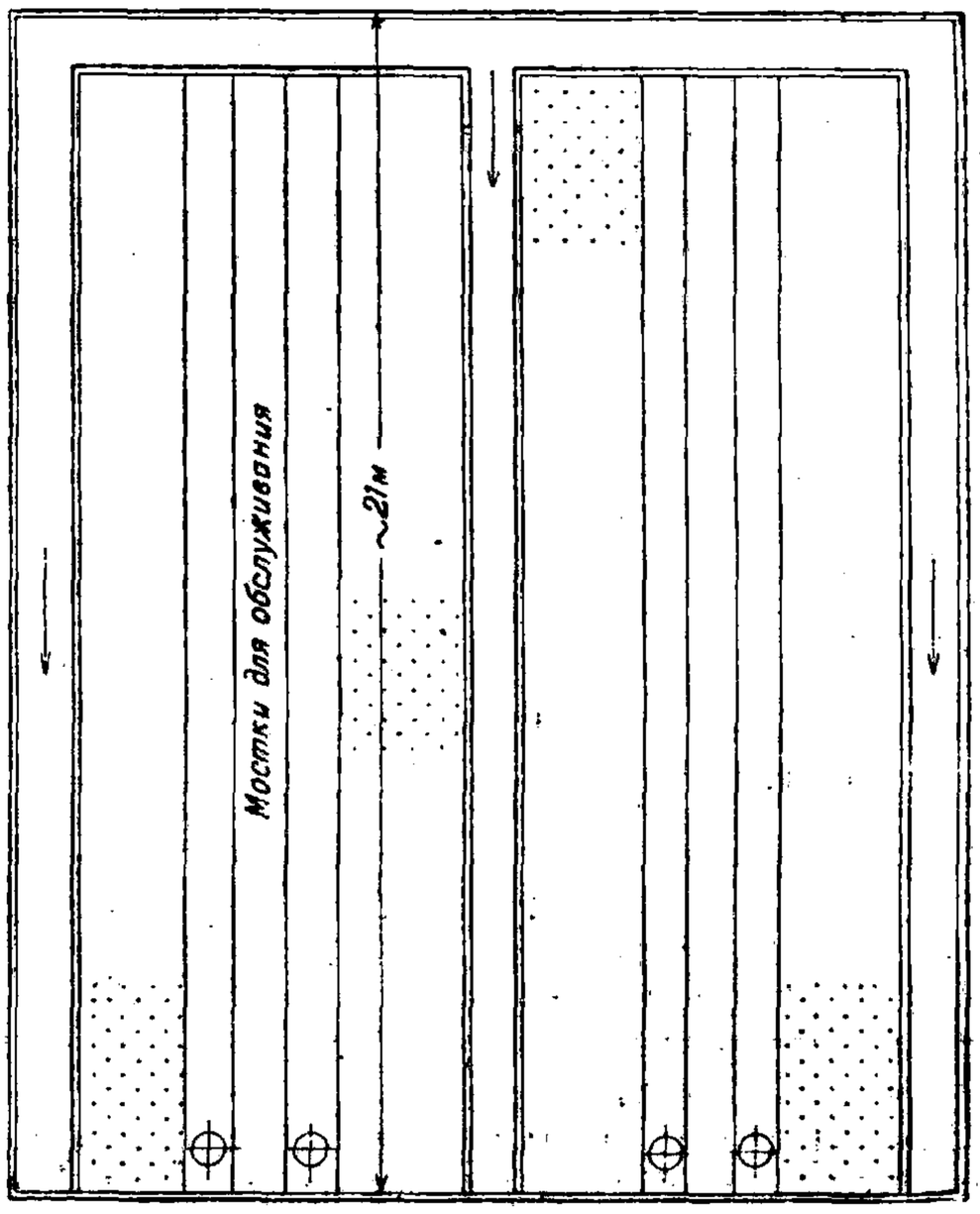
Фиг. 8.

расходом воды такие Л. неприменимы. Расчет Л.: на каждый $м^3$ сточных вод в минуту необходимо иметь 150 $м^3$ объема такой Л. Более удобными отстойными аппаратами,





Фиг. 7.



Фиг. 9.

работающими по тому же принципу, являются воронкообразные Л. (системы Франка, Фюльнера, Шмидта, Кроппа и др.). На фиг. 7

показана Л. сист. Фюльнера. Сточная вода поступает по трубе *А* и обратно поставленной воронке *Б* в верхнюю треть Л. Взвешенные частицы собираются в ее нижней части и под давлением выше стоящей воды по трубе *В* непрерывным потоком, регулируемым задвижкою или краном, возвращаются в производство. Отстоявшаяся вода по радиальным каналам *Г* и круговому *Д* также частью возвращается для разбавления массы в производство, а избыток направляется в сточную канаву. На фигуре показан случай, когда отстоявшееся волокно по трубе *В* направляется на картонную машину, где обезвоживается на двух последовательно поставленных обезвоживающих цилиндрах E_1, E и отжатое затем между двумя прессовыми валами сходит с машины в виде сырых листов картона, подлежащих лишь окончательной сушке. Такие Л. малых размеров помещаются внутри фабричного корпуса, а больших—иногда и за его стенами.

Сюда же принадлежат механич. сетчатые фильтры различных систем. На фиг. 8 показана Л. сист. Фюльнера. Массоловка состоит из цилиндра, покрытого сукном и вращающегося в ванне со сточной водой. Вода проходит через сукно, а волокна остаются на его поверхности, верхняя часть которой находится над уровнем воды. С сукна масса снимается валиком, обтянутым суконным чулком, с которого она счищается шабером в установленный под ним жолоб. Наиболее совершенной конструкцией механич. фильтров, употребляемых в качестве Л., являются секционные вакуум-фильтры (фиг. 9), характерные данные к-рых приведены в табл.

Характерные данные секционных вакуум-фильтров.

Данные	Сточные воды		
	целлюлозных з-дов	древесно-массных з-дов	бумажных фабрик
Содержание волокна в *мг/л* . .	60—100	150—500	250—750
Колич. сточных вод в $м^3$ на 1 $м^2$ площади Л. . . .	80—100	45—55	35—45
% удержанного волокна	95—99	90—95	90—95
Содержание сухих веществ в массе в % . . .	12—15	8—10	10—12

Л.-фильтры за исключением тех, к-рые принимают волокно сукнами, мало удерживают т. н. наполняющие вещества, т. е. минеральные примеси, прибавляемые к бумажной массе для частичного заполнения пор между волокнами бумажного листа. **Ю. Денисов.**

Лит.: см. *Бумажное производство.*

ЛОВЧИЕ КОЛЬЦА, ловчие пояса, применяют для борьбы с некоторыми вредителями в плодоводстве. Стремление насекомых прятаться для окукливания или на зимовку (под отставшие чешуи коры и в трещины на стволе плодового дерева) используется плодоводами применением Л. к. Перед наложением на деревья Л. к. с целью привлечения в них насекомых необходимо уничтожить все естественные убежища вредителей путем очистки ствола дерева от старых отставших частей коры и лишайников и сделать затем побелку (обмазывание) ствола и главных сучьев глиной с известью. После такой подготовки дерева на него накладывают (под кроной или при основании) Л. к. шириной 16 *см*. В качестве материала для Л. к. служат: специальная гофрированная бумага, солома, рогожа, тряпье, простая бумага, предварительно сложенная гармоникой, мох, опавшие листья, древесная, в особенности упаковочная, стружка (последние три материала сверху покрываются не промокающей от дождя бумагой). Л. к. привязывают к дереву мочалой, бечевкой или мягкой проволокой, но неплотно, чтобы оставались щели для проникания под пояса вредителей. Сроки накладки и снятие Л. к. зависят от биологич. особенностей вредителя и географич. положения района. Л. к., осторожно снятые с деревьев, сжигают вместе с заключенными в них вредителями или обваривают кипятком. Чаще всего Л. к. применяются против плодожорки и нек-рых долгоносиков. **В. Болдырев.**

Лит.: см. *Вредители в сельском хозяйстве.*

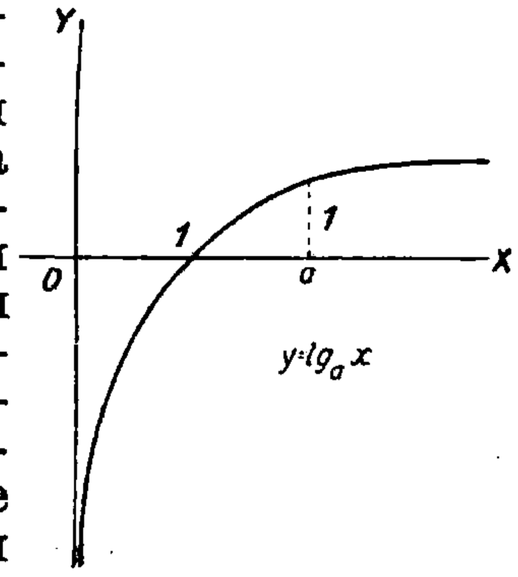
ЛОГАРИФМ, показатель степени, в к-рую нужно возвести основание (постоянное положительное число), чтобы получить данное число. Обозначив основание Л. через a и Л. данного числа N через y, получаем

$$a^y = N,$$

или

$$y = \lg_a N.$$

Свойства Л.: 1) Л. произведения равен сумме Л. сомножителей; 2) Л. дроби равен разности Л. числителя и знаменателя; 3) Л. степени равен показателю степени, умноженному на логарифм возводимого количества (корень рассматривается здесь как дробная степень); 4) Л. единицы равен нулю; 5) Л. основания равен 1. Обыкновенно предполагается $a > 1$. Считая данное число x переменным и обозначая его Л. через y, определяем логарифмическую ф-ию $y = \lg_a x$. Из определения Л. следует: $x = a^y$. Ф-ия a^y (степень с постоянным основанием и переменным показателем) называется показательной ф-ией. Она является обратной логарифмич. ф-ии. Ф-ия $y = \lg_a x$ определенна только для положительных значений x (см. фиг.); при $a > 1$ это ф-ия возрастающая, ее значения для $x < 1$ отрицательны, для $x > 1$ положительны,



$$\lim_{x \to 0} \lg_a x = -\infty, \quad \lim_{x \to \infty} \lg_a x = +\infty.$$

Определение Л. для отрицательных и комплексных значений аргумента—см. *Функции комплексного переменного.*

Связь между Л. при различных основаниях. Пусть $y = \lg_a x$, т. е. $a^y = x$. Логарифмируем это равенство при основании b:

$$\lg_b x = y \lg_b a = \lg_a x \cdot \lg_b a.$$

Отсюда при $x = b$ получаем:

$$\lg_a b = \frac{1}{\lg_b a}.$$

Производная логарифмич. ф-ии, см. *Дифференциальное исчисление*.

Л. при основании

$$e = \lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n = 2{,}71828\ldots$$

называется натуральным и обозначается $\ln x$ ($\lg_e x$). Натуральные Л. являются в ряде вопросов анализа наиболее простыми, к ним приводит вычисление $\int_1^x \frac{dx}{x}$ и целого ряда других интегралов (см. *Интегральное исчисление*).

Десятичные Л. При вычислениях обычно употребляются Л. с основанием 10. Такой Л. будем обозначать: $\lg x$ ($\lg_{10} x$). Из определения Л. следует: $\lg 1 = 0$, $\lg 10 = 1$, $\lg 100 = 2, \ldots, \lg 0{,}1 = -1$, $\lg 0{,}01 = -2, \ldots$ Из свойства возрастания следует: десятичный Л. числа, заключенного между 1 и 10, имеет целую часть (характеристику Л.), равную 0, при $10 < N < 100$ характеристика $\lg N$ равна 1, и вообще, если число цифр до запятой есть k, то характеристика Л. $= k-1$. Дробная часть Л. называется мантиссой. Л. чисел, имеющих одинаковые значащие цифры, имеют одинаковые мантиссы. Таблицы десятичных Л. обыкновенно дают мантиссы для чисел от 100 до 999 (четырехзначные Л., т. е. дающие приближенное значение мантиссы с 4 знаками) или от 1 000 до 9 999 (пятизначные Л.). Если число значащих цифр данного числа больше, чем дано в таблице, то мантисса находится при помощи интерполяции (см. *Вычисления приближенные*). Для нахождения числа по Л. можно пользоваться той же таблицей, находя в ней две мантиссы, ближайшие к данной, и применяя интерполяцию; для той же цели существуют таблицы антилогарифмов, где аргументом является мантисса, а функцией—значащие цифры искомого числа. Таблицы Л. употребляются для умножения, деления, возведения в степень и извлечения корня из чисел; при логарифмировании эти действия заменяются соответственно более простыми—сложением, вычитанием, умножением и делением. Для многих других ф-ий (напр. тригонометрических) также часто даются значения не самих ф-ий, а их Л., для удобства последующих умножений и делений значений этих функций.

Имеются таблицы, которые дают возможность найти по Л. двух чисел Л. их суммы или разности. Предположим $a > b$; имеем:

$$\lg(a+b) = \lg a + \lg\left(1+\frac{b}{a}\right).$$

Обозначим

$$\lg a - \lg b = A,\ \lg\left(1+\frac{b}{a}\right) = \lg\left(1+10^{-A}\right) = B.$$

Достаточно составить таблицу, дающую B как ф-ию A, чтобы вычислить: $\lg(a+b) = \lg a + B$. Аналогично: $\lg(a-b) = \lg a + \lg\left(1-\frac{b}{a}\right)$ или, принимая $\lg a - \lg b = B$, получаем: $\lg(a-b) = \lg a - \lg \frac{1}{1-10^{-B}}$; положим $\lg\frac{1}{1-10^{-B}} = C$, откуда $10^{-B} + 10^{-C} = 1$. Имеем: $\lg(a-b) = \lg a - C$. Замечая, что B и C связаны симметричным соотношением, можем ограничиться таблицей, дающей значения B, при к-рых $10^{-B} < \frac{1}{2}$; $B > 0{,}30103$; для меньших значений нужно переменить роли B и C.

Для натуральных Л. существуют специальные таблицы. Но можно вычислять натуральные Л. по десятичным и обратно при помощи ф-лы:

$$\ln x = \lg x \cdot \ln 10,$$

или

$$\lg x = \ln x \cdot \lg e.$$

Число $M = \lg e = 0{,}43429\ldots$ называется модулем; число $\ln 10 = \frac{1}{\lg e} = \frac{1}{M} = 2{,}30259\ldots$

Ф-лы для вычисления Л.—см. *Ряды*, *Вычисления приближенные*.

Лит.: Успенский Я. В., Очерк истории логарифмов, Петроград, 1923; Пржевальский Е., Пятизначные таблицы логарифмов и тригонометрич. величин, М.—Л., 1928; Гонфен Б., Логарифмы и антилогарифмы в упрощенных таблицах, М., 1919; Афанасьев А. П., Таблицы математич. и физич. величин, П., 1923.

В. Степанов.

ЛОГАРИФМИЧЕСКАЯ ЛИНЕЙКА, прибор, служащий для производства вычислений, обычно совершаемых при помощи таблиц логарифмов. Пусть $y = f(x)$ представляет непрерывную однозначную функцию переменного x, возрастающую в рассматриваемом промежутке изменения x. Составим таблицу значений этой функции для последовательного ряда обычно равноотстоящих значений аргумента и нанесем их на линейку в виде отрезков, имеющих общее начало. Против полученных т. о. точек надпишем соответствующие значения аргумента. То же самое проделаем по отношению к другой функции $z = \varphi(t)$ такого же рода, нанеся ее значения на другую линейку. Приложим две полученные нами шкалы одну к другой. Пусть начальная точка второй шкалы совпадает с точкой x_1 первой шкалы, а какая-нибудь ее точка t с точкой x_2; тогда очевидно наши шкалы могут служить для решения уравнения $f(x_1) + \varphi(t) = f(x_2)$ относительно одной из трех величин x_1, x_2, t по заданным двум. Предположим в частности, что обе функции f и φ представляют логарифм. Уравнение примет вид:

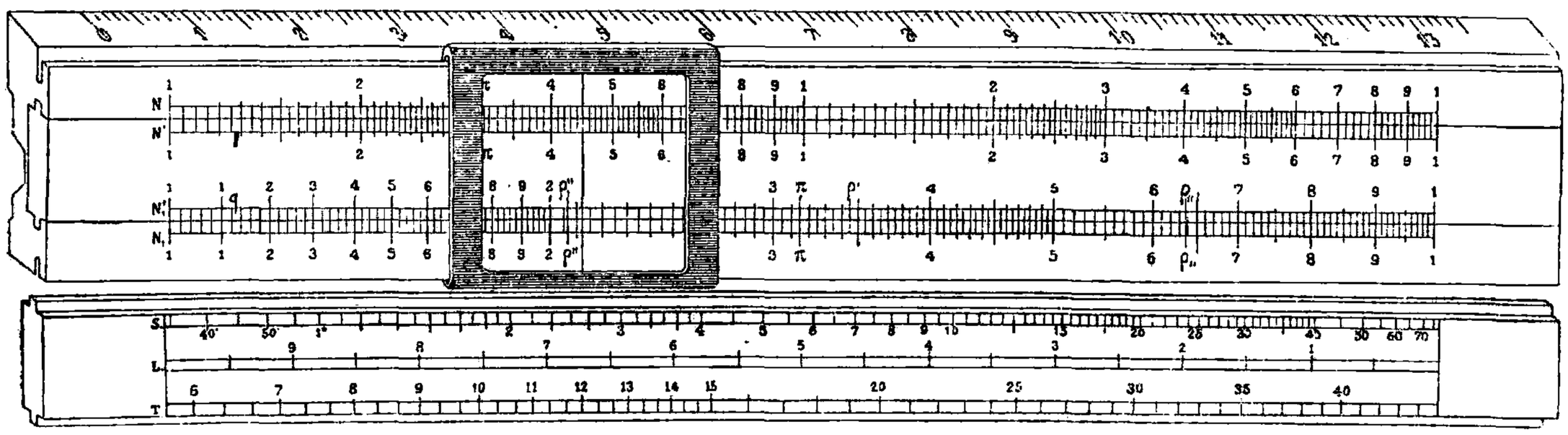
$$\lg x_1 + \lg t = \lg x_2,$$

откуда $x_1 t = x_2$ и $\frac{x_2}{t} = x_1$, т. е. наши линейки дают возможность находить произведение и частное двух чисел.

Построенная на этом принципе Л. л. имеет почти ту же давность, как и сами логарифмы. В 1620 г., через 6 лет после опубликования Непером его Mirifici Logarithmorum Canonis Descriptio, Гюнтер предложил прибор, отличающийся от приведенной выше схемы лишь тем, что роль второй линейки играл циркуль, а еще 10 лет спустя Отред (Oughtred) воспользовался уже двумя линейками. С тех пор усовершенствовались лишь детали, пока в 1850 г. Мангейм не выработал того типа линейки, который с незначительными изменениями повторяется и сейчас целым рядом фирм: A. W. Faber, A. Nestler, W. F. Stanley, J. Davis, Gebr. Wichmann и др. Эта Л. л. (фиг. 1) имеет две неподвижные шкалы N и N_1, между к-рыми перемещается подвижная часть ее (движок) с двумя

шкалами N' и N_1', нанесенными на ее лицевой стороне, и тремя шкалами S, T и L, нанесенными на ее обратной стороне. Шкала N делится на две равные части, каждая из к-рых принята за единицу длины и к-рые повторяют одна другую. На этих шкалах отложены отрезки, пропорциональные значениям логарифмов чисел от 1 до 10 ($\lg 1=0$—начало шкалы, $\lg 10=1$ — конец шкалы), причем число промежуточных делений дается в зависимости от размеров Л. л.; так например, на Л. л. в 25 *см* в промежутке от 1 до 2 деления даны через 0,02, в промежутке от 2 до 5—через 0,05 и в промежутке от 5 до 10—через 0,1. Шкала N' тождественна со шкалой N. Шкала N_1 повторяет одну из шкал N во вдвое большем масштабе и соответственно этому с более частыми делениями. Наконец шкала N_1' тождественна со шкалой N_1. Деления шкалы S соответствуют значениям $2+\lg\sin x$ для значений x от $34'$ до $90°$ ($\sin 34'\cong 0{,}01$ и следовательно $\lg\sin 34'\cong -2$, $\lg\sin 90°=0$) и отмечены значениями аргумента x; деления шкалы T соответствуют значениям $1+\lg\operatorname{tg} x$ для значений x от $5°44'$ до $45°$ ($\operatorname{tg} 5°44'\cong 0{,}1$ и следовательно $\lg\operatorname{tg} 5°44'\cong -1$, $\lg\operatorname{tg} 45°=0$) и тоже отмечены значения аргумента x. Наконец шкала L дает значения логарифмов чисел. Л. л. снабжена визиром, состоящим из передвигающейся вдоль нее рамки со стеклом, на к-ром нанесены 1 или 3 перпендикулярные Л. л. черты. При трех чертах на визире обе крайние отстоят от средней на расстояние, равное $\lg\frac{\pi}{4}$ в масштабе шкалы N; это дает возможность, двигая одним визиром, решать задачи типа $f=\frac{\pi d^2}{4}$ и $d=\sqrt{\frac{4f}{\pi}}$. Визир облегчает оценку долей делений, дает возможность производить отсчеты по шкалам, не лежащим непосредственно одна около другой, и служит для фиксирования промежуточных результатов при сложных выкладках. При пользовании Л. л. надо помнить, что увеличение или уменьшение числа в 10, 100, 1 000, ... раз не изменяет мантиссы логарифма числа, а влияет только на характеристику. Поэтому, с одной стороны, каждую из шкал N, N_1 можно представить себе повторенной вправо и влево от фактически имеющейся шкалы, а с другой стороны, читать нанесенные на шкалах числа в зависимости от обстоятельств различно, напр. 2 можно читать как 0,2; 2; 20; 200 и т. д.

Умножение производится при помощи шкал N_1 и N_1'. Совмещая с чертой шкалы N_1, соответствующей множимому, начало шкалы N_1', на шкале N_1 против черты шкалы N_1', соответствующей множителю, читаем произведение. В том случае, когда множитель придется вне шкалы N_1, за этой последней надо вообразить ее повторение, иначе говоря, совместить с множимым на шкале N_1 конечную черту шкалы N_1' и прочитать произведение на шкале N_1 против черты шкалы N_1', соответствующей множителю. Число знаков n произведения, стоящих влево от запятой, как известно, или единицей меньше суммы числа знаков целой части множимого n_1 и множителя n_2 или равно этой сумме. Этим двум возможностям со-



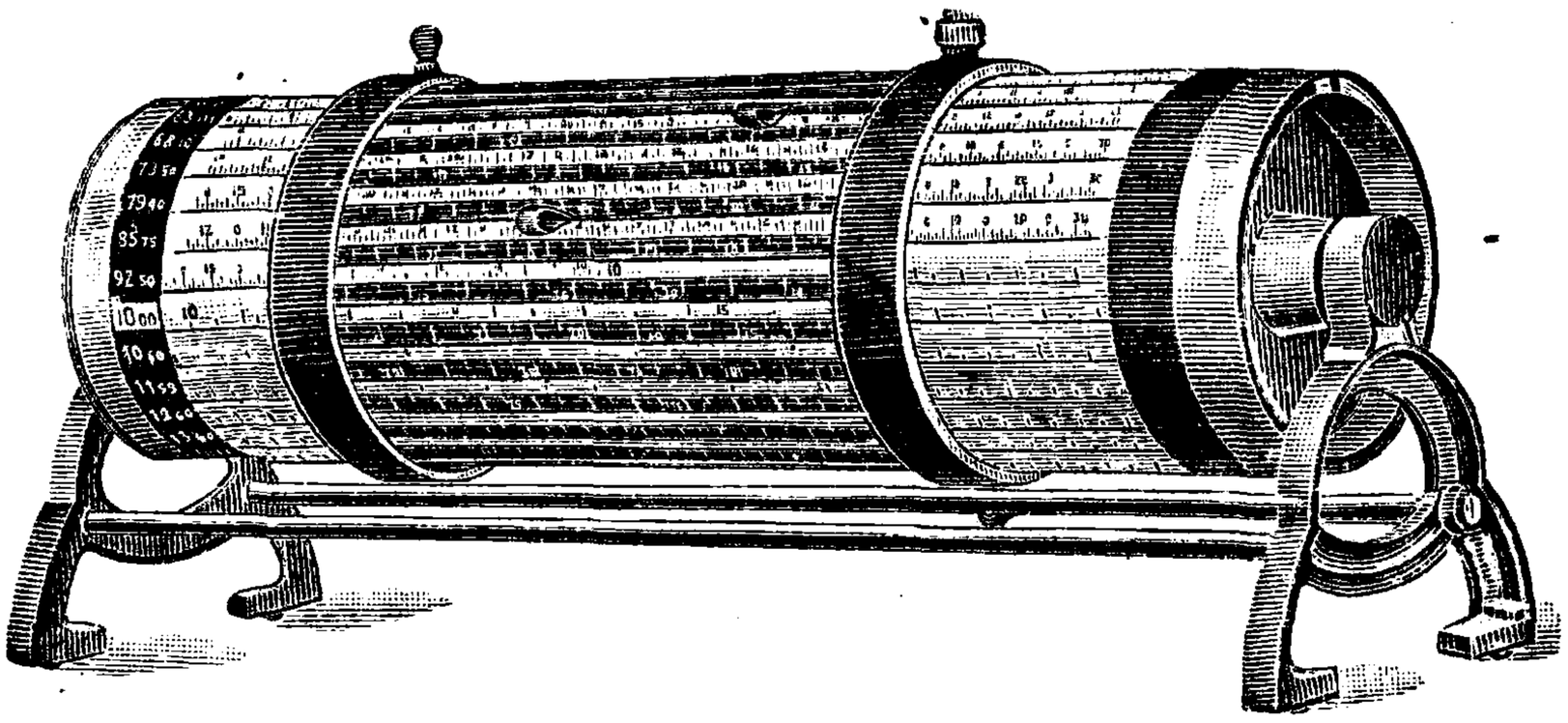
Фиг. 1.

ответствуют два случая отсчета произведения, а именно, при совмещении с множимым начала шкалы движка $n=n_1+n_2-1$, при совмещении конца шкалы $n=n_1+n_2$. Деление производится на тех же шкалах, но теперь с чертой шкалы N_1, соответствующей делимому, совмещается черта шкалы N_1', соответствующая делителю. Частное читается на шкале N_1 против начальной или конечной черты шкалы N_1' в зависимости от того, которая из них придется против шкалы N_1. В первом случае число знаков целой части частного единицей больше разности числа знаков делимого и делителя, во втором оно равно этой разности. Возведение в квадрат и извлечение квадратного корня основано на известных соотношениях $\lg x^2=2\lg x$ и $\lg\sqrt{x}=\frac{1}{2}\lg x$, которые осуществляются шкалами N и N_1. Квадрат читается на шкале N против основания степени, отложенного на шкале N_1, обратно—корень квадратный—читается на шкале N_1 против подкоренной величины, отложенной на шкале N. Комбинирование возвышения в квадрат с умножением и извлечения квадратного корня с делением дает возможность находить кубы и кубич. корни.

Назначение шкал S и T двояко: во-первых, давать значения sin и tg в промежутках, указанных выше, во-вторых, производить вычисления, при к-рых sin и tg входят множителями и делителями. Действительно, совмещая начальные черты этих шкал с начальными чертами шкал N и N_1, имеем на этих последних против делений S и T соответствующие значения sin и tg, причем первая половина N дает sin от $34'$ до $5°44'$, вторая—от $5°\,44'$ до $90°$. При вычислениях с sin и tg шкалами S и T пользуются так же, как обычной логарифмич. шкалой, с тою только разницей, что шкале S всегда соответству-

ет шкала N, а шкале T—шкала N_1. Более сложные вычисления требуют нахождения логарифмов чисел; для этой цели служит шкала L обратной стороны подвижной части линейки. Л. л. описанного типа изготовляются длиной 12,5, 25, 50 и даже 100 *см* и применяются в зависимости от требуемой точности. Допуская возможность отсчета до 0,1 *мм*, получим для Л.л. в 25 *см* погрешность от 1,5 до 3%.

Наряду с описанным типом Л. л. постепенно выработался ряд Л. л. специального



Фиг. 2.

назначения. Прецизионная линейка при длине в 25 *см* дает точность Л. л. в 50 *см* благодаря тому, что на ней все шкалы разбиты пополам и каждая половина занимает всю длину Л. л. Прием вычисления при помощи этой Л. л. несколько сложнее, чем на обыкновенной Л. л. Далее изготовляются Л. л. со специальными шкалами, построенными по изложенному выше (в начале статьи) принципу и приспособленные для электротехнических, гидравлич., машиностроительных, железобетонных и других технических расчетов. Параллельно с разработкой и усовершенствованием Л. л. описанного типа делались попытки построения по тому же принципу других приборов в целях достижения или большей точности или большей компактности прибора. Из этих попыток заслуживают упоминания прибор Фуллера, дающий результат с точностью до 4 или даже 5 знаков, в к-ром шкала нанесена по винтовой линии на цилиндре и имеет длину свыше 25 *м*, и прибор Boucher, усовершенствованный Stanley, имеющий вид карманных часов, в к-ром шкалы нанесены на концентрич. вращающихся циферблатах и точность к-рого соответствует точности Л. л. в 25 *см*. В последнее время для более точных вычислений применяют т. н. счетные вальцы (Rechenwalzen), представляющие собой отдельные участки Л. л., нанесенные по образующим цилиндрич. вальца (фиг. 2); движок в этом случае имеет форму полого цилиндра с окнами, прорезанными против основных шкал; деление движка нанесено по краям этих прорезов. Вальцы позволяют производить операции умножения и деления с такой же быстротой, как и при помощи обычной Л. л., но с точностью в 10—100 раз большей.

Лит.: Абрамов Н. М., Технич. вычисления, М., 1928; Павлов Н. Н., Производство технич. вычислений, 2 изд., М., 1927; Филиппов В. М., Теория и практика элементарных приближенных вычислений, СПБ, 1909; Франк М. Л., О решении трехчленных уравнений при помощи логарифмической линейки, «Сборн. ИИПС», Петроград, 1915, т. 89; Cajori F., A History of the Logarithmic Slide Rule, London, 1909; d'Ocagne M., Le calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques, 2 éd., Paris, 1905.

Н. Меликов.

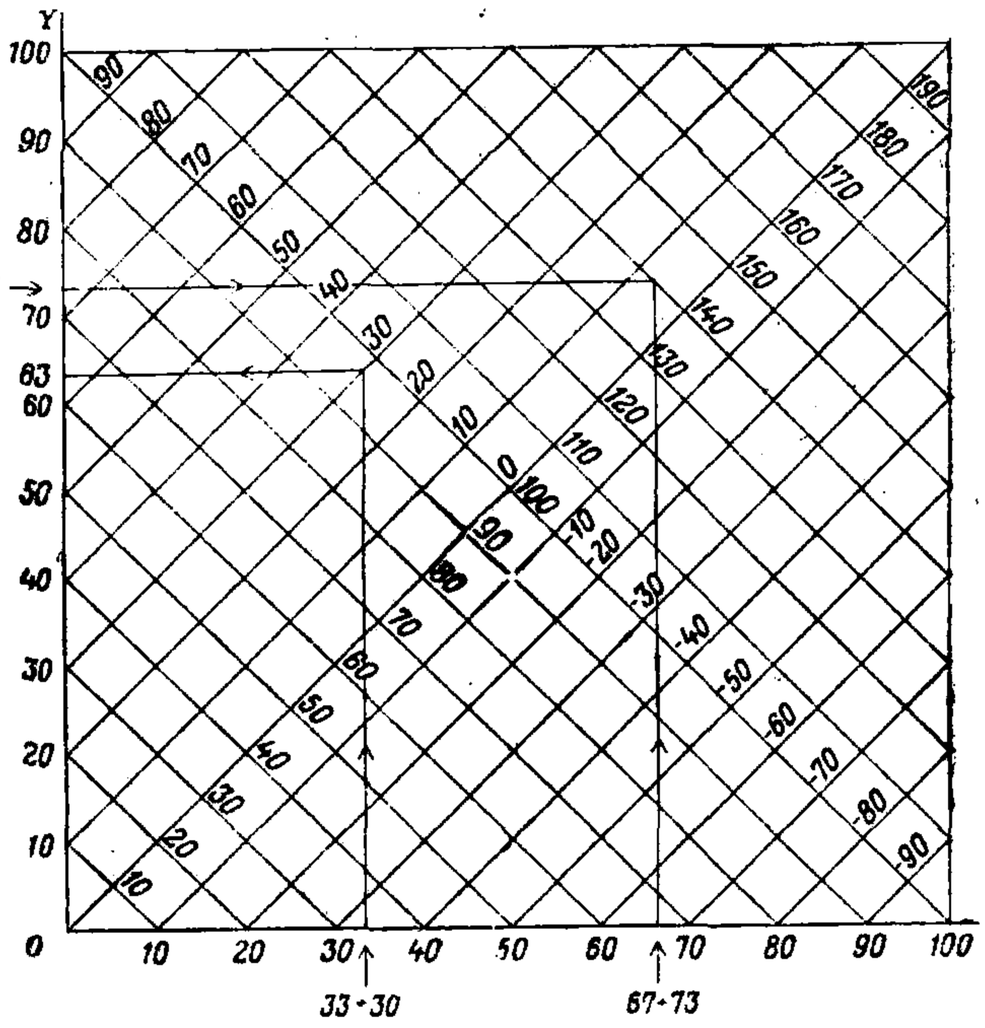
ЛОГАРИФМИЧЕСКИЕ ДИАГРАММЫ, частный вид номограмм с неравными делениями шкал, когда деления последних пропорциональны логарифмам чисел, обозначающих точки деления (см. *Номография*). Построение Л., д. основывается на следующих принципах. Пусть имеется равенство

$$y = b + x, \qquad (1)$$

где y и x—нек-рые переменные, а b—постоянная величина. В некоторой прямоугольной системе осей координат ур-ие (1) представится графически в виде прямой, у к-рой угол наклона с положительным направлением оси абсцисс равен 45° и которая отсекает на оси ординат, считая от начала координат, отрезок, равный b. Меняя затем параметр b, придавая ему значения b_1, b_2, ..., b_n, получим семейство параллельных прямых, отсекающих на оси ординат отрезки b_1, b_2, ..., b_n. Нетрудно видеть, что, взяв на какой-либо из этих прямых $y=bv+x$ точку M с координатами ξ и η, имеем:

$$\eta = b_v + \xi. \qquad (2)$$

Т. о. для того, чтобы сложить при помощи полученной номограммы два числа ξ и b_v, нужно поступить след. образом. Взяв на оси X точку, соответствующую числу ξ, про-



Фиг. 1.

водят через эту точку перпендикуляр к оси X до встречи с наклонной (диагональной) прямой, имеющей параметр, равный другому слагаемому b_v, и затем из этой точки встречи опускают перпендикуляр на ось Y.

Число, соответствующее основанию этого перпендикуляра, при условии равенства масштабов делений осей координат, и дает искомую сумму (фиг. 1). На практике обычно пользуются готовой сеткой, что освобождает от необходимости проведения вышеупомянутых перпендикуляров.

Если вместо (1) имеется равенство

$$y = b - x, \tag{3}$$

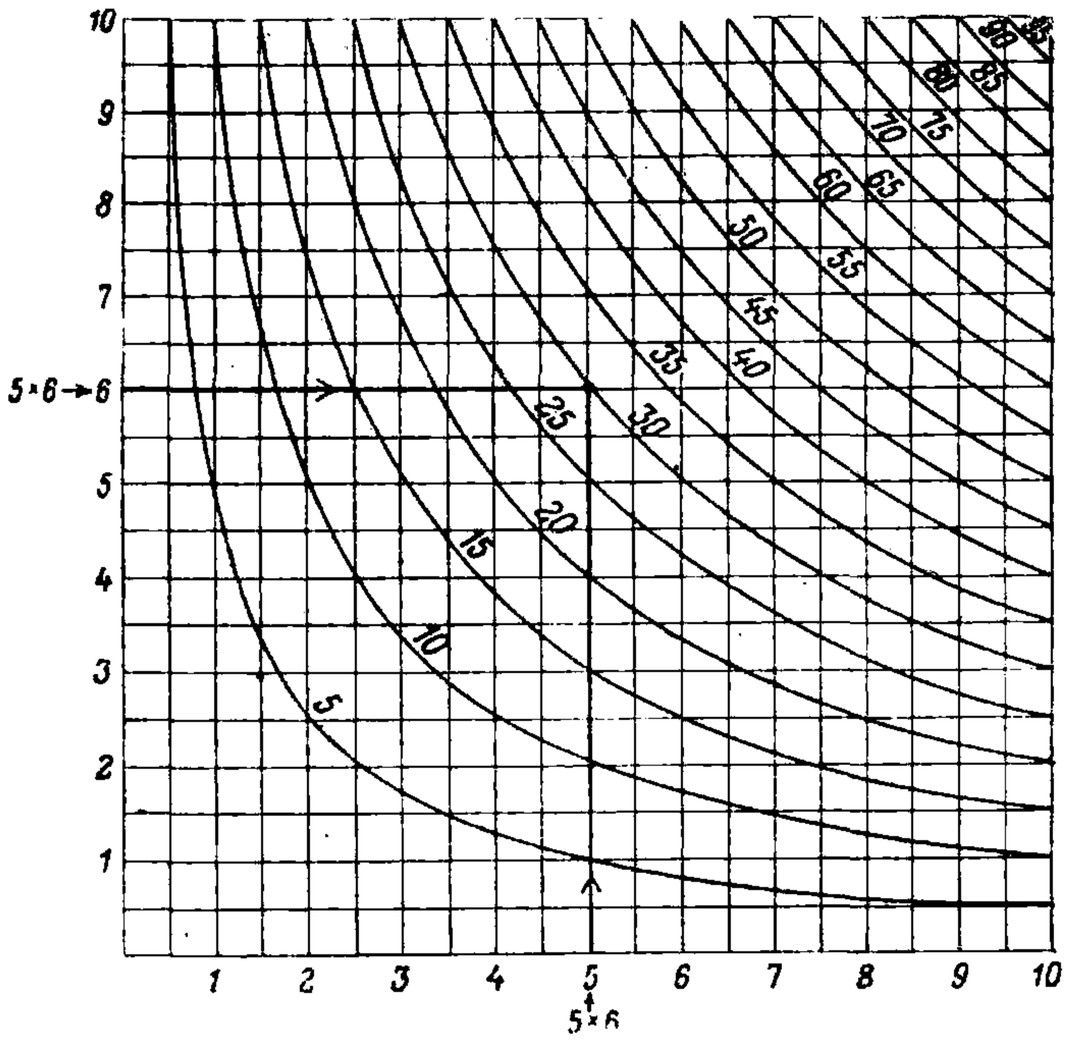
или

$$y + x = b, \tag{3'}$$

то при различных значениях b получаем семейство прямых, наклоненных к положительному направлению оси X под углом 135°. Взяв на какой-нибудь из этих прямых $y+x=b_\nu$ какую-либо точку, имеющую координаты η' и ξ', получим:

$$\eta' + \xi' = b_\nu . \tag{4}$$

Т. о. для того чтобы найти при помощи второго семейства наклонных прямых сумму двух слагаемых η' и ξ', следует через точки



Фиг. 2.

деления ξ' и η' на осях координат восставить к последним перпендикуляры и определить параметр b_ν той наклонной прямой, которая проходит через точку пересечения перпендикуляров (фиг. 1). Вычитание можно производить способами, обратными вышеуказанным.

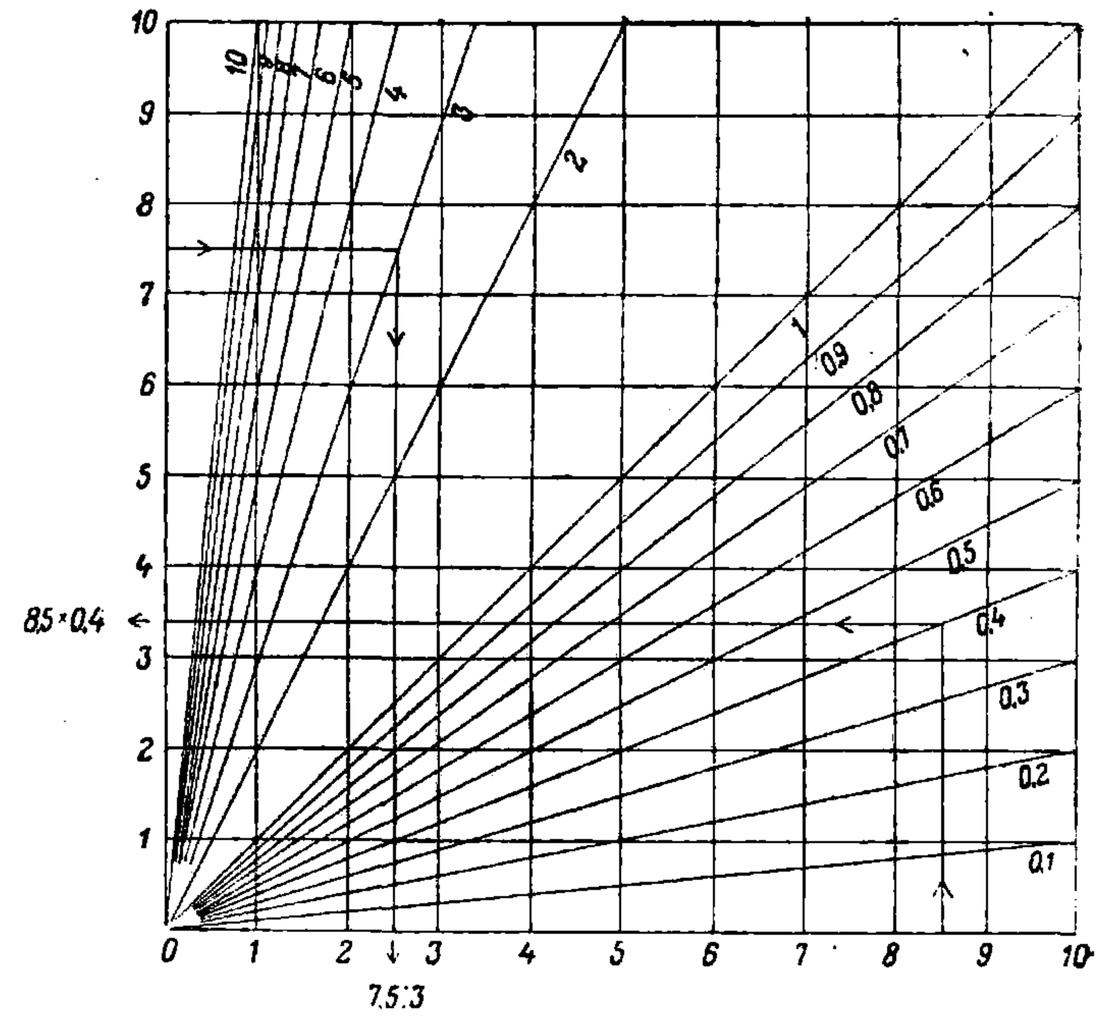
Пусть имеется далее ур-ие:

$$xy = a, \tag{5}$$

где x и y—попрежнему переменные, а a—постоянная величина. Графически ур-ие (5) представляется в прямоугольных координатах равнобокою гиперболою с асимптотами, совпадающими с осями координат. Меняя затем величину параметра a, придавая ему значения a_1, a_2, ..., a_n, получим семейство равнобоких гипербол; при помощи этой номограммы можно производить умножения и деления чисел (фиг. 2). Недостаток этой номограммы заключается в том, что если пересечение перпендикуляров не находится на одной из имеющихся на номограмме кривых, то приходится либо вычерчивать соответствующую новую кривую либо определять параметр последней на-глаз, в ущерб конечно точности получаемых результатов. Для устранения указанного недостатка применяют номограмму, в которой кривые (гиперболы) заменены прямыми, проведение которых не представляет конечно таких затруднений, как проведение новых кривых. Пусть имеется равенство:

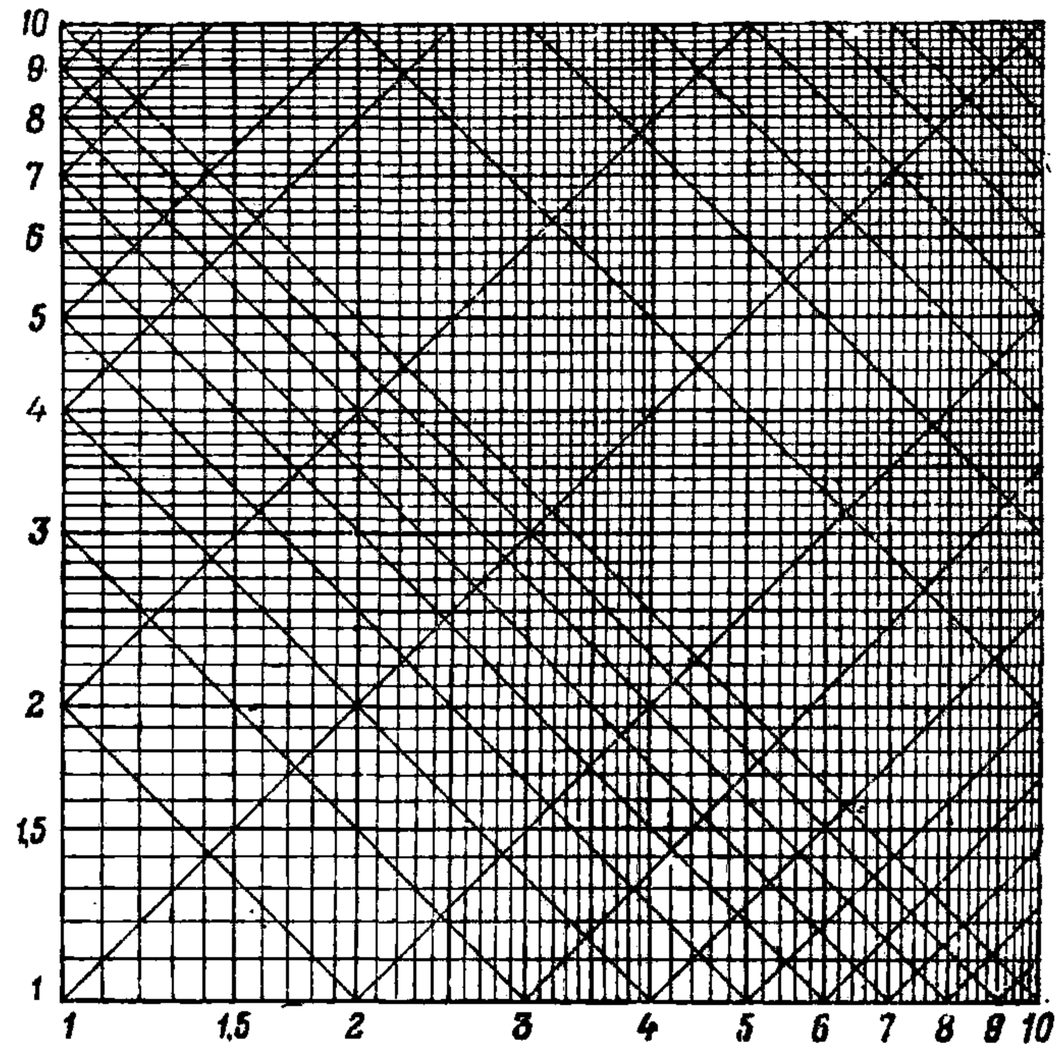
$$y = ax. \tag{6}$$

При определенном значении параметра a равенство (6) представляет прямую, прохо-



Фиг. 3.

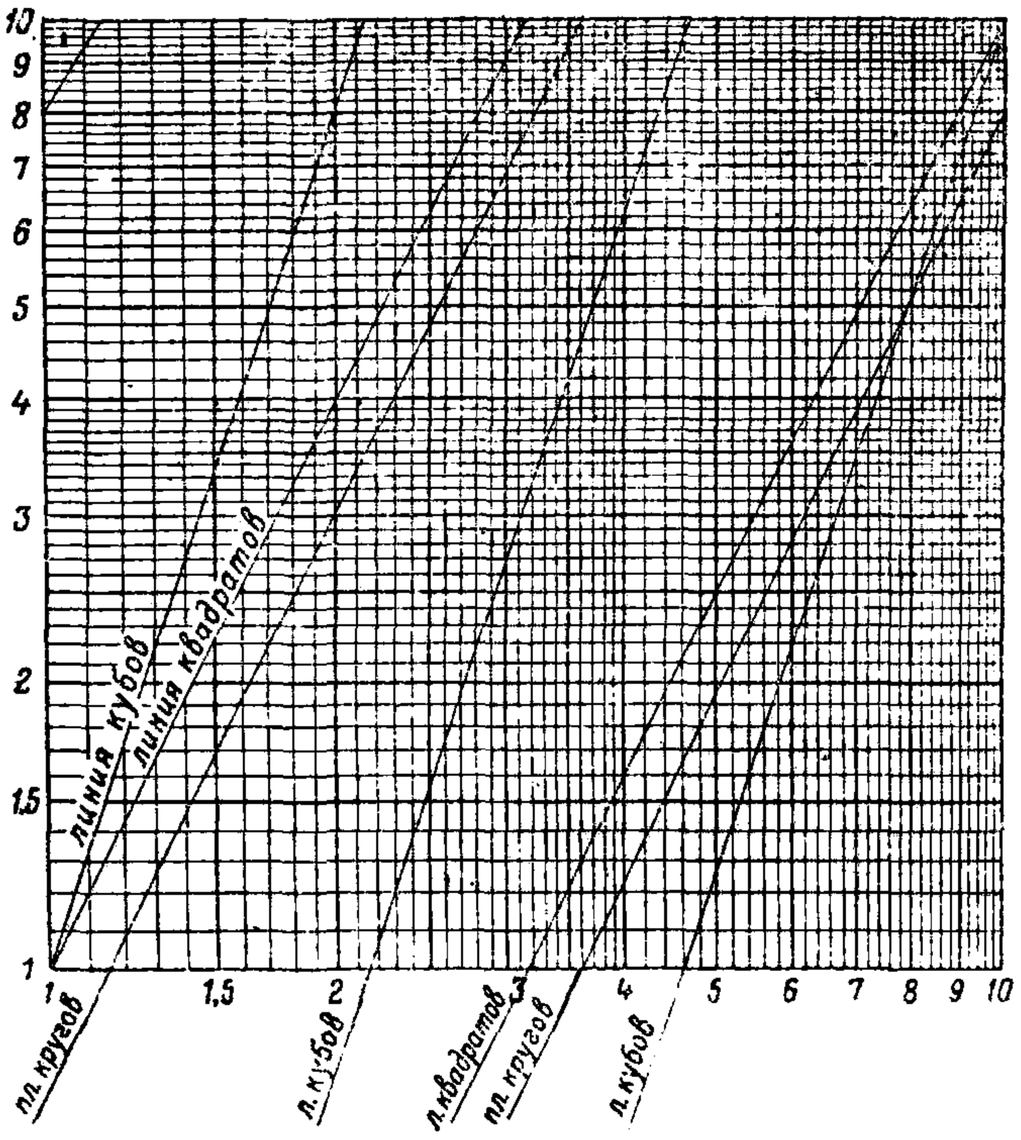
дящую через начало координат и тангенс угла наклона которой с положительным направлением оси X равен a. Меняя значения параметра a, получаем пучок прямых, проходящих через начало координат. Из (6) видно, что для того чтобы умножить два числа x_1 и a_1, нужно взять на оси X точку, соответствующую числу x_1, и провести через эту точку перпендикуляр к оси X до пересечения с наклонной прямой, имеющей параметр a_1; ордината полученной точки пере-



Фиг. 4.

сечения и определяет искомое произведение (фиг. 3). Но, устраняя один недостаток (замена параметренных кривых прямыми), последняя номограмма обладает новыми недо-

статками, делающими ее мало пригодной для практич. применения и заключающимися в следующем: 1) если сомножители близко подходят к пределам x и y номограммы, то точки пересечения выходят за пределы номограммы; так, для того чтобы умножить 10 на 10, необходимо, чтобы высота номограммы была в 10 раз больше ее основания;



Фиг. 5.

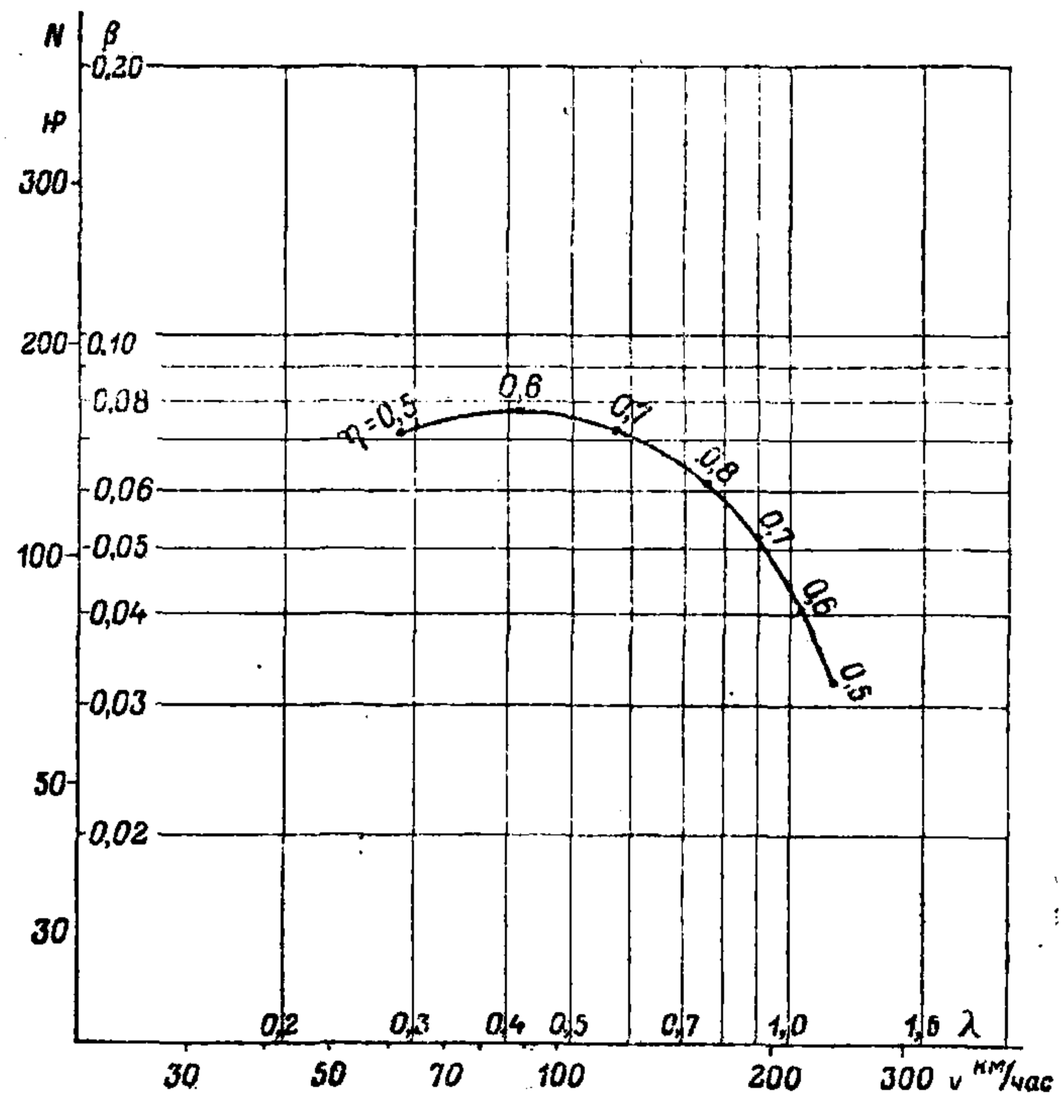
2) пересечение прямых, перпендикулярных оси X, с наклонными прямыми, близко подходящими к оси Y, происходит под очень острым углом, вследствие чего делается почти невозможным б. или м. точное определение точки пересечения прямых; 3) в области, близкой к начальным значениям x и y, имеет место скопление диагональных прямых, вследствие чего затрудняется отсчет.

Для того чтобы сохранить все преимущества прямолинейных номограмм и устранить в то же время вышеприведенные недостатки их, прибегают к Л. д., или л о г а р и ф м и ч е с к и м н о м о г р а м м а м, принцип построения к-рых заключается в следующем. Взяв логарифм от обеих частей (5), имеем равенство:

$$\lg x + \lg y = \lg a, \qquad (7)$$

форма которого тождественна с формой равенства (3′), вследствие чего для (7) можно построить номограмму, аналогичную номограмме фиг. 1. Для этой цели следует отложить на осях координат в одинаковом масштабе отрезки, пропорциональные логарифмам поставленных у делений чисел. Соединив точки одинаковых делений на осях координат диагональными прямыми и отметив у каждой из них число, поставленное у деления, получим Л. д., которая может быть применена как для умножения, так равно и для деления чисел (фиг. 4). Для умножения м. б. применены два способа, в зависимости от того, пользуются ли при этом диагональными прямыми, идущими под углом 45 или 135° к положительному направлению оси X. Умножение и деление, сведенные к сложению и вычитанию логарифмов, производятся таким же образом, как это было описано выше для номограммы фиг. 1.

Л. д. очень удобны для получения ф-ий степени или корня какой-либо переменной, в особенности если степени и корни дробные. Ур-ие $y=x^3$ напр. м. б. представлено еще и следующим образом: $\lg y=3\lg x$, что имеет вид $\eta=3\xi$. Отсюда следует, что, проведя по сетке с логарифмич. делениями прямую через начало координат, имеющую тангенс угла наклона к положительному направлению оси X равный 3, получим т. н. л и н и ю к у б о в (фиг. 5), т. е. прямую, ординаты точек к-рой равны кубам соответствующих абсцисс. Для построения линии кубов достаточно верхнее и нижнее основания квадратной Л. д. разделить на три равные части и соединить точки деления 0, 1, 2 нижнего основания соответственно с точками деления 1, 2, 3 верхнего основания. Аналогично можно построить линию любой степени n,



Фиг. 6.

независимо от того, будет ли n числом целым или дробным. Во всех случаях тангенс угла наклона диагональных прямых должен равняться n. Л. д. применяются во многих областях техники, как напр. в сопротивлении материалов, деталях машин, электротехнике и т. д. Примером Л. д. служат диаграммы для расчета винтов аэропланов.

Лит.: А с т а ф ь е в А., Применение методов номографии, СПБ, 1909; В о л к о в А., Математические основания номографии, М., 1911; Г е р с е в а н о в Н., Основания номографич. исчисления, выпуск 1, СПБ, 1906, выпуск 2, СПБ, 1908; П е д л Дж., Построение и применение номограмм, Москва, 1913: M e h m k e R., Numerisches Rechnen, Enzyklopädie d. mathemat. Wissenschaften, B. 1, T. 2, H. 6—7, B.—Lpz., 1901—1902, p. 1006—1052; M e h m k e R., Neue Methode beliebige numerische Gleichungen mit einer Unbekannten graphisch aufzulösen, «Civilingenieur», B., 1889; R e u s c h l e C., Graphisch-mechanische Methode z. Auflösung d. numerischen Gleichungen, Stuttgart, 1884; S c h i l l i n g F., Über d. Nomographie von M. d'Ocagne, Lpz., 1917; G o e d s e e l s, Les procédés pour simplifier les calculs, Bruxelles, 1898; d'O c a g n e M., Traité de nomographie, 2 éd., P., 1899; d'O c a g n e M., Le calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques, Paris, 1905; d'O c a g n e M., Calcul graphique et nomographie, P., 1910; S o r e a u R., Contribution à la théorie et aux applications de la nomographie, «Mémoirs et comptes rendus des travaux de la Société des ingen. civils de France», P., 1901; P e s c i G., Cenni di nomografia, Livorno, 1901. **М. Серебренников.**

Логарифмические диаграммы в авиации широко применяются как для расчета винтов, так и аэропланов; они предложены сотрудником лаборатории Эйфеля Ритом (Rith). Винтовые Л. д. строят на логарифмич. бумаге, откладывая по осям с логарифмич. шкалами координаты:

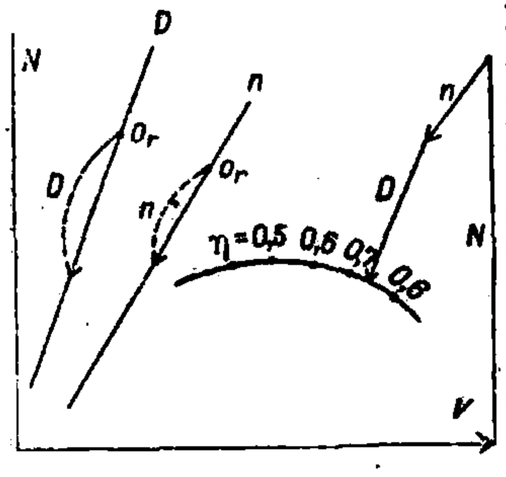
$$\beta = \frac{75 \cdot 60^3 \cdot N}{\varrho n^3 D^5} \text{ и } \lambda = \frac{60}{3{,}6} \frac{v}{nD},$$

где N—мощност в Hp, n—число оборотов винта в мин., D—диаметр его в $м$, v—скорость в $км/ч$, ϱ—массовая плотность среды в $кг\ ск^2/м^4$ (фиг. 6). На полученной кривой делают разметку величин кпд η. Взяв некоторые средние практические величины для n, D и ϱ, на шкалах λ и β наносят параллельные шкалы v и N. На той же номограмме наносят шкалы для n и D с наклонами $^3/_1$ и $^5/_1$ к шкале λ (v) (фиг. 7). На этих шкалах особо выделяют точки с отметками n и D, принятые за средние, и обозначают знаком O_r (origine—начало). Расчет по Л. д. ведется так: строится ломаная, состоящая из отрезков v, n, D и N (фиг. 7) в том или ином порядке; конец ломаной должен лежать на характеристич. кривой винта, дающей зависимость β от λ (см. *Воздушный винт*); при помощи указанной ломаной можно решать целый ряд задач по следующей схеме:

Задача	1	2	3	4	5
Данные величины .	N, v, n	D, v, n	N, D, n	N, D, v	N, D, η
Искомые величины .	D, η	N, η	v, η	n, η	n, v

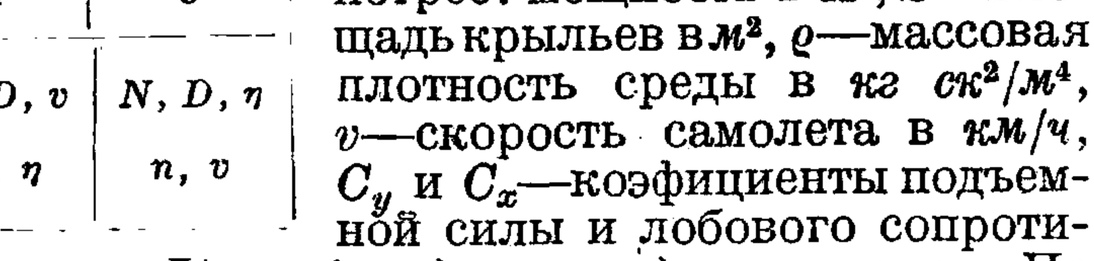
Схемы решения этих задач даны на фиг. 8. Особенно удобны Л. д. серии винтов. В этом случае на диаграмму наносят все характеристич. кривые семейства, и точки с одинаковыми η соединяют плавными кривыми. На диаграмме получается два семейства кривых $p = \text{Const}$ (p—переменный параметр серии; обыкновенно берут за такой параметр $h = \frac{H}{D}$, где H—шаг винта) и $\eta = \text{Const}$. Имея такую диаграмму, легко для определенного задания (обычно N, n, v) подобрать винт с наибольшим η, меняя длину отрезка D (или n) таким образом, чтобы он касался одной из кривых $\eta = \text{Const}$ в своей конечной точке. В этой точке получим D, p и η для наилучшего винта. Для построения характеристики винтомоторной группы (см. *Аэродинамика*) аэропланов берут винтовую Л. д. (фиг. 9); на особом куске кальки T проводят ось v, а затем из произвольной точки ее a ведут отрезок $ab \parallel D$; через точку b проводят линию, параллельную шкале n, и размечают на ней числа оборотов n. Из полученных точек откладывают отрезки N, взятые из характеристики мотора, в масштабе шкалы N. Кривая MK дает логарифмич. характеристику мотора. Совмещая точку a кальки с любой отметкой v на диаграмме, в точке пересечения A характеристик винта и мотора получим n и η при скорости v. Тяга вычисляется по ф-ле:

$$\Phi = \frac{75 \cdot 3{,}6\,\eta \cdot N}{v}.$$



Фиг. 7.

Взяв несколько скоростей v, получают полную характеристику винтомоторной группы. Характеристики для высоты z получаются так же, но на характеристике мотора откладывают фиктивные мощности $N_{\phi.} = \frac{N}{\Delta}$, где Δ—отношение плотности на высоте z и на земле. Таким путем исследуются все вопросы, связанные с изучением работы винтомоторной группы.



Фиг. 8.

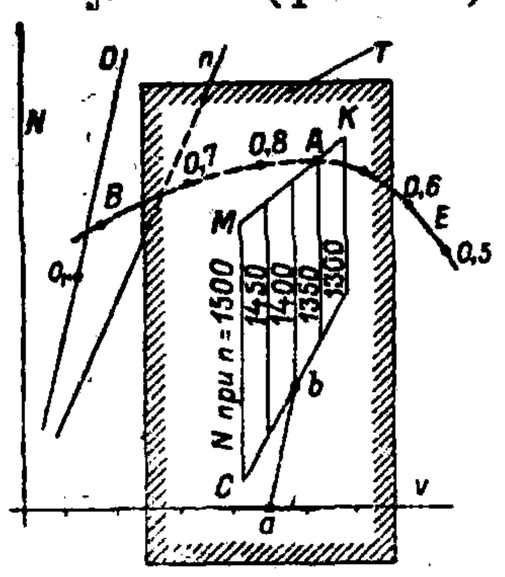
Л о г а р и ф м и ч е с к и е п о л я р ы аэропланов строятся на основании ур-ий:

$$G = R_y \left(\frac{v}{3{,}6}\right)^2 = C_y \varrho S \left(\frac{v}{3{,}6}\right)^2$$

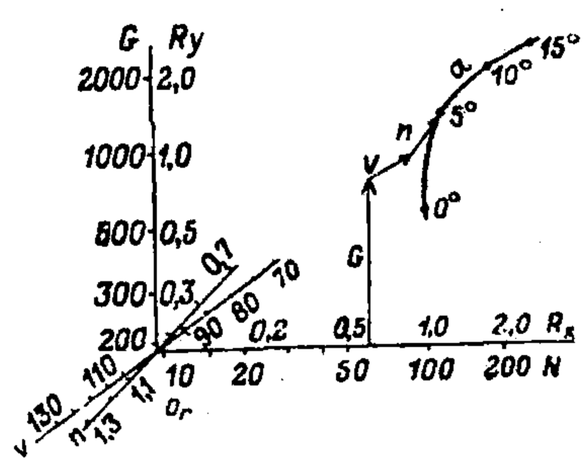
и

$$75N = R_x \left(\frac{v}{3{,}6}\right)^3 = C_x \varrho S \left(\frac{v}{3{,}6}\right)^3,$$

где G—вес самолета в $кг$, N—потреб. мощность в Hp, S—площадь крыльев в $м^2$, ϱ—массовая плотность среды в $кг\ ск^2/м^4$, v—скорость самолета в $км/ч$, C_y и C_x—коэфициенты подъемной силы и лобового сопротивления (см. *Аэродинамика*) аэропланов. По осям логарифмической бумаги наносятся шкалы R_x и R_y; на тех же осях наносятся параллельные шкалы N и G, получаемые из предыдущих формул при определенном $v = v_1$. На этой же номограмме наносят шкалы v и n (фиг. 10) с наклонами $^2/_3$ и 1 по отношению к оси R_x (N), на шкалах выделяют точки $v = v_1$ и $n = 1$, отмечая их знаком Or. Нанося кривую R_y в зависимости от R_x и отмечая на ней углы атаки $\alpha°$, получим логарифмическую поляру аэроплана. Шкала n служит для исследования влияния подобного изменения крыльев самолета в n раз. Ломаная линия из отрезков N, G, v и n, откладываемых в любом порядке, должна кончаться на поляре. Путем, аналогичным описанному выше, решается ряд задач при трех заданных и двух искомых величинах из числа пяти переменных N, G, n, v и α и ряд задач, связанных с изменением масштаба n. Таким же путем

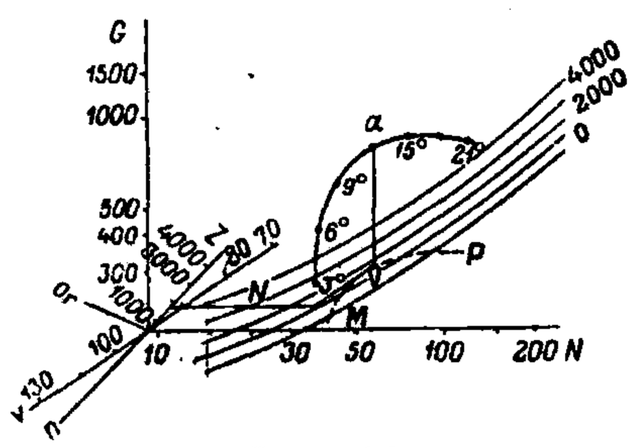


Фиг. 9.



Фиг. 10.

решается ряд задач о минимуме тяги, мощности, максимуме скорости и т. п. Влияние высоты полета z легко учитывается при помощи шкалы n: уменьшение плотности в n раз равносильно уменьшению размеров самолета в $\sqrt{n}$ раз. Можно прямо по шкале n разбить шкалу высоты полета z. Характеристика винтомоторной группы позволяет построить на той же диаграмме кривые полезных мощностей (фиг. 11) на любой высоте. Перенося поляру самолета на отрезок G вниз, получим кривую MP; в месте касания этой кривой с одной из кривых полезных мощностей получим режим потолка.



Фиг. 11.

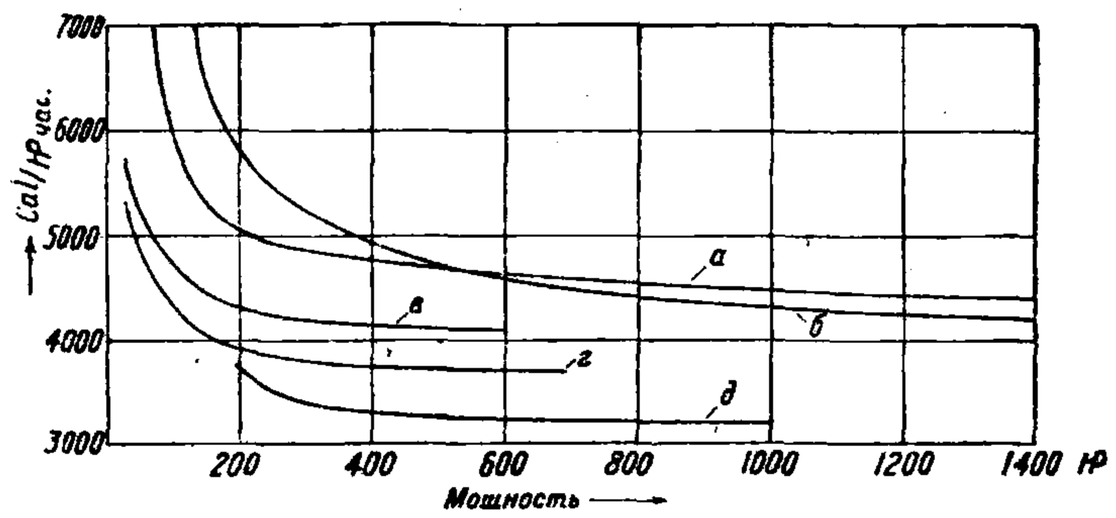
Лит.: Юрьев Б. Н., Воздушные гребные винты, «Труды ЦАГИ», Москва, 1925, вып. 10; Ветчинкин В. П., Теория гребных винтов, Москва, 1926; Ветчинкин В., Каменев С., Ченцов Н., Динамика полетов, «Труды ЦАГИ», Москва, 1927, вып. 26. **В. Ведров.**

ЛОГАРИФМИЧЕСКИЙ ДЕКРЕМЕНТ, см. *Затухание.*

ЛОГОТИПЫ в полиграфии, сложные слоговые литеры в типографском наборе, комбинированные по особой системе наиболее употребительных сочетаний. См. *Набор* типографский и *Шрифты.*

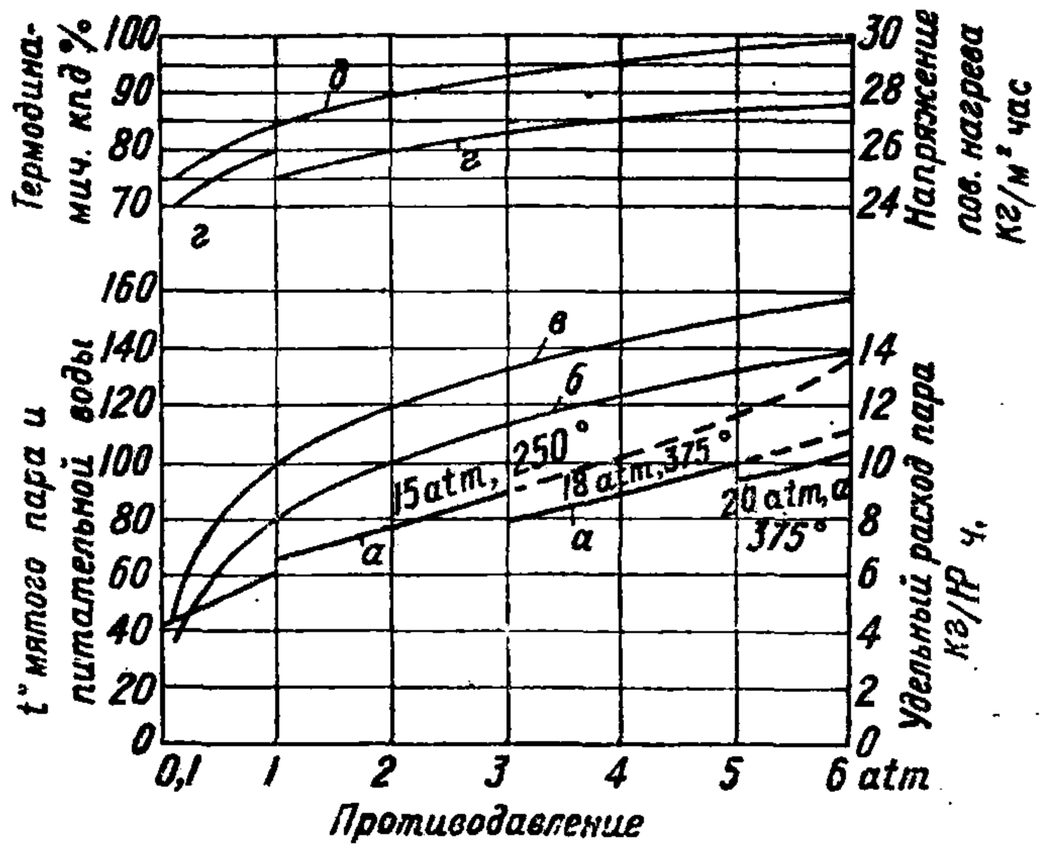
ЛОКОМОБИЛЬ. Под названием Л. в настоящее время понимают не только передвижные паросиловые установки, но и все паровые машины, составляющие один агрегат с паровым котлом и всеми вспомогательными установками (пароперегревателем, подогревателем питательной воды, конденсационными и питательными устройствами и т. д.).

Паровые Л. обладают целым рядом существенных преимуществ перед паросиловыми установками с раздельными котлами и машинами. Главнейшими из этих преимуществ являются: более экономичное использование топлива, меньшие затраты на первоначальное оборудование, меньшая потребная



Фиг. 1.

для установки площадь пола, простота обслуживания, более легкие фундаменты. Термодинамич. выгоды Л. объясняются их компактностью и обусловленной этим малой длиной всех трубопроводов. В пределах своего применения (т. е. 10—1 000 HP) Л. является наиболее экономичной из всех паросиловых установок, как видно из фиг. 1, на к-рой приведены кривые удельного расхода тепла на силочас в зависимости от мощности установки для стационарных паровых машин (a), паровых турбин ($б$), Л. с простым перегревом пара ($в$), Л. с промежуточным перегревом пара ($г$) и Л. высокого давления двойного и тройного расширения с прямоточным цилиндром низкого давления ($д$). Основным недостатком Л. является невозможность создания крупных единиц,—нормально считают пределом мощности Л. 600 HP, хотя были неоднократно выполнены установки по 1 000 HP и даже выше в одном агрегате. Общий кпд установки значительно улучшается, если представляется возможным использовать отработанный пар для целей нагревания или отопления; тогда кпд с 22—24%, представляющих собой максимальное значение для современного Л., увеличивается до 70—88% в зависимости от высоты противодавления, как это показано на диаграмме фиг. 2, где, кроме кривых потребления пара (a) на 1 HP_{eff} при различных давлениях и $t°$ перегрева, приведены кривые $t°$ питательной воды после подогревателя ($б$), $t°$ мятого пара ($в$), термодинамич. кпд ($г$) и напряжения поверхности нагрева



Фиг. 2.

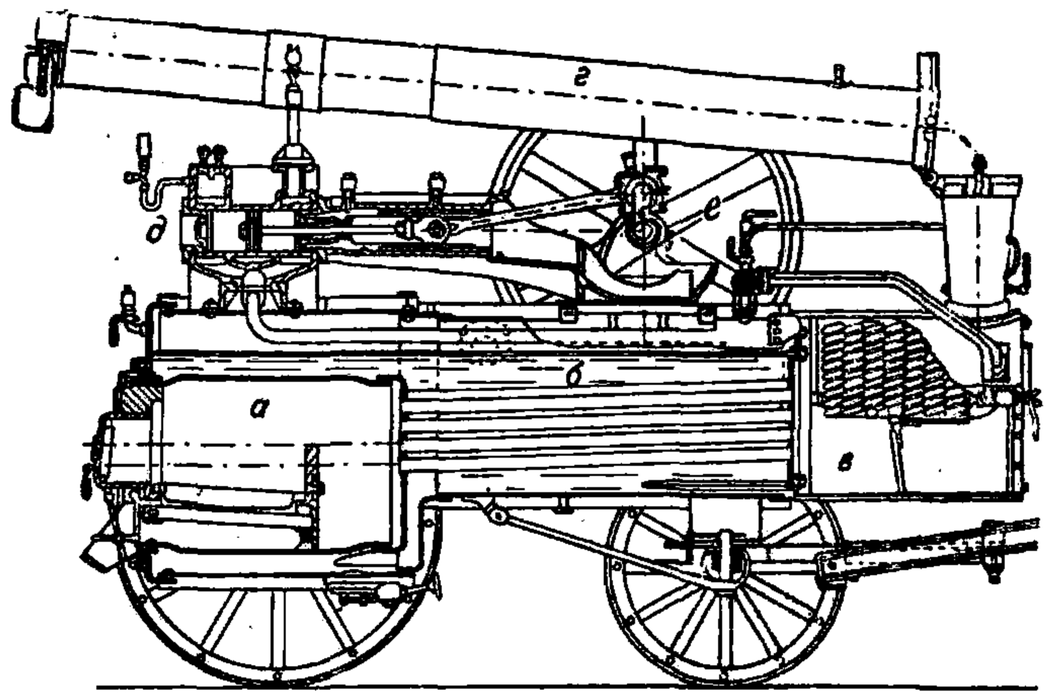
котла ($д$). Экономия в занимаемом Л. месте по сравнению с паросиловой установкой равной мощности с раздельными машиной и котлом весьма велика и колеблется в зависимости от конструкции обоих агрегатов в пределах 30—80 и более %. Площадь F, занимаемая Л. на 1 HP_{eff}, варьирует в пределах 1,3—0,224 $м^2$ и м. б. выражена приближенно ф-лой:

$$F = 5{,}55\, N^{-\frac{1}{2}}$$

где N—мощность локомобиля.

Л. состоит из следующих основных частей: парового котла, паровой машины, конденсаторного и питательного устройств. Паровой котел ставится т. н. локомобильного типа (см. *Котлы паровые*) и в настоящее время снабжается почти всегда пароперегревателем. Топка котла снабжается обычно плоской колосниковой решеткой, предназначенной для сжигания высокосортного топлива (каменного угля, дров). Топки стационарных Л. снабжают часто приспособлениями для автоматич. забрасывания топлива. Для возможности использования низкосортного топлива (торфа, бурого угля) устраивают ступенчатые колосниковые решетки, к-рые приходится, в виду их значи-

тельных размеров, устанавливать спереди Л. в особой каменной топке; топки эти часто делают передвижными, чтобы иметь возможность, отодвинув их, вынимать трубный пу-



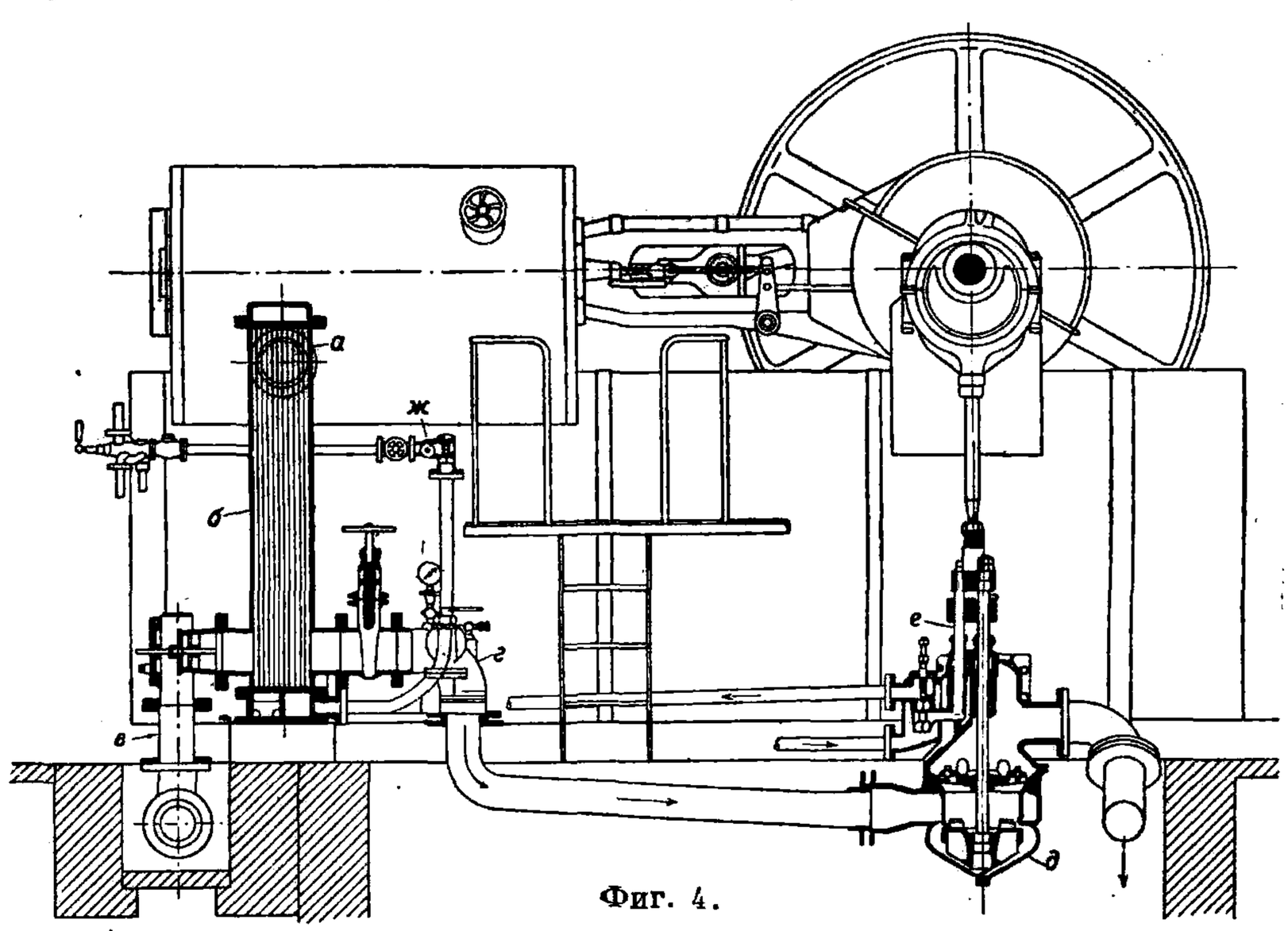
Фиг. 3.

чок из котла для очистки и смены труб. Пароперегреватель змеевикового типа располагается обычно в дымовой коробке, гораздо реже трубы перегревателя помещают в особо широких дымогарных трубках. Тяга применяется почти всегда естественная, причем в передвижных и небольших стационарных Л. для создания тяги устраивают железн. дымовую трубу, устанавливаемую непосредственно на дымовой коробке, в более крупных установках дымовые газы отводятся из дымовой коробки через подземный боров в отдельно стоящую дымовую трубу.

Паровая машина Л. представляет собой обычно одно- или двухцилиндровую машину с золотниковым или клапанным парораспределением. В последнее время получили распространение машины двойного расширения с прямоточным цилиндром низкого давления, оказавшиеся весьма экономными. Применявшийся прежде метод крепления паровой машины к котлу, при к-ром корпус котла является связующим звеном между цилиндрами и подшипниками коренного вала, в настоящее время малоупотребителен, так как 1) в материале котла возникают при этом значительные напряжения переменного знака и 2) тепловое расширение стенок котла вызывает перемещения отдельных частей машины, влекущие за собой ряд нежелательных явлений. В современных Л. паровая машина представляет собой совершенно замкнутое целое и устанавливается на котле т. о., что коренные подшипники скреплены наглухо со стенками котла, а остальная часть (цилиндры) имеет возможность двигаться вдоль продольной оси независимо от котла. В особо крупных установках для разгрузки котельных стенок коренные подшипники или вся паровая машина помещаются на колоннах, соединенных траверсами и передающих вес непосредственно на фундамент; в последнее время пошли еще дальше и помещают паровую машину под паровым котлом на особом фундаменте—подобная установка представляет собой переход от Л. к обыкновенной стационарной паросиловой установке.

Конструкция передвижного с.-х. Л. приведена на фиг. 3: *а*—огневая коробка с колосниковой решеткой, *б*—дымогарные трубки, *в*—пароперегреватель, *г*—дымовая труба, *д*—цилиндр паровой машины, *е*—коренные подшипники. Конденсационное и питательное устройства крупного стационарного Л. изображены на фиг. 4. Отработанный пар из цилиндров по трубе *а* поступает в подогреватель питательной воды *б*, откуда или выходит в атмосферу по выхлопной трубе *в* или переходит в смешивающий конденсатор *г*, откуда смесь воды и воздуха поступает в мокрый воздушный насос *д*, приводимый в движение от коренного вала Л. На штоке воздушного насоса прикреплена обойма с плунжером питательного насоса *е*; последний прогоняет питательную воду через трубки подогревателя *б* и питательный клапан *ж* в котел. В случае недостатка хорошей питательной воды устраивают поверхностные конденсаторы, при к-рых конденсат идет снова на питание котла; однако устройство конденсаторов этого типа является исключением.

Работа Л. передается приводимой в действие машине помощью ременной передачи или путем непосредственного соединения. В этом последнем случае приходится поднимать последнюю, чтобы ее ось совпала с



Фиг. 4.

высоколежащей осью Л. Обычно при этом над котлом Л. устраивают общий помост, служащий одновременно для обслуживания паровой машины Л. Неудобство высоких фундаментов для мощных машин заставляет отдавать предпочтение Л. с паровой машиной, расположенной под котлом.

Лит.: Наумов В. С., Локомобили, М., 1928; Хедер Г., Паровые машины и парораспределение,

пер. с нем., М., 1902 (Дополн. В. И. Гриневецкого, О современных локомобилях); Малеев В. Л., Испытание двух локомобилей по 250 л. с., Томск, 1915; Ошурков Б. М., Тепловые двигатели, вып. 1, Паровые машины, М., 1925; Charbonnier J., Die Lokomobile u. ihr Betrieb in Landwirtschaft u. Gewerbe, Lpz., 1921; Heilmann K., Die Entwicklung d. Lokomobilen v. R. Wolf, «Z. d. VDI», 1906, p. 313; Scharban H., Die Industrielokomobile mit Abdampfverwertung, «Die Wärme», B., 1929, p. 197; Heilmann K., Neuzeitliche Heizkraftlokomobilen, ibid., p. 687; Dahme A., Die neuzeitliche Heissdampf-Strassenlokomotive, «Z. d. VDI», 1918, p. 812; Barth Fr., Die zweckmässigste Betriebskraft, 3 Auflage, Berlin, 1922; Barth Fr., Wahl, Projektierung u. Betrieb von Kraftanlagen, 4 Auflage, Berlin, 1925; Schneider L., Die Abwärmeverwertung im Kraftmaschinenbetrieb, 4 Aufl., B., 1923; Franke H., Die Lokomobilen auf d. Weltausstellung in Brüssel, «Z. d. VDI», 1911, p. 410, 455, 502, 1076; Kölsch O., Die Verwendung v. Lokomobilen im Bauwesen, ibid., 1924; p. 704; Ulbrich A., Einrichtung u. Betrieb fahrbarer u. feststehender Lokomobilen, 2 Aufl., B., 1923; Heilmann K., Die neuere Entwicklung d. Heissdampflokomobilen, «Z. d. VDI», 1930, p. 65.

ЛОКОМОБИЛЬНЫЙ КОТЕЛ, см. *Котлы паровые*.

ЛОКОМОТИВЫ, тяговые транспортные машины, перемещающиеся по рельсовым путям и не несущие на себе полезного груза. По роду источника энергии локомотивы разделяются на *паровозы* (см.)—с паровыми двигателями, поршневыми или турбинными, *тепловозы* (см.)—с двигателями внутреннего сгорания, воздухово зы (см. *Паровозы* безогневые),—у которых источником энергии является сжатый воздух, и *электровозы* (см.),—приводимые в движение получаемой извне электрической энергией.

ЛОМ МЕТАЛЛИЧЕСКИЙ, отходы и отбросы производственных процессов металлопромышленности и всякого рода металлические изделия и сооружения, не годные к употреблению или вышедшие из употребления. В соответствии с основным назначением Л. м. как промышленного сырья он делится на две группы: лом черных металлов (чугун, железо и сталь) и лом цветных металлов и их сплавов (красная медь, латунь, бронза, свинец, цинк, алюминий и пр.). Кроме того Л. м. подразделяется по источникам его происхождения (транспортный, промышленный, военный, гражданский).

Всяким металлич. изделиям свойственны определенные сроки «морального» и физич. износа. Моральный износ зависит от развития техники, благодаря которому более усовершенствованные машины и станки вытесняют промышленное оборудование, уже ставшее на данный период устаревшим. Физич. износ металлич. изделий определяется тем, что изделие, выполняя определенную работу, теряет свою годность—изнашивается. Чем более развита страна в индустриальном отношении, тем больше оборачивается в ней Л. м.; с другой стороны, чем плотнее население и лучше его материальное благосостояние, тем следовательно больше имеется в ней накоплений промышленного лома. По наблюдениям для черных металлов в Германии средний срок возврата металла в виде лома установлен в 21 г., в США—25 лет; в СССР за средний срок возврата металлических изделий по ориентировочным данным Рудметаллторга считается: по черным металлам 20 лет, а по цветным металлам—в зависимости от каждого вида и структуры металла в отдельности, а именно: по меди и медным сплавам 18 лет, по свинцу 12, по цинку 10 и по алюминию 5 лет. Принятые сроки амортизации для различных машин и аппаратов могут характеризовать скорость оборачиваемости металла:

Типы машин	Амортиз. сроки (в годах)
Паровые котлы с трубопроводами, пароперегревателями, подогревателями, водоочистителями и пр.	12—20
Паровые машины	15—20—25
Газовые »	8—15
Турбины и водяные колеса	6—25
Электромоторы	15—25
Аккумуляторы (гидравл.)	5—15
Насосы	10—20
Станки	10—20
Ручные орудия и приспособления	1—20

Лом черных и цветных металлов, рассортированный в соответствии с существующими классификациями, приведенный в состояние, удобное для транспортирования и завалки в мартеновские, ваграночные, отражательные и другие плавильные печи, становится весьма ценным промышленным сырьем, занимающим значительное место в системе народного хозяйства промышленно развитых стран; так, в Германии в 1908 году на выплавку 8 700 000 *m* чугуна употреблено 3 400 000 *m* Л. м., в 1919 году на 4 200 000 *m* чугуна—3 380 000 *m* Л. м.; в 1913 году металлургич. промышленность получила от верфей около 60 000 *m* Л. м., от ж. д. 500 000 *m* и рудников 300 000 *m*. В США размер привозного лома исчисляется в 10 000 000 *m* в год, из к-рых 2,5 млн. *m* промышленность получает от ж.-д. транспорта, 3,5 млн. *m* от мелкой сборки фермерского и городского населения и 4 млн. *m* от специально торгующих фирм. Количество образуемого лома может определяться приводимыми ниже коэфициентами выхода металла при различных процессах на металлургич. з-дах:

Процесс	Выход металла в %
Мартеновский	95
Бессемеровский	91
Томасирование	85
Электроплавка	96

Оно может быть также определено и по величине расхода металла на единицу готовых изделий на металлообрабатывающих з-дах:

Область применения металла	Расход металла на ед. готовых изделий
Транспорт	1,3
Энергетика	1,27
Судостроение	1,3
Автостроение	1,25
Внутризаводский транспорт	1,2
Конструкции	1,2
Специальные производства	1,25
Сельмашстроение	1,2
Гужевой транспорт	1,15
Полуфабрикаты для машиностр.	1,15
Станкостроение	1,15

Эти цифры указывают на то, что 15—30% металла обращается в стружку, концевые обрезки, высечки и пр. Количество Л. м., употребленного при выплавке стали в СССР в разные годы, приведено в табл. 1.

Высокое процентное отношение привозного лома черных металлов к выплавке стали в 1923/24 г. объясняется еще недостаточным развитием рудной промышленности и следовательно нехваткой передельного чугуна,

Табл. 1.—Потребление в СССР лома при выплавке стали.

Годы	Производ. стали в *m*	Колич. лома в *m*	% Л. м. от выплавленной стали
1913	4 921 700	517 000	10,2
1914	4 820 000	570 000	11,8
1923/24	992 700	343 000	34,6
1924/25	1 868 300	434 000	23,2
1925/26	2 910 900	572 000	19,6
1926/27	3 561 700	636 000	17,8
1927/28	3 895 700	716 200	18,0
1928/29	4 722 000	843 000	17,7

вызвавшей чрезмерно высокое потребление лома черного металла в шихте. В последующие годы с ростом выплавки передельного чугуна снижается % потребления Л. м.

Чрезвычайно важную роль в экономике цветной металлопромышленности играют вторичные цветные металлы (от переплавки лома). Динамика роста потребления Л. м. в производстве основных видов цветных металлов в СССР и США характеризуется данными табл. 2. Отмечается, что в

Табл. 2. — Производство вторичных цветных металлов (в *m*).

Виды металла	СССР		США	
	1913/14 г.	1927/28 г.	1915 г.	1925 г.
Медь				
Потребление свежей меди	48 958	55 543	521 744	813 355
Произв. вторичной меди	16 025	29 640	196 107	420 210
Удельный вес. .	32,7%	53,4%	37,8%	51,7%
Свинец				
Потребление свежего свинца . .	65 686	49 932	430 252	658 143
Произв. вторичного свинца . .	910	1 807	78 900	226 880
Удельный вес .	1,3%	3,6%	18,3%	34,5%
Цинк				
Потребление свежего цинка . . .	47 477	32 307	364 632	527 554
Произв. вторичного цинка . . .	1 275	2 530	108 758	156 000
Удельный вес .	2,7%	7,8%	29,8%	29,6%

СССР увеличение производства вторичных цветных металлов обнаруживает более быстрый темп роста, нежели потребление цветных металлов вообще. С начала восстановительного периода всю цветную металлообрабатывающую промышленность пришлось строить почти исключительно на вторичных цветных металлах.

Номенклатура и применение Л. м. Лом черных металлов классифицируется в соответствии с его применением в промышленности. Так, в доменном производстве потребляется гл. обр. железостальная стружка с нормальным содержанием посторонних примесей (но не вредных) не более 5%. Присутствие цветных металлов в стружке совершенно не допускается. В мартеновском производстве Л. м. имеет существенное значение, введен даже особый т. н. скрап-процесс (см. *Мартеновское производство*). В это производство поступают три вида Л. м.: железостальной, кровельные обрезки и горелый чугун. Процентное содержание указанного Л. м. в шихте должно колебаться по плану 1929/30 г. в таких пределах: на южных з-дах 46—60%, на з-дах Ленинградской области 61—75%, Центрально-промышленного района 68—75%, Урала 40—50%. В среднем вся металлургия СССР употребляет в шихту 53% Л. м. За границей, напр. в США и Германии, в мартеновских печах проплавляется также и брикетированная железо-стальная стружка; в СССР эта стружка проплавляется в мартеновских печах пока еще в ограниченных размерах. Л. м. не должен содержать оцинкованных, эмалированных, освинцованных, оловянированных и окрашенных предметов. Для электроплавильного процесса применяются отборные сорта стального лома с незначительным содержанием серы и фосфора. В ваграночных, а также и в мартеновских печах переплавляется негорелый чугун, состоящий главн. образом из чугунных частей машин (станины, маховики, шестерни и др.). В химической промышленности применяется железная стружка для производства анилиновых красок, ржавая кровля для изготовления железного купороса. Обрезки оловянированной жести идут для съемки олова.

Перечисленные виды Л. м. для СССР являются основными. В З. Европе и США существует более детально разработанная номенклатура лома черных металлов, основанная главн. обр. на физико-химич. свойствах металлов. Так, классификация США содержит 60 разных наименований, разбитых по главнейшим металлургическим процессам потребления Л. м. (лом доменных печей, основных мартеновских, кислых мартеновских, электрических и ваграночных). Немецкая классификация построена преимущественно по принципу источников происхождения Л. м. (лом фабрично-заводский, железнодорожный и т. д.).

Классификация лома цветных металлов и их сплавов в СССР охватывает все виды цветных металлов и разбивает их по отдельным сортам, главным образом по признакам происхождения лома, качеству металла и по размерам изделий. Так, лом красной меди разбит на четыре сорта. К первому сорту лома красной меди относятся: топочная медь, снарядные пояски, электрические провода и другие предметы чистого крупного лома не тоньше 3 *мм*; ко второму сорту относятся: листовые и ленточные обрезки, концы проволоки (диаметр < 1 *мм*), медные монеты и другой чистый лом толщиной от 0,5 до 3 *мм*; к третьему сорту относятся предметы толщиной от 0,5 *мм* и ниже и проволока диам. < 1 *мм*; к четвертому сорту относится всякий лом с полудой, пайкой и литьем; при этом в случае горелости такой лом расценивается сортом ниже, никелировка же не служит основанием для снижения сорта. Первые два сорта употребляются гл. обр. для вторичной переплавки на прокатную болванку, третий—для подшихтовки медного литья и четвертый — преимущественно для нужд химич. промышленности (производство медного купороса). Первые три сорта лома латуни идут также на болванку, а четвертый — в электролиз для

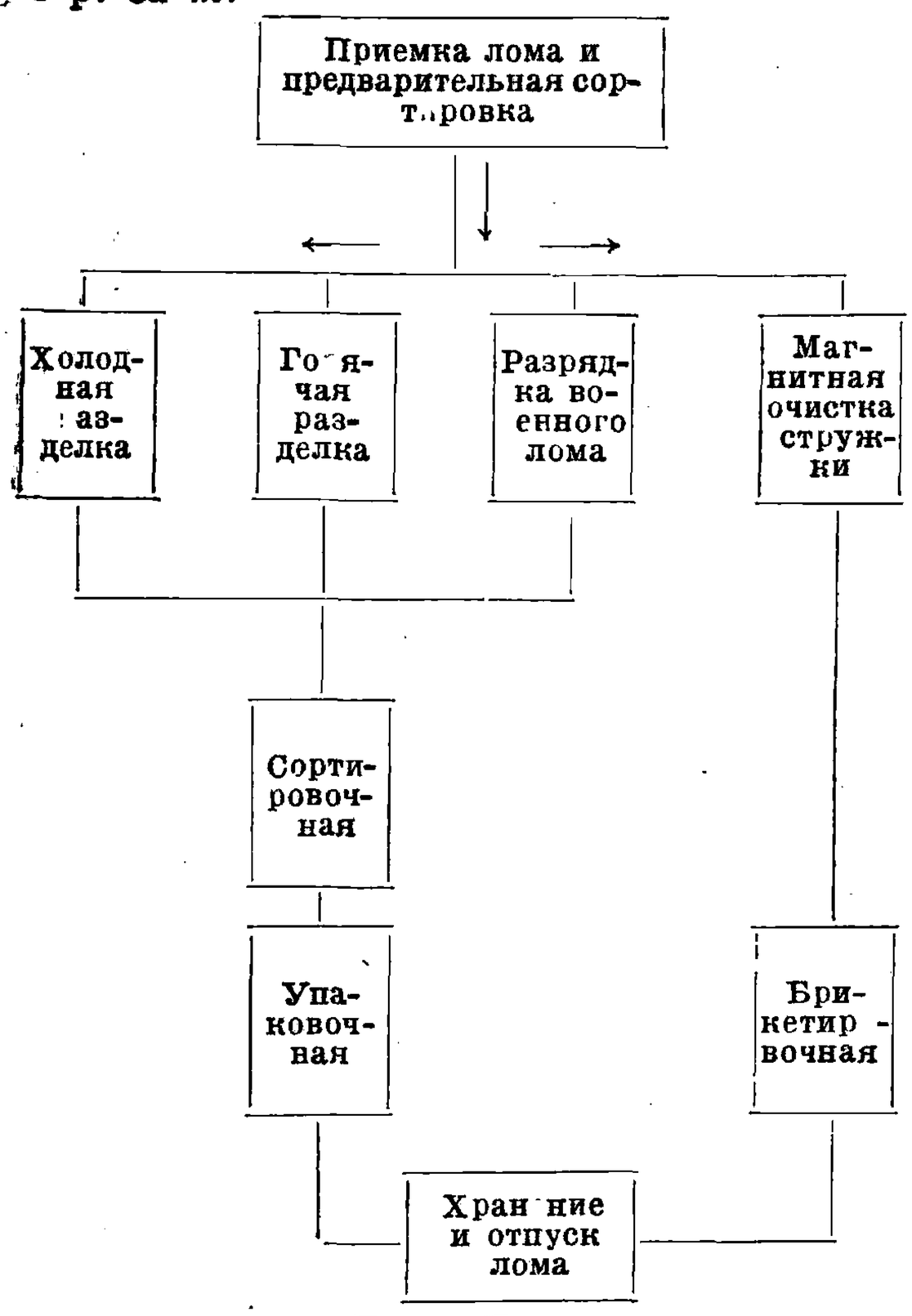
вторичного передела на медь. Лом томпака (разбит на три сорта) целиком используется для подшихтовки латунного проката. Лом бронзы разделяется на четыре сорта. К первому сорту относится бронза с содержанием олова выше 13% и примеси свинца, цинка и пр. не более 5% или без примесей с содержанием олова не ниже 9%; ко второму—разный механич. (машинный и пр.) бронзовый лом с содержанием меди не ниже 75% и олова не ниже 6%; третий сорт—отходы производства бронзовых сплавов с содержанием олова не ниже 4%; четвертый сорт—стружка мелкая, чистая. Все сорта бронзы идут для литья, причем первый сорт употребляется для особо ответственного литья (подшипники, части судовых двигателей и т. д.). Первые два сорта лома мельхиора предназначаются для прокатки торговых сортов металла, остальные—для электролиза. Алюминиевый лом состоит из пяти сортов; первые 2 сорта идут в прокатку (для изготовления посуды), остальные для литья. Первые два сорта лома цинка употребляются для оцинковки железа, а третий сорт (гартцинк)—для изготовления цинковых белил. Три сорта лома свинца идут для заливки труб, освинцовки металлич. изделий и пайки. Сурьмянистый свинец применяется исключительно при производстве баббитовых антифрикционных сплавов. Лом никеля (два сорта) применяется гл. обр. в производстве хромоникелевой стали и наконец два сорта лома олова идут для лужения металлич. изделий. Особое место в номенклатуре Л. м. занимают обрезки белой жести, банки и пр. из оловянированной жести, используемой для снятия олова. Эту операцию производят тремя способами: первый (химический) основан на действии хлора и применяется на специально построенном з-де «Химметалл» в Москве, второй — электролитический и третий—методом вытопки олова на поду отражательной печи. Оловянированные обрезки делятся на четыре сорта в зависимости от % ржавости. Лом цветных металлов и сплавов перерабатывается или без всякой рафинировки или с предшествующей утилизации рафинировкой (огненная, мокрая или электролитическая) или с рафинировкой с предшествующей механ. обработкой (обогащение).

Сборка, сортировка и хранение Л. м. Чрезвычайно большое значение в ломной промышленности имеет правильная сборка и хранение отходов на производственных предприятиях. Так, в США сборка отходов и отбросов лома как черных, так и цветных металлов на предприятиях производится специальными бригадами-уловителями, в задачи которых входят уборка цехов ф-к и з-дов по отдельным видам металлов и даже сортам, а также наблюдение за правильным хранением собранных металлоотбросов в особых отвалах. Качественная сортировка лома черных металлов производится не только по признаку применения его в том или ином металлургич. процессе, но и по целому ряду других признаков: по источнику заготовки, по габаритности, по чистоте металла и т. д.

По источникам Л. м. сортируется на 2 основные группы: в первую входит лом транспорта и промышленности (так наз. высококачественный лом); во вторую—лом широкого рынка (т. н. бытовой лом). В отношении габаритности металлич. лом сортируется на две группы: лом габаритный, не требующий разделки, и негабаритный—тяжеловесные, громоздкие массивы, требующие разбивки и разделки. Сортировка металлич. лома по признаку чистоты имеет целью отделение вредных для металлургических процессов примесей (оцинкованные, эмалированные, цветные металлы и т. д.), а при сортировке стружки—выделение и не вредных примесей (дерево, кирпич, тряпье и т. д.), что достигается путем пропускания стружки через грохоты. Одной из основных целей сортировки лома черных металлов является отбор поделочных материалов (поделок) и годных предметов. Отборка поделок в наших условиях металлич. голода, который остается на всем протяжении пятилетнего плана, приобретает особо важное значение. Часть отсортированных поделочных материалов м. б. использована без предварительной обработки, другая же—после незначительного ремонта; так, обрезки сортового железа и стали широко применяются в крестьянском обиходе и кустарной промышленности; оси толщиной в 30 *мм*, длиной не менее 500 *мм* (несогнутые) употребляются для прокатки мелкосортного железа; листовое железо—для прокатывания тонкой жести; котельное железо (без заклепок), если оно разрезано соответствующим образом,—для прокатывания тонкой жести, а иногда для выработки штамповочных изделий; старые рельсы (негнутые) применяются в строительном деле и для прокладки небольших путей местного значения; кровельное железо соответствующего размера (непродырявленное) идет на ремонт крыш. Цветными поделочными материалами при незначительном ремонте являются вентили, краны, гайки, дверная и оконная арматура и т. д., а также подшипники, которые в большинстве случаев требуют только заливки баббитом. Сортировка лома цветных металлов производится по видам металлов (красная медь, свинец, цинк, латунь, бронза и т. д.) и по сортам.

Сортировка лома черных металлов производится или на сортировочно-разделочных площадках при з-дах-потребителях или на базах в местах концентрации заготовки лома. Сортировка лома черных металлов в среднем обходится по 6 р. за *т*, а разделка—9 р. Сортировка цветных металлов производится в СССР в особых сортировочных базах (см. схему) на длинных вогнутых сортировочных столах, к которым краном (за границей конвейерами) подаются бочки со смешанным цветным ломом. По обеим сторонам этого стола за сортировщиками расположен целый ряд ящиков, из к-рых каждый заполняется одним сортом определенного вида лома. Более примитивная сортировка производится у самих отвалов цветного лома без специальных приспособлений. Стружка же цветных металлов на сортировочных базах очищается от железных примесей посредством магнитных сепараторов. В США в ломовой промышленности имеются даже специальные сортировочные ф-ки, на к-рых сор-

тировка полностью механизирована. Сортировка лома цветных металлов в СССР в среднем обходится в 7 р. 50 к. за *m*, а разделка—3 р. за *m*.



Разделка Л. м. Для завалки в плавильные печи лом черных металлов д. б. предварительно приведен в габаритный вид, т. е. получить размеры соответственно размерам завалочных окон плавильных печей. Эти размеры для черных металлов колеблются от 1 200×800×500 *мм* до 1 800×700×600 *мм*. Кроме размерного габарита предусматривается также и весовой габарит, который для черного Л. м. в среднем считается 0,5 *m*, а для цветного Л. м. 0,1 *m*. Разделка негабаритных массивов, как то: паровозов, тендеров, мостовых ферм, морских и речных судов, церковных колоколов и т. д. производится различными способами. При тонких сортах железа применяется как в СССР, так и в Германии ручной способ—зубилами; при толстых—применяются автогенные (кислородно-ацетиленовые или кислородно-водородные) аппараты; предметы, состоящие из прямых листов (прямоугольные баки, корабельные корпуса и т. д.), разрезаются машинными ножницами. При разборке затопленных мостовых ферм, морских и речных судов, литейных козлов применяются подрывные работы, а также и автогенные аппараты, работающие под водой. Следует указать, что наиболее сложные операции разделки Л. м. производятся гл. обр. по объектам ж.-д. транспорта.

Процесс разборки и разделки паровозов производится следующим образом. Прежде всего разбирают и снимают все наружные движущиеся механизмы, как то: части управления, сцепления, кулисы и т. д. Полученный при этом металл сортируется. Весь баббит тут же выплавляется и одновременно все металлич. части обжигаются для удаления грязи и машинного смазочного масла. Далее снимаются обшивка и будка, из которых выкраиваются отдельные листы железа, годные для потр бления в качестве листового материала. Вся арматура выделяется отдельно. Затем приступают к съемке котла соответствующими подъемными кранами. Рама с кареткой отодвигается для дальнейшей разборки. Чугунные части снимаются с рамой до или после съемки котла, рама освобождается от всех прикрепленных к ней частей, а ск епления самой рамы по возможности разъ диняются настолько, чтобы она еще держалась на колесах для откатки до предназначенного места, где уже окончательно разбирается и разрезается на куски. Дальнейшая разделка рамы производится резкой автогенным способом на части требуемого размера. Этот способ не является самым дешевым, но зато наиболее быстрым и простым. У котлов в первую очередь вытаскивают трубы из пароперегревателя; затем расклепывают и удаляют дымовую коробку, после чего расклепывают переднюю дымогарную стенку. Со стороны огневой коробки отделяют столько железных листов, чтобы можно было освободить дымогарные трубы, после чего вытаскивают всю систему жаровых труб. Продольную часть котла расклепывают или автогенным способом разрезают. Пульмановские тележки разбираются двояко: если они состоят из многих отдельных частей, то целесообразно их не расклепывать, а резать втогенным ил иным способом на мартеновский лом; если же тележки составлены из небо ьшого количества склепанных частей, то удаляют все винты, болты и заклепки и таким путем извлекают отдельные железные куски. Разделна скатов вагонных и тендерных сводится к выбивке осей гидравлич. или копровым способом и съемке бандажей с колес; чугунные же колеса целиком, как и всякий негабаритный чугун, разбиваются на габ ритный под копром и в таком виде идут на переплавку.

Количество негабаритного черного Л. м., собранного Рудметаллторгом, приводится в табл. 3.

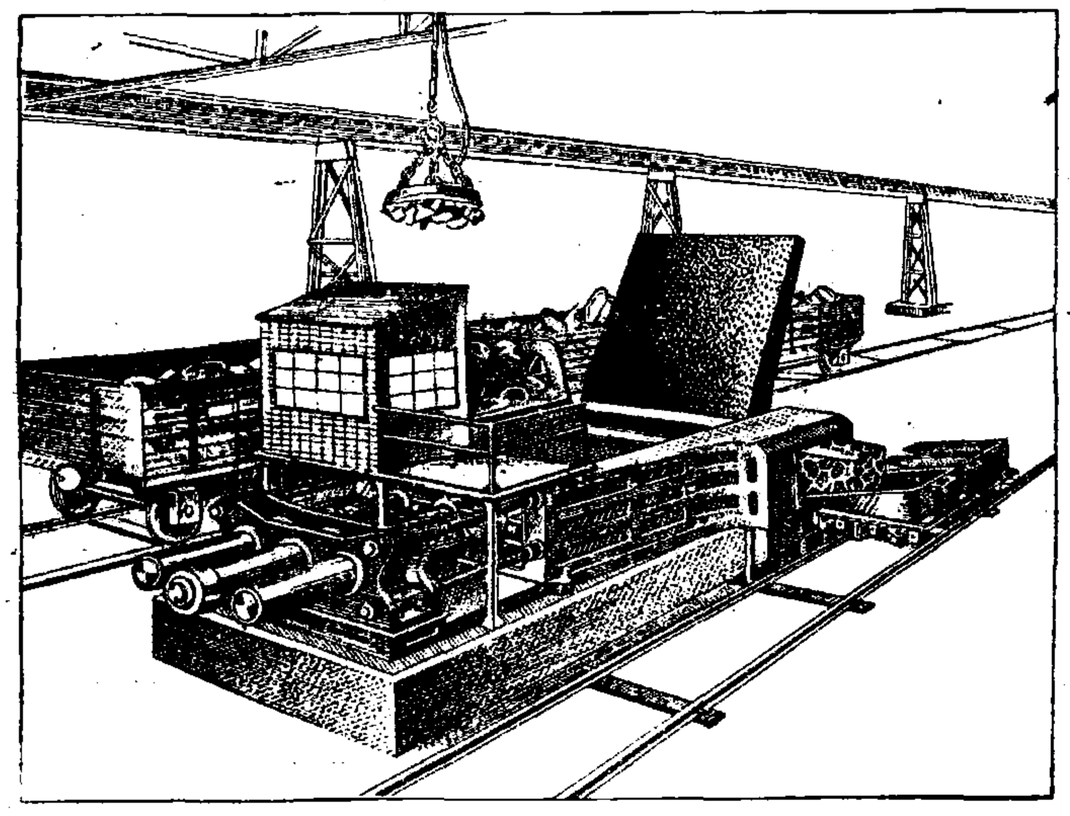
Табл. 3.—Количество лома черных металлов, собранного Рудметаллторгом.

Годы	Всего принято лома в *m*	В том числе негабаритного в *m*	% содержания негабаритного лома
1923/24 . . .	84 996	22 998	27,0
1924/25 . . .	416 602	193 454	46,4
1925/26 . . .	551 185	300 606	54,4
1926/27 . . .	551 355	280 170	50,8
1927/28 . . .	638 026	358 241	56,1

Разделка лома цветных металлов имеет целью: во-первых, отделение от лома цветных металлов лома черных металлов (железных фланцев от машинных труб); во-вторых, разделение изделий, состоящих из нескольких видов цветных металлов, на отдельные группы (красномедные трубы с бронзовыми фланцами или бронзовые подшипники с баббитом); в-третьих, отделение от цветного лома посторонних примесей (например латунных цоколей от стекла и гипса или бронзовой и латунной арматуры от мраморной доски); в-четвертых, освобождение лома от механическ. примесей; в-пятых, обезвреживание лома цветных металлов военного происхождения (винтовочных патронов и пр.). Разделка цветного лома производится как холодным способом (разрубка, разбивка), так и горячим (выплавка баббита из подшипников, обжиг кабелей).

Прессовка Л. м. Нек-рые виды Л. м. предварительно прессуются, пакетируются, брикетируются, штампуются и т. д. К таким видам Л. м. относятся гл. обр. менее ценные сорта его, напр. старое кровельное железо, стружка и т. д. Сюда также можно отнести разбитые и разделанные пустотелые предметы (обрезки труб и так наз. бытовой лом).

Этими операциями достигается: а) легкое обращение с пакетами и скорая их нагрузка, б) полное использование грузоподъемности ж.-д. вагонов, в) максимальное использование возможностей плавильных печей, г) значительное уменьшение процента сгорания материала во время переплавки, д) экономия топлива, е) экономия места и времени. Пакетирование производится гидравлич. прессами разных типов и систем, из которых наиболее усовершенствованным считается пакетир-пресс типа «Saxon» герм. фирмы Lindemann—Schnitzler. Последний имеет большую загрузочную шахту и допускает к прессованию различные предметы самых разнообразных форм; заваленные в шахту ломовые объекты предварительно спрессовываются крышкой шахты,



Фиг. 1.

приводимой в действие гидравлич. насосом; после предварительной прессовки находящийся в шахте материал спрессовывается окончательно с двух сторон действием двух поршней, к-рые работают в различных направлениях (под прямым углом). Этот пресс (фиг. 1) работает под давлением 300 *atm*. Шахта наполняется металлом посредством магнитного крана; специальное приспособление выравнивает загруженный материал. Готовый пакет выбрасывается из бокового люка либо на вагонетку либо на подъемный лоток. Производительность пресса Saxon—15 пакетов в час, весом каждый в 500 *кг*. В табл. 4 приведены характеристики разных моделей этого типа прессов.

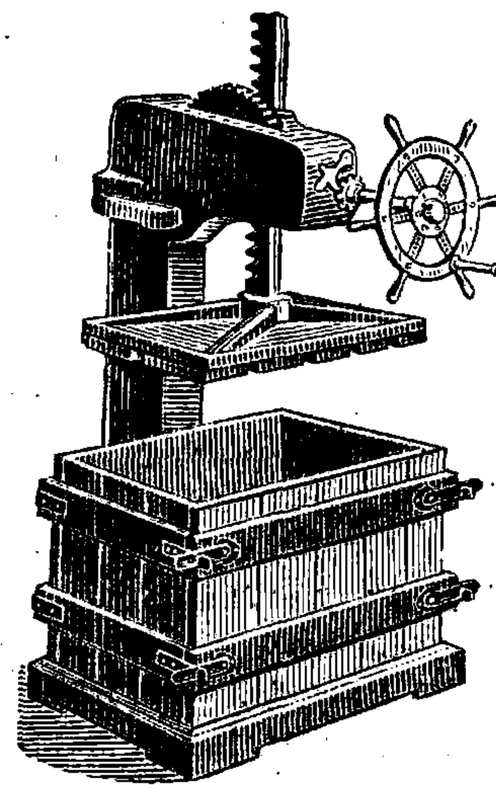
Табл. 4.—Характеристика различных моделей прессов.

Модели	Размер шахты в *мм*	Размер пакета в *мм*	Вес пакета в *кг*	Колич. пакетов в час
Saxon . .	3 800×3 300×1 050	600×800×1 500	1 500	10
Mitan . .	3 500×2 800×850	600×600×1 300	1 000	12
Cilan . .	2 350×2 000×800	400×600×1 200	500	15
Budan .	2 350×1 600×800	400×600×800	350	15

Прессы американской системы низкого и среднего давления применяются для пакетирования кровельных обрезков и тонкого листового скрапа, прессы же высокого давления—для *брикетирования* (см.) стружки. Емкость загрузочной коробки прессов низкого давления, приводимых в действие ручным способом, большей частью не превышает 800×3 800×915 *мм*, а получаемый пакет—800×380×500 *мм*. Прессы среднего давления, действующие от электромотора зубчатой системой, служат для пакетирования, выштамповки, высечки и выдавки отходов от производства, а также стружки цветных металлов. Наиболее типичным прессом этой модели считают прессы американской системы Logemann Bros следующего стандартного размера:

Размер загрузочной коробки . . .	864×711×292 *мм*
Размер пакета	305×305×392
Производительность в *кг/ч*	335—670
Вес пакета в *кг*	18,0—33,5
Потребная мощность в HP	5

На некоторых заводах СССР применяются пакетировочные прессы и других фирм. Так, на заводе «Красный путиловец» в Ленинграде работает пресс английской фирмы Wellman Seaver & Heder с зубчатой передачей, о 3 моторах в 85, 40 и 15 HP, к-рый дает пакеты весом от 400 до 800 *кг* при производительности 3—4 пакета в час. На з-де им. Петровского в Днепропетровске действует пресс фирмы Lanchgammer, производительность которого 150 *m* в сутки, дающий пакеты размером 600×700×1 500 *мм*. Пресс работает от электрического мотора. Подъем пакетов производится при помощи электромагнитной лепешки. Указанные стационарные системы пакетир-прессов применяются в пунктах крупной концентрации этих видов Л. м. В местах же накоплений более мелких партий применяются ручные передвижн. прессы. К этой системе относится тип Fabel, отличающийся весьма простой и удобной конструкцией (фиг. 2). Этот пресс представляет собою ящик размером в 3 500×500×750 *мм*, обитый листовым железом; передняя стенка ящика снимается, а боковые повертываются в сторону. Крышка опускается в ящик при помощи колеса и зубчатой рейки. После полной загрузки ящика Л. м. (гл. обр. кровельным железом) крышка опускается, и под большим давлением производится пакетировка, после чего снимают переднюю стенку и, повернув боковые, вынимают готовые пакеты размером 350×500×400 *мм* (вес пакета от 30 до 50 *кг*); производительность пресса 4—6 пакетов в час.



Фиг. 2.

Цены на Л. м. Средние рыночные цены в настоящее время на лом черных металлов (франко-вагон станция назначения) за одну *m* следующие: железо-стальной лом 33 р. 98 к., кровельные обрезки 23 р. 53 к., стружка 16 р. 64 к., лом машинного чугуна 54 р. 94 к. и сборного чугуна 51 р. 89 к.; причем лом д. б. без примеси цветных металлов, не ржавый, без грязи и вредных примесей (эмали-

рованных, освинцованных, луженых предметов). Цены (франко-вагон станция отправления) за *m*: на лом красной меди 670—850 р., алюминиевый 550—1 000 р., цинковый 290—340 р., свинцовый 260—350 р., никелевый 1 490—1 695 р., оловянный 2 030—2 155 р., латунный 480—670 р., томпаковый 670—740 р., бронзовый 670—915 р. и мельхиоровый 500—1 000 р.

Перспективы ближайших лет по заготовке лома как черных, так и цветных металлов весьма обширны, т. к. проводимая реконструкция всей системы нашей промышленности и увеличение производственной программы металлообработки значительно усилят приток лома от демонтажа оборудований, нормальных свежих отходов производства и наконец от транспорта, за счет смены верхнего строения пути и подвижного состава. В соответствии с указанными перспективами и построен пятилетний план ломозаготовок (табл. 5). Основным монопольТабл. 5.—Пятилетний план заготовок металлич. лома (в тыс. *m*).

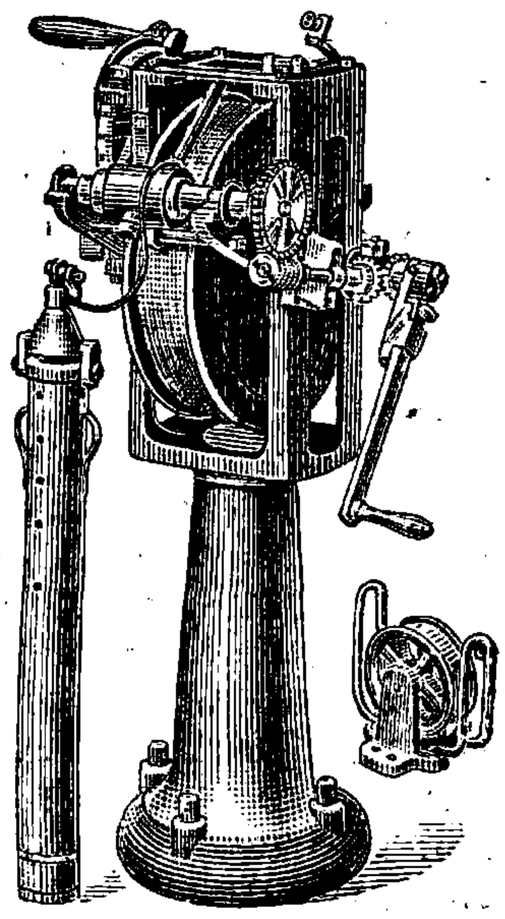
Виды лома	1928/29 г.	1929/30 г.	1930/31 г.	1931/32 г.	1932/33 г.
Лом черных металлов . .	900	1 880	2 080	2 620	3 430
Лом цветных металлов . .	29	66,6	88,5	116,1	132,7

ным заготовителем, снабжающим Л. м. промышленность СССР, в соответствии с постановлениями СТО от 6 ноября 1928 г. и от 16 декабря 1929 г., является акц. об-во Рудметаллторг, находящееся в ведении ВСНХ СССР, к-рое осуществляет заготовку и сборку Л. м. как своим заготовительным аппаратом, так и при посредстве контрагентов: Центросоюза, Всекопромсоюза, Животноводсоюза, Госторга, Укрутильсбора и др.

Лит.: Розовский С. З., Металлич. лом и его использование, ч. 1, М., 1924; Валк Г. И. и Иванов С. В., Рынок лома цветных металлов до мировой войны и в настоящее время, «МС», 1929, *10*; их же, Рынок лома черных металлов до и после мировой войны, «Металл», М., 1929, *4*; их же, Методология исчисления видимого выхода товарного лома цветных металлов в СССР, «Цветные металлы», Москва, 1930, *6*; Валк Г. И., Проблема ломозаготовок на широком рынке СССР, «Бюллетень Моск. товарной биржи», М., 1930, *6*; его же, К вопросу о заготовке лома черных и цветных металлов кооперацией, «Советская торговля», М., 1929, *31*; его же, Проблема заготовит. цен на лом черных металлов, «Бюллетень Моск. товарной биржи», М., 1929, *140*; Плинер И., Пакетирование тонкого листового металлич. скрапа и стружки, «Техника производства», Л., 1926, *12*; Болтенгаген Л. К., Железный лом в иностр. сталеделательной промышленности, «Металл», М., 1928, *11*; Афанасьев В. А., Перспективы сборки лома в СССР и его важнейших районах, там же, 1929, *8*; Гулин В. С., О производстве вторичных цветных металлов, там же, 1928, *11*; Данилович Н. А., Потребление цветных металлов и их ломов, там же, 1929, *2*; Баймаков Ю. В., Переработка ломов и отбросов промышленности цветных металлов, «Труды 2-й Всесоюзной конференции по цветным металлам», М.—Л., 1927, т. 1, вып. 2, стр. 625; Рольщиков В. П., Переработка лома, отходов и отбросов белых металлов и их сплавов, там же, стр. 654; Берлинг Н. И., Роль вторичного металла в промышленности цветных металлов на примере Соед. Штатов Сев. Америки, там же, стр. 678; Mohr E., Der Schrothandel, Düsseldorf, 1924; Klinger K., Schrothandel u. Schrotverwendung, Düsseldorf, 1924; Manlove G. a. Vickers C., Scrap Metals, New York, Cleveland, 1925.

Г. Валк.

ЛОТ, прибор для измерения глубин водных бассейнов. Простейшим лотом является футшток, служащий для определения глубин в несколько футов. Для измерения глубин до 20 морских сж. употребляются ручные Л.—свинцовые или чугунные гири конусообразной формы, весом $3^1/_2$—5 *кг*, с ввязанным в него лотлинем (веревкой в 1 дм. по окружности и длиной 45 мор. сж.). Лотлинь разбивается до 6 сж. на футы, после этого до 11 сж.—на полусажени и дальше до конца—на сажени. Глубина измеряется непосредственно по количеству вытравленного (выпущенного) лотлиня в момент прикосновения Л. к грунту, что чувствуется на руку. Для измерения глубин больше 20 сж. употребляется диплот, устроенный точно так же, но имеющий гирю весом от 8 до 16 *кг* и дипплотлинь длиной 100 сж. Для доставания образцов грунта в нижней части гири имеется углубление, заполняемое смесью из сала и мела. Измерение еще бо́льших глубин (от 100 до 250 сж.) производится механич. Л., наиболее распространенным из к-рых является Л. сист. Томсона (см. фиг.). В этом Л. глубиномером служит запаянная с одного конца стеклянная трубка, внутренние стенки к-рой окрашены легко смывающейся краской. При опускании трубки (при помощи груза) в специальн. футляре открытым концом вниз вода войдет в трубку, поднимется в ней на определенную высоту, которая зависит от глубины, и смоет краску, чем и отметит высоту этого подъема. Глубина моря выражается следующей формулой:



$$d=0{,}13264\,H\,\frac{x}{h-x}\ м \text{ или } 0{,}1835\,H\,\frac{x}{h-x} \text{ мор. сж.},$$

где H—барометрич. высота, выраженная в первой ф-ле в *см*, а во второй—в дм., h—высота трубки, x—высота подъема воды в трубке. По этим ф-лам и градуируются шкалы глубин, задаваясь d и рассчитывая x при нормальном давлении H. Бросают этот Л. со специальных вьюшек.

В самое последнее время получили распространение электрич. Л., или эхо-лоты. Принцип действия: с корабля производится звуковой сигнал, который, отразившись от дна, в виде эхо улавливается приемником, устанавливаемым на другом борту корабля. По промежутку времени, потребному звуку на совершение пути: корабль—дно—корабль, градуируется шкала глубин (см. *Звук*, Подводная акустика).

При гидрографич. работах для измерения самых больших океанских глубин употребляются специальные гидрографические Л. с лотлинем.

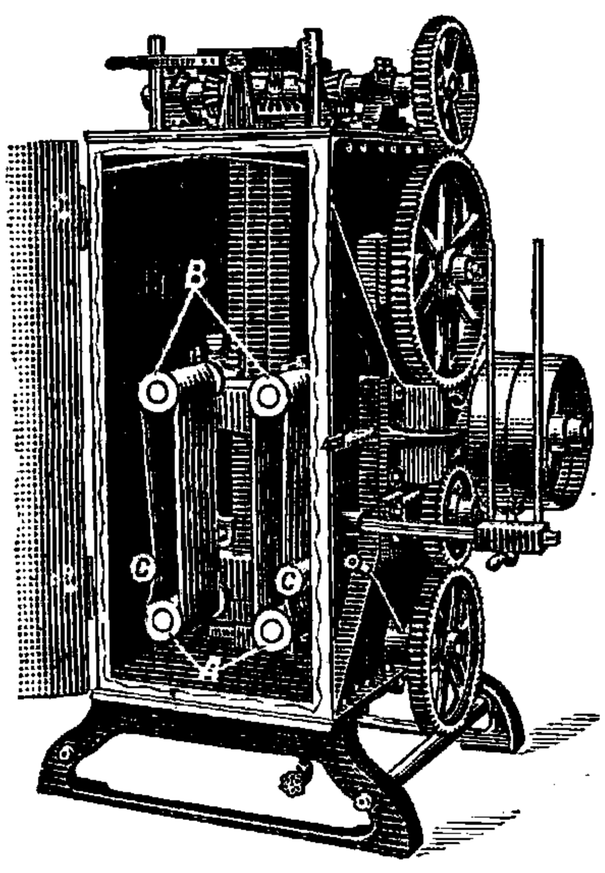
Лит.: Сакеллари Н., Описание мореходных инструментов, Л., 1928; Ухов К., Звуковое измерение глубин, Л., 1929; Шокальский Ю., Океанография, П., 1917; Aigner Fr., Unterwasserschalltechnik, B., 1922

К. Мигаловский.

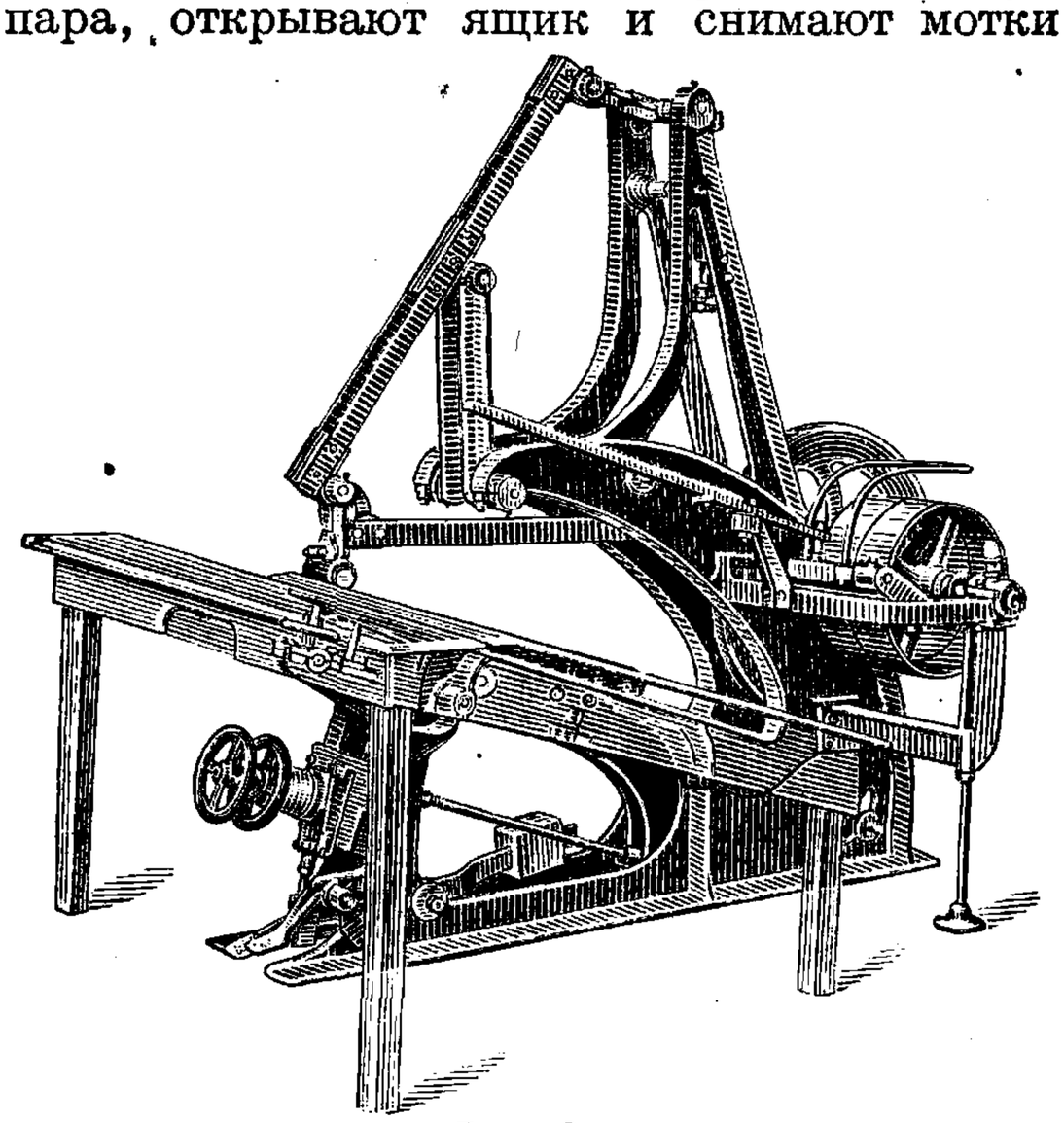
ЛОШАДИНАЯ СИЛА (Hp), название единицы механической *мощности* (см.). В разных странах существуют различные определения Л. с. В СССР принято считать 1 Hp = =0,736 kW или 75 *кгм/сж.* (См. *Спр. ТЭ*, т. I.) Название «Л. с.» неправильно и сильно препятствует широкому распространению правильного взгляда на понятие мощности. В настоящее время Комитет по стандартизации при СТО предлагает повсеместно применять 1 kW как единицу мощности (ОСТ 169 от 23/XII 1927).

ЛОЩЕНИЕ, операция отделки пряжи и кожи, придающая материалу внешний блеск. Сообщение блеска шелковой, льняной и прочей пряже (см. *Аппретура текстильных изделий*) достигается одновременным натяжением и запариванием пряжи; пряжа подвергается лощению в виде швейных, штопальных и других ниток, а также в виде полуфабрикатов после целого ряда обработок (крашение, отяжеление и т. д.). Л. кожи основано на выглаживании микроскопич. неровностей кожи и усилении благодаря этому способности лица кожи отражать свет. Выглаживается или непосредственно лицо кожи или слой специального глянца, наносимого на лицо. Л. без глянца возможно лишь для кож с очень прочным лицом (ременный чепрак, конина и особенно козлина). В настоящее время обычно Л. производится для всех кож по глянцу, в к-ром всегда содержится нек-рое количество белка (казеин, альбумин). Глянец наносится в жидком виде. Л. производят после просушки глянца (по сухому). Л. ведется трением цилиндрической гладкой невращающейся поверхности по коже, лежащей на пружинящей подставке небольшой ширины. Для примитивного Л. применяют деревянные твердые цилиндры; лучше—стеклянные цилиндры, но наилучшим материалом, обычно применяемым в настоящее время в кожевенном производстве, является *агат* (см.). Подставку делают упругой из дерева или металла. См. *Лощильные машины*.

ЛОЩИЛЬНЫЕ МАШИНЫ служат для *лощения* (см.) тканей и кожи. В текст. пр-ве Л. м. (фиг. 1) состоят из железного ящика, снабженного одной или двумя дверцами и двумя (и более) парами стальных или медных полированных валов *A* и *B*, на которые надевают мотки пряжи. Верхние валы *B* отдалены от нижних (отодвинуты); таким образом пряже можно дать любую степень натяжения. Валы *A* получают принудительн. вращение, направление которого автоматически меняется, верхние же валы *B* свободно вращаются на оси; Л. м. снабжены указателями, отмечающими степень натяжения мотков. Для того чтобы пряжа получила одинаковый блеск со всех сторон, Л. м. нередко снабжают валами *C*. Валы могут обогреваться паром. Для наведения блеска пряжу надевают на валы, раздвигают последние, закрывают крышки ящика, приводят валы с пряжей во вращательное движение и пускают в ящик на несколько минут пар, который действует на обрабатываемый материал; после того как прекращают доступ пара, открывают ящик и снимают мотки



Фиг. 1.


Фиг. 2.

пряжи. Пряжа приобретает блеск вследствие трения отдельных нитей; кроме того благодаря натяжению пряжи происходит увеличение длины мотков (от 2 до 5% первоначальной длины).

Л. м. изготовляются заводами Гаубольд, Ванслебен и др. З-д Клейневеферс изготовляет Л. м. карусельного типа, отличающиеся тем, что на вертикальной вращающейся оси расположены радиально 6 пар валов; нижние валы получают принудительное вращение, верхние же самостоятельно могут приближаться и удаляться от нижних валов. Три пары валов находятся в закрытой паровой коробке, где пряжа запаривается. Дверцы коробки автоматически открываются и также автоматически закрываются в момент входа валов в паровую коробку и выхода из нее. Вращение всей станины машины, валов, раздвижение последних и другие операции происходят автоматически.

Лит.: Петров П. П., Химическая технология волокнистых материалов животного происхождения, стр. 324—325, М., 1924; Герм. патенты класса 8 a[27]: Handbuch der Färberei der Spinnfasern, hrsg. v. R. Loewenthal, 3 Aufl., B. 1, p. 392—394, Berlin, 1921; Heermann P., Technologie d. Textilveredlung, 2 Aufl., Berlin, 1926; Herzog R., Technologie der Textilfasern, hrsg. v. R. Herzog, B. 6, T. 2, Technologie u. Wirtschaft d. Seide, p. 290, B., 1929. **Э. Фукс.**

В кожевенном пр-ве различают ручное лощение без машины, ручное с машиной и машинное от привода. Первый способ можно еще встретить у кустарей: вместо подставки употребляется горизонтальный шест, вместо лощилки—двуручный цилиндр; работа крайне тяжелая. Машинное лощение без привода до сего времени применяют на небольших з-дах. Как для машин без привода, так и для приводных важно, чтобы кривая, описываемая цилиндром, касалась кожи по возмож-

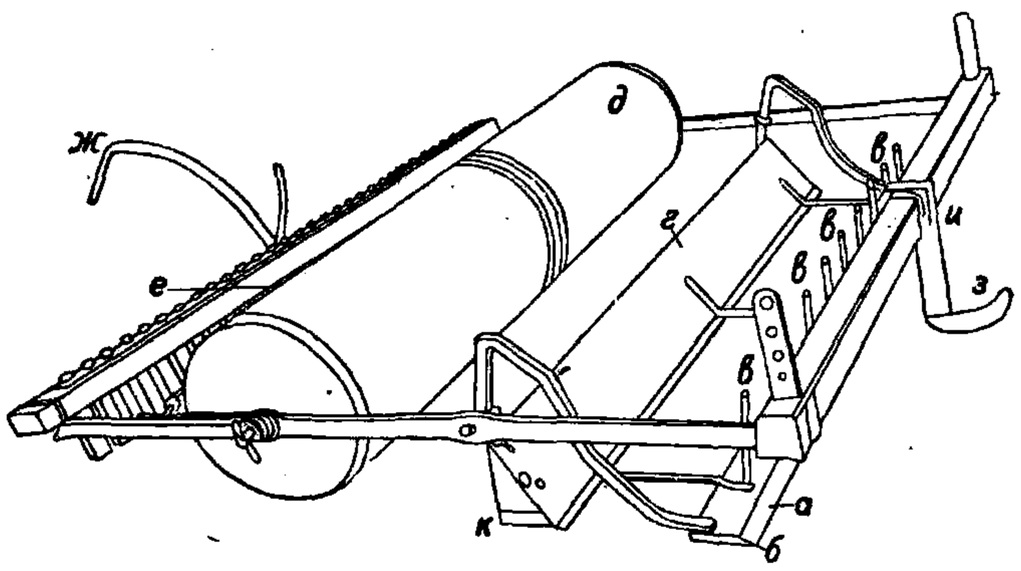
но большей длине и цилиндр встречал кожу по возможности без вертикального удара. Различают несколько типов лощильных машин для кож различных размеров. На фиг. 2 дана машина тяжелого типа. Ролик в этих машинах для облегчения удара теперь делают на шарнире.

Лощильные машины применяются также для нанесения рисунка (искусственной мереи) на кожу. Вместо агатового неподвижного ролика в таком случае пользуются вращающимся бронзовым (или, реже, стальным) роликом с выпуклым рисунком, а скорость движения его уменьшается вдвое. Операция эта называется шагренированием. Технич. данные приводных лощильных машин таковы:

Часовая продукция		50÷60
Потребная мощность, HP		1÷2
Обслуживающий персонал, чел.		1
Число об/м н.		130
Вес машины нетто, *кг*		775
Занимаемое машиной место	длина, *м*	2,2
	ширина, *м*	1,1

Лит.: Schmidt J. und Wagner A., Gerberei-technisches Auskunftsbuch für d. gesamte Lederindustrie, Durlach, 1905. **Г. Поварнин.**

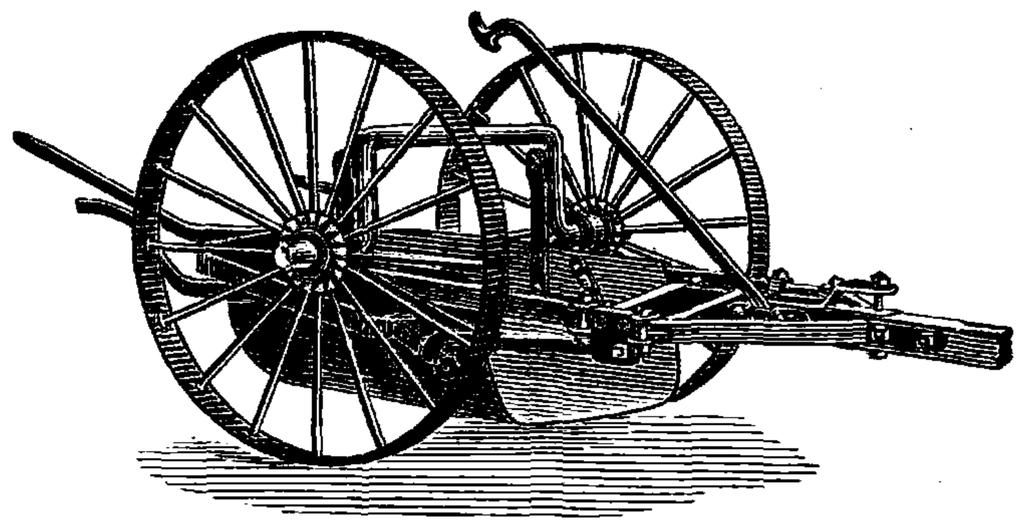
ЛУГОВЫЕ ОРУДИЯ, орудия для обработки лугов и ухода за лугами. Сюда относятся: кочкорезы, волокуши, струги, бороны, скарификаторы и специальные плуги. Первой задачей обработки луга является удаление кочек с его поверхности. Кочки образуются или в результате несвоевременной пастьбы скота или на месте кротовин, муравьиных куч, речных наносов, сгнивших пней и т. д., или вследствие накопления отмерших стеблей и корней, плотно сплетенных между собой. Для уничтожения кочек в различные периоды их образования применяют различные орудия: рыхлые кочки уничтожают *волокушами* (см.); более плотные кочки—особыми стругами, состоящими из рамы, к которой прикрепляют в различных комбинациях вертикальные и горизонтальные ножи; иногда же к раме присоединяют и другие вспомогательные орудия. Примером такого сложного орудия может служить струг Пундера (фиг. 1); впереди него укреплен горизонтальный нож *а*, имеющий лезвие *б*; к полотну ножа *а* прикреплен ряд вертикально поставленных ножей *в, в*; в силу такого устройства кочка подрезается и одновременно разрезается на части. Затем идет наклонная доска *г*, имеющая внизу острое режущее ребро; подрезанная передними ножами (*а* и *в*) кочка всползает, при поступательном движении струга, по наклонной плоскости доски *г* кверху, вследствие чего размельчается (крошится) и скатывается позади доски. Размельченная кочка подвергается дополнительному действию прикатывающего катка *д*, за к-рым расположен брусок *е* зубьями; зубья «прочесывают» размельченную кочку и вытаскивают корешки и траву. Поднимая этот брусок периодически за рукоятку *жс*, очищают зубья от набившихся растительных остатков; оставшиеся на поверхности луга растительные остатки потом легко могут быть убраны. Струг опирается спереди на полозок *з*, прикрепленный к стойке *и*; при перевозке струга рабочие его части поднимают кверху, и струг опирается на передний полозок и каток.



Фиг. 1.

Для срезания кочек существуют также особые *кочкорезы* (см.), но они отличаются недостаточной устойчивостью и поэтому мало удовлетворительны в работе. Есть попытки у нас создать более мощный кочкорез (кочкорез Воробьева), но в настоящее время его конструкция еще недостаточно разработана.

Кочки срезают также при помощи конной лопаты (скрепера), которая удобна тем, что срезанную кочку можно на ней же отвести в сторону. Простейшая америк. конная лопата состоит из совка с острым передним режущим краем; для запряжки она снабжена дугой, вращающейся на крюках; для управления имеются ручки. Наиболее удобной является лопата перевертывающаяся; она снабжена специальной защелкой, к-рая удерживает ее в рабочем положении; если отстегнуть защелку, приподняв лопату за ручки, то она перевернется, выбросив срезанную кочку, а затем, упершись верхним краем, автоматически повернется опять в рабочее положение. Кроме этих лопат существуют еще лопаты колесные, которые можно прицепить к трактору; эти лопаты являются более мощными и служат также для дорожных работ (фиг. 2).



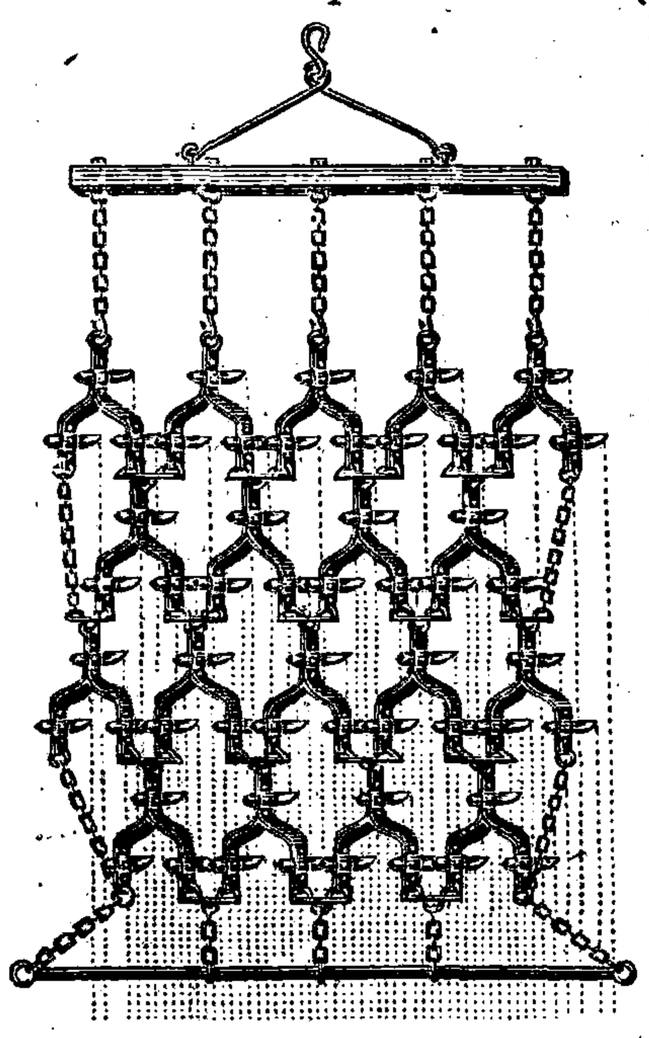
Фиг. 2.

Орудиями ухода за лугами служат *бороны* (см.) и скарификаторы (см. *Культиватор*), смотря по состоянию луговой дернины.

В жизни луга можно отметить три периода. В первом растительность луга составляют по преимуществу злаки и другие растения, имеющие корневища, которые распространяются в поверхностном слое почвы; эта стадия в жизни луга носит название корневищево-злаковой. По мере развития корневищ поверхностный слой делается более плотным, и вследствие густого сплетения их растения начинают теснить друг друга и постепенно отмирать. Тогда на смену им появляются другие растения, к-рые могут извлекать питательные вещества из более глубоких слоев почвы—наступает второй период жизни луга; растения, покрывающие

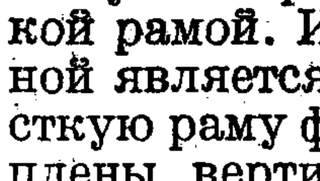
луг в этот период, по преимуществу относятся к злакам, образующим рыхлые кусты, чем и характеризуется эта стадия жизни луга. Когда и эти растения начинают вымирать, то на смену им появляются такие, которые укореняются на поверхности луга, извлекая питательные вещества из отмерших растительных остатков. Эти растения образуют плотные кусты, и при обилии влаги луг покрывается осоками и мхом. В дальнейшем происходит заболачивание луговых угодий. Вследствие такого постепенного уплотнения дернины растительность луга становится все более скудной, и для того, чтобы восстановить потом жизненность дернины, основной мерой является разрушение сплетений корней и корневищ и создание благоприятных условий для проникновения воздуха к корням растений; при улучшении в дернине процессов разложения растительных остатков растение получает более благоприятные условия для своего развития. Обработка луговой дернины для этой цели сводится к нанесению б. или м. глубоких прорезов; поэтому луговые бороны и скарификаторы снабжаются зубьями ножевидной формы. Такая обработка приносит пользу в первых двух стадиях жизни луга, в третьей стадии, к которой относится большинство наших лугов, приходится применять перепашку дернины.

Луговые бороны должны не только расцарапывать дернину, но и счесывать мох с поверхности луга, а также приноравливаться в работе при этих условиях к неровн. поверхности луга. Поэтому луговые бороны делают из отдельных звеньев, подвижно соединенных между собою, и снабжают их двусторонними зубьями: одни зубья служат для выдирания моха, а другие—для разрезания дернины. Типичной луговой бороной является борона Лааке (фиг. 3). Она состоит из треугольных звеньев, которые соединены между собою при помощи особых тройных колец. Звенья эти снабжены тремя двусторонними зубьями: ножевидными, длиной 7 *см*, и четырехгранными, в 4—5 *см*; первые зубья служат для прорезания дернины, вторые зубья—для вырывания моха. Спереди звенья при помощи цепей присоединяются к ваге, а сзади к ним также на цепях присоединяется железный стержень в виде трубки, который волочится по земле; назначение этого стержня состоит в оттягивании заднего ряда звеньев, чем обеспечивается погружение зубьев в дернину и более плавный их ход. К недостаткам бороны можно отнести малый вес звеньев, вследствие чего они при увеличении сопротивления легко выходят из работы, а также быстрое забивание зубьев растительными остатками. Для очистки приходится останавливать работу; по данным испытаний, при проходе бороны системы Лааке в длину на 10 *м* на зубьях в раме ее накопляется растительных остатков от 0,5 до 15 *кг*.



Фиг. 3.

Более успешно очищаются зубья во время работы у звездчатой луговой бороны Флешютца, рабочая часть к-рой—з в е з д о ч к а—имеет 6 ножевидных лопастей (фиг. 4); звездочки эти насажены свободно на стержни, около к-рых они могут вращаться. Борона присоединяется к вальку посредством цепей; для запряжки применяются две цепи разной длины, имеющие общий крюк. Вследствие неравенства длины цепей борона идет несколько боком, что вызывает поворот звездочек в одну сторону и постепенную смену в работе одних ножичков другими; при повороте звездочек с них соскакивают набившиеся остатки. Для изменения характера работы зубьев и в зависимости от степени очистки их от растительности укорачивают или удлиняют одну из цепей. На мокрых лугах эта борона оказывается недостаточно пригодной, так как звездочки заматываются травой и мохом. Степень воздействия бороны Лааке и звездчатой на дернину оценивается 5% выдранного растительного покрова при одном проходе.



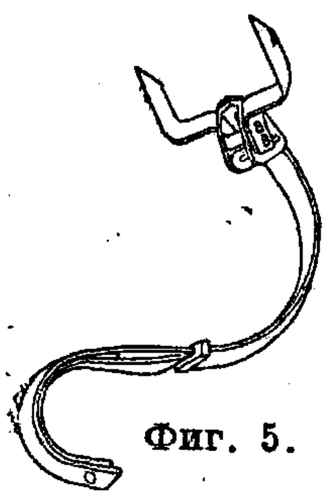
Фиг. 4.

Лучшие результаты дают бороны с жесткой рамой. Из них наиболее распространенной является борона Аураса. Она имеет жесткую раму формы зигзаг, к которой прикреплены вертикально поставленные ножевидные зубья. Эта борона очищается от забивания планками, расположенными около каждого зуба, к-рые шарнирно соединены как с основной рамой, так и с особой рамкой, снабженной ручкой. Ручка эта лежит на основной раме, и к ней присоединяют тягу для запряжки. Если во время хода бороны потянуть за ручку, то верхняя рамка приподнимается, а планки, расположенные около зубьев, проскользнут сверху вниз и очистят последние. При перевозке бороны с места на место она опирается спереди на полозки, а сзади на каточки; борона прикрепляется к двухколесной ваге. По характеру воздействия на дернину работа бороны оценивается 10% выдранного растительного покрова за один проход.

Значительно более сильно действующими орудиями являются с к а р и ф и к а т о р ы, снабженные массивными ножами, укрепляемыми на жесткой или пружинной стойке. Кроме скарификатора системы Венцкого (см. *Культиваторы*) строят много скарификаторов с ординарными или двойными ножами. Пружинный нож в скарификаторе во время работы вибрирует, что способствует его самостоятельной очистке от растительных остатков. Таков например скарификатор Дариус (фиг. 5), ножи которого могут быть установлены под разными углами в зависимости от плотности дернины; он снабжается колесами, перестановкой к-рых регулируется глубина хода.

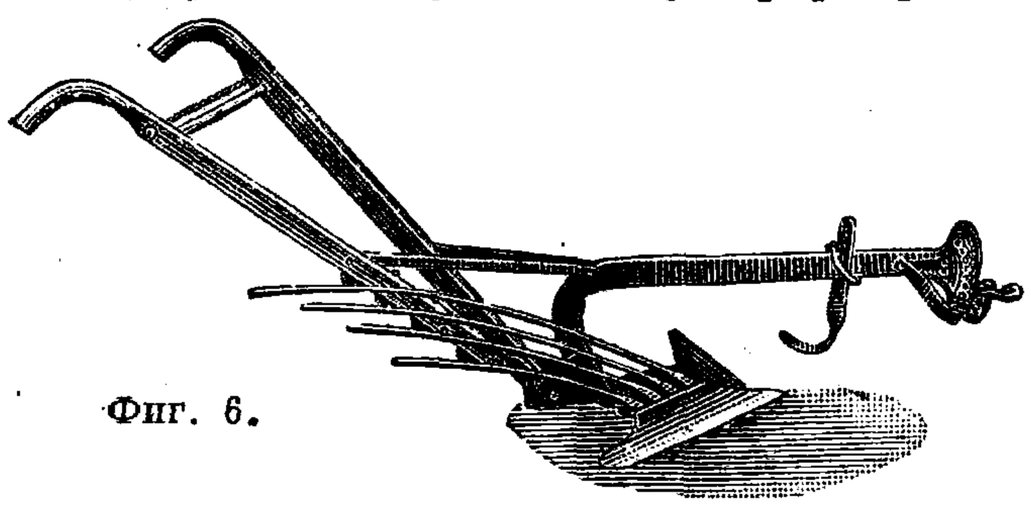
К скарификаторам с жесткими зубьями относятся например франц. скарификаторы, из

к-рых следует указать на скарификатор системы Пильтера. Он состоит из дугообразной рамы, на которой расположены в один ряд изогнутые ножи. Путем перестановки муфты на двухколесном передке и установки при помощи рычага задних колес можно пустить скарификатор на желаемую глубину. Скарификатор этот дает сильные прорезы и вследствие изогнутой формы ножей вытаскивает растительные остатки не забиваясь; эти остатки сначала скользят по ножам кверху, а потом вследствие изогнутой формы рамы собираются все к ее середине перед средними ножами, образуя валик, к-рый по остановке орудия легко отбрасывается в сторону. Скарификаторы при одном проходе вырывают от 25 до 40% растительности.


Фиг. 5.

Все описанные луговые орудия, где рабочей частью является нож в той или иной форме, дают в дернине прорезы, легко спадающие и заплывающие при влажной почве, вследствие чего прекращается доступ воздуха к дернине; поэтому приходится периодически повторять работу. Гораздо лучше воздействуют на дернину бороны и *культиваторы* (см.) с разрезными дисками, вырывающими частицы дернины и образующими небольшие широкие ямки, причем куски дернины отбрасываются в сторону; эти ямки держатся значительно дольше, и потому действие кислорода воздуха получается более сильное и продолжительное. Такого типа дисковые культиваторы строятся обычно с одним рядом дисков для конной тяги и с двойным для трактора. Изменение глубины хода и степени разрезания дернины достигается установкой дисков при помощи рычагов под различными углами к направлению движения.

Когда луг находится уже в третьей стадии своей жизни, то боронование и скарификация мало помогают улучшению жизненности дернины, а потому прибегают к пересозданию дернины путем перепашки, для чего служат *плуги* (см.). Луговые плуги снабжаются полувинтовыми или винтовыми отвалами. Наиболее простыми плугами являются: 1) шведский плуг с коротким винтовым отвалом, оборачивающий и несколько надламывающий пласт; 2) американский луговой плуг прерибрейкер

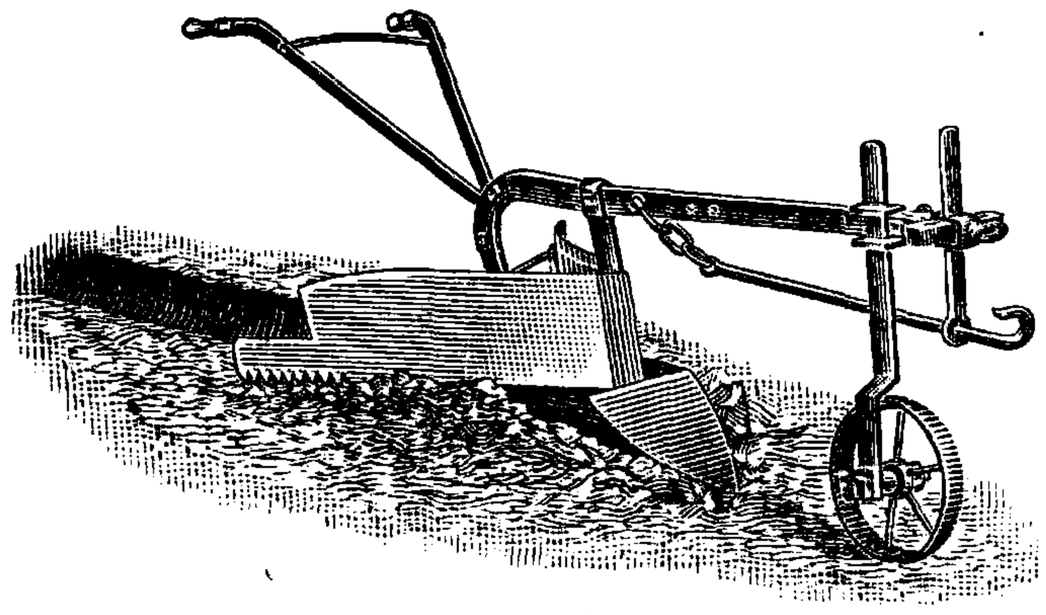

Фиг. 6.

(prairie breaker) с длинным винтовым отвалом, целиком оборачивающим пласт, причем для более совершенного оборота пласта к отвалу часто присоединяется сзади особая перестанавливающаяся пластинка, придавливающая обернутый пласт, чтобы он не вывернулся обратно в борозду. Кроме обыкновенного отвала в Америке получил распространение отвал (фиг. 6) из круглых прутьев (rod breaker); по такому отвалу пласт скользит с меньшим трением. Американские луговые плуги строятся как для конной, так и для тракторной тяги. Немецкие луговые плуги снабжаются полувинтовыми отвалами, вследствие чего они не дают столь полного оборота пласта, как плуги винтовые; для большего обеспечения оборота отвалы снабжаются добавочной пластинкой, которая может переставляться в зависимости от глубины хода плуга.

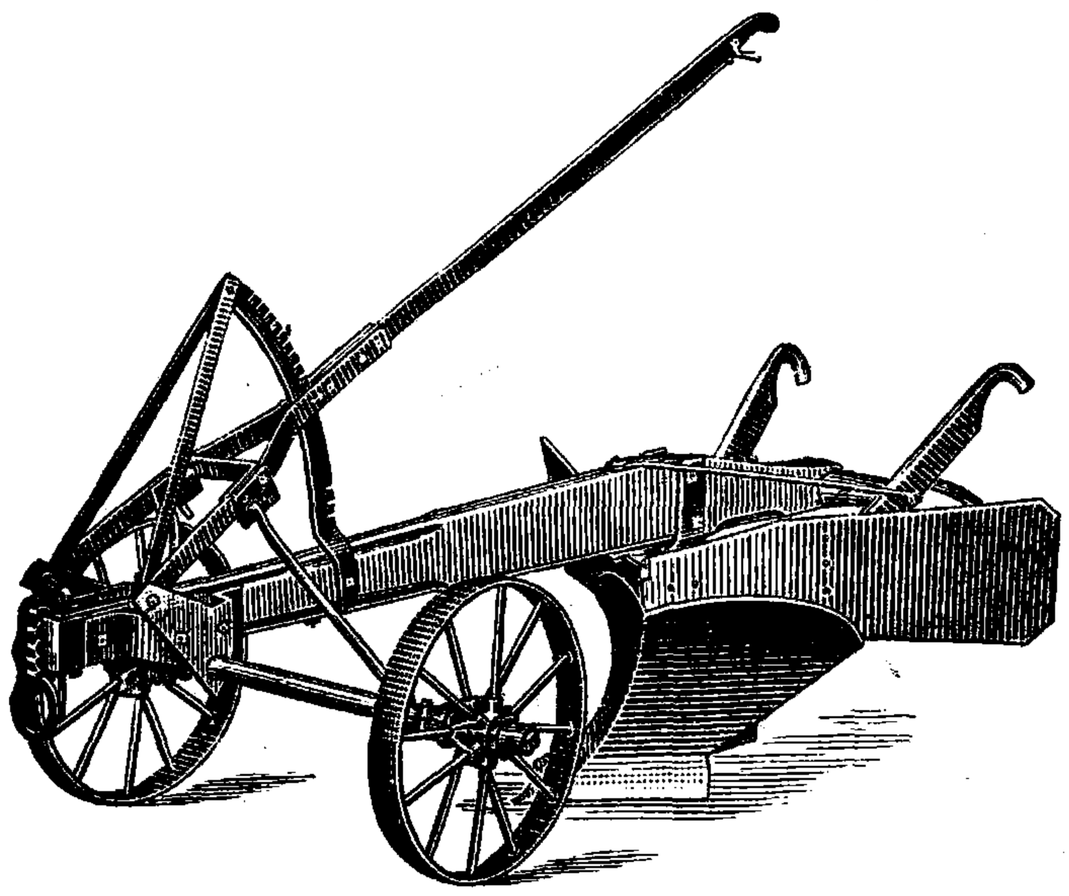
Особенностью луговых плугов конной тяги является необходимость запряжки лошадей сбоку, так как вследствие вязкости почвы лошадь не может итти в борозде. Но при запряжке лошадей с таким расчетом, чтобы обе лошади шли по полю, приходится считаться с тем, что вследствие направления силы тяги слева от центра тяжести получается момент, вращающий плуг в таком направлении, что он будет стремиться повернуться в борозду. Для того чтобы избегнуть такого поворота, необходимо создать момент действия силы, вращающий плуг в обратную сторону; такая сила получается искусственно за счет давления на колеса; вследствие такого давления на колесах при передвижении их в сторону развивается сила трения, которая и создает этот необходимый момент, уравновешивающий момент действующей силы. В немецких передковых плугах, вследствие давления грядиля плуга на колеса, такой момент является естественным, и эти плуги идут достаточно устойчиво с боковой запряжкой; расположение упряжного крюка видно из фиг. 7. В плугах американских такое уравновешивание момента действующей силы достигается за счет большей сравнительно с другими плугами устойчивости плугов, получаемой, с одной стороны, вследствие широкого размера лемеха и отвала (воспринимающего давление связного пласта), а с другой,—длиной подошвы, способствующей образованию большей опорной плоскости для плуга; иногда же к концу грядиля американского плуга присоединяют колеса, способствующие образованию давления на землю.


Фиг. 7.

К луговым орудиям также относятся канавокопатели и дренажные плуги, служащие для проведения осушительных канав или закладки дрен. Примером канавокопателя (фиг. 8) может служить орудие, состоящее из треугольного лемеха, укрепленного на деревянном брусе такой формы, что он, разглаживая дно канавы, дает ей соответствующий профиль; с боков располагаются два крыла, при помощи к-рых земля отбрасывается в сторону и одновременно разравнивается. Примером тракторного канавокопателя служит американский канавокопатель, построенный по типу окучника и снабженный добавочными крыльями для разравнивания выброшенной из канавы



Фиг. 8.



Фиг. 9.

земли (фиг. 9). Дренажных плугов имеется несколько конструкций. См. *Дренажные машины*.

Лит.: Крилль Б. А., Сел.-хоз. машиноведение, ч. 1, М.—Л., 1927; Вейс Ю. А., Выбор орудий для обработки лугов, М., 1918; Барановский Н., Сел.-хоз. машины и орудия, М., 1923; Дебу К. И., Луговые орудия, СПБ, 1912; Иванов В. И., Луговодство, М.—Л., 1929; Strecker W., Die Kultur d. Wiesen, 4 Aufl., B., 1923; Schwarzer H., Landmaschinenkunde, 3 Aufl., B., 1927. **Б. Криль.**

ЛУННЫЙ КАМЕНЬ, см. *Полевой шпат.*

ЛУПА, простой микроскоп, оптический прибор, дающий возможность отчетливо рассматривать предмет, помещенный на расстоянии, меньшем расстояния ясного зрения (250 *мм*), и потому видимый под бо́льшим углом. Л. состоит из одной или нескольких линз, образующих собирательную систему. Предмет помещается между главным фокусом системы и ее первой (от предмета) поверхностью т. о., чтобы увеличенное мнимое изображение предмета было не ближе расстояния ясного зрения от рассматривающего его глаза. См. *Микроскоп*.

ЛУЧ, направление максимального переноса энергии в волне. Для электромагнитной (световой) волны перенос энергии определяется вектором Пойнтинга

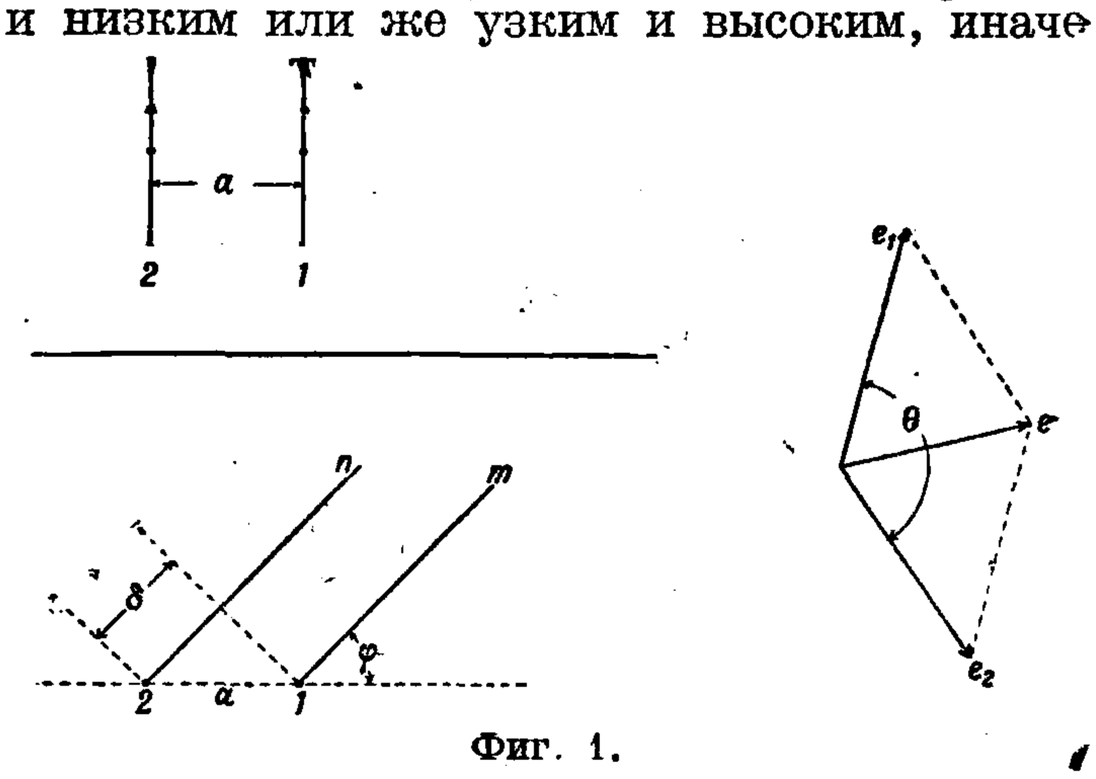
$$S = \frac{c}{4\pi}[EH],$$

где c—скорость волны, а E и H—электрич. и магнитный векторы. В изотропной среде E и H перпендикулярны к нормали волны, поэтому Л. и нормаль идут в одном направлении. В анизотропной среде, например в кристаллах, E перестает быть, вообще говоря, перпендикулярным к волне, и следовательно Л. и нормаль образуют нек-рый угол между собой. Для изотропной среды, хотя бы и с переменным показателем преломления μ, линия Л. может быть определена по принципу Ферма. Если свет идет от нек-рой точки A до точки B, то Л. определится из вариационного соотношения:

$$\delta \int_A^B \mu \, ds = 0,$$

где δ—знак вариации. В теории световых квантов Л. соответствует траектории светового кванта. **С. Вавилов.**

ЛУЧЕВАЯ АНТЕННА, антенна, которая излучает энергию преимущественно в каком-либо одном направлении. Пространство, внутри которого распространяется эта излученная энергия, называется «лучом». Образование луча является следствием интерференции между собою всех колебаний, вызванных в какой-либо точке пространства различными элементами антенны. В одних точках пространства эти колебания взаимно усиливаются, в других—уничтожаются. Задача конструирования Л. а. заключается в таком выборе ее элементов, чтобы точки пространства, где колебания взаимно усиливаются, лежали вблизи от направления, по которому задано передать энергию, и чтобы в точках, находящихся в стороне от этого направления, колебания взаимно уничтожались. В зависимости от целей, для которых сооружается Л. а., лучу можно придать ту или иную «форму», т. е. сделать луч более или менее расходящимся, широким и низким или же узким и высоким, иначе



Фиг. 1.

говоря, направить луч так, чтобы он распространялся главным образом в горизонтальной плоскости или, наоборот, преимущественно в вертикальной плоскости.

Чтобы получить заметный эффект от интерференции, размеры антенны д. б. сравнимы с длиною волны, которую она излучает. Только тогда колебания, вызванные различными ее частями, будут заметно отличаться между собою по фазе. Пусть например два одинаковых вибратора *1* и *2* (фиг. 1), в которых циркулируют синфазные равные токи, частоты ω_0 (длина волны λ_0), находятся друг от друга на расстоянии a *м*. Колебания в некоторой точке O на расстоянии x от первого вибратора будут:

$$e_1 = E \sin \omega (t - t_1), \qquad (1)$$

где t_1—время, затраченное колебаниями на пробег расстояния x; если скорость распространения будет c *м/сек*, то $t_1 = \frac{x}{c}$. Преобразовывая ур-ие (1), получим:

$$e_1 = E \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{t_1}{T}\right) = E \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{cT}\right)$$

или

$$e_1 = E \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right). \qquad (2)$$

Если путь от второго вибратора до той же точки O будет длиннее на нек-рую величину δ, то колебания в ней будут:

$$e_2 = E \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x+\delta}{\lambda}\right).$$

Иначе говоря, фаза между этими двумя колебаниями будет $\theta = 2\pi \frac{\delta}{\lambda}$. Если $\delta = \frac{\lambda}{2}$, то $\theta = 0$ и $e_1 + e_2 = 0$, т. е. колебаний в точке O не будет совсем. Если рассматривать горизонтальную плоскость и взять точку O в направлении под углом φ к плоскости *2-1*, то фаза θ определится след. обр. (при x очень больших по сравнению с a, когда линии *1-m* и *2-n*, идущие от вибраторов в точку O, можно считать параллельными):

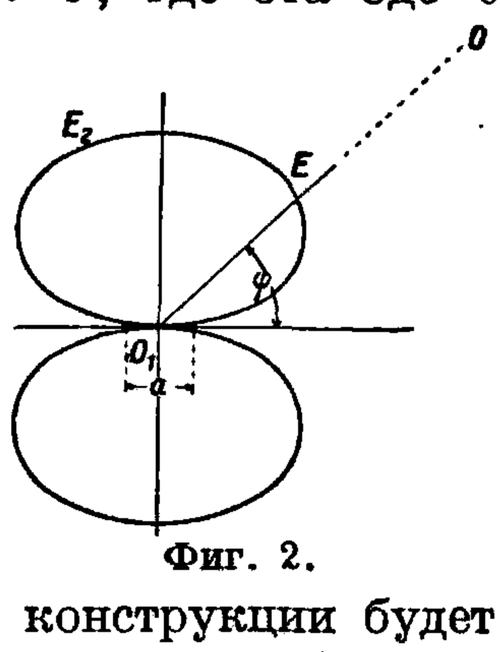
$$\theta = 2\pi \frac{a \cos \varphi}{\lambda}.$$

Взяв вибраторы на расстоянии $a = \frac{\lambda}{2}$, получим $\theta = \pi \cos \varphi$, т. е. в плоскости *1-2*, при $\varphi = 0$, энергия распространяться не будет совсем ($e_1 + e_2 = 0$); максимум излучения будет при $\varphi = 90°$. Приняв за начало координат середину между вибраторами, найдем:

$$e = e_1 + e_2 = 2\left[E \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right] \cdot \cos\left(\pi \frac{\delta}{\lambda}\right) =$$

$$= A \cos\left(\pi \frac{a \cos \varphi}{\lambda}\right. . \qquad (3)$$

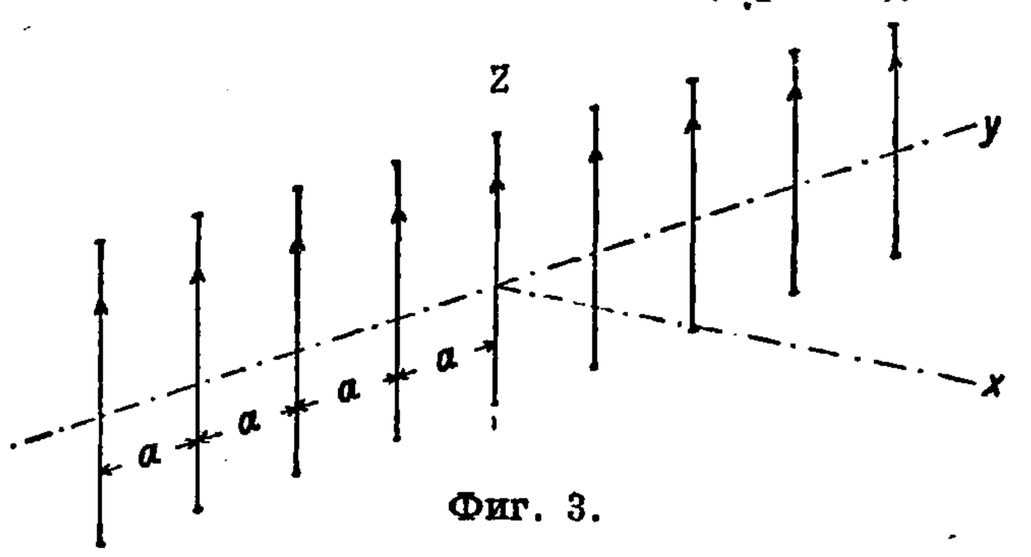
Если сумму $e = e_1 + e_2$ будем откладывать в виде какого-нибудь отрезка вдоль по направлению к той точке O, где эта эдс e действует, то получим отрезок O_1E, конец которого E лежит на кривой O_1EE_2, соответствующей уравнению (3) и называемой диаграммой излучения (фиг. 2). Подобные расчеты можно сделать для любого расположения вибраторов в пространстве.



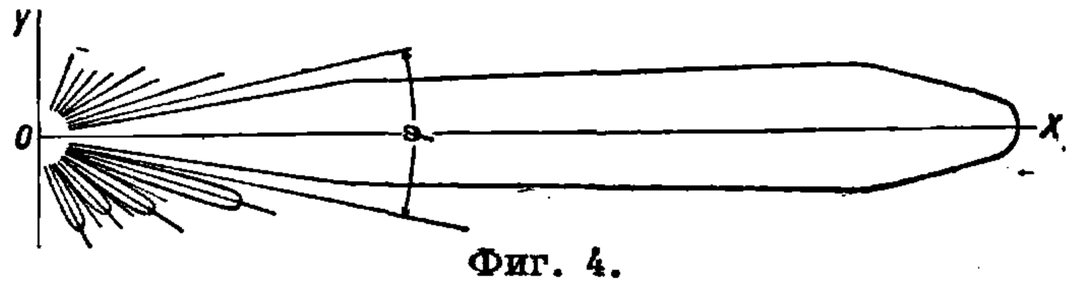
Фиг. 2.

Наиболее простой по конструкции будет сеть из вибраторов, образующих один виток (самоиндукцию), концы к-рого приключены к конденсатору. При большом диаметре такая катушка будет излучать. Явление будет представлять собою аналогичные явления диффракции света. На сферической поверхности, центр которой совпадает с центром витка, зоны максимальной и минимальной эдс будут расположены по кругам широты, а плоскостью экватора будет плоскость витка. Та же аналогия с диффракцией света будет и в других случаях.

Сеть, составленная из вибраторов, параллельных друг другу и колеблющихся синфазно (знакопостоянная сеть, фиг. 3), вполне аналогична плоской диффракционной решетке. На фиг. 4 дана половина диаграммы излучения такой сети (т. н. сеть Франклина). Если сзади такой сети расположить вторую, тождественную первой, то энергия будет излучаться только в одну сторону (в направлении от второй к первой, перпендикулярно к их плоскостям). Вторая сеть называется р е ф л е к т о р о м. Рефлектор не уничтожает боковых лучей. При точном расположении он срезает одну половину диаграммы

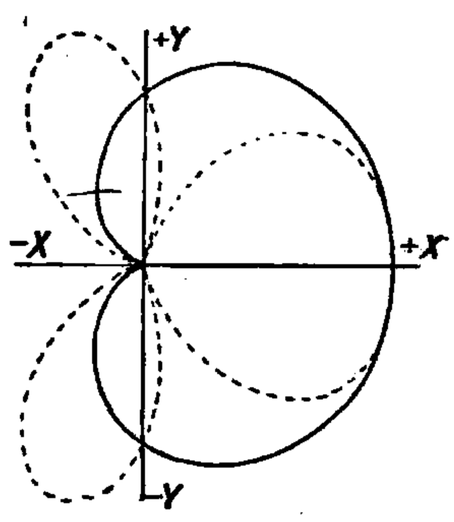


Фиг. 3.



Фиг. 4.

излучения, увеличивая другую вдвое. Роль рефлектора изображена диаграммой фиг. 5 (сплошная линия). Примем расстояние от начала координат до пересечения оси X с диаграммой за 2. Тогда радиус-вектор, взятый по какому-нибудь направлению, укажет, насколько надо уменьшить диаграмму излучения в этом направлении. Мы видим, что только в направлении ($-X$) излучение равно нулю. Значит, рефлектор в совершенстве отражает только центральный (главный) луч и притом лишь при условии достаточно большой узости пучка; боковые же лучи проникают и в сторону отрицательных x-ов. Такой эффект рефлектор будет иметь лишь в том случае, когда расстояние d между ним и сетью и фаза токов Ψ будут правильны и токи равны; например $d = \frac{\lambda}{4}$ и $\Psi = \frac{3\pi}{2}$, что возможно лишь при независимом возбуждении токов в рефлекторе; если $d = \frac{3}{4}\lambda$ и $\Psi = \frac{\pi}{2}$, диаграмма примет вид, показанный пунктирной линией фиг. 5. Если же в установке, фазе и силе токов будут незначительные от-



Фиг. 5.

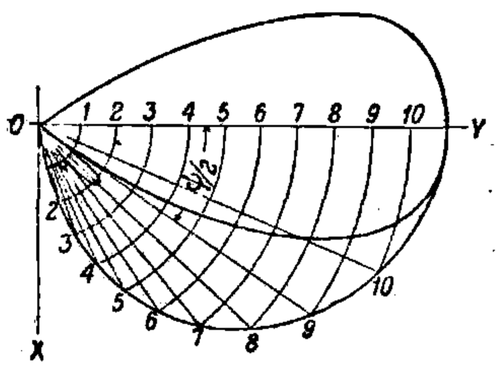
клонения, то сзади рефлектора вновь возникнет луч. Такие неточности возникают, когда рефлектор возбуждается непосредственно первой антенной (индукцией); при расстоянии $d=\frac{\lambda}{4}$ нарушается правильность фазы токов. Сетью по указанной схеме работают Англия с Австралией и Германия с Буэнос-Айресом. Для получения наиболее узкого пучка (луча) следует увеличивать число вертикальных вибраторов, растягивая длину самой сети по горизонтали. Расположение нескольких сетей по вертикали одна над другой (многоэтажная сеть), как применяется у Маркони, не увеличит узости пучка, а увеличит лишь силу поля в основном луче в соответствии со взятым числом вибраторов и вызовет дополнительные боковые лучи в вертикальной плоскости. Увеличивать горизонтальную длину сети полезно, но увеличение расстояния между вибраторами ведет к тому, что при $a>\frac{\lambda}{2}$ будет получаться не один главный луч, а два или более.

Если токи в вибраторах, образующих попрежнему плоскую сеть, будут отличаться по фазе при переходе от одного вибратора к другому всегда на 180°, то получим знакопеременную сеть. Такая сеть излучает энергию в своей плоскости. Диаграмма излучения приведена на фиг. 6, где цифрами вдоль оси OY отмечены вибраторы. Сеть дает широкий и низкий луч. Если через ψ обозначим угол, внутри которого лежит наш пучок, то для знакопостоянной сети при $a=\frac{\lambda}{2}$

$$\sin\frac{\psi}{2}=\frac{2}{N},$$

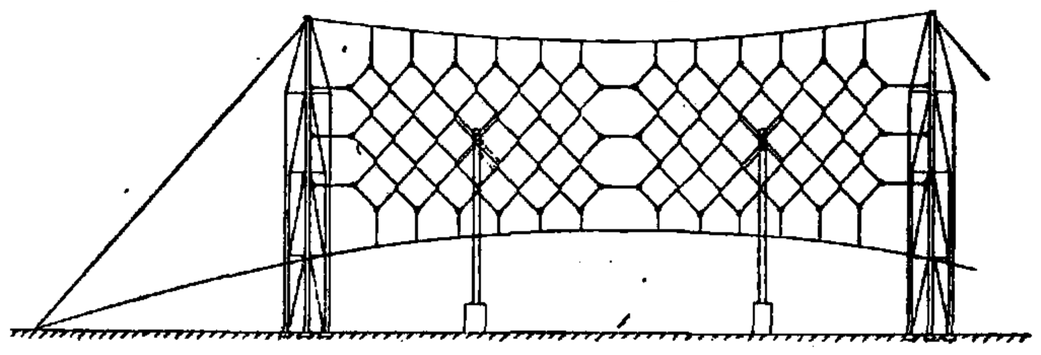
а для знакопеременной $\cos\frac{\psi}{2}=\frac{N-2}{N}$, где N—число вибраторов в сети. Эта сеть, как и первая, дает ряд боковых, более слабых лучей. У обеих сетей лучи, равно отстоящие от главного луча, одинаковы по своей интенсивности. Знакопеременная сеть также допускает устройство рефлектора аналогичной сети, помещенной в той же плоскости. Расстояние между ближними краями обеих сетей должно быть при этом равно нечетному числу $\frac{\lambda}{4}$.

Комбинации двух описанных сетей, выполненные в виде серии различных рамок, могут образовать пространственные сети, дающие различно направленные главные лучи, сопутствуемые всегда бо́льшим или меньшим числом боковых лучей. Как на интересный пример многоэтажной сети, составленной из наклонных вибраторов, следует указать на сеть Ширекс-Мени, применяемую в эксплоатации для работы Франции с Канадой. Действия горизонтальных составляющих токов двух смежных вибраторов компенсируются, как действия взаимно противоположные, тогда как действия вертикальных составляющих взаимно усиливаются. Эта сеть изображена ниже на фиг. 7.



Фиг. 6.

Если сеть составлена из двух вибраторов, причем частота возбуждаемых в них токов будет отличаться на небольшую величину, то фаза токов будет все время периодически меняться. Иначе говоря, если в какой-нибудь момент токи будут одного направления,—сеть будет знакопостоянной; через некоторое время эти токи будут противоположны по фазе, и сеть превратится в знакопеременную. Если сначала сеть излучала в направлении, перпендикулярном своей плоскости, то во второй момент она



Фиг. 7.

будет излучать в направлении, совпадающем с ее плоскостью; иначе говоря, луч будет вращаться в пространстве, он будет описывать полукруги. Главный луч будет раздваиваться, и одна половина пойдет по часовой стрелке, а другая—против. Угловая частота вращения будет равна $\frac{\omega_1-\omega_2}{2}$, где ω_1 и ω_2—угловые частоты токов, питающих вибраторы. При числе вибраторов, большем двух, получим пульсирующие лучи. Вращающиеся лучи получатся лишь в том случае, если фаза будет постоянно изменяться на одну и ту же величину при переходе от одного вибратора к другому.

Отметим наконец свойства некоторых из перечисленных антенн не только распределять энергию в пространстве определенным образом, но и излучать бо́льшую или меньшую ее долю. Сопротивление излучения R_Σ уединенного вибратора, получаемое как

$$R_\Sigma=\frac{P_\Sigma}{I^2}$$

(P_Σ—излучаемая мощность, а I—ток в пучности его), равно $R_\Sigma=72{,}6\ \Omega$. При расположении один вблизи другого вибраторы не могут избегнуть взаимного влияния. Их сопротивление излучения становится неодинаковым, уменьшаясь в среднем (для каждого вибратора) для одной сети и увеличиваясь для другой. Приводимая таблица дает величину этого среднего сопротивления: N—число вибраторов, R—полное сопротивление всей сети и $R_{ср.}$—среднее сопротивление одного вибратора (в Ω).

Знакопостоянная сеть			Знакопеременная сеть		
N	R	$R_{ср.}$	N	R	$R_{ср.}$
2	121,8	60,9	2	171,4	85,7
3	178,5	59,5	3	277 6	92,5
4	231,8	58,0	4	387,2	96,8
5	287,3	57,4	5	499,2	99,8
6	341,4	56,9	6	612,8	102,1
7	395,6	56,5	7	727,2	103,9

Лит.: Татаринов В. В., Исследование сдвига фаз в прямолинейных вибраторе и резонаторе, «ТиТбП», 1925, стр. 534, *5* (*32*); Турлыгин С., О некоторых соотношениях в сложных плоских передающих сетях (Beam System), «Вестник теоретической и эксперим. электротехники», М., 1928, *2*, стр. 69—77;

е г о ж е, Направленное действие сложных передающих антенн как функция их размеров и рабочей длины волны, там же, стр. 343—351, *9*; Т у р л ы г и н С. и П о н о м а р е в М., Сложные передающие антенны «ТиТбП», 1928, *3* (*48*); П и с т о л ь к о р с А., Излучение направленной антенны, там же, 1928, стр. 540—551, *10* (*55*); C h i r e i x H., Nouvelle antenne directive simple pour ondes courtes, «QST», P., 1927, t. 8, *37*, p. 43—46; D e l i n g e r J. H., The Possibilities of Directional Radio Transmission, «Journ. of the Franklin Institution», Philadelphia, 1927, Aug., p. 239—243; U d a S., On the Wireless Beam of Short Electric Waves, «Experimental Wireless a. Wireless Engineer», L., 1927, p. 639; M e i s s n e r A., Richtstrahlung mit horisont. Antennen, «Ztschr. f. Hochfrequenztechnik», B., 1927, B. 30, p. 77—79; P l e n d l H., Berechnung v. Richtstrahlantennen, ibid., p. 80—82; G r e e n E., Calculation of the Polar Curves of Extend Aerial Systems, «Experim. Wireless a. Wireless Engineer», L., 1927, p. 587—594; M e s n y R., Sur l'énergie rayonnée par les réseaux électromagnétiques, «CR», 1927, t. 184, p. 1047—1050; B e r g m a n n L., Messungen im Strahlungsfelde einer in Grund- u. Oberschwingungen erregten stabformigen Antenne, «Ann. d. Phys.», *4*, Folge 1927, v. 82, p. 504—540; B a l l a n t i n e S., Discussion on Radiation Resistance of a Vertical Antenna, «Proc. of the Inst. of Radio Engin.», N. Y., 1927, v. 15, p. 245—247; R o o s O., Discussion on Resistance, of a Straight Vertical Unloaded Antenna Radiating of One of Its Harmonics, ibid., v. 15, May, p. 439—443; B o n t s c h-B r o u e w i t s c h M., Die Strahlung d. komplizierten rechtwinkeligen Antennen mit gleichbeschaffenen Vibratoren, «Annalen der Physik», 1926, v. 81, p. 425—453; T a t a r i n o f f W., Zur Konstruktion d. Radiospiegel, «Ztschr. f. Hochfrequenztechnik», 1926, B. 28, p. 117—120; B o u t h i l l o n L., Optique et radioélectricité, «L'Onde électrique», P., 1926, p. 577; F r a n k l i n C. S., Short Wave Directional W. Telegraphy, «Wireless World a. Radio Review», L., 1922; B a l l a n t i n e S., An Optimum Transmitting Wave Length for a Vertical Antenna over Perfect Earth, «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1924, v. 12, p. 833—841; B a l l a n t i n e S., On the Radiation Resistance of a Simple Vertical Antenna at Wave Lengths below the Fundamental, p. 823—833; H o w e G. W., The Problem of Directive Transmission in Radio Telegraphy, «Electrician», L., 1924, v. 93, p. 662; F l e m i n g J. A., Approximate Theory of the Flot Projector (Franklin) Aerial Used in the Marconi Beam System of Wireless Telegraphy, «Experim. Wireless a. Wireless Engineer», L., 1927, p. 387—392; U d a S., On the Wireless Beam Short El. Waves, ibid., 1928, p. 103, 472, 1201—1219; d'A i l l y G. F., La théorie du rayonnement de la Beam Antenne, «QST», P., 1928, June, p. 14—19; W e l l s N., Beam Wireless Telegraphy, «Electr. Review», L., 1928, May a. June, p. 898—902, 940—943; T o u r l i g h i n S. u. P o n o m a r e f f M., Zusammengesetzte Rahmenantennen, «Ztschr. für techn. Phys.», Lpz., 1928, Jg. 9, p. 357—363; J a g i H., Beam Transmission of Extra Short Waves, «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1928, v. 16, p. 715—741; W a l m s l e y T., Polar Diagrams Due to Plan Aerial Reflected System, «Experim. Wireless a. Wireless Engin.», London, 1928, v. 5, p. 575—577; W i l m o t t e R. a. M c P e t r i e, A Theoretical Investigation of the Phase Relations in Beam System, «Journ. of the Inst. of the Electr. Engin.», L., 1928, v. 66, p. 949—954; W i l m o t t e R. M., General Consideration of the Directivity of Beam System, ibid., p. 955—961; C h i r e i x H., French System of Directional Aerials for Transmission on Short Waves, «Experim. Wireless a. Wireless Engin.», London, 1929, p. 235—244; S t e n z e l H., Über die Richtcharakteristik von in einer Ebene angeordneten Strahlen, «Elektr. Nachrichtentechnik», Berlin, 1929, p. 165—181; P i s t o l k o r s A., The Radiation Resistance of Beam Antenna, «Proc. of the Inst. of Radio Engin.», N. Y., 1927, v. 15, p. 562—579; G r e s k y G., Die Wirkungsweise v. Reflektoren bei kurzen elektrischen Wellen, «Ztschr. f. Hochfrequenztechnik», B., 1928, B. 32, p. 149—162; G o t h e A., Über Drahtreflektoren, «Elektr. Nachrichtentechnik», B., 1928, p. 427—430; B ö h m O., Die Bündelung d. Energie kurzer Wellen, ibid., 1928, p. 413—421; M o s e r W., Versuche über Richtantennen bei kurzen Wellen, «Ztschr. f. Hochfrequenztechnik», 1929, B. 34, p. 19—26; C h i r e i x H., Système français d'aériens-projecteurs pour émission sur ondes courtes, «Bull. de la Société française des électriciens», 1929, Mai, p. 79—96; M e s n y R., Les ondes dirigées et leurs applications, «Revue scientifique», 1929, Oct.; B e c h m a n n R., Berechnung d. Strahlungsdiagramme v. Antennenkombinationen, «Telefunken-Ztg», B., 1929, Dec., p. 54—60. **С. Турлыгин.**

ЛУЧИ КОРПУСКУЛЯРНЫЕ, поток частиц, в отличие от лучей волновых, напр. электромагнитных (см. *Лучи световые*), или звуковых. Однако при таком их определении граница между корпускулами и волнами становится неопределенной. Действительно, распространение волн имеет многие черты, общие с движением корпускул; поэтому Ньютон считал свет потоком корпускул (отсюда и этот термин), Брагг считал γ-лучи (по своей природе сходные с рентгеновыми лучами и светом) корпускулярными. С другой стороны, типичные Л. к., катодные, считались Герцем и Яуманом волновым явлением. Причина такого систематического смешения понятий выяснена современной волновой механикой. Законы движения частиц и законы распространения волн чрезвычайно близки.

Движение частиц происходит так, как это вытекает из распространения и сложения сопровождающих их волн, правда не электромагнитных. Волновые явления, сопровождающие движение материальных частиц, подчинены аналогичным законам, с той существенной разницей, что, следя за перемещением определенной фазы волны (напр. ее нулевого значения или максимума), мы получаем скорости, во столько раз превышающие скорость света, во сколько раз наблюдаемая нами скорость v частицы меньше скорости c света. Длина волны λ этих материальных волн равна (в *см*):

$$\lambda = \frac{h}{mv},$$

где h—универсальная постоянная Планка, равная $6{,}55 \cdot 10^{-27}$ эрг-ск., а m—масса частицы в *г*; для случаев, рассматриваемых в механике, m имеет порядок $1 \div 10^{6}$ *г*; $v = 1 \div 10^{5}$ *см/ск* и следовательно λ получает значения $10^{-27} \div 10^{-37}$ *см*, ничтожные не только по сравнению с телом, но и с его элементами—атомами (10^{-8} *см*), электронами (10^{-13} *см*) и протонами (10^{-16} *см*). Из законов волнового движения следует, что такие волны распространяются совершенно так же, как материальные точки в классической механике. Для движения отдельных атомов с массой порядка 10^{-22} *г* и скоростями 10^{0} *см/ск* λ получается порядка 10^{-9} *см*, и для электронов с массой $\mu = 9 \cdot 10^{-28}$ *г* и скоростью $v = 10^{9}$ *см/ск* λ достигает величины 10^{-8} *см*, т. е. становится сравнимой с размерами атомов и междуатомных расстояний. Поэтому именно здесь и удалось впервые обнаружить волновой характер движения электронов. Девисон показал, что пучок электронов испытывает в кристалле те же явления интерференции, которые всегда по праву считались типичной характеристикой волновых явлений. Штерн обнаружил те же волновые свойства и в движении другой составной части вещества—протона.

С другой стороны, типичные волновые явления, как свет и рентгеновы лучи, во многих отношениях напоминают движение частиц, называемых в этом случае *квантами* (см.). Испускание света в одном месте и поглощение его в другом, сопровождаемое каким-нибудь видимым эффектом, происходит всегда целыми порциями—квантами. Эйнштейн высказал еще в 1905 г. предположение, что эти порции-кванты существуют не только в момент испускания или поглощения, но что самое распространение световых

волн связано с движением квантов. Энергия кванта u и зависит от числа ν колебаний в секунду: $u=h\nu$.

Известно, что световые и звуковые волны можно рассматривать как прямолинейно распространяющиеся лучи, если все тела и отверстия, с которыми мы имеем дело, очень велики по сравнению с длиной волны. Те же самые свет и звук обнаруживают свой волновой характер в явлениях диффракции и интерференции, как только встречаются с объектами, размеры к-рых сравнимы с длиной их волн. Как мы видели, волны, связанные с движением атомов, электронов и протонов, очень малы; поэтому в обычных явлениях механики, имеющей дело с крупными предметами, волновые свойства движения не проявляются. В световых явлениях, и в особенности в распространении радиоволн, волновые явления становятся совершенно очевидными. Однако резкой границы здесь провести нельзя. Можно было бы усматривать отличие Л. к. от волновых в том, что первые являются потоком частиц, обладающих определенной массой, тогда как вторые связаны лишь с переносом энергии. Однако современная физика (теория относительности) видит в массе лишь проявление запаса энергии, не различая их между собою. Всякий запас энергии в u эргов представляет собою массу $m\frac{u}{c^2}$ $г$; здесь c—скорость света, равная $3\cdot10^{10}$ $см/сек$. Если мы хотим провести различие между корпускулярными и волновыми лучами, то можем назвать корпускулярными лучи, переносящие материю (протоны, электроны или системы из них—атомы, молекулы, материальные тела) и сопровождаемые не электромагнитными волнами, а волнами материальными. Так как частицы материи состоят из зарядов, то наряду с материальными волнами всегда происходит и перенос электрическ. (и магнитных) полей. Относя к электромагнитным волнам радио, свет, рентгеновы лучи, γ-лучи радиоактивных веществ и мировую проникающую радиацию, мы разобьем Л. к. на отрицательные (электронные), положительные и нейтральные (атомные и молекулярные).

Электронные лучи. Гитторф впервые наблюдал появление в разрядной трубке выходящего из катода синеватого пучка света. Крукс показал на ряде изящных опытов, что эти катодные лучи ведут себя, как поток частиц более мелких, чем атомы (названных им четвертым состоянием материи), и отклоняемых магнитным полем как отрицательно заряженные частицы. Долго не удавалось однако обнаружить ни переносимого ими заряда ни создаваемого ими магнитного поля. Первое было установлено Перреном в 1905 г., второе—Иоффе в 1911 г. Томсон, изучая отклонение катодных лучей в магнитном и электрическом поле, определил характерную для электронов величину: отношение заряда их ε (измеренного в абсолютной электромагнитной системе) к массе μ в $г$: $\frac{\varepsilon}{\mu}=1{,}76\cdot10^7$. Милликен непосредственно измерил заряд газовых ионов, а Иоффе установил, что и заряд электрона совпадает с ним и равен $4{,}77\cdot10^{-10}$ CGSE$=1{,}59\cdot10^{-20}$ CGSM. Отсюда следует, что масса электрона $\mu=9\cdot10^{-28}$ $г$. Абрагам еще в 1902 г. мог свести эту массу к энергии электрич. поля, создаваемого электроном, и объяснить его инерцию изменением магнитного поля при ускорении электрона. Электромагнитная масса электрона возрастает по мере приближения скорости v электрона к скорости c света. Теория относительности дает зависимость μ от v, справедливую для всякой массы $\mu=\frac{\mu_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, где μ_0—масса при достаточно малой v. Источником электронов в катодной трубке м. б. или а) положительные ионы остаточного газа, ударяющие о металлич. катод и вырывающие из него электроны, или б) нагревание катода до $t°$, при к-рых электроны выбрасываются из поверхности тепловым движением, или в) освещение видимым или ультрафиолетовым светом. Все три вида катодных лучей имеют широкое технич. применение. 1) Рентгеновы трубки, газовые, использующие удар ионов, или трубки Кулиджа с накаливаемым катодом используют катодные лучи при разности потенциалов от 10 до 200 kV для создания в месте их встречи с антикатодом рентгеновых лучей. 2) Ленард впервые выпустил катодные лучи через тонкое алюминиевое окошко в воздух, где они вызывают синеватое свечение и рассеиваются на протяжении нескольких $мм$. Куллиж, создавая катодные лучи в несколько сот kV (300—900 kV), выпускает их через никелевую пластинку в воздух, где они распространяются на многие десятки $см$, производя крайне интенсивные химич., биологич. и световые эффекты. При помощи таких электронных пушек осуществляются технические химич. реакции. 3) Громадную роль в современной технике имеют генераторные, усилительные и выпрямительные пустотные приборы, использующие потоки электронов, по преимуществу вызванных накаливанием катода. 4) Ртутные выпрямители используют удар ионов о катод и достигают громадных мощностей. 5) Фотоэлементы—пустотные приборы, где электроны создаются освещением катода из щелочных металлов натрия, калия, рубидия или цезия светом, служат основой передачи изображений, видения на расстоянии, звукового кино и имеют кроме того разнообразн. применения, например для сортировки сигар по цвету. 6) Катодные осциллографы используют способность катодных лучей отклоняться в электрич. и магнитном поле для записи быстро меняющихся токов или процессов (напр. взрывов).

Другую группу электронных лучей представляют собою β-лучи, испускаемые рядом радиоактивн. элементов (U-X_1, U-X_2, U-Y, Ra, Ra-B, Ra-C, Ra-C′′, Ra-D, Ra-E, Ac, Rd-Ac, Ac-B, Ac-C, Ac-C′′, Ms-Th_1, Ms-Th_2, Rd-Th, Th-B, Th-C, Th-C′′); β-лучи выходят из ядра атома и увеличивают его положительный заряд на единицу. Скорости электронов чрезвычайно близко подходят к скорости света; наибольшую скорость имеют β-лучи, испускаемые Th-C, $2{,}997\cdot10^{10}$ $см/сек$, наименьшую—Th-C и Th-C′′ $\sim0{,}87\cdot10^{10}$ $см/сек$. Проходя через магнитное поле, пучок β-лу-

чей отклоняется тем более, чем меньше его скорость. Если имеются β-лучи различных скоростей, то магнитное поле разлагает их в «спектр» по скоростям. В спектре имеются группы электронов вполне определенных скоростей, например Ra испускает электроны со скоростями $1{,}56 \cdot 10^{10}$ *см/сек* и $2{,}05 \cdot 10^{10}$ *см/сек*. Но с несомненностью установлено, что часто β-лучи имеют всевозможные скорости, лежащие между определенными пределами (сплошной спектр), например Ra-B между $1{,}08 \cdot 10^{10}$ и $2{,}41 \cdot 10^{10}$ *см/сек*. Испускание и спектры β-лучей связаны со спектрами γ-лучей. Обнаруживаются β-лучи по их действию на фотографическую пластинку, по вызываемой ими флуоресценции и по ионизации газа. Когда β-лучи проходят в атмосфере пересыщенного пара, они расщепляют молекулы воздуха на ионы, на каждый из которых оседают капельки, так что каждый прошедший электрон оставляет след из ряда капелек воды (камера Вильсона). Пропуская электронные лучи через газ, находящийся в электрическом поле, немного только не доходящем до пробоя, можно отмечать каждый проходящий электрон по внезапному нарастанию ионизационного тока (счетчик Гейгера). Кроме β-лучей радиоактивные вещества испускают и медленные электроны, называемые δ-лучами.

Положительные лучи. В то время как отрицательные лучи представляют собою почти всегда потоки электронов, в положительных мы должны различать а) положительные ионы (каналовые лучи), б) ядра гелия (α-лучи) и в) протоны (H-лучи). Каналовые лучи получили свое название благодаря тому, что наблюдались впервые Гольдштейном как поток положительных ионов, проходящих сквозь каналы в катоде. В разрядной трубке они светятся красноватым светом, обладают положительным зарядом, который непрерывно теряют и вновь приобретают при столкновениях с молекулами газа. Для изучения их поддерживают в пространстве перед катодом, откуда они выходят, достаточную плотность газа и выкачивают возможно лучше пространство за катодом, куда они проходят сквозь тонкие каналы в металлическом катоде. Каналовые лучи, и в особенности их свечение, были изучены Штарком и В. Вином: первый обнаружил явление Допплера, которое позволяет определить скорость движения каналовых частиц; второй изучил затухание света свободно летящей частицы. Набивши анод смесью соли данного металла с углем и иодом, можно получать потоки положительных ионов (анодные лучи). Большое значение получили α-лучи, выбрасываемые ядрами радиоактивных элементов. Заряд их и атомный номер при этом уменьшаются на 2 единицы; α-лучи вызывают почернение фотографической пластинки, на флуоресцирующем экране каждая α-частица вызывает вспышку свечения (сцинтиляция); вспышки служат для счета α-частиц. В камере Вильсона они оставляют след из капелек воды, осевших на ионах, в счетчике Гейгера дают резкие усиления тока; α-лучи вызывают сильную ионизацию воздуха, теряя при этом свою энергию. Когда энергия падает ниже определенного предела, ионизация, сцинтиляция и фотографич. действие прекращаются. В воздухе α-частицы имеют поэтому вполне определенную легко наблюдаемую длину пробега, зависящую от их начальной скорости. При давлении 760 *мм* и температуре 0° α-лучи Ra имеют напр. пробег 3,21 *см* соответственно начальной скорости $1{,}51 \cdot 10^9$ *см/сек*; Ra-F (полоний)—3,72 *см* соответственно скорости $1{,}59 \cdot 10_9$ *см/сек*; Ra-A—4,48 *см* при скорости $1{,}69 \cdot 10^9$ *см/сек*; Ra-C′ 6,60 *см* при скорости $1{,}922 \cdot 10^9$ *см/сек*. Однако в очень небольшом количестве наблюдаются и α-лучи с пробегом в 11 *см* и 8 *см*. α-частица имеет двойной положительный заряд, однако незадолго до прекращения ионизации она начинает перезаряжаться, то теряя то приобретая 1—2 заряда. Рутерфорд заметил, что быстрые α-частицы при столкновении с ядрами некоторых элементов (с нечетным атомным номером) вырывают из состава ядра атома протоны (H-частицы). Процесс этот можно наблюдать в вильсоновой камере, где след α-частицы раздваивается: кроме отброшенной после столкновения с посторонним ядром в другом направлении α-частицы, вылетает и новая частица с гораздо бо́льшим пробегом, обладающая таким отношением заряда к массе, которое свойственно водородному ядру. Полет вновь возникшей H-частицы можно наблюдать и методом сцинтиляции. Эти опыты впервые осуществили искусственный распад элементов. Положительные лучи играют важную роль в модели атома. Учение о составе ядер элементов из протонов и электронов было обосновано точными измерениями массы различных атомов в потоке положительных лучей (массовый спектрограф Астона, см. *Изотопы*). Пучок положительных ионов проходит здесь через электрическ. и магнитное поле, отклоняясь на разные величины в зависимости от массы иона. Если имеются разные атомы, то и отклонения их различны. Таким путем удалось обнаружить, что хлор с ат. в. 35,47 представляет собой смесь двух изотопов с ат. в. 35 и 37. Ат. в. каждого атома, как выяснилось из измерений, выражается целым числом (за исключением водорода—1,0077).

Нейтральные молекулярные лучи. Их получают обыкновенно испарением вещества в хорошей пустоте. Встретив стенку сосуда, молекулы частью прилипают, частью рассеиваются во все стороны. При охлаждении стенок до нек-рой темп-ры (зависящей впрочем от плотности пучка молекул) рассеяние резко уменьшается, и весь пучок молекул конденсируется на стенке. Чтобы получить резко очерченный пучок молекул или атомов, стенки, на к-рые может попасть пучок, охлаждают жидким воздухом. То место, на к-рое попадает пучок, обнаруживают либо по налету вещества, либо по химич. действию, либо наконец, как это и делает Штерн, по нарастанию давления в закрытой камере со щелью, пропускающей пучок молекул внутрь. Изучение молекулярных лучей позволило измерить как величину тепловых скоростей молекул, так и распределение их по скоростям (закон Максвелла), определить длину свободного пробега молекул газа и измерить ионизационные потенциалы

различных молекул. Особое значение получили опыты Штерна и Герлаха, пропустивших молекулярный пучок через сильное магнитное поле с резким градиентом (вдоль полюса электромагнита, имевшего форму острой призмы). Пучок молекул при этом разбился резко на два пучка. В одном из них магнитные моменты молекул направлены точно по полю, в другом точно против него—в полном согласии с теорией квантов. В атомах с многоквантовыми магнитными электронами имеется соответственно большее число групп. Молекулярные лучи получают все большее значение для изучения молекулярных магнитных и электрических свойств вещества, а также для изучения волнового характера движения материи.

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 5, Берлин, 1923; Семенов Н. Н., Электронные явления, Л., 1928; Эйхенвальд А. А., Электричество, 5 изд., М.—Л., 1928; Thomson J. J., The Passage of Electricity through Gases, Cambridge, 1928; Lenard P., Quantitatives über Kathodenstrahlen, Lpz., 1918; Thomson J. J., Rays of Positive Electricity a. Their Application to Chemical Analysis, L., 1921; Gehrcke E., Die Strahlen der positiven Elektrizität, Lpz., 1909; Handbuch d. Radiologie, hrsg. v. E. Marx, B. 1—6, Lpz., 1916—25. **А. Иоффе.**

ЛУЧИ СВЕТОВЫЕ, различные модификации света. Вещество может отдавать свою энергию в окружающее пустое пространство только двумя способами: 1) в виде *лучей корпускулярных* (см.) или 2) в виде Л. с. Общими необходимыми признаками, объединяющими бесконечное множество видов Л. с. в единое понятие света, являются следующие свойства. 1) В пустом пространстве все виды Л. с. распространяются с одной и той же скоростью $c = 299\,796 \pm 4$ *км/сек.* 2) Все виды Л. с. обнаруживают явления интерференции и дифракции, т. е. соответствуют волновому процессу. Один вид световой радиации отличается от другого длиной волны λ. 3) Все световые волны—поперечные волны, что обнаруживается явлениями поляризации. 4) Природа световых волн—электромагнитная. 5) Энергия Л. с. излучается и поглощается веществом только в виде целых количеств—квантов $h\nu$, где ν—частота световых колебаний и h—универсальная постоянная, равная $6{,}55 \cdot 10^{-27}$ эрг-сек. В связи с этим возникло представление о световых квантах, т. е. центрах, в которых сосредоточена энергия Л. с. при распространении их в пространстве (см. *Кванты*). 6) В отличие от корпускулярных лучей Л. с. не обладают свободным электрическим зарядом или электрическим (а также магнитным) моментом.

Л. с. могут быть разделены по длинам волн на несколько групп (см. ниже таблицу), границы которых весьма неопределенны и не имеют в нек-рых случаях принципиального значения. Относительно источников соответствующих групп Л. с., а также их свойств, см. *Волны электромагнитные, Инфракрасные лучи, Свет видимый, Ультрафиолетовые лучи, Рентгеновские лучи, Гамма-лучи, Космические лучи.* Вопрос о том, являются ли космические лучи световыми или корпускулярными, до сих пор не решен.

Единой теории, объединяющей все приведенные выше свойства света, до сего времени не существует. По современным представлениям природа Л. с. двойственна; при

Таблица видов Л. с.

Название группы	λ	$h\nu$ (эрг)
Искусственные электро-магнитн. волны	∞—0,1 *мм*	0—$2 \cdot 10^{-14}$
Инфракрасные лучи	420—0,76 μ	$4{,}8 \cdot 10^{-15}$—$2{,}63 \cdot 10^{-12}$
Видимые лучи	0,76—0,40 μ	$2{,}63 \cdot 10^{-12}$—$5{,}0 \cdot 10^{-12}$
Ультрафиолетов. лучи	0,40—0,01 μ	$5 \cdot 10^{-12}$—$2 \cdot 10^{-10}$
Рентгеновские лучи	440—0,05 Å	$5 \cdot 10^{-11}$—$4 \cdot 10^{-7}$
γ-лучи	400—7 *X*	$5 \cdot 10^{-8}$—$2{,}9 \cdot 10^{-6}$
Космич. лучи	0,67—0,4 *X*	$3 \cdot 10^{-5}$—$5 \cdot 10^{-5}$

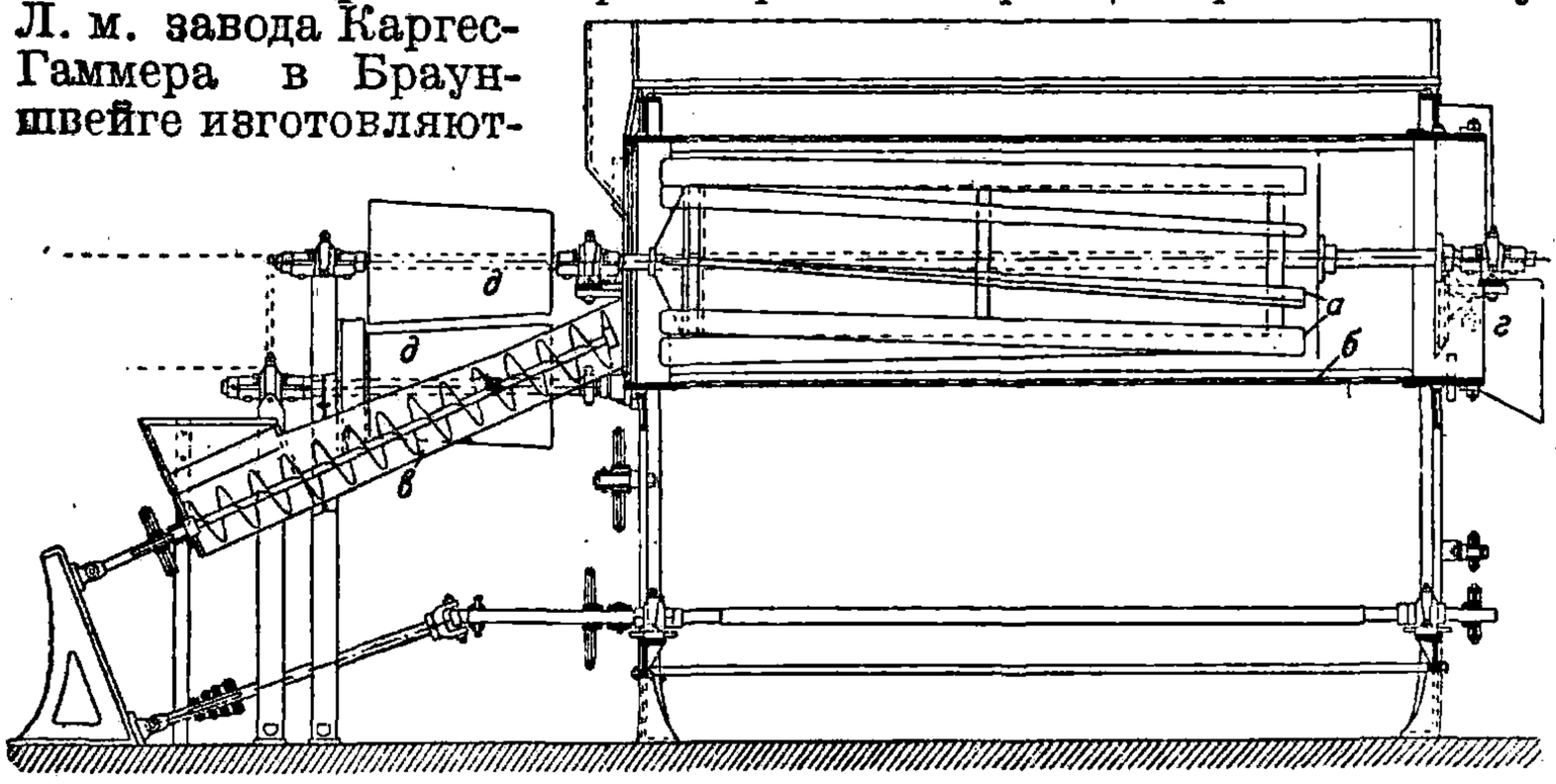
рассмотрении явлений распространения света последний приходится трактовать как непрерывное волновое движение; наоборот, для понимания действий света на вещество свет необходимо считать потоком корпускул-квантов. Столь же двойственна и природа корпускулярных лучей. Необходимо однако отметить принципиальное отличие волн и корпускул электронного и светового потока. В первом случае волны—не электромагнитные, корпускула заряжена, и электрон можно мыслить неподвижным. В случае света волны—электромагнитные, корпускула не заряжена и свет—по существу явление динамическое, т. е. мы не знаем, что такое неподвижная световая корпускула. Астрофизические данные по вопросу об источниках энергии звезд и солнца приводят к предположению о том, что внутри светил должны происходить процессы превращения вещества в свет, т. е. корпускулярных лучей в Л. с.

В процессах производства Л. с. принадлежит сравнительно скромная роль. Причина этого—чисто энергетическая. Мощность светового потока самых сильных земных источников ничтожна в сравнении с обычными резервуарами тепловой механич. и электрич. энергии. С другой стороны, превращение света в иные формы энергии в обычных условиях крайне неэкономично. В то время как солнечный световой поток является основой природных процессов, техника вполне рационально направляет превращения энергии по другим руслам. Техническое значение Л. с. в различных областях (оптотехника, светотехника, фототехника) определяется не их энергией, а другими специфическими свойствами.

Лит.: Глаголева-Аркадьева А. А., Новая шкала электромагнитных волн, «УФН», 1926, т. 6, вып. 3, стр. 216; Эддингтон А., Звезды и атомы, пер. с англ., М.—Л., 1928; De Broglie L., Einführung in d. Wellenmechanik, Lpz., 1929; Eddington A., The Internal Constitution of the Stars, Cambridge, 1926. **С. Вавилов.**

ЛУЩИЛЬНАЯ МАШИНА служит для вылущивания из свежих зеленых гороховых стручков зерен, к-рые употребляют в сушку (сушеный зеленый горошек) и для консервирования в жестяных банках. Л. м. состоит из вращающегося сетчатого цилиндра, внутри к-рого помещается также вращающийся вал с крыльями (билами), причем била во время работы настолько близко подходят к сетчатому барабану, что под влиянием ударов и трения о стенки барабана стручки раскрываются, зерна отделяются и проваливаются через сетку барабана, а

створки стручков идут дальше по барабану и выводятся наружу. В Л. м. устраивают специальное приспособление для очистки сетки от застрявших зерен гороха и сора. Л. м. завода Каргес-Гаммера в Брауншвейге изготовляются пяти размеров с производительностью от 400 до 2 500 *кг/ч*; потребная мощность 1—3 HP; число об/м. 80—135. На фиг. 1 дан разрез Л. м., где *а*—била, *б*—цилиндр-сито, *в* — подводящий шнек, *г* — спуск шелухи (створки) и *д*, *д* — конические ременные шкивы. Место, занимаемое



Фиг. 1.



Фиг. 2.

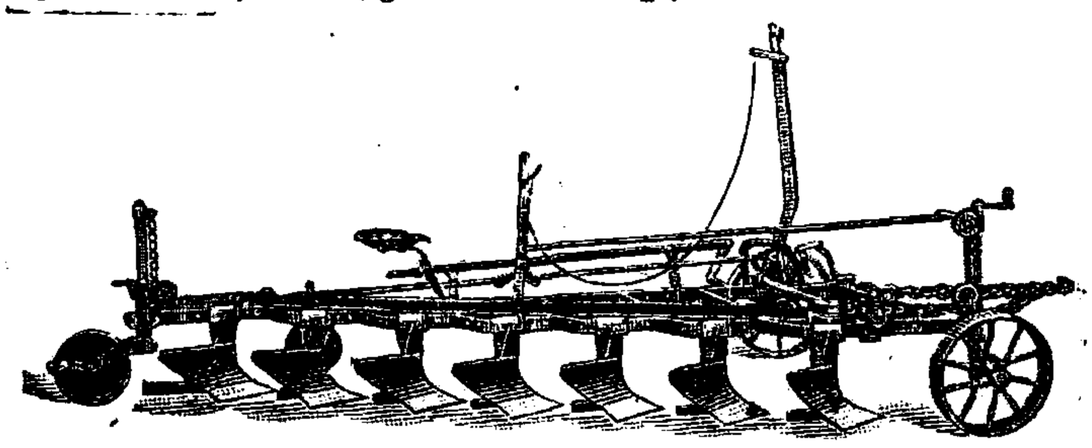
Л. м. в установке консервного завода по переработке гороха, видно на схеме (фиг. 2), где *а*—Л. м., *б*—элеватор, *в*—бланшировальная машина, *г*—машина для охлаждения продукта после бланширования, *д*—сортировочный стол, *е*—машины для наполнения банок и *жс*—машины для заделки консервов (см. *Консервное дело*).

Лит.: Полевицкий Н. И., Консервирование фруктов и овощей, 2 изд., СПБ, 1913; Kotte H., Das Frischhalten von Lebensmitteln, «Z. d. VDI», 1930, B. 75, *4*.

Ф. Церевитинов.

ЛУЩИЛЬНИКИ, орудия для лущения почвы. Лущение почвы—мелкая обработка почвы, производимая при помощи орудий, снабженных отвалами или дисками (четырехлемешник, рандаль и др.), захватывающих слой почвы обычно на 10—12 *см* и ставящих его на ребро. Лущение почвы—один из методов обработки дернины; при помощи его верхняя часть травяного пласта, соединенная корнями трав в одно целое, отрезается от нижней крошащейся части; спустя некоторое время после лущения почвы, производится вспашка на нормальную (25 *см*) глубину. Помимо дернины лущат также жнивье (поле, с которого снят урожай зерновых хлебов), причем лущение почвы производят возможно скорее после уборки хлеба, пока поверхность почвы не утратила того увлажненного состояния (спелость отцепления), которое почва всегда имеет, когда она покрыта густой травянистой растительностью. Лущение жнивья улучшает водный режим почвы, уменьшая ее водоиспаряемость и улучшая поступление в почву воды. С другой стороны, лущение жнивья служит мерой борьбы с сорными травами и с нек-рыми насекомыми вредителями, откладывающими яички на жнивье. После лущения жнивья вопрос о времени вспашки его на полн. глубину теряет в значительн. мере свою остроту и может быть разрешаем, исходя главным образом из организационных соображений. Поэтому лущение жнивья нужно рассматривать как один из приемов с.-х. техники, обязательных при культурном ведении полеводства. Иногда лущением почвы называют также мелкую обработку чистого пара, производимую несколько раз в течение лета в целях уничтожения всходов сорных растений.

Лущильники, употребляемые для лущения почвы, представляют собой многокорпусные плуги, снабженные культурными отвалами, и строятся как для конной, так и для тракторной тяги. Таков например трактор Л., состоящий из двух плужных тележек, соединяемых к трактору посредством особой прицепки; Л. также делают и с 7—8 корпусами на общей раме (см. фиг.). Вместо лущильников иногда применяют буккеры (см. *Сеялка*, *Плуги*), *бороны* (см.) и *культиваторы* (см.) с цельными и разрезными дисками, а также и лапчатые орудия с жесткими лапками (см. *Драпач*) или с пружинными зубьями (см. *Культиватор*). Все же из всех



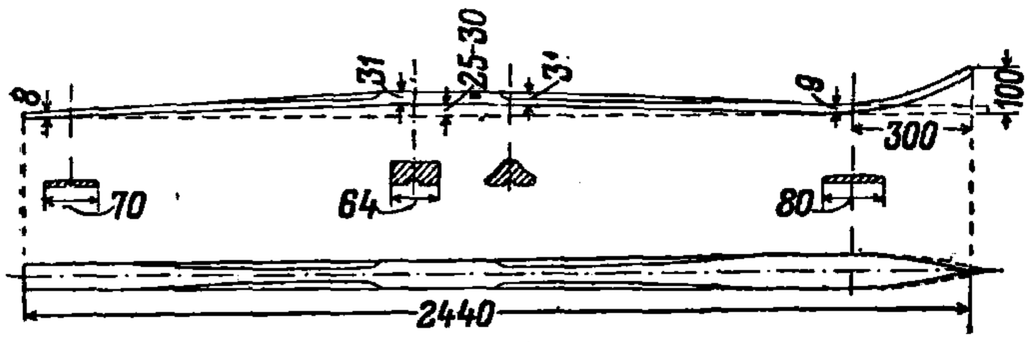
указан. орудий для лущения почвы наиболее совершенными являются Л., производящие разрыхление подрезаемых пластов, что делает излишним дальнейшее ее боронование. У нас в наст. время обращено особое внимание на разработку конструкции тракторн. Л.

Лит.: Вильямс В. Р., Общее земледелие с основами почвоведения, М., 1927; Доярепко А.Г., Избранные работы и статьи, т. 2, ст. Лущение жнивья как очередной лозунг агропропаганды, Москва, 1926; его же, Обработка дернины, «Пути сельского хозяйства», М., 1925, *1—2*, *3*; Krause M., Steigerung d. Ernteerträge durch verbesserte Bodenbearbeitung, Berlin, 1928.

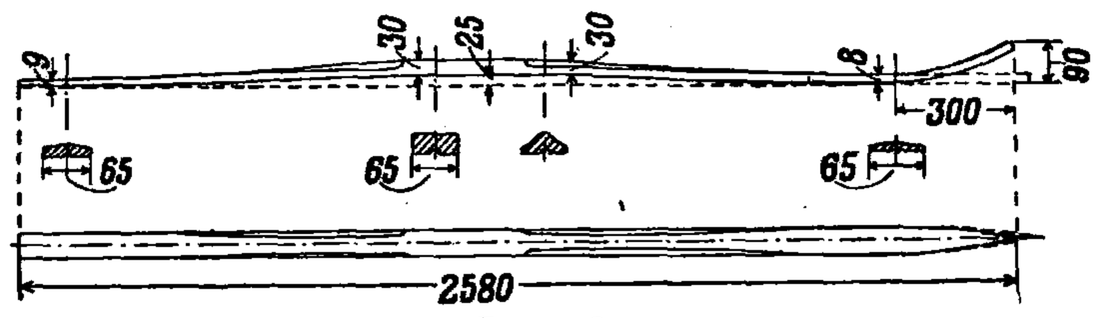
Б. Криль и Н. Соколов.

ЛЫЖИ, приспособление для передвижения по снежному покрову посредством скольжения. Ходьба на Л. быстрее, чем пешком, затрата сил меньше; на Л. можно итти там, где пешеход или ездок не в состоянии передвигаться.

Классификация и характеристика основных типов Л. В зависимости от применения Л. на равнинной местности, пересеченной (холмистой), горной, а также состояния снежного покрова в настоящее время практически выработаны следующие типы Л.: прогулочные, для спорта, беговые Л., горные, охотничьи, лесные и т. д. (фиг. 1, 2, 3, 4 и 5). В простейшем виде Л.



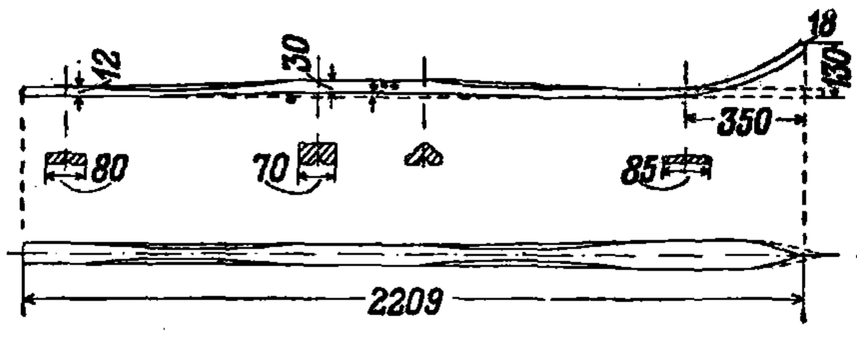
Фиг. 1.



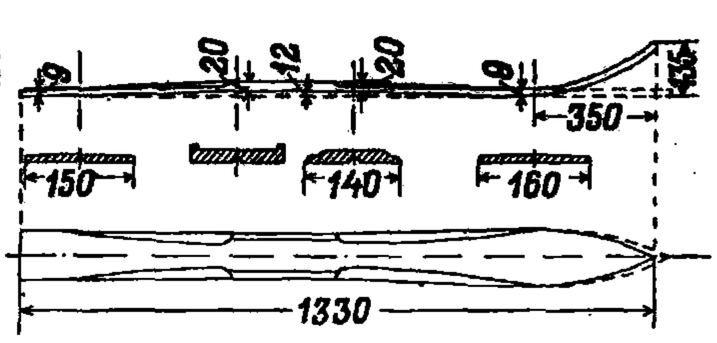
Фиг. 2.

представляет доску, на которую становится человек; доска, распределяя вес человека на площади в 10—15 раз большей площади подошвы ноги, позволяет человеку держаться на снегу при нагрузке в 300—350 *кг/м²*. Но для движения на такой доске необходимо, чтобы она не зарывалась в снег, а шла поверху, для чего у Л. делается передний загиб. Чем лыжа у́же, тем лучше она скользит, но зато короткая и широкая Л. меньше проваливается в снег. Поэтому там, где преобладает снег смерзшийся, плотный, применяются Л. длинные, узкие, а там, где снег рыхлый, мягкий, употребляются лыжи более широкие и короткие. К числу Л. первого рода относятся Л. финские и отчасти норвежские, ко второму—горные и наши русские охотничьи Л.

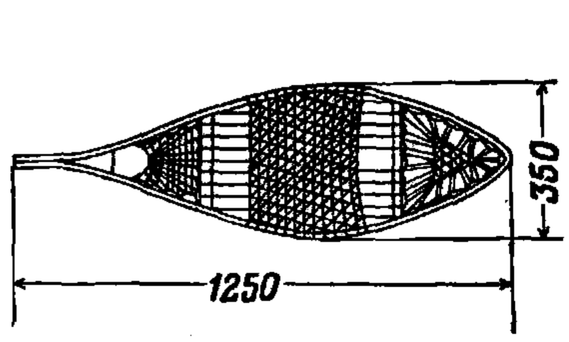
Самым распространенным типом Л., применяемым в настоящее время для спорта, является тип «Муртомаа» (фиг. 1). Л. имеет два изгиба: один впереди, другой в середине, у ноги. Передний конец Л. называется острием, задний—пяткой. Все Л. за исключением охотничьих и ступающих имеют с нижней стороны выемку или желобок, идущий от пятки до переднего конца Л. Из фиг. 1 видно, что в контуре Л. имеется некоторая кривизна, делающая ее по концам шире. Изгиб в середине Л., называемый прогибом, необходим, чтобы избежать изгибания Л. книзу при нагрузке на нее веса тела; высота прогиба не должна превышать 20—25 *мм*, т. к. при увеличении ее выше определенного предела нижняя поверхность, скользящая по снегу, делается слишком выпуклой и начинает замедлять скорость бега, а скольжение сосредоточивается у концов, вместо того чтобы распределяться по всей нижней поверхности. С этой точки зрения прогиб лучше делать с бо́льшим, а не с меньшим радиусом кривизны. Желобок на нижней поверхности Л. делается для придания Л. большей устойчивости и обеспечения их от бокового скольжения. Чтобы при передвижении лыжи не зарывались в снег носом, передний конец Л. должен иметь изгиб высотой в 110—120 *мм*, называемый дугой; изгиб делается постепенным, что придает Л. эластичность и гибкость. Для прикрепления к Л. кожаных ремней в Л., немного позади ц. т., прорезывается отверстие. Л., подвешенная на ремнях, должна отклоняться от ц. т. вперед к носу. Верхнюю поверхность Л. окрашивают в черный, желтый или светлоореховый цвет или сохраняют ее натуральную окраску; нижняя, скользящая, поверхность натирается льняным маслом и воском. Л. типа Муртомаа одинаково применимы для равнинного и горного бега, легко управляемы, хороши для поворотов. Л. типа «Идеал» (фиг. 2) делаются длиной от 2,58 до 2,75 *м*, шириной 60 *мм*. Они хороши для быстрого бега и в особенности по твердому насту или наезженным дорогам. Сравнительно большая длина Л. затрудняет повороты. Употребляются Л. типа «Идеал» главным образом для спортивных пробегов. Горные лыжи типа «Телемаркен» (фиг. 3) короче беговых; они делаются более прочными. Толщина их больше спортивных. Сверху Л. «Телемаркен» делаются гладкими, и форма их отличается от других типов лыж: нос и задний конец расширены, прогиб делается в 15—18 *мм*, нос загибается более сильно вверх. Крепление устраивают особенно прочно и твердо, точка крепления находится за серединой, к концу, что имеет свои выгоды при прыжках и поворотах. Изготовляются горные Л. из ясеня или гикори. Легкость Л. здесь не играет роли; наоборот, более тяжелые Л., понижая общий ц. т. лыжника, делают его более устойчивым, что важно при спусках с гор и особенно при прыжках. Третьим типом Л. являются русские охотничьи Л. (фиг. 4). Короткие и широкие, они лучше обоих предыдущих типов Л. применимы на рыхлом снегу, просты по конструкции; в виду своей ширины они тихоходны; отсутствие желобка на нижней поверхности делает их вертлявыми, а отсутствие прогиба вызывает выгибание их вниз, несмотря на закрайки по сторонам Л. Шведские и фин-



Фиг. 3.



Фиг. 4.

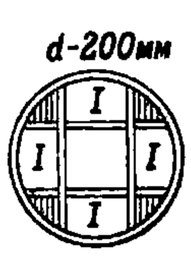


Фиг. 5.

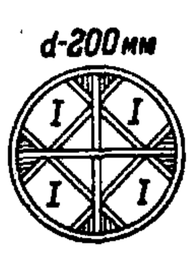
ские Л. являются промежуточными между беговыми и горными, ближе подходя к типу Муртомаа. В северной области СССР встречаются подбитые мехом Л. самоедские. Такие лыжи хорошо скользят в направлении волоса, но очень плохо в обратном, почему на них легко подниматься в гору, однако по ровному месту они идут хуже обыкновенных Л., чувствительны к сырости и требуют большого ухода за собой. Своеобразную конструкцию представляют канадские лыжи-ракеты (фиг. 5). Такие Л. состоят из крепкой ясеневой рамки, согнутой петлей с хвостом назади, наподобие ракеты для тенниса. Средина петли заполняется переплетом из ремней; на этот переплет и ставится нога. Такие Л. по снегу не скользят и на них приходится ступать обычным шагом; применяются такие Л. также и летом для ходьбы по болотам.

Производство Л. Напряжения, которым подвержена Л. при ходьбе и прыжках с гор, а также необходимость точного сохранения формы предъявляют к производству Л. особые требования, к-рые должны гарантировать: 1) достаточную прочность, 2) неизменяемость формы, 3) точность обработки. Лесные материалы, применяемые для производства Л., должны обладать твердостью, гибкостью, прочностью, легкостью и давать врем. сопротивление на изгиб $\geqslant 700$ *кг/см²* и на сжатие $\geqslant 400$ *кг/см²*. Необходимо также, чтобы дерево было однородно по строению, не имело сучков, трещин и мягких слоев, изнашивающихся обыкновенно быстрее, чем остальная древесина. Наиболее широкое применение для производства Л. имеют береза, ясень, гикори, реже применяются клен, дуб, сосна и ольха.

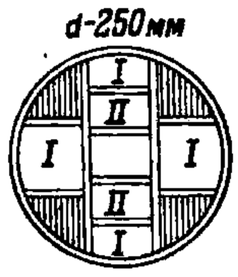
Наилучшей частью дерева для изготовления Л. является наружная, оболонная, часть ствола, ближе расположенная к коре. Основным сырьем для лыжного производства в СССР служит береза, наиболее удовлетворяющая указанным выше требованиям. Береза берется в возрасте в пределах от 60 до 100 лет. Кряжи менее 200 *мм* в верхнем отрубе в дело употреблять не рекомендуется. Заготовка кряжей должна производиться осенью или зимой путем выборочной рубки. При



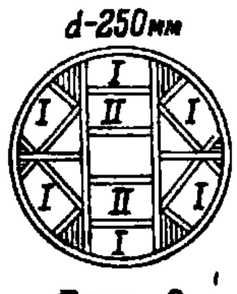
Фиг. 6.



Фиг. 7.



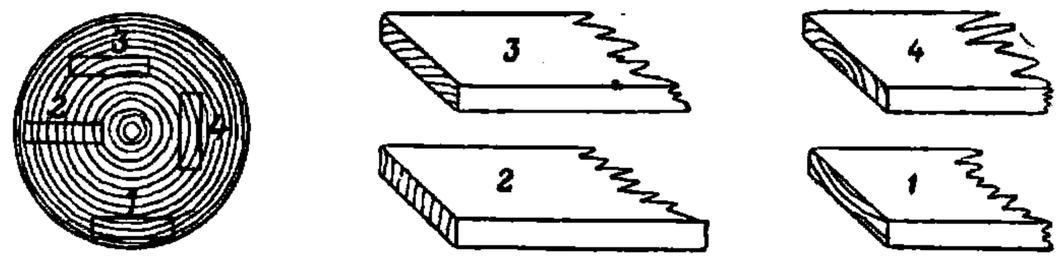
Фиг. 8.



Фиг. 9.

осенней и зимней рубке сырье не подвергается опасности загнивания и растрескивания, т. к. срубленная в этот сезон древесина имеет наименьшую влажность. Хранить березовые кряжи в коре более 4 месяцев не рекомендуется вследствие способности березы быстро загнивать, но если требуется длительное хранение, то кряжи д. б. окорены.

Распиловку кряжей на лыжную болванку можно производить на ленточных пилах, лесопильных рамах и циркулярных пилах. Различают два вида распиловки: тангенциальную и радиальную. Первая получается в том случае, когда пропил производится по хорде, а вторая—когда он производится по радиусу. На фиг. 6—9 показано несколько примеров распиловки кряжей на лыжные болванки (фиг. 6 и 8—тангенциальная; фиг. 7 и 9—радиальная). Радиальная распиловка обходится несколько дороже тангенциальной, т. к. при последнем способе распиловки кроме брусков 1-го сорта можно получить бруски 2-го сорта и т. о. использовать отход. При распиловке кряжей на лыжные болванки необходимо иметь в виду правильное расположение годичных слоев в выпиливаемых брусках (фиг. 10). Расположение годичных колец в бруске *1*, горизонтальное, и



Фиг. 10.

следовательно изготовленная из него Л. обладает большей эластичностью в направлении действия нагрузки, дает значительный прогиб и обладает более легким скольжением. Расположение годичных слоев в бруске *2* делает Л. жесткой и с более трудным скольжением, а также быстро изнашиваемой. Расположение слоев в бруске *3* делает Л. менее эластичной и предрасполагает Л. к изменению формы (короблению). Брусок *4* выпилен из кряжа небольшого диам. или же из сердцевинной части кряжа (2-го сорта). Лыжа, сделанная из такого бруска, хрупка, впитывает влагу, быстро изнашивается, легко изменяет свою форму и имеет большое количество сучков. В случае идеально правильной распиловки кряжа слои дерева должны бы проходить по всей рабочей поверхности Л. в виде параллельных линий. При правильной распиловке плоскость распила проходит по будущей рабочей поверхности Л. и должна быть касательной к годичным кольцам, не перерезая других годичных слоев. Выбор древесины ясеневых кряжей и их распиловка производятся с учетом тех же факторов, что и у березы. Из березы изготовляются Л. для спорта, из ясеня и гикори изготовляются гл. обр. горные Л.

В настоящее время существуют два метода обработки лыжной болванки. Эти методы разнятся между собою по способу получения весового прогиба Л. В одном из них практикуется получение прогиба естественным путем, в другом—искусственным, употребляя для этой цели загибку на с у л а г а х или горячих прессах. В первом случае ведется обработка уже изогнутого бруска, во втором—прямого бруска и уже после придания ему основных размеров производятся гнутие и дальнейшая обработка. Получение прогиба естественным путем основано на разности внутренних напряжений в древесине со стороны оболонной и сердцевинной частей ствола. Выпиленная из кряжа болванка уже получает прогиб, б. или м. соответствующий весовому прогибу Л. Снятие сердцевинной части еще более увеличивает этот прогиб, так как уменьшается сопротивление бруска изгибу. Окоренные болванки укладываются в штабеля с прокладками.

Для изготовления Л. отборного качества, имеющих абсолютную точность прогиба, применяют способ зажима брусков попарно железными скобами, причем между брусками вкладываются одна или две распорки. Оба бруска берутся из одного и того же кряжа и № и в дальнейшем проходят всю обработку попарно. Скобы через 3—4 месяца снимают и бруски хранят обычным порядком. Хранение болванок в штабелях продолжается один год. Штабеля на осень прикрывают, а остальное время года держат открытыми. По истечении года болванки пускают в производство.

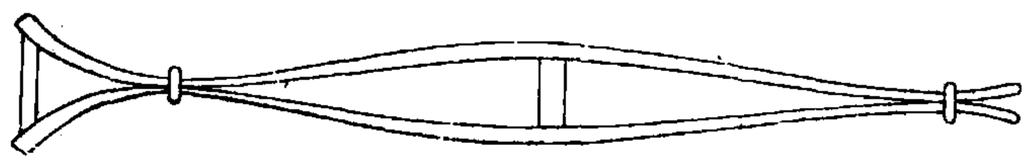
Порядок производственного процесса лыж типа Муртомаа по первому методу следующий: 1) торцовка носовой части; 2) фуговка подошвы по кривой поверхности и грубая строжка верха болванки на фуганочном станке; 3) строжка носка на фуганочном станке; 4) пропарка носовой части Л. в течение 3 ч.; 5) загибка носка на колодке попарно; 6) сушка болванок лыж в сушильной камере в течение семи дней; 7) вторичная строжка полоза Л.; 8) фуговка кромок; 9) выборка боковых и верхних частей на фрезерном станке; 10) сортировка лыжных болванок; 11—13) ручная обработка скользящей поверхности, строжка в размер и разметка; 14) фрезеровка желобка; 15) долбление на станке отверстия для ремня; 16) зачистка и шкурение верха; 17) пропитка Л. чистой смолой; 18) лакировка Л.: грунтовка, шпаклевка, затирка, покрытие масляным лаком два раза; 19) сортировка по сортам; 20) упаковка по 5 пар в пачку.

При втором методе производства лыжные болванки выдерживают в штабелях 3—4 месяца и затем пускают в производство без предварительной сушки в следующем порядке: 1) фуговка пласта и кромок бруска; 2) торцовка бруска по размеру Л.; 3) опиловка на циркулярной пиле; 4) разметка по боковому шаблону; 5) опиловка по боковому шаблону на ленточной пиле; 6) распарка в парильной камере в течение 30—40 м.; 7) загибка на сулагах по 5 пар в один прием; 8) сушка в сушилке в течение 5—6 дней, при 45—70° и при влажности воздуха 70—35% (конечная влажность древесины Л. 16—12%); 9) проверка полоза Л. на фуганке (или вручную) после загибки; 10) опиловка Л. по ширине на циркулярной пиле; 11) фрезеровка желобка; 12) фрезеровка по боковому шаблону; 13) фрезеровка по общему шаблону; 14) долбление отверстия для ремня; 15) фрезеровка пятки; 16) подборка Л. по высоте весового прогиба и разметка носка и задника; 17) зачистка Л.; 18) пропитка Л. смолой в ванне при 70° в течение 30—40 м.; 19) сушка Л.—16 ч.; 20) лакировка Л.; 21) подборка и упаковка Л.

Первый метод производства отвечает всем требованиям, предъявляемым техникой ходьбы и бега на Л.; второй, не удовлетворяя им полностью, дает возможность в большой степени механизировать рабочие процессы, что значительно удешевляет производство. На производство одной пары Л. затрачивается 37 м. станочного времени, 1 ч. 7 м. квалифицированного труда рабочего и 1 ч. 43 м. подсобного, всего—3 ч. 27 м. Весь технологический процесс с момента подачи болванок в деревообделочную мастерскую и до сдачи готовых Л. на склад длится 15—20 дней. Метод производства горных Л. ничем не отличается от производства беговых Л.; горные Л. не смолят, а пропитывают обычно олифой.

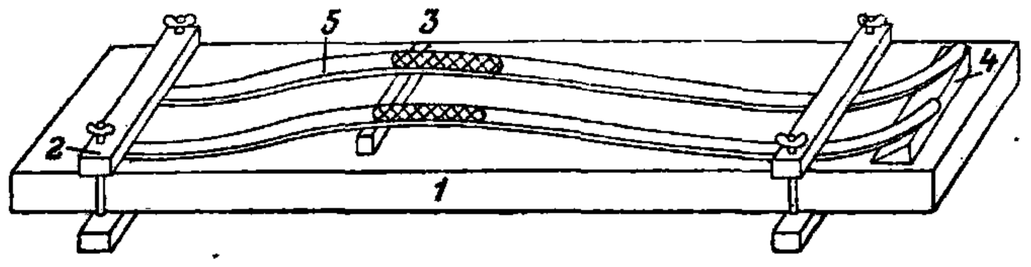
Помимо изготовления Л. из целой болванки одной древесины за последнее время стали изготовлять Л., клееные из нескольких слоев дерева. Обыкновенно на полоз пускают более твердую породу—ясень, гикори, клен; верхний слой делают из липы, сосны, тополя и т. д. Заготовленные отдельные планки материала склеивают на специальных шаблонах. Клей обыкновенно применяют казеиновый с врем. сопротивлением на разрыв в 120—140 *кг/см²*. В дальнейшем обработка идет так же, как беговых Л. Клееные Л. немного тяжелее обыкновенных, менее гибки, но зато хорошо сохраняют свою форму и прочны.

Эксплоатация Л. Особенно большое внимание должно быть уделено уходу за Л. в смысле сохранения и придания большой скользкости нижней рабочей поверхности. В целях предохранения применяется пропитка древесины в горячем состоянии смолой или дегтем пополам с парафином. Для пропитки Л. кладут скользящей поверхностью вверх, разогревают паяльной лампой и протирают тряпкой. На разогретую Л. наносят жирный слой дегтя с парафином, после чего снова прогревают лампой. По мере впитывания наносят смесь 3—4 раза, пока Л. не перестанут больше впитывать. Такое пропитывание Л. регулярно проделывается перед началом сезона и 1—2 раза в течение



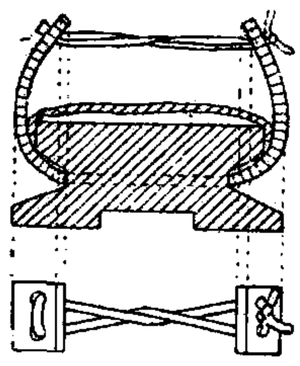
Фиг. 11.

зимы. Для того чтобы лыжы лучше скользили, их нижнюю поверхность натирают или намазывают мазью. Состав этих мазей изменяется в зависимости от состояния снега и $t°$ воздуха; в основе мази имеют воск, парафин, деготь, льняное масло. Помимо пропитывания лыж надо следить за сохранением правильности формы лыж и в особенности прогиба и загиба. В период хранения Л. надо держать в распорках (фиг. 11). Для выправления прогиба и загиба Л. применяется специальный станок (фиг. 12), где *1*—основная доска, *2*—планки зажимов, *3*—брусок, *4*—брусок для загиба передних концов Л., *5*—лыжа. Хранить Л. следует по возможности в холодном помещении, стоя, загиб должен быть вверху. В летнее время Л. должны быть поставлены в распорки или в стойки; помещение для хранения д. б. сухим и хорошо вентилироваться.



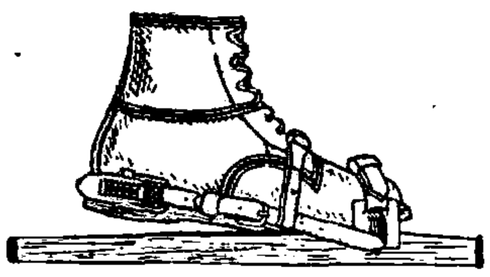
Фиг. 12.

Устройство ножных ремней. Самый распространенный способ прикрепления Л. к ноге—носковой, при помощи одних носковых ремней. Этот способ принят на беговых и прогулочных лыжах, когда нога обута в пьексы (фиг. 13). При беге в горах на Л. «Телемарк», когда ноги обуты в ботинки или в валенки, необходимо применять пяточный ремень. Из многочисленных способов прикрепления Л. к ноге, применяемых на Западе, наиболее пригодными являются способы Витфельда (Huitfeld) и Гагена (Hagen), принятые в Скандинавии. Первый заключается в том, что носки ног плотно обхватываются ремнем, к-рый в свою оче-

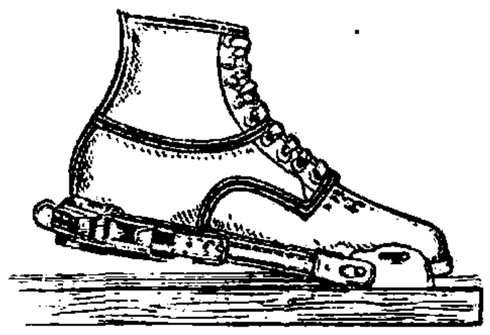


Фиг. 13.

редь прикрепляется к особым петлям, набитым на Л.; ремнем же укрепляются пятка и подъем ноги (фиг. 13а). По системе Гагена к Л. привинчиваются металлич. пластинки с загнутыми бортами, к которым прикреплены каблучные ремни. Установку пластинок можно регулировать в зависимости от ширины носка сапога (фиг. 13б). Площадку на Л.



Фиг. 13а.



Фиг. 13б.

под ногами обивают резиной, оставляя между поверхностью Л. и резиной воздушную прослойку. Под действием тяжести резина плотно соприкасается с Л., но при поднимании ступни резина, в силу своей упругости, принимает первоначальное положение и сбрасывает весь попавший на нее снег. Это имеет большое значение в лыжном спорте для сохранения равновесия, устойчивости и управления Л.

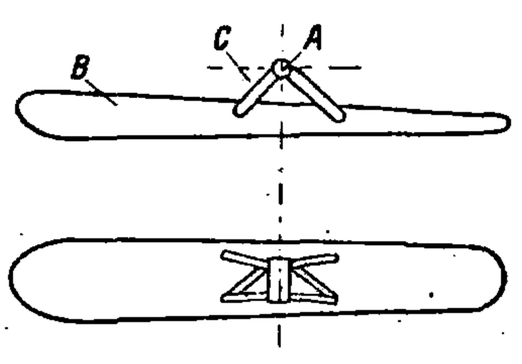
Лыжные палки. Служат для ускорения бега, торможения при спуске с гор и помощи при подъемах; они выделываются из березы, ели, сосны, ясеня, ореха, бамбука.

Применение Л. В народном хозяйстве лыжи имеют следующее применение: в охотничьем промысле, при лесоразработках, очистке ж.-д. путей, ремонте воздушной сети высокого напряжения, телеграфных и телефонных проводов, в почтовом деле и т. д. В Красной армии Л. применяются в службе пограничной охраны, а также в строевых соединениях с пулеметными установками на Л. (перевозимыми на собаках). Особенно широкое применение лыжи имеют в зимнем спорте. По данным ВСФК в 1928/29 г. всеми ф-ками в СССР выработано было 300 000 пар Л., не считая кустарных. Потребность на 1932/33 г. исчислена в 1 млн. пар.

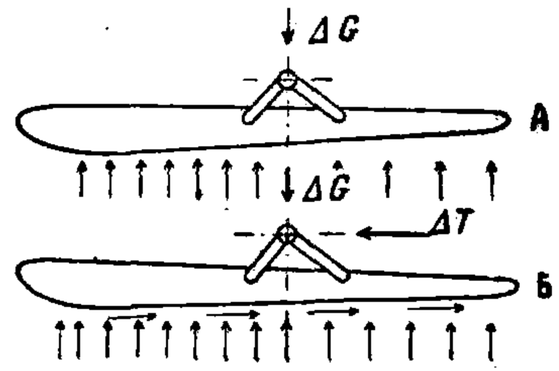
Лит.: Лыжное дело, Сб. статей В. Борткевича и др., М., 1925; Васильев Н. М. и др., Руководство по лыжному спорту, М., 1925; Собецкий М. и Правдолюбов С., Зимний спорт, Л., 1925. **И. Шадский.**

Л. авиационные—приспособление, устанавливаемое взамен колес на шасси аэроплана для взлета со снежной поверхности и посадки на нее. На фиг. 14 дан общий вид Л. Основными частями Л. являются: втулка *A*, при помощи которой Л. свободно надевается на ось шасси аэроплана, *B*—тело Л., нижняя поверхность которого является полозом Л., и *C*—кабан (козелок), связывающий втулку *A* с телом Л. (или полозом непосредственно). Л. должна удовлетворять наилучшим образом следующим основным условиям: 1) Л. не должна зарываться на стоянке и при движении аэроплана по снежной поверхности и должна оказывать возможно меньшее сопротивление движению; 2) лобовое сопротивление Л. должно быть наименьшим; 3) Л. должна иметь достаточную прочность при нормальных условиях эксплоатации. Первому условию подчинена форма полоза, размеры его и положение основных частей Л., второму—форма основных частей и третьему—выбор размеров всех деталей.

Удовлетворяя условию, чтобы Л. не уходила глубоко в снег на стоянке, назначают величину удельной нагрузки p на рабочую часть полоза Л. в пределах, установленных практикой эксплоатации: от 670 (глубокий, рыхлый снег) до 1 000 *кг/м²*. Рабочую поверхность F полоза (за которую принимают поверхность полоза до высоты загиба передней части в 4 *см*) получают из ф-лы $F=\frac{\Delta G}{p}$, где ΔG—доля общего веса аэроплана, приходящегося на одну Л. на стоянке. Чтобы Л. не зарывалась при движении и сопротивление было меньше, носовую часть полоза загибают. Практикой установлено требование, чтобы высота загиба была не менее 10 *см*. Поперечное сечение полоза Л. в тех же целях, имея в виду развороты и посадку со сносом, выполняют иногда овальным, или же полоз делают с закругленными бортами; однако это ведет к более быстрому снашиванию средней части полоза, и поэтому чаще имеют место конструкции с плоским полозом и лишь слегка закругленными бортами. Уменьшение величины сопротивления движению по снежному покрову достигается увеличением до известных пределов отношения длины полоза l к ширине d. Но с ростом этого отношения увеличивается вес конструкции (налагаются условия прочности); кроме того габарит частей аэроплана часто не дает возможности получить полоз с более выгодным отношением $l : d$ (лыжа не должна при вращении вокруг оси задевать за крыло, попадать в плоскость вращения винта и т. д.). Практически отношение $l : d$ заключается в пределах от 4 до 6. Наконец то же условие требует определенного расположения основных частей Л. Целесообразно для движения без зарыва носом в снег давать расположение основных частей Л. таким, чтобы при стоянке хвостовая часть лыжи уходила несколько глубже в снег, чем носовая, а при движении Л. шла горизонтально или же с небольшим подъемом носовой части. Это достигается тем, что втулку Л. относят назад. На фиг. 15, А показана схема распределения нагрузки на полоз при стоянке. Условия равновесия требуют большего удельного давления на хвостовой части полоза, и следовательно последняя глубже уходит в снег. Иногда для получения того же эффекта делают полоз шире в носовой части, чем в хвостовой (фиг. 14). На фиг. 15, Б показана



Фиг. 14.

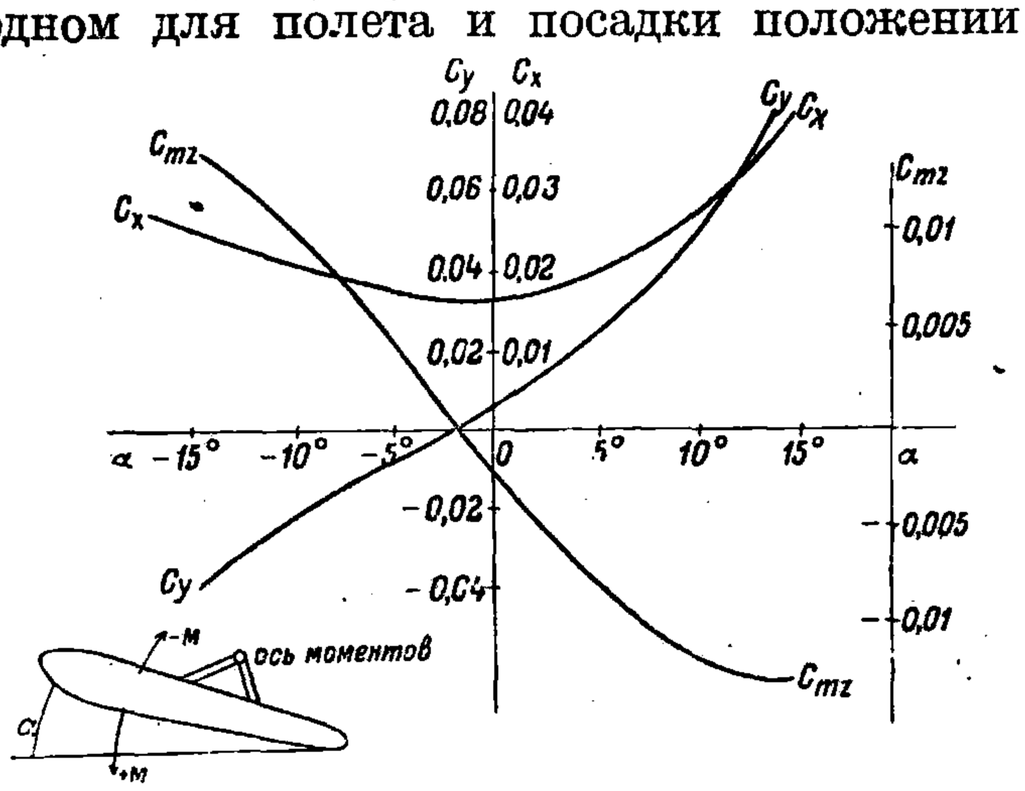


Фиг. 15.

схема распределения нагрузки при движении Л. по снегу. Условия равновесия здесь требуют, чтобы не только сумма сил на носовой и хвостовой части Л. была равна доле общего веса аэроплана на Л., но и момент сил трения должен уравновешиваться моментом сил, нормальных полозу. Следовательно в данном случае особо выступает необходимость иметь поверхность носовой части по-

лоза большей, чем хвостовой, чтобы Л. была с несколько поднятой носовой частью или, по меньшей мере, горизонтальной. Встречаемое на практике отношение рабочей поверхности носовой части к рабочей поверхности хвостовой части полоза Л. заключается приблизительно в пределах от 1,05 до 1,3. Чтобы произвести соответствующие подсчеты, обычно принимают, что распределение удельного давления по длине полоза Л. следует ур-ию прямой линии, а по ширине—равномерно; кроме того принимают коэф. трения $f \cong 0{,}2$ (коэф. трения Л. по снежной поверхности колеблется в зависимости от состояния снега и прочих условий от 0,1 до 0,3). Вес Л. в среднем составляет от 3 до 4% веса самолета при полной его нагрузке.

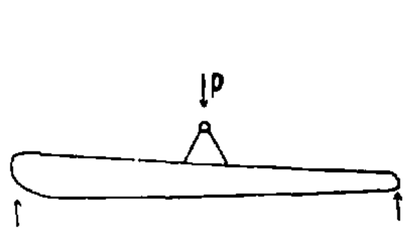
В полете лыжа должна давать возможно меньшее лобовое сопротивление, т. е. телу Л., а по возможности и другим основным частям Л., должна быть дана хорошо обтекаемая форма. На фиг. 16 даны результаты продувки Л. в трубе при разных углах атаки α, где C_x—коэфициент сопротивления, C_y—коэфициент подъемной силы и C_{mz}—коэфициент опрокидывающего момента. Свободное размещение Л. на оси давало бы ей возможность принимать в полете под влиянием статической неуравновешенности и аэродинамических нагрузок положение, не обеспечивающее безаварийность посадки. Отсюда вытекает необходимость иметь приспособления для удержания Л. в наиболее выгодном для полета и посадки положении.



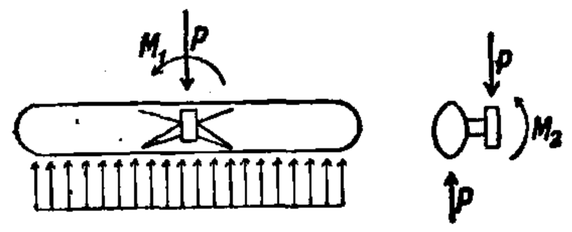
Фиг. 16.

Подход Л. к снежной поверхности с несколько опущенной хвостовой частью достаточно удовлетворяет этому условию. Приспособления однако должны давать возможность лыжам в известных пределах поворачиваться около оси и быть достаточно упругими, так как посадка никогда не совершается на ровной поверхности. Как видно из диаграммы, выгодно, чтобы приспособления устанавливали Л. в полете под углом 0—4° к потоку. Запасом поворота Л. обычно в практике служат поворот Л. на 8—10° с опусканием носовой части Л. от положения их на стоянке и поворот на 8—10° с опусканием хвостовой части Л. от положения их при рулежке с поднятым хвостом.

Наконец для выполнения следующего основного условия—достаточной прочности Л. выбранной конструкции—Л. рассчитывают по характерным, наиболее тяжелым случаям нагружения; при этом применяют обычно ф-лы сопротивления материалов и строительной механики. Предлагается предусматривать следующие случаи нагружения. 1) В условиях пробега на Л. действуют распределенные по полозу нормальные и тангенциальные усилия, моменты их относительно оси взаимно уничтожаются, а сами силы уравновешиваются долей веса аэроплана и долей тяги, приходящейся на Л. (фиг. 15, Б); т. к. необходимо проверять результаты подсчета прочности новой конструкции испытанием, а в данном случае его осуществить трудно, рассматривают более условный случай, представленный на фиг. 17; схема эта получается из рассмотрения Л., проходящей над выемкой, с выделением только вертикально направленных сил; место положения опор—по концам рабочей поверхности полоза Л. 2) В условиях посадки со сносом добавляются кроме того боковые силы, распределенные по длине Л. В этом случае ради удобства испытания также рассматривают упрощенную схему, представленную на фиг. 18. 3) Л. подвергается местным нагрузкам как при прохождении по твердым телам в снегу,



Фиг. 17.

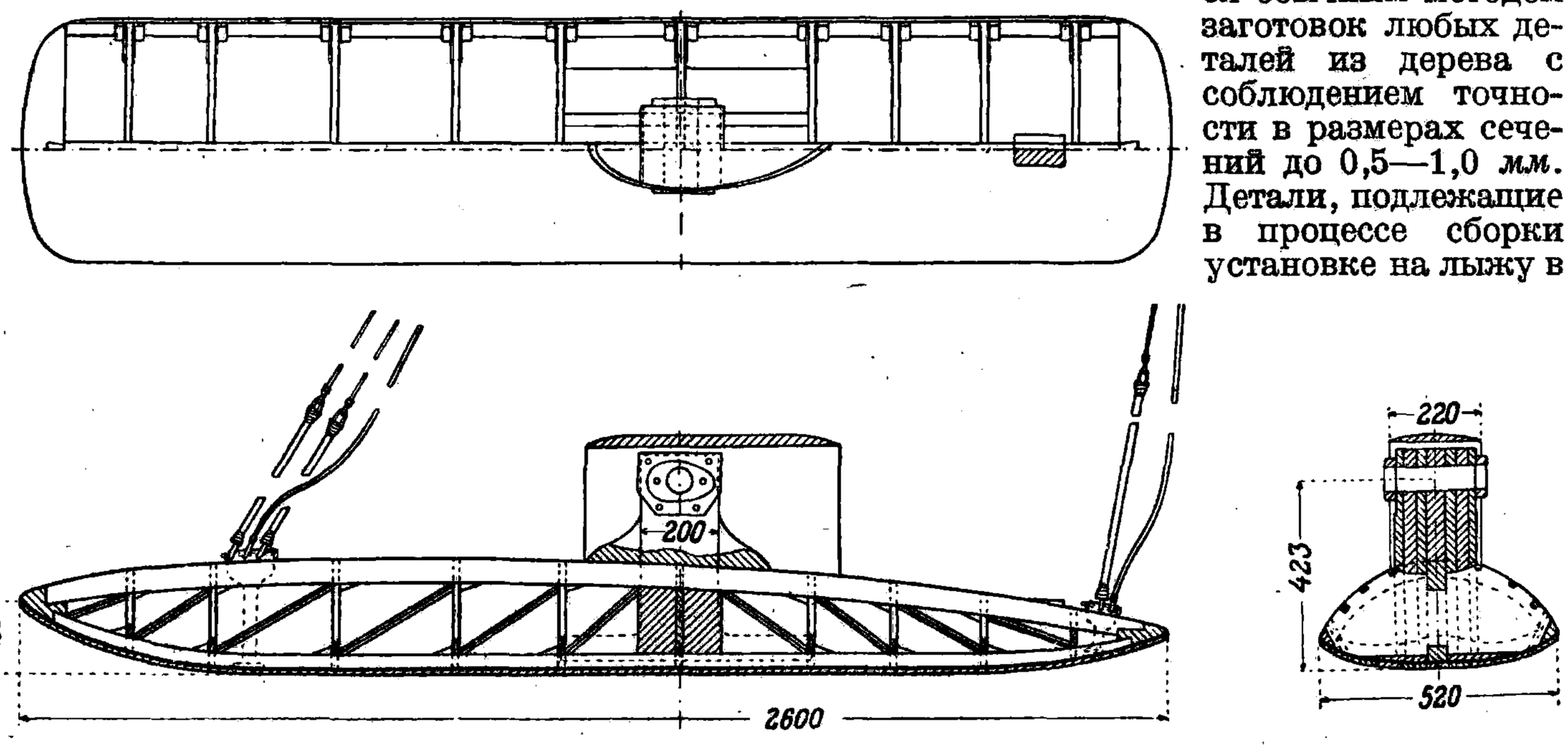


Фиг. 18.

так и при выводе аэроплана из ангара и пр. 4) Наконец д. б. предусмотрен особый случай, сводящийся в основном к скручиванию кабана Л. и всего шасси при разворотах и при раскачивании самолета на старте, постоянно практикуемом вследствие примерзания Л. к снегу. Последняя нагрузка при грубом отрывании Л. на старте может достичь весьма большой величины. Во всех указанных случаях нагружения принимаются соответствующие перегрузки.

По конструктивному оформлению, вернее говоря, по материалу, из которого выполняется Л., все имеющиеся в эксплоатации Л. делятся на 2 типа: металлические и деревянные. Основными составными элементами Л. (фиг. 19 и 20) являются кабан (козелок), ферменная или коробчатая балка, полоз, обтекатель Л., обтекатель кабана (при деревянном кабане) и приспособления для установки Л. в полете—амортизационное устройство. Балка ферменного типа конструктивно совмещается с поперечными нагрузочными балками или со шпангоутами, к-рые одновременно используются и для крепления к ним на шурупах планок полоза. Принудительные удержания Л. осуществляются у подавляющего большинства конструкций наличием передней и задней амортизационных цепей. В цепи амортизации вводятся натяжные винты, дающие возможность на время стоянки аэроплана отпускать амортизационную цепь. Из других приспособлений можно отметить устройство спиральной пружины или стабилизатора. Спиральная пружина размещается в корпусе Л. и шарнирно соединяется с консолью, жестко закрепленной на подкосах шасси. Для осуществления же самоустанавливающейся Л. она статически уравновешивалась загрузкой хвостовой ча-

сти «мертвым грузом», а над задней бабышкой устанавливался стабилизатор; эксплоатационные результаты не дали полной гарантии стабильности такой Л. Предполагаются конструкции рессорного и спирально-

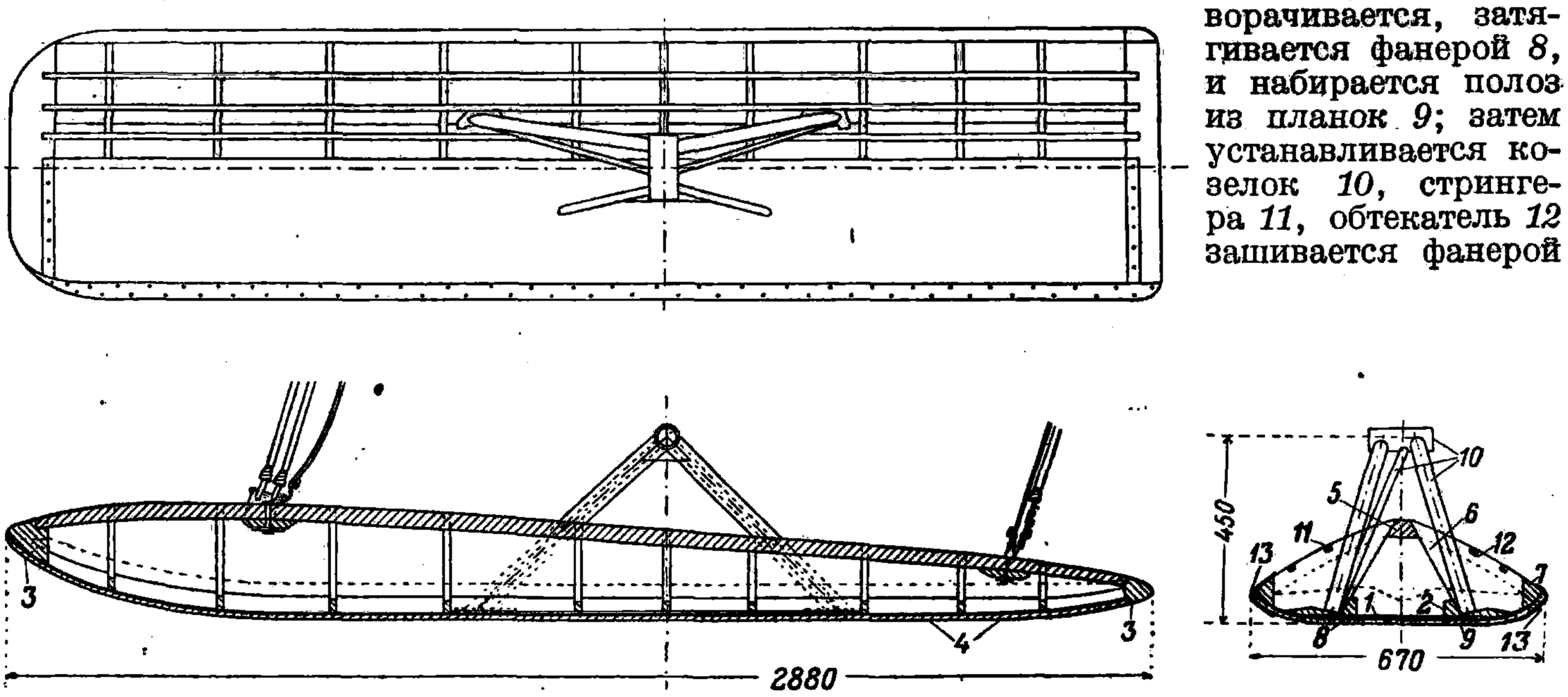


Фиг. 19.

пружинного амортизаторов, удерживаемых силой трения на консольной части оси.

Для изготовления Л. используются материалы: твердая порода дерева, почти исключительно ясень, с врем. сопр. на сжатие $\geqslant 400$ *кг/см²* и на изгиб $\geqslant 700$ *кг/см²*—на полоз; мягкие породы дерева, преимущественно сосна—для изготовления ребер, раскосов и поперечных разгрузочных рамок; березовая фанера—на стенки коробчатых балок, наклейку на полоз, на обтекатель; влажность материалов не должна превышать 15%; металлич. козелки изготовляются из цельнотянутых стальных труб с врем. сопротивлением на растяжение $\geqslant 40$ *кг/м²* и удлинением $\geqslant 8\%$. Деревянные козелки переклеиваются из нескольких слоев мягких пород дерева; детали крепления амортизац. и ограничительных устройств изготовляются из стали; употребляемые сорта клея—высокосортный желатиновый, мездровый или казеиновый. Заготовка деталей Л. производится обычным методом заготовок любых деталей из дерева с соблюдением точности в размерах сечений до 0,5—1,0 *мм*. Детали, подлежащие в процессе сборки установке на лыжу в загнутом виде, загибаются предварительно на специальных сулагах и выдерживаются в сушильных камерах.

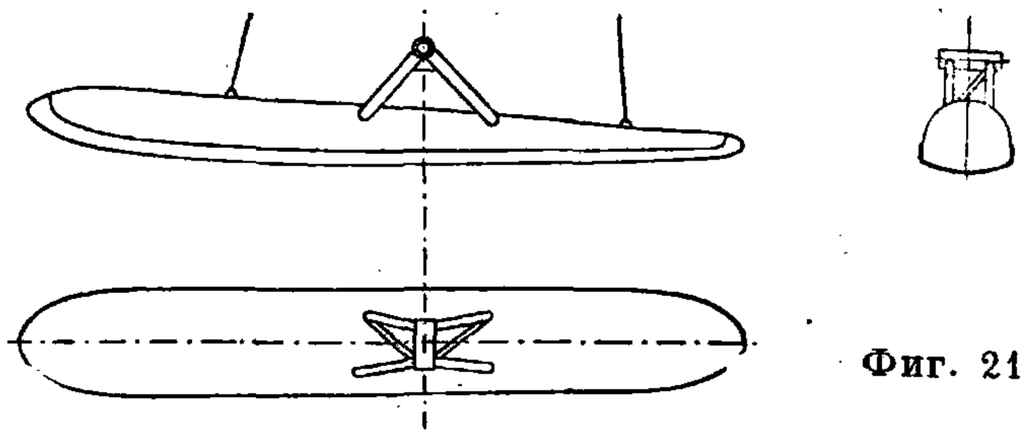
Сборка Л. (фиг. 20) производится на специальной корытообразной сулаге, профиль к-рой изготовлен точно по профилю полоза Л. Порядок сборки: на сулагу укладывается фанера *1*, ребра *2*, бабышки *3*, устанавливаются шпангоутные рамки *4*, верхнее ребро *5*, ферма зашивается фанерой *6*, устанавливаются ребра *7*, после чего лыжа снимается с сулаги, переворачивается, затягивается фанерой *8*, и набирается полоз из планок *9*; затем устанавливается козелок *10*, стрингера *11*, обтекатель *12* зашивается фанерой



Фиг. 20.

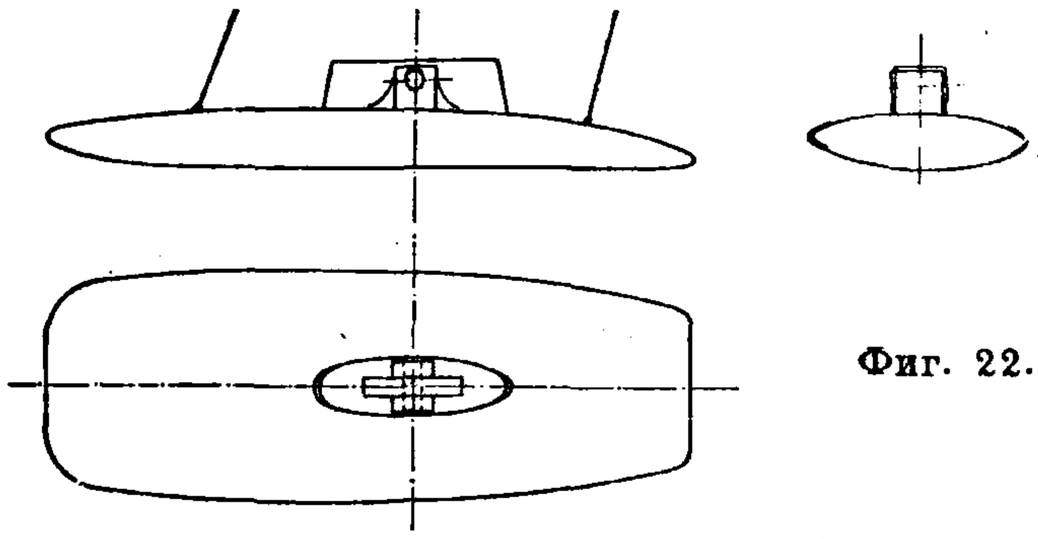
и затягивается полотном, ставится плинтус *13*, после чего Л. поступает в лакировку. Все соединения деревянных деталей между собой производятся на клею и, где представляется конструктивная возможность, на шурупах. Количественный учет Л. ведется

в комплектах; комплект обычно состоит из двух рабочих Л. и одной хвостовой (подкостыльной). На фиг. 21—24 показано несколько типов существующих Л. На фиг. 20



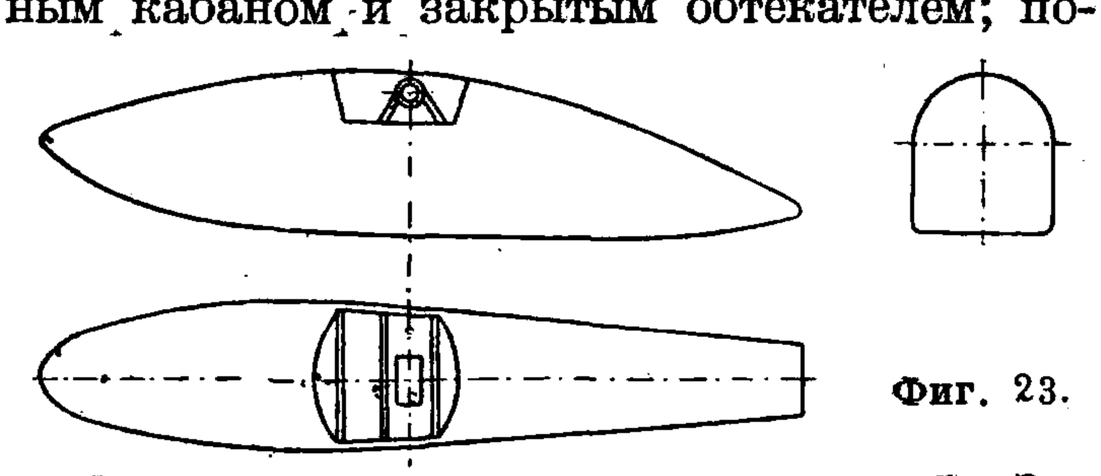
Фиг. 21.

и 21 изображены деревянные Л. с металлич. козелком; на фиг. 20 полоз имеет овальное поперечное сечение, на фиг. 21—в поперечном сечении лишь малозаметный овал. Это



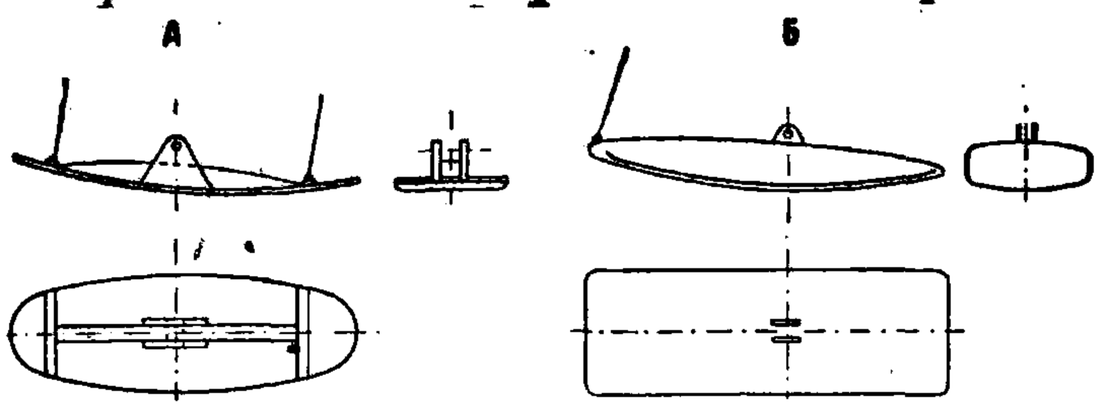
Фиг. 22.

наиболее распространенный тип Л. для самолетов среднего и легкого веса. На фиг. 19 и 22 изображены деревянные Л. с деревянным кабаном и закрытым обтекателем; по-



Фиг. 23.

лоз в поперечном сечении овальный. Это характерный тип Л. для самолетов тяжелого веса. На фиг. 23 представлен характерный тип металлич. Л. с большим поперечным



Фиг. 24.

сечением, причем козелок закрыт общим с самой Л. обтекателем. На фиг. 24 изображены хвостовые Л.: А—тип открытой Л., Б—тип закрытой Л.

Лит.: Юрьев Б. Н. и Лесникова Н. П., Аэродинамич. исследования, гл. 10—Испытания аэропланных лыж и колес, «Труды ЦАГИ», М., 1928, вып. 33; Проект норм прочности лыж для самолетов, ОТО ЦАГИ (на правах рукописи). **В. Юргенс.**

ЛЬНОПРОМЫШЛЕННОСТЬ, см. *Лен.*

ЛЬНОПРЯДЕНИЕ. Изготовление льняной пряжи из природного волокна слагается из трех основных процессов: из первичной обработки льняной соломы с целью выделения технич. волокна из льняных стеблей, из предварительной подготовки к прядению и из прядения в собственном смысле.

Первичная обработка. Обработка льняной соломы сводится к мочке, мятью и трепанию. Мочка льна является необходимой операцией для получения льняного волокна из стебля, так как, растворяя пектозу, она дает возможность отделять лубяные волокна (см. *Лен* и *Волокна прядильные*, добываемые из стеблей). В зависимости от способа мочки льняное волокно, поступающее на ф-ку, носит название льна-стланца, льна-моченца, льна заводской мочки. Лен-стланец является у нас наиболее распространенным видом волокна. Волокно его слабовато, мягко и имеет сероватый цвет. Волокно моченцового льна отличается грубостью, крепостью и желтоватым цветом. Волокно льна тепловой заводской мочки имеет зеленоватый или светложелтый цвет и отличается чистотой и однородностью своих качеств. Мятье льна имеет целью надломить стебель по всей его длине. В крестьянских хозяйствах мятье производится при помощи примитивной щелевой мялицы, или же двух рифленых деревянных валов, между к-рыми пропускается треста для надлома древесины. Более совершенными орудиями являются мялки с большим числом пар рифленых чугунных вальцов, прижимаемых при помощи пружин друг к другу. Трепание служит для отделения костры, т. е. остатков надломленной древесины, от промятого льна. Трепание в своем первобытном виде заключается в том, что широким деревянным ножом наносят косые удары по горсти льна, к-рую держат в левой руке. Более продуктивно работа трепания осуществляется ножным колесом, снабженным деревянными ножами. Наконец в последние годы появилась машина, которая совмещает мятье и трепание. Эта машина носит название шв и нг-турбины (см. *Лен*). На каждом барабане вдоль образующей расположены три била. Барабаны поставлены парами и т. о., что била одного заходят между билами другого.

В зависимости от способов обработки тресты выделенное лубяное волокно получается различного вида и качества, но все виды льняных волокон можно подразделить на две группы: 1) длинное волокно, имеющее наибольшее значение для промышленности, и 2) короткое волокно, к-рое получается в виде отходов в процессе мятья и трепания. К первой группе относятся: лен-сырец, лен-полутрепок, лен жменный, лен трепаный и лен-чесанец; во вторую входят: кудель, отрепье (или пакля), рванка и охлопок. Лен-сырец получается из льнов низкого качества, когда крестьяне, не желая тратить время и труд на обработку его, ограничиваются только мятьем тресты. Он содержит в себе большое количество костры (до 70%). Моченцовые льны-сырцы содержат больше костры, чем стланцовые. Лен-полутрепок, только стланцовый, получается из льна-сырца после незначительной его трепки. Также из стланцовых льнов получается лен жменный, к-рый треплется в больших вязках; благодаря этому часть льна остается непротрепанной. Засоренность его кострой меньше предыдущих и бывает около 12%. Если льняная

треста проходит мятье и тщательное трепание, то в результате получается т р е п а н ы й л е н, к-рый и идет в качестве сырья в промышленность и на экспорт. Трепаный лен бывает стланцовый и моченцовый. Наконец, л е н-ч е с а н е ц получается из трепаного льна высокого качества, когда после трепки его обчесывают еще на гребнях или на крестьянских щетках. Промышленного значения лен чесанец не имеет. Отход, который получается рядом с чесанцем, называется к у д е л ь ю. Кудель по внешнему виду представляет собою спутанную массу волокна. По качеству она отличается от трепаного льна, но все же с успехом используется в тонкие сорта очесочной пряжи. Моченцовая кудель бывает качественно хуже стланцовой. П а к л я, или о т р е п ь е, получается как отход при трепании льна. Она представляет собою короткое спутанное волокно, сильно засоренное кострой. Качественно она расценивается ниже кудели и идет на изготовление веревок и на конопатку. Р в а н к а представляет собою спутанную куделеобразную массу, полученную из низких сортов трепаного льна и льна-сырца. О х л о п о к—короткое спутанное волокно, которое получается на гребне как отход при крестьянском прядении льна. Промышленного значения он не имеет и встречается на рынке в небольшом количестве.

Каждый из перечисленных видов льняного волокна оценивается промышленностью в Л. в зависимости от его основных качеств. Сюда относятся в первую очередь: крепость, грубость, мягкость, маслянистость, сухость, чистота, лентистость и во вторую очередь—длина волокна, цвет, тяжеловесность и однородность. Чем крепче волокно, тем больше оно дает длинного волокна при чесании и тем с меньшим у г а р о м (потерею) оно будет выпрядено. Чем мягче и податливее волокно при достаточной крепости, тем лучше оно выдерживает вытяжку во время прядения. Чем маслянистее, глаже и нежнее волокно, тем лучше оно чешется и вытягивается. Большая лентистость волокна позволяет мельче дробить волокно при ческе и получать более тонкую пряжу.

Из всех рассмотренных видов льняного волокна главную массу составляет на рынке трепаный лен. Попытки классифицировать трепаный лен привели к установлению общесоюзного стандарта (ОСТ 5 марта 1929 г.), согласно к-рому трепаный стланцовый лен делится на 6 групп, охватывающих районы произрастания волокна, сходного по прядильным способностям. Каждая группа в свою очередь делится на 8 сортов в зависимости от общего среднего № и выхода прядильного материала. Для первых трех групп названия сортов следующие: отборно-фабричный (ОФ), высоко-фабричный (ВФ), фабричный (Ф), отборный (О), первый (П), второй (В), третий (Т), брак (Б). В группах 4—6-й: отсутствует ОФ, но имеется четвертый сорт (Ч). Основным сортом для всех групп льна-стланца трепаного является первый сорт (П). Трепаные моченцовые льны разбиваются на 4 группы. Число сортов в каждой группе принято 7, начиная с Ф и кончая Б.

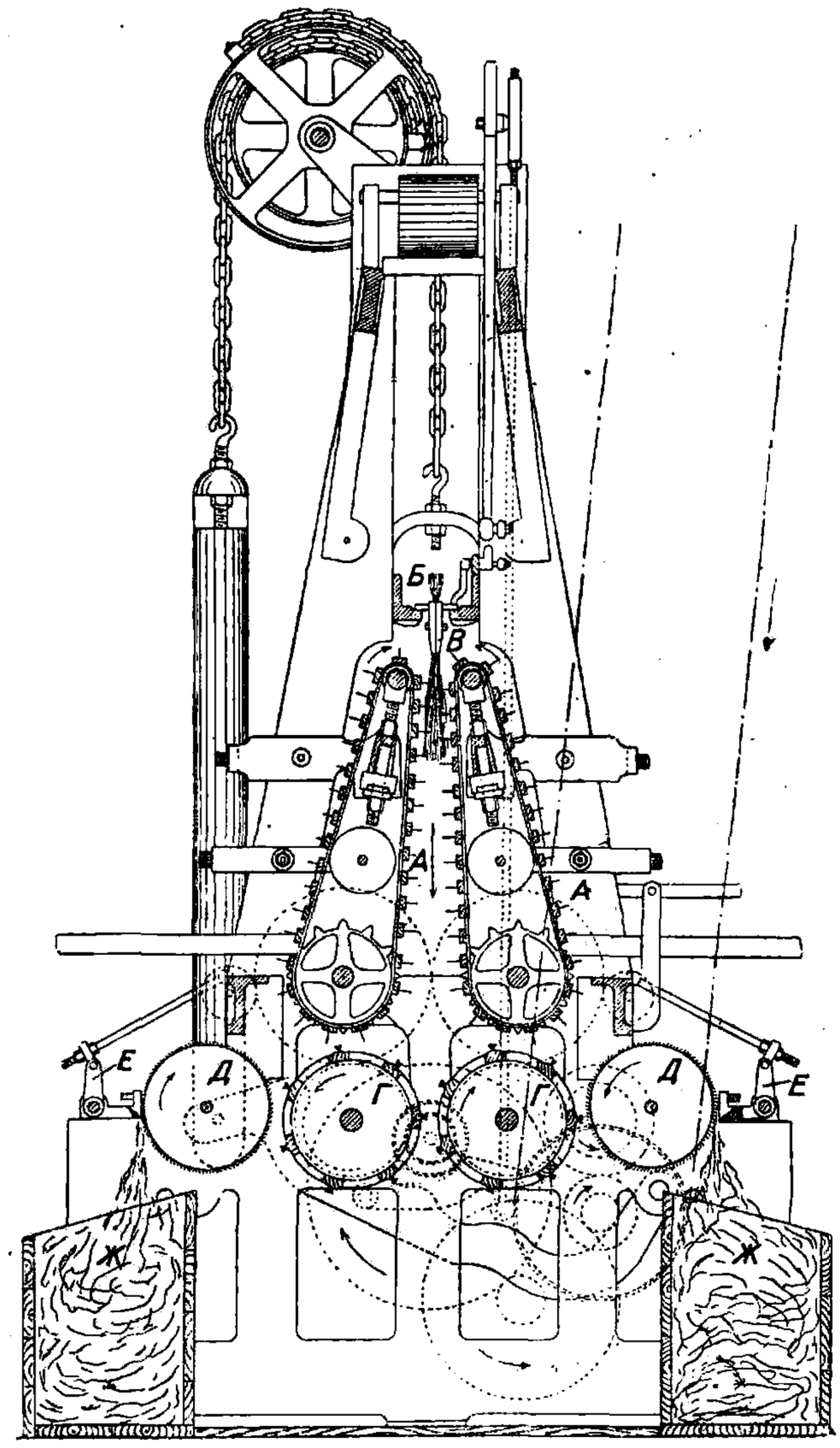
Подготовка к прядению. Для того чтобы иметь возможность получать из технического волокна тонкую пряжу, его подвергают процессу чесания. Цель чесания сводится к тому, чтобы из трепаного льна выделить все короткие и оборванные волокна, удалить костру, расправить спутанные длинные волокна, уложить их параллельно друг другу и наконец возможно более расщепить сложное технич. волокно на более тонкие комплексы элементарных волокон. В результате чесания трепаного льна получаются два вида волокна, идущих далее для прядения, а именно длинное, особенно ценное, волокно, называемое ч е с а н ы м л ь н о м, и короткое волокно, менее ценное, называемое о ч е с о м. Существуют два вида чесания: ручное и машинное.

Р у ч н о е ч е с а н и е осуществляется при неподвижном гребне и движущемся волокне; второе—при неподвижном волокне и активной игле гребня. В обоих случаях чесание как процесс характеризуется последовательным воздействием на лен гребней все более и более высокого №, т. е. с более часто насаженными и более тонкими иглами. Орудие ручного чесания—гребни состоят из буковых планок с укрепленными в них стальными коническими иглами. Иглы каждого гребня д. б. одинаковой длины, хорошо отшлифованы, тонко заострены и достаточно упруги для смягчения взаимодействия между волокном и гребнем. Гребни различаются по тонине игл и частоте их насадки (плотность игл). Обычно, чем тоньше иглы, тем больше насаживается их на единицу длины планок и тем они короче. № гребня показывает, сколько игл находится в первом его ряду. Площадь, которую занимают иглы на гребне, зависит от размеров горсти структуры льна и силы чесания. При чесании берут набор гребней с постепенно возрастающей тониной и плотностью игл. Для низких льнов берется набор: грубый гребень № 13; средний—№ 18, или № 20, или № 22, или № 30; тонкий гребень № 40. Для средних льнов берется набор: грубый гребень № 13; средний—№ 24, или № 28, или № 30; тонкий гребень № 60. Для высоких льнов берется: грубый гребень № 13; средний—№ 28, или № 36, или № 40; тонкий—№ 80. По числу гребней, применяемых при ручном чесании, различают чесание: одногребенное, двухгребенное и трехгребенное. Одногребенное чесание применяется, когда требуются невысокие №№ чесаного льна; для этого употребляют гребни №№ 13, 14, 15 и 16. Двухгребенное чесание применяется для невысоких №№ льняной пряжи до № 24; гребни для двухгребенной чески применяются в следующих комбинациях: №№ 13 и 18; 13 и 22; 13 и 24; 13 и 26; 13 и 28; 13 и 30; 13 и 36; 13 и 40.

Ручное чесание обычно происходит на трех гребнях. Наборы гребней в этом случае следующие: №№ 13—18—30; 13—22—36; 13—24—40; 13—26—50; 13—28—60. На одном наборе гребней работают два рабочих (ч е с а л я): один работает только на грубом гребне № 13, другой, более опытный, работает на двух других гребнях. Первый чесаль, взяв горсть льна в правую

руку, протаскивает ее через гребень, начиная или с вершины или с комля и доходя до середины. Затем, переложив горсть из руки в руку, чесаль набрасывает ее на гребень непрочесанным концом. Протащив несколько раз сквозь гребень последний конец горсти, чесаль откладывает ее на стол вправо от себя, как-раз под левую руку другого чесаля. Второй чесаль берет горсть, которая была прочесана первым чесалем на гребне № 13, и начинает протаскивать ее сквозь второй гребень, причем прочесывает ее в обратном направлении. Как только горсть начинает свободно проходить сквозь второй гребень, не оставляя на нем оческа, чесаль перекидывает ее обеими руками на последний, частый гребень. После этого гребня он сортирует полученное длинное волокно согласно прядильной способности его, т. е. способности данного волокна, обусловленной всеми его качествами, дать пряжу соответствующего № и качества. Умение определить качество чесаной горсти льна и придать ей соответствующий № требует от чесаля большого внимания и опыта.

Машинное чесание. Машина, которой производится чесание льна, называется геклинг-машиной. Процесс машинной чески распадается на три части: 1) обдержку, т. е. предварительный ручной прочес горстей льна на редких гребнях, 2) ческу на машине и 3) оправку, или перечес горстей льна на ручных гребнях. Все попытки устранить из машинной чески два ручных процесса до сих пор успеха не имели. На фиг. 1 даны разрезы простой геклинг-машины. Главными рабочими частями ее являются полотна *А*, *А* с гребенными пленками и каретка *Б*, в к-рой помещаются колодки *В* с горстями льна. Полотна *А*, *А* движутся по направлениям, указанным на фиг. 1 стрелками. Каретка *Б* движется вниз и вверх на определенную высоту. Когда каретка опускается, то она опускает горсти льна между гребенными полотнами; когда же каретка поднимается, то она извлекает горсти льна из полотен. В это время и происходит наиболее энергичное прочесывание льна. Когда каретка поднимается и горсти выйдут из гребней, все колодки передвигаются, так что при вторичном опускании каретки горсти попадают уже на более тонкие гребни. Так, опускаясь, поднимаясь и продвигаясь вдоль каретки, горсти льна подвергаются действию все более и более тонких гребней, пока не дойдут до конца машины. Очесок, к-рый получается при чесании, падает вниз и попадает на барабаны *Г*, *Г* со щетками. С этих барабанов очесок снимается игольчатой поверхностью съемных барабанов *Д*, *Д*, а уже с них он удаляется качающимися планками *Е*, *Е* в ящики *Ж*, *Ж*. Если поставить рядом две таких машины и связать их движение между собою, то получается машина дуплекс, или сдвоенная. В этой машине колодки справа идут в одном направлении, и в них прочесывается напр. комель, а слева идут в противоположном направлении, так что прочесывается вершина горсти льна. При этом приходится отвертывать и завертывать колодки и перекладывать лен. Современные геклинг-машины делают это автоматически. Расчет работы машины производится путем подсчета скоростей рабочих ее органов. Скорость прочеса различна при подъеме и опускании каретки. При опускании каретки скорость прочеса определяется разностью между скоростью полотна и действительной скоростью каретки, при подъеме же скорость прочеса равна сумме тех же величин. В последних моделях геклинг-машины имеется приспособление (диференциал), которое уравнивает скорости прочеса. Сравнивая ручную и машинную ческу, следует, несмотря на ряд достоинств ручной чески, отдать преимущество машинной Хотя при ручной ческе получается лучшая разработка волокна, очес не так запутан и вся установка дешева, зато машинная дает бо́льшую продуктивность и ставит ее вне зависимости от индивидуальных способностей чесаля.

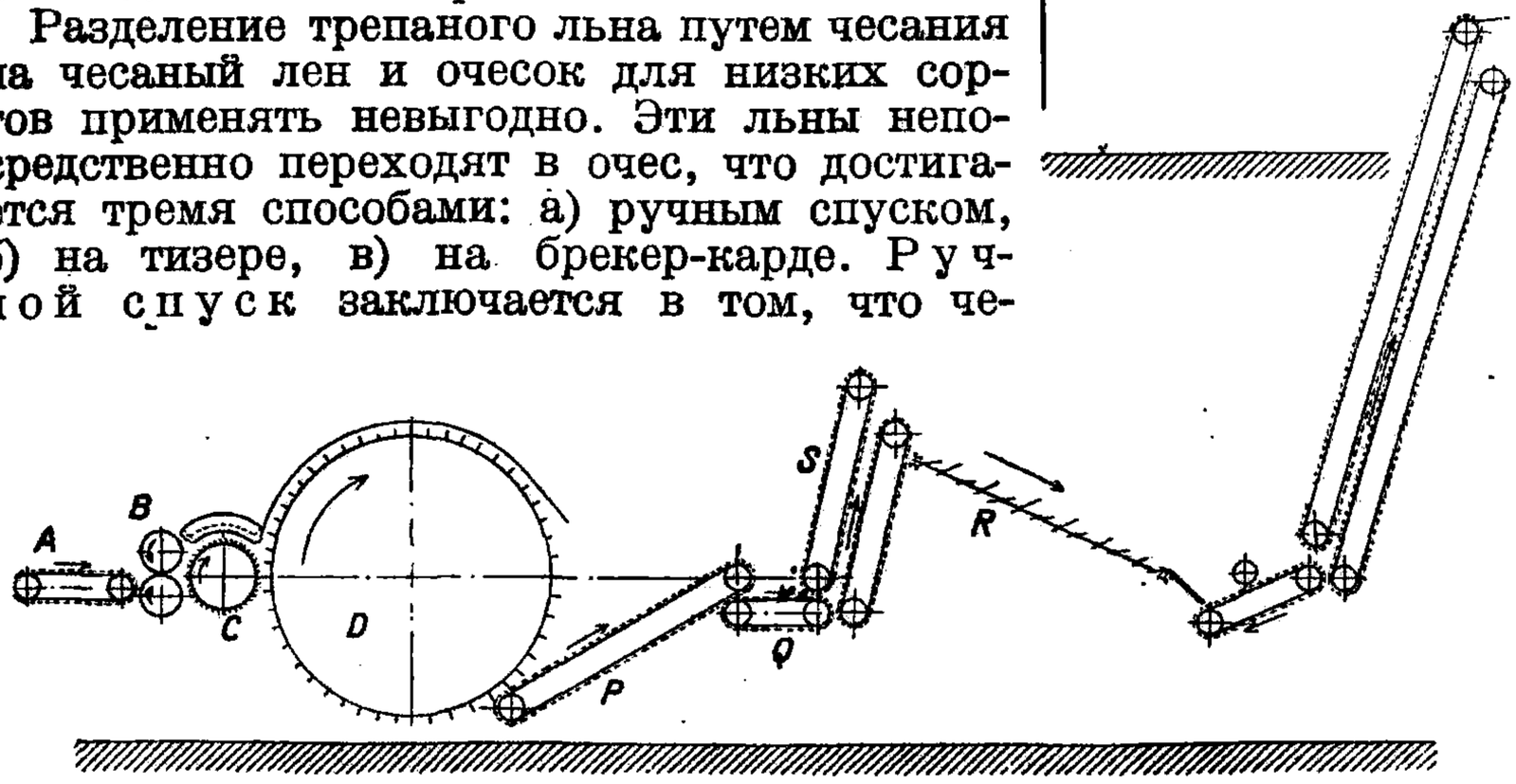


Фиг. 1.

В результате как ручной, так и машинной чески трепаный лен разделяется на длинное и короткое волокно, причем как то, так и другое разделяются на несколько сортов. Эти сорта обозначаются наивысшим № пряжи, к-рый можно получить из этого материала при условии, что качество пряжи будет нормальным. Вся партия трепаного льна разбивается на несколько частей за определенными номерами. Номером льняной пряжи называется число пасм, длиною по 300 ярдов (274 *м*) каждая, заключаю-

щихся в 1 англ. фн. (0,454 *кг*). После разработки в чесальной и разложения льна на составные части можно определить среднее прядильное качество данной партии льна. Это среднее прядильное качество определяется нахождением средних №№ для чесаного льна, для очеса и наконец для всей партии в целом. Средний № определяется путем деления суммы *кг*-номеров на выходы. Средним № определяется прядильная ценность волокна. Чтобы определить действительный средний № всей партии, нужно сумму *кг*-номеров разделить не на выходы, а на полный вес партии.

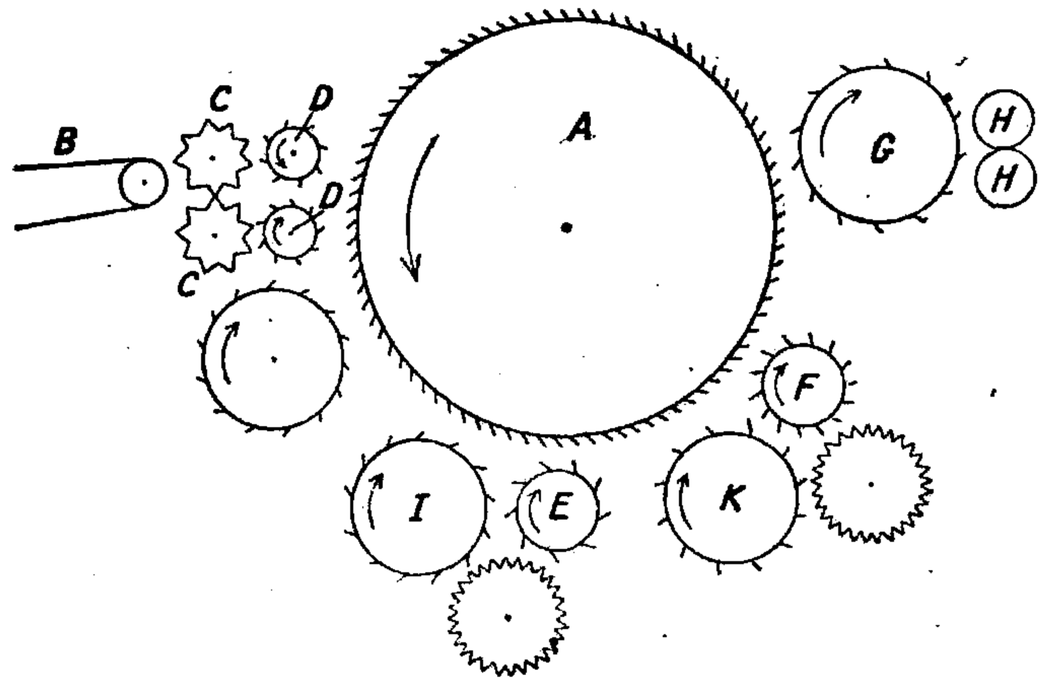
Разделение трепаного льна путем чесания на чесаный лен и очесок для низких сортов применять невыгодно. Эти льны непосредственно переходят в очес, что достигается тремя способами: а) ручным спуском, б) на тизере, в) на брекер-карде. Р у ч н о й с п у с к заключается в том, что чесаль берет обеими руками горсть льна, предназначенного на спуск, накидывает его на гребень № 13 и тащит горсть к себе, слабо держа ее руками. При таком продергивании волокно не расчесывается, а спускается из рук до тех пор, пока вся горсть не превратится в рыхлую массу. Получение с п у с к а н а т и з е р е показано схематически на фиг. 2. Тизер состоит из главного барабана *D*, поверхность которого покрыта буковыми планками с иглами. Рядом с ним находится рабочий вальян *C*, также имеющий игольчатую поверхность. Далее идет пара питательных рифленых валиков *B* и загрузочное полотно *A*. Трепаный лен подается полотнами в рифленые валики, откуда захватывается зубьями рабочего вальяна. Зубья главного барабана захватывают лен с рабочего вальяна и, набивая его под чугунную крышку, находящуюся над рабочим вальяном, рвут волокно, отчасти его прочесывая, и выкидывают готовый очес с другого конца машины. Обычно после тизера очес пропускают через трясилку для удаления костры и сора. На данной схеме представлена комбинация тизера и трясилки. Очес попадает на полотно *P*, которым подается на полотно *Q*. При помощи элеватора *S* очес поднимается на верх наклонной решетки *R* со шпильками, имеющими качательное сотрясательное движение. Отсюда очес в очищенном виде поднимается транспортером на второй этаж. Третий способ получения спуска—при помощи грубой карды, или б р е к е р - к а р д ы (фиг. 3). Карда эта состоит из главного барабана *A* и ряда вспомогательных барабанов, расположенных у его поверхности. Бесконечное полотно *B* подает трепаный лен к рифленым валикам *C*, *C*, откуда он захватывается зубьями питательных цилиндров *D*, *D*. Зубья главного барабана производят разрыв волокна и частичный прочес, при участии зубьев нижнего питательного цилиндра и рабочих вальянов *E* и *F*. Готовый очес насаживается на иглы съемного вальяна *G*, откуда он выходит через выпускную пару *H*, *H*. Вальяны *I* и *K* (чистительные) снимают очес с рабочих вальянов и передают главному барабану.



Фиг. 2.

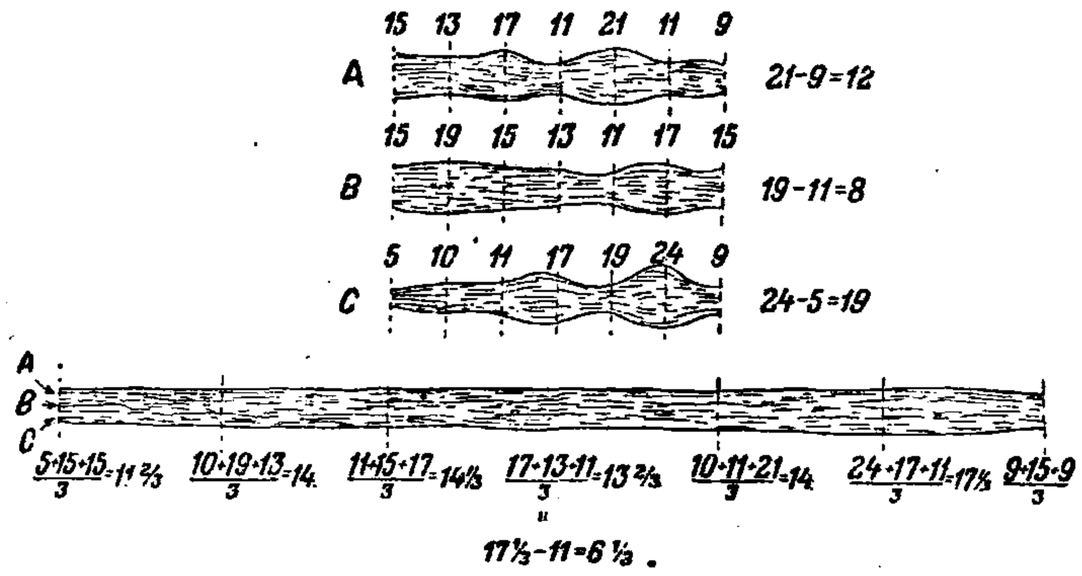
Разработкой трепаного льна на чесаный лен и очес заканчивается первая стадия его подготовки к прядению. Далее оба полученные материала подвергаются предварительному прядению, при этом чесаный лен проходит серию машин, составляющих в своей совокупности систему льняного прядения, очес же проходит серию машин, к-рые составляют систему очесочн. прядения. Принципы работ обеих систем одинаковы за исключением начальной стадии: льняная система начинается с раскладочной машины, а очесочная—с карды. Порядок работ по прядению указан ниже на схеме.

П р е д в а р и т е л ь н о е п р я д е н и е. Сущность этого процесса сводится к тому, чтобы приготовить р о в н и ц у, или п р е д п р я ж у. Ровницей называется узенькая, слегка скрученная ленточка из чесаного льна или очеса, получаемая на банкаброше. Для ее образования необходимо предварительно приготовить ленту на ленточных машинах. Работе же ленточных машин предшествует превращение отдельных горстей чесаного льна в бесконечную ленту на раскладочной машине и превращение беспорядочно спутанной массы очеса в ленту на карде. Сущность работы ленточных машин заключается в двух основных операциях: сложении нескольких лент в одну и вытягивании их при этом для утонения. Сложением нескольких лент в одну достигается выравнивание последней по ее толщине за счет взаимных перекрытий толстых и тонких мест в складываемых лентах. Отсюда вытекает положение: для получения равно-



Фиг. 3.

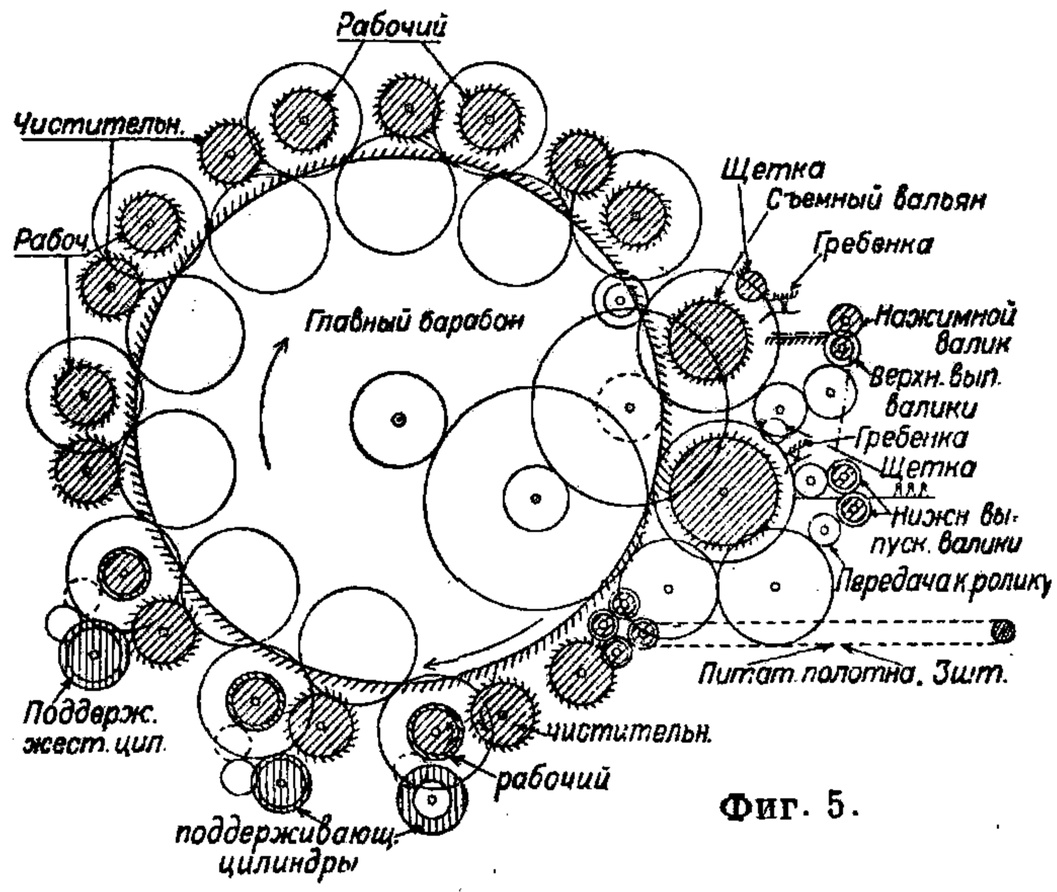
мерной ленты следует применять большее число сложений. Процесс вытягивания можно иллюстрировать следующим примером. Пусть имеются три неравномерных ленты *A*, *B*, *C* (фиг. 4). Наибольшая относительная разница по толщине между толстыми и тонкими местами равна: для первой ленты *A*—12, для второй *B*—8, и для третьей *C*—19. Если наложить эти ленты друг на друга, получим ленту в три раза толще, причем



Фиг. 4.

неравномерность толщины ее будет значительно меньше; при последующем вытягивании получится лента *D*, изображенная на фиг. 4, а ее неравномерность, как видно из фигуры, будет равна $6^1/_3$. Новая лента по толщине стала равномернее в сравнении с каждой из взятых лент в отдельности. Утонение ленты осуществляется при помощи так наз. вытяжного аппарата, к-рый состоит из двух пар валиков: одна пара, так называемая в ы т я ж н а я, вращается с большею окружною скоростью, нежели другая—п р и е м н а я, или п и т а т е л ь н а я. За счет этой разницы скоростей и происходит вытягивание ленты. Приемная пара состоит из двух стальных гладких валиков одинакового диаметра, а вытяжная—из нижнего стального и верхнего деревянного валика, большего размера (см. *Вытяжка*). Гребни представляют собой металлические пластинки толщиной 25 *мм*, снабженные иглами. Иглы входят в ленту под прямым углом тотчас же по выходе ее из приемных валиков. Здесь происходят и дробление волокна и его прочесывание. Иглы движутся с постоянною скоростью между парами валиков. Эта скорость однако больше окружной скорости питательных валиков и меньше окружной скорости вытяжных. За счет этих разностей скоростей происходит прочес ленты вблизи пар валиков. Кроме того своим присутствием они усиливают «поле сил трения» между парами. Благодаря этому короткие волокна имеют возможность от питательных валиков перейти к вытяжным без остановки. Если бы этого поля трения не было, то короткие волокна могли бы задержаться между парами и образовать утолщение ленты, вслед за которым обычно образуется тонкое место (п е р е с е ч к а). Т. о. гребни снова осуществляют дробление, прочесывание и параллелизацию волокна. Но здесь работа гребней отличается от прежней: они работают теперь уже не концами, а корневою частью, благодаря чему и создается «поле сил трения» игл. Весь этот процесс вытягивания называется г и л л и н г.

К а р д-м а ш и н а. Целью кардочесания является: 1) очищение волокна, т. е. удаление примесей—костры и мелких перебитых волокон, 2) распутывание очеса и более правильное распределение его по поверхности чесальных орудий. Кард-машина состоит (фиг. 5) из центрального большого барабана с $\varnothing \cong 60$ дм., вращающегося около горизонтальной оси со скоростью 160—180 об/м. По цилиндрич. поверхности его и на определенном расстоянии от нее расположены малые цилиндры — вальяны с $\varnothing = 7 - 8$ дм. Как главный барабан, так и вальяны по поверхности своей снабжены стальными иглами, загнутыми в определенном направлении. Спереди машины во всю ширину натянуто на двух деревянных валиках бесконечное полотно, на которое порциями равномерно накладывается очес. Дойдя до конца полотна, очес захватывается иглами питательных валиков, с которых затем он снимается иглами главного барабана. В этом круговом движении волокна встречают восемь пар вальянов. Каждая из этих пар состоит из рабочего вальяна, или т и х о г о, и чистительного, или б о й к о г о, вальяна. С каждой из этих пар вальянов главный барабан совершает одни и те же операции в следующем порядке. В месте соприкосновения рабочего вальяна и барабана происходит самое кардование, так как здесь зубья у главного барабана и рабочего вальяна направлены в противоположные стороны и скорость вращения барабана больше скорости вращения вальяна. В месте соприкосновения рабочего вальяна с чистителем осуществляется снимание волокна с первого вторым. Далее происходит передача волокна с чистительного вальяна барабану.

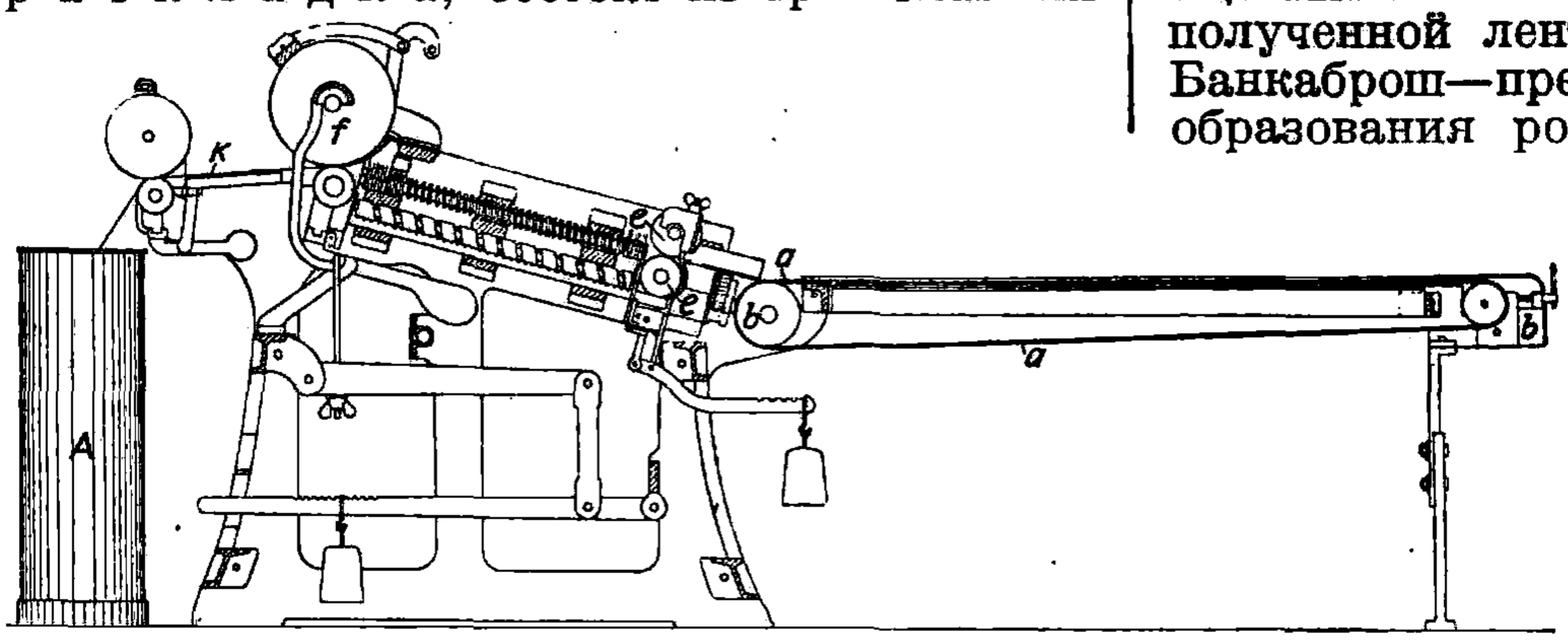


Фиг. 5.

Пройдя т. о. 8 пар, очес встречает еще два одинаковых вальяна—верхний и нижний (съемные), к-рые, сняв разработанный очес с главного барабана, направляют его через выпускные кондукторы в питательные цилиндры ролика. Ролик кард-машины представляет собою небольшой вытяжной аппарат, помещенный сбоку карды и получающий от нее свое движение. В ролике происходит небольшой прочес, вытягивание лент, идущих с карды, и сложение их в одну, к-рые затем уже выходят в таз. Гарнитура главного барабана состоит из буковых планок длиною в 2 фт., шириною 3 дм. и толщиною

$^3/_8$—$^5/_8$ дм. с иглами длиною $^1/_4$—$^1/_2$ дм., считая от поверхности планки. Питательные валики имеют гарнитуру сплошную из зеленой меди со стальными иглами. Диаметр валиков без гарнитуры $2^3/_4$ дм., с гарнитурой $3^1/_2$ дм. Рабочие вальяны имеют гарнитуру из кожи с иглами из железной или стальной проволоки. Каждая лента, к-рой обтягиваются рабочие валики, имеет обычно ширину 2 дм. и толщину $^1/_4$ дм. Гарнитура съемных вальянов обычно делается кожаной с углом наклона в 30—35°. Грубая кард-машина № 1, работающая очес № 2—№ 10, имеет 4 пары рабочих и чистительных вальянов с №№ игл 10—15. Номер кардной иглы определяется по проволочному англ. калибромеру. Средняя и тонкая кард-машины отличаются от грубой числом рабочих чистительных и съемных вальянов, размерами этих последних, номером кардной гарнитуры и скоростями главнейших частей машины. Гарнитура в каждой кард-машине постепенно утоняется, начиная с первой пары.

Р а с к л а д о ч н а я м а ш и н а, или р а с к л а д к а, состоит из трех главных



Фиг. 6.

частей (фиг. 6): питательного прибора, вытяжного аппарата и дублирного аппарата. Питательный прибор состоит из бесконечного полотна *a*, натянутого на два валика *b*, *b* и служащего для подачи пучков чесаного льна к вытяжному аппарату. Последний состоит из двух пар валиков *e*, *e* и *f*, *f* и гребенных планок. Планки, представляющие собой железные полосы с прикрепленными к ним скобками с иглами, двигаются взад и вперед по полозкам. Дублирный прибор состоит из дублирной доски *k* с косыми прорезами, через к-рые проходят ленты. Все ленты, подлежащие сложению, пропускаются затем через один прорез, находящийся против соответствующего вытяжного валика, загибаются вдоль дублирной доски и складываются в одну ленту перед поступлением в выпускной валик, откуда лента идет в круглый таз *A*. Существуют два типа раскладок: тяжелые и легкие. Они различаются грубостью гарнитуры и производительностью. Раскладочные машины тяжелого типа с успехом выпускаются нашим Брянским заводом в виде стандартизованной машины. В последнее время за границей появилась промежуточная машина, которая соединяет автоматическую геклинг-машину с раскладочной. Эта машина, или с п р е д е р, при помощи вращающихся рычагов захватывает прочесанные горсти и укладывает их на полотна раскладки. Вследствие сложности конструкции и накладки эти машины пока еще не получили большого распространения.

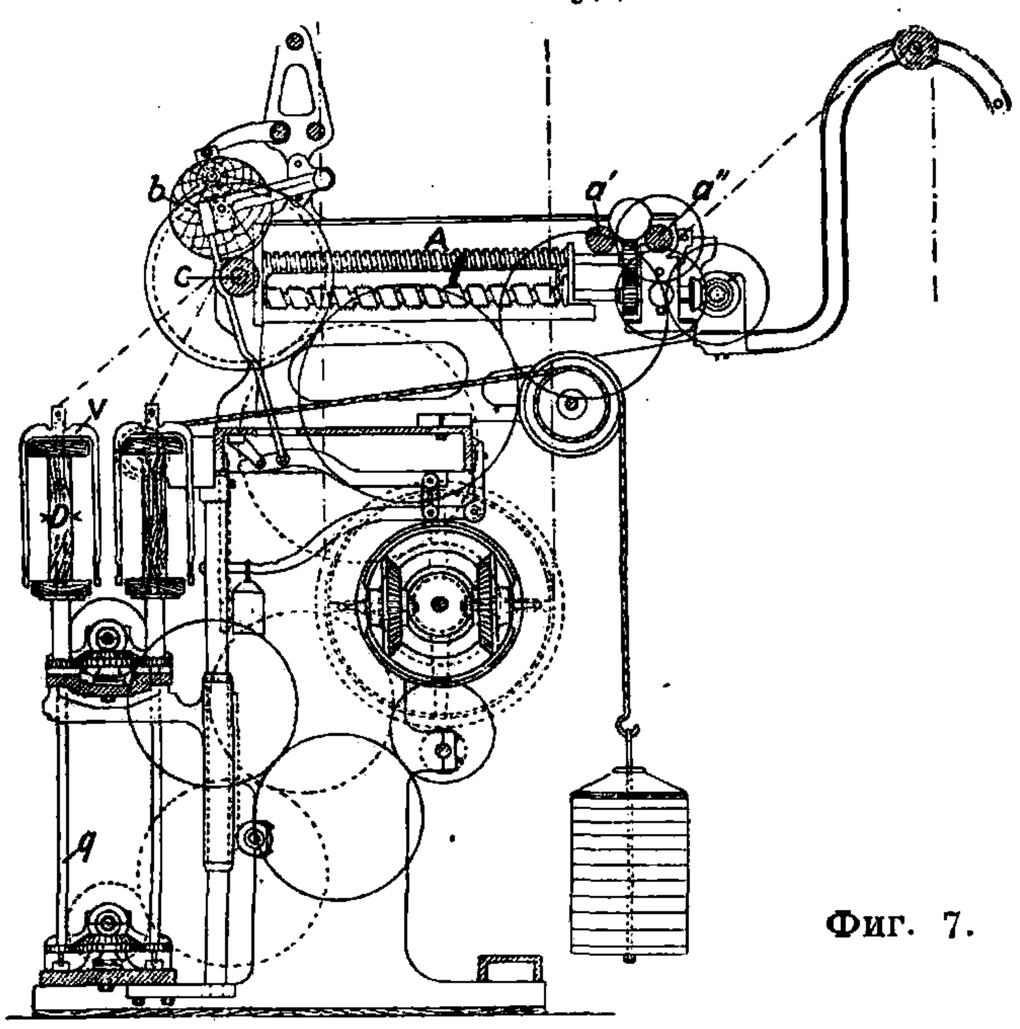
Лента, полученная с раскладки и кард-машины, для дальнейшей обработки поступает на целый ряд ленточных машин. Последние, различаясь между собою тониной гарнитуры и размером деталей, по общей своей конструкции одинаковы, являясь видоизменением раскладочных машин. Каждая ленточная машина состоит из вытяжного аппарата и дублирной доски. В каждой ленточной машине имеется несколько вытяжных аппаратов со своими дублирными досками, составляющими отдельные головки машины.

Лента, полученная с последней ленточной машины, еще очень толста сравнительно с той пряжей, для которой ее готовят, и одной вытяжкой на прядильных машинах получить это утонение невозможно. Поэтому вводят в систему приготовительных машин еще одну машину—р о в н и ч н у ю, или б а н к а б р о ш, на которой происходит еще вытягивание ленты, и в виду слабости полученной ленты ее слегка закручивают. Банкаброш—предпрядильная машина для образования ровницы с механизмами для вытягивания, кручения и намотки ровницы. Полученный с банкаброша продукт называется п р е д п р я ж е й, или р о в н и ц е й. Банкаброш, который является в сущности по вытяжному аппарату той же ленточной машиной, имеет еще детали для скручивания и наматывания ровницы на катушки, а именно веретена и рогульки, устанавливаемые спереди выпускных валиков. Исследование показывает, что для сообщения ровнице определенной крепости нужно дать ей тем бо́льшую крутку, чем выше № продукта и толщина волокна и чем меньше коэф. трения и цепкость волокон, а также чем меньше длина волокон, их гибкость и параллелизация. Если обозначить через $№_n$. номер пряжи, через $i_в$.—вытяжку на ватере, через α_p.—коэфициент крутки ровницы, т. е. число оборотов ровницы № 1 на длине 1 дм., то крутка для данной ровницы, т. е. число оборотов ее на длине 1 дм., будет выражаться формулой:

$$K_p = \alpha_p \sqrt{\frac{№_n}{i_в}}.$$

На фиг. 7 дан поперечный разрез банкаброша. Банкаброш состоит из вытяжно́го, крутильного и наматывающего аппаратов. Лента с последней ленточной машины поступает в питательную пару цилиндров a' и a'', а затем в вытяжную пару *c* и *b*. Между питательной и вытяжной парами помещаются гребни, движение которым сообщается винтами *A*. Крутильный аппарат состоит из веретена *q* и рогульки *v*. Число веретен на одном банкаброше доходит до 96. По выходе из вытяжной пары лента проходит через вершину рогульки внутри ее крыла и выходит через конец ее для навивания на катушку. Крутка ровницы осуществляется

на участке между выходом из вытяжной пары и вершиной рогульки. Полученная ровница навивается на деревянную катушку, надеваемую на веретено под рогульку. Высота катушек бывает 6—10 дм. Условия навивания ровницы выясняются из следующих простых соображений. Вытяжной цилиндр выпускает в минуту длину ровницы v, которую нужно намотать на катушку. Если обозначить диаметр катушки через D, то ей надо сообщить такое число оборотов n, при котором осуществлялось бы равенство $v = \pi Dn$. Очевидно n не может равняться числу оборотов веретена, ибо тогда никакого наматывания не будет. Если обозначим число оборотов веретена через $n_{в.}$, а число оборотов катушки через $n_{к.}$, то навивание осуществится, если $n = n_{в.} - n_{к.}$ или если $n = n_{к.} - n_{в.}$, в зависимости от того, что́ быстрее вращается—веретено или катушка. Другими словами, n дает относительную скорость вращения веретена и рогульки, различную для каждого слоя ровницы, навиваемой на катушку. Скорость эта называется скоростью навивания. В льняных банкаброшах делают $n_{в.} > n_{к.}$ Таким обр. имеем $v = \pi D(n_{в.} - n_{к.})$. Отсюда видно, что, по мере навивания ровницы и увеличения D, для сохранения равенства множитель $(n_{в.} - n_{к.})$ должен уменьшаться, т. е. по мере навивания ровницы число оборотов катушки должно увеличиваться. Это увеличение скорости осуществляется в банкаброше при помощи прибора, называемого д и ф е р е н ц и а л о м с к о р о с т е й. Изменение скорости должно происходить в строго определенные моменты, соответствующие началу навивания нового слоя ровницы на катушку. Прибор, к-рый следит за началом нового слоя ровницы на катушке, называется з а м к о м. Замок при верхнем и нижнем положении каретки переводит ремень на конических барабанчиках, вращающих веретена, и тем изменяет их скорость.



Фиг. 7.

Банкаброш является в технологич. отношении последней машиной, заканчивающей подготовку льняного материала для окончательного прядения его на ватерах. Комплект машин, применяемых при изготовлении ровницы, составляет т. н. с и с т е м у. Система, состоящая из раскладки, ленточных машин и банкаброша, служит для обработки чесаного льна, а система, состоящая из кард-машины, ленточных машин и банкаброша, применяется при изготовлении ровницы из очеса. Ленточные машины и банкаброши обеих систем различаются расстоянием (р а з в о д к о й) между вытяжной и питательной парой и тониной гарнитуры. Разводка для льняных машин берется больше и гарнитура тоньше. Работа всех машин, входящих в систему, рассчитывается путем составления плана прядения. Обозначим вес таза после карды или раскладки через T *кг*; длину ленты в этом тазу через D ярдов; сложения на 4 ленточных машинах—через C_1, C_2, C_3, C_4; вытяжки на них—через B_1, B_2, B_3, B_4, а на банкаброше—через $B_б$. Тогда 100 ярд. ровницы, к-рую мы получим с банкаброша, будут весить P (в *г*):

$$P = \frac{T \cdot 1000 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4}{0{,}01 \cdot D \cdot B_1 \cdot B_2 \cdot B_3 \cdot B_4 \cdot B_б.}.$$

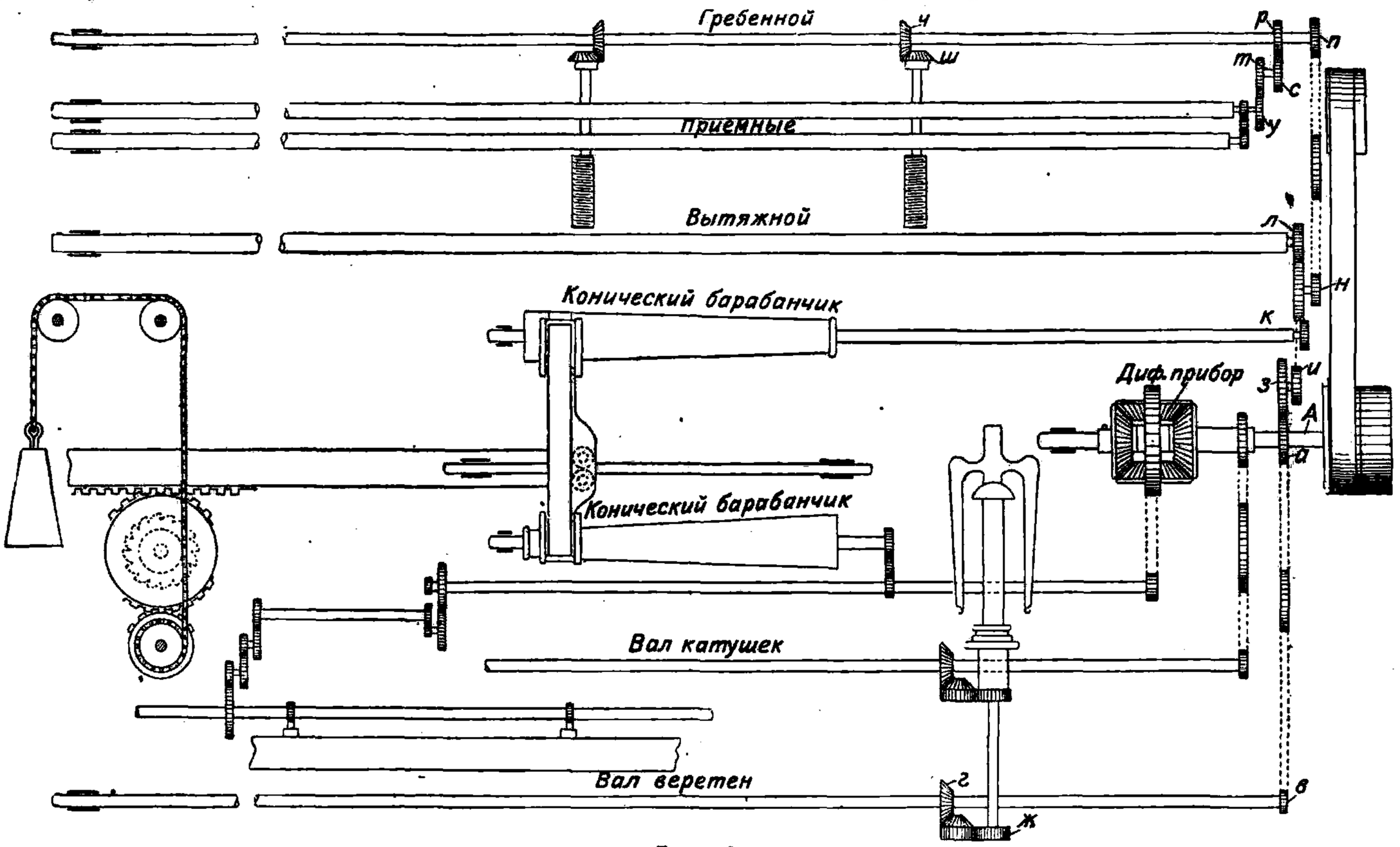
Здесь выражение $\frac{T \cdot 1000}{0{,}01 \cdot D}$ есть вес 100 ярдов ленты с карды или раскладки в *г*. На 1-й ленточной этот вес во столько раз увеличится, сколько лент складывается в одну, но зато он во столько раз уменьшится, какова будет вытяжка на этой машине и т. д. Основными величинами, которыми задаются при составлении плана, являются P и T, т. е. вес 100 ярдов ровницы и вес таза с карды или раскладки при определенной длине D. Вес 100 ярд. ровницы дается в зависимости от пряжи, которую из этой ровницы предполагают сработать. При заданном P определяют вес таза T. Иногда, наоборот, задаются весом таза T и смотрят, какой получается вес 100 ярдов ровницы P при данных C и B. Выбор последних обусловлен конструкцией машин и подбирается как правило так. обр., чтобы по мере перехода ленты с одной машины на другую по направлению к банкаброшу она становилась легче. Обычно план составляют, исходя из № пряжи и вытяжки на ватере. Номером пряжи или ровницы или ленты называют число мотков их длиною по 300 ярд., весящих 1 англ. фн. Если пряжа должна иметь данный № и вытяжка на ватере будет $B_{в.}$, то № ровницы, потребной для изготовления этой пряжи, будет $№_{р.} = \frac{№_{п.}}{B_{в.}}$. Зная т. о. № ровницы, легко подсчитать вес 100 ярдов ее: 100 ярд. ровницы № 1 будут весить $\frac{453{,}6}{з} = 151{,}2$ *г*, а вес 100 ярд. новой ровницы P будет во столько раз меньше, во сколько ее № меньше № 1, т. е.

$$P = \frac{151{,}2}{№_{р.}} = \frac{151{,}2}{\frac{№_{п.}}{B_{в.}}} = \frac{151{,}2 \cdot B_{в.}}{№_{п.}}.$$

Определив P, его вносят в формулу плана прядения и затем, подбирая сложения и вытяжки на ленточных машинах, добиваются подходящего веса таза на карде или раскладки в зависимости от рода обрабатываемого материала и принятой системы машин. Для карды вес таза делают 5—8 *кг*, при длине ленты в тазу в 500 ярдов, для легкой раскладки вес таза берется до 10 *кг*, а для тяжелой до 16 *кг*, при длине ленты в тазу в 500 ярдов. Применяемые теперь вы-

тяжки для очесочного прядения колеблются от 4,5 до 6 на ленточных машинах и от 5 до 7 на ватере; числа сложений 2—4. Для льняного прядения вытяжки применяются 6—8 на ленточных и 7—8 на ватерах, при числе сложений 2—8.

Кинема ический расчет банкаброша (завода Mačkie). По заводским данным число об/мин. главного вала *A* (фиг. 8) должно быть 261.



Фиг. 8.

Тогда число оборотов веретена получится:

$$n_{вер.} = 261 \cdot \frac{а \cdot г}{в \cdot ж} = 261 \cdot \frac{48 \cdot 21}{30 \cdot 16} = 548.$$

Число оборотов вытяжного цилиндра будет:

$$n_{выт.} = 261 \cdot \frac{а \cdot и}{з \cdot л} = 261 \cdot \frac{48 \cdot и}{54 \cdot 90} = 2{,}58и;$$

здесь $и$ обозначает число зубьев сменного крутильного колеса. Окружная скорость вытяжного цилиндра:

$$v_{выт.} = \pi \cdot d_{выт.} \cdot n_{выт.} = 3{,}14 \cdot 38{,}1 \cdot 2{,}58и = 307{,}65и \text{ мм/мин}.$$

Число оборотов гребенного вала:

$$n_{гр.} = 261 \cdot \frac{а \cdot и \cdot н}{з \cdot к \cdot п} = 261 \cdot \frac{48 \cdot и \cdot 48}{54 \cdot 106 \cdot п} = 105 \cdot \frac{и}{п};$$

здесь $п$ обозначает число зубьев сменного вытяжного колеса.

Число ударов гребней в минуту:

$$n_{уд.} = 105 \cdot \frac{и}{п} \cdot \frac{ч}{ш} = 105 \cdot \frac{и}{п} \cdot \frac{30}{28} = 157 \cdot \frac{и}{п}.$$

Поступательная скорость гребней:

$$v_{греб.} = n_{уд.} \cdot t = 157 \cdot \frac{и}{п} \cdot 15{,}87 = 2\,491{,}59 \cdot \frac{и}{п} \text{ мм/мин};$$

здесь t есть шаг червяка $= {}^5/_8'' = 15{,}87$ *мм*.

Число оборотов питательного цилиндра:

$$n_{пит.} = 105 \cdot \frac{и}{п} \cdot \frac{р \cdot т}{с \cdot у} = 105 \cdot \frac{и}{п} \cdot \frac{23 \cdot 30}{57 \cdot 62} = 20{,}5 \cdot \frac{и}{п}.$$

Окружная скорость питательного цилиндра:

$$v_{пит.} = 3{,}14 \cdot 38{,}1 \cdot 20{,}5 \cdot \frac{и}{п} = 2\,452{,}5 \cdot \frac{и}{п} \text{ мм/мин}.$$

Вытяжка:

$$В = \frac{v_{выт.}}{v_{пит.}} = \frac{307{,}65и}{2452{,}5 \frac{и}{п}} = \frac{307{,}65}{2452{,}5} \cdot п = 0{,}126\,п.$$

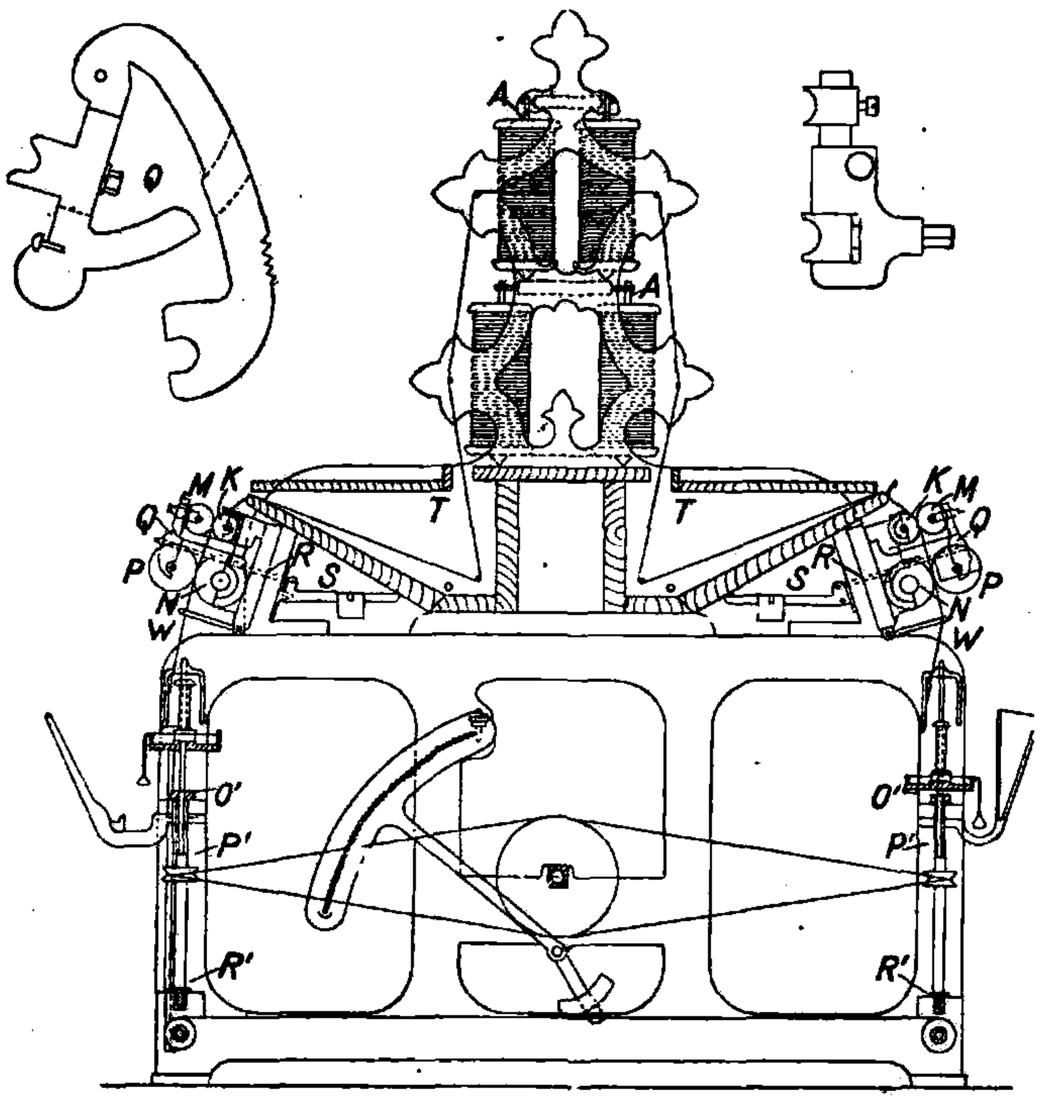
Крутка на 1 *см* длины ровницы:

$$Кр. = \frac{n_{вер.}}{v_{выт.}} = \frac{548}{30{,}765и} = \frac{17{,}77}{и}.$$

Прядение льна. В настоящее время существуют два основных способа прядения льна—мокрое прядение и сухое. Кроме этих способов применяется еще способ полусухого прядения, который представляет собою некоторое видоизменение сухого способа прядения льна. Способ мокрого прядения льна называется так потому, что при его применении употребляется вода или какая-нибудь другая жидкость для растворения клейковинного вещества, связывающего элементарные волокна между собою. В горячей воде клейковина растворяется лучше, но подогревание воды и дорого и создает неприятные условия работы. Поэтому начали применять различные химич. составы, которые могут растворять клейковину в холодном виде. При сухом прядении пряжа получается грубая, и выше № 30 спрясть пряжу нельзя. При мокром прядении связь между элементарными волоконцами нарушается, и благодаря этому они могут скользить одно вдоль другого, что дает возможность получать пряжу до № 200; кроме того нек-рая часть клейковины, не растворившаяся при прядении, после сушки вновь застывает и проклеивает пряжу, и потому мокрая пряжа вообще крепче и ровнее сухой.

Мокрый ватер. Работа этой машины заключается в том, чтобы ровницу, полученную с банкаброша, еще растянуть и окончательно закрутить в пряжу. Ватер состоит из трех главных органов: вытяжного, крутильного и наматывающего аппаратов. На фиг. 9 дан поперечный разрез мокрого ватера. В верхней части ватера вдоль

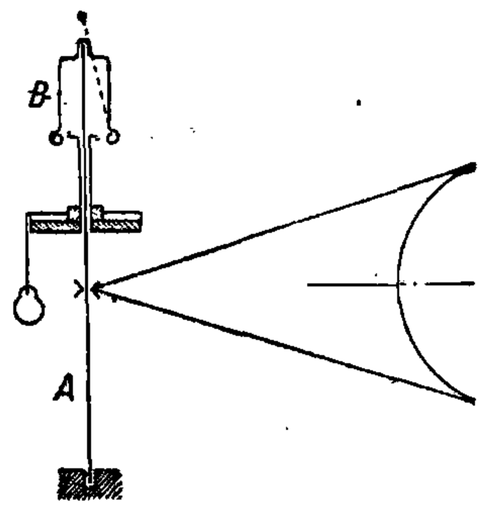
всей его длины идет этажерка в два яруса, на которой при помощи деревянных веретенец устанавливаются катушки *A* с ровницей. С этих катушек ровница идет на правую



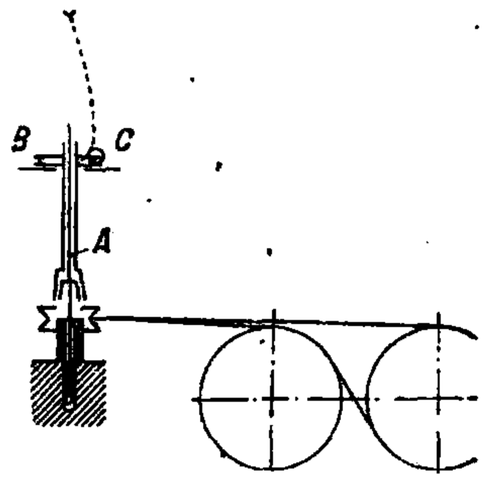
Фиг. 9.

и левую стороны машины в вытяжной аппарат. На пути к нему она погружается в деревянное корыто *T*, в к-рое наливается вода или раствор; такие корыта идут вдоль машины по обеим ее сторонам. Для того чтобы ровница дольше оставалась в воде, ее заставляют огибать пруток, к-рый устанавливается в углу на дне корыта. Выйдя из корыта, ровница проходит между парой медных валиков *M* и *K*, называемых питательными. Нижний валик *K* сидит на валу, к-рый идет вдоль всей машины и приводится во вращение от привода; валики же *M* приставляются к валикам *K*. Под этой парой помещается другая пара валиков *P* и *N* (вытяжная пара). Из них нижний валик *N* покрыт листовой медью, валик же *P*—пальмовый. Эти две пары валиков и составляют вытяжной аппарат. Т. о. вытяжных аппаратов на ватере столько, сколько на нем веретен. Каждый вытяжной аппарат состоит из двух пар валиков, причем валики *K* и *N* сидят на двух цилиндрах, к-рые идут вдоль всего ватера и приводятся во вращение от привода через шестерни. Валики *M* и *P* соединяются по два одной короткой осью; на последнюю накладывается седло *Q*, прижимаемое прутком *R*. На конец этого прутка действует рычаг *S* с передвижным грузом. По выходе из вытяжного аппарата вытянутая ровница проходит через ниточную доску *W* с медными глазками. После этой доски ровница, или, как ее теперь уже называют, мычка, т. е. ровница после вытяжного аппарата, продевается через барашек рогульки. Рогулька сидит на веретене и вращается вместе с ним. Благодаря вращению рогулька закручивает мычку и одновременно наматывает полученную пряжу на катушку. Катушка сидит на веретене совершенно свободно и своего движения не имеет. Катушка приводится в движение идущей пряжей. Для того чтобы она наматывалась с известным натяжением, ее затормаживают при помощи веревки и грузика; этот грузик называется пулькой. Веревка же огибает ножку катушки и в зависимости от того, какую часть она охватывает, позволяет катушке вращаться быстрее или медленнее. Вращение веретену сообщается при помощи шнура, который охватывает жестяной барабан и блочек на веретене. Жестяной барабан располагается под корытами и проходит по длине всего ватера. Само веретено укрепляется в двух местах: в брусе *O'* при помощи втулки *P'* и внизу—при помощи подпятника *R'*. Для того чтобы пряжа могла наматываться по высоте катушек, им сообщают движение вверх и вниз. Для этого катушки опираются нижней своей частью на общий брус-каретку, к-рый может подниматься и опускаться; благодаря этому на одной стороне все катушки поднимаются, а на другой опускаются.

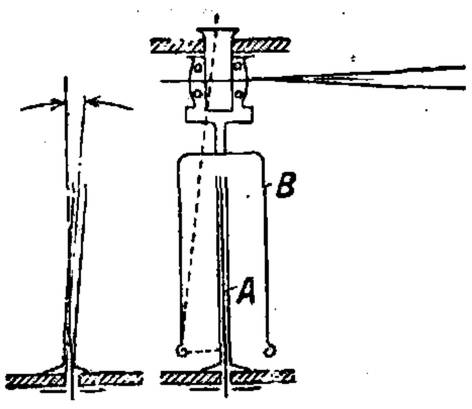
Главнейшей частью ватерной машины является веретено. Суждение о достоинствах или недостатках существующих веретен можно составить на основании следующих общих соображений. Старое рогулечное веретено (фиг. 10), состоящее из длинного стального веретена *A* и надетой на него при помощи резьбы рогульки *B*,—несовершенно: рогулька с течением времени ржавеет, резьба портится и связь нарушается, от чего изменяются их взаимное положение и динамика всего аппарата. Кольцевое веретено (фиг. 11), состоящее из веретена *A*, кольца *B* и бегунка *C*, представляет простую и в динамич. отношении более совершенную установку. Шпилечное веретено (фиг. 12) имеет существенный недостаток: если установка рогульки *B* и шпильки *A* дает совпадение осей, то по мере навивания пряжи на катушку оси стремятся к расхождению; вместе с тем нарушается работа



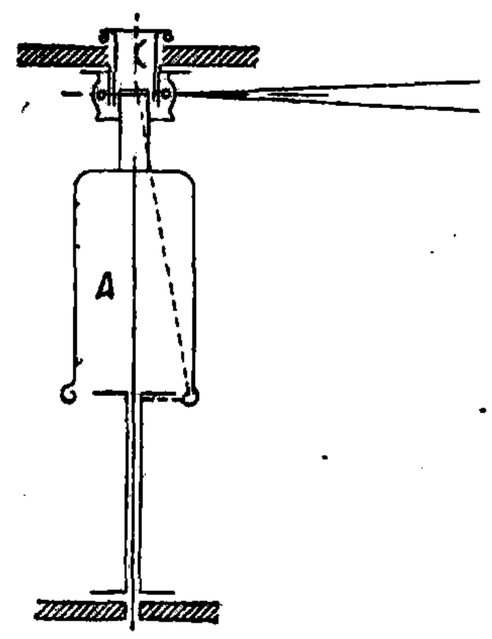
Фиг. 10.



Фиг. 11.



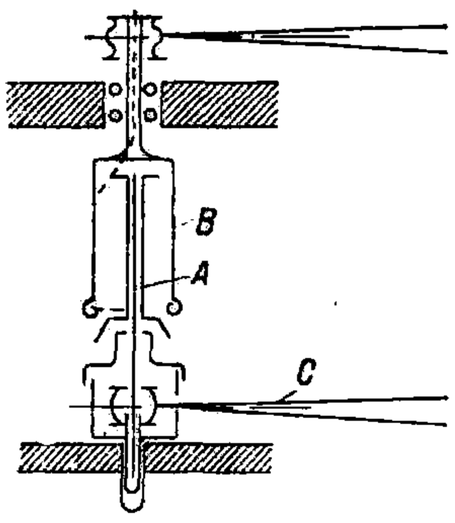
Фиг. 12.



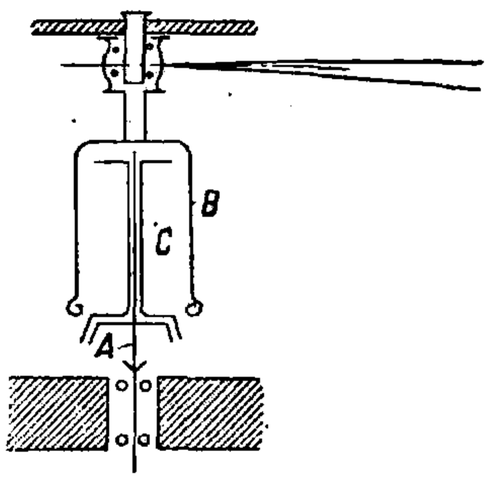
Фиг. 13.

аппарата и при случайном заедании может произойти поломка шпильки. Веретено Круппа (фиг. 13) имеет преимущество в том отношении, что оба конца веретена *A* снабжены опорами. Но в силу этого пришлось увеличить длину веретена вдвое против катушки. Веретено И. Д. Зворыкина (фиг. 14) приводится во вращение тесьмой *C*, причем рогулька *B* с веретеном *A* не связана и вращается независимо. Катушка свободно сидит на веретене и имеет непостоянную (вследствие ее неправильностей) ось вращения. Это не дает возможности полностью использовать ценные жироскопич. свойства веретена. Веретено Бойда (фиг. 15) имеет подвесную рогульку *B*; катушка *C* связана с веретеном *A* защелкой, мало пригодной для больших скоростей. Все последние кон-

струкции имеют целью увеличить число оборотов веретена и тем дать бо́льшую производительность ватеру. Однако если в рогулечном веретене рогулька была проста и вращалась за счет веретена, то в подвесной рогульке на нее приходится затрачивать силу, и кроме того она сама конструктивно сложнее. Поэтому приходится признать, что новые ватера с подвесной рогулькой если и имеют преимущество против прежних, то



Фиг. 14.



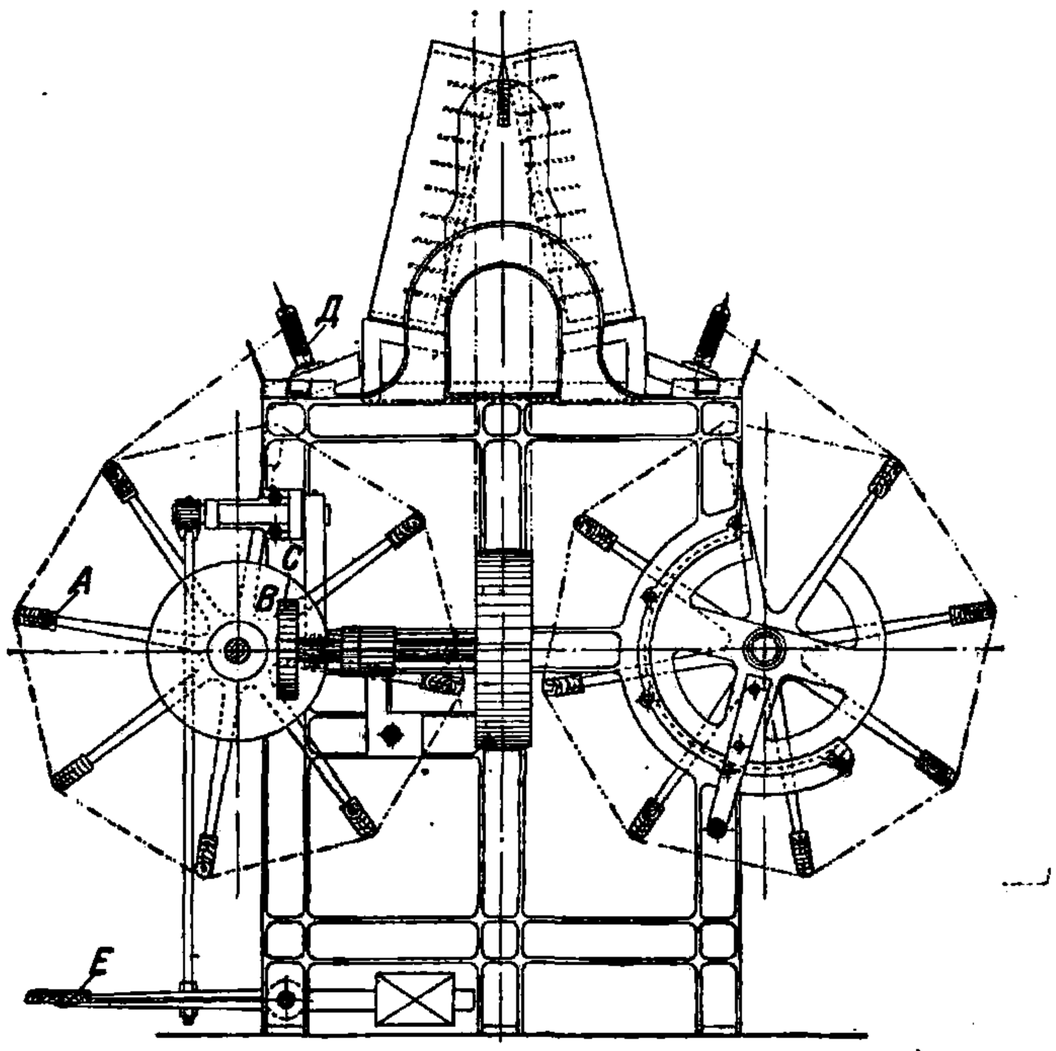
Фиг. 15.

все же нуждаются в дальнейших улучшениях. То же можно сказать и про ватер Зворыкина, к-рый, представляя собою огромное достижение нашего машиностроения, нуждается еще в дальнейшей теоретич. и практической проработке.

С у х о й в а т е р. Конструктивная схема сухих ватеров весьма близко подходит к схеме мокрых. Следует отметить, что пряжа, получаемая сухим прядением, имеет с поверхности большее количество усиков. Поэтому она идет гл. обр. для паковочной тары, где требуется застилистость ткани. Для некоторых сортов ткани бывает нужна пряжа хотя и сухого прядения, но с меньшим числом торчащих усиков. Тогда применяют полусухое прядение, в котором ленточка, выходящая из вытяжной пары, огибает деревянный валик, погруженный нижней частью в корыто с водой. Производительность ватеров зависит от скорости выпуска и числа оборотов веретен. Для увеличения числа оборотов веретен в сухом прядении с успехом применяется подвесная рогулька. Она укрепляется в неподвижном брусе на шариках и получает свое вращение непосредственно от жестяного барабана без веретена. Катушки устанавливаются на каретке (на легкие шпильки). Время смены катушек сокращается введением механич. самосъема, позволяющего сразу снимать все полные катушки и подставлять заготовленные пустые. Ту же цель увеличения производительности ватеров преследует введение к о л ь ц е в о г о в а т е р а. В этом ватере рогулька отсутствует. Веретено связано с катушкой. Наматываемая на катушку пряжа вместо глазка рогульки проходит через легкое стальное кольцо, к-рое свободно вращается по стальному кольцу, расположенному вокруг катушки на каретке. Катушка делает очень большое число оборотов, во много раз превосходящее то, которое необходимо, чтобы смотать готовую пряжу. Поэтому происходит быстрое вращение кольца, осуществляющее кручение ленточки, выходящей из выпускных валиков и проходящей через глазок ниточной доски. Кольцевые ватера бывают катушечные и початочные. Они дают более полные катушки при быстрой смене их, экономию в потребляемой мощности и легкую приспособляемость для прядения различных номеров пряжи путем смены лишь бегунков.

Стремление еще снизить себестоимость продукции и повысить вместе с тем качество ее привело к применению в льнопрядильном деле с е л ь ф а к т о р о в. Прядение на сельфакторе предполагается сухое и мокрое. В промышленности это прядение льна у нас еще не применяется. Что же касается ватеров с подвесной рогулькой и кольцевых, то в сухом прядении они начинают применяться на наших ф-ках. Все рогулечные ватера характеризуются размером, т. е. высотой катушки в дм., и бывают $1^3/_4$—$4^1/_2$ дм. Если скрутить вместе несколько концов пряжи, то получится скрученная нитка, или к р у ч е н к а. Машины, на которых осуществляется это кручение, называются к р у т и л ь н ы м и в а т е р а м и. Кручение бывает сухое или мокрое в зависимости от того, применяется при этом вода или нет. Крутильный ватер отличается от обыкновенного отсутствием вытяжного аппарата. В остальном они почти сходны, за исключением небольших конструктивных отличий и направления вращения веретена, к-рое у крутилок бывает обратно обыкновенному ватерному веретену. Нормальная крутка крученой нитки определяется по эмпирич. ф-ле $K = \sqrt[6]{n}\sqrt{№}$, где n—число скручиваемых концов пряжи, №—номер этой пряжи. Усадка пряжи при крутке колеблется от 2 до 9% в зависимости от степени кручения.

Р а з м о т к а п р я ж и. Пряжа мокрого и сухого прядения перематывается в т а л ь к и, или м о т к и. Каждая талька имеет длину 3 600 ярдов и состоит из 12 пасм по 300 ярдов каждая. Обычно пасма сматывается по 120 нитей длиною 2,5 ярда каждая. По англ. нумерации № льняной пряжи считается число пасм длиною по 300 ярд. в 1 англ. фн. Русский пуд содержит в себе 36 англ. фн., поэтому пряжи № 1 в нем будет заключаться 36 пасм, или 3 тальки. Отсюда номером пряжи по русской нумерации будет число, равное частному от деления числа



Фиг. 16.

талек в 1 пуде на 3. На фиг. 16 дан разрез мотальной машины, где *A*—баран мотовила, *B* и *C*—фрикционная передача, *Д*—ватерная катушка и *E*—педаль для выключения фрикционной передачи. Двустороннее мотовило состоит из двух баранов, образованных длин-

ными деревянными планками, сидящими на деревянных спицах. Бараны складываются при съеме перемотанной пряжи. Чтобы снять мотки с барана, на одном конце его делается съемное приспособление, состоящее из маховичка с выемкой. В эту выемку закладывается моток и поворотом маховичка выводится наружу мотовила. Периметр барана делается 2,5 ярда. Ватерные катушки устанавливаются на шпильках мотовила, и нить на своем пути к барану проходит через проволочное ушко поводка, который с каждым оборотом барана сдвигает нить вдоль мотовила и укладывает ее рядом с соседней. Нормальный размот нитки делается в 10 пасм. Каждая пасма может содержать произвольное количество нитей и иметь различную длину периметра мотовила. Число талек нитки, составленной из нескольких концов пряжи, но не скрученной, в 1 пд. при длине тальки в 3 600 ярд. будет $\frac{3\,№}{n}$. Здесь №—номер пряжи, n—число сдублированных концов пряжи. После крутки длина крученой нити делается короче длины пошедшей на нее пряжи. Это укорочение определяется коэф-тами, которые изменяются для разных степеней крутки в пределах 0,98—0,91. Соответственно им число талек в 1 пд. определяется от $0{,}98\,\frac{3\,№}{n}$ до $0{,}91\,\frac{3\,№}{n}$ при длине тальки в 3 600 ярд. Если длина тальки будет иная, то число талек в 1 пд. изменяется в отношении $3\,600 : \frac{10 \cdot P \cdot m}{36}$, где 10—число пасм в тальке, m—число ниток в пасме, а P—периметр мотовила в дм. Число талек в 1 пд. будет тогда

$$0{,}91 \cdot \frac{3\,№}{n} \cdot \frac{3\,600}{10 \cdot \frac{P \cdot m}{36}} = 0{,}91 \cdot \frac{№}{n \cdot P \cdot m} \cdot 38\,880$$

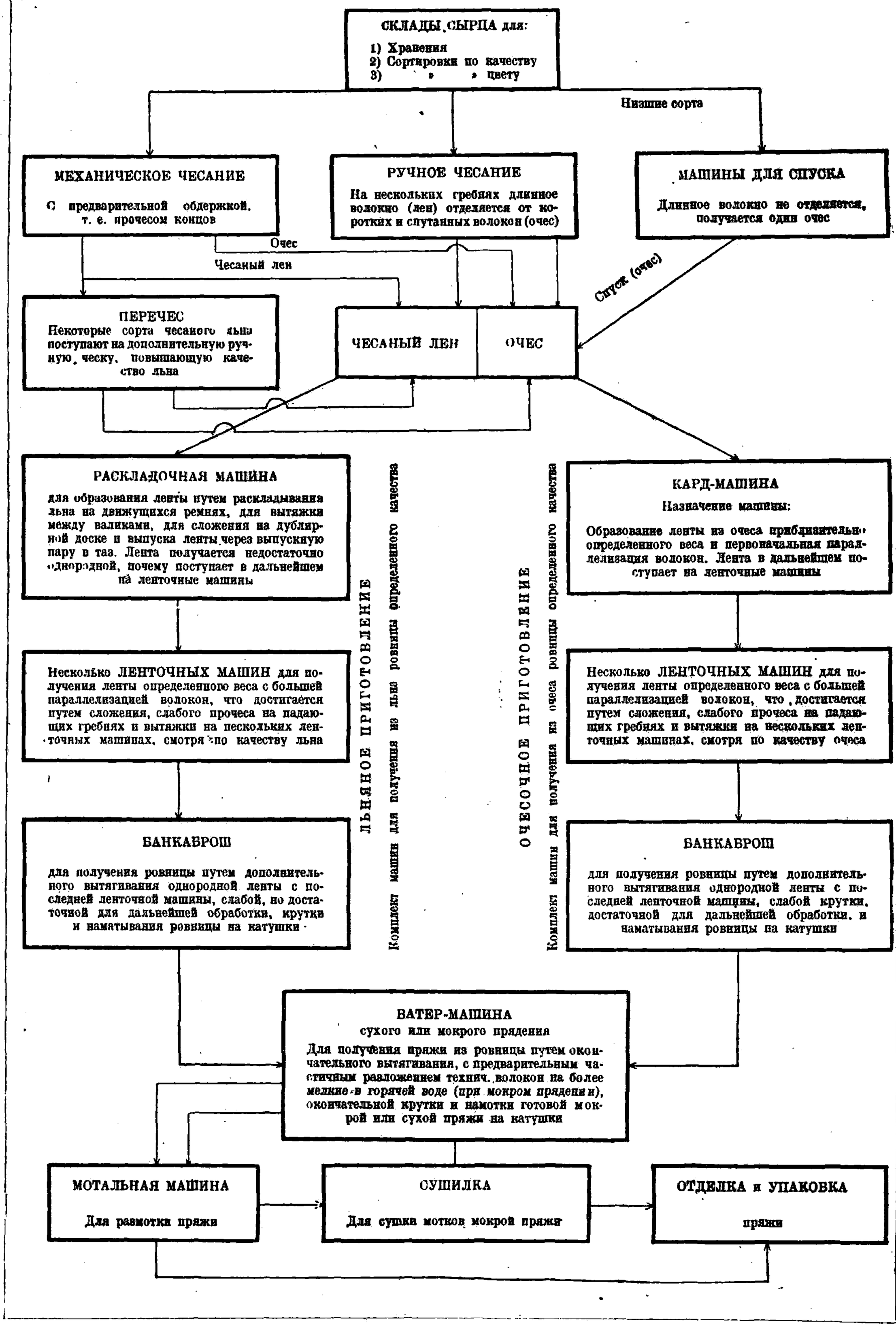
для нитки круче обыкновенной. Для других степеней крутки берутся коэф-ты 0,93; 0,96; 0,98. Кроме обычного способа размотки пряжи в мотки на рынке можно найти готовые початки, к-рые м. б. непосредственно вставлены в ткацкие челноки.

Мокрая пряжа, перемотанная в мотки, подвергается сушке. Из опыта найдено, что применение высоких $t°$ при сушке пряжи без последующего искусственного увлажнения нерационально, т. к. горячая сушка уносит не только избыток влаги, но и часть естественной, отчего пряжа делается менее эластичной и крепкой. Из всех способов сушки пряжи в мотках естественную воздушную сушку можно считать наиболее подходящей. По этому способу пряжа, вывешенная на деревянных шестах на открытом воздухе, в ясную погоду, под влиянием лучей солнца и движения воздуха хорошо высушивается. Неудобство этого способа—длительность, громоздкость и зависимость от погоды. Следующим по экономичности является способ сушки через использование тепла котельной. Для этого сушильню строят непосредственно над котельной в виде ряда этажей и подмостков со сквозным полом. В виду огнеопасности этот способ теперь воспрещен законом. В фабричных условиях сушка пряжи производится гл. образом при помощи специальных сушилок. Сушилки бывают барабанные, канальные и камерные. Барабанные сушилки состоят из 13 цинковых вращающихся паровых барабанов. Во время вращения барабанов вокруг них и между ними проходят мотки сырой пряжи, соединенные между собой медными прутьями. Недостатки этой сушки: значительный расход пара, трудность и дороговизна устройства, риск попортить товар излишней $t°$ барабанов. Канальные и камерные сушилки производят искусственную сушку пряжи продуванием теплого воздуха. В канальных сушилках высушиваемая пряжа движется навстречу сухому теплому воздуху, вдуваемому вентилятором. При сушке в камерах пряжа остается неподвижной, но меняется очередь поступления воздуха из одной камеры в другую, что в общем и создает систематич. сушку. Одна и та же пряжа после сушки ее различными способами приобретает различные свойства. После барабанов она получается грубой, из сушилок она выходит нежной, а из каналов и камер—среднего достоинства. Предельной $t°$ воздуха при сушке в каналах и камерах считается 50°. После удаления излишней влаги из середины пряжи наружная сторона ее становится жесткой и ломкой. Выставленная наружу пряжа поглощает 5—8% влаги. Для смягчения пряжи ее поливают водой и переворачивают в штабелях, а затем развешивают в сарае со сквозными стенками и крышей, поддерживая там воздух влажным и холодным. Хорошим способом охлаждения пряжи является расстилка ее на холодном полу, покрытом цыновками. С целью умягчения высушенной пряжи прибегают иногда к механич. воздействию на нее при помощи мягчильных машин, на к-рых или закручивают ее сначала в одну сторону, потом в другую, или же разминают на барабанах особыми вилками. Кроме мягчения пряжу и нитку подвергают еще белению и крашению. Иногда применяется варка в котлах со щелочами для придания пряже блеска. Для придания глянца нитку на специальных лощильных машинах обрабатывают с применением воска и других лоснящих веществ.

Мокрая пряжа после сушки пакуется в 20-фн. пачки ручным способом или на специальных прессах. Десяток таких пачек пакуется в 5-пд. кипу. Сухая пряжа пакуется полной длиной в юмы весом в 1 пд. Пять таких юмов дают 5-пд. кипу. Нитка пакуется в пачки 20-фн. веса. Такая паковка дает возможность по числу талек в 1 пд. сразу определять № пряжи и приблизительно ее качество. В действительности наблюдаются отклонения от этого, и иногда число талек в 1 пд. не соответствует обозначенному №. Поэтому в правильно орган зованном льнопрядильном производстве должен вестись каждодневный контроль вырабатываемой пряжи. Этот контроль сводится главн. образом к испытанию пряжи на номерность, на крепость и на крутку. Испытание на номерность производится путем ежедневного взвешивания одной или нескольких талек с каждого ватера. Иногда снимают катушку с ватера, перематывают ее на пробном мотовиле и путем взвешивания определяют №.

Нормальная влажность пряжи при испытании принимается в 8%. Крепость пряжи

Схема прядения.



определяется путем разрывания ее на специальных динамометрах, из которых лучшими считаются динамометры Шоппера. Чтобы получать сравнимые результаты, испытания пряжи на динамометре ведут при соблюдении ряда условий. Длина испытуемого образца между зажимами тисков принимается в 500 *мм*; скорость движения тисков берется 240 *мм/мин*; число испытаний делается не менее 10, и пряжа берется с двух концов по равному числу обрывов. Коэф. неравномерности определяется по ф-ле:

$$K = \frac{K_{общ.\ средн.} - K_{средн.\ мин.}}{K_{общ.\ средн.}} \cdot 100,$$

где K—нагрузка в *г*. По коэф-ту неравномерности определяют качества пряжи:

Пряжа очень ровная льняная—до 12%, очесочная—до	10%
Пряжа ровная льняная—12—15%, очесочная—до	10—12%
Пряжа удовлетворительная—15—17%, очесочная—до	12—15%
Пряжа неровная—17% и выше, очесочная—до	15% и выше.

Если умножить № испытуемой пряжи на среднюю величину разрывающего усилия по динамометру в *г*, то получим «добротность пряжи». Для льняной мокрой пряжи добротность колеблется в пределах 25 000—27 000; для очесочной пряжи мокрого прядения она будет 20 000; для очесочной сухой 13 000—23 000. Испытание пряжи на крутку производится на небольшом приборе, называемом крутком е ром. При помощи этого прибора пряжа раскручивается, и по циферблату отсчитывается число кручений. Зная раскручиваемую длину пряжи, определяют число кручений ее на длине 1 дм. При сдачах определение качеств пряжи должно производиться после вылежки ее в течение суток при $t°$ 20°.

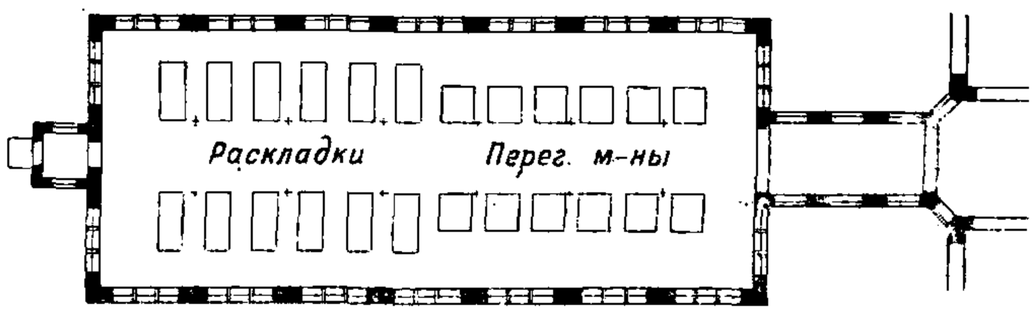
Льнопрядильная фабрика. Производство льняной пряжи и ниток в фабричном масштабе, а следовательно и организация льнопрядильной фабрики, обусловливаются целым рядом факторов. При проектировании новой льняной ф-ки необходимо прежде всего определить местоположение ее в зависимости от: 1) наличия воды; 2) транспортных условий; 3) сырьевых ресурсов; 4) топлива и электроэнергии; 5) наличия квалифицированной рабочей силы и возможности ее подготовки; 6) обеспеченности рабочих и служащих жилищной площадью; 7) условий сбыта продукции; 8) значения отдельных элементов—рабочей силы, сырья и топлива—в стоимости продукции; 9) характера предприятия (комбинации нескольких производств в одном предприятии) и его размера. При определении технологической части ф-ки особенное внимание д. б. обращено: 1) на выбор сырья; 2) установление способа обработки сырого материала (составление плана обработки, выбор ассортимента машин, на к-рых должен обрабатываться материал); 3) выбор скорости движения главных органов каждой из машин; 4) установление теоретич. и практич. производительности каждой из машин и коэф-та использования машины; 5) определение % угара при каждом переходе; 6) определение числа машин, необходимых для производства заданного количества пряжи, и расчет потребного количества сырья; 7) определение размеров вспомогательных приспособлений производства.

Примером рационализированной льнопрядильной ф-ки является проект инж. И. Д. Зворыкина, в к-рый автор внес все возможные улучшения и достижения современной техники Л. Не вдаваясь в подробности технологич. расчета, отметим лишь основные моменты проекта. Льнопрядильня обслуживает ткацкую, приготовляя для нее льняную пряжу: №№ 30, 36, 40 и 46. Узкий ассортимент товара позволяет легко разрешить вопрос о строгой координации машин и работать товар без перезаправ на машинах, специализируя труд рабочего, повышая продуктивность и качество товара. Для выработки пряжи №№ 30 и 36 берут ватера размером $2^1/_4 \times 30$ дм., 240 веретен с 7 000 об/м. Для пряжи №№ 40 и 46—ватера $2 \times 2^1/_4$ дм., 272 веретена с 7 500 об/м. Все ватера сист. Зворыкина—с подвесной рогулькой. Крутка для основы и утка берется равной 2. Кпд ватеров соответственно: 0,75; 0,77; 0,74; 0,76. Банкароши для пряжи №№ 30 и 36—$9 \times 4^1/_2$ дм., 80 веретен с 500 об/м.; для №№ 40 и 46—8×4 дм., 80 веретен с 550 об/м. Вытяжка на ватерах принимается равной 11. Крутка ровницы принимается с коэф. 0,43. Мотовил берется 12 штук для каждого номера соответственно числу ватеров, по одному мотовилу двойному на два ватера, всего 24 мотовила. Мотовила разрезные по 15 шпилек каждое, с самостоятельным вращением и крестовой мотки без перевязки узлов. Получающееся из указанного расчета количество машин приведено в табл. 1.

Табл. 1.—Число машин на льнопрядильной ф-ке по проекту Зворыкина.

Название машин	№ пряжи				Всего
	30	36	40	46	
Ватера	12	12	12	12	48
Банкароши	3	3	3	3	12
Мотовила	6	6	6	6	24
Ленточные машины	12	12	12	12	48
Тяжелые раскладки	3	3	3	3	12
Перегонные машины	3	3	3	3	12

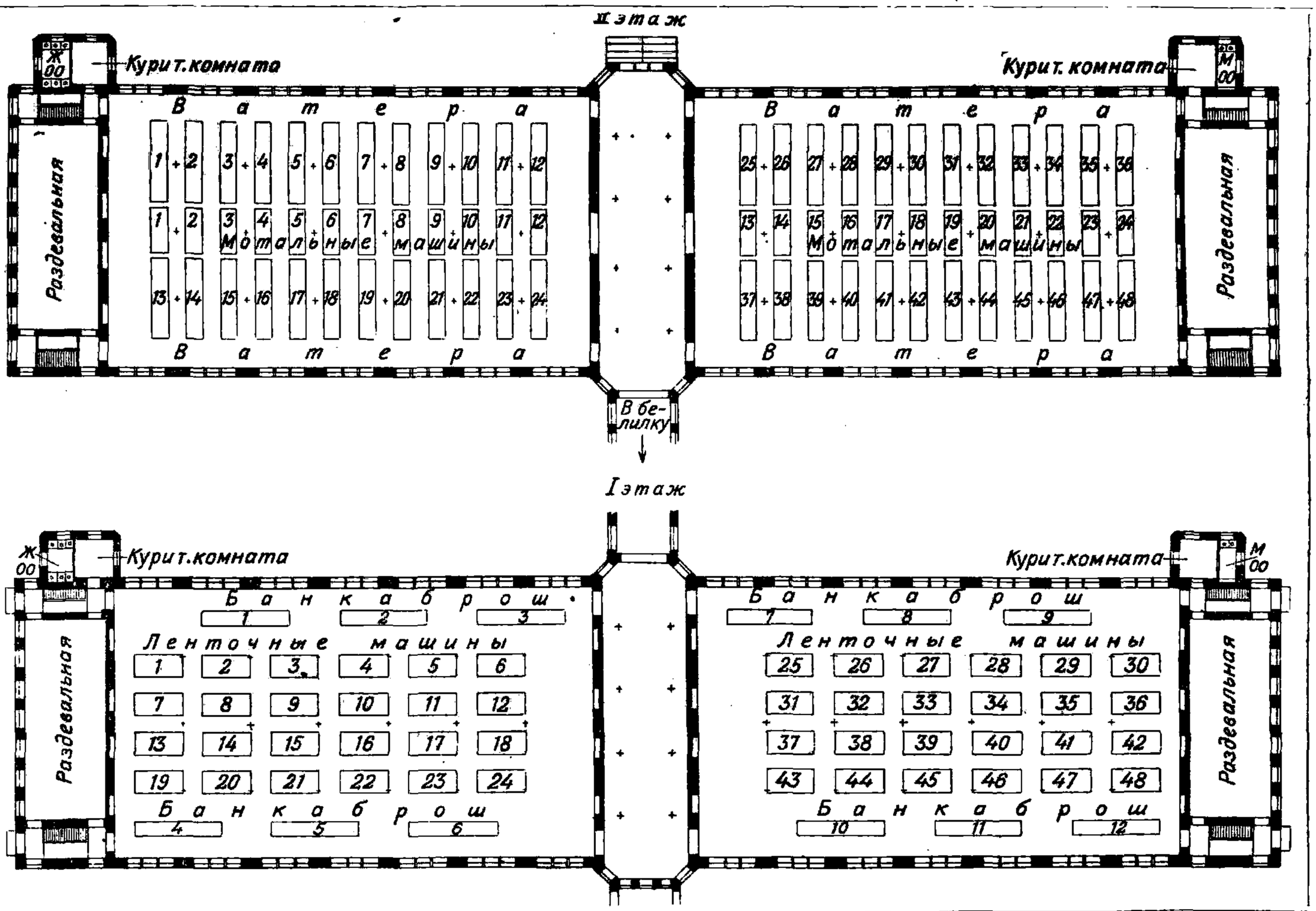
Машины располагают т. о., чтобы создать ход производства по принципу непрерывного потока при механизации передачи полуфабриката (фиг. 17 и 18). Достигается это след. обр. Ф-ка получает из центральной чесальной лен, к-рый завозится снаружи фабричного двора в кладовую. На моторной тележке по рельсовому пути лен подается в рядом стоящий одноэтажный корпус раскладочных машин. Тяжелые р а с к л а д к и, обращенные столами к середине корпуса, выпускают



Фиг. 17.

ленту по направлению к стенам. Д у б л и р к и, обращенные выпусками к середине корпуса, принимая ленту с тяжелых раскладок, выпускают ее к середине корпуса. После подбора тазов для ставки лента на механизированных тележках по однорельсовому пути направляется в 1-й этаж правого и левого крыльев двухэтажного прядильного корпуса, где ленточные машины расположены одна за другой. Банкароши (по 6 в каждом крыле) расположены вдоль корпуса на расстоянии 2 *м* от стен. Катушки с ровницей укладывают в ящики-этажерки, помещенные против банкароша у наружной стены корпуса. Эти ящики-этажерки механич. способом поднимают во 2-й этаж, где над банкаброшем и поперек его стоят обслуживаемые им 4 ватера. Ватера расположены в обоих крыльях 2-го этажа на расстоянии 2 *м* от стен. Между ватерами в средней части корпуса располагают мотовила. Катушки с ватеров передаются непосредственно съемщиками на рядом стоящие мотовила. Каждая сторонка мотовила состоит из 2 частей, имеющих самостоятельное движение, и работница (моталка) подматывает по одной сторонке рядом стоящих ватеров. К готовому съему моталка привешивает свой № и № пряжи и набрасывает съем на конвейер, расположенный между мотальным станком и ватером. Конвейер доставляет пряжу в центральный поперечный коридор ф-ки, где пряжа принимается и сортируется. Далее пряжа механич. способом проходит отделку, поступает в ткацкую, откуда в виде полотна проходит отделку и передается в кладовую. Организация производства должна предусматривать минимум запаса полуфабриката в производстве, быстроту процесса без вредных влияний на качество товара, наибольшую утилизацию сырья, минимум брака полуфабрикатов и окончательной продукции, максимум экономии подсобных материалов, сокращение учетного аппарата, наилучшие условия труда рабочих, усиленный технич. надзор и минимум ослабления волокна при его облагораживании. Все это вместе взятое дает основание рассчитывать на снижение себестоимости товара на 40—45%.

Примером координации машин льняной системы может служить следующий расчет, к-рый произведен для ровницы, идущей на изготовление пряжи № 30. Система, на к-рой будет готовиться ровница, состоит из следующих машин: тяжелой раскладки, дублировочной, трех ленточных и банкароша. Вытяжка на ва-



Фиг. 18.

тере: $\frac{43 \cdot 30}{151,2} = 8,53$. Номер ровницы равен $\frac{30}{8,53} = 3,51$. Крутка =0,93. Спецификация машин и план прядения ф-ки приведены в табл. 2.

Табл. 2.—Спецификация машин и план прядения.

Название машин	Головок	Впусков в головке	Выпусков в головке	Сложений	Вытяжек
Тяжелая раскладка	1	4	2	2	20
Дублировочная машина	2	6	2	12	10
1-я ленточная машина	3	8	1	8	10
2-я ленточная машина	4	8	1	8	11
3-я ленточная машина	5	8	2	4	12
Банкаброш	12	8	8	1	13

В табл. 3 даны планы прядения различ. №№ пряжи. Имея вполне определенную спецификацию машин, практич. осуществление координации машин по данному плану прядения ведут за счет изменения числа зубьев ходовых шестеренок. Однако при координации машин могут встретиться такие случаи, когда увязка работы их влечет большие скорости органов, опасные для их целости. Это прежде всего сказывается на гребнях: они дают такое число ударов, к-рое уже является для них опасным; имеется целый ряд изобретений по устройству аппаратов, к-рые на существующих ленточных машинах давали бы возможность увеличивать скорость, доводя число ударов гребней до 300—350 в мин.

Лит.: Чиликин Н. М., Лен и льнопрядильное производство, Основы технологии льна, М.—Л., 1926; Лбов А. Г., Прядение льна, Ив.-Вознесенск, 1927; Угаров А., Механич. обработка и прядение льна и оческов, М., 1902; Кобин А. А., Процессы льнопрядения, М., 1922; Carter H. R., The Spinning a. Twisting of Long Vegetable Fibres, 2 ed., L., 1919;

Табл. 3.—Планы прядения различных №№ очесочной и льняной пряжи.

Пряжа №	Характер работы	1-я ленточная	2-я ленточная	3-я ленточная	4-я ленточная	5-я ленточная	Банкаброш	Ватер
10 очес.	Вытяжки	5	5	—	—	—	5	5,5
	Сложения	3	4	—	—	—		
16 »	Вытяжки	4,5	4,5	5	—	—	5	5,5
	Сложения	4	4	2	—	—		
20 »	Вытяжки	4,5	5	5	—	—	5	5,5
	Сложения	4	4	2	—	—		
24 »	Вытяжки	5	5	5,5	—	—	5	5,5
	Сложения	4	4	2	—	—		
30 »	Вытяжки	5	5,5	6	—	—	5	5,5
	Сложения	4	4	2	—	—		
26 льн.	Вытяжки	6	6	6	6	—	6	7
	Сложения	6	4	4	2	—		
30 »	Вытяжки	6	6	6	6	—	6	8
	Сложения	4	4	4	2	—		
40 »	Вытяжки	6	7	7	8	—	6	8
	Сложения	8	4	4	2	—		
60 »	Вытяжки	7,5	7,5	8	8	—	6	8
	Сложения	8	4	4	2	—		
80 »	Вытяжки	6	7	7	7,5	8	6	8
	Сложения	8	4	4	4	2	—	—

Carter H. R., Modern Flax, Hemp. a. Jute Spinning a. Twisting, 2 ed., L., 1925; Sharp P., Flax, Tow a. Jute Spinning, L., 1907.

ЛЬНЯНОЕ МАСЛО, масло, получаемое из семян льна (Linum usitatissimum), культура которого широко распространена. О получении Л. м.—см. *Маслобойное производство.*

В Л. м., полученном прессованием, содержится много (ок. 0,25%) слизистых веществ, которые делают его непригодным для изго-

товления лаков и линолеума; очистка от слизистых веществ производится нагреванием масла с отбельными землями; слизистые вещества Л. м. дают при сжигании ~ 47,8% P_2O_5, CaO и MgO. В состав Л. м., по Эйбнеру, входят глицериды насыщенных кислот (8,3%), глицериды олеиновой (4,5%), α-линолевой (17%), β-линолевой (41,8%), α-линоленовой (20,1%) и изолиноленовой (2,7%) кислот; фитостерин (1%) и глицерин (4,1%). Содержание глицеридов жирных кислот сильно варьирует в зависимости от климата и обусловливает разнообразие свойств Л. м.—начиная от высыхающих масел, добываемых в сев. широтах СССР, до почти невысыхающих в южных широтах. Сев. широты (от 55° и выше) СССР дают наилучшее высыхающее Л. м. для лаковой и олифованной промышленности; аргентинское Л. м. сохнет плохо. Свежее Л. м. имеет цвет от золотисто-желтого до буро-желтого, характерный запах и горьковатый вкус. Константы Л. м. являются б. или м. постоянными только для масел, происходящих из определенной местности, т. к. они в значительной мере определяются климатич. условиями произрастания льна. Уд. вес D_{15}=0,926—0,936; иодное число 154 (Ташкент)—205 (Архангельск); число омыления 186—195; показатель преломления n_{15}=1,4835; показатель буттеррефрактометра (25°) 81—87,5; кислотное число 1,0—8; гексабромная проба 51,25—57,96. При высыхании Л. м. образует эластичную пленку. Технич. применение Л. м.—гл. обр. для приготовления *олифы* (см.), лаков, линолеума, в резиновой промышленности, в живописи и т. п. При гидрогенизации Л. м. присоединяет водород, образуя твердые глицериды насыщенных кислот (стеариновой); при омылении щелочами оно дает прозрачные мыла (см. *Мыловарение*). При нагревании до 300° и выше Л. м. полимеризуется и приобретает высокую вязкость. См. *Спр. ТЭ*, т. III.

Важнейшие мировые поставщики Л. м.: Аргентина, США, Индия и СССР. Ежегодная мировая продукция Л. м. (среднее за 1912—1922 гг.) равнялась 1 995 800 *m*; из них 888 600 *m* давала Аргентина.

Лит.: Иванов С. Л., Климаты земного шара и химич. деятельность растений, «Журн. прикладной химии», М., 1928; его же, Факторы маслообразовательного процесса в растении, «Труды Ин-та прикл. ботаники», Л., 1929; Фарион В., Химия высыхающих масел, пер. с нем., СПБ, 1913; ОСТ, *83*, *84*, *87*, 1927; Eibner A., Über fette Öle, Leinölersatzmittel u. Ölfarben, Mch., 1922; Eibner A., «Chem. Umschau», Stg., 1923, p. 293; Morell R. S., The Oxydation of Linseed Oil, «Industrial Chemist a. Engineering Chemistry», N. Y., 1925; Friend a. Alcocq, The Polymerisation of Linseed Oil, «J. Ch. I.», 1924, v. 43.

С. Иванов.

ЛЮКС, единица освещенности. Л. равен освещенности, создаваемой на внутренней поверхности шара радиуса в 1 *м*, помещенным в его центре точечным, одинаково по всем направлениям светящимся источником, с силой в одну международную свечу, или, что то же, освещенности поверхности, к-рая на площади в 1 $м^2$ получает равномерно распределенный по ней световой поток в 1 lm (см. *Люмен*). Международное обозначение Л.—lx, в русской литературе сокращенное обозначение Л.—*лк*.

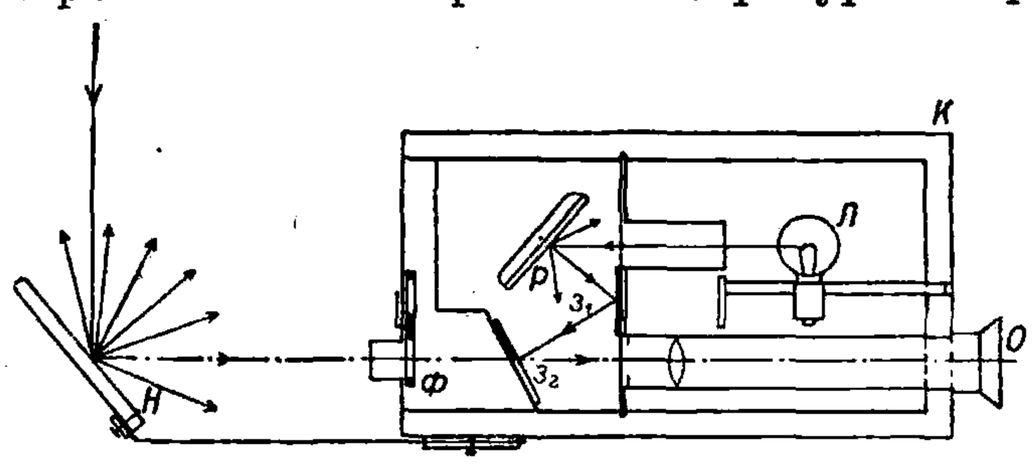
ЛЮКСМЕТР, фотометр освещенности, прибор, служащий для измерения величины освещенности в данном месте. Имеется чрезвычайно большое число типов Л., отличающихся друг от друга как по конструктивным деталям, так и по применяемым в них методам измерения освещенности. Во всех приборах этого назначения характерным является применение независимого постоянного источника света для создания т. н. поля сравнения. Необходимость его диктуется тем, что глаз неспособен оценивать освещенности количественно и может только устанавливать равенство яркости двух смежных полей. Поэтому определение освещенности неизбежно сводится к сравнению яркости особой пробной пластинки (с возможно хорошо рассеивающей поверхностью), помещенной в испытуемом месте, с яркостью поля сравнения, освещенного находящимся внутри Л. источником света. В качестве нормального источника света в старых конструкциях Л. применялось нередко пламя точно установленной вышины, питаемое химически определенными горючими (уксусноамиловый эфир, чистый бензин и т. п.). Однако зависимость силы света пламени от атмосферных условий (давление, влажность, содержание CO_2) и особенно резкое различие цвета сравниваемых полей при современных электрич. источниках света заставили применять в качестве нормального источника маловольтные лампы накаливания. Это обстоятельство значительно усложняет Л., т. к. становятся необходимыми генератор электрич. энергии (аккумуляторы, сухие элементы), измерительный прибор для установления точных условий накала нити лампы и регулировочный реостат, вследствие чего увеличивается громоздкость Л. Различные конструкции стремятся уменьшить по возможности громоздкость, сохраняя достаточную для практики точность.

Все применяемые Л. можно разбить на два класса: лабораторные и технич. приборы. Лабораторные Л. позволяют достигнуть довольно большой точности измерения (1—2%), но обладают значительной громоздкостью и сложностью конструкции. Применение их в качестве технич. приборов вне лаборатории практически невозможно. Технические Л. более портативны, проще по конструкции, но зато дают значительно меньшую точность (5—15 и даже 20%). Такая малая точность не служит препятствием к их применению, т. к. сама освещенность в любой точке помещения или открытого пространства не остается постоянной (вследствие колебания напряжения питающих лампы сетей, изменения со временем силы света ламп, изменения положения солнца и метеорологич. условий в естественном освещении).

Из нашедших применение технич. Л. следует упомянуть следующие: Осрам, Бехштейна, Макбета, Троттера, т. н. Foot-Candle Meter, Голофейн и др. Они отличаются как по общей конструкции и легкости, так и по применяемым в них приемам уравнивания яркости поля сравнения с яркостью пробной пластинки. Главными приемами являются: применение закона квадратов расстояния (Макбет), изменение величины освещающей поле сравнения светящейся поверхности

(Голофейн, Бехштейн), использование наклона освещаемой внутри Л. поверхности сравнения к падающим лучам (Троттер), изменение освещенности узкой полосы от помещенного у одного из концов ее источника света (Foot-Candle Meter). Для ослабления яркости пробной пластинки при больших освещениях чаще всего применяются нейтральные светофильтры или пробные поверхности с различными коэф-тами отражения (Бехштейн). Точно так же при измерении очень малых освещенностей перед нормальным источником света помещаются чаще всего нейтральные фильтры для уменьшения яркости поля сравнения.

В СССР производится один тип Л. (Государственный оптич. ин-т), в основу конструкции которого положен Л. системы Троттера в исполнении фирмы Эверетт, Эджкомб и К° (Лондон). В первоначальную англ. модель внесен ряд существенных изменений; схема устройства Л. изображена на фигуре. Нор-

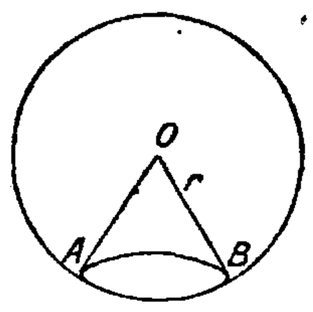


мальная лампа *Л* освещает поверхность сравнения *Р* из фарфора, особым образом приготовленного. Эта поверхность м. б. наклонена к падающим на нее лучам под различными углами при помощи вырезанного по определенной кривой шаблона, поворачиваемого извне Л. кнопкою. Наблюдатель смотрит в окуляр *О* и при помощи зеркал $з_2$ и $з_1$ видит поверхность сравнения *Р*. С половины зеркала $з_2$ снят серебряный слой, так что сквозь стекло зеркала видна поверхность нормальной фарфоровой пластинки *Н*, освещенной внешними источниками света. Окуляр фокусируется на границу серебряного слоя на зеркале $з_2$, и т. о. в поле зрения Л. видны рядом две области с яркостями поверхности сравнения и нормальной поверхности, разделенные резкой и тонкой пограничной чертой. Поворотом пластинки *Р* можно добиться того, что оба поля будут иметь одинаковую яркость и граница между ними исчезнет (при условии одинаковости цветов обоих полей). Отсчет положения, связанного с пластинкой *Р* указателя на находящейся на наружной стенке Л. шкале, дает прямо число lx освещенности. Шкала дает возможность измерять освещенности от 3 до 60 lx. Если освещенность выше 60 lx, то никаким поворотом пластинки *Р* уже нельзя уравнять яркости видимых полей. Тогда в ход лучей от пластинки *Н* до окуляра включается один из серых желатиновых фильтров, вставленных в отверстия диска *Ф*. Эти светофильтры ослабляют яркость *Н* в 10, 100 и 1 000 раз, так что при их помощи можно измерять освещенности до 60 000 lx. Если измеряемая освещенность меньше 3 lx, то включается серый светофильтр между лампой *Л* и пластинкой *Р*. Этот светофильтр, ослабляющий яркость *Р* в 10 раз, дает возможность измерять освещенности до 0,3 lx. Наконец имеется еще голубой светофильтр, включаемый между *Р* и *Л* при измерениях освещенностей от естественного освещения и до известной степени уравновешивающий цвета фотометрич. полей. Постоянство силы света лампы *Л* поддерживается при помощи реостата, включенного в цепь батареи аккумуляторов на 2,7 V и присоединенного к зажимам лампы вольтметра.

Л. со всеми принадлежностями укладывается в деревянный ящик с ремнем для ношения. При помощи Л. можно измерять не только освещенности, но и яркости. Для этого достаточно убрать пластинку *Н* и направить прибор непосредственно на поверхность, яркость к-рой надо измерить. Отсчет по шкале в lx м. б. легко переведен на единицу яркости (св. на $см^2$). Точно так же можно измерять и коэф. отражения, для чего достаточно взять два отсчета: при пластинке *Н* и без нее. Наконец если измерить расстояние от пластинки *Н* до источника света и позаботиться, чтобы свет падал на *Н* нормально, то можно рассчитать и силу света по измеренной освещенности.

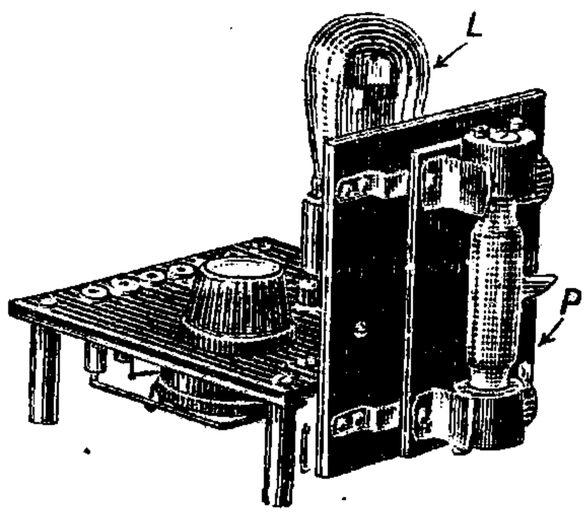
Лит.: Зеленцов М. Е., Световая техника, Л., 1925; Bloch L., Lichttechnik, B., 1921; Walsh J., Photometry, L., 1926. **С. Майзель.**

ЛЮМЕН, единица светового потока. Л. равен потоку, испускаемому внутри телесного угла, равного единице, точечным, одинаково по всем направлениям светящимся источником света силой в 1 международную свечу. Вообразим в *О* (фиг.) точечный источник света, имеющий по всем направлениям одинаковую силу света в одну международную свечу, и опишем вокруг этой светящейся точки, как центра, сферу радиуса *r*. Телесный угол *AOB*, отсекающий на поверхности сферы площадь, равную квадрату радиуса, есть единичный телесный угол (стерадиан), и испускаемый внутри него световой поток будет равен 1 люмену. Полный световой поток, испускаемый точечным источником света, имеющим силу света по всем направлениям в 1 св., равен 4π Л. Международное обозначение Л.—lm. В русской литературе сокращенное обозначение Л.—лм. См. *Фотометрия*.



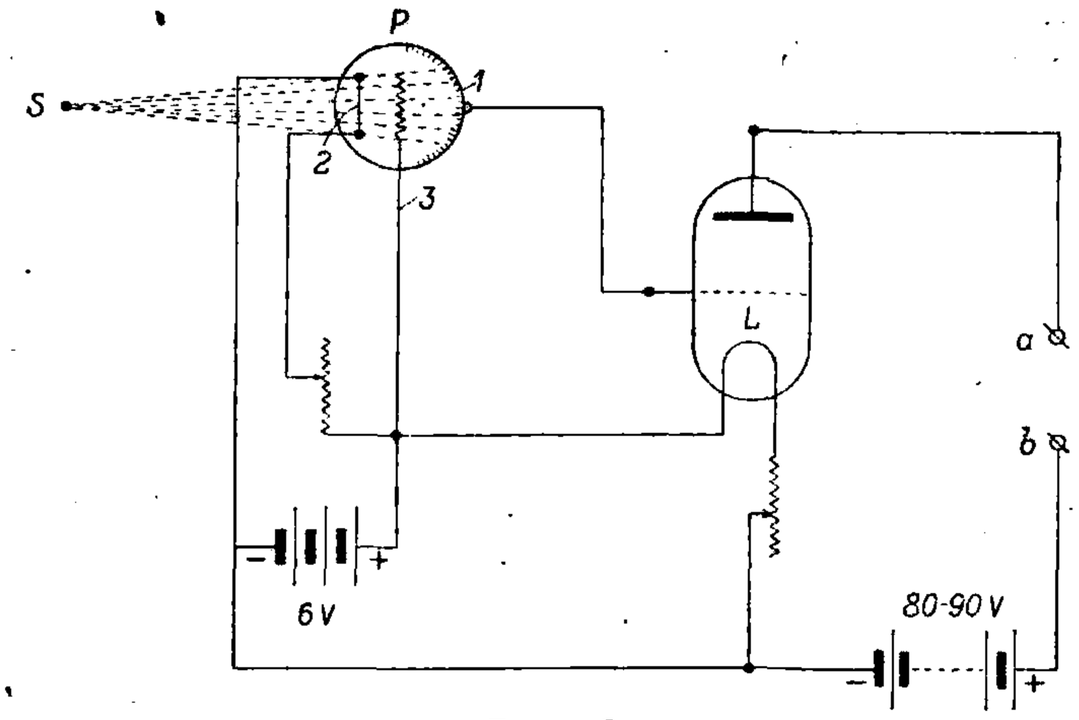
ЛЮМЕНОТРОН, прибор для превращения переменных импульсов света в соответствующие по силе импульсы электрич. тока; применяется в аппаратах для передачи изображений с целью образования электрич. сигналов, соответствующих освещенности отдельных точек передаваемого изображения. Л. также служит для записывания кривых колебания дневной силы света: в этом случае в цепь Л. включается самопишущий электрич. прибор, действующий при токе 2—5 mA и записывающий отклонения стрелки на медленно движущейся бумажной ленте. Прибор в общем виде (фиг. 1) состоит из особого фотоэлемента *Р* и электронной лампы *L*, монтированных на одном общем держателе. В данной на фиг. 2 схеме фотоэлемент представлен в виде стеклянного баллона с высоким вакуумом, в котором на внутренней поверхности расположен светочувствительный слой (ка-

лий) *1*; по оси баллона расположены нить накала *2* и сетка *3* в виде зигзагообразной никелевой проволоки. По схеме фотоэлемент включен в цепь электронной лампы так. обр., что его нить накала *2* питается от общей батареи накала лампы. Светочувствительный слой соединен посредством металлич. отвода через стекло непосредственно с сеткой лампы. Сетка фотоэлемента присоединена к положительному полюсу батареи накала и имеет положительный заряд. В анодной цепи электронной лампы находится батарея, обладающая напряжением 80—90 V. К зажимам *a* и *b* присоединяется ламповый усилитель, в случае применения Л. в аппарате для передачи изображений, или самопишущий электрический прибор—в случае записи колебаний дневного света.



Фиг. 1.

Особенность действия Л. по сравнению с обычными системами усиления фототоков



Фиг. 2.

заключается в том, что нить накала фотоэлемента испускает поток электронов, летящих по направлению к сетке, вследствие ее положительного заряда. Часть электронов, обладающая большой скоростью, пролетает через сетку и бомбардирует светочувствительный слой. Опыт показывает, что искусственная бомбардировка светочувствительного слоя, с одной стороны, значительно повышает чувствительность фотоэлемента к падающему на него свету от источника *S*, а с другой стороны, препятствует накоплению электрического заряда на системе: светочувствительный слой—сетка электронной лампы; в обычных условиях этот заряд вызывает нарушение пропорциональности между интенсивностью действующего света и силой импульсов фототока при большой частоте пульсирования света. Испытание Л. показывает, что в нем при частоте пульсации падающего света 10 000—20 000 колеб. в ск. нарушение пропорциональности между интенсивностью световых сигналов и силой импульсов фототока практически отсутствует.

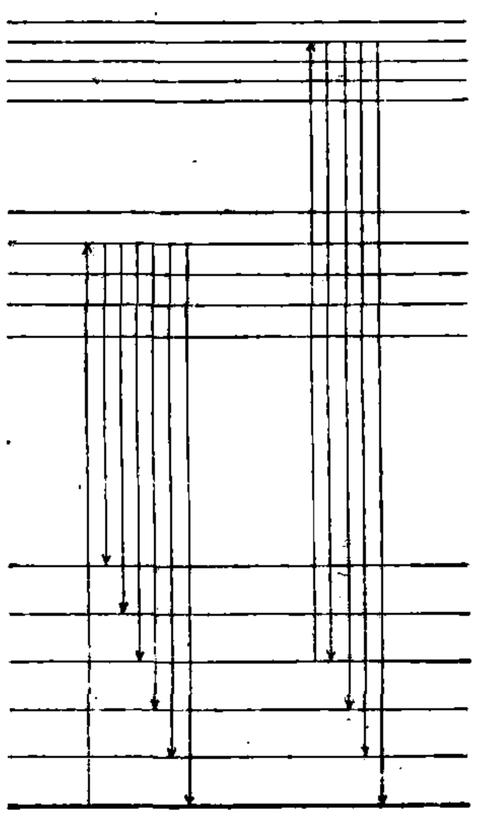
Лит.: H a k k e n T., «Radio News», N. Y., 1925, Oct., p. 436; Ам. П. 1522070. **С. Какурин.**

ЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ, собственное избирательное излучение тел, противопоставляемое тепловому, равновесному излучению (см. *Излучение*). Если нек-рое тело под действием тех или иных причин начинает светиться собственным светом, энергия к-рого превосходит для данной части спектра энергию теплового излучения, соответствующего $t°$ тела, то мы имеем дело с Л. В определение Л. входит понятие о собственном излучении, или самосвечении тела, характерным признаком которого является независимость фазы излучаемых световых волн (некогерентность) у двух соседних молекул. Таким образом обычное рассеяние света в веществе или отражение не являются Л.

Общепринятой рациональной классификации видов Л. до сих пор не существует. Принято различать типы Л. по внешним причинам, ее вызывающим. Ниже приведены названия некоторых типов Л.

Название	Причина
Фотолюминесценция	Поглощение света
Пиролюминесценция	Нагревание в пламенах
Электролюминесценция	Электрич. разряд в газах
Катодолюминесценция	Бомбардировка катодными лучами
Анодолюминесценция	Бомбардировка анодными лучами
Радиолюминесценция	Лучи радия (α, β, γ)
Рентгенолюминесценция	Лучи Рентгена
Кристаллолюминесценция	Кристаллизация из растворов
Триболюминесценция	Механич. раздробление кристаллов
Термолюминесценция	Небольшое нагревание после предварительного возбуждения светом или корпускулярными лучами
Хемилюминесценция	Химич. процессы
Биолюминесценция	Химич. процессы в живых организмах

По современным представлениям о свете и строении вещества механизм всякого рода Л. всегда один и тот же. Каждая молекула м. б. характеризована прерывной совокупностью энергетических стационарных состояний, в одном из которых она может находиться в данный момент. Схематически совокупность стационарных состояний изображают так (фиг. 1). По вертикальной оси откладывают значения энергии молекулы, отсчитываемые от энергии основного, или нормального, состояния; стационарные состояния, или «уровни», отмечаются параллельными горизонтальными прямыми. Для того чтобы молекула могла светиться, ее необходимо «возбудить», т. е. перевести посредством того или другого агента с нормального, нижнего уровня на один из возможных верхних уровней. Процесс возбуждения обозначен на фиг. 1 стрелками, направленными кверху. Если возбужденная молекула достаточно изолирована от внешних влияний, то через нек-рое время τ (различное для разных уровней и различных молекул) она спонтан-


Фиг. 1.

но переходит на один из нижних уровней, в частности сразу на основной, нормальный. Такое возвращение из возбужденного состояния обозначено на фиг. 1 стрелками, направленными вниз. Освобождающаяся при переходе на один из нижних уровней энергия излучается в виде света, частота колебаний к-рого ν определяется условием частот Бора (см. *Кванты*):

$$\nu = \frac{E_n - E_m}{h}, \qquad (1)$$

где E_n—энергия возбужденного состояния, E_m—энергия того уровня, до к-рого опускается молекула, h—квантовая постоянная. По изложенной схеме Л. всякого рода должна начинаться возбуждением молекулы, и различные виды Л. отличаются друг от друга только способами возбуждения. Молекула м. б. возбуждена световой и корпускулярной радиацией либо комбинированным действием той и другой. Соответственно этому следует выделить два основных класса Л.: фотолюминесценцию и корпускулярную Л.

Фотолюминесценция. Истинной фотолюминесценцией д. б. назван тот случай, когда при поглощении кванта света $h\nu_0$ происходит возбуждение, сопровождаемое возвращением на нормальный уровень с испусканием света. Процессы такого рода происходят в различных веществах в газообразном, жидком и твердом состоянии. Наиболее осложнены и наименее изучены явления в твердых телах. Из закона сохранения энергии следует, что если вся энергия, поглощенная молекулой, вновь излучается, то

$$h\nu_0 = \sum h\nu_i, \qquad (2)$$

где ν_i—частоты света, излучаемые при постепенном опускании молекулы от уровня к уровню, вплоть до нормального. По (2)

$$\nu_0 \geqslant \nu_i \text{ или } \lambda_i \geqslant \lambda_0, \qquad (3)$$

т. е. длина волны света фотолюминесценции больше или равна длине волны поглощенного возбуждающего света (закон Стокса). На опыте наблюдаются небольшие отклонения от закона Стокса, объясняющиеся тем, что освещаемые молекулы слегка возбуждены еще до освещения вследствие молекулярных ударов (фиг. 1). При поглощении молекула поднимается до верхнего уровня не с основного, а с более высокого уровня, при излучении же она может упасть в самый низ и т. о. окажется, что $h\nu_0 < h\nu_i$. Нарушение закона Стокса происходит за счет тепловой энергии и становится тем заметнее, чем выше $t°$ среды. В случае разреженных одноатомных газов (например в парах Na и Hg) удается получить фотолюминесценцию, длина волны к-рой в точности совпадает с возбуждающей волной. Этот случай фотолюминесценции, открытый Р. Вудом, назван им резонансным излучением. Вообще при возбуждении монохроматическ. светом появляется целый резонансный спектр в соответствии со схемой фиг. 1. Возвращение возбужденной молекулы с верхнего уровня вниз происходит в этом случае в отдельных молекулах различными способами.

Для того чтобы вся поглощенная световая энергия могла проявиться полностью в виде фотолюминесценции, необходимо, чтобы за время τ возбужденного состояния молекулы последняя не потеряла своей энергии возбуждения вследствие столкновений с другими молекулами. В результате соударений возбужденной молекулы с другой, невозбужденной, могут произойти т. н. удары второго рода. При таких ударах энергия возбуждения переходит в кинетич. энергию соударяющихся партнеров, т. е. в тепло, или частью тратится на возбуждение ударяющей невозбужденной молекулы. В результате фотолюминесценция должна слабнуть, «тушиться». Выход фотолюминесценции, т. е. отношение излученной энергии к поглощенной, для резонансного излучения одноатомных газов в случае отсутствия ударов второго рода равен 100%; для фотолюминесценции слабых растворов флуоресцеина выход приблизительно равен 80%. Прибавляя к газам, дающим резонансное излучение, другие газы (особенно электроотрицательные), можно сильно понизить выход фотолюминесценции, т. е. тушить ее, что происходит вследствие ударов второго рода. Аналогичное явление происходит и в растворах веществ, дающих фотолюминесценцию. Прибавляя например к растворам флуоресцеина KJ, можно ослаблять фотолюминесценцию, причем ход тушения и зависимость его от концентрации и $t°$ вполне согласуются с представлением об ударах второго рода. Тушение очевидно будет тем больше, при прочих равных условиях, чем больше длительность возбужденного состояния τ. Отсюда получается возможность определения τ по тушению фотолюминесценции. Найденные величины для газов и жидких растворов колеблются для различных веществ в весьма широких границах (10^{-9}—10^{-3} ск.).

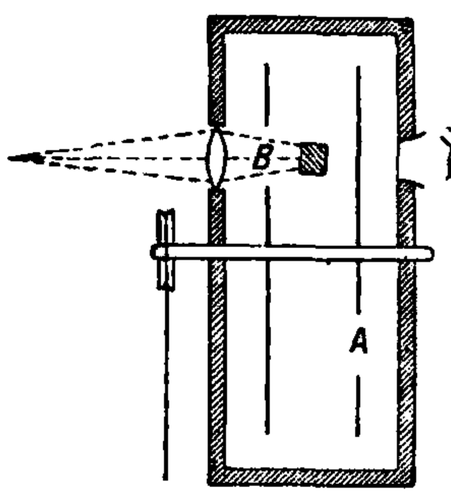
Свет фотолюминесценции, вообще говоря, поляризован как при возбуждении поляризованным, так и естественным светом. Если обозначить через p_n степень поляризации света фотолюминесценции при возбуждении естественным светом, а через p_p—поляризацию при возбуждении линейно поляризованным светом с вертикальными колебаниями, то при наблюдении в направлении, перпендикулярном к плоскости, в к-рой лежат возбуждающий луч и колебания электрич. возбуждающего вектора,

$$p_n = \frac{p_p}{2 - p_p}.$$

Степень поляризации фотолюминесценции зависит для газов от давления, а для жидкостей от вязкости. Если за время возбужденного состояния τ молекула не успевает изменить своей ориентировки в пространстве благодаря соударениям, то поляризация будет максимальной; наоборот, при наличии большого числа соударений за время τ, различные возбужденные молекулы повернутся различным образом, и т. о. свет фотолюминесценции будет сильно деполяризован. В жидкостях деполяризация фотолюминесценции обусловлена вращательным броуновским движением, к-рое тем больше, чем меньше вязкость жидкости. Применение кинетической теории газов и теории броуновского движения дает возможность теоретически установить связь наблюдаемой степе-

ни поляризации p, максимальной поляризации p_0, абс. темп-ры T, вязкости η и времени τ. Т. о. изучение деполяризации фотолюминесценции в газах и жидкостях дает новый метод определения τ, приводящий к результатам, согласующимся с цифрами, полученными на основании тушения фотолюминесценции.

Явления фотолюминесценции принято разделять на две группы—флуоресценцию и фосфоресценцию—по признаку длительности послесвечения. Фотолюминесценция, прекращающаяся практически тотчас же после освещения, называется флуоресценцией; фотолюминесценция, длящаяся нек-рое время после прекращения освещения, называется фосфоресценцией. Разделение по указанному признаку потеряло однако в настоящее время теоретич. смысл. Длительность фотолюминесценции связана непосредственно с длительностью τ возбужденных состояний молекулы. Эта длительность τ для различных стационарных состояний одной и той же молекулы и для разных молекул может варьировать в весьма широких пределах, причем нельзя указать какого-либо принципиального различия между состояниями с короткой и большой длительностью и следовательно невозможно провести границы между флуоресценцией и фосфоресценцией.



Фиг. 2.

Для изучения длительности фотолюминесценции предложено несколько прямых методов, являющихся вариациями фосфороскопа Бекереля. Фосфороскоп Бекереля в простейшей форме устроен следующим образом (фиг. 2). Между двумя дисками, быстро вращающимися на общей оси, помещают исследуемое вещество. В дисках имеется ряд секторных вырезов A и B, причем диски могут поворачиваться на оси друг относительно друга таким обр., чтобы угловое расстояние вырезов можно было менять по желанию. Если один из вырезов B находится как-раз против отверстия, через которое падает возбуждающий свет, то исследуемое тело начнет люминесцировать, но в данный момент оно закрыто от глаза наблюдателя вторым диском, вырез которого A сдвинут относительно B. Если Л. обладает достаточной длительностью, то к тому моменту, когда вырез A станет против глаза, свет будет еще виден. Меняя скорость оборотов дисков и угловое расстояние между отображениями, можно замечать послесвечения порядка десятитысячных долей секунды. Послесвечения порядка миллионных долей секунды можно изучать при помощи искровых фосфороскопов. Возбуждающим источником служит конденсированная искра, получаемая от разрядника, один из электродов к-рого вращается на одном конце оси синхронного мотора; на другом конце оси мотора вращается зеркало, развертывающее возбуждаемую искрой Л. на экране, удаленном от зеркала на расстояние около 200 *см*. В качестве прерывателя в фосфороскопе, предназначенном для измерения послесвечения порядка миллиардных долей секунды, применяется конденсатор Керра (см. *Керра эффект*).

Разделение фотолюминесценции на флуоресценцию и фосфоресценцию основывалось в частности на том факте, что свечение с заметной длительностью наблюдается только в твердых телах и неизвестно в газах и жидкостях. Однако в последнее время удалось доказать например, что излучение т. н. линий небулия в планетарных туманностях вызывается чрезвычайно длительным свечением многократно ионизованных атомов кислорода и азота. Послесвечение большой длительности наблюдается также в парах ртути. Жидкие растворы ураниловых солей дают тоже послесвечения большой длительности, порядка десятитысячных долей секунды.

Наиболее существенные стороны в явлении фотолюминесценции газов и жидкостей могут считаться в настоящее время выясненными, хотя остается много детальных, но важных вопросов, требующих дальнейшего исследования. В частности нерешенным остается также вопрос, почему в жидком и твердом состоянии одни вещества люминесцируют, другие нет. Можно думать, что фотолюминесценция для жидких сред возможна только в тех случаях, когда люминесцирующая группа данной молекулы окружена защитной оболочкой из других атомов или из молекул растворителя, предохраняющей люминесцирующую группу от тушащих ударов второго рода. Чрезвычайно сложно развертываются явления Л. в твердых телах. Примером могут служить растворы анилиновых красок в твердых средах. В жидких растворах краски обнаруживают типичные явления флуоресценции (длительность порядка $10^{-8} \div 10^{-9}$ ск., тушение, поляризацию и пр.). В твердых растворах (например в сахарном леденце) Л. осложняется—наряду с «флуоресценцией» появляется также «фосфоресценция», с большой длительностью свечения, порядка нескольких секунд; в некоторых случаях эта фосфоресценция дает спектры, вполне совпадающие со спектром флуоресценции, причем свет фосфоресценции остается поляризованным; однако наряду с этой фосфоресценцией обнаруживается (особенно при низких $t°$) еще вторая фосфоресценция, спектр которой совершенно иной, длительность свечения к-рой больше, чем у первой, и свет неполяризован. Для теоретического объяснения явлений такого рода нет еще достаточных данных.

В технике изготовления *светящихся составов* (см.) большое значение имеют твердые т. н. фосфóры Ленарда, дающие яркую фосфоресценцию весьма большой длительности. Ленардом и его учениками особенно обстоятельно были изучены щелочноземельные сернистые фосфóры. Состав этих фосфóров следующий: к сульфиду щелочноземельного металла (Ca, Sr, Ba) прибавляется ничтожное количество тяжелого металла (напр. Cu, Bi, Pb), смесь сплавляется в индиферентной бесцветной плавкой среде (напр. Na_2SO_4, NaCl, CaF); вместо щелочноземельного металла можно вводить и другие элементы.

Спектры ленардовских фосфо́ров состоят из нескольких независимых полос, каждая из которых м. б. возбуждена прямым образом: 1) как практически мгновенно затухающая флуоресценция (мгновенный процесс); 2) как длящаяся фосфоресценция (длящийся процесс); 3) как фосфоресценция короткой длительности (при возбуждении ультрафиолетовым светом). Ленардовские фосфо́ры тщательно и многосторонне изучены с эмпирич. стороны; приемлемого теоретич. объяснения их свойств однако не существует.

Фотолюминесценцией повидимому объясняются некоторые случаи триболюминесценции. При раскалывании кристаллов, в микроскопич. трещинах вероятно образуются большие разности потенциалов. В разреженном воздухе в этих трещинах происходит электрический разряд, сопровождающийся излучением ультрафиолетового света. Этот свет и является, по Ленарду, прямой причиной наблюдаемой Л. некоторых кристаллов.

Л. под действием корпускулярных лучей. Молекулы м. б. возбуждены не только светом, но и посредством ударов электронов (катодолюминесценция), положительных ионов (анодолюминесценция) и нейтральных частиц. Тепловое равновесное излучение может рассматриваться как смешанный случай Л., возбуждаемой светом и ударами молекул. Разница от Л. в точном смысле слова состоит только в том, что средняя энергия возбуждающих молекул или квантов не превосходит средней энергии молекул, соответствующих данной $t°$. Для того чтобы молекула возбудилась при ударе, необходимо, чтобы кинетич. энергия ударяющей частицы

$$\frac{mv^2}{2} \geqslant E_i - E_k, \qquad (4)$$

где E_i и E_k—энергии начального и конечного уровня возбуждаемой молекулы. Наличие знака $>$ в соотношении (4) существенно отличает действие частицы от действия кванта. В то время как для оптич. возбуждения по ф-ле (4) необходимо, чтобы энергия кванта равнялась разности энергий $E_i - E_k$, для корпускулярного возбуждения достаточно, чтобы $\frac{mv^2}{2}$, вообще говоря, превосходило $E_i - E_k$. Впрочем открытие комбинационного рассеяния света показало, что указанное различие только количественное. В действительности квант, энергия которого превосходит $E_i - E_k$, может возбудить молекулу, однако вероятность такого возбуждения очень мала, в то время как для корпускулы она весьма значительна. Если Л. происходит в газе под действием катодных или анодных лучей, скорость которых определяется разностью потенциалов V, то минимальное V_0, потребное для возбуждения свечения спектральной линии с частотой ν, определится на основании (1) и (4) так:

$$e \cdot V_0 = E_i - E_k = h\nu, \qquad (5)$$

где e—заряд корпускулы. При прохождении катодных или анодных лучей в разреженном газе вероятность встречи корпускул с молекулами невелика и поэтому кпд источника света такого рода ничтожен. В разрядных трубках с довольно высоким давлением (ртутная лампа, неоновая лампа и т. д.) энергия вылетающих частиц помимо возбуждения тратится и на ионизацию, однако кпд здесь значительно больше. Катодо- и анодолюминесценция в жидких телах почти не изучены, в отношении же твердых тел существует обширный сырой и противоречивый опытный материал. На основании расчета по формуле (5), для возбуждения видимого свечения в твердых телах требуются ничтожные потенциалы, порядка нескольких вольт. Опыт показывает однако, что порожный потенциал V_0 для твердых тел измеряется сотнями и даже тысячами вольт и только в исключительных условиях его удается понизить до десятков вольт. Можно предполагать, что эти высокие значения V_0 не имеют ничего общего с истинным механизмом возбуждения Л. и связаны с образованием сильных замедляющих электрич. полей на поверхности твердых тел под действием катодных или анодных лучей. Для сравнительно узких интервалов изменения потенциала V яркость Л. линейно связана с V:

$$J = \mu N(V - V_0); \qquad (6)$$

здесь N—число корпускул, падающих в единицу времени на твердую поверхность, μ—коэф-т, различный для разных люминесцирующих веществ. Кпд ламп, светящейся частью которых служат различные твердые тела, возбуждаемые катодными лучами, в самых лучших условиях очень мал (не свыше 2%). Внутренней катодолюминесценцией несомненно объясняется рентгенолюминесценция, т. е. видимое свечение различных твердых тел под действием лучей Рентгена. При поглощении огромных рентгеновских квантов внутри вещества, вылетают с большими скоростями вторичные электроны, поглощающиеся в свою очередь и дающие третичные электроны, и т. д. Посредством такого механизма рентгеновский квант постепенно превращается в мелкие видимые кванты. Рентгенолюминесценция наблюдается и в парах (пары ртути) и в жидкостях (растворы ураниловых солей).

При Л. под действием лучей радия (радиолюминесценция) энергия отдельных α-, β- и γ-лучей тратится на возбуждение большого числа элементарных процессов, причем для α- и β-лучей место попадания частицы отмечается отдельной видимой вспышкой (сцинтиляции). Подмешивая ничтожные следы радиоактивных веществ к ленардовским фосфо́рам, можно получить порошки, находящиеся при постоянном возбуждении (см. *Светящиеся составы*).

Хемилюминесценция. Большое число эндотермических химич. реакций сопровождается Л. Свечение пламен (если в последних нет накаленных твердых частиц) представляет простейший пример хемилюминесценции в газах. Окисление многих органич. веществ в присутствии перекиси водорода сопровождается свечением жидкости. Свечение твердого фосфора при окислении—пример хемилюминесценции в твердых телах. Энергетически несомненно, что возбуждение молекул или атомов, сопровождающееся хемилюминесценцией, получается за счет освобождающейся химической энергии;

однако ни в одном случае достоверно не известен самый механизм возбуждения при хемилюминесценции. Так. обр., по крайней мере временно, наряду с фотолюминесценцией и корпускулярной Л. приходится считать хемилюминесценцию особым классом Л. С термодинамическ. точки зрения для равновесных процессов, сопровождающихся фотохимич. явлениями, необходимо должна существовать хемилюминесценция. Если при поглощении кванта света может происходить химич. реакция, то в случае равновесия обратная химич. реакция должна сопровождаться излучением кванта. Изучение спектров хемилюминесценции позволяет получить важные сведения о механизме химич. реакций и в деталях проследить энергетику элементарных процессов. Одним из простейших примеров хемилюминесценции может служить свечение паров галоидных солей, например NaJ при освещении ультрафиолетовым светом. По внешнему признаку свечение здесь возбуждается светом и должно бы считаться фотолюминесценцией, в действительности же при поглощении света происходит диссоциация молекулы на атом галоида и на возбужденный атом металла, о чем можно судить по спектру (получается напр. желтая линия атомного натрия). Яркость хемилюминесценции пропорциональна скорости химич. процесса. Фотометрич. изучение хемилюминесценции дает т. о. средство для изучения кинетики химич. процессов. Кпд, т. е. отношение освобождающейся химической энергии к энергии света Л., очень велик для некоторых случаев хемилюминесценции.

Частный случай хемилюминесценции представляет биолюминесценция—свечение живых организмов—явление, довольно распространенное в живой природе. Во многих случаях доказано, что Л. вызывается окислением двух веществ—люциферина и люцифераза. Кпд может достигать по данным Гарвея для живых организмов 50%.

Нек-рые случаи кристалло- и триболюминесценции, по Вейзеру, м. б. приписаны хемилюминесценции. В случае кристаллов NaCl, KCl и т. д. соответствующая реакция, сопровождающаяся свечением, состоит, по Вейзеру, в рекомбинации ионов кристаллической решетки.

Технические приложения Л. Приложения фотолюминесценции до сего времени были невелики. Ничтожные примеси флуоресцирующих красок (до 10^{-10} *г/см*³) легко м. б. открыты по Л., чем пользуются при исследовании грунтовых вод. Окраска стекол люминесцирующими ураниловыми солями используется в стекольном производстве. Во многих оптич. приборах экраны, покрытые люминесцирующими веществами, применяются для обнаружения и измерения ультрафиолетовых и рентгеновых лучей. За последнее время ленардовские фосфоры стали применяться в театральной технике для световых эффектов (при возбуждении ультрафиолетовым светом). Корпускулярная Л. применяется в ряде источников света (ртутная лампа, неоновые лампы, свет Мура и т. д.). Хемилюминесценция на практике не использована.

Лит.: Фотолюминесценция: Pringsheim P., Fluoreszenz u. Phosphoreszenz im Lichte der neueren Atomtheorie, B., 1928; Kayser H., Handb. d. Spektroskopie, B. 4, Lpz., 1908; Becquerel E., La lumière, P., 1867; Nichols E. a. Merritt E., Studies in Luminescence, Washington, 1912; Nichols E. a. Howes H., Fluorescence of the Uranyl Salts, Wsh., 1919; Tomaschek R., Fluoreszenz u. Phosphoreszenz, Handbuch d. physikalischen Optik, hrsg. v. E. Gehrcke, B. 2, Lpz., 1928; Lenard P., Schmidt F. u. Tomaschek R., Fluoreszenz u. Phosphoreszenz, T. 1—2, Handbuch d. Experimentalphysik, hrsg. v. W. Wien u. F. Harms, B. 3, T. 1—2, Lpz., 1928; Wood R., Physical Optics, N. Y., 1921; Perrin F., La fluorescence des solutions, P., 1929.—Корпускулярная люминесценция: Franck J. u. Jordan P., Anregung v. Quantensprüngen durch Stösse, B., 1926; Lenard P., Quantitatives über Kathodenstrahlen, Lpz., 1918; Nichols E. L., Nowes H. L. and. Wilber D. T., Cathodo-Luminescence a. the Luminescence of Incandescent Solids, Washington, 1928; Berndt G., Radioaktive Leuchtfarben, Brschw., 1920; Kordatzki W., Schleede A. u. Schröter F., Über die Ausbeute an sichtbarem Licht bei d. Erregung v. Phosphoren mit langsamen Kathodenstrahlen, «Phys. Ztschr.», Lpz., 1926, v. 27, p. 392.—Хемилюминесценция: «Bulletin of the Nat. Research Council», Wsh., 1927, *59*; Dubois, La vie et la lumière, B., 1914; Plotnikow J., Photochemische Versuchstechnik, Lpz., 1928. **С. Вавилов.**

ЛЮСТР, тончайшие металлические, переливающие радужными цветами пленки на глазури керамических, преимущественно фарфоровых или фаянсовых, изделий. Люстры состоят из резинатов металлов, растворенных в эфирных маслах. Они наносятся на готовую глазурь изделий при помощи кисточки, резиновых штемпелей или путем аэрографии, т. е. пульверизации, и закрепляются затем слегка восстановительным обжигом в муфельных печах при $t°$ около 600—750°. Резинаты металлов изготовляются либо сплавлением азотнокислых солей тяжелых металлов с канифолью либо осаждением из растворов смоляных мыл и растворимых солей соответствующих металлов. Различают бесцветные Л. висмута, свинца и пр. и цветные: железа, хрома, меди, никеля, урана.

Приготовление Л. Сначала приготовляется растворимое в воде натровое смоляное мыло, путем нагревания на песочной бане 5 в. ч. канифоли и 3 в. ч. раствора едкого натра (1 в. ч. едкого натра на 2 в. ч. воды) и многократной промывки полученного продукта холодной водой. Для приготовления железного Л. 1 в. ч. смоляного мыла нагревают на песочной бане с 2 в. ч. воды. К раствору мыла добавляют, при постоянном перемешивании, 0,35 в. ч. $FeCl_3$, растворенного в воде. Получающийся при этом осадок промывается и высушивается. Одна в. ч. полученного т. о. резината железа нагревается на песочной бане с 2 в. ч. розмаринового масла до полного растворения резината. Для приготовления медного Л. тем же способом берут 0,5 в. ч. $CuSO_4$. Аналогичным же путем изготовляются и люстры других металлов.

Люстровые глазури получают добавкой например 2% углекислого серебра к следующему составу глазури, применяемой для украшения тонкокаменных изделий:

$$\left.\begin{matrix}0{,}5\ Na_2O\\0{,}3\ CaO\\0{,}2\ MgO\end{matrix}\right\}\ 0{,}2Al_2O_3\ \left\{\begin{matrix}2{,}5\ SiO_2\\0{,}3\ B_2O_3\end{matrix}\right.$$

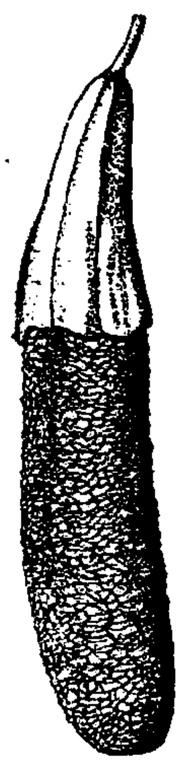
Такие же глазури м. б. получены с окисью меди, марганца, висмута, в особенности в присутствии окиси цинка, или с окисью серебра. При обжиге следует избегать пере-

грева глазури во избежание брака ее. При недостаточной $t°$ обжига люстрового эффекта, т. е. игры цветов, не получается. Обжиг изделий с люстровыми глазурями проводится в окислительной атмосфере. Но в начале охлаждения печи в ее рабочее пространство дают доступ газам слегка восстановительного характера, вследствие чего уже отвердевшая, но раскаленная глазурь приобретает на поверхности характерный блеск Л. Такой же эффект достигается путем вторичного обжига изделий при $t°$ ок. 800° в слегка восстановительной атмосфере. Последняя создается путем внесения в раскаленное печное пространство органич. коптящих веществ, как то: смолистой лучины, нафталина или светильного газа, непосредственно перед закрытием шибера. В зависимости от величины печи операция восстановления может удлиняться путем повторных сжиганий органич. веществ. По окончании ее топка тщательно закрывается во избежание окисления полученной люстровой глазури.

Люстровые медные к р а с к и служат гл. обр. для украшения майолики. Они изготовляются из солей меди, растертых с индиферентными (неплавящимися) красящими веществами (охрой, мелом, сажей, перекисью марганца и др.). Hecht приводит следующий состав для золотистой краски: сернистой меди 10 в. ч., сернистого железа 3 в. ч., сернистого серебра 1 в. ч. и желтой или красной охры 12 в. ч. Такие краски, как и люстры, наносятся на готовую глазурь и обжигаются в слабовосстановительной атмосфере. После охлаждения изделия промываются и снова нагреваются в восстановительном огне при 600—670° в муфелях в течение нескольких минут. Образование силикатов закиси меди создает блестящую ирризирующую поверхность красивых разнообразных оттенков.

Лит.: Б у д н и к о в П. П., Керамическая технология, Харьков, 1927; О р л о в Е. И., Глазури, эмали и керамич. краски, Харьков, 1927; H e c h t H., Lehrbuch d. Keramik, p. 262, 306, Wien—Leipzig, 1923; B e r d e l E., Einfaches chemisches Praktikum für Keramiker u. s. w., T. 1—6, Coburg, 1926. **А. Фреберг.**

ЛЮФА (Luffa), травянистое растение сем. тыквенных (Cucurbitaceae), два вида к-рого (L. cylindrica и L. acutangula) возделываются ради плодов Л. (фиг.), содержащих внутри волóкна (с е т к а), используемые для изготовления мочалок. Эта сетка м. б. использована также для замены *губок* (см.), для изготовления шляп, стелек для обуви, в шорном производстве взамен войлока на седла, хомуты, для набивки матрацов, мягкой мебели, на изоляционные материалы и пр. Кроме того семена Л. используют на масло. Последнего м. б. выделено до 20% и оно находит самое разнообразное применение (идет в пищу, на освещение и пр.). Молодые сочные плоды люфы съедобны. Люфа возделывается часто как декоративное растение. Люфа—растение с вьющимся стеблем, 5—7-лопастными листьями и крупными золотисто-желтыми раздельнополыми цветами.



Опыление—перекрестное, при помощи пчел и других насекомых. Ц и л и н д р и ч е с к а я Л. (L. cylindrica) несет крупные булавовидные или веретеновидные плоды (30—60 *см* длиной и 6—12 *см* шириной). У о с т р о у г о л ь н о й Л. (L. acutangula) плоды с выступающими ребрами и значительно более короткие (15—30 *см*) и 6—10 *см* толщиной. На мочалки чаще культивируют цилиндрическую Л., для других целей—остроугольную. Один из сортов (L. acutangula), т. н. афганистанская Л., дает очень тонковолокнистую сетку, к-рая однако очень трудно отделима от оболочки плода.

Л. возделывают в Японии, Индии, Китае и других субтропич. и тропич. странах Азии и Америки. Для своего произрастания она требует не менее 150—180 дней с суммой $t°$ не ниже 4 000°. В СССР этим требованиям могут удовлетворять Крым, Закавказье, среднеазиатские республики и наиболее теплые районы Северного Кавказа. Л. крайне светолюбива, поэтому лучше ее помещать на южных склонах, редко друг от друга (расстояние между рядами 1,5 *м*, в рядах 0,75—1 *м*), устанавливая подпорки (шпалеры), по к-рым Л. могла бы виться. Почва под культуру Л. должна быть обработана на 20—25 *см*; посев Л. производится в лунки, сделанные на определенном расстоянии (по 3—4 семени в лунку); в районах с холодной весной возможно ее выращивать рассадой в земляных или бумажных горшках, вместе с которыми ее высаживают затем в поле. Лучшее удобрение под Л.—перепревший навоз или компост. Из минеральных удобрений Л. хорошо отзывается на сернокислый аммоний и суперфосфат. Удобрение лучше вносить как местное. Л. крайне боится засухи, т. к. ее корневая система располагается в поверхностном слое почвы; в виду этого культура ее требует обычно искусственных поливов. В течение лета промежутки между рядами поддерживаются чистыми. Л. подвержена грибным заболеваниям, портящим качество ее плодов; для борьбы с этими заболеваниями растения опрыскивают бордоской жидкостью. Уход за Л. заключается в регулировании ее плодоношения (на одном растении оставляют 5—6 плодов), установке подпорок и наблюдении за тем, чтобы плоды Л. были расположены отвесно и освещались солнцем. Запоздалая уборка плодов вызывает побурение и дает сетку низкого качества; при более раннем сборе сетка получается хорошего качества, но отделение ее от оболочки плода затруднительно. (См. *Губка*, с у р р о г а т ы м о р с к и х г у б о к.) С 1 *га* Л. дает 20—25 тыс. штук плодов, кроме того с *га* м. б. собрано 6—9 *ц* семян. Л. является ценным экспортным товаром и развитие ее культуры в СССР имеет большое значение.

Лит.: К а р т а ш е в Н. И., Люфа как новая культура в СССР, «Пути сельского хозяйства», М., 1928, *3*; М и х е е в А., Культура люфы, Баку, 1927; Люфа и ее возделывание, Сухум, 1928; К у п р и я н о в И. М., Технич. культуры Юга, М., 1930; M o l l e r A., Tropenpflanzen, B. 5, B., 1906; B a i l e y L., The Standard Encyclopedia of Horticulture, Albani, 1919; W a t t, The Commercial Products of India, 1908. **Н. Соколов.**

ЛЯПИС, см. *Серебра соединения.*

М

МАГНЕЗИТ, горький шпат, $MgCO_3$, является углекислой солью магния. Он почти всегда содержит примеси железа, марганца, алюминия, кальция и кремния. Различают два вида М.: 1) аморфный плотный и 2) яснокристаллический. Аморфный М. обычно залегает в змеевиках в виде фарфоровидной массы снежно-белого цвета, становясь от примесей то желтоватым, кремовым, то бурым и почти серым. Излом его раковистый; слегка прилипает к языку. Удельный вес его 2,9—3,0, твердость 3—5. Чаще всего к аморфному М. бывают примешаны кварц, опал, змеевик или сепиолит; если он содержит кремнекислоту, то твердость его несколько повышается (4,0—4,5). Кристаллич. М. представляет собой агрегат кристаллов (вытянутых по оси) и по своему строению напоминает крупнозернистый мрамор или очень грубый доломит. Цвет обычно белый или желтоватый. М. почти всегда связан с доломитами.

Месторождения М., имеющие промышленное значение, залегают в следующих странах: в Австрии и Чехо-Словакии месторождения тянутся полосой от Глоггница в Штирии вплоть до Тироля; мощность пласта здесь доходит местами до 450 *м*; на о-ве Евбея (Греция)—аморфный М. в виде жил, гнезд, штоков; в Италии—в провинциях Пиза, Ливорно, Пьемонт и на о-ве Эльба; мощность жил в нек-рых месторождениях доходит до 8 *м*; в Норвегии (в Снаруме и вблизи Драммена); в Швеции (вблизи Норботена); в США—в Калифорнии, в штате Вашингтон и на западе Сиерра-Невады; в Канаде—в Квебеке, в Атлине, в Британской Колумбии; в Индии—в Мадрасе, в Мисорском штате, в Бомбее; в Австралии—в Н. Южном Уэлсе и в Виктории; в Манчжурии—на полуострове Ляо-Дун и в провинции Шенк-Кинг; здесь мощность пластов М. местами доходит до 200 и более *м*; запасы месторождения около Пай-ла-шан, тянущегося на протяжении 5 миль, исчисляются в 300 млн. *т*. Манчжурские месторождения М. благодаря своим запасам, близости ж. д. и минерального топлива создают блестящие перспективы развития магнезитной промышленности.

Из месторождений М. в СССР наибольшее значение имеют Саткинские на Урале, в Златоустинском округе, имеющие запас М. по подсчетам проф. А. Н. Заварицкого в 33 млн. *т*. Крупные залежи М. открыты в Орском районе Оренбургского окр., вблизи ст. Халилово. Эти месторождения имеют важное промышленное значение. В среднем Урале также известно несколько месторождений аморфного М., из них более значительное находится в б. Сысертской даче. На южном Урале, около дер. Ширмаевой, близ реки Сакмары, аморфный М. залегает гнездами среди серпентинизированных перидотитов и змеевиков. На Кавказе, на Кубани, в Черноморской области М. залегает жилами среди змеевиков; на реке Лабе известно несколько месторождений М.

Развитие магнезитовой промышленности идет параллельно с развертыванием металлургич. промышленности, где М. в обожженном виде является одним из основных материалов, идущих на футеровку и выкладку печей. В строительной промышленности обожженный, т. н. каустический, М. идет на изготовление магнезиального цемента «Сорель» и материала под названием *ксилолита* (см.). Кроме того М. применяется на ж. д. в качестве обшивки пульмановских вагонов, в сахарной промышленности (в виде водной окиси—для рафинирования), в резиновом производстве, в бумажной промышленности—при сульфатном процессе, для изготовления огнеупорных красок, в медицине в виде белой магнезии и основного углекислого магния. Последняя соль в смеси с асбестом представляет собою один из лучших термоизоляционных материалов (т. наз. 85%-ная магнезия), имеющих за границей широчайшее применение. Пережженный (при темп-ре свыше 1 500°) М., т. наз. пиромагнезит, не схватывается. Ценным качеством пиромагнезита является его высокая огнеупорность; в смеси с графитом он идет на приготовление плавильных тиглей. При накаливании (1 700—2 800°) пиромагнезит сплавляется. В последнее время сплавленный М. идет за границей для устройства электрич. печей и для изготовления изделий высшей огнеупорности.

Лит.: Федоровский Н. М., Минералы в промышленности и сельском х-ве, 2 изд., Л., 1925; Клер М. О., Магнезит, «НИ», т. 2, стр. 234—270 (есть литература); Ladoo R., Non-Metallic Minerals, N. Y., 1925.

Н. Федоровский.

МАГНЕТИЗМ, совокупность явлений, возбуждаемых электрическим вектором электромагнитного процесса, причем магнитному вектору соответствуют явления электрические. Магнитные явления выражаются главным образом в притяжении некоторых тел (Fe, Ni, Co, сплавы Гейслера), в изменении геометрических размеров стержней, изготовленных из этих тел (см. *Магнетострикция*), во вращении плоскости поляризации луча, проходящего через нек-рые изотропные тела, в расщеплении спектральных линий (см. *Магнетооптика*) и др. Количественные данные, относящиеся к магнетизму, и список магнитных явлений см. *Спр. ТЭ*, т. IV, стр. 89—187.

Стерженек любого вещества, помещенный в магнитное поле, поляризуется особенным образом и под влиянием возникающих при этой поляризации пондеромоторных сил устанавливается (в однородном поле) своим наибольшим измерением либо в направлении поля (парамагнитные вещества) либо перпендикулярно к полю (диамагнитные вещества). В неоднородном поле кроме вышеуказанной ориентирующей пары появляется еще сила, стремящаяся переместить стерженек к месту наибольшей (парамагнитное тело) или наименьшей (диамагнитное тело) напряженности магнитного поля. Феноменологически эти пондеромоторные силы м. б. описаны как результат взаимодействия с магнитным полем двух равных по величине и противоположных по знаку магнитных масс, появляющихся в результате поляризации на концах стерженька и взаимодействующих по закону Кулона. Поляризованный т. о. стерженек называют намагниченным. Каждый элемент объема dv намагниченного вещества приобретает при этом магнитный момент dm. Величину $\boldsymbol{I} = \lim_{dv \to 0} \frac{dm}{dv}$ принимают за меру намагничения вещества в данной точке. Кроме вышеопределенной величины намагничения единицы объема (I) весьма часто употребляется магнитный момент единицы массы (1 $г$) вещества: $\sigma = \frac{I}{\delta}$ (где δ—плотность). Благодаря намагничению к вектору напряженности внешнего магнитного поля $\boldsymbol{H}$ в намагниченном веществе прибавляется еще вектор магнитной поляризации $\boldsymbol{P} = 4\pi\boldsymbol{I}$. Сумма этих полей дает поле магнитной индукции, напряженность которого $\boldsymbol{B} = \boldsymbol{H} + 4\pi\boldsymbol{I}$. В изотропном веществе все эти векторы совпадают по направлению. Величину

$$\mu = \frac{B}{H} = 1 + 4\pi\frac{I}{H} = 1 + 4\pi\varkappa$$

называют магнитной проницаемостью, а величину $\varkappa = \frac{I}{H}$ — магнитной восприимчивостью вещества. Кроме объемной магнитной восприимчивости $\varkappa$ для характеристики слабомагнитных тел весьма часто применяется удельная магнитная восприимчивость χ, определяемая равенством $\chi = \frac{\sigma}{H} = \frac{\varkappa}{\delta}$. Для парамагнитных веществ $\mu > 1$ ($\varkappa$ положительна). В этих веществах вектор J параллелен H. В диамагнитных веществах $\mu < 1$ ($\varkappa$ отрицательна), и вектор I антипараллелен H. Для огромного большинства веществ намагничение I является однозначной ф-ией напряженности намагничивающего поля H. Только небольшая группа парамагнитных веществ, а именно Fe, Co, Ni и некоторые сплавы (см. *Магнитные материалы*), выделяется среди всех остальных веществ. В этих веществах, получивших название ферромагнетиков, I достигает весьма больших значений уже при малых H и не является однозначной ф-ией намагничивающего поля (см. *Гистерезис*). Невозможность получения свободных магнитных масс привела исторически к идее о диполярности основных носителей магнитных свойств вещества, получивших название элементарных магнитов (Вебер). В диа- и парамагнитных веществах такими элементарными магнитами являются атомы и молекулы. После открытия магнитных свойств тока Ампером была сделана попытка объяснения магнитных свойств молекул при помощи окружающих их постоянных «молекулярных токов». С современной точки зрения каждая электронная орбита атома с вращающимся на ней электроном является таким молекулярным амперовым током. Магнитный момент такой электронной орбиты м. б. подсчитан для модели атома Бора на основании теории *квантов* (см.) и оказывается целым, кратным величины

$$M = \frac{h}{4\pi}\frac{e}{m} = 9{,}21 \cdot 10^{-21}\ CGSM,$$

получившей название магнетона Бора. Целый ряд фактов заставляет считать, что и электрон, не связанный с ядром атома (напр. каждый электрон проводимости), также обладает магнитным моментом, равным одному магнетону Бора. Этот момент обусловливается собственным вращением электрона около нек-рой оси. Экспериментально Вейсс еще до создания теории Бора наблюдал, что намагничение всегда кратно величине, примерно в 5 раз меньшей (магнетон Вейсса). Магнитные моменты отдельных электронных орбит, складываясь геометрически, дают результирующий магнитный момент атома (молекулы), который в частных случаях может быть равным нулю. К этой группе принадлежат т. н. благородные газы, а также ионы всех веществ с соответствующей благородным газам конфигурацией электронов. Так как атом с вращающимися вокруг ядра электронами механически представляет собою волчок, то должно ожидать связи между механическими и магнитными явлениями. При вращении ферромагнитного цилиндра элементарные магниты (электронные волчки) должны стремиться расположить свои оси вращения параллельно оси вращения всего цилиндра. Это должно привести к намагничению цилиндра. Эффект этот исследован в 1925 г. Бернетом. При перемагничивании же подвешенного на кварцевой нити ферромагнитного цилиндра, когда все «электронные волчки» опрокидываются на 180°, надо на основании свойств жироскопа ждать появления пары сил, поворачивающей весь цилиндрик на некоторый угол. Эффект этот был открыт Эйнштейном и Де-Хозом в 1915 г.

Существование двух вышеуказанных магнетомеханич. эффектов непосредственно доказывает реальность амперовых молекулярных токов, а также и то, что они обусловлены движением отрицательного электричества.

Диамагнетизм. Удельная восприимчивость диамагнетиков весьма мала (для твердых тел порядка 10^{-7}), не зависит от поля H и в большом числе случаев не зависит от $t°$ (П. Кюри). Эти свойства диамагнетиков м. б. объяснены качественно, а отчасти и количественно, исходя из закона электромагнитной индукции. При возникновении намагничивающего поля под влиянием лоренцовой силы изменяется движение электронов по орбите. Для неподвижно закрепленной в пространстве орбиты изменяется скорость обращения электрона, для свободной же орбиты возникает прецессионное движение всей орбиты вокруг вектора внешнего магнитного поля. В обоих случаях эффект эквивалентен появлению нового амперового тока, вызывающего по закону Ленца магнитный момент, противоположный намагничивающему полю, т. е. диамагнитный. Из этого следует, что диамагнитными свойствами должны обладать все тела природы. Однако обнаружить этот эффект вследствие его малости можно только в таких телах, атомы которых не обладают в нормальном состоянии магнитным моментом. В противном случае несравненно более значительный парамагнитный эффект маскирует диамагнетизм.

В предположении хаотич. распределения свободных электронных орбит вышеуказанная теория диамагнетизма приводит к следующему выражению для удельной восприимчивости:

$$\chi = -\frac{e^2 z N}{6m} R^2.$$

Здесь e и m—заряд и масса электрона, z — число электронных орбит в атоме, N—число атомов в 1 $г$ вещества и R—средний радиус электронных орбит.

Парамагнетизм. Для парамагнитных веществ $\varkappa$ не зависит от поля (для слабых и средних значений поля) и уменьшается в сильных полях при приближении к насыщению. Зависимость $\varkappa$ от $t°$ выражается для многих парамагнетиков законом П. Кюри $\varkappa T = \text{Const}$. Теория, объясняющая эти факторы, построена для газов Ланжевеном на основании предположения, что атом парамагнитного газа обладает постоянным магнитным моментом. Вследствие хаотич. распределения в пространстве магнитных моментов вещество, состоящее из таких атомов, не будет обладать результирующим магнитным моментом. При помещении в магнитное поле все атомные волчки начнут совершать прецессионные движения вокруг вектора намагничивающего поля, что поведет к появлению диамагнитного эффекта. Однако если прецессионное движение будет чем-либо (напр. вследствие взаимных столкновений молекул) заторможено, то все магнитные моменты атомов повернутся в направлении намагничивающего поля и тело намагнитится до насыщения. Очевидно однако, что это возможно только при отсутствии тепловых движений, т. е. при абсолютном нуле. При всякой другой $t°$ установится нек-рое подвижное равновесие между упорядочивающим действием намагничивающ. поля и дезорганизующим действием тепловых столкновений. Ланжевен произвел этот подсчет, пользуясь методами кинетической теории газов, и пришел к следующей формуле намагничения:

$$\frac{\sigma}{\sigma_\infty} = \operatorname{cth} a - \frac{1}{a}.$$

В этой формуле Ланжевена σ обозначает магнитный момент при поле H, σ_∞ магнитный момент при $H = \infty$ (все атомные моменты ориентированы вдоль поля), наконец величина $a = \frac{Hm}{kT}$, где m—магнитный момент молекулы, T—абс. темп-ра, а k—константа Больцмана. При малом a (слабое поле H либо высокая $t°$) формула Ланжевена дает $\sigma = \sigma_\infty \frac{a}{3}$ или, т. к. $\sigma_\infty = mN$ (N—число молекул в 1 $г$),

$$\sigma = \frac{m^2 N}{3kT} H = \chi H,$$

т. е.

$$\chi = \frac{m^2 N}{3kT} = \frac{C}{T} \text{ (закон Кюри).}$$

Для многих парамагнетиков закону Кюри необходимо придать более сложную форму: $\frac{1}{\chi} = \frac{T - \vartheta}{C}$, в к-рой величина ϑ м. б. как положительной, так и отрицательной. Положительную ϑ можно трактовать как результат действия добавочного поля, упорядочивающего расположение магнитных моментов молекул (молекулярное поле Вейсса).

Теория Ланжевена не принимает во внимание квантовых соотношений. По теории квантов возможны только некоторые положения равновесия для молекулы, обладающей магнитным моментом, при к-рых векторы $\boldsymbol{m}$ и $\boldsymbol{H}$ образуют вполне определенные углы (пространственное квантование). В виду этого кривая Ланжевена не может вполне соответствовать действительному ходу кривой намагничения даже для парамагнитного газа.

Существование магнитного момента парамагнитных газов и правильность принципа пространственного квантования экспериментально блестяще доказана опытами Герлаха и Штерна. При пропускании в пустоте тонкого молекулярного пучка парамагнитн. пара через весьма неоднородное магнитное поле молекулярные магниты должны отклониться от своего первоначального пути на величину, пропорциональную cos угла α, образованного магнитным моментом атома $\boldsymbol{m}$ и вектором внешнего магнитного поля $\boldsymbol{H}$. По классич. представлениям угол этот может принимать всевозможные значения, а следовательно молекулярный пучок должен развернуться в непрерывную ленту конечной ширины. По принципу пространственного квантования, наоборот, угол α может принимать только ряд дискретных значений; в простейшем случае либо $\alpha = 0$ ($\boldsymbol{m}$ параллельно $\boldsymbol{H}$) либо $\alpha = \pi$ ($\boldsymbol{m}$ антипараллельно $\boldsymbol{H}$). В результате этого пучок должен расщепиться на несколько (два) дискретных пучков. Опыты Штерна и Герлаха блестяще подтвердили это последнее заключение.

Ферромагнетизм. Fe, Co, Ni, их сплавы и сплавы некоторых неферромагнитных металлов обнаруживают по сравнению с парамагнитными веществами огромную восприимчивость при малых намагничивающих полях. Кроме того большинство этих веществ обладает магнитным *гистерезисом* (см.). Ферромагнитные свойства с $t°$ меняются и выше нек-рой определенной для каждого ферромагнетика $t°$ (точки Кюри) исчезают совершенно. Выше точки Кюри ферромагнетик обладает лишь парамагнитными свойствами. Теория ферромагнетизма наименее разработана. Первая попытка теории дана Юингом, считавшим, что значительные группы элементарных магнитов располагаются в ферромагнетике упорядоченно благодаря взаимодействию своих полей. Внешнее поле сначала отклоняет их от этого положения равновесия упруго, а затем при нек-ром значении поля происходит переопрокидывание целой системы магнетиков в новое положение равновесия. Этим путем Юингу удается объяснить гистерезис. Значительно позднее Вейсс, исходя из введенного им внутреннего поля и из ф-лы Ланжевена, пришел к выводу, что в ферромагнитных телах ниже точки Кюри должно иметь место самопроизвольное, т. е. возникающее даже в отсутствии внешнего поля, намагничение. Это явление не удалось однако наблюдать на опыте ни в поликристаллич. ни в монокристаллич. ферромагнетиках. Возможно, что оно существует в микрокристаллич. элементах объема. Многие факты указывают на тесную связь ферромагнетизма с кристаллич. строением. Всякое изменение правильности кристаллич. решетки, вызванное посторонними примесями, тепловой обработкой или даже механич. деформацией, сильно сказывается на ферромагнитных свойствах вещества. По-видимому гистерезис тесно связан с существованием таких внутренних пороков кристаллич. решетки. Что касается первичных носителей магнитных свойств, то в последнее время наряду с прежними воззрениями, считавшими таковыми ионы, образующие кристаллич. решетку, успешно развивается теория, переносящая эти функции на свободные электроны металлич. проводимости.

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 4, гл. 8, Берлин, 1923; Введенский Б. А. и Ландсберг Г. С., Современ. учение о магнетизме, М.—Л., 1929; Stoner E., Magnetism a. Atomic Structure, L., 1926.

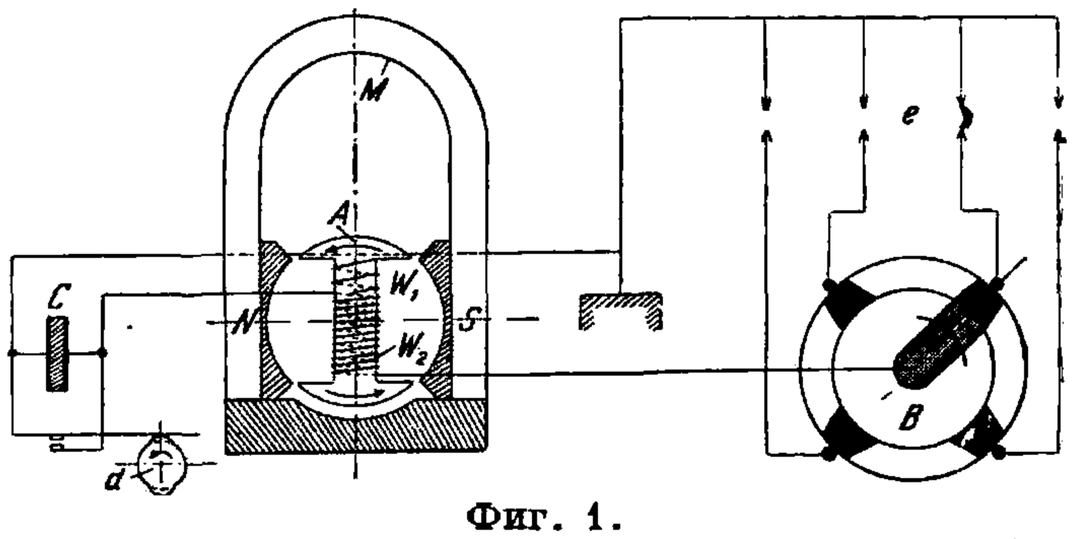
К. Теодорчик.

МАГНЕТО, электрический аппарат, служащий для зажигания рабочих смесей в двигателях внутреннего сгорания посредством искры. Различают два основных вида М.: низкого и высокого напряжения. М. низкого напряжения применяется гл. обр. в тихоходных стационарных двигателях внутреннего сгорания. М. высокого напряжения находит применение в легких двигателях, напр. авиационных, автомобильных, мотоциклетных, тракторных и т. п.

М. низкого напряжения, см. *Двигатели газовые.*

М. высокого напряжения. М. высокого напряжения является наиболее распространенным и надежным электрич. зажигательным аппаратом. М. высокого напряжения в зависимости от назначения разделяют на пусковые и рабочие. Первые служат только для зажигания рабочей смеси в цилиндрах двигателя во время его пуска в ход. Обычно вращательная часть этого зажигательного аппарата приводится в движение от руки, посредством зубчатой передачи. Рабочие же М. высокого напряжения служат для регулярного искрообразования; они имеют привод от двигателя, и скорость вращения ротора М. должна находиться в определенном соотношении со скоростью вращения вала двигателя (см. ниже).

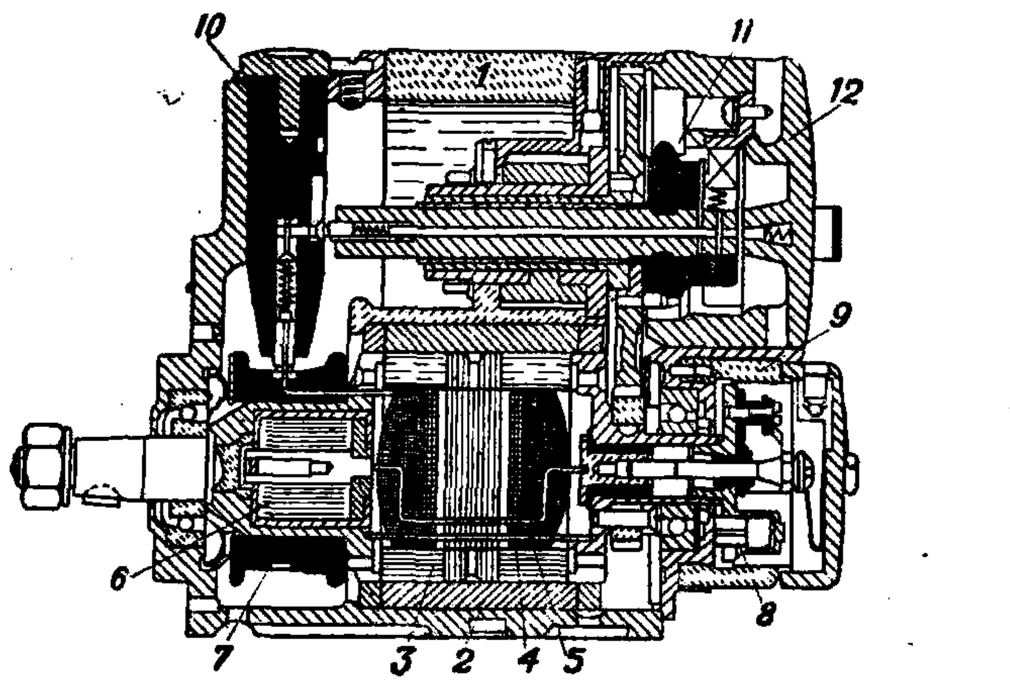
Принцип действия и устройство М. высокого напряжения. Магнето высокого напряжения состоит из следующих основн. частей: 1) магнитной системы, 2) железного якоря с двумя обмотками, 3) прерывателя для разрыва тока в первичной обмотке, 4) конденсатора, служащего для устранения искрения контактов прерывателя, 5) распределителя тока высокого напряжения и 6) остова. Простейшее устройство М. высокого напряжения с вращающимся якорем схематически изображено на фиг. 1. Между полюсными наконечниками постоянного магнита дугообразной формы M вращается якорь A с **H**-образным остовом, на к-ром помещаются две обмотки—первичная, имеющая малое число витков W_1 и выполненная из толстой проволоки, и соединенная с ней вторичная W_2 из тонкой проволоки с большим количеством витков; один конец первичной обмотки присоединен к телу сердечника якоря, а последний, посредством трущегося о поверхность тела якоря контакта, связан электрически с корпусом М. или его массой. К концам первичной обмотки присоединен прерыватель d и конденсатор C; вторичная обмотка одним своим концом подводится к распределителю B, через который ток вторичной цепи направляется в определенной последовательности к свечам e (разрядникам), ввернутым в головки цилиндров двигателя. При вращении якоря происходит изменение магнитного потока в сердечнике; вследствие этого как в первичной, так и во вторичной обмотках наводятся напряжения, величина к-рых зависит от числа витков и скорости изменения магнитного потока в якоре. Наибольшее значение наведенного в якорных обмотках напряжения получается тогда, когда в сердечнике якоря изменяется направление магнитного потока (т. е. в момент, когда магнитный поток в сердечнике якоря равен нулю). Это явление наступает тогда, когда края **H**-образного сердечника якоря начинают отрываться от одного полюсного башмака и подходить к другому. Изображенное на фиг. 1 положение якоря соответст-

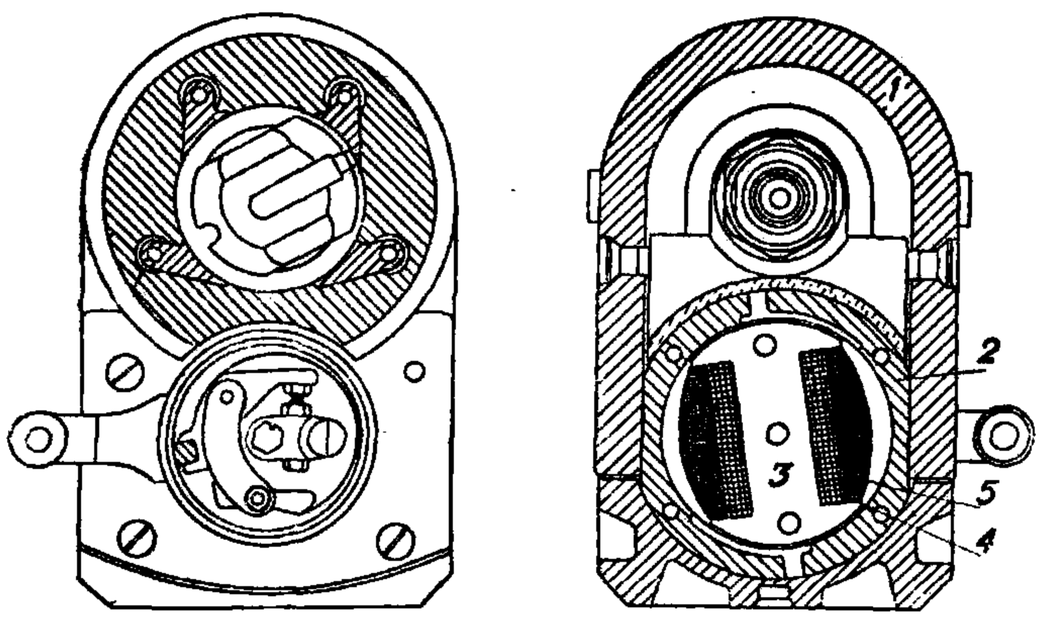


Фиг. 1.

вует моменту прохождения значения наведенной эдс через максимум.

Обычно контакты прерывателя механически связаны с вращающейся частью М. и при помощи особых кулачков они в определенный момент размыкаются. В замкнутой первичной обмотке, вследствие наведения напряжения при изменении магнитного потока в сердечнике, течет переменный ток; когда мгновенное значение силы этого тока



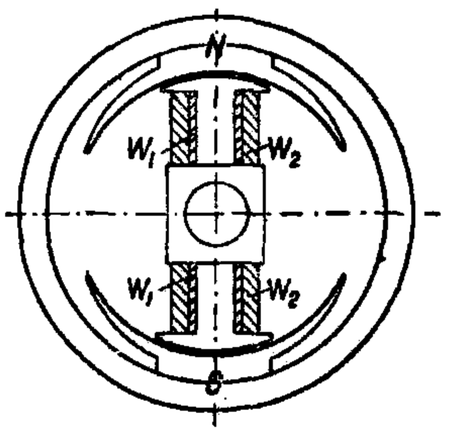


Фиг. 2.

достигает максимума, происходит размыкание контактов, вследствие чего цепь первичного тока разрывается; конденсатор, параллельно присоединенный к контактам, устраняет искрение в этот момент, так что разрыв тока, проходящего ранее через контакты, происходит мгновенно. Мгновенное исчезновение тока в цепи прерывателя вызывает быстрое изменение магнитного потока в сердечнике якоря, вследствие чего во вторичной обмотке напряжение повышается настолько, что между электродами свечи происходит разряд.

Устройство магнитной и якорной системы. Наведение напряжения в обмотках не зависит от того, каким способом достигается изменение магнитного потока в сердечнике якоря—посредством вращения якоря в неподвижном поле постоянного магнита, или, наоборот, при помощи вращения постоянного магнита между якорными наконечниками, или каким-либо другим способом. В зависимости от взаимного расположения магнитной и якорной систем, а также от того, какие части магнитной или якорной системы являются подвижными, магнето высокого напряжения разделяются на следующие виды: 1) М. с внутренним вращающимся Н-образным якорем и неподвижной внешней магнитн. системой; 2) М. с внутренним неподвижным якорем и внешней вращающейся магнитной системой; 3) М. с внешней неподвижной якорной системой и внутренним вращающимся магнитным ротором; 4) М. с неподвижным якорем и постоянным магнитом, но с вращающимися полюсными наконечниками постоянного магнита; 5) М. с неподвижным внутренним якорем, неподвижным внешним постоянным магнитом и промежуточными вращающимися сегментами, т. н. магнитными коммутаторами; 6) М. с неподвижными якорем и магнитом, но с внутренним или внешним вращающимся магнитным коммутатором; 7) М. с неподвижным якорем и постоянным магнитом, но с вращающимся междуполюсным сердечником (замыкателем).

М. с вращающимся якорем изображено на фиг. 2, где *1*—дугообразный постоянный магнит, *2*—полюсное кольцо, *3*—якорь, *4*—первичная обмотка, *5*—вторичная обмотка, *6*—конденсатор, *7*—коллекторное кольцо, *8*—прерыватель, *9*—коробка прерывателя, *10*—коллекторный уголек—собиратель тока, *11*—распределительный бегунок, *12*—распределительная крышка. Это М. применяется гл. обр. для двигателей с малым числом цилиндров (не более 9); этот тип М. обладает тем недостатком, что наиболее ответственная его часть, якорь, подвергается при вращении сотрясениям, действию центробежных сил и д. б. выполнена достаточно надежной в механич. и электрич. отношениях, что представляет довольно трудную задачу; кроме того в М. с Н-образным вращающимся якорем приходится обращать особое внимание на устройство вывода тока высокого напряжения; прерыватель у М. этого типа должен выполняться с вращающимися контактами, кроме того у М. подобного типа на один оборот якоря возможно получить только две искры. Это обстоятельство ограничивает область применения М. с вращающимся якорем. Устройство М. с внешним вращающимся магнитом представлено на фиг. 3. В этом типе М. постоянный магнит прикреплен на маховике; М. такого типа применяется в лодочных и прочих небольших двигателях.



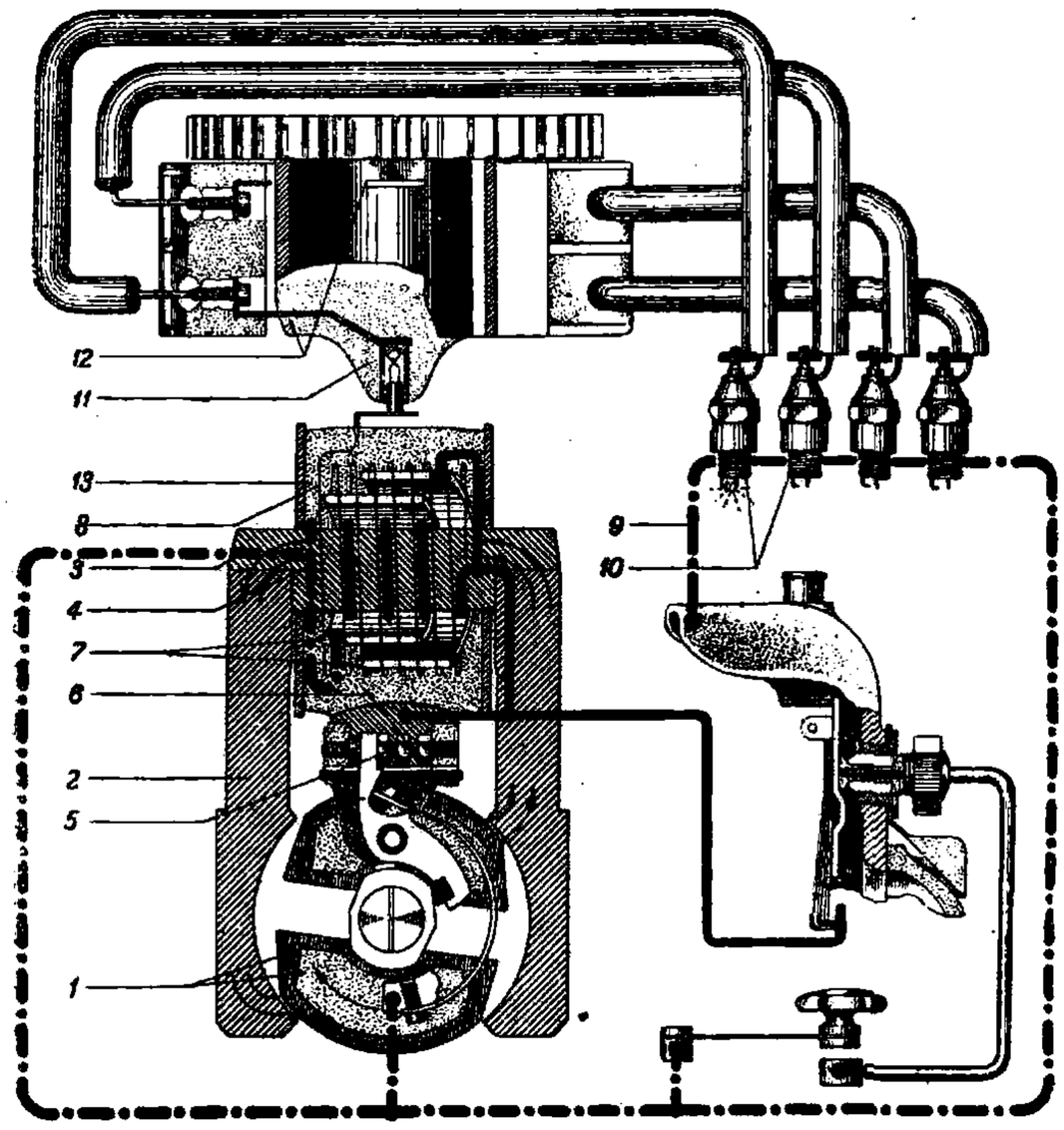
Фиг. 3.

Схема устройства М. с внешним неподвижным якорем и внутренним вращающимся магнитом представлена на фиг. 4, где *1*—постоянный вращающийся магнит, *2*—полюсные наконечники из листового железа, *3*—сердечник якоря из листового железа, *4*—первичная обмотка, *5*—контакт прерывателя (масса), *6*—контакт прерывателя, *7*—конденсатор, *8*—вторичная обмотка, *9*—масса, *10*—свечи, *11*—распределительный цилиндр, *12*—сегменты цилиндрического распределителя и *13*—неподвижная катушка. Если вращающийся магнит имеет не 2, а 4, 6 или 8 полюсов, то на один поворот магнитного ротора имеется возможность получить 4, 6 или 8 искр. На фиг. 5 представлена схема устройства 4-полюсного магнитного ротора, где цифрами обозначены те же части, что и на предыдущей фиг.; как

видно из фиг. 5, одноименные полюса магнита соединены параллельно, а оси якорных наконечников расположены под углом в 90°; при таком выполнении якорной и магнитной систем за один оборот ротора происходит четыре раза перемена направления магнитного потока в сердечнике якоря.

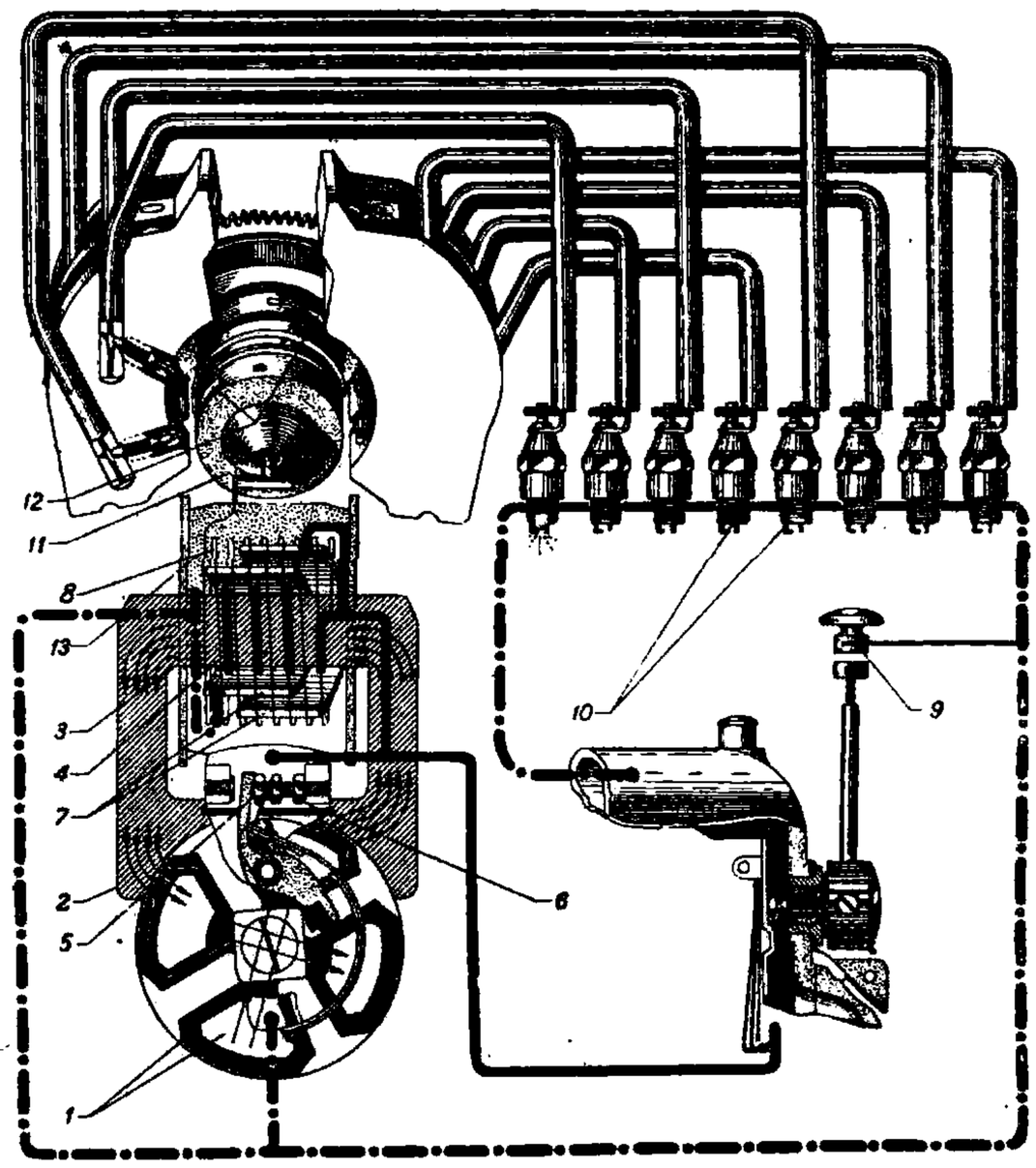
Оригинальная схема (фиг. 6) устройства М. предложена франц. фирмой S. É. V. (Société Anonyme pour l'Équipement Électrique des Véhicules). В М. постоянный вращающийся магнит *M* выполнен в виде цилиндра; магнит снабжен наконечниками *AA'* и *BB'* из листового железа. Если полюсные наконечники у магнитного ротора выполнены с одним выступом, а оси наконечников якоря расположены под углом в 180°, то за один оборот ротора получаются две перемены потока в сердечнике якоря, т. е. в этом случае М. может дать две искры за один оборот ротора. Выполняя у магнитного ротора каждый полюсный наконечник с 2 (как это указано на фиг. 6) или 3 выступами и размещая якорные наконечники соответственно под углом в 90° или 60°, можно иметь 4 или 6 перемен магнитного потока, т. е. 4 или 6 искр за один оборот.

М. с вращающейся магнитной системой выполняются для двигателей как с малым, так и с большим числом цилиндров (до 18). причем для многоцилиндровых двигателей (от 8 и выше) обычно применяются М. с 4 остовами и даже с 8 (для 18-цилиндровых).



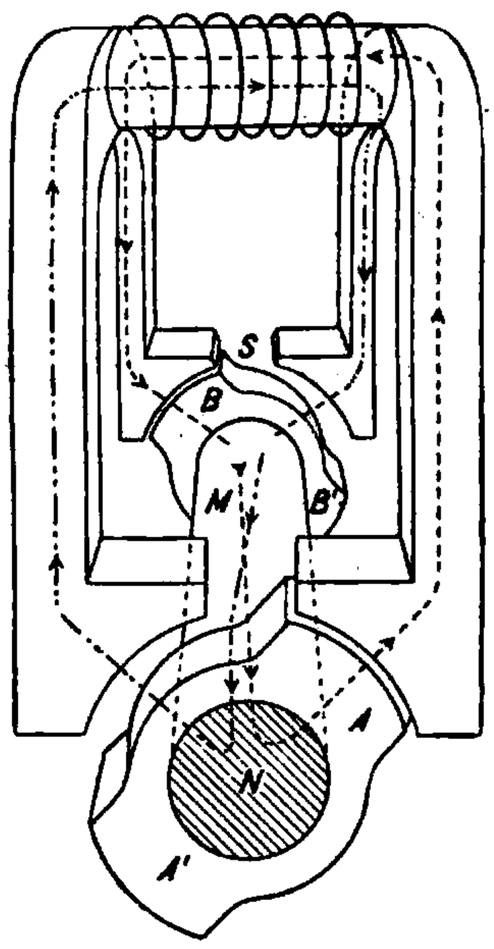
Фиг. 4.

Достоинством устройства М. с вращающимся постоянным магнитом является то, что ротор в этом случае м. б. выполнен довольно надежным в механич. отношении. Обмотка якоря, вследствие того, что она неподвижна, находится в более благоприятных условиях; контакты прерывателя укрепляются на корпусе магнето, а привод их осуществляется от вращающихся кулачков, насаженных на оси ротора, или зубчаток. К числу недостатков такого типа М. следует отнести: сравнительно большой вес вращающихся частей (большой момент инерции), возможность частичного размагничивания под действием вибраций и сотрясений, необходимость применения диамагнитных металлов для изготовления оси.

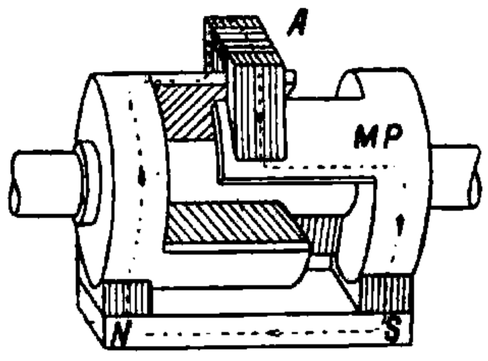


Фиг. 5.

М. с неподвижными якорем *A* и магнитом, но с вращающимися полюсными наконечниками магнита *MP*, изображено схематически на фиг. 7. Вращающиеся полюса в магнето подобного типа выполняются с одним или двумя кулачками, и в зависимости от этого М. может давать две или четыре искры. Одноименные полюсные наконечники жестко связываются между собой механически и насаживаются на вал, причем шейка вала служит частью магнитопровода для проведения магнитного потока из постоянного магнита к полюсным кулачкам. Достоинствами подобного устройства магнето является то, что здесь как постоянный магнит, так и обмотки якоря неподвижны; отрицательной стороной М. с вращающимися полюсными наконечниками является следующее: 1) наличие сравнительно большого зазора между телом постоянного магнита и его вращающимися полюсными наконечниками; 2) ротор, образующийся из полюсных наконечников, приходится выполнять составным; 3) полюсные наконечники выполняются массивными, вследствие чего в них наводятся от пульсации потока вих-

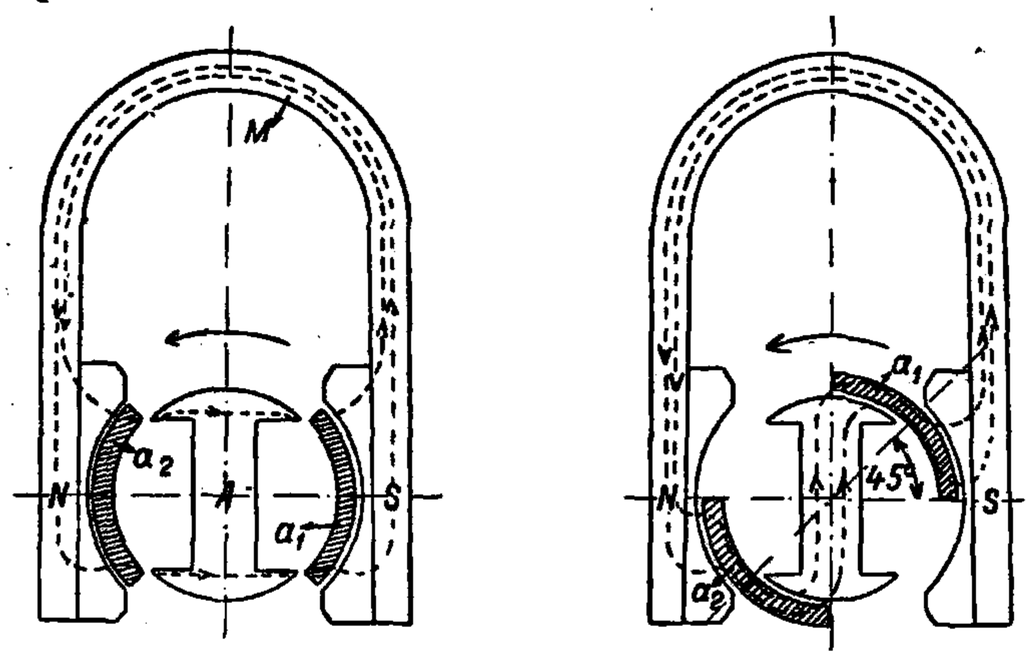


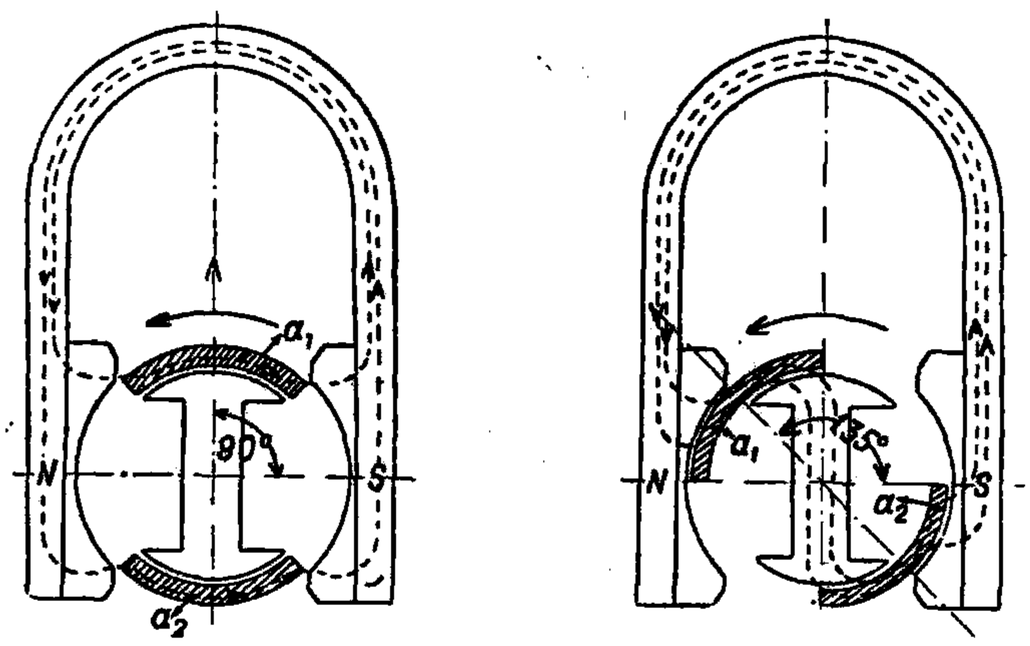
Фиг. 6.



Фиг. 7.

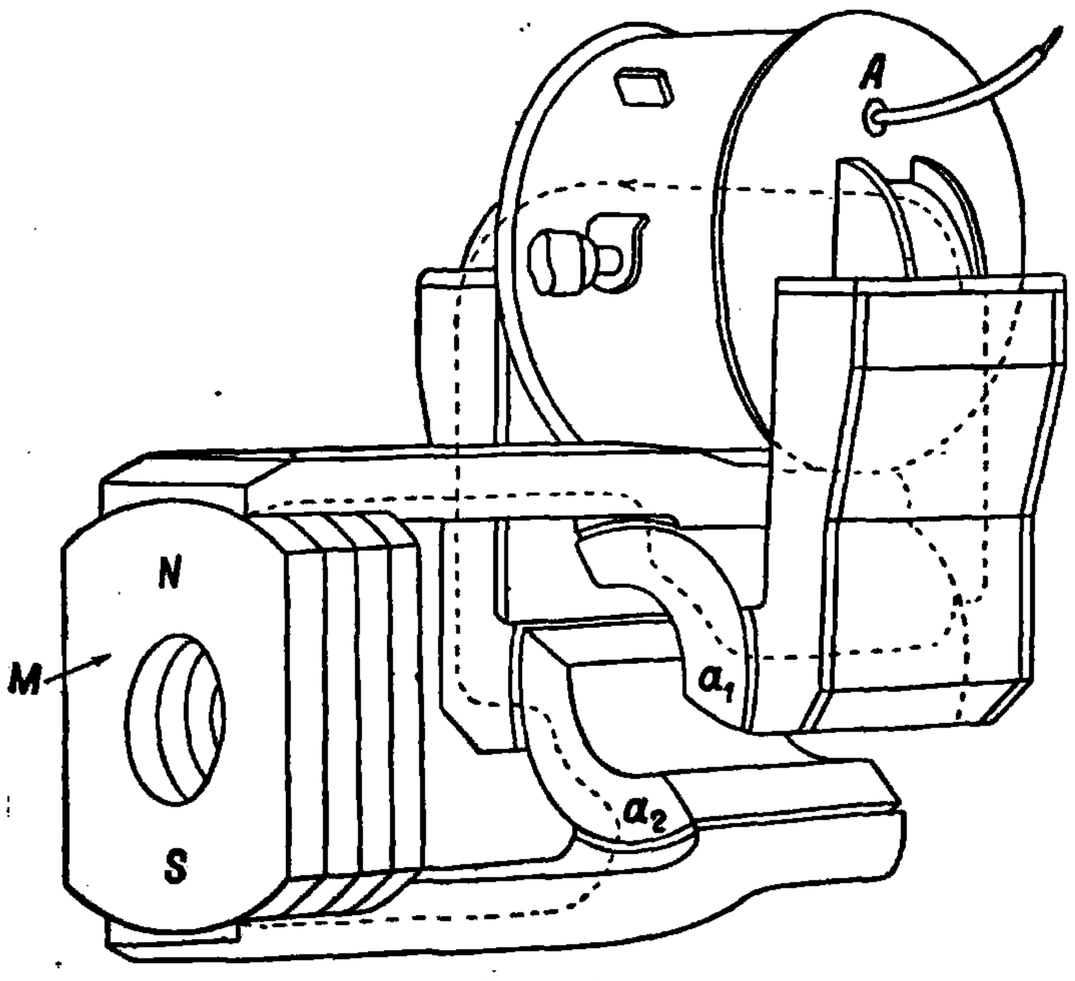
ревые токи, создающие не только добавочные потери, но и замедляющие процесс изменения потока якоря при разрыве тока первичной обмотки.





Фиг. 8.

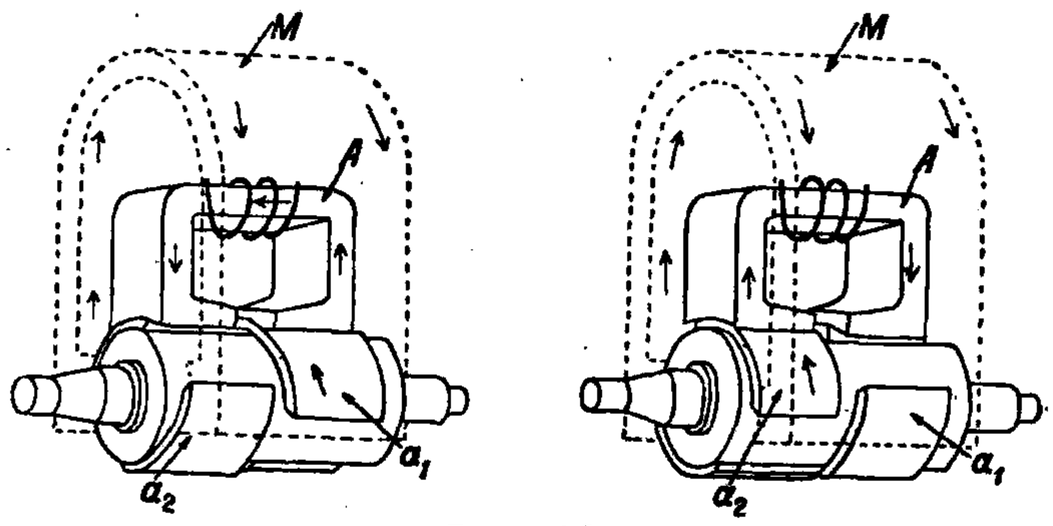
Система М. с внутренним неподвижным якорем A, внешним неподвижным постоянным магнитом M и промежуточными вращающимися коммутаторами a_1 и a_2 схематически изображена на фиг. 8. Здесь железо якоря выполнено в форме **H**; два железных сегмента, скрепленные в торцевых частях фланцами с полуосями, образуют полый ротор, вращающийся в пространстве между полюсами постоянного магнита и телом якоря. Как видно из фиг. 8, при таком устройстве коммутатора происходят четыре перемены



Фиг. 9.

направления магнитного потока в сердечнике якоря; т. о. за один оборот ротора имеется возможность получить 4 искры. Этот тип магнето находил ранее довольно широкое применение для многоцилиндровых двигателей, однако сложность выполнения ротора из многих составных частей и сопряжения оси ротора с осью внутреннего неподвижного якоря, трудность вывода тока высокого напряжения из вторичной обмотки якоря, недостаточная надежность в механическом отношении ротора и сравнительно высокая стоимость изготовления М. этого типа—все эти обстоятельства заставили некоторые з-ды отказаться от производства таких М. высокого напряжения.

Одна из систем М. с неподвижными якорем A и постоянным магнитом M, но с вращающимися коммутаторами a_1 и a_2 представлена схематически на фиг. 9. Обычно коммутаторы выполняются в виде сегментов из листового железа; эти сегменты вместе с валом заливаются алюминием и образуют так. образом массивный ротор. Если ось сердечника якоря A располагается параллельно оси ротота, коммутатор имеет сегменты a_1 и a_2, расположенные в два ряда (фиг. 10). Вместе с вращающимися коммутаторами число воздушных зазоров между полюсами постоянного магнита и наконечниками якоря вырастает вдвое, что ведет к необходимости, с целью уменьшения магнитного сопротивления, сократить длины этих зазоров. Магнето с вращающимися коммутаторами были разработаны лишь за последние годы и в виду больших конструктивных достоинств, наличия надежных в механическом отношении, но в то же время сравнительно лег-



Фиг. 10.

ких вращающихся частей, начали довольно широко применяться.

Устройство М. с неподвижным якорем A и постоянным магнитом M, но с вращающимся междуполюсным замыкателем K встречается сравнительно редко. В М. этого типа наведение напряжения в обмотках происходит не за счет полного изменения напряжения магнитного потока в сердечнике якоря, а вследствие пульсации потока от некоторого максимума до нуля. Схематически устройство М. с вращающимся междуполюсным замыканием изображено на фиг. 11. Как видно из этой фиг., сердечник якоря представляет собою часть полюсного наконечника; когда междуполюсный вращающийся замыкатель находится под торцевой поверхностью сердечника якоря, магнитный поток в последнем достигает максимума; при переходе магнитного замыкателя под другую половину полюсного наконечника магнитн. поток в сердечнике якоря падает до нуля.

П о с т о я н н ы е м а г н и т ы в М. высокого напряжения имеют разнообразные

формы: дугообразную, колоколообразную, цилиндрическую, пластинчатую и кольцевую. Как на самую форму, так и на размеры постоянных магнитов оказывает в значительной мере влияние род материала, идущего на их изготовление. Если для изготовления постоянных магнитов применяется магнитная сталь с малой коэрцитивной силой, то постоянные магниты с целью увеличения разности магнитных потенциалов между полюсами приходится выполнять по возможности длинными, и в этом случае постоянные магниты выполняются в виде дужек или колоколов. Магнитные стали с большой коэрцитивной силой дают возможность получить требуемые разности магнитных потенциалов при меньших длинах постоянных магнитов, и тогда последним придают форму сравнительно коротких цилиндров или плиток. На фиг. 12 представлены типичные формы постоянных магнитов для магнето высокого напряжения. Для изготовления постоянных магнитов применяются: хромистые, вольфрамистые и кобальтовые стали. Дугообразные и колоколообразные магниты делаются обычно из хромистой или вольфрамистой сталей; короткие магниты (плитки, короткие цилиндры) изготовляются из кобальтовых сталей, обладающих значительной силой. Краткие сведения о сталях, применяемых при изготовлении постоянных магнитов для М., приведены в табл. 1, а в табл. 2 даны указания относительно запаса магнитной энергии в нормальных типах М. (V—объем в $см^3$).

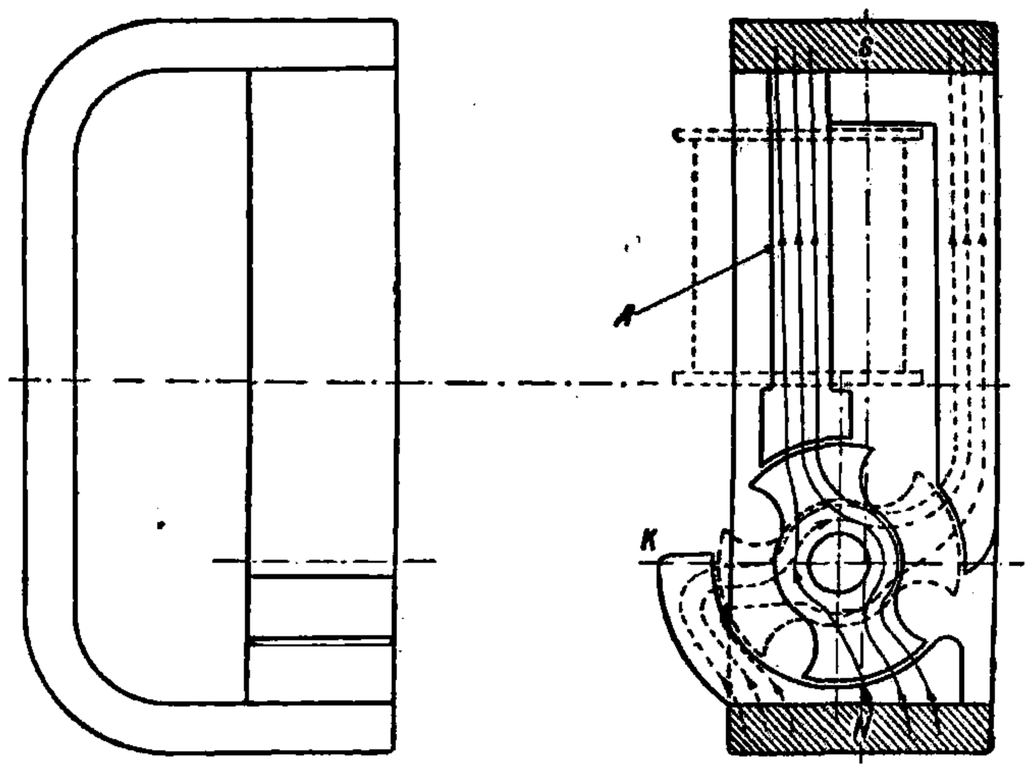
Табл. 1.—Магнитные стали.

Род стали	Характерные примеси	Коэрцит. сила H_c	Остаточная индукция B_r	Магнитная энергия	
				$H_c \times B_r$	Максимальная $(H \times B)_{max}$
		в гауссах		в эргах/$см^3$	
Хромистая	Cr—2%, C—1%	40—70	11 000—8 000	550 000	240 000
Вольфрамистая . . .	W—5%, C—0,75%, Cr—0,5%	50—75	11 000—8 600	600 000	250 000
Кобальтовая литая	Co—9%, Cr—6,5%, Mo—2%, C—1%	120—160	900—6 000	1 000 000	350 000
Кобальтовая протянутая	Co—9%, Cr—6%, Mo—2%, C—1%	140—165	9 500—7 000	1 200 000	400 000
	Co—15%, Cr—6,5%, Mo—2%, C—1%	150—190	10 000—7 600	1 500 000	500 000
	Co—36%, W—7%, Cr—2,3%, Mo—2%	190—230	10 000—8 000	1 900 000	600 000

Табл. 2.—Запасы магнитной энергии в магнето.

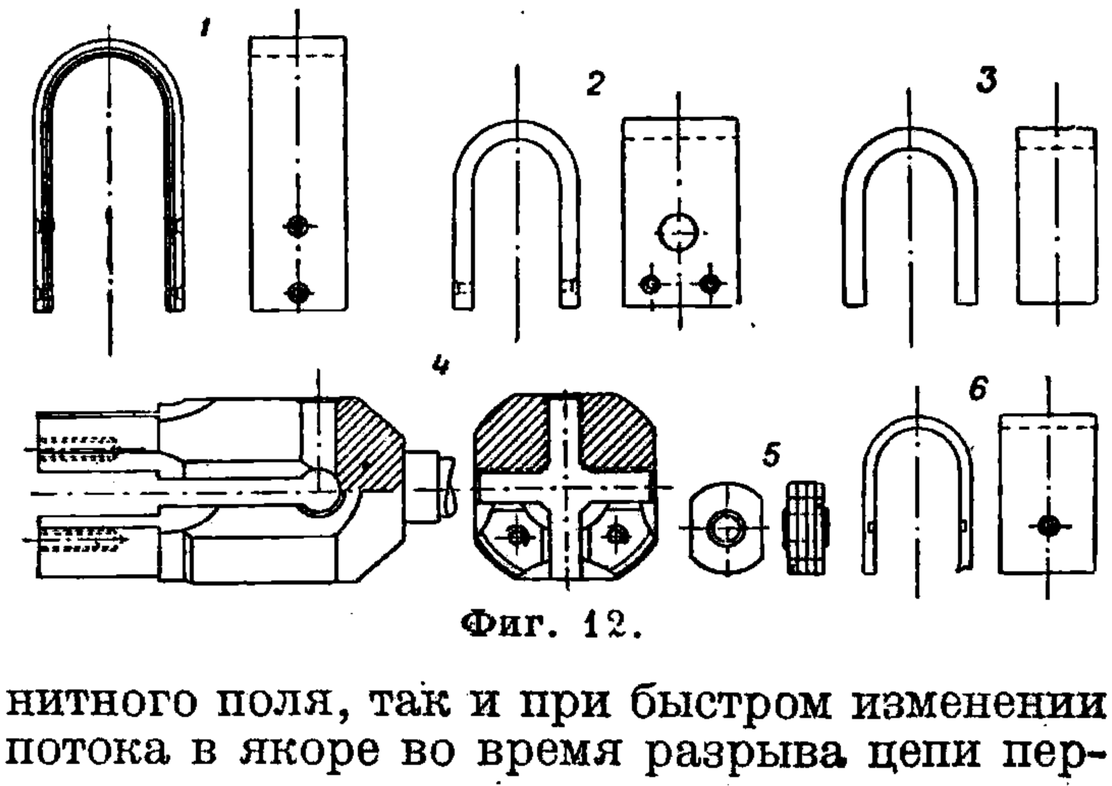
Назначение магнето	$(BH)_{max} \times V$ (в эргах)
Для тяжелых автомобильных двигателей	$(45 \div 70) \cdot 10^6$
Для средних и легких автомобильных двигателей	$(35 \div 45) \cdot 10^6$
Для тяжелых мотоциклеточн. двигателей	$(30 \div 45) \cdot 10^6$
Для легких мотоциклеточных двигателей	$(20 \div 30) \cdot 10^6$

Более подробные сведения о свойствах магнитных сталей, их термич. и механич. обработке см. *Магниты постоянные*. В постоянных магнитах, у которых отношение длины к поперечному сечению относительно невелико, сильно сказывается размагничивающее действие свободных полюсов, когда магнитная цепь находится в разомкнутом состоянии, поэтому в М. с короткими магнитами приходится последние намагничивать как правило в собранном виде.



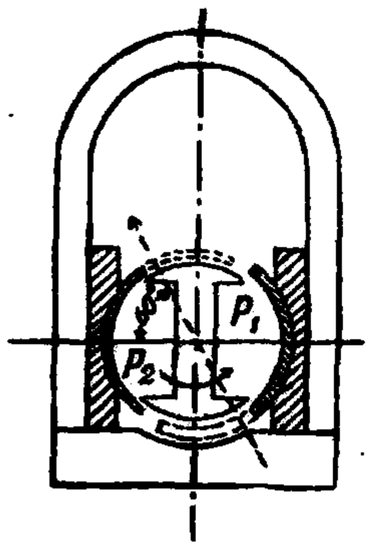
Фиг. 11.

Полюсные наконечники выполняются массивными или пластинчатыми. Слоистые полюсные наконечники, сделанные из листовой динамной стали, имеют значительные преимущества по сравнению с массивными, т. к. в них наводятся меньшие токи Фуко как от пульсации основного магнитного поля, так и при быстром изменении потока в якоре во время разрыва цепи пер-

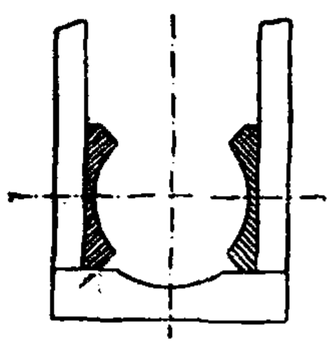


Фиг. 12.

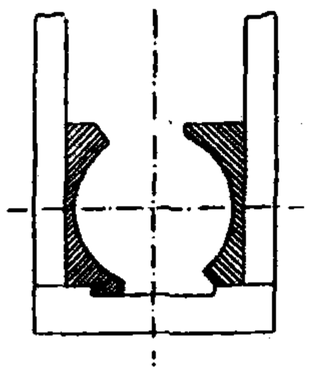
вичного тока. Слабое демпфирующее действие расслоенных полюсных наконечников в значительной мере повышает скорость изменения потока в якоре при разрыве пер-



Фиг. 13.

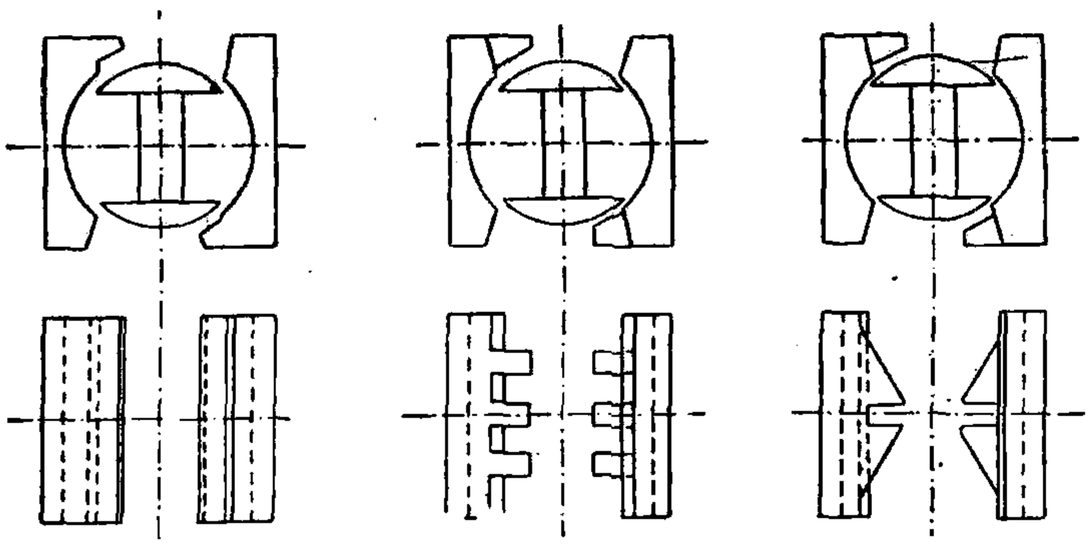


Фиг. 14.



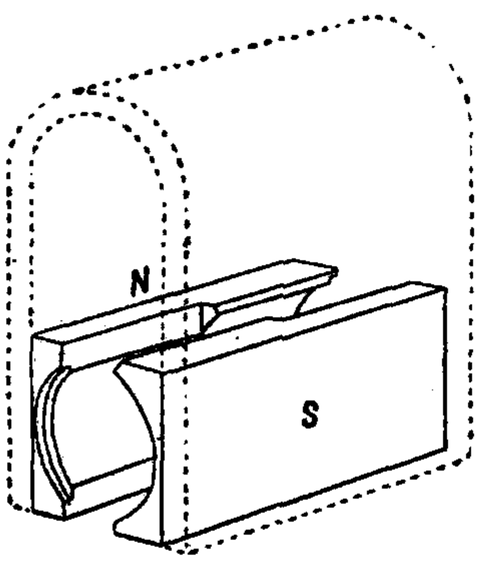
Фиг. 15.

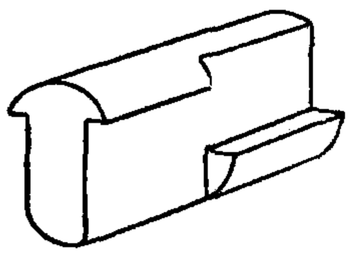
вичного тока. Сплошные полюсные башмаки изготовляют из чугуна или мягкой стали (для вращающихся полюсных наконечников). Иногда в М. постоянные магниты не имеют отдельных наконечников; в этом случае самим полюсам придается цилиндрическая форма. В некоторых М., с целью достижения постоянства интенсивности искры при



Фиг. 16.

различных моментах разрыва первичного тока, полюсные наконечники P_1 и P_2 устраиваются поворотными (фиг. 13). На фиг. 14 и 15 представлены типичные полюсные наконечники. Полюсные башмаки, изображенные на фиг. 15, отличаются от нормальных (фиг. 14) тем, что они имеют т. н. напуски, или удлинения одного конца. При такой конструкции полюсных наконечников происходит менее крутое изменение магнитного потока в сердечнике якоря; вследствие этого кривая наводимого в обмотке якоря напряжения приобретает вместо пикообразной формы седлообразную. Различные формы выполнения полюсных башмаков с напусками даны на фиг. 16. Этим способом стремятся добиться удлинения периода максимальных значений тока в первичной цепи и тем самым получить по возможности постоянную интенсивность искры при различных моментах размыкания контактов. Однако указанный способ, как показывают исследования, не достигает своей цели.

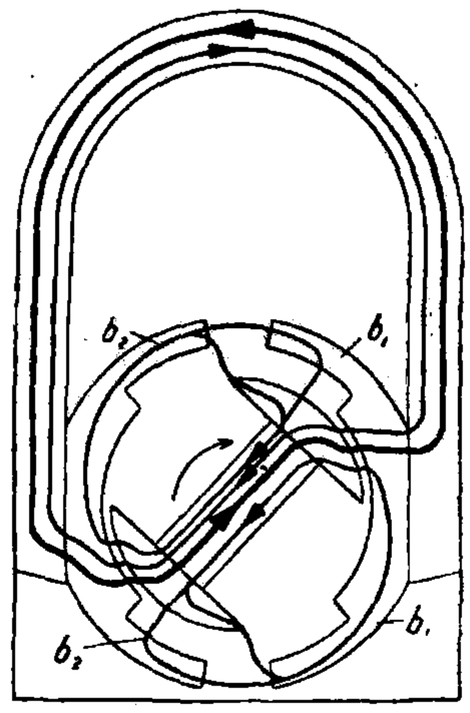




Фиг. 17.

Если чередование искрообразования в двигателях должно происходить через неравные промежутки времени (что имеет место в двигателях с V-образным расположением цилиндров), то полюсным наконечникам, а также и наконечникам якоря, придают особую ступенчатую форму, изображенную на фиг. 17. Т. к. через полюсные наконечники замыкаются силовые линии магнитного потока, который образуется от тока при прохождении по первичной обмотке, то для увеличения проводимости для этого потока полюсные наконечники снабжаются еще особыми отростками b_1, b_2 (фиг. 18).

Якорь М. состоит из сердечника с наконечниками и двух обмоток—первичной и вторичной. Сердечник якоря набирается обычно из листового железа. При вращающихся якорях боковые части сердечника, т. н. щеки, приходится делать массивными, вследствие чего при вращении создаются дополнительные потери на токи Фуко и замедляется процесс изменения магнитного потока якоря при разрыве цепи первичного тока. Якорные наконечники образуют цилиндрич. поверхность (выпуклую и вогнутую) с углами обхвата около 90° или 45° (для М. с 2 и 4 отрывами). Для случая неравномерного чередования искрообразования якорные наконечники делаются несимметричными или специальной формы, как это указано на фиг. 17 (нижний рисунок). Сердечник и якорные наконечники во вращающихся якорях составляют обычно одно целое, тогда как в неподвижных якорях сердечник для удобства наматывания обмоток делается отъемным. Обмотка якоря выполняется из эмалированной проволоки, при этом диам. провода берется 0,5—1,1 *мм* для изготовления первичной обмотки и 0,05—0,08 *мм* для вторичной. Число витков в первичной обмотке 100—250, во вторичной 8 000—12 000. На изоляцию обмоток приходится обращать особое внимание. Концы первичной обмотки присоединяются к контактам прерывателя и конденсатору, причем один конец обычно соединяется с телом якоря; присоединение этого конца к массе всего М., в случае вращающихся якорей, делается посредством скользящих контактов. Вторичная обмотка связывается электрически с первичной или делается изолированной от последней; изолированная от первичной вторичная обмотка применяется тогда, когда магнето должно давать одновременно две искры (для двухтактных двигателей). Вывод тока высокого напряжения от вторичной обмотки осуществляется во вращающихся якорях посредством контактных колец или сегментов, хорошо изолированных от массы якоря. Вывод тока высокого напряжения в неподвижных якорях производится посредством контактных пластин или штифтов. Т. к. во время работы вторичная обмотка подвергается

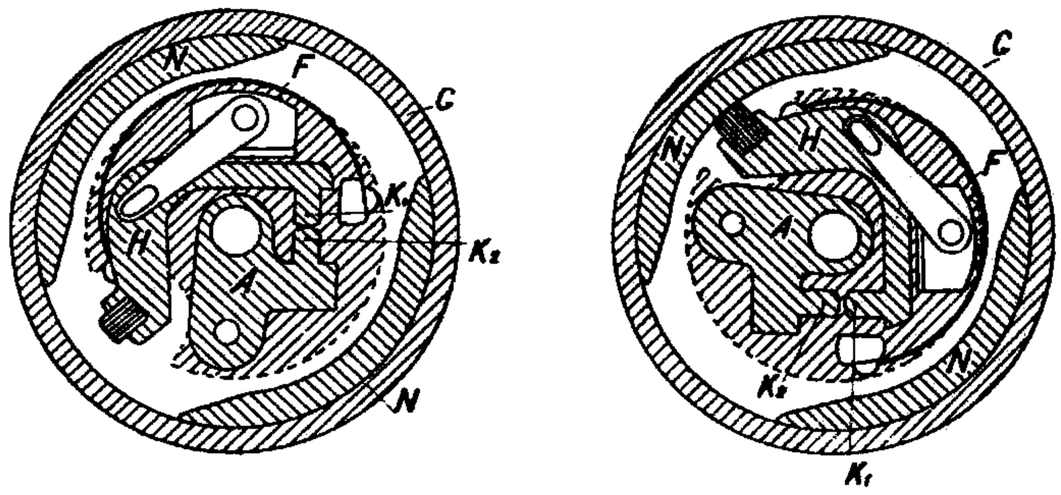


Фиг. 18.

действию высокого напряжения (до 10 000—12 000 V), то изоляция ее от массы д. б. довольно надежной для защиты последних витков вторичной обмотки от действия волн перенапряжений, появляющихся при искрообразованиях. В нек-рых М. вторичная обмотка снабжается особым экранирующим кольцом; это защитное кольцо делается разомкнутым из тонкой широкой медной ленты, оно соединяется последовательно со вторичной обмоткой и образует в ней последний виток.

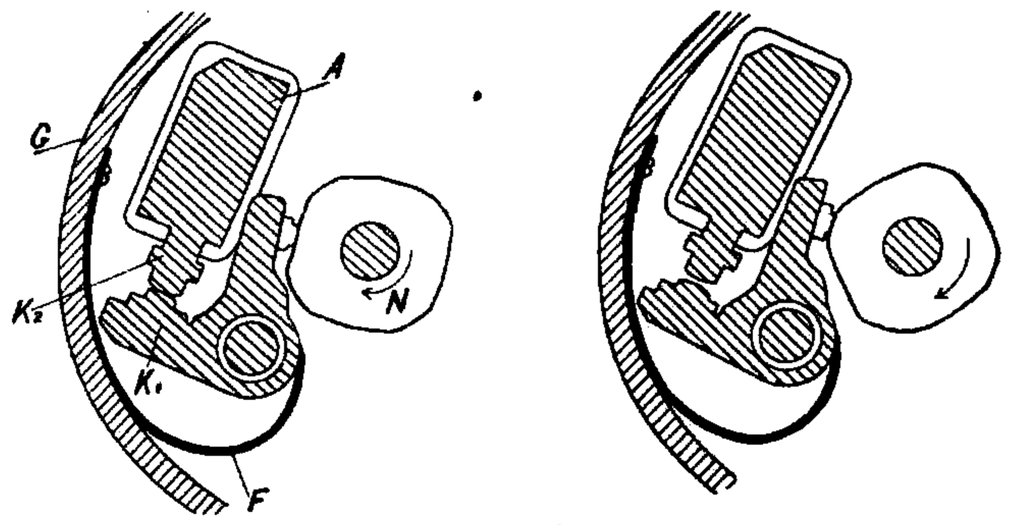
Прерыватели первичной цепи выполняются двух типов: а) с вращающимися контактами и неподвижными кулачками, б) с вращающимися кулачками и неподвижными контактами. Первый тип прерывателя применяется в М. с вращающимся якорем, второй—в М. с неподвижным якорем. Обыкновенно вращающаяся часть прерывателя располагается или на роторе М. или на оси зубчатки распределителя. Контакты прерывателя д. б. хорошо соединены электрически с концами первичной обмотки, а переходное сопротивление контактов в замкнутом состоянии д. б. по возможности мало. Материал, идущий на изготовление контактов, должен быть стойким в отношении к действию электрич. искры, к влиянию влаги, воздуха (озонированного) и быть достаточно прочным в отношении механич. воздействий в виде ударов, к-рые возникают при размыкании контактов. Наиболее подходящим для контактов прерывателя материалом является сплав платины с иридием (25%). Контакты прерывателя изготовляются также из вольфрама, однако этот материал имеет ограниченное применение в прерывателях М., т. к. вольфрам очень труден в механич. обработке, и кроме того поверхность его быстро окисляется, образуя т. о. большое переходное сопротивление. Контакты прерывателя привариваются или припаиваются к контактным винтам, посредством к-рых осуществляется регулировка зазора между контактами, когда они находятся в полном размыкании. Нормально зазор между контактами при размыкании устанавливается в 0,4—0,5 *мм*. Перемещение подвижного контакта в прерывателях может происходить в направлении или перпендикулярном к оси вращения или пареллельном к последней, и в зависимости от этого прерыватели называются радиальными или осевыми.

Нажатие контактов друг на друга достигается посредством пружин, связанных с подвижным контактом. Нажатие контактов составляет 500÷900 *г*. Размыкание и замыкание контактов осуществляется тем, что кулачок подвижной части прерывателя входит в соприкосновение с выступами кулачковых шайб или колец (в случае невращающихся контактов) или с губками (выступами) коробки прерывателя. Профильное очертание выступов прерывателя, кулачковых шайб или колец, а также губок коробки выполняется такой формы, при к-рой начальные и конечные состояния размыкания контактов происходят через строго определенные угловые перемещения, размыкание контактов совершается по возможности с резким отрывом, и кроме того при взаимном соприкосновении подвижного и неподвижного кулачков на подвижную систему прерывателя действуют небольшие усилия. Угловые размеры разомкнутого состояния контактов составляют от 25 до 115 электрич. градусов, что соответствует $\frac{25 \div 115}{p}$ механич. градусам, где p—число полных циклов изменения магнитного потока в сердечнике



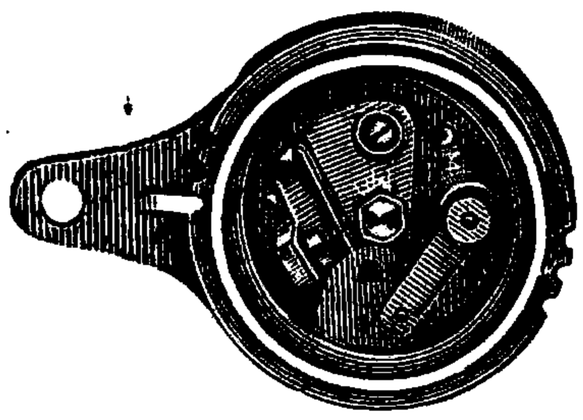
Фиг. 19.

якоря за один оборот ротора. Однако нормальным раствором контактов следует признать ок. 50—60 электрических градусов. В одноцилиндровых магнето с вращающимся якорем открытие контактов делается до 240 электрич. градусов. Прерывательный механизм устанавливается по отношению к ротору М. так, чтобы размыкание контактов происходило в момент, соответствующий достижению максимума силы первичного тока.



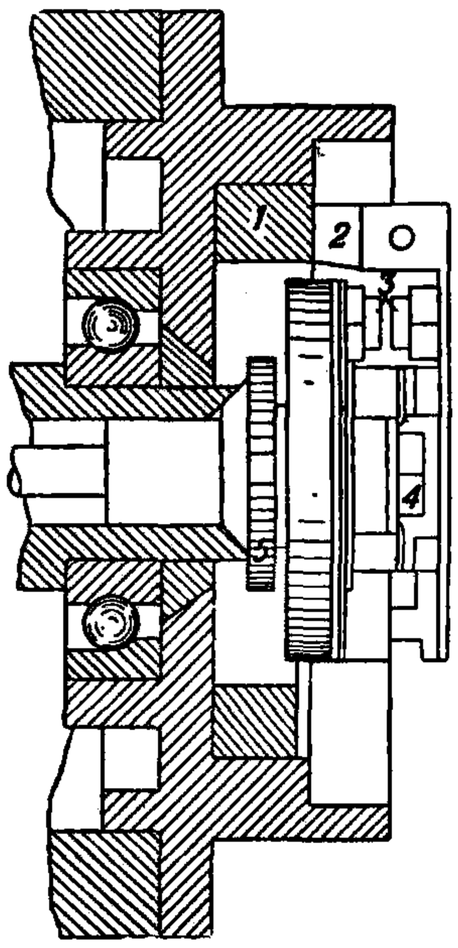
Фиг. 20.

Т. к. при работе М. подвижная часть прерывателя должна совершать принудительные колебания, то период собственных колебаний подвижной системы д. б. меньше периода вынужденных колебаний. Обычно к прерывателям предъявляется требование, чтобы т. н. критич. число колебаний лежало выше максимального числа вынужденных колебаний. Для удовлетворения этого требования приходится массу подвижных частей прерывателя доводить до минимума и устанавливать надлежащее натяжение пружин. При неправильно сконструированных прерывательных механизмах может наступить «игра» контактов, которая нарушает правильное чередование искрообразования; последнее же ведет к нарушению нормальной работы двигателя и может быть даже опасным. Материалом для кулачков служит сталь (каленая или с цементированной поверхностью) и фибра, хорошо проваренная в парафине. На фиг. 19—23 приведены чертежи типичных уст-



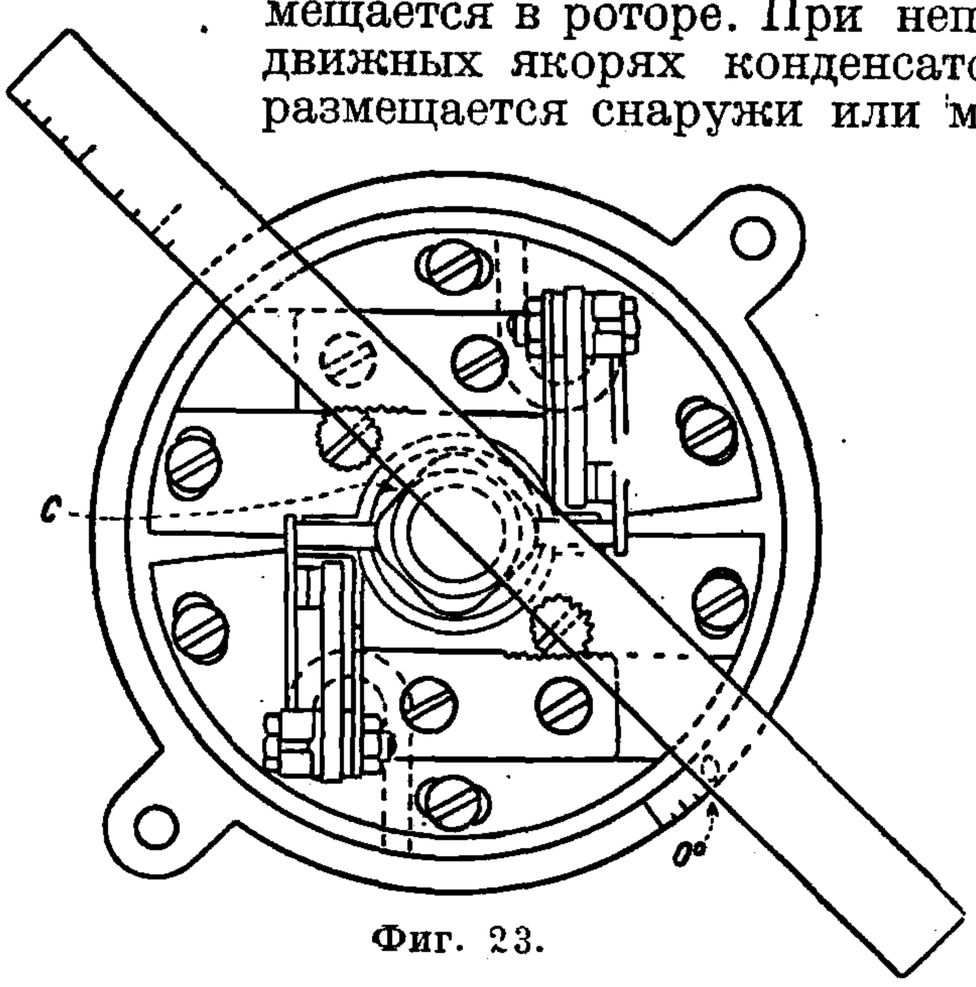
Фиг. 21.

ройств различных прерывателей. На фиг. 19 и 20: K_1 и K_2—контакты, *H*—подвижной рычажок, *A*—основание наковальни, *F*—пружина, *N*—губки или кулачки и *G*—кольцо прерывателя. На фиг. 22: *1*—стальной кулачок, *2*—фибровый кулачок, *3*—контакт, *4*—центральный шуруп, *5*—регулирующая гайка.



Фиг. 22.

Конденсатор приключается параллельно к контактам прерывателя и служит для устранения искрения контактов в момент разрыва цепи тока; он должен по возможности иметь непосредственное соединение с концами первичной обмотки. Емкость конденсатора берется в пределах 0,08—0,25 μF. Конденсаторы выполняются в различных формах: плоскими или же в виде спиралей. В качестве обкладок в конденсаторе применяется фольга (алюминиевая или оловянная), диэлектриком служат слюдяные тонкие пластины, парафинированная папиросная бумага или лакированное шелковое полотно. Для предохранения от действия влаги и внешних повреждений конденсаторы во многих М. заключаются в металлич. обойму или коробку. Нормально конденсатор располагается в непосредственной близости с первичной обмоткой, поэтому при вращающихся якорях конденсатор помещается в роторе. При неподвижных якорях конденсатор размещается снаружи или между первичной и вторичной обмотками (например в магнето Scintilla).



Фиг. 23.

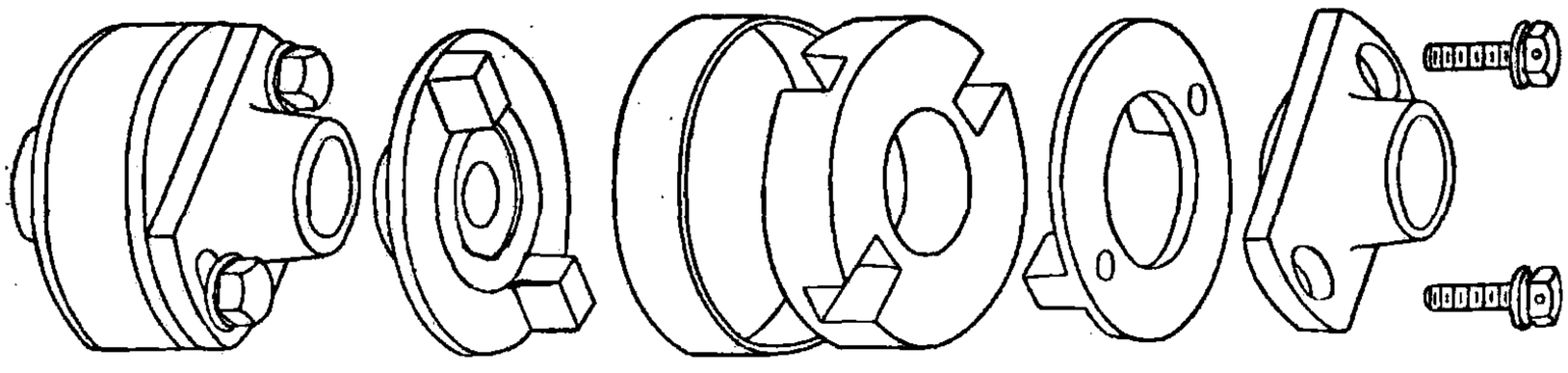
Распределители тока высокого напряжения в современных зажигательных устройствах устанавливаются или отдельно от М. или же чаще всего составляют одно целое с М. В М. для одно- и двухцилиндровых двигателей особого распределителя не ставят; здесь распределение тока высокого напряжения осуществляется посредством контактного кольца или двух контактных сегментов, сидящих на валу вращающегося якоря. В многоцилиндровых М. устраивается специальный распределитель, состоящий из двух основных частей: распределительной крышки и бегунка. Распределительная крышка снабжается электродами, число к-рых соответствует числу цилиндров, и зажимами для присоединения проводников, идущих к свечам (см. *Свечи зажигательные*). Электроды обычно делаются из латуни, красной меди и имеют форму сегментов, острия и штифта; они располагаются по цилиндрич. поверхности распределительной крышки или в торцевой части последней. В первом случае электроды располагаются в один или два ряда. Расстояние между двумя соседними электродами берется не меньше 10—12 *мм* во избежание перескакивания искры с одного электрода на другой. Бегунок распределителя устраивается т. о., что токоведущая часть его электрически соединяется одним концом со вторичной обмоткой М., а другим—поочередно с электродами, расположенными в крышке. Переход тока из вторичной обмотки к электродам распределителя через бегунок осуществляется или посредством трущихся контактов или при помощи искры. Передача вращения от вала М. к распределителю осуществляется посредством шестеренок или червячного механизма; в последнем случае ось распределителя располагается перпендикулярно к оси ротора. Передаточное число механизма вращения устанавливается сообразно числу цилиндров и в зависимости от числа отрывов в М. за один оборот ротора. Если *z*—число цилиндров, а *m*—число отрывов за один оборот, то передаточное число, представляющее собою отношение скорости вращения ротора М. и вала распределителя, составляет $n=\frac{z}{m}$. В многоцилиндровых М., с целью уменьшения размеров распределительных крышек, прибегают к устройству не одного распределителя, а двух.

Распределители М. высокого напряжения снабжаются также устройством для присоединения пускового М. или пусковой индукционной катушки; для этого распределитель имеет дополнительный зажим с электродом, через к-рый подводится ток от пускового аппарата через дополнительный электрод на бегунке к электродам распределителя.

Предохранительный разрядник ставится в М. высокого напряжения с целью защиты изоляции от повышенных напряжений, могущих получиться при разрыве цепи тока, идущего от вторичной обмотки к свечам. Предохранительный разрядник приключается параллельно вторичной обмотке; он выполняется в виде остриев, зазубренных шайб и колец. Расстояние между электродами разрядника устанавливается на пробивное предохранительное напряжение в 10—12 kV. Предохранительные разрядники бывают неподвижные или подвижные; в последнем случае электроды предохранительного разрядника помещаются на распределителе. Чтобы проскакивающие через предохранительный разрядник искры не могли воспламенить случайно окружающую М. взрывчатую смесь (пары бензина с воздухом), электроды разрядника окружаются камерой, в к-рой для вентиляции де-

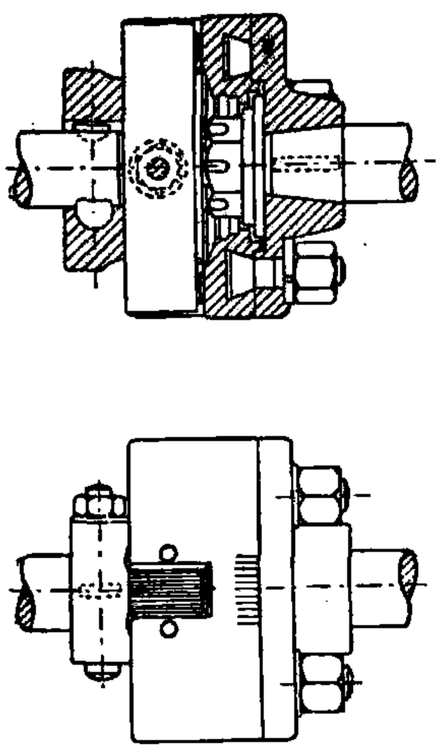
лаются отверстия, прикрытые частой медной сеткой.

К о р п у с а современных М. делаются в большинстве случаев из алюминия. Корпус должен иметь возможно малое число составных частей. Обычно части корпуса отливаются в кокилях или в стальных формах под давлением. Для более жесткой связи отдельные части, напр. обоймы для подшипников, втулки, якорные наконечники, полюсные башмаки и т. п., заливаются в алюминиевом остове.

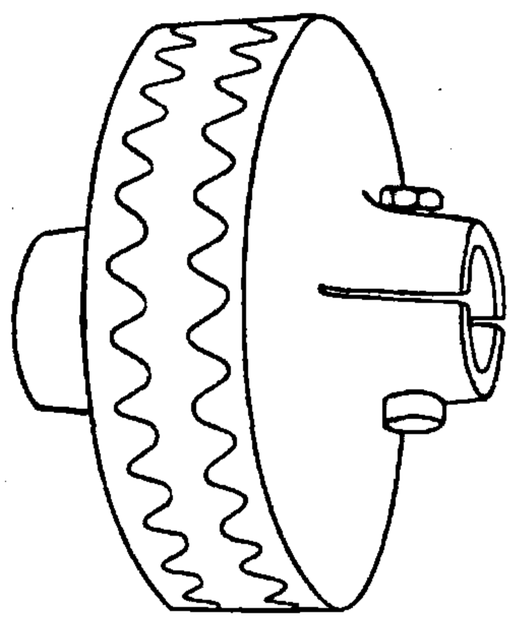


Фиг. 24.

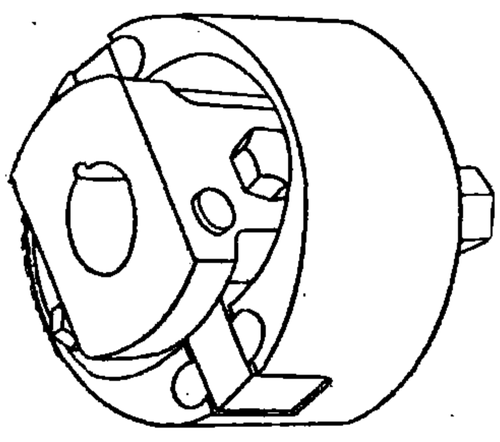
П р и в о д во вращение осуществляется в рабочих М. от вала двигателя, а в пусковых—гл. образом от руки. В случае привода М. от двигателя, М. сцепляется посредством зубчатых или винтовых передач с коленчатым или распределительным валом двигателя; иногда для этих целей применяется и цепная передача. Обычно сцепление вала М. осуществляется с зубчатой или винтовой передачей через муфты. Для уменьшения толчков применяются эластичные муфты, причем эластичность в последних достигается посредством пружин или резиновых вставок. Т. к. зубчатые или винтовые сцепления не позволяют точно устанавливать соответствие начала размыкания контактов прерывателя (начала искрообразования) с положением поршня в цилиндре, то соединительные муфты устраиваются часто т. о., что посредством них можно регулировать в нек-рых пределах положение вала М. по отношению к валу двигателя. На фиг. 24—27 приведены наиболее употребительные муфты.



Фиг. 25.



Фиг. 26.



Фиг. 27.

Соотношение скоростей вращения двигателя и М. устанавливается в зависимости от числа цилиндров, числа тактов двигателя и числа отрывов М. (табл. 3).

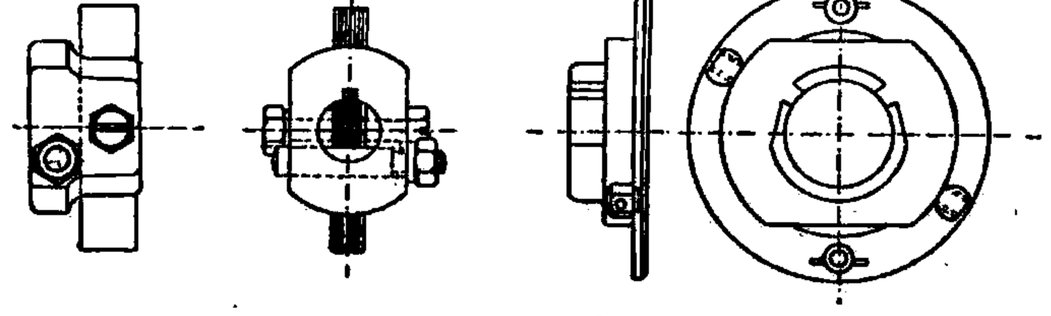
Для облегчения запуска двигателя, когда таковой осуществляется от руки, сцепление М. с двигателем осуществляется посредством т. н. у с к о р и т е л ь н ы х м у ф т, устройство к-рых представлено на фиг. 28.

Р е г у л и р о в а н и е м о м е н т а и с к р о о б р а з о в а н и я в М. осуществляется вручную и автоматически. Различают два вида регулирования: механическое и электрическое. Механическое регулирование основано на том, что изменение момента искрообразования

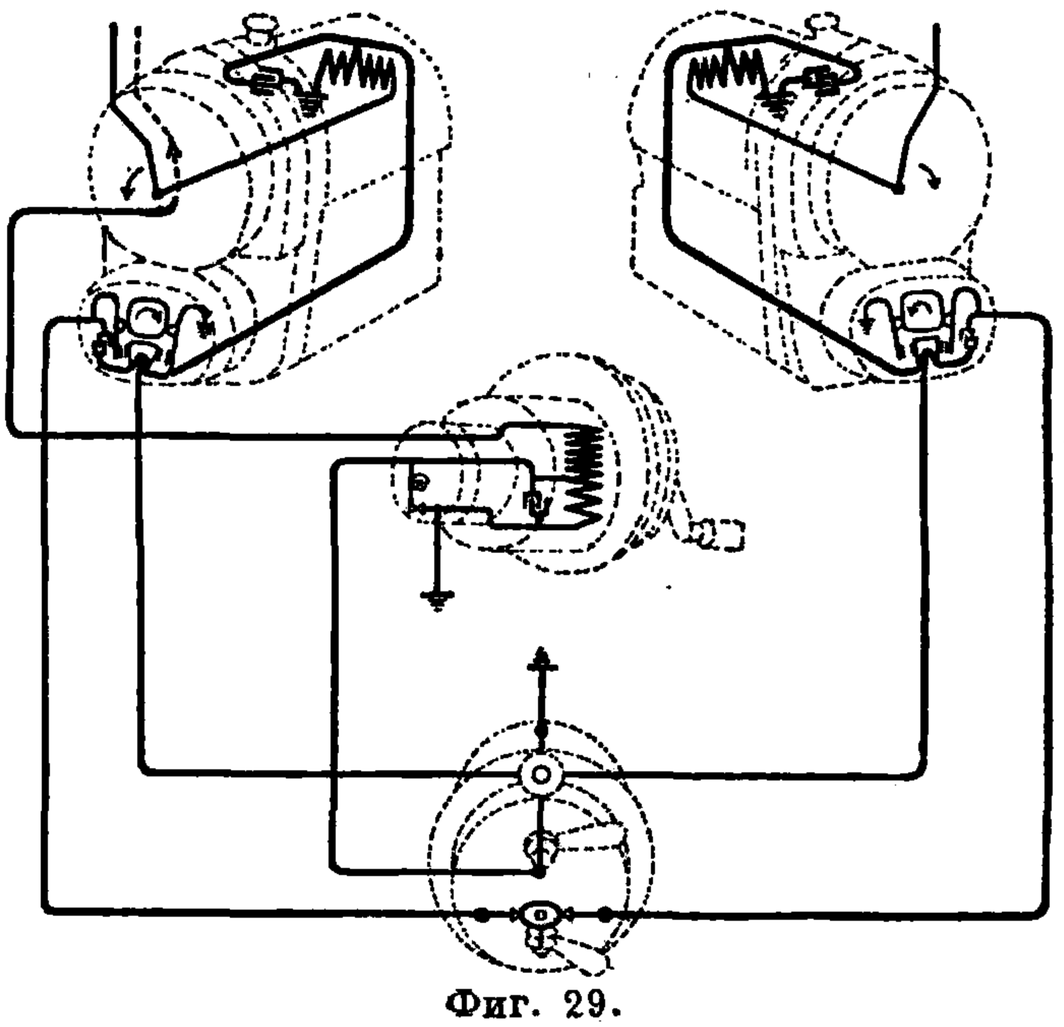
Т а б л. 3.—С о о т н о ш е н и е с к о р о с т е й в р а щ е н и я д в и г а т е л е й и м а г н е т о.

№	Число цилиндр. двигателя	Число тактов двигателя	Число вспышек за два об. двигателя	Число искр за один оборот М.	Передаточное число двигателя и М.	Передаточное число для распределит.
1	1	2	2	1	1 : 1	1 : 1
2	2	2	4	2	1 : 1	1 : 1
3	1	4	1	1	1 : 0,5	1 : 1
4	2	4	2	2	1 : 0,5	1 : 1
5	4	4	4	2	1 : 1	1 : 2
6	5	4	5	2	4 : 5	2 : 5
7	6	4	6	2	2 : 3	1 : 3
8	7	4	7	24	4:7 8:7	2:7 4:7
9	8	4	8	24	1:2 1:1	1:4 1:2
10	9	4	9	24	4:9 8:9	2:9 4:9
11	12	4	12	24	1:3 2:3	1:6 1:3
12	18	4	18	48	4:9 8:9	2:9 4:9

достигается путем смещения или вала, или корпуса, или полюсных наконечников магнето относительно вала двигателя; при этом положение начала разрывания контактов



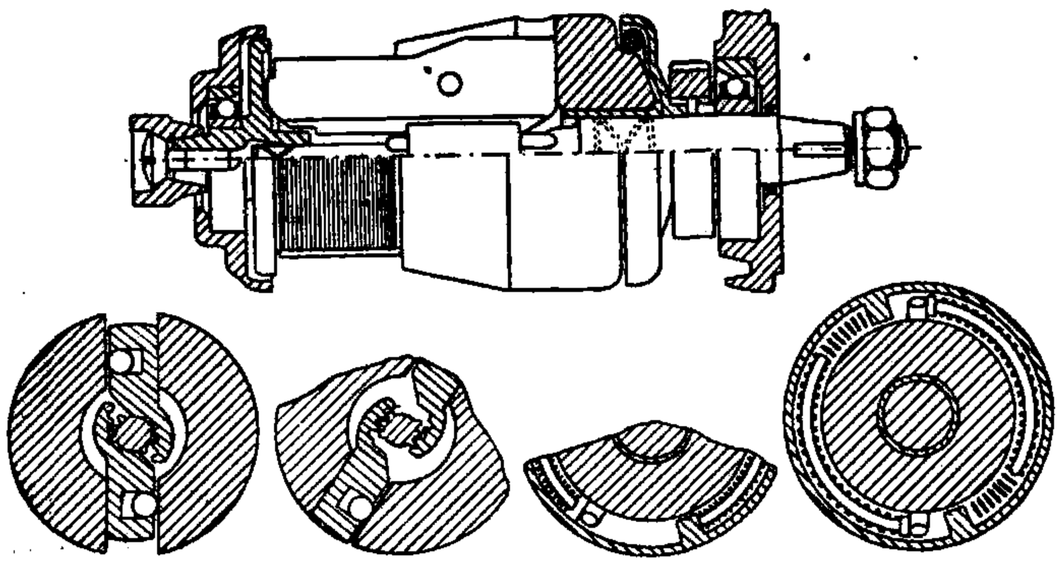
Фиг. 28.



Фиг. 29.

магнето остается неизменным по отношению к положению ротора. Такой способ регулирования не отзывается на рабочем процессе М.

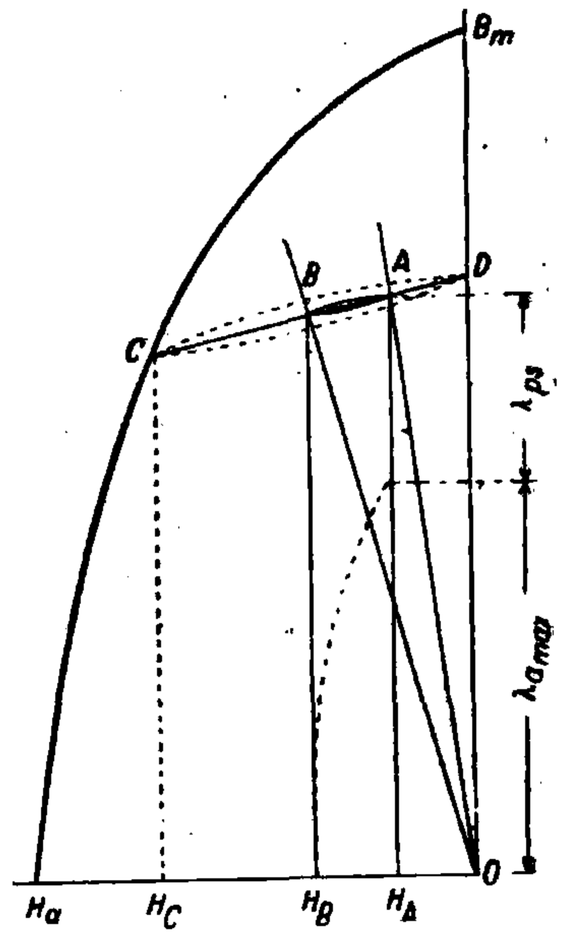
Электрич. способ регулирования состоит в том, что момент разрыва первичной цепи тока изменяется за счет относительного смещения начала размыкания контактов и положения ротора М. Это смещение обычно осуществляется путем поворота основания невращающихся контактов или прерывательной коробки (кольца с губками). В нек-рых случаях для регулирования момента искрообразования применяются два последовательно соединенные прерывателя. Размыкание контактов в этих прерывателях происходит с нек-рым смещением. Замыкая поочередно тот или иной прерыватель накоротко, можно устанавливать позднее или раннее зажигание. Подобное устройство изображено на фиг. 29. На фиг. 30 дан чертеж автоматического центробежного регулятора опережения, расположенного внутри магнитного ротора (M. Scintilla). При механич. способе регулирования имеется возможность применять момент искрообразования в довольно широких пределах, до 60—90 электрич. градусов относительно вала М.;



Фиг. 30.

электрич. же способ позволяет регулировать искрообразование в пределах 30—35 электрических градусов.

Рабочий процесс магнето высокого напряжения. 1. Изменение магнитного потока в сердечнике якоря. На рабочий процесс М. оказывает сильное влияние характер изменения магнитного потока в сердечнике якоря в зависимости от положения подвижной части магнито-якорной системы М. Для каждого положения подвижной части магнито-якорной системы магнето магнитн. поток, проходящий через сердечник якоря, м. б. найден по разности магнитных потенциалов, действующих на полюсных наконечниках U_m, и по проводимости якорной системы λ_a. На диаграмме (фиг. 31) приведена кривая размагничивания для магнитной системы М.: $B_m = f(H)$. На той же диаграмме нанесены две петли—CD и BA, по к-рым происходит процесс изменения потока в нейтральной зоне постоянного магнита в случаях, если напряженность поля H изменяется в пределах от H_C до 0 и от H_B до H_A. С достаточным приближением можно считать, что в этих случаях зависимость B_m от H протекает по прямой CD. Т. о., если после намагничивания постоянных магнитов напряженность поля, вызванная действием свободных полюсов, достигает значения H_C, то после постановки магнитов в корпус М., вследствие уменьшения сопротивления междуполюсного пространства, размагничивающее действие свободных полюсов уменьшается и напряженность поля приобретает значения, соответствующие максимальной проводимости междуполюсного пространства H_A и минимальной проводимости—H_B. Тангенсы углов AOH и BOH, как известно, характеризуют проводимости междуполюсного пространства λ_p. Эта проводимость слагается из двух частей—проводимости якоря λ_a и проводимости потоков рассеяния λ_{ps}. Проводимость якоря λ_a изменяется при вращении ротора в пределах от $\lambda_{a_{max}}$ до 0, а проводимость потоков рассеяния λ_{ps} колеблется в сравнительно небольших пределах. Когда проводимость λ_p достигает минимума, λ_a делается равною нулю, и тогда весь поток постоянного магнита делается потоком рассеяния; при максимальной проводимости междуполюсного пространства часть потока магнитов Φ_m проходит через сердечник якоря $\Phi_{a_{max}}$, а другая часть потока $\Phi_m - \Phi_{am}$ является потоком рассеяния. Пусть σ—коэфициент магнитного рассеяния, который представляет собой отношение



Фиг. 31.

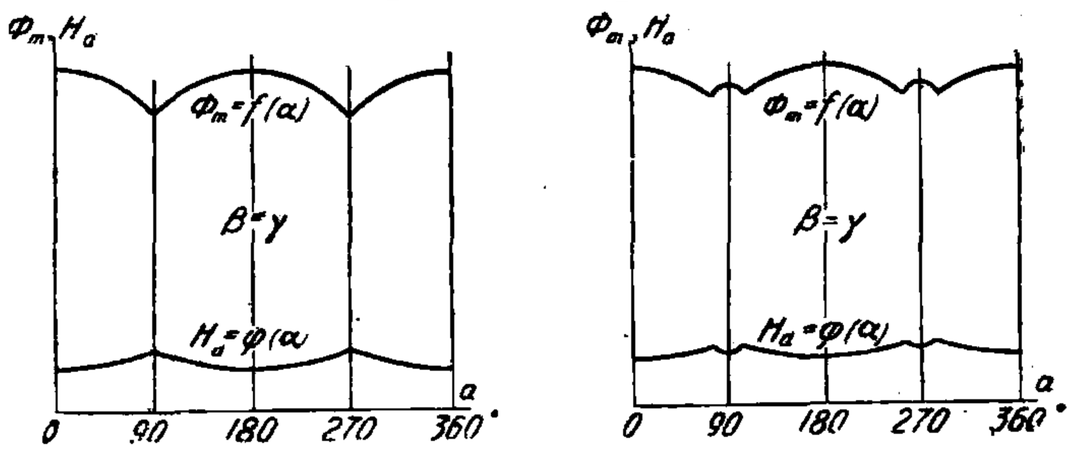
$$\sigma = \frac{\Phi_m}{\Phi_{a_{max}}};\ \text{тогда}\ \lambda_{a_{max}} = \frac{\lambda_{p_{max}}}{\sigma}.$$

При вращении подвижной системы М. магнитный поток в самой системе постоянных магнитов изменяется в сравнительно небольших пределах (от 3 до 5%), тогда как разность магнитных потенциалов, равная $H_d L_m$ (где H_d—напряженность после размагничения, L_m—длина постоянного магнита), может колебаться сравнительно широко. На фиг. 32 приведена диаграмма, к-рая дает представление о характере изменения Φ_m и $H_d L_m$ для двух типичных случаев устройства полюсных наконечников: без напусков и с напусками.

Магнитный поток в сердечнике якоря Φ_a, от изменения к-рого по времени зависит наведение напряжения в обмотках М., является функцией разности магнитных потенциалов и проводимости якорной системы; он равен

$$\Phi_a = H_d \cdot L_m \cdot \lambda_a.$$

Проводимость λ_a зависит от положения подвижной системы М., конструкции магнито-якорной системы и магнитного насыщения



Фиг. 32.

сердечника и наконечников якоря. Если М. имеет вращающийся якорь, то при произвольном положении последнего разность магнитных потенциалов на полюсных башмаках уравновешивается падением магнитного потенциала в междуполюсном пространстве. Так. обр. при прохождении магнитного потока от одного полюса к другому через железо якоря устанавливаются магнитные индукции: в воздушном зазоре B_l, а в сердечнике якоря B_a, к-рым соответствуют определенные величины напряжения магнитного поля H_l и H_a; поэтому полное падение магнитного потенциала между двумя башмаками U_p м. б. вычислено по ф-ле:

$$U_p = H_d \cdot L_m = H_l \cdot 2\delta + H_a \cdot h = B_l \cdot 2\delta + \frac{B_a}{\mu} \cdot h,$$

где δ—воздушный зазор, h—приведенная высота якоря, L—длина магнита, μ— коэф-т магнитной проницаемости. Величина магнитного потока, проходящего через сердечник якоря, зависит от магнитной индукции B_l воздушного зазора и площади F поверхности якоря, находящейся под полюсными башмаками; т. е. $\Phi_a = B_l \cdot F$, поэтому магнитная индукция в сердечнике якоря

$$B_a = \frac{\Phi_a}{\theta} = \frac{B_l \cdot F}{\theta},$$

где θ—площадь поперечного сечения сердечника якоря. На основании этого выражение для разности магнитных потенциалов на полюсных башмаках преобразовывается в следующий вид:

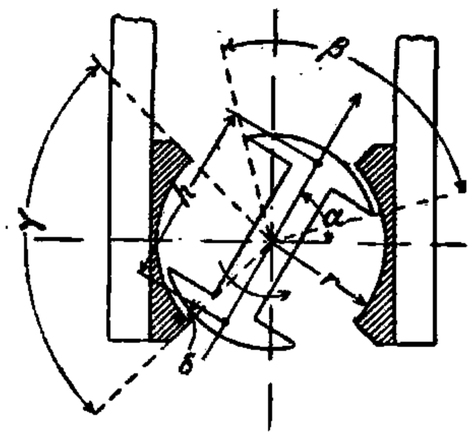
$$U_p = H_d \cdot L_m = B_l \cdot 2\delta + \frac{B_l \cdot F}{\theta} \cdot \frac{h}{\mu} =$$

$$= B_l \left(2\delta + \frac{F}{\mu} \cdot \frac{h}{\theta}\right) = B_l \left(2\delta + k \cdot \frac{F}{\mu}\right);$$

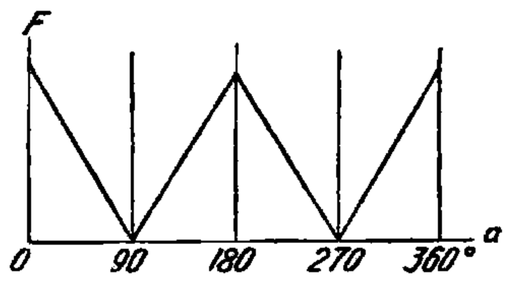
отсюда

$$B_l = \frac{H_d \cdot L}{2\delta + k \cdot \frac{F}{\mu}}.$$

Из последней формулы видно, что B_l находится в зависимости от трех величин: H_d, F и μ. Площадь F меняется при вращении ротора; если β—угол обхвата цилиндрич. части якоря, γ—та же величина, но для полюсного башмака, l—осевая длина якоря, а r—средний радиус цилиндрического воздушного зазора, то при повороте тела якоря на угол α относительно его горизонтального положения (фиг. 33) площадь поперечного сечения междужелезного пространства F равняется:



Фиг. 33.



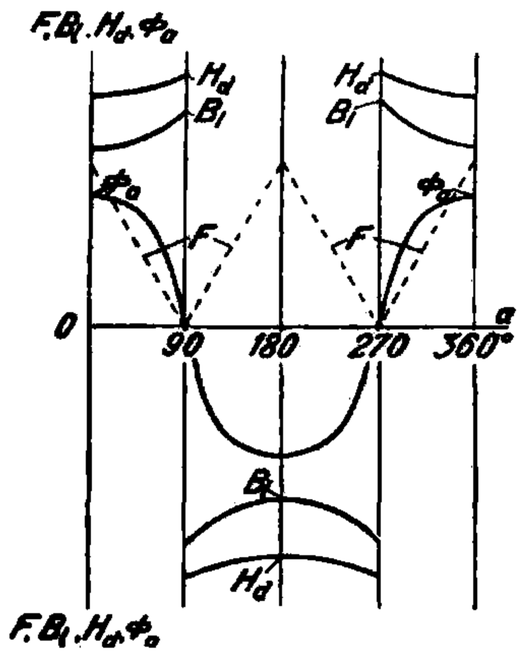
Фиг. 34.

$$F = \beta \cdot r \cdot l - \alpha \cdot r \cdot l = r \cdot l\,(\beta - \alpha),$$

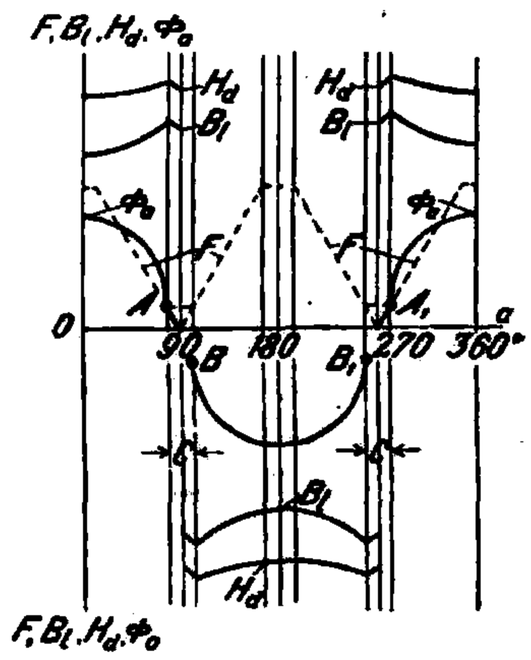
т. е. она находится в прямой зависимости от угла α. Эта зависимость графически изображена на фиг. 34 для случая, когда углы β и γ равны между собой. Как указано ранее, магнитный поток сердечника якоря определяется по своей величине как количество магнитных силовых линий, входящих в цилиндрическую поверхность якоря, т. е. равен:

$$\Phi_a = B_l \cdot F = \frac{H_d \cdot L}{2\delta + k \cdot \frac{F}{\mu}} \cdot F = \frac{H_d \cdot L \cdot r \cdot l\,(\beta - \alpha)}{2\delta + k\,\frac{r \cdot l\,(\beta - \alpha)}{\mu}} = f(\alpha).$$

На основании всех этих выводов на фиг. 35 построены кривые $H_d = \varphi(\alpha)$, $F = \psi(\alpha)$, $\Phi_a = f(\alpha)$ для М. с симметрическими башмаками. Если у М. с вращающимся якорем полюсные башмаки имеют напуски, или когда угол γ больше угла β на величину $c = \gamma - \beta$, то магнитный поток изменяется в якоре несколько иначе, чем в предыдущем случае (фиг. 36). Действительно, при наличии напусков у полюсных башмаков изменения разности магнитных потенциалов $U_p = H_d \cdot L$ и площади F в зависимости от угла поворота



Фиг. 35.

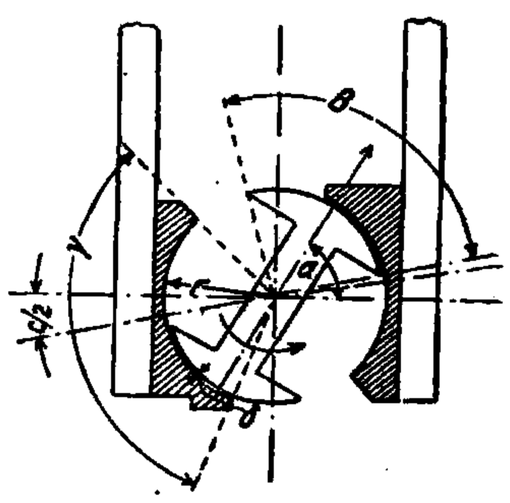


Фиг. 36.

a якоря протекают по другим кривым. Характер изменения $U_p = H_d \cdot L$ для этого случая был указан раньше, и теперь кривая $H_d - \varphi(\alpha)$ вторично приводится на фиг. 36. Что же касается площади F, то эта величина изменяется след. образом (фиг. 37): при повороте якоря на угол в пределах от 0 до c, площадь F остается постоянной, равной

$$F = r \cdot \beta \cdot l,$$

при дальнейшем вращении якоря рогообразные концы его выходят из-под полюсных башмаков; поверхность, через которую должны проходить магнитные силовые линии, начинает уменьшаться до тех пор, пока концы якоря не достигнут края противоположного полюсного башмака; так. обр. во время поворота якоря от угла $\alpha_1 = c$ до угла $\alpha_2 = \pi - \frac{\beta}{2}$ изменение площади F можно выразить по след. формуле:



Фиг. 37.

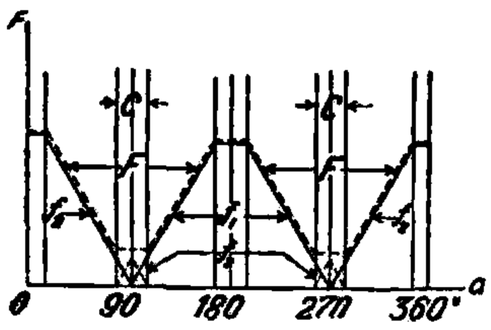
$$F_2 = r \cdot \beta \cdot l - r \cdot l\,(a - c) =$$
$$= r \cdot l\,(\beta + c) - r \cdot l \cdot a = r \cdot l\,(\gamma - a);$$

если вращение якоря продолжать, то под каждый полюсный башмак подходят одновременно два рогообразных конца якоря, и при этом общая поверхность этих концов, подходящая под башмаки, остается постоянной, т. е.

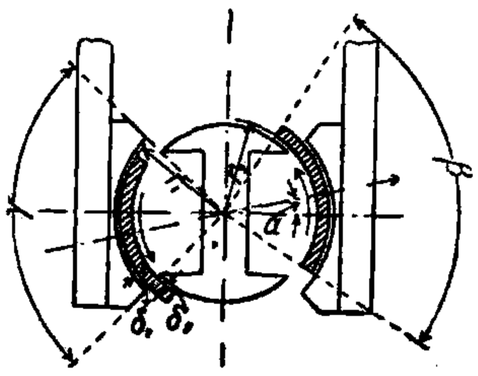
$$F_3 = [r \cdot c \cdot l - r \cdot l\,(a - \gamma)] + [r \cdot l\,(a - \gamma)] =$$
$$= f_1 + f_2 = r \cdot c \cdot l,$$

где через f_1 и f_2 обозначены поверхности каждого из рогов якоря, подходящие под башмаки; в дальнейшем при вращении якоря изменение поверхности F происходит

сперва в обратном, а затем в прямом порядке. На фиг. 38 изображены кривые изменения F от угла α, а на фиг. 36 приведены все данные, характеризующие магнитные явления в цепи якоря М., имеющих полюсные башмаки с напусками. Из этих кривых видно, что при вертикальном положении якоря, когда концы его одновременно находятся под двумя



Фиг. 38.



Фиг. 39.

башмаками, крутизна изменения магнитного потока в сердечнике якоря изменяется, вследствие уменьшения магнитной индукции в воздушном зазоре, и в моменты, соответствующие началу и концу одновременного нахождения рогов под двумя полюсными наконечниками, кривая магнитного потока имеет точки перегиба A, B, A_1, B_1.

В М. высокого напряжения, у к-рых якорь делается неподвижным, а изменение магнитного потока в сердечнике его производится путем вращения железных сегментов, разность магнитных потенциалов на концах дуг уравновешивается суммой падений магнитного потенциала на отдельных участках пути прохождения магнитного потока через цепь якоря (фиг. 39), или

$$U_p = H_d \cdot L = B_{1l} \cdot 2\delta_1 + B_{2l} \cdot 2\delta_2 + \sum H_a \cdot h =$$

$$= B_{1l} \cdot 2\delta_1 + B_{2l} \cdot 2\delta_2 + \sum \frac{B_{жел.}}{\mu} \cdot h\,.$$

Для упрощения этого выражения можно третьим слагаемым $\sum \frac{B_{жел.}}{\mu} \cdot h$, как относительно малой величиной, пренебречь, и тогда получается следующий вид вышеприведенной ф-лы:

$$U_p = H_d \cdot L = B_{1l} \cdot 2\delta_1 + B_{2l} \cdot 2\delta_2.$$

Чтобы установить связь между B_{1l} и B_{2l}, предполагается, что количества магнитных силовых линий, входящих в подвижные сегменты и в сердечник якоря, одинаковы, поэтому $B_{1l} \cdot F_1 = B_{2l} \cdot F_2$, отсюда

$$B_{2l} = \frac{B_{1l} \cdot F_1}{F_2},$$

где F_1 и F_2—площади средней поверхности междужелезных пространств. Эти площади, согласно обозначениям фиг. 39, равняются:

$$F_1 = r_1 \cdot l\,(\beta - \alpha),$$

и

$$F_2 = r_2 \cdot l \cdot \alpha;$$

таким образом

$$B_{2l} = \frac{B_{1l} \cdot F_1}{F_2} = \frac{B_{1l} \cdot r_1 \cdot l\,(\beta-\alpha)}{r_2 \cdot l \cdot \alpha} = B_{1l} \cdot \frac{\beta-\alpha}{\alpha} \cdot \frac{r_1}{r_2};$$

$$B_{1l} = \frac{B_{2l} \cdot F_2}{F_1} = \frac{B_{2l} \cdot l \cdot r_2 \cdot \alpha}{r_1 \cdot l(\beta-\alpha)} = B_{2l} \cdot \frac{\alpha}{\beta-\alpha} \cdot \frac{r_2}{r_1};$$

$$U_p = H_d \cdot L = B_{1l} \cdot 2\delta_1 + B_{2l} \cdot 2\delta_2 =$$

$$= B_{1l} \cdot 2\delta_1 + B_{1l} \cdot \frac{\beta-\alpha}{\alpha} \cdot \frac{r_1}{r_2} \cdot 2\delta_2 =$$

$$= B_{2l} \cdot 2\delta_2 + B_{2l} \cdot \frac{\alpha}{\beta-\alpha} \cdot \frac{r_2}{r_1} \cdot 2\delta_1.$$

Обычно в М. воздушные зазоры δ_1 и δ_2 делаются одинаковыми, а r_1 и r_2 мало отличаются, поэтому можно считать, что

$$U_p = H_d \cdot L = \sim \left[B_{1l} \cdot 2\delta_1 + B_{1l} \cdot \frac{\beta-\alpha}{\alpha} \cdot 2\delta_1\right] =$$

$$= \sim 2B_{1l} \cdot \delta_1 \cdot \frac{\beta}{\alpha}$$

и также

$$U_p = H_d \cdot L = \sim \left[B_{2l} \cdot 2\delta + B_{2l} \cdot \frac{\alpha}{\beta-\alpha} \cdot 2\delta_2\right] =$$

$$= \sim 2B_{2l} \cdot \delta_2 \cdot \frac{\beta}{\beta-\alpha}.$$

Из этих ур-ий определяются

$$B_{1l} = \sim \frac{H_d \cdot L \cdot \alpha}{2\delta_1 \cdot \beta} = k_1 \cdot H_d \cdot \alpha$$

и

$$B_{2l} = \sim \frac{H_d \cdot L \cdot (\beta-\alpha)}{2\delta_2 \cdot \beta} = k_2 \cdot H_d(\beta - \alpha),$$

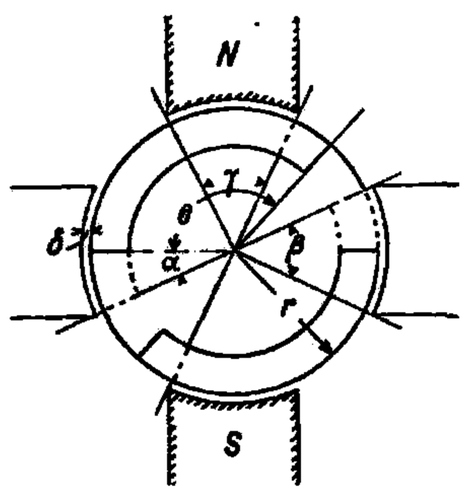
а сумма их при $\delta_1 = \delta_2$ равняется

$$B_{1l} + B_{2l} = k \cdot H_d.$$

Магнитный поток, проходящий через сердечник якоря, является по своей величине произведением магнитной индукции на площадь поперечного сечения сердечника; в случае отсутствия рассеяния его величину можно вычислять по ф-ле:

$$\Phi_a = B_{1l} \cdot F_1 = B_{2l} \cdot F_2 = k_2 \cdot H_d \cdot \alpha \cdot r \cdot l\,(\beta - \alpha) =$$
$$= k_1 \cdot H_d\,(\beta - \alpha) \cdot \alpha \cdot r \cdot l.$$

Так как β делается равным 90°, то, исследуя это ур-ие, легко увидеть, что при $\alpha = 0$, 90, 180, 270 и 360°, т. е. при повороте через каждые 90° магнитный поток делается равным 0; он достигает наибольшей величины, когда угол α соответствует 45,135, 225, 315° и т. д. Из этого также следует, что при повороте сегментов на 360° имеется возможность получения 4 искр. Если бы, при различных положениях подвижных сегментов, напряжение размагничивающего поля дуг H_d оставалось постоянным, то согласно последней формуле кривая изменения магнитного потока в якоре представляла бы собою параболу. На фиг. 40 приведена схема устройства магнито-якорной системы М. с вращающимися коммутаторами. По этой схеме выполняются М. герм. фирмы Bosch типа GF и франц. фирмы Voltex. В этом устройстве угол обхвата дуги каждого коммутаторного сегмента составляет около 135°, а углы обхвата полюсных якорных наконечников делают равными примерно 45°. Как видно из фиг., общее сопротивление якорной системы, если пренебречь насыщением железа, слагается из сопротивлений воздушных зазоров между поверхностями коммутаторов и полюсных наконечников R_{ap} и коммутаторов и якорных наконечников R_{as}. Если принять за начальное положение подвижных коммутаторов положение, которое соответствует наибольшей проводимости якорной системы, то при повороте сегментов на угол α по часовой стрелке поверхность сегментов, находящаяся под якорными наконечниками, уменьшается, а поверхность сегментов под



Фиг. 40.

полюсными башмаками остается постоянной. В этом случае общее сопротивление

$$R_a = R_{as} + R_{ap} = \frac{2\delta}{r \cdot l(\beta - \alpha)} + \frac{2\delta}{r \cdot \gamma \cdot l} = \frac{2\delta}{rl}\left(\frac{1}{\beta - \alpha} + \frac{1}{\gamma}\right);$$

отсюда

$$\lambda_a = \frac{1}{R_a} = \frac{rl}{2\delta}\left[\frac{(\beta - \alpha)\,\gamma}{\beta - \alpha + \gamma}\right];$$

при $\beta \cong \gamma$

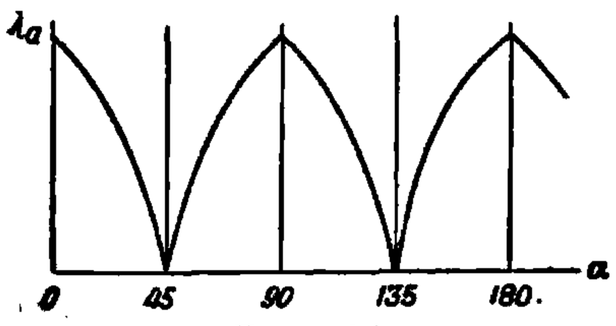
$$\lambda_a = \frac{rl}{2\delta}\left[\frac{(\beta - \alpha)\beta}{2\beta - \alpha}\right],$$

т. е. в этом случае кривая изменения λ_a в зависимости от α представляет часть гиперболы (фиг. 41). В табл. 4 приведены значения λ_a для различных углов α.

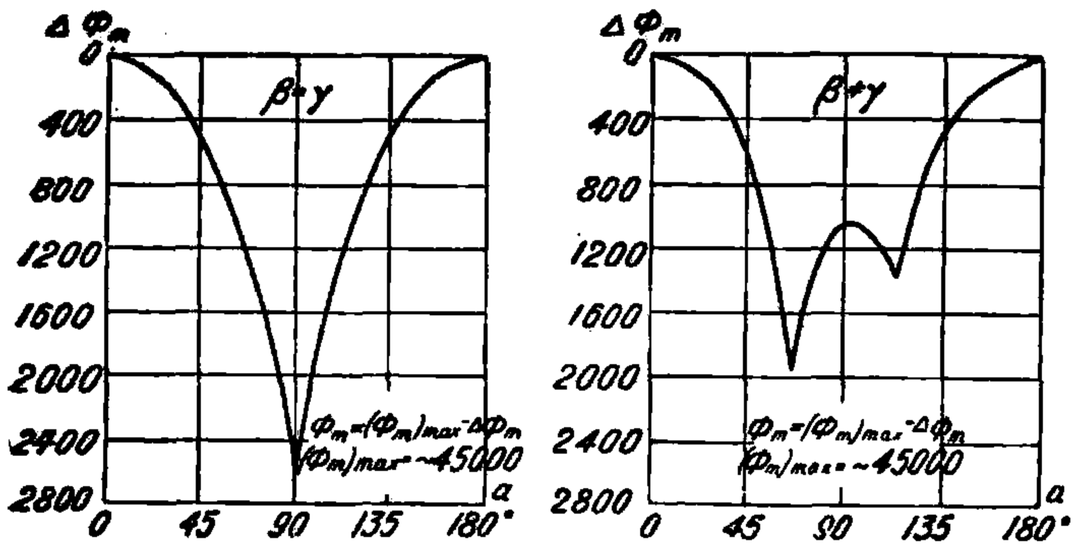
Табл. 4.—Зависимость λ_a от α для М. с вращающимися коммутаторами.

α	0	$^1/_4\ \beta$	$^2/_4\ \beta$	$^3/_4\ \beta$	$^4/_4\ \beta$
λ_a	$\frac{r \cdot l \cdot \beta}{4\delta} = \frac{4rl\beta}{16\delta}$	$\frac{3}{14} \cdot \frac{r \cdot l \cdot \beta}{\delta}$	$\frac{1}{6} \cdot \frac{r \cdot l\ \beta}{\delta} = \frac{2}{12} \cdot \frac{rl\beta}{\delta}$	$\frac{1}{10} \cdot \frac{r \cdot l \cdot \beta}{\delta}$	0

Приведенные выше кривые λ_a являются наиболее типичными формами измерения проводимости якорной системы в зависимости от положения подвижной части магнето. Если известны зависимости $\lambda_a = f(\alpha)$ и $H_m L_m = \varphi(\alpha)$, то магнитный поток в сердечнике якоря может быть вычислен по формуле: $\Phi_a = H_m \cdot L_m \cdot \lambda_a$. В действительности же, вследствие явлений гистерезиса и насыщения железных частей якорной системы, поток в сердечнике якоря несколько отличается от теоретического. На фиг. 42 приведены диаграммы изменений магнитных потоков для различных типов М. Если полюсные наконечники имеют напуски ($\gamma > \beta$), то на кривых $\Phi_a = f(\alpha)$, как видно из фиг. 36, имеются точки перегиба и при подходе подвижной части магнито-якорной системы к положению, соответствующему наименьшей проводимости междуполюсного пространства, крутизна изменения потока в сердечнике якоря уменьшается, а в самом магните поток начинает несколько увеличиваться.



Фиг. 41.



Фиг. 42.

Что касается значений коэф-тов рассеивания, то таковые зависят от устройства магнито-якорной системы. У М. с вращающимся якорем, у к-рых полюсные башмаки не имеют напусков, $\sigma = 1{,}15 \div 1{,}2$; при наличии напусков на полюсных наконечниках σ увеличивается и доходит до $1{,}4 \div 1{,}5$. В М. с вращающимися полюсными наконечниками и неподвижными магнитами и якорем σ составляет более 2,5 (в М. Dixi) и 1,8 (в М. ВТН). У М. с вращающимися сегментами $\sigma = 1{,}4$ (Bosch тип HL и FH), $\sigma = 1{,}9$—Bosch GF, Voltex. Колоколообразные магниты имеют очень большие коэф-ты рассеяния, так напр., в четырехполюсных M. Scintilla этот коэф-т достигает 2,5.

2. Наведение напряжения в обмотке якоря во время холостого хода. При вращении подвижных частей магнитной системы М. в обмотке якоря, вследствие изменения магнитного потока в сердечнике его, наводятся напряжения, мгновенные значения величин которых определяются по общеизвестной ф-ле:

$$e = -w \cdot \frac{d\Phi}{dt} \cdot 10^{-8}\ \mathrm{V};$$

т. е., если в первичной цепи якоря имеется w_1 витков, а во вторичной обмотке его w_2 витков, то соответствующие эдс равняются:

$$e_1 = -w_1 \cdot \frac{d\Phi_a}{dt} \cdot 10^{-8}\ \mathrm{V} \quad \text{и} \quad e_2 = -w_2 \frac{d\Phi_a}{dt} \cdot 10^{-8}\ \mathrm{V}.$$

Если якорь или подвижная магнитная система вращается с постоянной угловой скоростью ω, то e_1 и e_2 можно выразить в ф-ии поворота α, т. е.

$$e_1 = -\omega \cdot w_1 \cdot \frac{d\Phi_a}{d\alpha} \cdot 10^{-8} = m_1 \cdot \frac{d\Phi_a}{d\alpha}\ \mathrm{V};$$

$$e_2 = -\omega \cdot w_2 \cdot \frac{d\Phi_a}{d\alpha} \cdot 10^{-8} = m_2 \cdot \frac{d\Phi_a}{d\alpha}\ \mathrm{V}.$$

На основании этих ф-л по кривой $\Phi_a = f(\alpha)$ легко построить кривую $e = m \cdot \frac{d\Phi}{d\alpha}$. На фиг. 43 изображены две кривые $\Phi_a = f(\alpha)$ и соответствующая ей $-\frac{d\Phi_a}{d\alpha} = \psi(\alpha)$. Чем круче изменяется магнитный поток в сердечнике якоря, тем больше получается эдс. Обычно кривые магнитного потока характеризуются коэфициентом

$$Z = \left(\frac{d\Phi}{d\alpha}\right)_{max} : (\Phi_a)_{max}.$$

При строго синусоидальной форме кривой магнитного потока этот коэфициент равен единице. В М. высокого напряжения кривые $\Phi_a = f(\alpha)$ отличаются по своему виду от синусоид и имеют более сложные формы. Какими бы сложными кривыми ни выражалась графич. зависимость магнитного потока и эдс от положения якоря при вращении его, их можно разложить в ряд Фурье, т. е. на основные синусоиды и высшие гармонические. Т. о. в аналитич. форме кривые фиг. 43 представляются следующими уравнениями: для магнитного потока:

$$\Phi_a = f(\alpha) = \Phi_{a_{max}} \cdot [a_1 \cdot \sin(\alpha + 90°) + a_3 \cdot \sin 3(\alpha + 90°) + a_5 \cdot \sin 5(\alpha + 90°) + \ldots] + \Phi_{a_{max}} \cdot [b_1 \cdot \cos(\alpha + 90°) + b_3 \cdot \cos 3(\alpha + 90°) + b_5 \cdot \cos 5(\alpha + 90°) + \ldots];$$

для эдс:

$$e = \psi(\alpha) = -\omega \cdot w \cdot \frac{d\Phi_a}{d\alpha} \cdot 10^{-8} =$$

$$= -\omega \cdot w \cdot 10^{-8} \cdot \Phi_{a_{max}} \cdot [a_1 \cos(\alpha + 90°) +$$

$$+ 3a_3 \cos 3(\alpha + 90°) + 5a_5 \cos 5(\alpha + 90°) + \ldots -$$

$$- b_1 \sin(\alpha + 90°) - 3b_3 \sin 3(\alpha + 90°) -$$

$$- 5b_5 \sin 5(\alpha + 90°) - \ldots].$$

Если пренебречь влиянием гистерезиса железного сердечника якоря, то кривые как магнитного потока, так и эдс имеют симметрическую форму и выражения для них упрощаются и принимают следующий вид:

$$\Phi_a = \Phi_{a_{max}} \cdot [a_1 \sin(\alpha + 90°) + a_3 \sin 3(\alpha + 90°) +$$

$$+ a_5 \sin 5(\alpha + 90°) + \ldots];$$

$$e = -\omega \cdot w \cdot 10^{-8} \cdot \Phi_{a_{max}} \cdot [a_1 \cos(\alpha + 90°) +$$

$$+ 3a_3 \cos 3(\alpha + 90°) + 5a_5 \cos 5(\alpha + 90°) + \ldots].$$

Как видно из кривых фиг. 42, максимальные значения для магнитного потока получаются при $\alpha = 0°$, 180° и т. д.; в этом случае

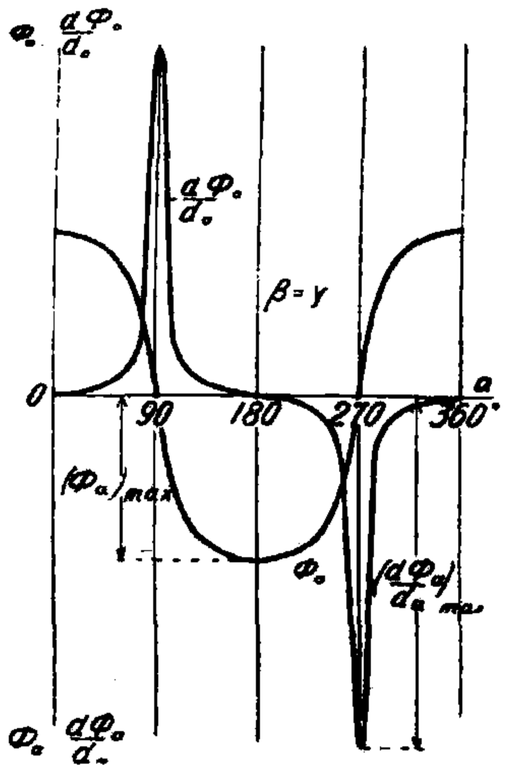
$$\Phi_{a_{max}} = \Phi_{a_{max}} \cdot [a_1 \sin 90° + a_3 \sin 270° +$$

$$+ a_5 \sin 450° + \ldots] = \Phi_{a_{max}} \cdot [a_1 - a_3 + a_5 - a_7 + \ldots].$$

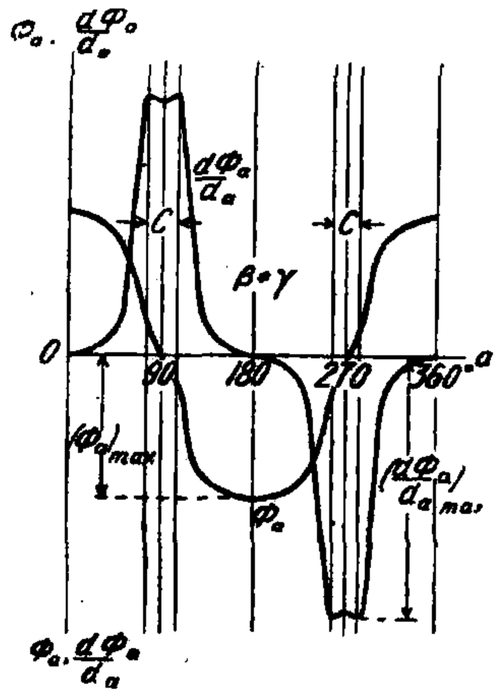
Отсюда:

$$a_1 - a_3 + a_5 - a_7 + \ldots = 1.$$

В М. высокого напряжения, имеющих симметричные полюсные башмаки и у к-рых углы обхвата самих башмаков и якоря одинаковы, т. е. $\beta = \gamma$, эдс достигает своего максимума при $\alpha = 90°$, 270° и т. д., т. е. когда $\Phi = 0$; таким образом



Фиг. 43.



Фиг. 44.

$$e_{max} = -\omega \cdot w \cdot 10^{-8} \cdot \Phi_{a_{max}} \cdot [a_1 \cdot \cos 180° +$$

$$+ 3a_3 \cdot \cos(3 \cdot 180°) + 5a_5 \cdot \cos(5 \cdot 180°) + \ldots] =$$

$$= +\omega \cdot w \cdot 10^{-8} \cdot \Phi_{a_{max}} \cdot (a_1 + 3a_3 + 5a_5 + \ldots) =$$

$$= -\omega \cdot w \cdot 10^{-8} \cdot \left(\frac{d\Phi_a}{da}\right)_{max}.$$

Из этой ф-лы

$$\left(\frac{d\Phi_a}{da}\right)_{max} = -\Phi_{a_{max}} \cdot (a_1 + 3a_3 + 5a_5 + \ldots),$$

а

$$Z = -\frac{\Phi_{a_{max}} \cdot (a_1 + 3a_3 + 5a_5 + \ldots)}{\Phi_{a_{max}}} =$$

$$= -(a_1 + 3a_3 + 5a_5 + \ldots).$$

Если у М. имеются полюсные наконечники с напусками или углы обхватов $\gamma < \beta$, то максимальное значение $-\left(\frac{d\Phi_a}{da}\right)_{max}$ получается в моменты, соответствующие точкам перегиба кривой магнитного потока, и сама кривая $-\frac{d\Phi_a}{da} = \varphi(\alpha)$ в месте наибольших ординат имеет не заостренную форму, а седлообразную (фигура 44). В этом случае эдс достигают своего максимума при повороте якоря на углы α, равные $90° - \frac{c}{2}$, $90° + \frac{c}{2}$, $270° - \frac{c}{2}$, $270° + \frac{c}{2}$ и т. д., и величина их имеет следующие значения:

$$e'_{max} = -\omega \cdot w \cdot 10^{-8} \cdot \left(\frac{d\Phi'_a}{da}\right)_{max} =$$

$$= \omega \cdot w \cdot 10^{-8} \cdot Z' \cdot \Phi'_{a_{max}} =$$

$$= -\omega \cdot w \cdot 10^{-8} \cdot \Phi'_{a_{max}} \cdot \left[a'_1 \cdot \cos\left(90° - \frac{c}{2} + 90°\right) +\right.$$

$$+ 3a'_3 \cdot \cos 3\left(90° - \frac{c}{2} + 90°\right) +$$

$$\left. + 5a'_5 \cdot \cos 5\left(90° - \frac{c}{2} + 90°\right) + \ldots\right] =$$

$$= \omega \cdot w \cdot 10^{-8} \cdot \Phi'_{a_{max}} \cdot \left[a'_1 \cdot \cos\frac{c}{2} + 3a'_3 \cdot \cos\frac{3c}{2} +\right.$$

$$\left. + 5a_5 \cdot \cos\frac{5c}{2} + \ldots\right].$$

Отсюда:

$$Z' = \left(\frac{d\Phi_a}{da}\right)_{max} : \Phi'_{a_{max}} = -\left[a' \cos\frac{c}{2} + 3a'_3 \cos\frac{3c}{2} +\right.$$

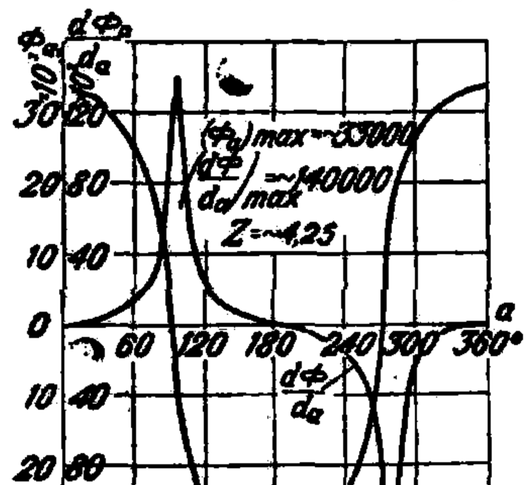
$$\left. + 5a'_5 \cos\frac{5c}{2} + \ldots\right].$$

Т. к. максимальное значение наводимой эдс зависит от двух факторов, от Z и $\Phi_{a_{max}}$, т. е. $e_{max} = k \cdot Z \cdot \Phi_{a_{max}}$, то при сравнении двух М., совершенно одинаковых во всех отношениях, но отличающихся друг от друга устройством полюсных башмаков или подвижной якорной системы, легко установить, на основании предыдущих выводов, что максимальная величина наводимой эдс у магнето с несимметричными полюсными башмаками или в случаях, когда $\beta > \gamma$ имеет всегда меньшее значение. Это следует потому, что коэф-т Z' получается меньше Z, т. к. в правой части выражения для Z' каждый член имеет множители $\cos\frac{c}{2}$, $\cos\frac{3c}{2}$, $\cos\frac{5c}{2}$ и т. д., всегда меньшие, чем единица, и стремящиеся к убыванию при возрастании угла $c = \gamma - \beta$; кроме того, вследствие большего коэф-та рассеивания в М. с полюсными башмаками, имеющими напуски $\Phi'_{a_{max}}$ также меньше, чем $\Phi_{a_{max}}$. В этом заключается отрицательная сторона устройства полюсных башмаков с напусками, при наличии которых у М. достижение удлинения периода действия максимальных эдс происходит за счет уменьшения абсолютных значений последних. Обычно в М. высокого напряжения величина магнитного потока, проходящего через якорь, равняется 20÷35 тыс. максвеллов (силовых линий) и коэф. Z колеблется от 4,5 до 7; в М., имеющих башмаки с напусками, значение Z' меньше: оно составляет ок. 2,5—4. На фиг. 45—48 представлены кривые $\Phi_a = f(\alpha)$, $-\frac{d\Phi_a}{da} = \varphi(\alpha)$ и $e_1 = \psi(\alpha)$ для различных М., полученные при помощи баллистич. гальванометра и снятые осциллографом Сименс-Блонделя. На фиг. 49 и 50 приведены также и кривые, изображающие изменение магнитного потока в стальных дугах, т. е. $\frac{d\Phi_m}{dt} = \varphi(t)$. В М. высокого напряжения первичная обмотка имеет

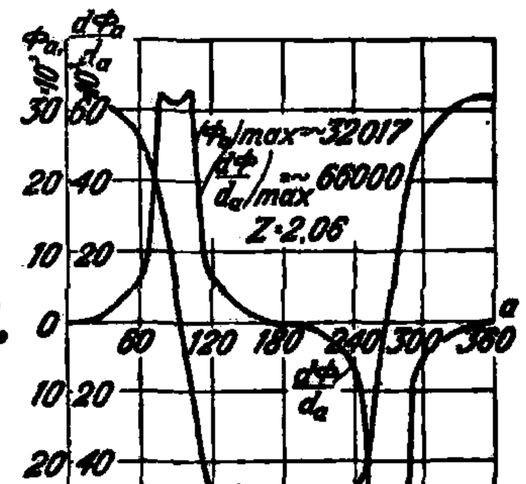
обыкновенно от 150 до 250 витков, а вторичная от 8 000 до 12 000, при отношениях их

$$w_2 : w_1 = 40 \div 50;$$

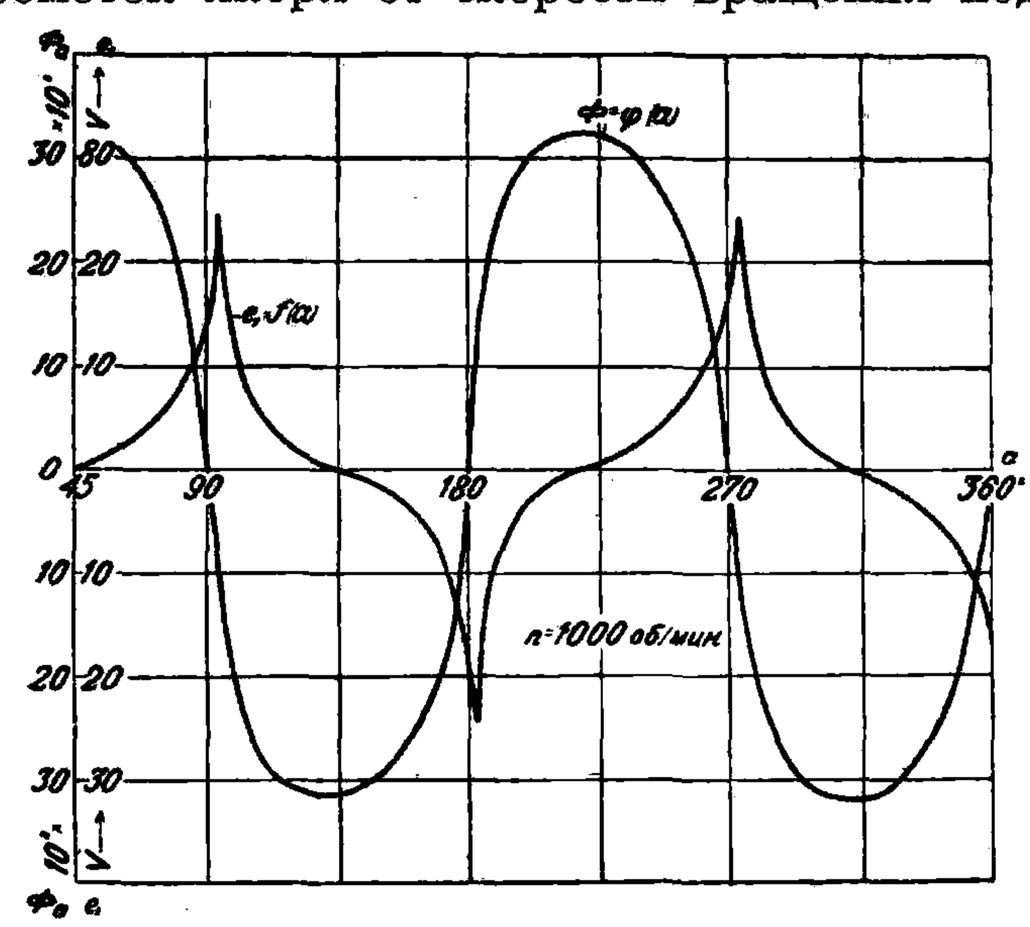
т. о. максимальная эдс при $n = 1\,000$ об/мин. достигает в первичной цепи якоря $e_1 = 20 \div 35$ V, во вторичной цепи якоря $e_2 = 800 \div 2\,100$ V. Фиг. 51 изображает собой диаграмму зависимости эфф. значений эдс обмоток якоря от скорости вращения подвижной системы М. Эти значения выражаются ф-лой: $E = f \cdot w \cdot \omega \cdot Z \cdot \Phi_{a_{max}} \cdot 10^{-8}$, из которой видно, что между E и ω существует прямолинейная связь. В действительности,



Фиг. 45.

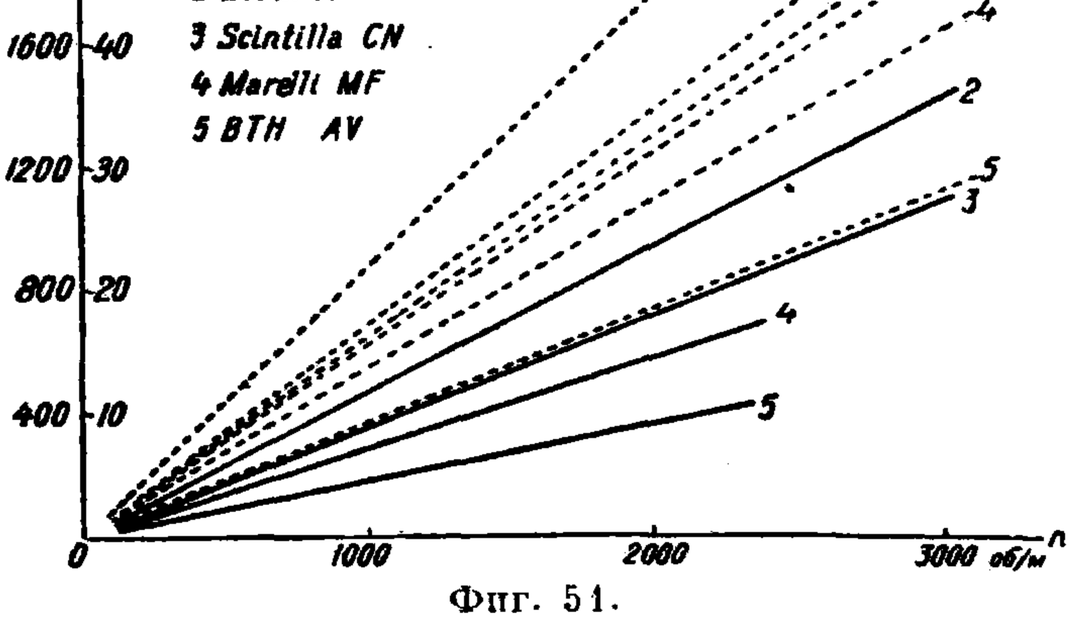


Фиг. 46.



Фиг. 47.

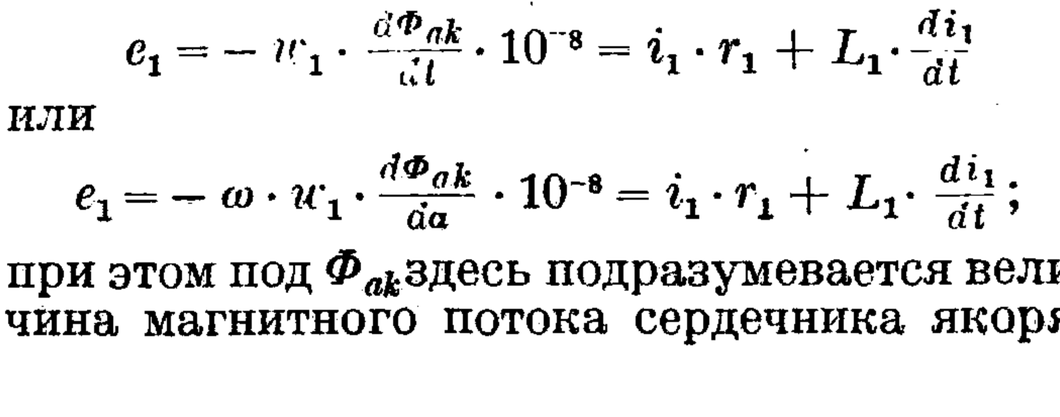
вследствие реакции якоря, вызываемой токами Фуко, кривая $E_1 = f(n)$ с увеличением скорости вращения изменяет свой наклон и загибается к оси абсцисс. Для уменьшения влияния реакции якоря, а также и потерь, вызываемых паразитными токами, сердечник якоря и полюсные наконечники магнитов набираются из листов железа толщиною от 0,35 до 0,50 *мм*, изолированных друг от друга папиросной бумагой. В М., у к-рых



Фиг. 49.

вращающиеся сегменты в силу конструктивных соображений делаются сплошными, реакция от токов Фуко, как видно из фиг. 51, сказывается довольно сильно.

3. Наведение токов при коротком замыкании первичной цепи якоря. При коротком замыкании первичной обмотки якоря во время вращения М., вследствие наведения эдс, течет переменный



Фиг. 50.

ток, сила i_1 к-рого в каждый момент времени зависит от омич. и индуктивного сопротивления всей первичной цепи и скорости изменения магнитного потока в сердечнике якоря. Если r_1—омич. сопротивление первичной обмотки якоря, а L_1—коэф-т самоиндукции ее от потока рассеивания, тогда в любой момент времени наводимая в короткозамкнутой якорной обмотке эдс уравновешивается омическим падением напряжения и

Фиг. 51.

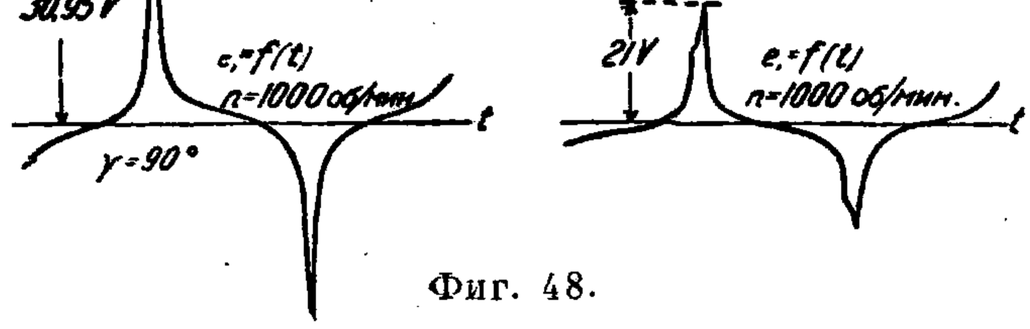
противодействующей эдс самоиндукции потока рассеивания, создаваемого проходящим по обмотке током, т. е.

$$e_1 = -w_1 \cdot \frac{d\Phi_{ak}}{dt} \cdot 10^{-8} = i_1 \cdot r_1 + L_1 \cdot \frac{di_1}{dt}$$

или

$$e_1 = -\omega \cdot w_1 \cdot \frac{d\Phi_{ak}}{d\alpha} \cdot 10^{-8} = i_1 \cdot r_1 + L_1 \cdot \frac{di_1}{dt};$$

при этом под Φ_{ak} здесь подразумевается величина магнитного потока сердечника якоря,



Фиг. 48.

к-рая изменяется совсем иначе, нежели при холостом ходе М.

Магнитный поток, пронизывающий короткозамкнутую обмотку якоря, как и при холостом ходе, устанавливается за счет магнитодвижущей силы (мдс) цепи якоря $\mathfrak{M}$ и ее магнитного сопротивления $\mathfrak{R}_a$, т. е. $\Phi_{ak} = \mathfrak{M}:\mathfrak{R}_a$, но в случае короткого замыкания первичной обмотки мдс является результатом совместного действия двух причин: разности магнитных потенциалов U_m, существующих на полюсных башмаках, и реакции якоря $0{,}4\pi \cdot i_1 \cdot w_1$; т. о.

$$\mathfrak{M} = U_m + 0{,}4\pi \cdot i_1 \cdot w_1 = H_m \cdot L + k \cdot w_1 \cdot i_1 = \Phi_{ak} \cdot \mathfrak{R}_a.$$

Т. к. коэф-т самоиндукции L_1 мал, то можно полагать, что сила тока в обмотке якоря

$$i_1 = \frac{e_1}{r_1} = -\frac{\omega \cdot w_1}{r_1} \cdot \frac{d\Phi_{ak}}{d\alpha} \cdot 10^{-8};$$

поэтому выражение для мдс $\mathfrak{M}$ принимает следующий вид:

$$\mathfrak{M} = \Phi_{ak} \cdot \mathfrak{R}_a = H_d \cdot L - \frac{kw_1^2\omega \cdot \frac{d\Phi_{ak}}{d\alpha} \cdot 10^{-8}}{r_1} = H_d \cdot L - k_1 \cdot \omega \cdot w_1 \cdot \frac{d\Phi_{ak}}{d\alpha} \cdot 10^{-8};$$

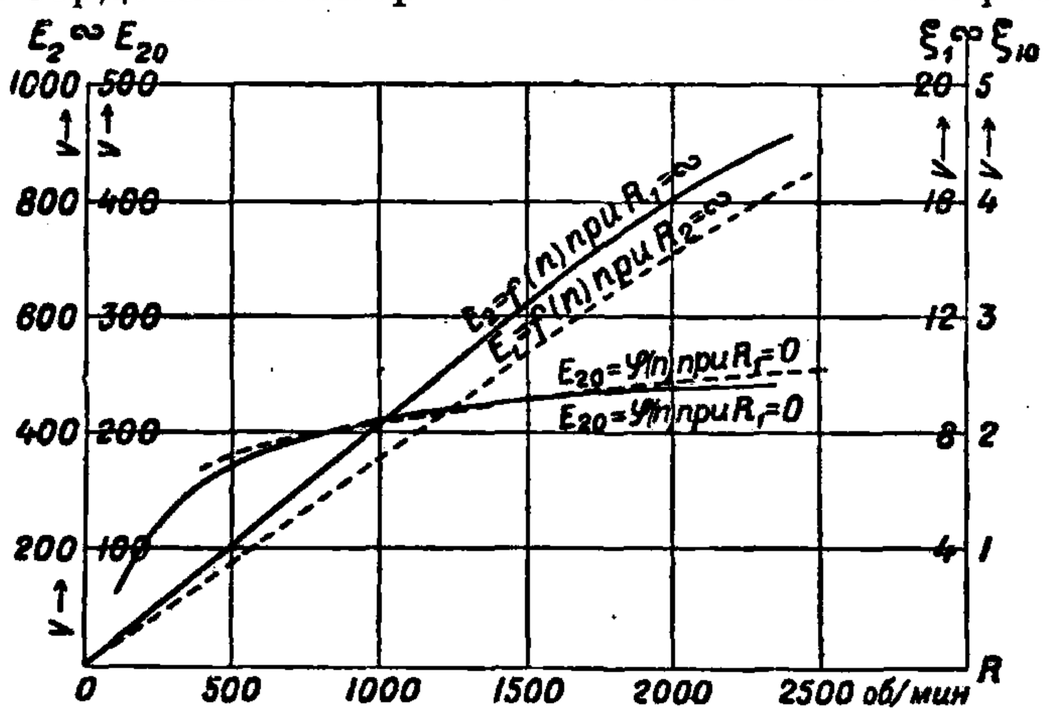
отсюда:

$$e_{1k} = -\omega \cdot w_1 \cdot \frac{d\Phi_{ak}}{d\alpha} \cdot 10^{-8} = -\frac{H_d \cdot L - \Phi_{ak} \cdot \mathfrak{R}_a}{k_1},$$

где через k_1 обозначено выражение

$$\frac{kw_1}{r_1} = \frac{0{,}4\pi \cdot w_1}{r_1}.$$

Обычно максимальное мгновенное значение эдс наступает тогда, когда магнитный поток в сердечнике якоря изменяется наиболее рез-



Фиг. 52.

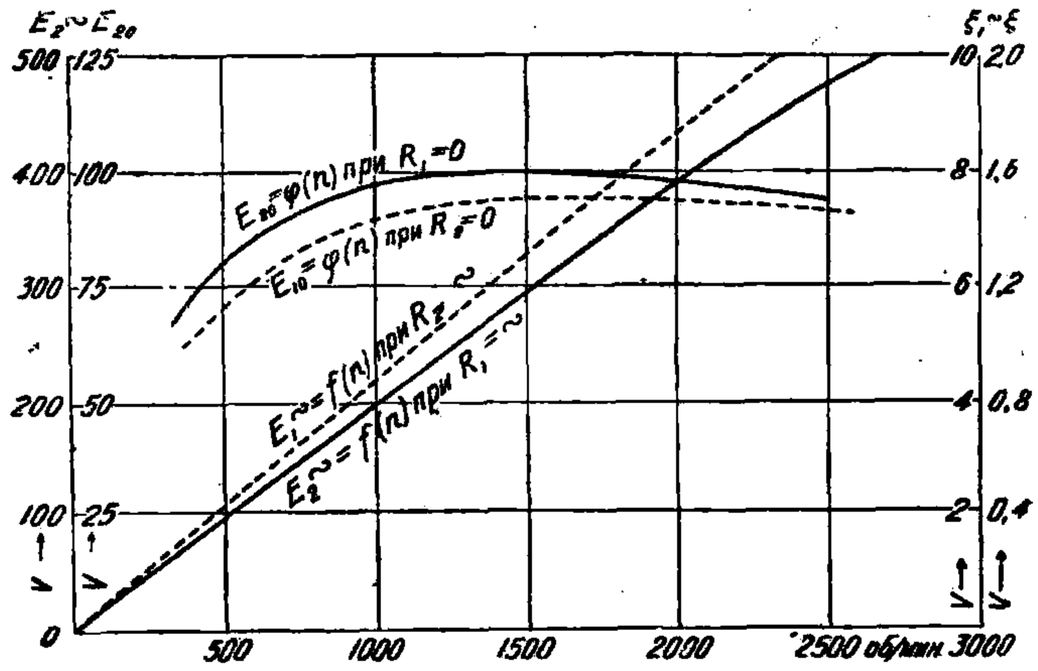
ко (что происходит обычно при перемене его направления), т. е. при $\Phi_{ak} = \backsim 0$ получается:

$$e_{1k} = e_{1k_{max}}.$$

Из предыдущей ф-лы видно, что

$$e_{1k_{max}} = -\omega \cdot w_1 \cdot \left(\frac{d\Phi_{ak}}{d\alpha}\right)_{max} \cdot 10^{-8} = -\frac{H_d \cdot L}{k_1} = \frac{H_d \cdot L \cdot r_1}{k} = \sim K \cdot r_1 = \backsim \text{Const}.$$

Следовательно эдс$_{max}$, наводимая в первичной короткозамкнутой обмотке якоря, почти постоянна при различных скоростях вращения М. и величина ее зависит от омич. сопротивления цепи; чем больше сопротивление первичной цепи, тем меньше реакция якоря и тем больше наводимая эдс. Эти выводы подтверждаются данными результатов экспериментального исследования (фиг. 52 и 53). Сила тока короткого замыкания должна оставаться почти постоянной при различных скоростях вращения. Для более точного представления о характере изменения эдс и токов короткого замыкания можно поступить следующим образом: пусть для какой-нибудь скорости вращения М. $\Phi_{ak} = f(\alpha)$ считается известным, тогда для определения



Фиг. 53.

$e_{1k} = \varphi(\alpha)$ и $i_1 = \psi(\alpha)$ воспользуемся разложением функции $\Phi_{ak} = f(\alpha)$ в ряд Фурье. Т. о., если магнитный поток

$$\Phi_{ak} = f(\alpha) = \Phi_{ak_{max}} \cdot [c_1 \cdot \sin(\alpha + 90°) + c_3 \cdot \sin 3(\alpha + 90°) + c_5 \cdot \sin 5(\alpha + 90°) + \ldots] + \Phi_{ak_{max}} \cdot [d_1 \cdot [\cos(\alpha + 90°) + d_3 \cdot \cos 3(\alpha + 90°) + d_5 \cdot \cos 5(\alpha + 90°) + \ldots] = \Phi_{ak_{max}} \cdot [c_1 \cdot \cos\alpha + c_3 \cdot \cos 3\alpha + c_5 \cdot \cos 5\alpha + \ldots - d_1 \sin\alpha - d_3 \sin 3\alpha - d_5 \sin 5\alpha - \ldots],$$

то наводимая эдс

$$e_{1k} = -\omega \cdot w_1 \cdot \frac{d\Phi_{ak}}{d\alpha} \cdot 10^{-8} = -\omega \cdot w_1 \cdot \Phi_{ak_{max}} \cdot 10^{-8} (-c_1 \sin\alpha - 3c_3 \sin 3\alpha - 5c_5 \sin 5\alpha - \ldots - d_1 \cos\alpha - 3d_3 \cos 3\alpha - 5d_5 \cos 5\alpha - \ldots) = \omega \cdot w_1 \cdot 10^{-8} \cdot \Phi_{ak_{max}} \cdot (c_1 \sin\alpha + 3c_3 \sin 3\alpha + 5c_5 \sin 5\alpha + \ldots + d_1 \cos\alpha + 3d_3 \cos 3\alpha + 5d_5 \cos 5\alpha + \ldots).$$

По принципу суперпозиции (метода наложения кривых) мгновенное значение силы тока в цепи равняется сумме мгновенных значений токов, вызываемых действием каждой составной синусоидальной эдс, т. е.

$$i_1 = i_{(1)} + i_{(3)} + i_{(5)} + \ldots + i_{(n)} + i'_{(1)} + i'_{(3)} + i'_{(5)} + \ldots + i'_{(n)} = \sum i_{(n)}.$$

Для нашего случая значения отдельных сил токов принимают следующие выражения:

$$i_{(1)} = I_1 \cdot \sin(\alpha - \varphi_1),$$

где

$$I_1 = \frac{c_1 \cdot \omega \cdot w_1 \cdot \Phi_{ak_{max}} \cdot 10^{-8}}{\sqrt{r_1^2 + (\omega L_1)^2}} \text{ и } \operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{\omega L_1}{r_1};$$

$$i_{(3)} = I_3 \cdot \sin(3\alpha - \varphi_3),$$

где

$$I_3 = \frac{3\,c_3 \cdot \omega \cdot w_1 \cdot \Phi_{ak_{max}} \cdot 10^{-8}}{\sqrt{r_1^2 + (3\omega L_1)^2}} \text{ и } \operatorname{tg}\varphi_3 = \frac{3\omega L_1}{r_1};$$

$$i_{(5)} = I_5 \cdot \sin(5\alpha - \varphi_5),$$

где

$$I_5 = \frac{5c_5 \cdot \omega \cdot w_1 \cdot \Phi_{ak_{max}} \cdot 10^{-8}}{\sqrt{r_1^2 + (5\omega L_1)^2}} \text{ и } \operatorname{tg}\varphi_5 = \frac{5\omega L_1}{r_1};$$

. . . . . .

$$i'_{(1)} = I_1 \cdot \cos(\alpha - \varphi_1),$$

где

$$I_1 = \frac{d_1 \cdot \omega \cdot w_1 \cdot \Phi_{ak_{max}} \cdot 10^{-8}}{\sqrt{r_1^2 + (\omega L_1)^2}} \text{ и } \operatorname{tg}\varphi_1 = \frac{\omega L_1}{r_1};$$

$$i'_{(3)} = I'_3 \cdot \cos(3\alpha - \varphi_3),$$

где

$$I'_3 = \frac{3d_3 \cdot \omega \cdot w_1 \cdot \Phi_{ak_{max}} \cdot 10^{-8}}{\sqrt{r_1^2 + (3\omega L_1)^2}} \text{ и } \operatorname{tg}\varphi_3 = \frac{3\omega L_1}{r_1};$$

$$i'_{(5)} = I'_5 \cdot \cos(5\alpha - \varphi_5),$$

где

$$I'_5 = \frac{5d_5 \cdot \omega \cdot w_1 \cdot \Phi_{ak_{max}} \cdot 10^{-8}}{\sqrt{r_1^2 + (5\omega L_1)^2}} \text{ и } \operatorname{tg}\varphi_5 = \frac{5\omega L_1}{r_1};$$

. . . . . .

Согласно этим формулам общая мгновенная сила тока равняется:

$$i_1 = \omega \cdot w_1 \cdot \Phi_{ak_{max}} \cdot 10^{-8} \cdot \left[\frac{c_1 \cdot \sin(\alpha-\varphi_1) + d_1 \cdot \cos(\alpha-\varphi_1)}{\sqrt{r_1^2 + (\omega L_1)^2}} + 3 \cdot \frac{c_3 \cdot \sin(3\alpha-\varphi_3) + d_3 \cdot \cos(3\alpha-\varphi_3)}{\sqrt{r_1^2 + (3\omega L_1)^2}} + 5 \cdot \frac{c_5 \cdot \sin(5\alpha-\varphi_5) + d_5 \cdot \cos(5\alpha-\varphi_5)}{\sqrt{r_1^2 + (5\omega L_1)^2}} + \ldots\right].$$

При небольших скоростях вращения индуктивное сопротивление

$$x_1 = \omega L_1 = \sim 0$$

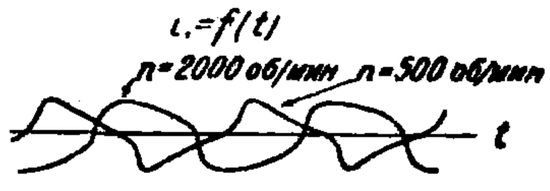
и углы сдвига

$$\varphi_1 = \varphi_3 = \varphi_5 = \ldots = \sim 0$$

и поэтому сила тока получается равной

$$i_1 = \frac{\omega w_1}{r_1} \cdot \Phi_{ak_{max}} \cdot 10^{-8} \cdot [c_1 \cdot \sin\alpha + d_1 \cdot \cos\alpha + 3c_3 \sin 3\alpha + 3d_3 \cos 3\alpha + 5c_5 \sin 5\alpha + 5d_5 \cos 5\alpha + \ldots].$$

Если сравнить эту ф-лу с выражением для эдс, то видно, что сила тока короткого замыкания в этом случае совпадает по фазе с эдс и по характеру своего изменения одинакова с последней. С увеличением скорости индуктивное сопротивление обмотки якоря возрастает пропорционально скорости; вследствие этого как основная синусоида, так и каждая высшая гармоника силы тока начинают отставать по фазе от соответствующих им гармоник эдс и углы отставаний увеличиваются с повышением порядка гармоник. Выше было отмечено, что эдс, наводимая в короткозамкнутой первичной обмотке якоря, остается почти постоянной при различных скоростях вращения, поэтому амплитуды высших гармоник (начиная с 3 порядка) силы тока, вследствие увеличения кажущегося сопротивления при большой скорости, сильно уменьшаются; таким обр. при больших скоростях кривая силы тока приближается к синусоиде и острообразная форма ее, соответств. малым скоростям, переходит в выпуклую при повышении числа оборотов вращения якоря так, как указано на осциллограммах (фиг. 54), и функция



Фиг. 54.

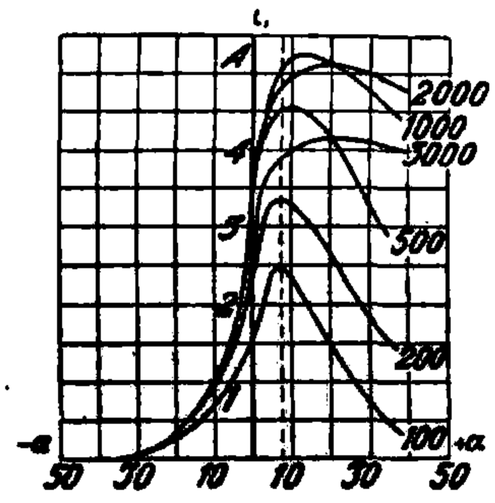
$i_1 = \varphi(\alpha)$ аналитически выражается следующим образом:

$$i_1 = \sim \omega \cdot w_1 \cdot \Phi_{ak_{max}} \cdot 10^{-8} \cdot Q,$$

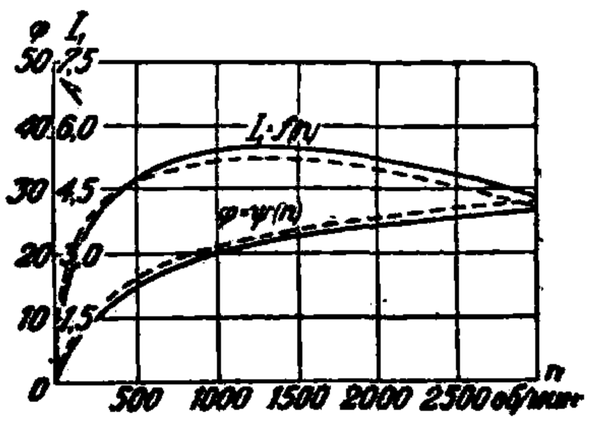
считая $Q = \frac{c_1 \cdot \sin(\alpha-\varphi) + d_1 \cdot \cos(\alpha-\varphi)}{\sqrt{r_1^2 + (\omega L_1)^2}}$;

т. е. $i_1 = \sim \frac{\text{Const}}{\sqrt{r_1^2 + (\omega L_1)^2}}$, где $\varphi = \operatorname{arc\,tg}\frac{\omega L_1}{r_1}$.

Из последней формулы видно, что вследствие увеличения кажущегося сопротивления $z = \sqrt{r_1^2 + (\omega L_1)^2}$ при больших скоростях сила тока короткого замыкания не только остается постоянной, но может даже и уменьшаться. Все вышеприведенные выводы подтверждаются опытным путем. На фиг. 55 изображено несколько кривых сил токов



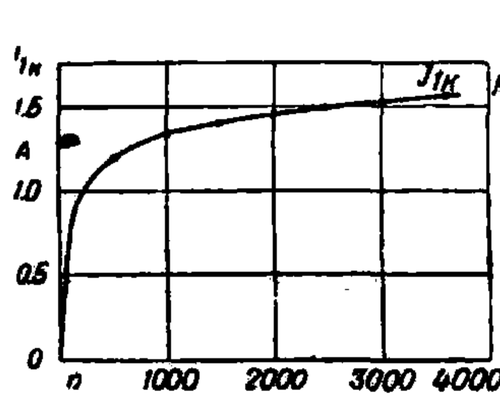
Фиг. 55.



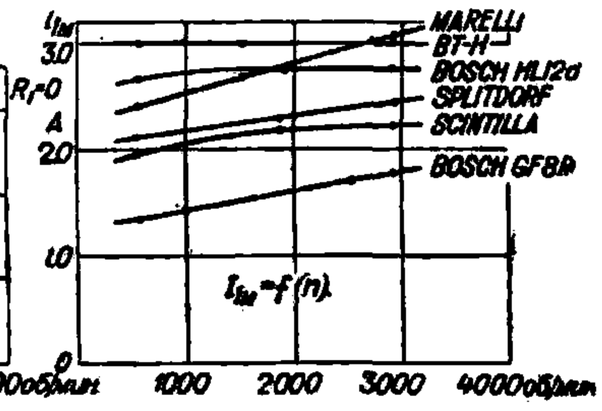
Фиг. 56.

короткого замыкания для различных скоростей вращения, а на фиг. 56 показано изменение величины и смещение амплитуды и силы тока короткого замыкания в зависимости от числа оборотов вращения М.

Смещение по времени (отставание) максимумов силы тока является нежелательным явлением в М., потому что при возрастании



Фиг. 57.

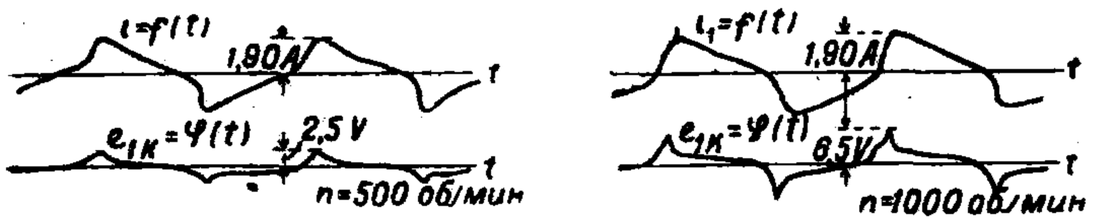


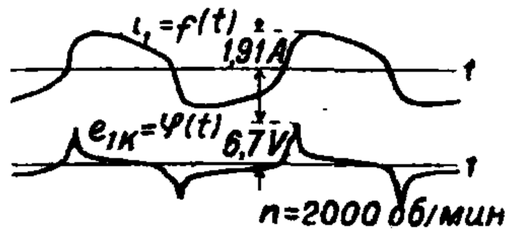
Фиг. 58.

скорости вращения двигателя требуется более раннее зажигание и для того, чтобы интенсивность искры при большом опережении не ослабевала, необходимо, чтобы максимумы токов короткого замыкания, в момент наступления к-рых и желательно производить разрыв первичной цепи якоря, смещались не по направлению вращения якоря, а против него. На фиг. 57 приведены результаты изменения эфф. значений сил токов короткого замыкания для M. Bosch GF, а на фиг. 58 даны максимальные значения первичной силы тока в зависимости от скорости вращения. Из них также видно, что и эфф. сила тока при больших скоростях вращения М. изменяется очень мало. На фиг. 59 представлены осциллограммы первичного тока; эти осциллограммы также показывают, что при больших скоростях вращения остается постоянной также и эдс, наводимая в первичной обмотке. Кривые токов короткого замыкания для М., имеющих полюсные башмаки с напусками, по своей форме отличаются от таковых же кривых, взятых для М. с симме-

тричными башмаками, только лишь при малых скоростях; при больших же скоростях эти кривые разнятся лишь своими амплитудами (фиг. 60).

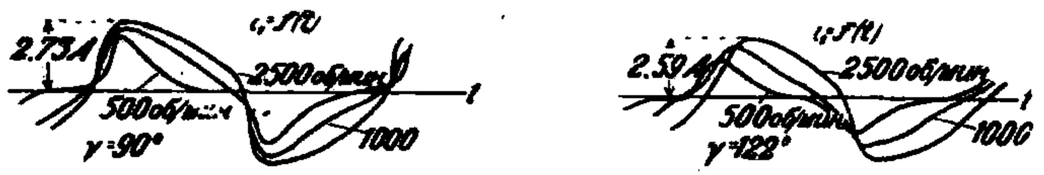
4. Процесс наведения напряжения во вторичной цепи при размыкании первичной и процесс искрообразования. Искрообразование в М. высокого напряжения происходит

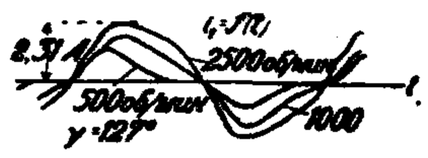




Фиг. 59.

во время разрыва первичной цепи якоря. При размыкании контактов прерывателя ток в обмотке якоря быстро исчезает, от этого происходит резкое изменение магнитного потока в сердечнике якоря. Изменение магнитного потока вызывает во вторичной обмотке повышение напряжения настолько, что между электродами разрядника или свечи проскакивает искра. Вследствие ионизации

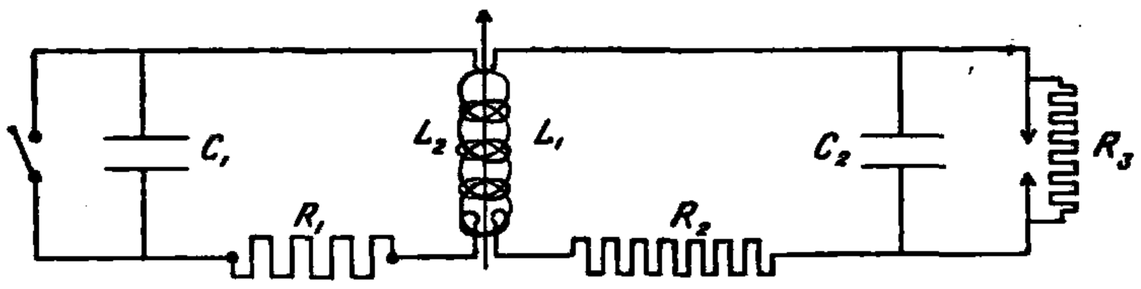




Фиг. 60.

проводимость искрового промежутка значительно увеличивается, и проскочившая искра переходит в вольтову дугу, поддерживаемую некоторое время постепенно уменьшающимся напряжением у электродов.

Для исследования всех явлений, происходящих во время рабочего процесса, представляем электрическую цепь М. схематически (фиг. 61). Вначале рассмотрим явления, происходящие в первичной обмотке во



Фиг. 61.

время размыкания контактов, когда искровой промежуток во вторичной цепи очень велик. Т. к. первичная и вторичная обмотки помещаются на одном и том же сердечнике якоря, то в магнитном отношении можно считать, что эти обмотки имеют жесткую связь. Наведение напряжений в первичной и вторичной обмотках при размыкании цепи тока первичной обмотки, сопровождающееся искрообразованием, является довольно сложным процессом. Искра представляет собой кульминационный пункт всех явлений, происходящих в М. До момента пробоя искрового промежутка, включенного во вторичную цепь М., электрические цепи М. можно схематически представить так, как это указано на фиг. 61, где: R_1 и R_2—эфф. сопротивления первичной и вторичной цепей, L_1 и L_2—эфф. индуктивности первичной и вторичной обмоток, L_{12} и L_{21}—взаимные индуктивности, C_1—емкость конденсатора первичной цепи, C_2—общая приведенная емкость вторичной цепи, состоящая из емкости соединительных проводов, разрядника, крышек распределителя, обмотки, R_3—сопротивление утечки искрового разрядника. После размыкания первичной цепи изменение силы тока и напряжения в зависимости от времени можно математически выразить следующими ур-иями:
для первичной цепи:

$$L_1 \frac{di_1}{dt} + L_{12} \frac{di_2}{dt} + R_1 \cdot i_1 + v_1 =$$

$$= - \omega \cdot w_1 \cdot \frac{d\Phi_{ak}}{dt} \cdot 10^{-8} = ie_1,$$

для вторичной цепи:

$$L_2 \frac{di_2}{dt} + L_{21} \frac{di_1}{dt} + R_2 \cdot i_2 + V_2 = 0.$$

Здесь означают: i_1 и i_2—мгновенные значения сил токов первичной и вторичной цепей; v_1—напряжение на конденсаторе в первичной цепи; V_2—напряжение на электродах разрядника, равное $i_3 \cdot R_3$, а i_3—мгновенное значение силы тока утечки. Т. к. размыкание цепи тока первичной обмотки сопровождается в большинстве случаев быстрым колебательным процессом, то можно положить, что $e_1 = - w_1 \cdot \omega \cdot \frac{d\Phi_{ak}}{dt} \cdot 10^{-8}$ за период начала этого процесса остается постоянным, и тогда, если обозначить посредством $V_1 = v_1 - e_1$, ур-ие для первичного тока будет:

$$L_1 \cdot \frac{di_1}{dt} + L_{12} \cdot \frac{di_2}{dt} + R_1 \cdot i_1 + V_1 = 0.$$

Так как

$$V_2 = i_3 R_3, \; i_2 = C_2 \frac{dV_2}{dt} + i_3;$$

$$\frac{dV_2}{dt} = \frac{i_2 - i_3}{C_2} \quad \text{и} \quad \frac{di_2}{dt} = C_2 \frac{d^2V_2}{dt^2} + \frac{1}{R_3} \cdot \frac{dV_2}{dt},$$

то после замены i_1 и i_2 посредством V_1 и V_2 и после диференцирования получается:

$$L_1 C_1 \frac{d^2V_1}{dt^2} + L_{12}\left[C_2 \frac{d^2V_2}{dt^2} + \frac{dV_2}{R_3 dt}\right] +$$

$$+ R_1 C_1 \frac{dV_1}{dt} + V_1 = 0$$

и

$$L_2 C_2 \frac{d^2V_2}{dt^2} + \frac{L_2}{R_3} \cdot \frac{dV_2}{dt} + L_{21} C_1 \frac{dV_1}{dt} +$$

$$+ R_2 C_2 \frac{dV_2}{dt} + \frac{R_2}{R_3} V_2 + V_2 = 0.$$

Решение этих ур-ий приводит к

$$V_1 = A_1 e^{z_1 t} + A_2 e^{z_2 t} + A_3 e^{z_3 t} + A_4 e^{z_4 t},$$

$$V_2 = B_1 e^{z_1 t} + B_2 e^{z_2 t} + B_3 e^{z_3 t} + B_4 e^{z_4 t}.$$

Здесь z—корни ур-ия четвертой степени:

$$(1 - k^2) z^4 + \left(\frac{R_1}{L_1} + \frac{R_2}{L_2} + \frac{1 - k^2}{R_3 C_2}\right) z^3 +$$

$$+ \left[\frac{1}{L_1 C_1} + \frac{1}{L_2 C_2} + \frac{1}{R_3 C_2}\left(\frac{R_1}{L_1} + \frac{R_2}{L_2}\right) + \frac{R_1 R_2}{L_1 L_2}\right] z^2 +$$

$$+ \left[\frac{R_1}{L_1} \cdot \frac{1}{L_2 C_2} + \frac{R_2}{L_2} \cdot \frac{1}{L_1 C_1} + \frac{1}{R_3 C_2}\left(\frac{1}{L_1 C_1} + \frac{R_1 R_2}{L_1 L_2}\right)\right] z +$$

$$+ \frac{1}{L_1 C_1} \cdot \frac{1}{L_2 C_2} \cdot \frac{R_2 + R_3}{R_3} = 0.$$

В магнето высокого напряжения обычно

$$L_1 = 0{,}015 \div 0{,}008 \text{ H}, \quad R_1 = \sim 100 \text{ Ω},$$
$$R_2 = \sim 10\,000 \text{ Ω}, \quad C_1 = 0{,}08 \div 0{,}25 \text{ μF},$$
$$C_2 = 200 \div 300 \text{ μμF};$$

при этих условиях эти корни получаются обычно мнимыми и они м. б. представлены в виде:

$$z_1 = -\alpha_1 + j2\pi f_1,$$
$$z_2 = -\alpha_1 - j2\pi f_1,$$
$$z_3 = -\alpha_2 + j2\pi f_2,$$
$$z_4 = -\alpha_2 - j2\pi f_2.$$

Здесь α_1 и α_2 выражают затухания, а f_1 и f_2—частоты колебаний. В конечном результате, напряжение во вторичной цепи приобретает следующее выражение:

$$V_2 = B'e^{-\alpha_1 t}\sin(2\pi f - \delta_1) - B''e^{-\alpha_2 t}\sin(2\pi f_2 - \delta_2),$$

где δ_1 и δ_2—сдвиги фаз. Последняя ф-ла показывает, что напряжение во вторичной цепи представляется двумя затухающими колебаниями, причем одни колебания совершаются с большой частотой и сравнительно медленно затухают, другие колебания имеют небольшую частоту и быстро затухают. Коэфициенты B' и B'' представляют постоянные интеграции, их значения определяются на основании данных о напряжении и силе тока в начале процесса размыкания.

Для практики имеет большой интерес наибольшее значение напряжения, к-рое м. б. получено во вторичной цепи М. Для определения этого напряжения обычно пользуются упрощенными ф-лами, а именно: для случая колебательного процесса:

$$V_{2m} = i_{1b} \cdot \sqrt{\frac{L_1}{C}} \cdot F,$$

где L_1—эфф. индуктивность первичной цепи, C—общая приведенная емкость, равная

$$C = C_1 + C_2 u,$$

где u—передаточное число витков $\left(u = \frac{w_2}{w_1}\right)$.

F—коэф., характеризующий затухание волны напряжения; коэф. F определяется по следующей формуле:

$$F = e^{\frac{\alpha}{\beta} \cdot \operatorname{arc\,tg} \frac{\beta}{\alpha}};$$

здесь

$$\alpha = \frac{R}{2L_1} \text{ и } \beta = \sqrt{\frac{1}{L_1 C} - \frac{R^2}{4L_1^2}};$$

для случая апериодич. процесса:

$$V_{2m} = -\frac{i_{1b}}{Ca_2} \cdot F', \text{ где } F' = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^{-\frac{a_1 : a_2}{1 - a_1 : a_2}},$$
$$a_1 = -\frac{R'}{2L'} + \sqrt{\frac{R'^2}{4L'^2} - \frac{1}{L'C'}},$$
$$a_2 = -\frac{R'}{2L'} - \sqrt{\frac{R'^2}{4L'^2} - \frac{1}{L'C'}}.$$

В этих ф-лах отличают: R'—приведенное эфф. сопротивление вторичной цепи, L'—приведенная эфф. индуктивность вторичной цепи, а i_b—сила тока, при которой разрывается первичная цепь. Значения коэфициентов F и F' в зависимости от отношений $\frac{\alpha}{\beta}$ и $\frac{a_1}{a_2}$ приведены ниже в табл. 5.

Табл. 5.—Значения коэф-тов F и F'.

$\alpha : \beta$	F	$a_1 : a_2$	F'
−0.0	1,000	0,0	1,000
−0.1	0,863	0,1	0,744
−0.2	0,760	0,2	0,666
−0,3	0,681	0,3	0,597
−0.4	0,621	0,4	0,543
−0,5	0.575	0,5	0,500
−0.6	0,529	0,6	0,465
−0,7	0,511	0,7	0,435
−0.8	0,488	0,8	0,410
−0,9	0,470	0,9	0,387
−1,0	0,456	1,0	0,368

Если во вторичной цепи имеется разрядник, шунтированный сопротивлением R_3, то подсчет максимальных напряжений необходимо производить по следующим ф-лам:
для колебательного процесса:

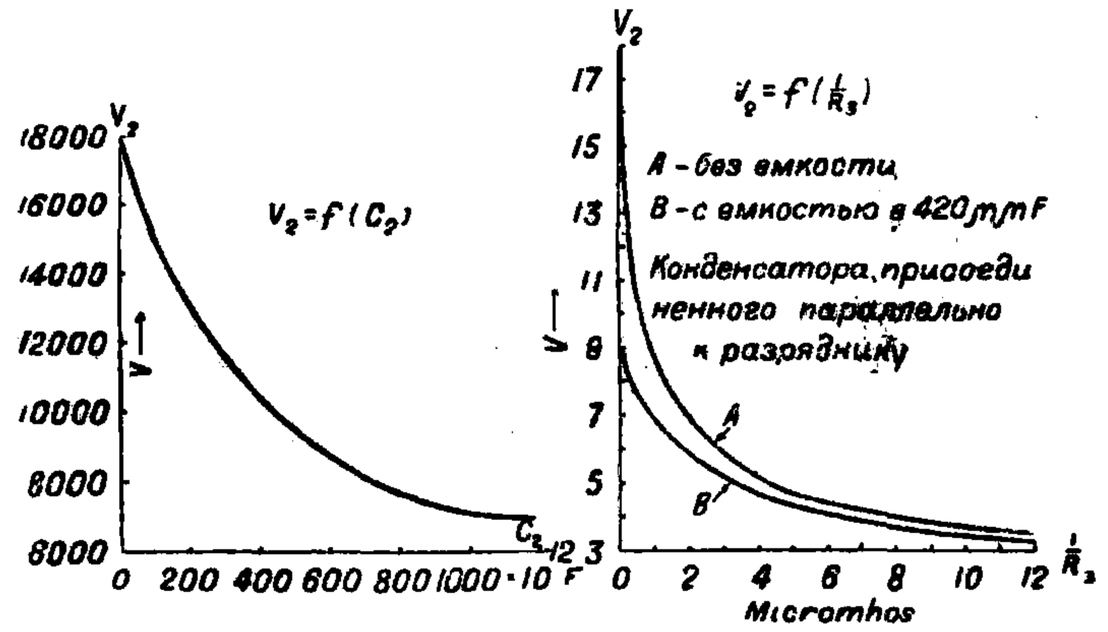
$$V'_{2m} = i_{1b} \cdot \frac{\sqrt{L'C''}}{C} \cdot F,$$

для апериодич. процесса:

$$V'_{2m} = \frac{i_{1b}}{Ca'_2} \cdot F';$$

здесь $C'' = C \cdot \frac{R_3}{K + R_3}$, а коэф-ты F, F' и a'_2 определяются по ранее приведенным ф-лам; при этом вместо R' и C' берутся C'' и $R'' = R' + \frac{L'}{K_3 C'}$.

Формулы, выражающие максимальные напряжения, к-рые может дать М., показывают, что это напряжение возрастает с увеличением L' и падает с увеличением C' и уменьшением R_3, поэтому увеличение емкости например конденсатора в первичной цепи или емкости во вторичной цепи при экранирова-



Фиг. 62. Фиг. 63.

нии проводов и всей системы оказывает нежелательное влияние на работу М., снижая его вторичное максимальное напряжение и этим самым уменьшая его способность к искрообразованию при малых числах оборотов. Подобное вредное влияние оказывает также и сопротивление утечки разрядника (свечи). Для облегчения пробоя между электродами свечи, если последняя вследствие образовавшегося на изоляции нагара обладает утечкой, применяется дополнительный искровой промежуток. Однако наличие добавочного искрового промежутка требует всегда более повышенного напряжения от М. Для иллюстрации влияния емкости и сопротивления утечки свечи на вторичное максимальное напряжение магнето приведены диаграммы (фиг. 62 и 63). Т. к. свечи во время работы двигателя всегда м. б. подвержены закапчиванию, то к М. высокого напряже-

ния ставится требование, чтобы они могли давать искры при определенной скорости вращения и при наличии сопротивления, шунтирующего разрядник. В частности в Англии авиационные М. должны давать при 250 об/мин. искру между электродами с расстоянием в 6 *мм* игольчатого разрядника, шунтированного сопротивлением в 250 000 Ω.

5. Энергия искры М. Искрообразование в М. высокого напряжения вызывается резким изменением магнитного потока в сердечнике якоря при обрыве первичного тока; на основании принципа сохранения энергии можно вычислить работу, совершаемую электрической искрой, или количество тепла, выделяемого ею. Действительно, при изменении магнитного потока от величины Φ_1 до Φ_2 совершается работа (в эргах):

$$A = \frac{V}{4\pi}\int_{B_1}^{B_2} H\,dB = \frac{V}{4\pi}\int_{B_1}^{B_2}\frac{B}{\mu}\,dB = \sim\frac{V}{4\pi\mu}\cdot\frac{B_2^2 - B_1^2}{2},$$

причем в этой ф-ле означают: H—напряженность магнитного поля; B—магнитную индукцию; μ—коэф-т магнитной проницаемости, которая для упрощения считается постоянной, V—объем железа якоря. В момент размыкания контактов магнитный поток в сердечнике якоря равен:

$$\Phi_{a1} = \frac{-H_d\cdot L + 0{,}4\pi\cdot i_{1b}\cdot w_1}{\mathfrak{R}_a},$$

а магнитная индукция в сердечнике его

$$B_{a1} = \frac{\Phi_{a1}}{\theta_a} = \frac{-H_d L + 0{,}4\pi\cdot i_{1b}\cdot w_1}{\mathfrak{R}_a\cdot\theta_a},$$

где θ—площадь поперечного сечения сердечника якоря. При полном исчезновении тока в первичной обмотке магнитный поток якоря достигает значения:

$$\Phi_{a2} = \frac{-H_d\cdot L}{\mathfrak{R}_a},$$

тогда

$$B_{a2} = \frac{\Phi_{a2}}{\theta_a} = \frac{-H_d\cdot L}{\mathfrak{R}_a\cdot\theta_a}.$$

На основании этого изменение потенциальной энергии магнитного потока якоря во время периода искрообразования составляет:

$$A = \frac{V}{8\pi\mu}\cdot(B_{a2}^2 - B_{a1}^2) =$$

$$= \frac{V}{8\pi\mu\cdot R_a^2\cdot\theta_a^2}\,[(H_d L)^2 - (0{,}4\pi\cdot i_{1b}\cdot w_1 - H_d L)^2] =$$

$$= \frac{V}{8\pi\mu}\cdot\frac{0{,}4\pi\cdot i_{1b}\cdot w_1}{\mathfrak{R}_a^2\cdot\theta_a^2}\cdot(2H_d L - 0{,}4\pi\cdot i_{1b}\cdot w_1)\ \text{эргов}.$$

Эти ф-лы показывают, что A достигает максимума, когда $H_d L = 0{,}4\pi\cdot i_{1b}\cdot w_1$; в этом случае

$$A_{max} = \frac{V}{8\pi\mu}\cdot\frac{H_d L}{\mathfrak{R}_a^2\,\theta_a^2} = \frac{V}{8\pi\mu}\cdot\frac{0{,}4\pi\cdot i_{1b}\cdot w_1}{\mathfrak{R}_a^2\cdot\theta_a^2}\ \text{эргов}.$$

Изменение электромагнитной энергии при исчезновении тока в первичной обмотке м. б. приблизительно вычислено также по ф-ле:

$$A = \sim\frac{L'\cdot i_{1b}^2}{2}\ \text{J},$$

где L'—полный коэф-т самоиндукции толстой обмотки, а i_{1b}—величина силы тока первичной цепи якоря в момент размыкания контактов.

Вся электромагнитная энергия якоря, освобождающаяся при исчезновении токов в обмотках, идет 1) на нагревание обеих обмоток якоря, 2) на образование потерь в железе от гистерезиса и токов Фуко и 3) на выделение тепла при помощи искры; кроме того часть электростатич. энергии заряда конденсатора не возвращается, т. к. к началу замыкания контактов напряжение на обкладках конденсатора не спадает до нуля. На основании этого:

$$A = A_{об.м.} + A_{жел.} + A_{конд.} + A_{искр.} =$$

$$= \int_0^t i_1^2\cdot r_1\cdot dt + \int_0^t i_2^2\cdot r_2\cdot dt + A_{жел.} +$$

$$+ \frac{C\cdot v_1^2}{2} + \int_0^t i_2^2\cdot R_{искр.}\cdot dt.$$

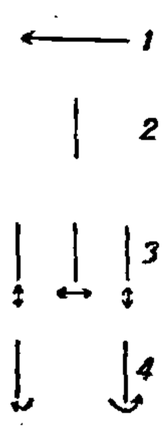
Таким образом видно, что в М. высокого напряжения преобразование электромагнитной энергии якоря в тепло искры сопровождается всегда невозвратимыми потерями. Обычно в М. высокого напряжения потери составляют ~ 20—30% всей электромагнитной энергии, получающейся при размыкании первичного тока. В М. высокого напряжения энергия, выделяемая при помощи искры, составляет в среднем ~ 0,05—0,1 джоуля.

Лит.: Кулебакин В. С., Авиационные магнето высокого напряжения, М., 1921; его же, О регулировании момента искрообразования в магнето высокого напряжения, М., 1922; Kulebakin V., Elektrische Hochspannungszündapparate, Berlin, 1924; Seiler E., Elektrische Zündung, Licht u. Anlasser der Kraftfahrzeuge, Halle, 1926; Zündung, Die elektrische Ausrüstung d. Kraftfahrzeuges, hrsg. v. E. Kleiber, F. Kraft u. F. Trautmann; Watson E. A., Magnetos for Ignition Purposes in Internal Combustion Engines, «Journ. of the Institution of Electrical Engineers», L., 1921, p. 445 (имеется подробное указание лит.); Morgan J., Principles of Electric Spark Ignition in Internal Combustion Engines, L., 1919; Silsbee F., Simplified Theory of the Magneto, Bureau of Standards, Wsh., 1721; Report *123*; Kurz E., Die neueste Entwicklung d. Motorzündung für Flugzeuge in Amerika, «ZFM», 1928, p. 125; Die Hochspannungszündung im Lichte amerikanischer u. englischer Forschung, «Auto-Technik», B., 1928, *13*; Teylor-Jones E., The Theory of the Induction coil, L., 1921. **В. Кулебакин.**

МАГНЕТООПТИКА, учение о воздействиях магнитного поля на оптические явления. Попытки обнаружить действия магнитного поля на распространение света в пустом пространстве, производившиеся Фарадеем и повторяющиеся до последнего времени, давали всегда отрицательный результат. Магнитное поле оказывает однако влияние на процесс излучения и поглощения света и на распространение света в веществе. Таким образом магнетооптич. явления по существу вторичны: магнитное поле изменяет состояние вещества (атомов и молекул), вследствие чего меняются и его оптич. свойства.

Явление Зеемана. Основным магнетооптич. эффектом, к которому в конце-концов сводятся все остальные, является зависимость излучаемого и поглощаемого спектра от наложенного на источник или на поглощающее тело внешнего магнитного поля. С несомненностью это явление впервые было обнаружено в 1896 году Зееманом. Влияние магнитного поля на излучение носит название прямого явления Зеемана, влияние на спектр поглощения называется обратным явлением Зеемана. В первых опытах Зеемана источником света служило натронное пламя, помещаемое между полюсами сильного электромагнита (поле около 10 000 гауссов). Спектр исследовался при помощи большой вогнутой

роуландовской диффракционной решетки. Наблюдение производилось перпендикулярно силовым линиям (поперечный эффект) и вдоль силовых линий (продольный эффект). В простейших случаях в поперечном эффекте первоначальная неразложенная спектральная линия с частотой колебаний ν распадается на три линии (нормальный триплет), причем частота средней линии остается прежней ν, но излучаемый свет линейно поляризован, колебания электрического вектора происходят параллельно полю (фиг. 1, где *1*—направление поля, *2*—неразложенная линия, *3*—поперечный эффект, *4*—продольный эффект). Две другие линии симметрично смещены от центральной на расстояние $\pm\Delta\nu$, причем поляризованы так, что колебания электрич. вектора перпендикулярны полю. В поляризационном отношении первый компонент носит название π-к о м п о н е н т а, а два другие σ-к о м п о н е н т о в. При продольном наблюдении видны только две линии, смещенные от первоначального положения на $\pm\Delta\nu$, обе линии поляризованы по кругу, причем знак вращения у компонента с положительным смещением $+\Delta\nu$ совпадает с вращением тока, образующего магнитное поле. Разложение линий указанного типа (так наз. н о р м а л ь н ы й э ф ф е к т З е е м а н а) наблюдается в немногих исключительных случаях т. наз. с и н г у л е т н ы х л и н и й. Обычно результат разложения значительно сложнее (а н о м а л ь н ы й э ф ф е к т З е е м а н а).

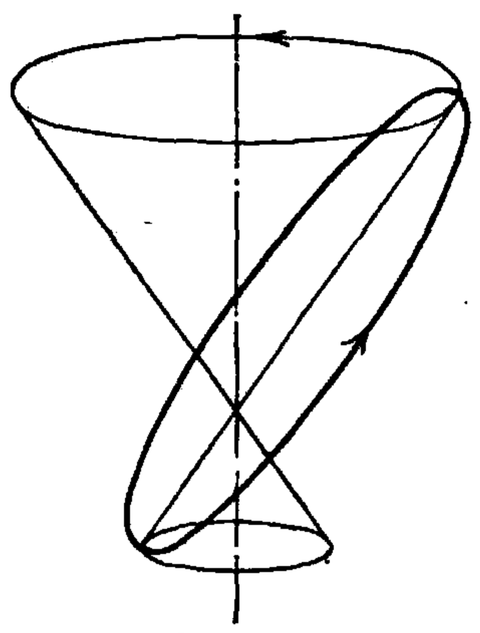


Фиг. 1.

Теория нормального эффекта на основании классической электронной теории дана Лоренцом. Пусть электрон с зарядом e и массою m, колеблющийся в атоме, помещен в однородное магнитное поле H. Выберем ось Z параллельно H. Компоненты магнитных сил, действующих на электрон, согласно законам электродинамики будут:

$$F_x = -\frac{e}{c}\frac{dy}{dt}H,\quad F_y = \frac{e}{c}\frac{dx}{dt}H,\quad F_z = 0, \qquad (1)$$

т. е. перпендикулярны как направлению компонента скорости, так и полю. Силы такого рода в первом приближении вызовут вращательное прецессионное движение всей системы (например электронной орбиты) вокруг оси, параллельной полю и проходящей через ядро атома (фиг. 2); направление вращения, если смотреть по направлению силовых линий, будет происходить против часовой стрелки. Соответствующ. сила Кориолиса, возникающая при вращении осей системы с угловой скоростью u, будет иметь компоненты:


Фиг. 2.

$$F_x = 2mu\frac{dy}{dt},\quad F_y = -2mu\frac{dx}{dt},\quad F_z = 0. \qquad (2)$$

Сравнивая (1) и (2), находим $u = \frac{e}{2mc}H$, откуда число об/ск.

$$\omega = \frac{e}{4\pi mc}H. \qquad (3)$$

Любое эллиптич. движение электрона можно разложить на одно линейное колебание, параллельное полю, и на два круговых с вращением вправо и влево в плоскости, поперечной полю. Из ур-ия (1) ясно, что первая слагающая не испытает никаких изменений в магнитном поле, но будет излучать свет линейно поляризованный, с колебаниями параллельно полю вдоль силовых линий, т. е. при продольном наблюдении этот компонент не может давать излучения. Частота двух круговых колебаний изменится соответственно на $\pm\omega$, причем при поперечном наблюдении (при рассматривании круговых колебаний в профиль) излучаемый свет будет линейно поляризован с колебаниями, поперечными полю. Так как $\omega = \frac{c}{\lambda}$ и $\Delta\omega = -\frac{c}{\lambda^2}\Delta\lambda$, то изменение длины волны в нормальном явлении Зеемана должно иметь величину

$$\Delta\lambda = \pm\frac{\lambda^2}{4\pi mc^2}\cdot\frac{e}{m}\cdot H. \qquad (4)$$

Соотношение (4) точно подтверждается на опыте для случая нормального триплета. При наблюдении вдоль поля, согласно изложенной теории, будут наблюдаться только два измененных круговых колебания в соответствии с опытом.

Полная физич. теория как нормального, так и аномального явления Зеемана дается на основе теории *квантов* (см.). По основному постулату теории квантов частота излучаемой или поглощаемой спектральной линии определяется условием Бора:

$$\nu = \frac{E_i}{h} - \frac{E_k}{h}, \qquad (5)$$

где E_i, E_k—энергии стационарных состояний атома и h—универсальная квантовая постоянная. Появление новых линий в магнитном поле м. б. истолковано только как результат изменений т е р м о в $\frac{E}{h}$ в магнитном поле. Изменение частот $\Delta\nu$ должно равняться изменению термов:

$$\Delta\nu = \frac{\Delta E_i}{h} - \frac{\Delta E_k}{h} = \Delta\nu_i - \Delta\nu_k. \qquad (6)$$

Возьмем случай движения электрона по эллипсу; по второму постулату теории Бора (см. *Кванты*) момент количества I движения для этого случая должен равняться $\frac{jh}{2\pi}$, где j—целое число 0, 1, 2, 3... Для эллиптической орбиты

$$I = mvr\sin(v,\ r) = \frac{jh}{2\pi},$$

где v—орбитальная скорость электрона, r—радиус-вектор, проведенный от ядра к электрону. Вследствие прецессии электронной орбиты в магнитном поле возникнет добавочная энергия вращения:

$$\Delta E = 2\pi\omega\cdot I\cos(I,\ H) = 2\pi\omega j\frac{h}{2\pi}\cos(I,\ H),$$

т. е.

$$\Delta\nu = \frac{\Delta E}{h} = \omega j\cos(I,\ H). \qquad (7)$$

Опыт показывает, что в реальном газе с беспорядочно расположенными орбитами, следовательно и векторами I, при разложении в магнитном поле, получаются совершенно отчетливые компоненты; это значит, что

$$j\cos(I,\ H) = m \qquad (8)$$

не может иметь любых значений от $-j$ до $+j$

(в противном случае получилось бы не расщепление, а размытие спектральной линии). В связи с этим возникает необходимость ввести новое квантовое число, называемое магнитным или экваториальным; оно определяет прерывность возможных пространственных положений орбиты в магнитном поле. По определению m (8) видно, что оно может принимать ряд целых значений, лежащих между j и $-j$, всего следовательно $2j+1$ значений. Из ур-ия (6) следует таким образом, что

$$\Delta\nu = \omega\,(m_i - m_k), \qquad (9)$$

причем ω имеет значение (3), вытекающее из классической теории. Для выяснения поляризации и интенсивности компонентов разложения в теории Бора необходимо установить соответствие с классич. теорией. Такой принцип соответствия приводит к следующим выводам: возможные значения изменения магнитного квантового числа должны удовлетворять условию $\Delta m = \pm 1$ или 0; случай $\Delta m = 0$ соответствует π-компонентам, случай $\Delta m = \pm 1$—σ-компонентам. Эти «правила отбора», вытекающие из принципа соответствия, ограничивают число компонентов, возможных по формуле (9), и приводят к нормальному триплету. В виде примера возьмем случай, когда квантовое число j в начальном состоянии достигает значения *3*, а в конечном *2*, тогда возможные значения магнитных квантовых чисел m_i и m_k будут определены согласно фиг. 3, но между ними будут комбинироваться и давать компоненты расщепления только пары, связанные стрелками, согласно вышеуказанному правилу. Получается всего 15 компонентов, однако, поскольку разности $m_i - m_k = \pm 1$ или 0, они стягиваются в нормальный триплет, т. е. получается тот же результат, что и в классич. теории. Причиною такого совпадения является предположенное в ф-ле (9) тождество ω как в начальном, так и в конечном состоянии. Более глубокий анализ магнитных условий в атоме показывает, что такое тождество возможно только в том случае, если магнитный момент внешних электронов в атоме компенсируется собственным магнитным моментом вращающихся вокруг своих осей электронов (электронный «спин»), что достигается для случая так наз. сингулетных спектральных линий (в отличие от мультиплетных). В общем случае терм



Фиг. 3.

$$\frac{\Delta E}{h} = \Delta\nu = mg, \qquad (10)$$

где g—так наз. «магнитный фактор расщепления». Для нормального явления Зеемана он равен 1, для аномального отличен от 1. Полуэмпирич. теория сложного аномального явления Зеемана развита Ланде. По этой теории, прекрасно совпадающей с опытом,

$$g = 1 + \frac{j\,(j+1) + s\,(s+1) - l\,(l+1)}{2j\,(j+1)}. \qquad (11)$$

Здесь s—квантовое число, характеризующее собственное вращение электрона (спин), l—т. наз. побочно квантовое число, соответствующее моменту импульса орбитального движения электрона. В атомной модели g тесно связано с отношением магнитного и механич. момента в атоме. Для общего случая явления Зеемана ф-ла (9) должна быть заменена следующей:

$$\Delta\nu = \omega\,(m_i\,g_i - m_k\,g_k), \qquad (12)$$

причем попрежнему д. б. соблюдено условие $\Delta m = \pm 1$ или 0. Квантовая теория явления Зеемана объясняет ряд эмпирич. закономерностей, наблюдаемых в аномальном эффекте: 1) все члены одной и той же спектральной серии дают одинаковый тип аномального эффекта; 2) гомологические линии (т. е. полученные при одинаковой комбинации спектральных термов) обнаруживают одинаковый тип расщепления (правило Престона); 3) смещение $\Delta\nu$ каждого компонента аномального явления Зеемана находится в простом отношении к смещению в нормальном триплете ω, напр. для линии D_2 натрия $\Delta\nu = \pm\frac{1}{3}\omega, \frac{3}{3}\omega, \frac{5}{3}\omega$ (правило Рунге); 4) интенсивности компонентов магнитного расщепления находятся также в целочисленных отношениях.

В сильных магнитных полях аномальный эффект резко изменяет характер (эффект Пашена-Бака), приближаясь к нормальному триплету с уширенными компонентами, причем смещение перестает быть пропорциональным полю. Это происходит в том случае, когда частота собственной прецессии электронной орбиты становится соизмеримой с частотой прецессии во внешнем магнитном поле; при слабых полях последняя значительно меньше первой. Абсолютная величина смещения в явлении Зеемана незначительна, например для синей линии водорода происходит расщепление на 0,8 Å в очень сильном магнитном поле в 45 000 гауссов. Непосредственное спектральное наблюдение эффекта возможно поэтому только с помощью наиболее совершенных дифракционных и интерференционных спектроскопов. Явление Зеемана легко обнаруживается однако косвенными оптич. методами, например по влиянию магнитного поля на степень поляризации резонансного излучения ртути; даже слабого магнитного поля земли достаточно, чтобы резко изменить наблюдаемую поляризацию вследствие того, что компоненты расщепления в продольном и поперечном эффекте поляризованы различно (Вуд и Эллит). Явление Зеемана наблюдается не только в газах, но и в твердых телах, в особенности в кристаллах нек-рых редких земель, например в минералах ксенотиме и тизоните, содержащих редкие земли. Эти кристаллы дают при $t°$ жидкого воздуха чрезвычайно тонкие полосы поглощения шириною в несколько Å. Наблюдаемый эффект всегда аномальный и относительно очень большой (в ксенотиме получаются смещения до 10 Å при силе поля в 27 000 гауссов).

Явление Фарадея. Исторически первым обнаруженным магнетооптич. эффектом было *вращение плоскости поляризации* (см.) телами, находящимися в магнитном поле. Явление это открыто Фарадеем в 1846 г. Если в поле сильного электромагнита помещать стекло, различные твердые и жидкие прозрачные тела, то, при наб-

людении параллельно магнитным силовым линиям, происходит вращение плоскости поляризации падающего поляризованного света. Между двумя скрещенными николями в отсутствии магнитного поля свет не проходит, при наложении же поля свет проникнет, и для того, чтобы снова получить темноту, окулярный николь придется повернуть на некоторый угол; этот угол и служит мерою вращения плоскости поляризации. Фарадей нашел, что $\angle \alpha$, на к-рый поворачивается плоскость поляризации, пропорционален силе поля H и длине слоя l, через который проходит параллельный пучок света:

$$\alpha = R \cdot l \cdot H; \qquad (13)$$

постоянная R (постоянная Верде) зависит от природы вещества, агрегатного состояния, $t°$ и длины волны. В табл. приведены значения для нек-рых веществ для 3 длин волн.

Значения R для некоторых веществ.

Вещество	656 $m\mu$	589 $m\mu$	486 $m\mu$	Примечания
Вода (25°)	0,0102′	0,0130′	0,0196′	l=1 см, H=1 гауссу
Сероуглерод (25°) . .	0,0319′	0,0415′	0,0667′	
Кварц	0,0136′	0,0166′	0,0250′	
Водород	0,0430′	0,0537′	0,0805′	при давлении в 1 atm l=1 см и H=10 000 гауссам
Железо	217°	195°	145°	l=0,001 см, H=15 000 гауссам (насыщение)
Никель	92°	75°	64°	

Направление поворота плоскости поляризации обычно совпадает с направлением тока, возбуждающего электромагнит. Вследствие того, что направление вращения определяется только направлением поля, знак вращения не меняется, если луч отразить на выходной грани тела и направить обратно, α возрастет вдвое, так как путь l увеличился вдвое. Этим свойством, которого нет у естественных оптических активных тел, Фарадей воспользовался для усиления эффекта, заставляя слегка наклоненный световой луч несколько раз отражаться внутри испытуемого тела до выхода наружу. Явление Фарадея практически безинерционно, *по измерениям Абрагама и Лемуана оно* возникает после наложения поля во всяком случае не позднее, чем через 10^{-8} ск. Попытки применения эффекта для модуляции света в технике наряду с электрооптическим эффектом Керра практического успеха до сих пор не имели.

С теоретич. точки зрения явление Фарадея может рассматриваться как необходимое следствие эффекта Зеемана. Факт вращения плоскости поляризации математически эквивалентен тому, что две волны, противоположно поляризованные по кругу, являющиеся синонимом одной плоскополяризованной волны, распространяются в среде с различными скоростями, именно:

$$\alpha = \frac{2\pi\nu \cdot l}{2c} \cdot (\mu_1 - \mu_2), \qquad (14)$$

где ν — частота световых колебаний, c — скорость света в пустоте, μ_1 и μ_2 — показатели преломления волн, поляризованных по кругу вправо и влево. Скорость света в среде, а следовательно и показатель преломления, определяется по теории *дисперсии* (см.) собственными частотами или линиями поглощения данного вещества. В магнитном поле линии поглощения изменяются, расщепляются, в чем и состоит эффект Зеемана, причем для нормального эффекта (ср. выше) при продольном наблюдении (как это имеет место при магнитном вращении плоскости поляризации) два симметрично смещенных компонента поляризованы по кругу вправо и влево в спектре излучения. В спектре поглощения один компонент будет влиять на скорость распространения волн, поляризованных по кругу вправо, другой на скорость волн, поляризованных по кругу влево, в результате чего с необходимостью по ф-ле (14) появится вращение плоскости поляризации. Для спектральных областей, далеких от линий поглощения, можно в первом приближении написать:

$$\left.\begin{matrix}\mu_1\\ \mu_2\end{matrix}\right\} = \mu + \omega \frac{\partial \mu}{\partial \nu}, \qquad (15)$$

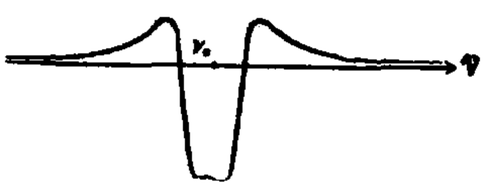
где ω имеет величину (3) и соответствует частоте прецессии электронной орбиты в магнитном поле. Вставляя (15) и (3) в (4) и переходя от частот ν к длинам волн λ, получаем основную формулу в теории явления Фарадея (ф-ла Беккереля):

$$\alpha = \frac{le}{2mc^2} \cdot \lambda \cdot \frac{\partial \mu}{\partial \lambda} \cdot H. \qquad (16)$$

Формула (16) не только объясняет функциональный вид эмпирического уравнения Фарадея (13), но и позволяет теоретически предвычислять постоянную R, если известна дисперсия вещества, т. е. $\frac{\partial \mu}{\partial \lambda}$. Полное согласие опыта с формулой (16) получается однако только для газообразного водорода; для остальных веществ правилен только порядок величины вычисляемой постоянной. Определение по опытным данным из формулы (16) отношения заряда электрона e к массе m дает для водорода правильную величину $1{,}75 \cdot 10^7$, для воды $1{,}58 \cdot 10^7$, для кварца $1{,}31 \cdot 10^7$, для бензола $0{,}99 \cdot 10^7$ и т. д. Расхождение теории и опыта объясняется тем, что теория развита в предположении газообразной среды, состоящей из атомов, дающих нормальный эффект Зеемана, но для большинства исследованных объектов эти условия не удовлетворяются. Формула (16) выведена на основании приближенного соотношения (15), которое м. б. справедливым только для областей, далеких от полос поглощения. Возможно однако построить более строгую и полную теорию явления (Друде, Фохт, Лоренц и другие) на основе общей теории дисперсии. От обычной теории дисперсии эта теория отличается тем, что вводится нек-рая внешняя магнитная сила (1), действующая на электрон и вызывающая прецессионное вращение. Получаемые ф-лы в общем случае весьма сложны; соотношения упрощаются для областей, близких к какой-либо определенной линии поглощения. В этом случае с достаточным приближением можно принять:

$$\alpha = \frac{\frac{N_0}{\pi} \cdot \frac{e^3 l H}{2m^2c^2}}{\mu_0 \left[(\nu_0 - \nu)^2 - \left(\frac{eH}{4\pi mc}\right)^2\right]}, \qquad (17)$$

где N_0—число диспергирующих электронов, соответствующих данной спектральной линии, μ_0—показатель преломления среды в том случае, если бы в данной спектральной области не находилось линии с частотой ν_0 (практически μ_0—показатель преломления вдали от данной полосы поглощения). Формула (17) показывает, что в области полосы поглощения, по мере приближения к ν_0, α испытывает аномальный ход. На фиг. 4 изображена кривая, показывающая теоретич. изменение α в области полосы поглощения. Такое аномальное изменение найдено впервые на опыте Макалузо и Корбино и носит название эффекта Макалузо и Корбино. Произвести измерения внутри самой линии (или—точнее—дублета расщепления) до сих пор не удалось, в соседних областях теория вполне совпадает с опытом. В последнее время аномальным вращением часто пользуются для определения числа диспергирующих электронов N_0, соответствующего данной спектральной линии.



Фиг. 4.

Некоторые растворы и кристаллы редких земель, солей железа и других веществ вращают плоскость поляризации в магнитном поле в направлении, противоположном вращению тока, возбуждающего электромагнит. К этой группе относится много парамагнитных тел, почему и самое вращение иногда называют парамагнитным в отличие от обычного магнитного. По Дорфману и Ладенбургу эффект Фарадея определяется, вообще говоря, двумя причинами. Одна из них, на основе которой и построена изложенная теория, сводится к тому, что электронная орбита совершает прецессионное вращение в магнитном поле. Другая состоит в том, что магнитное поле ориентирует атомы благодаря ранее существовавшему в них магнитному моменту. Ориентированные таким образом атомы будут различно реагировать на свет, поляризованный по кругу вправо и влево, и следовательно число электронов, отвечающих на одну и другую волну, будет несколько различным; к этому сводится объяснение парамагнитного вращения. В общей квантовой теории (Френкель) разделение двух факторов, диамагнитного и парамагнитного, строго говоря, является недопустимым; теория в конце-концов должна целиком основываться на характере явления Зеемана для данного вещества. Однако для слабых магнитных полей такое разделение целесообразно и в квантовой теории.

Магнетооптическое вращение плоскости поляризации при излучении. Тесно связано с эффектом Зеемана и Фарадея явление, открытое Ганле, Вудом и Эллетом в резонансном излучении паров ртути и натрия (см. *Люминесценция*). При возбуждении как поляризованным, так и неполяризованным светом резонансное излучение, рассеиваемое в стороны, также частично поляризовано. При наложении слабого магнитного поля (0,5—10 гауссов) перпендикулярно возбуждающему пучку и электрическому вектору световых колебаний можно в направлении поля наблюдать вращение плоскости поляризации излучения и одновременно снижение степени поляризации. Явление это объясняется тем, что процесс излучения происходит не мгновенно, но через некоторое время τ, соответствующее длительности возбужденного состояния атома (см. *Люминесценция*). Среднее τ для паров натрия равно $1{,}56\cdot10^{-8}$ ск. В магнитном поле атом начинает совершать прецессионное вращение, вследствие чего произойдут зеемановское расщепление линий и эффект Фарадея. По ф-ле (3) можно рассчитать период прецессии; для поля в 1 гаусс этот период равен $7{,}5\cdot10^{-7}$ ск., для 10 гауссов $7{,}5\cdot10^{-8}$ ск. Т. о. за один период прецессии возбужденный атом успеет значительно повернуться, прежде чем он излучит квант; ориентировка его станет иная и плоскость поляризации излучаемого света повернется. При этом τ величина статистическая, различная для разных атомов, вследствие чего отдельные атомы будут излучать в моменты различных фаз прецессионного вращения, и в результате степень поляризации понизится. При возрастании поля, а следовательно уменьшении периода прецессии вращение и деполяризация должны возрастать.

Магнитное двойное лучепреломление. Вращательный эффект, обнаруженный Фарадеем, относится к случаю наблюдения вдоль магнитн. силовых линий; в этом направлении компоненты зеемановского расщепления поляризованы по кругу. В поперечном зеемановском эффекте компоненты поляризованы линейно параллельно и перпендикулярно полю (фиг. 1). Магнитное поле не влияет на компонент колебаний электрона, параллельный силовым линиям, но влияет на поперечный компонент. Вследствие этого, аналогично циркулярному двойному лучепреломлению в продольном эффекте (эквивалентному факту вращения плоскости поляризации), в поперечном эффекте, вообще говоря, должно наблюдаться обычное двойное лучепреломление, эквивалентное тому, что выходящий свет будет эллиптически поляризованным. Это следствие теории эффекта Зеемана указано Фохтом, причем для величины ожидаемого двойного лучепреломления (для случая области, близкой к линии поглощения атомного газа) ожидаемый эффект, т. е. разность показателей преломления обыкновенного и необыкновенного луча, выразится так:

$$\mu_\pi - \mu_\sigma = \frac{N_0\pi\frac{e^4}{m^3c^2}H^2}{4\mu_0\nu(\nu-\nu_0)\left[(\nu-\nu_0)^2-\frac{\pi^2e^2}{m^2c^2}H^2\right]}. \quad (18)$$

Около самой полосы поглощения двойное лучепреломление по формуле (18) должно обнаруживать аномальный ход и приобретает большую величину. Это следствие теории вполне подтвердилось опытами Фохта и Коттона при поперечном наблюдении натронного пламени в магнитном поле и в позднейших опытах с другими парами и газами. Вдали от полосы поглощения величина эффекта, как это и следует из теории, чрезвычайно мала и практически не может быть наблюдена. Наряду с указанным маг-

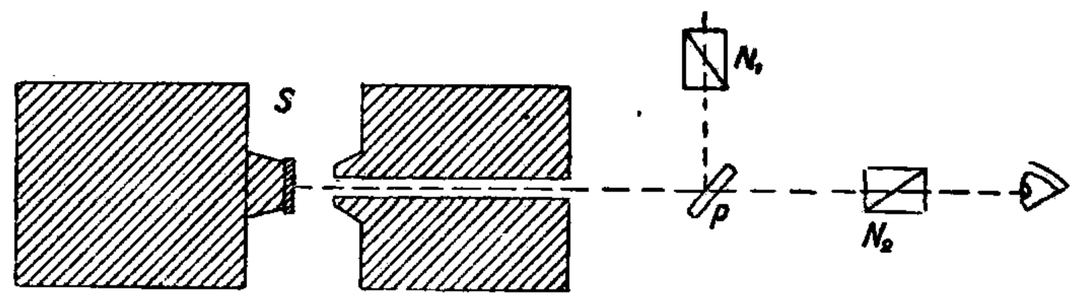
нитным двойным лучепреломлением, являющимся неизбежным следствием эффекта Зеемана, существует магнитное двойное лучепреломление совершенно другого типа (эффект Коттона и Мутона), весьма близкое по своим особенностям к электрооптич. эффекту Керра (см. *Керра эффект*). При поперечном наблюдении ряд органич. жидкостей, обнаруживающих большой эффект Керра, вместе с тем становится слегка двоякопреломляющим и в магнитном поле. Эффект очень мал и обнаруживается только весьма чувствительными методами. Возникающая разность показателей преломления (для слоя толщиною в 1 *см*)

$$\mu_\pi - \mu_\sigma = C_m \lambda H^2 \qquad (19)$$

(C_m—постоянная, характерная для данного вещества), т. е. подчиняется тому же закону, как и эффект Керра. Для нитробензола C_m при 20° равно $+2{,}4 \cdot 10^{-12}$, для монобромнафталина $+2{,}3 \cdot 10^{-12}$, для сероуглерода $-0{,}42 \cdot 10^{-12}$. Как и эффект Керра, эффект Коттона и Мутона сильно зависит от температуры.

Для объяснения эффекта Коттона и Мутона может быть полностью использована современная теория эффекта Керра. Как уже упомянуто, в отношении парамагнитного вращения помимо прецессионного движения атома магнитное поле может проявлять еще ориентирующее действие. Под влиянием поля может происходить намагничивание анизотропных молекул, различное в различных направлениях. Вследствие этого анизотропные молекулы будут стремиться стать по направлению поля. Такому стремлению противодействует тепловое движение молекул: чем $t°$ ниже, тем ориентировка будет более выраженной. Помимо наводимого момента в молекулах могут существовать готовые магнитные моменты, не зависящие от поля, также способствующие ориентировке. До известной степени моделью такой теории ориентировки может служить большое магнитное двойное лучепреломление в коллоидальных растворах солей железа, открытое Майораной (эффект Майораны). В этом случае магнитное поле действует не на молекулы, а на сравнительно большие частицы из ферромагнитного вещества.

Магнетооптический эффект Керра. Влияние магнитного поля на преломление света в среде должно принципиально сказаться и на отражении света, поскольку теоретически преломление и отражение неразделимы. Такой магнетооптич. эффект отражения найден Керром в 1877 году при отражении света от металлических ферромагнитных зеркал в магнитном поле. При наложении поля меняются фазы и амплитуды компонентов падающего света. Для наблюдения эффекта при нормальном падении применяется следующая установка (фиг. 5). Поляризованный николем N_1 луч света отражается от стеклянной пластинки p, проходит через пробуравленный полюс магнита, отражается от ферромагнитного зеркала S и проходит обратно через пластинку p и николь N_2 к наблюдателю. Наблюдение эффекта именно на ферромагнитных металлах связано с огромной величиной постоянной Верде у последних (см. табл. на ст. 393—394). При сильном намагничивании зеркала при отражении происходит вращение плоскости поляризации против вращения тока, возбуждающего электромагнит, и одновременно свет становится слегка эллиптически поляризованным. Опыт показывает, что величина эффекта вращения α пропорциональна намагничиванию I, а не полю H:



Фиг. 5.

$$\alpha = kI. \qquad (20)$$

При косом падении лучей эффект становится значительно больше и сложнее. Теория, в значительной мере только формальная, дана Друде, Гольдгаммером и в наиболее полной форме Фохтом. Для исчерпывающей теории явления нехватает полной теории ферромагнетиков.

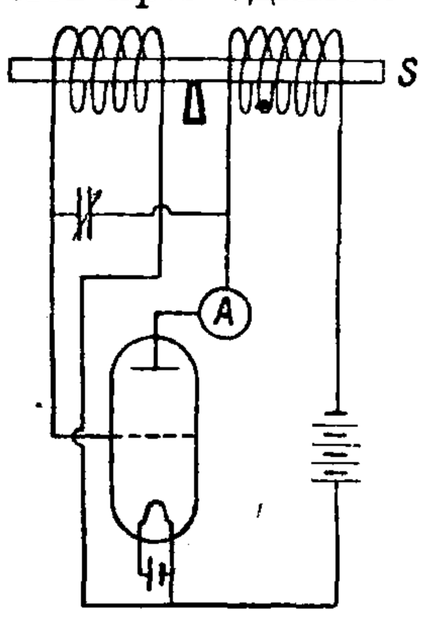
Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 5, Б., 1923; Введенский Б. А. и Ландсберг Г. С., Современное учение о магнетизме, М.—Л., 1929; Müller-Pouillet, Lehrbuch der Physik, 11 Aufl., B. 2, H. 2, T. 2, Brschw., 1929; Voigt W., Magneto- u. Elektrooptik, Lpz., 1908; Handbuch d. Elektrizität u. Magnetismus, hrsg. v. L. Graetz, B. 1, Lpz., 1918; Handbuch d. Radiologie, B. 6, Lpz., 1925; Back E. u. Landé A., Zeemaneffekt u. Multiplettstruktur d. Spektrallinien, B., 1930; Zeeman P., Researches in Magneto-Optics, L., 1913; Wood R., Physical Optics, New York, 1921; Frenkel J., Zur Theorie des Faradayeffektes, «Ztschr. f. Phys.», Berlin, 1926, *36*, p. 215.

С. Вавилов.

МАГНЕТОСТРИКЦИЯ, изменение размеров ферромагнитных тел (железо, кобальт и никель) при помещении их в магнитное поле. При продольном намагничении железных стержней длина их увеличивается при значениях поля меньших 100 гауссов, а затем начинает уменьшаться, причем изменение длины стремится к предельному значению, равному $5 \cdot 10^{-6} \div 7 \cdot 10^{-6}$ всей длины. Кобальт в холодном состоянии укорачивается при слабых полях (до 150 гауссов), в более сильных полях наблюдается удлинение. Раскаленный докрасна кобальт укорачивается при всех значениях поля. Наиболее резко М. выражена у никеля (максимальное изменение длины достигает $40 \cdot 10^{-6}$ всей длины образца), причем при всех значениях поля происходит укорочение. Сплавы железа с никелем дают удлинение при содержании никеля не более 80%, при большем количестве никеля возникает укорочение. Величина удлинения в чистых металлах при полях средней силы пропорциональна квадрату намагничения; от знака поля величина и знак М. не зависят. В кристаллич. формах М. различна по направлению кристаллич. осей. При одновременном продольном и циркулярном намагничении стержень испытывает закручивание. Кроме изменения длины при М. наблюдается также небольшое изменение объема ферромагнетика (от $1 \cdot 10^{-6}$ до $2 \cdot 10^{-6}$ всего объема), причем кобальт уменьшает свой объем, железо же и никель увеличивают его. Сплавы железа с никелем дают большее увеличение объема (до $60 \cdot 10^{-6}$), уменьшающееся с возрастанием содержания никеля.

Влияние $t°$ на М. очень велико: при 186° железо дает значительное укорочение, уменьшающееся при повышении $t°$; при 200° наблюдается удлинение, увеличивающееся до 600° и затем снова уменьшающееся, причем при температурах, близких к точке Кюри, магнетострикционные явления исчезают. При изменении величины магнитного поля наблюдается «гистерезис» магнетострикционных явлений, проявляющийся в существовании остаточного изменения длины при исчезновении поля. Натяжение ферромагнитной проволоки оказывает значительное влияние на М., причем удается установить параллелизм между явлениями магнитного гистерезиса и М. Удовлетворительной теории магнетострикционных явлений пока не существует.

При перемагничивании ферромагнитных стержней переменным током величина удлинения их периодически меняется, благодаря чему стержень может совершать механические колебания. Если стержень длиною *l см* закреплен посредине, то он обладает собственным периодом механических колебаний, частота к-рых N определяется из соотношения: $N=\frac{v}{2l}$, где v—скорость звука в стержне. Если частота переменного магнитного поля соответствует собственной частоте стержня (или одного из его обертонов), то колебания стержня делаются наиболее интенсивными. Этим способом можно получить сильные звуки строго определенной частоты. Интенсивное возбуждение стержня возможно не только основной частотой магнитного поля, но и его обертонами, если они достаточно сильны. При помещении стержня в катушку колебательного контура генератора незатухающих электромагнитных колебаний, частоты которых соответствуют собственной частоте колебаний стержня, последний может (при надлежаще выбранной схеме включения) оказывать стабилизирующее действие на частоту колебаний генератора, которая будет оставаться постоянной при небольших изменениях емкости колебательного контура и его режима. Пользуясь приводимой схемой (см. фиг.) и стержнем



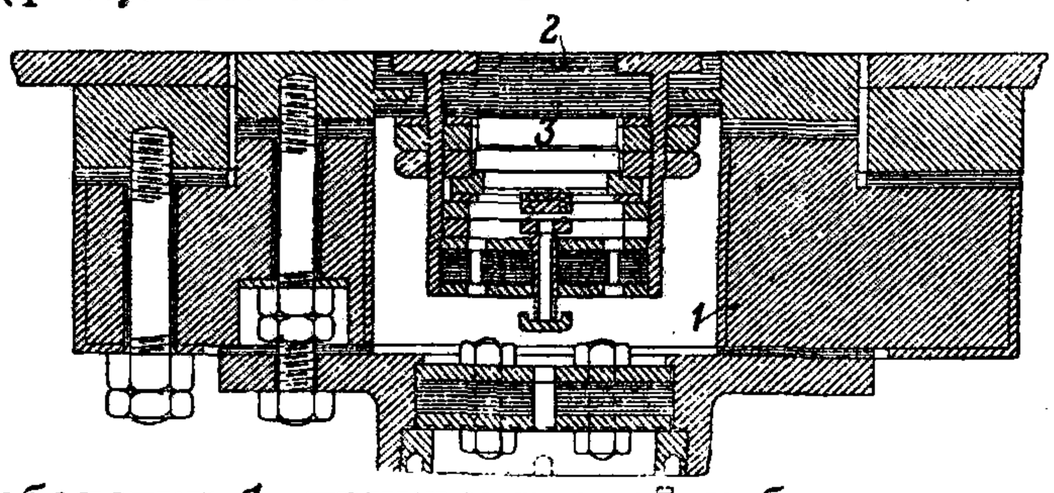
S, сделанным из нихрома, $t°$-ный коэф. к-рого очень мал, а величина М. значительна, Пирс мог поддерживать частоту колебаний постоянной с точностью до 0,01%. Стабилизация колебаний при помощи пьезокварца дает лучшие результаты (постоянство частоты сохраняется с точностью до 0,001%), но применение пьезокварца на низких частотах невозможно, так как кварцевые пластинки должны быть очень толсты; при помощи же стриктирующего стержня достаточной длины, изготовление к-рого не представляет затруднений, возможна вполне удовлетворительная стабилизация колебаний довольно низкой частоты (при длине стержня в 1 *м* собственная его частота равна приблизительно 2 500 колебаний в секунду). На высоких же частотах (свыше 250 000 колебаний в ск.) магнетострикционная стабилизация делается невозможной, т. к. длина стержня, обладающего собственным соответственным периодом, оказывается слишком незначительной (около 1 *см*).

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, т. 4, Берлин, 1923; Введенский Б. А. и Ландсберг Г., Современное учение о магнетизме, Москва—Ленинград, 1929; Mac Keehan, «Journ. of the Franklin Institute», Philadelphia, 1926, v. 202, p. 437; Williams S. R., «Journ. Optical Society», Ithaca, 1927, v. 14, p. 383; Pierce G. W., «Proceeding of the Institute of Radio Engineers», New York, 1929, v. 16—17.

Н. Малов.

МАГНЕТОФОН, звукоприемник, в котором превращение звука в форму электрич. колебаний происходит при помощи использования электромагнитных или электродинамических принципов. Название М. применяется по аналогии с микрофоном. М. по существу—обычный телефон, при воздействии на мембрану которого звуковых колебаний в катушках получается переменная эдс; эта последняя м. б. затем усилена и использована для любого назначения. М. дает по сравнению с микрофоном более чистое воспроизведение звука в виду отсутствия шумов, вызываемых угольными зернами в микрофоне.

Особенно часто название М. применяется к подводным электромагнитным звукоприемникам. М. имеет важное преимущество перед микрофоном вследствие постоянства чувствительности, благодаря чему легко подобрать два одинаковых М. для различных измерений, например для определения направления звука бинауральным методом (см. *Звук*). Подводный излучатель типа Фессендена, использованный в обратном направлении, может быть применен как М. для улавливания звука. Одним из наиболее чувствительных магнетофонных устройств для приема на кораблях является магнетофон Смита (фиг.). Он состоит из массивной свинцовой

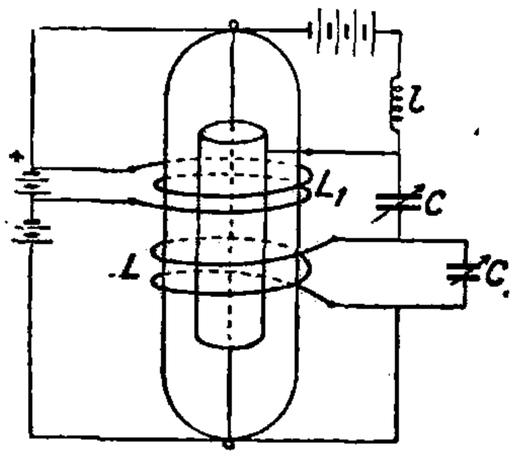


оболочки *1*, прикрепляемой к борту судна, в к-рую вставлена толстая резиновая мембрана *2*, соприкасающаяся с водой. Непосредственно позади этой мембраны укрепляется обычный брауновский телефон *3*, так что звук, прошедший через резиновую мембрану в воздух внутри аппарата, заставляет мембрану и связанный с ней язычок телефона колебаться и вызывает индуктированные токи в катушках. Этот тип приемника в соединении с трехламповым усилителем и высокоомным телефоном дает хорошее воспроизведение обычных звуков; если четыре таких приемника укрепить попарно спереди и сзади на корпусе судна, то экранирующее действие корпуса позволит определять направление источника по относительной интенсивности звука в 4 приемниках. Шумы корабля значительно ослабляются прикреплением свинцовой оболоч-

ки приемника к пластинкам с резиновыми втулками; большая инерция свинцового кольца *1* препятствует восприятию шумов, исходящих от корпуса судна.

Лит.: A i g n e r F., Unterwasserschalltechnik, B., 1922; D r y s d a l e C. a. o t h e r s, The Mechanical Properties of Fluids, v. 9, L., 1925. **С. Ржевкин.**

МАГНЕТРОН, *лампа электронная* (см.) с управлением электронным током при помощи магнитного поля вместо поля электрического; предложена впервые Гердином (1910 г.) [1] и разработана Хеллом (1921 г.). Расположение электродов (катода и анода, так как управляющая сетка отсутствует) всегда цилиндрическое. Управляющее (переменное) магнитное поле H создается чаще всего (назовем этот тип «М. 1-го рода») в направлении, параллельном нити (оси цилиндра), особой катушкой; кроме того создается (особой катушкой L_1, фиг. 1, или той же самой) «сдвигающее» (постоянное) магнитное поле h, аналогичное постоянному смещению на сетку в обычной электронной лампе. Возможно также—исключительно для целей генерации — управление магнитным полем кольцевым, образуемым вокруг нити током накала и направленным нормально к нити (назовем этот тип «М. 2-го рода»). М. могут применяться как усилители и как генераторы. В первом случае «управляющая катушка» соединяется с подводкой усиливаемого тока, во втором—в качестве катушки обратной связи — с анодным контуром LC или даже (как это указано на фиг. 1) просто является самоиндукцией этого контура L. Принципиальным отличием магнетронного генератора от обычного лампового является то обстоятельство, что в М. анодный ток является функцией самого тока в колебательном контуре, тогда как в обычном генераторе он является функцией производной колебательного тока по времени. Поэтому в М. приходится создавать искусственно нек-рый сдвиг фаз в колебательном контуре, что в схеме фиг. 1 осуществляется подбором блокировочного конденсатора C_1 и реактивной катушки l.



Фиг. 1.

Управление магнитным полем H достигается благодаря тому, что магнитное поле, искривляя траекторию электронов, не допускает их до анода, несмотря на влияние поля анода, если H превосходит некоторую критич. величину H_0. Если принять, что электроны покидают катод без начальной скорости, то анодный ток I_a в случае «М. 1-го рода» дается обычной «ф-лой $^3/_2$»:

$$I_a = \frac{2\sqrt{2}}{9} \cdot \frac{l}{r_a \beta^2} \sqrt{\frac{e}{m}} V_a^{\frac{3}{2}},$$

если

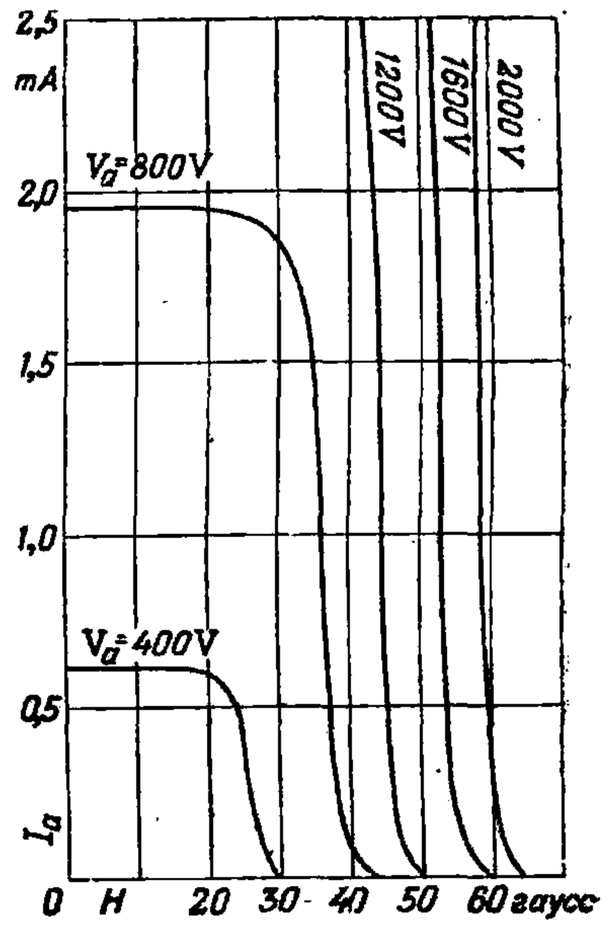
$$V_a > V_0 = \frac{e}{m}\left[\frac{H^2 r_a^2}{8} + 2I_a^2\left(\ln\frac{r_a}{r_k}\right)^2\right].$$

Здесь: l—длина анода, r_a—его радиус, β^2—величина, зависящая от отношения r_a к радиусу нити r_k, но обычно близкая к 1, e и m—заряд и масса электрона, V_0 есть критическое анодное напряжение, как-раз достаточное, чтобы довести электроны от катода до анода в присутствии магнитного поля, проистекающего от сложения поля H и поля электронного тока I.

Ток $I_a = 0$, если $V_a < V_{0I} = \frac{e}{m}\frac{H_0^2 r_a^2}{8}$, т. е. если

$$H_0 = \sqrt{\frac{8m}{e}} \cdot \frac{V_a^{\frac{1}{2}}}{r_a} = \frac{6{,}72}{r_a}\sqrt{V_a\,(\text{вольт})}\ \text{гауссов.}$$

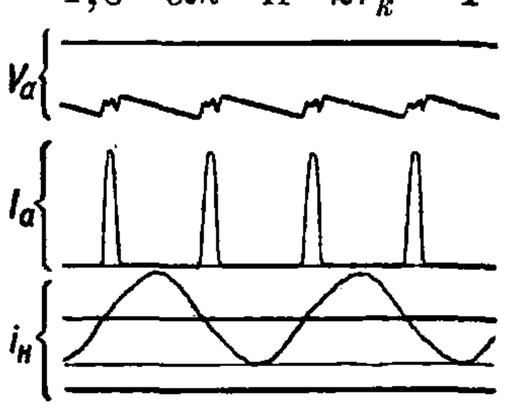
Эти ф-лы выведены в предположении, что скорость вылета электронов 1) равна нулю и 2) одинакова у всех электронов. Фиг. 2 показывает, что характеристики имеют нек-рый наклон с закруглениями вверху и внизу; они идут тем круче, чем V_a больше. «Сдвигающее поле» h подбирается т. о., чтобы рабочая точка попала на крутую часть характеристики. В случае «М. 2-го рода» траектория электронов получает форму слегка удлиненных циклоид; если же пренебречь скоростью вылета, то $I_a = 0$ при токе накала $i_н.$, если $V_a < V_{0II} = 2 \cdot \frac{e}{m} \cdot i_н^2 \ln^2 \frac{r_a}{r_k} = 0{,}0188 \cdot i_н^2 \cdot \lg^2 \frac{r_a}{r_k}$, т. е. если



Фиг. 2.

$$i_н. > \frac{\sqrt{\frac{m}{2e}} \cdot \sqrt{V_a}}{\ln\frac{r_a}{r_k}}.$$

Наличие объемного заряда слегка удлиняет циклоиды, но обычно действие это слабо. Интересно отметить, что при совместном действии продольного (как в «М. 1-го рода») и кольцевого («М. 2-го рода») полей критич. значение V_a равняется сумме V_{0I} и V_{0II}, так что оба поля вполне независимы в своих действиях. При возрастании $i_н.$ от 0 (при V_a = Const) I_a сперва растет, определяясь величиной T, затем резко падает, ограничиваясь величиной H. В лампе Хелла с $2r_a = 4{,}6$ *см* и $2r_k = 1$ *см*, при $V_a = 3\,100$ V, переменный (20 кц.) ток накала в 1 600 A полностью (дважды за период) сводил к 0 ток $I_a = 45$ A; позднее была построена 1 000-kW-ная лампа с $V_a = 20\,000$ V и $I_a = 50$ A. Будучи присоединен к соответственному контуру, такой М. является генератором на частоте в 20 кц. Фиг. 3 дает осциллограмму управления током накала. Никаких преимуществ перед обычными электронными лампами с сеткой М. однако не имеют, так как не могут конкурировать с ними в смысле кпд и простоты аппаратуры; поэтому они не получили какого-либо технич. применения. Об их применении для генерации ультракоротких волн см. *Ультракороткие волны*. Принцип М. приложим и к *динатронам* (см.).



Фиг. 3.

Лит.: 1) Г. П. 276528/10.—Богуславский С. А., О влиянии магнитного поля на термионные токи, «Труды ГЭЭИ», М., 1924, вып. 3; Hull A., «Phys. Rev.», N. Y., 1921, v. 17, p. 539, 1922, v. 19, p. 533, 1923, v. 22, p. 279, 1925, v. 25, p. 645; Elder F. R., «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1925, v. 13, p. 159 (генератор и усилитель); Banneitz F., Taschenbuch d. drahtlosen Telegraphie u. Telephonie, B., 1927 (список литературы и патентов); Richardson O., The Emission of Electricity from Hot Bodies, p. 74, 2 ed., L., 1921. **Б. Введенский.**

МАГНИЕВАЯ ВСПЫШКА, быстро воспламеняющаяся смесь магния с различными веществами (или чистый магний), применяемая в фотографии в качестве искусственного источника света для моментальных съемок. Порошок чистого магния (1—2 *г*) сгорает за $^1/_5$—$^1/_{10}$ ск. В последнее время чаще пользуются смесями магния с различными веществами, к-рые отдают магнию свой кислород и тем повышают скорость горения и уменьшают количество дыма, или вводят в спектр магния лучи большей длины волны (для панхроматических эмульсий). Для съемки при М. в. в больших помещениях (аудиториях, театральных залах, на з-дах и т. д.) приходится сжигать 5—15 *г* магния и больше, что увеличивает продолжительность горения. В этих случаях необходимы быстро сгорающие смеси. Лучшими считаются смеси магния с хлорнокислым калием; при составе смеси из 1 *г* магния и 1 *г* $KClO_4$ скорость ее сгорания равна $^1/_{150}$ ск., при половинном количестве $KClO_4$—$^1/_{25}$ ск. Последняя смесь дает более яркую вспышку. О составе других магниевых вспышек и вспышек без магния см. *Алюминиевая вспышка* и *Вспышка* (в фотографии). **А. Рабинович.**

МАГНИЕВЫЕ СПЛАВЫ, см. *Магния сплавы.*

МАГНИЙ, Mg, химич. элемент; щелочноземельный легкий металл 2-й группы периодич. системы (аналог кальция, стронция и бария); ат. вес 24,32; порядковый номер 12. Массы изотопов 24, 25, 26; количественное соотношение их 6 : 1 : 1.

Свойства М. В чистом виде М. серебристо-белого цвета; уд. вес 1,74. В нагретом состоянии металлич. М. вытягивается в проволоку и раскатывается в ленту; $t°_{пл.}$ 650°, $t°_{кип.}$ около 1 100°, ат. объем 14,1; коэф. сжимаемости при 20° $2{,}8\cdot10^{-6}$ *кг/см*^{2}; модуль Юнга $0{,}4\cdot10^6$ *кг/см*^{2}; коэфициент линейного расширения (при $t°=20\div100°$) 0,00002673; твердость по Мосу 2,6, по Бринелю 25. Сопротивление на разрыв 20 *кг/мм*^{2}; удельная теплоемкость при 100° 0,257; ат. теплоемкость при 100° 6,25; объемное электрическое сопротивление $4{,}4\cdot10^{-6}$ Ω-*см* (при 0°), $t°$-ный коэф. $(372\div412)\cdot10^{-5}$. В химич. соединениях М. двувалентен. На воздухе он легко окисляется, покрываясь белой окисью М.; нагретый несколько выше $t°_{кип.}$, М. загорается и горит ослепительно ярким белым пламенем. При соединении М. с кислородом выделяется значительное количество энергии

$$2Mg+O_2=2MgO \quad +288\ Cal.$$

Образовавшаяся окись М., MgO, не плавится и слабо испаряется при процессе горения, что обусловливает высокую $t°$ горения и излучение весьма активных в химич. отношении фиолетовых и ультрафиолетовых лучей. С азотом М. соединяется также с выделением тепла и образует при этом нитрид М., Mg_3N_2. М. способен гореть в атмосфере углекислого газа, разлагая CO_2 с выделением свободного углерода. Такое же восстановительное действие М. оказывает и на окислы бора, кремния и титана, вследствие чего М. можно пользоваться для получения этих элементов в свободном виде. Воду при нагревании М. медленно разлагает; в присутствии NH_4Cl выделение водорода становится энергичным вследствие растворения образующегося слоя гидрата окиси М. Так же ускоряется реакция М. с водой в присутствии хлорной платины. Крепкая серная кислота и смесь крепкой серной и дымящей азотной к-т не реагируют на холоду с М. Едкие щелочи реагируют с М. только в присутствии солей аммония. При нагревании в атмосфере хлора и брома, а также в парах серы и иода магний воспламеняется.

В природе М. встречается в весьма значительных количествах (2,5% веса всей земной коры) в виде карбоната (магнезит $MgCO_3$) или вместе с карбонатом кальция (доломит $MgCO_3\cdot CaCO_3$), образуя мощные пласты горных пород, а также в виде разнообразных силикатов: талька (см. *Жировик*), *асбеста* (см.), серпентина (см. *Змеевик*), морской пенки, пемзы, авгита, оливина, роговой обманки, борацита. Растворимые соли М. (хлористая и сернокислая) находятся в громадном количестве в морской воде, в отложениях калийных солей в Стассфурте, образуя так назыв. отбросовые соли, а также в Соликамских отложениях (см. *Калийная промышленность*); громадное количество солей М. содержится в Мертвом море (Палестина), где запасы их исчисляются в 22 млрд. *т*, и в СССР в Сакском озере (близ Евпатории). В зеленых частях растений М. содержится в качестве необходимой составной части хлорофилла, участвуя в связывании пироловых ядер последнего и играя весьма важную роль в процессе первоначального синтеза органич. веществ из углекислого газа и воды; кроме того в семенах растений М. содержится в виде фосфорнокислой соли.

Получение. Металлич. М. может быть получен из его соединений различными путями: а) действием паров натрия или калия на хлористый М. в вакууме, б) восстановлением $MgCl_2$ в атмосфере газообразного водорода, в) восстановлением MgO действием металлического натрия, алюминия или кальция, г) из расплавленных галоидных солей Mg, смешанных с NaCl, действием металлич. калия или натрия и наконец д) электролизом Mg-солей или окиси М. (см. ниже—металлургия М.).

Восстановление окиси М. действием угля было предложено еще в 1907 году Слейдом, к-рый рекомендовал проводить этот процесс в вакууме при $t°$ 1 700° или в атмосфере водорода. В 1915 г. Ковальке и Гренфель описали чрезвычайно энергично протекающую реакцию между ачесоновским графитом и окисью М. при $t°$ 2 030°. Вскоре после этого Блеккер и Мориссон предприняли попытки получить технически по этому методу металлич. М. В виду обратимости реакции восстановления MgO они проводили ее в вакууме и в токе водорода; при этом 20% М. получалось в виде сплавленного металла, а остальное в виде порошка. В 1919 г. в США было испытано действие кремния при $t°$ 3 500° на смесь обожженных доломита и магнезита: при этом получаются металлич. М. и двойной силикат Ca и Mg. Восстановление окиси М. химич. путем, применявшееся в Англии в 1915 г., не могло выдержать конкуренции с электрич. методом, т. к. исходило из сравни-

тельно дорогого исходного продукта—жженой магнезии. Однако в 1921 г. Вальдо вернулся к предложенному еще в 1913 г. Матиньоном методу восстановления окиси М. при $t°$ 1 200° в вакууме действием металлич. алюминия; в виду технических затруднений, связанных с осуществлением высокотемпературного вакуума, этот метод не получил распространения. Наиболее употребительным методом получения М. является электролиз хлористого М. (см. ниже) с прибавлением или без прибавления хлоридов щелочных металлов.

В 1890 г. был впервые применен метод Фишера и Грецеля, основанный на электрохимич. разложении безводного сплавленного карналлита. Вплоть до 1914 г. вся мировая потребность в металлич. М. удовлетворялась двумя герм. заводами в Гемелингене и Биттерфельде, поблизости от Стассфуртских месторождений карналлита, причем заводы хранили в тайне применяемые ими методы электролиза. В 1915 г. франц. об-во Société d'Électrochimie на заводе в Клаво стало также производить металлич. М. Первоначально электролизу подвергали сплавленную смесь $MgCl_2$ и MgF_2; в 1907 г. Вебер показал, что более выгодной для электролиза является смесь, содержащая эквимолекулярное количество фтористых солей М. и бария, в к-рой растворена окись М. Согласно этому принципу америк. об-во American Magnesium Corp. (завод на Ниагаре) сконструировало электролизер, работающий с нагрузкой 9 000—13 000 А при напряжении 9—16 V и дающий продукт с весьма незначительным содержанием примесей. Электролитом служит расплавленная смесь фтористого М. с MgO; эта смесь, растворяясь в незначительном количестве (0,1 %) в сплаве, является тем электролитом, к-рый и подвергается электролизу с выделением металлич. М.; последний очищают путем перегонки из небольших реторт. Полученный по этому методу М. обладает достаточной стойкостью к атмосферным воздействиям, действию горячих щелочей и плавиковой к-ты. Один из герм. типов электролизера состоит из ванны литой стали, обогреваемой извне голым огнем; стенки ванны играют роль катода; графитовый анод проходит вдоль оси ванны. В других системах, наоборот, анодом служат графитовые стенки электролизера, катод же расположен вдоль оси ванны и представляет собой либо «прикасающийся» электрод (способ завода в Биттерфельде), либо образует колокол, в к-ром собирается выделившийся металлич. М., либо наконец катод погружен в тигли, из к-рых металлич. М. вследствие своего низкого уд. в. всплывает на поверхность смеси расплавленных солей. Опубликованы также патенты на применение жидких металлич. катодов из свинца (пат. Ашкрофта) и из меди (пат. Зеварда); получаемый сплав М. поступает в другой электролизер, где он уже играет роль катода и где получается в чистом виде. Согласно Ам. П. 1258261 смесь хлористых М. и калия подвергают в сплавленном состоянии электролизу с угольным анодом при катоде из расплавленного олова или меди; из катодного сплава М. выделяется, а основной металл катода снова пускается в дело. Во второй стадии сплав М. применяется уже в качестве анода в ванне прежнего же состава, но с прибавлением хлористого бария. При вторичном электролизе М. из анода переходит в раствор и отлагается затем на катоде, который устроен таким образом, что отделившийся М. всплывает на поверхность электролита. **Б. Беркенгейм.**

Применение М. Металлич. М. применяется в лабораторной практике в качестве восстановителя и для получения т. н. магний-органич. соединений, играющих большую роль в органич. синтезе (см. *Металлоорганические соединения* и *Гриньяра реакция*). Кроме того М. применяется для магниевых вспышек при фотографировании, для изготовления ракет, для восстановления других металлов и вытеснения их из их соединений, а также в качестве раскислителя, для получения лучших отливок в цветной и черной металлургии. Главное применение М., к-рое в последнее время принимает все более возрастающие размеры, а в ближайшем будущем обещает внести громадные перемены в области авиационного и автомобильного строительства, состоит в использовании металлич. М. наравне с алюминием, а в последнее время и с бериллием для производства так наз. легких сплавов (см. *Спр. ТЭ*, т. II).

Особо замечательным сплавом, применяемым для последних целей, является т. н. «электрон» с содержанием М. до 96% (см. *Магния сплавы*). Чрезвычайно низкий уд. в. этого сплава (ок. 1,8), наряду с достаточной механической прочностью, обеспечивает этому материалу широкое поле применения. В настоящее время электрон выпускается на рынок в виде болванок, брусьев, труб, профильного металла, листов. Из него изготовляют штампованные, кованые части, отливки, сделанные в изложницах, под давлением, или в песок. Наряду с легковыми машинами колеса из электрона применяются при постройке и более тяжелых автомобилей. Сравнение веса колес из электрона с колесами из стального литья дает следующие результаты в пользу электрона: скат (т. е. все 4 колеса) омнибуса в случае применения электрона весит 128 *кг*, а в случае стали 364 *кг*. В типе автомобиля фирмы Адлер «6» и типе «8» электрон применяется также в целом ряде более мелких отливок, в результате чего вес автомобиля м. б. уменьшен на 100—140 *кг*, что позволяет соответственно увеличить полезную нагрузку. В авиастроительстве электрон используется для изготовления частей моторов летательных машин; так, при построении гидроплана фирмы «Isotta Fraskini» в Милане мощностью в 500 HP чрезвычайно широко было применено электронное литье. Наряду с этим были произведены в Германии тщательные (длившиеся около 1 года) опыты для выяснения возможности применения листового электрона для изготовления других деталей аэроплана (кожухов, охладителей дисков, колес, подпорок ходовых частей). Испытания дали вполне удовлетворительные результаты.

Кроме указанных областей применения электрона необходимо указать на самые широкие возможности применения этого сплава в точном машиностроении, как то: при производстве текстильных, обувных, типографских, табачных и других машин.

Металлургия М. В настоящее время известны два промышленных способа получения металлич. М.: 1) электролиз расплавленного безводного хлористого магния и 2) электролиз окиси М., растворенной в расплавленной смеси фтористых солей М., бария и натрия. Электролитический процесс в случае применения хлористой соли М. протекает очень гладко и трудностей не представляет; в противоположность этому электролиз окиси М., патентованный в США еще во время войны 1914—18 гг., несмотря на кажущиеся преимущества, обладает рядом недостатков, из которых главные—трудность работы при $t°$ процесса, лежащих всего на 150—200° ниже точки кипения М., и высокий удельный расход электрич. энергии. Слабым местом первого способа является некоторая сложность изготовления безводного хлористого М. Продажный препарат, получаемый путем переработки находящегося в больших количествах в природе карналлита $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6\ H_2O$ (см. *Калийная промышленность*), всегда содержит шесть частиц кристаллизационной воды ($MgCl_2 \cdot 6\ H_2O$), которая перед электролизом д. б. нацело удалена. Простое нагревание шестиводной соли не приводит к цели. При этом соответственно различным температурам имеют место следующие реакции:

$MgCl_2 \cdot 6H_2O \rightarrow MgCl_2 \cdot 2H_2O$ при $t°$ 150° (1)
$MgCl_2 \cdot 2H_2O \rightarrow MgCl_2 \cdot H_2O$ » » 225° (2)
$MgCl_2 \cdot H_2O \rightarrow 2MgCl_2 \cdot MgO \cdot H_2O$ » » 280° (3)
$2MgCl_2 \cdot MgO \cdot H_2O \rightarrow MgO \cdot MgCl_2$ » » 465° (4)

В результате получается неплавкая хлорокись М., которая совершенно непригодна для электролиза.

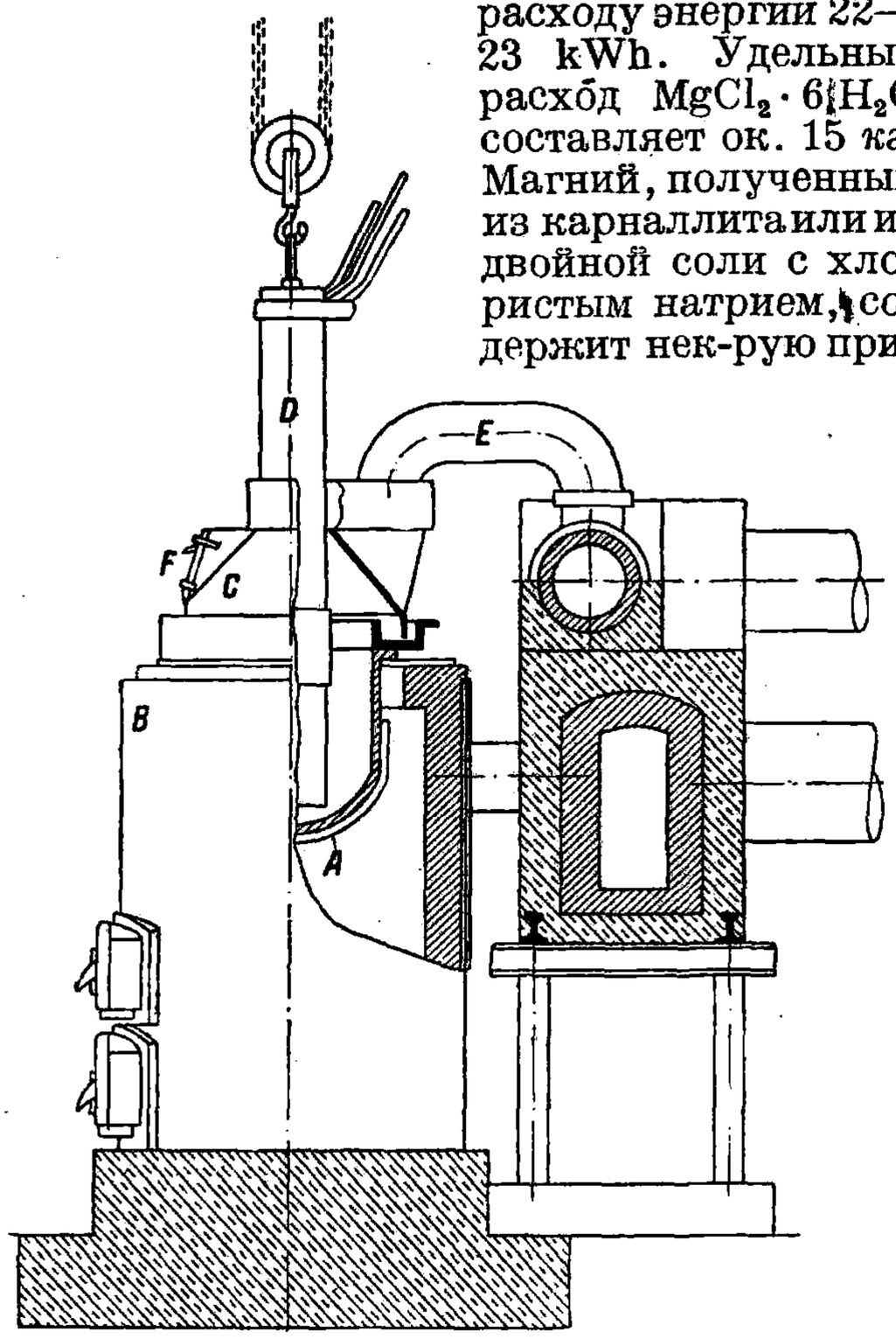
В настоящее время обезвоживание хлористого магния производится следующими способами: 1) действием на него хлористого аммония, 2) действием сухого хлористого водорода и 3) действием хлора на смесь, состоящую из частично обезвоженного $MgCl_2$ с углем или каким-нибудь углеродистым материалом. Все эти способы требуют наличия повышенной $t°$ (350—600°), и какой бы из них ни применялся—полный цикл обыкновенно состоит из трех последовательных стадий. Сначала шестиводный хлористый М., согласно реакции (1), превращают в двухводный продукт. Эту операцию производят прямым нагреванием материала на сковородах, в ченах или вращающихся сушилах, при $t°$ не выше 180°. Иногда применяют продувание сухим воздухом при тех же $t°$-ных условиях. Дальнейшее удаление воды достигается различно в зависимости от принятого способа. В случае применения хлористого аммония смесь его с двухводным хлористым М. нагревают, постепенно повышая $t°$; при этом удаляется вода, и образующиеся согласно реакциям (3) и (4) хлорокиси действием хлористого аммония превращаются обратно в хлористый М. В результате получается безводный продукт, при дальнейшем повышении $t°$ до 711° (третья стадия обезвоживания) плавящийся в прозрачную легкоподвижную жидкость, которая и применяется в качестве электролита. Избыток взятого хлористого аммония улетучивается; он м. б. уловлен в соответствующем конденсаторе и вновь пущен в дело. Анализ $MgCl_2$, полученного таким способом, показывает, что продукт является весьма чистым: он содержит 96,7% $MgCl_2$, 0,8% $CaCl_2$, 0,5% NaCl, 0,8% KCl и 0,8% нерастворимого остатка. В случае обезвоживания при помощи хлористого водорода последний пропускают через находящийся в соответствующей реторте нагретый $MgCl_2 \cdot 2H_2O$. Применяется также и способ Hulin, согласно которому удаление воды производится совместным действием тепла и HCl, получаемого сжиганием в печи газообразной смеси хлора и водорода. Этот способ также дает весьма чистый хлористый М., ибо образующаяся в процессе обезвоживания хлорокись магния действием HCl переводится обратно в хлористую соль. В случае применения хлора его пропускают через смешанный с углем двухводный хлористый М. при $t°$ до 600°. Возможность образования хлорокиси здесь устраняется наличием хлора и водяного пара (получаемого в процессе обезвоживания) в присутствии угля. Приготовленный двумя последними способами безводный хлористый М. представляет пористую кусковую массу, которая энергично поглощает влагу из воздуха; вследствие этого продукт до электролиза должен обязательно подвергаться плавлению. Безводный плавленый $MgCl_2$ стараются получить в возможно больших кусках, чтобы при укупорке или вскрытии тары—во всех случаях, когда $MgCl_2$ хотя бы на короткое время соприкасается с воздухом,—влияние влаги было минимальным.

Нек-рые з-ды, в особенности германские, а в последнее время и американские, применяют в качестве электролита или безводный карналлит или двойную соль хлористого М. и хлористого натрия. Удаление кристаллизационной воды из указанных двойных солей достигается значительно легче, чем из чистого хлористого М. Здесь достаточно, после предварительного высушивания до двухводного продукта описанным выше способом, дальнейшее его нагревание при постепенном повышении температуры до 450°; при этой $t°$ смесь безводных солей плавится, после чего некоторое время ее выдерживают в расплавленном состоянии, чтобы дать возможность взвешенным в расплавленной массе частицам окиси и хлорокиси магния осесть на дно.

Применяемые в качестве электролита хлористый М. или карналлит должны содержать возможно меньшее количество вредных примесей, как то: окиси и хлорокиси М., сульфатов, кремнекислоты и особенно соединений железа. Для разрушения сульфатов после расплавления безводных солей в тигель засыпают некоторое количество угольного порошка. При перемешивании массы, напр. угольным стержнем, происходит восстановление сернокислых солей, в результате чего образуется окись М., к-рая осаждается на дно тигля; тогда совершенно прозрачный электролит осторожно сливают с осадка. К электролиту необходимо добавлять до 5% фтористого кальция, что способствует соединению отдельных капель М., получающихся в результате электролиза, в более крупные «болотца» и повышает уд. в. электролита, облегчая всплывание металла на поверхность.

Приготовленный тем или иным способом безводный хлористый М. или карналлит подвергают электролизу. Процесс ведется в аппаратуре различного типа. Детали способов держатся предприятиями в строжайшем секрете. На фиг. 1 представлена ванна американского типа для электролиза двойной хлористой соли М. и натрия. Котел литой стали *A* диам. ок. 50 *см* помещен в небольшой печи *B* с угольным отоплением. Этот котел служит катодом—на его стенках во время электролиза осаждается М., всплывающий на поверхность. Верхняя часть котла накрыта колпаком *C* из огнеупорного материала. Нижней кромкой колпак лежит в кольцевом углублении, заполненном порошкообразным материалом (напр. NaCl), препятствующим проникании хлора наружу. В центральной части колпака имеется отверстие, сквозь к-рое проходит в ванну графитовый анод *D* диам. 15 *см*. Труба *E* соединяет колпак с магистралью и служит для отвода хлора. Через отверстие *F*, сбоку снабженное заслонкой, производится извлечение металла из ванны и добавление свежего $MgCl_2$ по мере его израсходования. Вычерпывание магния из ванны производится при помощи перфорированной железной ложки (диам. дыр 0,8 *мм*). Ванна работает

при силе тока в 2 200 А; напряжение 6—9 V; наивыгоднейшая темп-ра 700—725°. Суточная производительность—18 *кг* М., что отвечает выходу по току в 75% и удельному расходу энергии 22—23 kWh. Удельный расход $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ составляет ок. 15 *кг*. Магний, полученный из карналлита или из двойной соли с хлористым натрием, содержит нек-рую примесь калия или натрия (0,1—1,15%), способствующую коррозии; поэтому металл подвергают рафинировке влажным воздухом с целью удаления щелочного металла и разложения включений электролита. Применение $MgCl_2$ вместо карналлита дает М. очень высокой чистоты, не требующий переплавки. В состав металла, полученного прямо из ванны, входят: 0,04% Si, 0,02% Fe, 0,07% Al, 0,03% Cl, остальное—Mg.

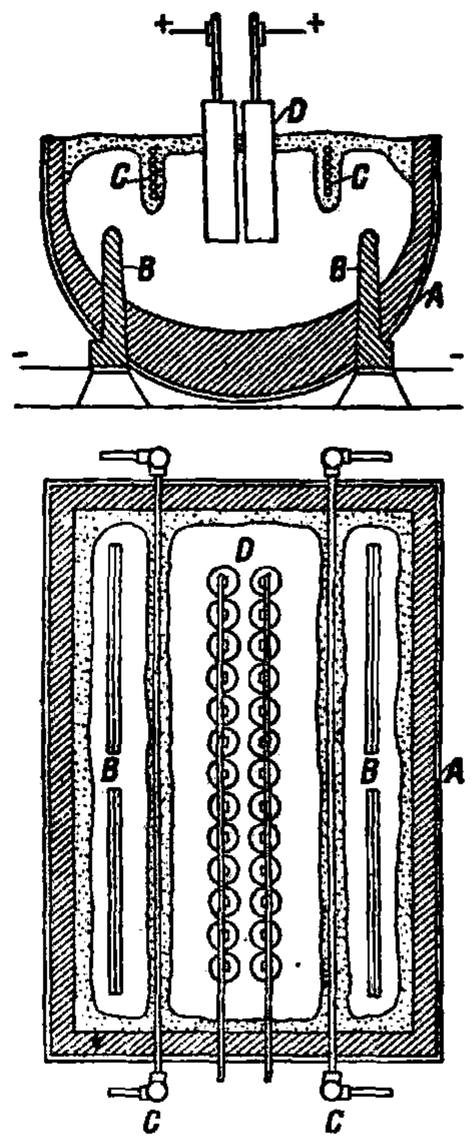


Фиг. 1.

Другой метод электролитич. получения М.—электролиз окиси М., растворенной (и гл. обр. взвешенной) в расплавленной смеси фтористых солей магния, бария и натрия—представляет преимущества по сравнению с электролизом хлорида в том отношении, что здесь отпадает сложная и дорогая операция обезвоживания электролита. Углекислый магний (см. *Магния соединения*), встречающийся в природе в виде минерала магнезита в достаточно чистом состоянии, путем прокаливания легко превращается в окись магния. Растворимость MgO в указан. смеси крайне невелика—всего 0,1% при 950°; бо́льшая часть окиси находится в электролите во взвешенном состоянии. Поэтому электрический ток в первую очередь разлагает MgF_2. Образующийся фтор, встречая MgO, реагирует с нею, выделяя кислород; при этом MgF_2 регенерируется:

$$MgF_2 = Mg + F_2; \quad MgO + F_2 = MgF_2 + O.$$

В результате получается магний и кислород, сжигающий угольные аноды, как и в алюминиевом производстве (см. *Алюминий*). Ванна, применяемая в этом процессе, изображена на фиг. 2. Стальной котел в виде корыта *A* имеет проходящие сквозь его дно 4 стальных катода *B*. Аноды *D* расположены в средней части ванны двумя рядами. Для разделения анодного пространства от катодного вдоль ванны проложены двумя параллельными рядами железные трубки *C*, охлаждаемые изнутри проточной водой. На них нарастает корка застывшего электролита, образующая своеобразную диафрагму. Равным образом подобной коркой покрываются изнутри и стенки ванны вследствие их охлаждения снаружи воздухом. Получающийся М., будучи легче электролита, всплывает на поверхность в пространстве между диафрагмами и стенками ванны, откуда он периодически извлекается. Ванны потребляют от 9 000 до 16 000 А и работают под напряжением 9—16 V. Выход по току около 50%, удельный расход энергии около 40 kWh. Удельный расход окиси М. составляет 1,7 *кг* и электродов 0,5 *кг* (значительно выше теоретич. цифры). Оптимальная *t*° процесса 900—950°. По имеющимся сведениям этот способ теперь оставлен вследствие его нерентабельности.



Фиг. 2.

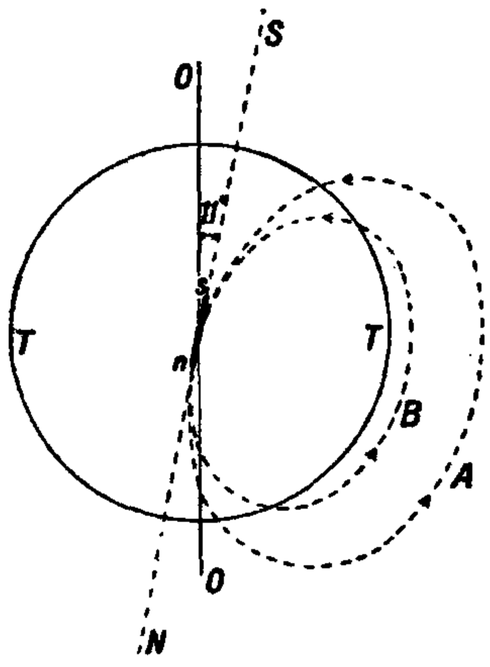
Из других возможных способов получения М., кроме электролитических, следует указать на методы, связанные с восстановлением окиси М. при высокой *t*°. Работы Всесоюзного института металлов, проведенные в лабораторном масштабе, с применением в качестве восстановителя сплавов кремния с алюминием, дали весьма обнадеживающие результаты.

Производство металлич. М. в настоящее время имеется в Германии (ок. 80% мировой продукции), США, Франции, Англии и Швейцарии и исчисляется несколькими тыс. *m* в год при стоимости металла около 4 000—4 500 руб. за *m*. В СССР производства металлического М. не существует. Условия для организации этого дела ныне представляются особо благоприятными, так как страна располагает неисчерпаемыми запасами сырья. Чрезвычайно мощные залежи карналлита (не содержащего сульфатов), несколько лет тому назад открытые в Пермском районе вблизи г. Соликамска, смогут дать миллионы *m* хлористого магния. Равным образом Сакское озеро, уже в течение около 10 лет являющееся поставщиком этой соли на внутреннем рынке, без труда может расширить свое производство до масштаба десятков тысяч *m* в год. Наличие другого фактора—электрической энергии—при ведущемся строительстве ряда мощных гидроцентралей можно считать обеспеченным.

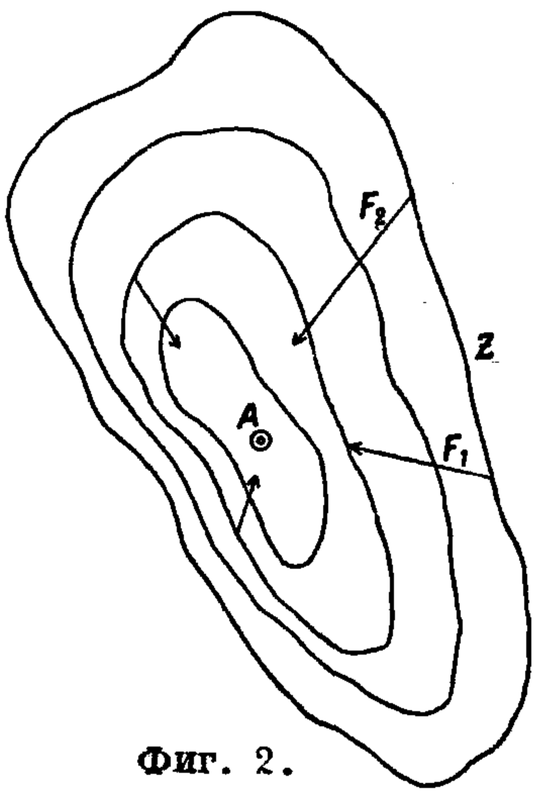
Лит.: Федотьев П. П., Электрометаллургия, ч. 2, Л., 1923; Антипин П. Ф. и Мойсеев А. А., О восстановлении окиси магния аммонием и кремнием, «Журнал прикладной химии», Л., 1925, т. 2, вып. 1—2, стр. 45; Lorenz R., Elektrolyse geschmolzener Salze, T. 1—2, Monographien über angew. Elektrochemie, B. 20—21, Halle a/S., 1905; Billiter J., Technische Elektrochemie, B. 3—Die Elektrolyse feuerflüssiger Schmelzen, Halle a/S., 1918; Regelsberger F., Chemische Technologie d. Leichtmetalle u. ihrer Legierungen, Lpz., 1926; Ruff O. u. Busch W., Darstellung d. Magnesiums aus Magnesiumoxydhaltigen Schmelzen, «Ztschr. f. anorg. u. allg. Chemie», Lpz., 1925, B. 144, p. 87; Grube G., Darstellung d. Magnesiums aus Magnesiumoxydhaltigen Fluoridschmelzen, «Zeitschrift der Elektrochemie», Lpz., 1927, H. 11; Harvey W. C., Production of Metallic Magnesium from Fused Salts, «Transactions of the American Electrochemical Society», N. Y., 1925, v. 47, p. 327.

П. Антипин.

МАГНИТНАЯ АНОМАЛИЯ, нарушение в распределении геомагнитных элементов на участке земной поверхности, выражающееся в б. или м. значительном отклонении наблюдаемых величин элементов *земного магнетизма* (см.) от тех значений их, к-рые были бы свойственны данному району в предположении, что его геомагнитные элементы обязаны общему магнетизму земного шара. Земля, имеющая вокруг себя магнитное поле, меняющееся от одной точки поверхности земного шара к другой, м. б. рассматриваема как тело TT (фиг. 1), которое намагничено бесконечно малым магнитом ns, помещенным



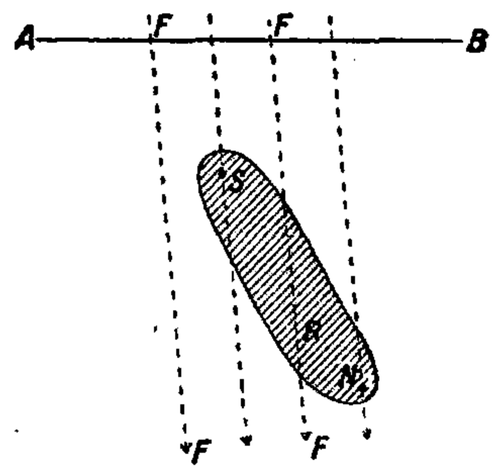
Фиг. 1.



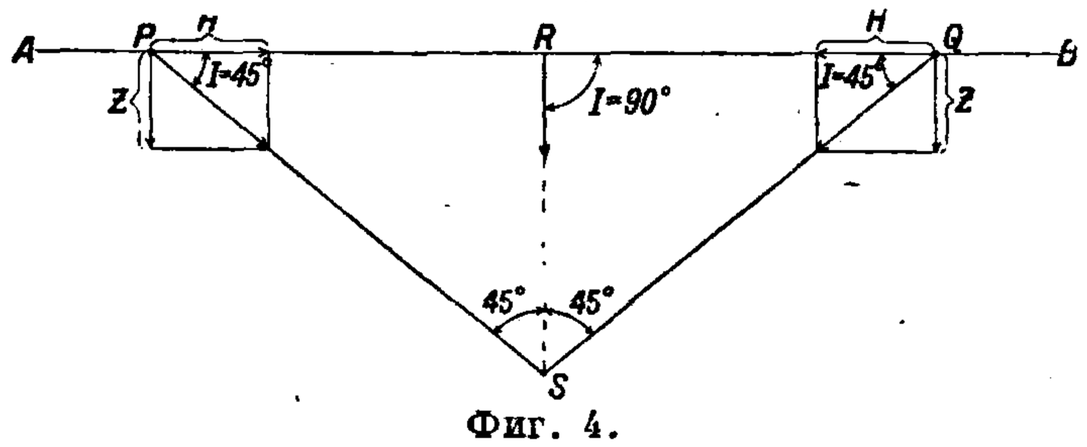
Фиг. 2.

в центре земного шара, причем ось этого магнита NS, соединяющая два полюса, составляет с осью вращения земли OO угол, равный 11°. Магнитные силовые линии A, B такого магнита, изображенные пунктирными линиями, идут от северного полюса магнита к южному в направлении, отмеченном стрелками. Можно показать, что величины элементов земного магнетизма горизонтальной составляющей магнитной силы, а также склонения и наклонения получают при такой гипотезе хорошее совпадение с действительностью, и линии, соединяющие точки земной поверхности с равной горизонтальной составляющей, с равным склонением и равным наклонением, м. б. выведены теоретически. На каждой магнитной параллели, представляющей собой сечение поверхности земли плоскостью, параллельной магнитному экватору, лежащему перпендикулярно к оси бесконечно малого магнита, находятся точки, в которых вертикальная составляющая магнитной силы, горизонтальная составляющая и наклонение имеют постоянную величину. Склонение, равное углу между магнитным меридианом и географич. меридианом, дает более сложную картину, однако и оно может быть теоретически вычислено, если принять однородность условий намагничивания на всей земле.

Земля представляет собой на самом деле не однородное тело; в различных точках ее поверхности наблюдаются отклонения от указанного выше простого теоретич. распределения магнитных силовых линий. Места, где эти отклонения элементов земного магнетизма достигают значительных величин, носят название магнитных аномалий; по б. ч. эти аномалии зависят от присутствия рудных залежей под землей. В нормальных условиях изоклины и изодинамы Z и H (см. *Земной магнетизм, Изолинии*) представляют собой линии, параллельные экватору. Если аномалия достигает известного размера, то изодинамы и изоклины представляют собой замкнутые фигуры на поверхности земли (фиг. 2), причем иногда имеется точка A, к к-рой направлены силовые линии F_1 и F_2 аномального поля около этой точки A. Изогоны представляют собой в этом случае сложную картину, давая самые разнообразные углы с магнитным меридианом. Для определения аномалий всего удобнее пользоваться или вертикальной составляющей или наклонением; возможно также пользоваться горизонтальн. составляющей. Как указывалось выше, бо́льшая часть аномалий зависит от залежей магнитных рудных пород. Если имеется вытянутая залежь R (фиг. 3), намагниченная под влиянием земного поля FF, то два полюса этой залежи, южный S и северный N, действуют на поверхности земли AB, создавая каждый свое магнитное поле, дающее в сумме с нормальным полем картину аномального распределения магнитных силовых линий. Особенно простые условия получаются, если имеется длинная тонкая залежь, у которой второй полюс (северный) расположен далеко от поверхности AB (фиг. 4), так что его действием можно пре-



Фиг. 3.



Фиг. 4.

небрегать. Тогда только южный полюс S действует на магнитную стрелку, помещенную на поверхности земли; в этом случае можно следующим простым способом определить глубину залегания этого полюса. Магнитная стрелка в разных местах горизонтальной поверхности земли AB притягивается полюсом S с разной силой, и если взять точку Q и точку P, в которых наклонение равняется 45°, или горизонтальная составляющая H равняется вертикальной

составляющей Z, то расстояние между точками Q и P будет равно двойному расстоянию RS точки R, находящейся на поверхности земли, от полюса рудной залежи S. Расстояние RS можно также найти, если измерить расстояние от очки Q, где наклонение равняется 45°, до точки R, где наклонение равно 90°. Этот способ приводит к тому же самому результату. Эти методы позволяют в большом числе случаев определять глубину залежей, в особенности если залежи, как например на Урале, являются неглубокими.

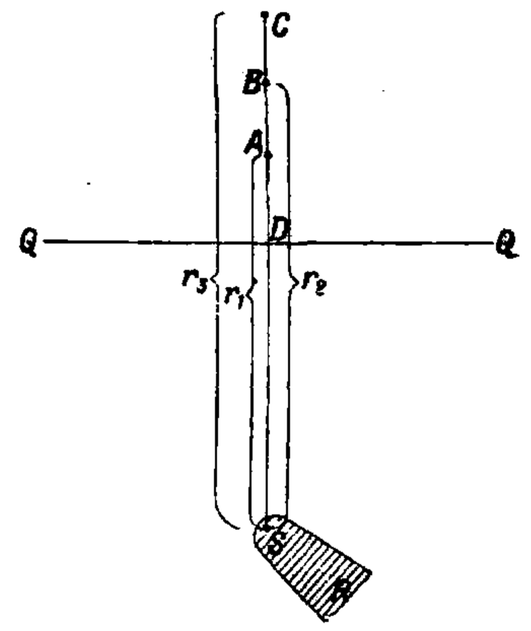
В тех случаях, когда искомый объект находится на значительной глубине или имеет значительные размеры по сравнению с его расстоянием от земной поверхности, определение этой глубины залегания указанным выше способом приводит к большим ошибкам и потому приходится пользоваться более сложными приемами расчетов. Эти последние требуют введения дополнительных гипотез относительно характера намагничивания искомого тела и его формы (последняя гипотеза м. б. сделана на основании геологич. соображений). Эти гипотезы дают возможность получить нек-рые математич. зависимости между элементами, характеризующими залежь (размер и положение относительно земной поверхности), и величиной создаваемого ею магнитного поля. Соотношения эти можно рассматривать как ур-ия относительно неизвестных элементов залежи, в к-рых величины, характеризующие магнитное поле, определяются непосредственно из измерений. После выполнения соответствующего ряда измерений, теоретически представляется возможным найти искомые неизвестные. Однако в виду большой сложности получаемых ур-ий приходится прибегать к б. или м. искусственным приемам и в частности к помощи механич. решения задачи при помощи специальных приборов, подобных планиметру, или путем предварительного изучения магнитного поля на модели. Существует также метод, предложенный Лазаревым для исследования глубоко лежащих залежей, состоящий в изучении изменения поля с высотой; между прочим этот метод был применен для определения глубины залегания руд в районе Курской М. а. Он состоит в следующем. Пусть имеются точки A, B, C (фиг. 5), расположенные на вертикальной линии, и пусть глубоко под поверхностью земли QQ лежит полюс S залежи; влиянием же полюса N залежи вследствие большой глубины (в данном примере) залегания можно пренебречь. Тогда, если эта залежь является цилиндрической, причем ось цилиндра R расположена параллельно поверхности земли, то полюсы действуют в точках A, B, C с силой, обратно пропорциональной расстояниям SA, SB, SC. Эти силы будут выражаться т. о.: в точке A сила $F_1 = \frac{a}{r_1}$, в точке B сила $F_2 = \frac{a}{r_2}$ и в точке C сила $F_3 = \frac{a}{r_3}$, где a—константа. Данные выражения можно преобразовать, обозначив расстояние SD через R, а расстояния AD, BD и CD соответственно через b_1, b_2, b_3; тогда

$$F_1 = \frac{a}{R+b_1},\quad F_2 = \frac{a}{R+b_2},\quad F_3 = \frac{a}{R+b_3},$$

и отсюда:

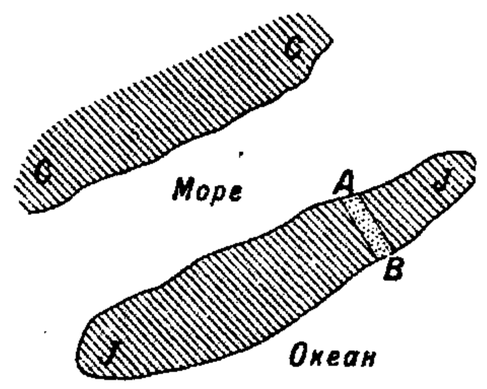
$$F_1R + F_1b_1 = a,\quad F_2R + F_2b_2 = a,\quad F_3R + F_3b_3 = a.$$

В приведенных ур-иях неизвестны R и a; двух ур-ий достаточно, чтобы определить a и R. Выгодно пользоваться однако бо́льшим числом ур-ий для проверки величины R. В отдельных частных случаях, как напр. при изучении Курской аномалии, возможно применение следующего способа. Изучается намагничивание стального долота, которое применяется для бурения в данном месте. Долото по мере углубления буровой скважины намагничивается под влиянием увеличения поля, создаваемого залежью, все больше и больше. Исследуя на разных глубинах намагничивание долота, можно определить поле в любой точке нахождения долота и отсюда определить расстояние этой точки от залежи и следовательно глубину залегания.

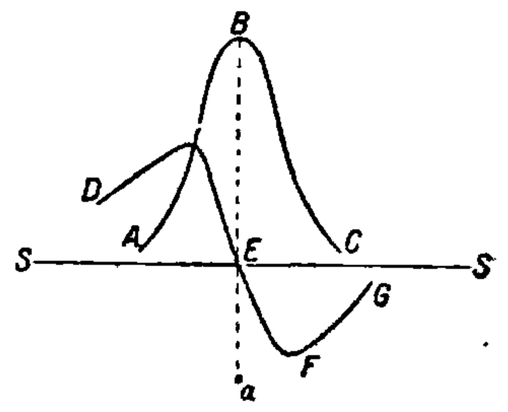


Фиг. 5.

Кроме М. а., вызванных присутствием магнитных масс, могут быть и М. а., вызванные присутствием электрич. токов. Такой ток можно себе представить, если вообразить, что мы имеем гранитный остров JJ (фиг. 6), находящийся поблизости от материка CC. Пусть в острове имеется трещина AB, заполненная рыхлыми породами, пропитанными водой; тогда менее концентрированная вода моря, заключенная между материком и островом, и более концентрированная вода океана создадут токи, которые обязаны явлению диффузии и идут вдоль щели. Эти токи являются причиной аномального магнитного поля. Как было показано Лазаревым, если имеется ток, проходящий внутри земли (фиг. 7) в направлении, параллельном ее поверхности SS (перпендикулярно чертежу в точке a), или если имеется ряд магнитных полюсов одного знака, расположенных вдоль той же самой линии на той же глубине, то характер изменения вертикальной и горизонтальной составляющих магнитной силы в направлении SS может быть представлен двумя линиями ABC и $DEFG$. Для залежи вертикальная составляющая Z представляется линией ABC, горизонтальной составляющей будет линия $DEFG$. Для электрич. тока, наоборот, линия ABC будет представлять собой горизонтальную составляющую, а линия $DEFG$ будет представлять вертикальную составляющую. Т. о. на основании сказанного, по характеру изменения вертикальной и горизонтальной составляющих можно решить вопрос,



Фиг. 6.



Фиг. 7.

является ли причина аномалии материальной или нематериальной (электрической). Аномалию нематериального характера можно подозревать в Японии в области Fossa Magna, где условия, описанные выше, осуществляются на одном из островов.

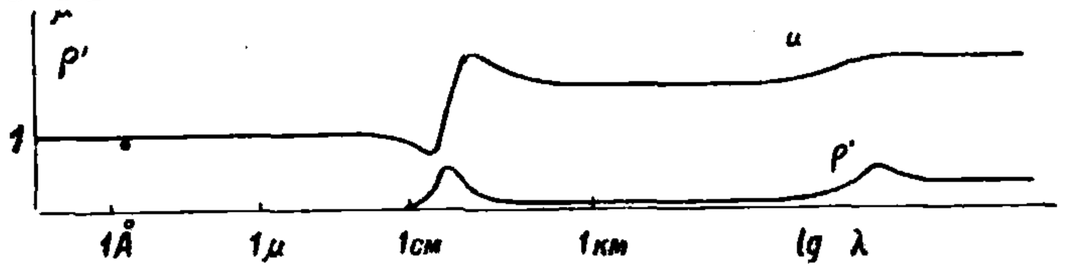
Лит.: Труды Магнитно-гравитационного отдела Особой комиссии по исследованию Курской магнитной аномалии, М., 1920—26; Ambronn R., Methoden d. angewandten Geophysik, Dresden—Lpz., 1926; Haalk H., Die magnetische Verfahren der angewandten Geophysik, B., 1927; Bartels J., Erdmagnetische Aufschlussverfahren, Lehrbuch der Geophysik, hrsg. von B. Gutenberg, B., 1926—28. **П. Лазарев.**

МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ, см. *Магнетизм.*

МАГНИТНАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ, см. *Магнетизм.*

МАГНИТНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ изучает магнитные спектры, т. е. пассивные (абсорбционные и дисперсионные) спектры ферромагнитных веществ. Установлено, что в ультрафиолетовых, световых и инфракрасных волнах до 25 микронов магнитная проницаемость $\mu = 1$. В области сантиметровых волн магнитные свойства претерпевают существен. кризис: уже в волнах длиной 10 *см* магнитная проницаемость железа приобретает значение в несколько десятков единиц, которое в слабых полях удерживается и в области более медленных колебаний, вплоть до постоянных полей. Так же ведет себя и никель. В метровых волнах и радиочастотах многими авторами найдены в железе и никеле резкие полосы магнитной дисперсии. В области малых частот (периоды порядка секунды) мягкое железо обнаруживает т. н. магнитную вязкость, или магнитное последействие, обусловливающее зависимость проницаемости от периода и в очень малых частотах (см. схему магнитн.спектра на фиг.).

При исследовании поведения различных ферромагнитных тел в магнитных перемен-



ных полях непосредственно влияет на процесс не одна проницаемость μ этих тел, а и их магнитная проводимость ϱ; последняя представляет собою особую величину, характеризующую отставание магнитной индукции от магнитного поля и связанную с этим потерю энергии. В случае обычного магнитного гистерезиса величина ϱ вычисляется по площади петли гистерезиса Q так:

$$\varrho = \frac{2Q}{T \cdot H_0^2},$$

где H_0—амплитуда магнитного поля периода T. Индукция от поля запаздывает на угол $\varphi = \text{arc tg } 2\varrho T/\mu$. Совместное влияние μ и ϱ на электромагнитный процесс, протекающий в ферромагнитн. металле, сказывается в том, что непосредственно получающаяся из опыта величина проницаемости имеет разное значение в зависимости от способа определения: это будет или кажущаяся проницаемость

$$\mu_k = \sqrt{\mu^2 + \varrho'^2} + \varrho',$$

где $\varrho' = 2\varrho T$, или кажущаяся проницаемость

$$\mu_n = \sqrt{\mu^2 + \varrho'^2} - \varrho'.$$

Если определяют проницаемость по увеличению магнитного потока при внесении железных проволок в магнитное поле, то по исключении действия токов Фуко получают μ_n; μ_k играет роль при вычислении сопротивления железных проволок переменному току, в то время как при вычислении их самоиндукции пользуются μ_n. То и другое относится к случаю сильно развитого скин-эффекта; в других случаях влияние ϱ на электромагнитный процесс учитывается иначе.

Введение магнитной проводимости ϱ предполагает применение максвелловых ур-ий в следующей симметричной форме (Аркадьев)

$$\text{rot } H = \frac{4\pi \cdot \sigma}{c} \cdot E + \frac{\varepsilon}{c} \cdot \frac{\partial E}{\partial t},$$

$$-\text{rot } E = \frac{4\pi \cdot \varrho}{c} \cdot H + \frac{\mu}{c} \cdot \frac{\partial H}{\partial t}.$$

Исходя из них, можно решить ряд задач, касающихся разных случаев протекания электромагнитных процессов в ферромагнитных металлах: вопросы образования токов Фуко в трансформаторной жести и в других телах, вопросы применения железных проводов для переменного тока и пр.

В области медленных полей мягкие магнитные материалы обнаруживают много общих свойств с диэлектриками, весьма медленно поддаваясь действию поля (магнитная вязкость, или магнитное последействие). Проницаемость здесь иногда уменьшается в сторону коротких волн; величина, характеризующая гистерезис (магнитная проводимость), может в этой области периодов (порядка минуты) иметь максимум. В этой области, как в области больших частот, мы имеем противоречивые данные: одни авторы обнаруживают в ферромагнетиках ряд аномалий и спектральных полос, подобных тем, к-рые мы имеем в диэлектриках; другие их не обнаруживают. В области сантиметровых герцовых волн магнитные свойства быстро падают и магнитная проницаемость принимает значения, близкие к единице, сохраняя это значение в области инфракрасных и еще более коротких волн вплоть до рентгеновых. Это значит, что магнитные свойства железа и других ферромагнетиков испытывают кризис в области сантиметровых волн.

Лит.: Хвольсон О. Д., Курс физики, том дополнительный, ч. 2, гл. 17, М.—Л., 1926; Введенский Б. А. и Ландсберг Г. С., Современное учение о магнетизме, гл. 11, М.—Л., 1929; Аркадьев В. К., Магнитная спектроскопия, «Труды ГЭЭИ», М., 1924, вып. 4; «Успехи физич. наук», М.—Л., 1928, т. 8, вып. 2, стр. 194; Сборник, посвященный десятилетию Моск. магнитной лаборатории, М., 1929; «Труды ГЭЭИ», М., 1926, вып. 15; Ermolaeff A., «Archiv für Elektrotechnik», B., 1929. **В. Аркадьев.**

МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, группа ферромагнитных материалов (Fe, Ni, Co и сплавы с ними), технически применяемых в электропромышленности (электромашиностроение, постоянные магниты, кабельное дело, техника слабых токов и др.).* Различают

* При характеристике материалов применены обозначения: μ—магнитная проницаемость, $\varkappa$—магнитная восприимчивость, μ_0—начальная магнитная проницаемость, μ_{max}—максимальная магнитная проницаемость; H_c—коэрцитивная сила, B_r и β'_r—остаточная индукция в замкнутой и разомкнутой магнитной цепи, $B_s = B - H$—внутренняя индукция при насыщении, Q_h—потеря на гистерезис, J—напряженность намагничения, ϱ—удельное электрическое сопротивление, aw—ампер-витки.

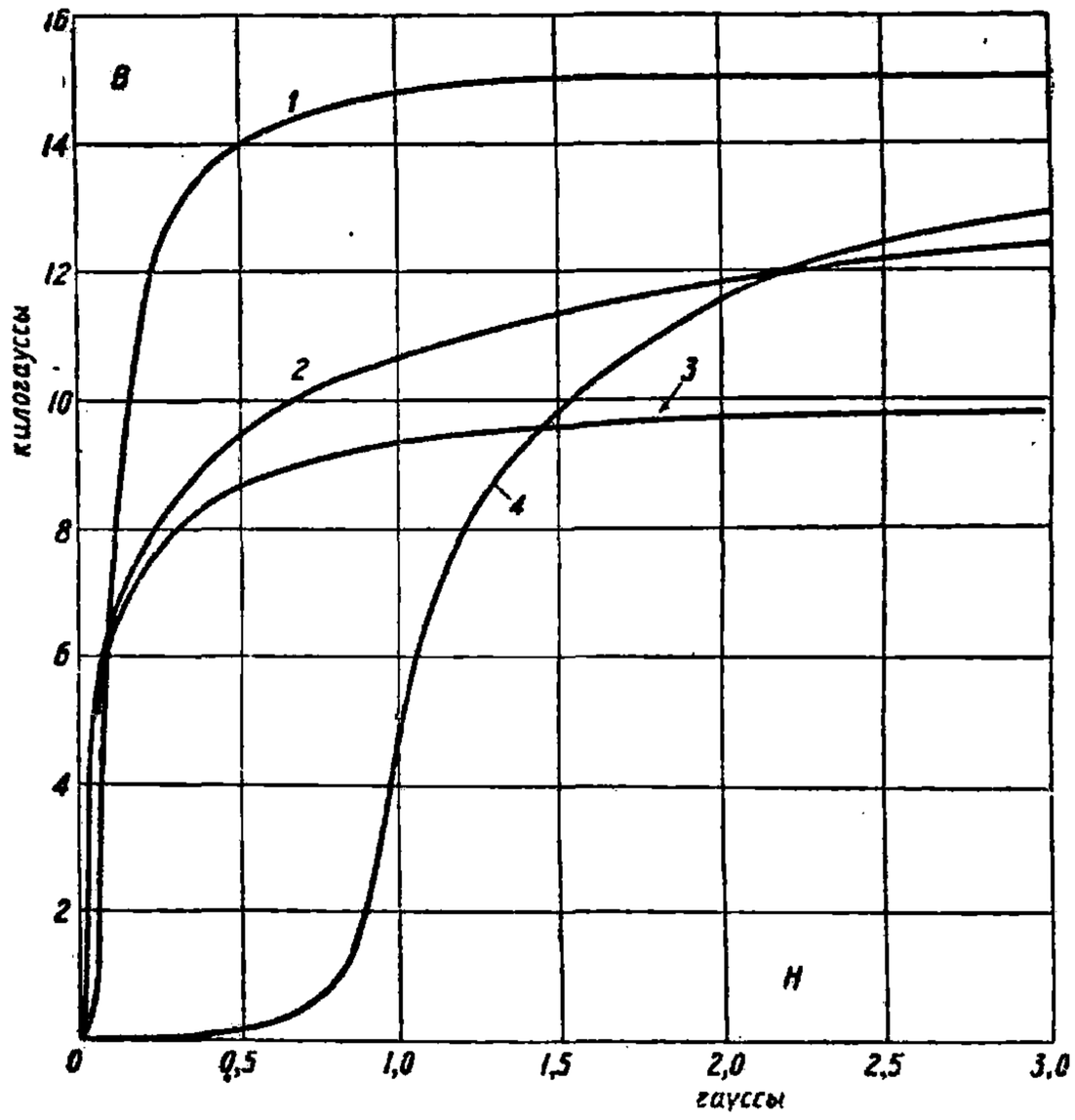
две резко отличающиеся группы материалов: парамагнитные и диамагнитные и как частный случай парамагнитных—ферромагнитные. Для диамагнитных $J<0$, для парамагнитных $J>0$, для ферромагнитных значение J очень велико. Соответственно для первых $\mu<1$, $\varkappa<0$, т. е. если диамагнитный материал помещен в магнитное поле, он намагничивается в направлении, обратном магнитному полю. Для пара- и ферромагнитных материалов $\mu>1$, $\varkappa>0$, причем для последних μ значительно больше единицы. Техническое применение имеют почти исключительно ферромагнитные материалы. В свою очередь ферромагнитные материалы можно разделить на магнитно-твердые, которые имеют относительно меньшую μ, но после намагничения устойчиво сохраняют магнетизм, и на магнитно-мягкие, к-рые намагничиваются более легко, но магнетизм их неустойчив и под влиянием внешних магнитных полей небольшой величины они легко перемагничиваются. К магнитно-мягким материалам относятся: Fe и сплавы с ним при небольшом содержании примесей, Ni, Co, а также никелевые и кобальтовые сплавы с Fe. Главными представителями магнитно-твердых материалов, имеющих практическое применение, являются магнитные стали в закаленном состоянии, идущие на приготовление постоянных магнитов.

Железо и сплавы с ним. Практически М. м. всегда представляют собой сплавы железа с тем или иным количеством неизбежных примесей. Наиболее чистым железом являются электролитическое и особенно плавленое и отожженное в вакууме. Иенсену за последнее время (1928 год) удалось получить исключительно чистое электролитическ. Fe, плавленое и отожженное в вакууме, содержащее лишь несколько тысячных долей процента углерода и следы S, P, Si, Mn и O, обладающее очень высокими магнитными свойствами [1]. Магнитные характеристики этого железа приведены в табл. 1, а также на фиг. 1 и 2 (где кривая *1*—электролитич. Fe, отожженное в вакууме, *2*—гиперник, *3*—пермаллой, *4*—железо Armco). Из промышленных сортов Fe наилучшими магнитными свойствами обладает американское Armco Iron, изготовляемое в мартеновских печах. Количество примесей в нем около 0,16%. Характеристики см. табл. 2, а также фиг. 1—3 (на фиг. 3 кривая *1*—железо Armco, *2*—78,5%-ный пермаллой, закаленный на воздухе, *3*—то же, отожженный).

Табл. 2.—Содержание примесей в различных сплавах железа в %.

Сплавы железа	C	Si	Mn	P	S
Железо Armco . . .	0,011	Сл.	0,017	0,008	0,032
Шведское железо древесноугольное, неотожженное	0,027	0,006	0,030	0,099	0,002
Мягкая сталь, медл. охлажд. от 930° (литая, или динамная)	0,230	0,040	0,180	0,030	—
Чугун серый неотожженный	3,110	3,270	0,560	1,150	0,061
Ковкий чугун: Америк. черный.	2,320 (графит)	1,160	0,300	0,090	0,050
Америк. частично отбеленный . . .	2,23 (графит) 0,18 (связ.)	1,200	0,280	0,060	0,069
Европейский . .	1,16 (графит) 1,10 (связ.)	0,560	0,240	0,090	0,176

Влияние примесей. Углерод уменьшает μ и B_s, увеличивает H_c и Q_h и является наиболее вредной примесью для магнитно-мягких материалов. Подобное же влияние оказывает и кислород. Для магнитно-твердых материалов известное количество C необходимо, так как он придает магнитную устойчивость материалу. Марганец, в небольших количествах (ок. 0,5%), добавляемый к металлу как раскислитель, оказы-

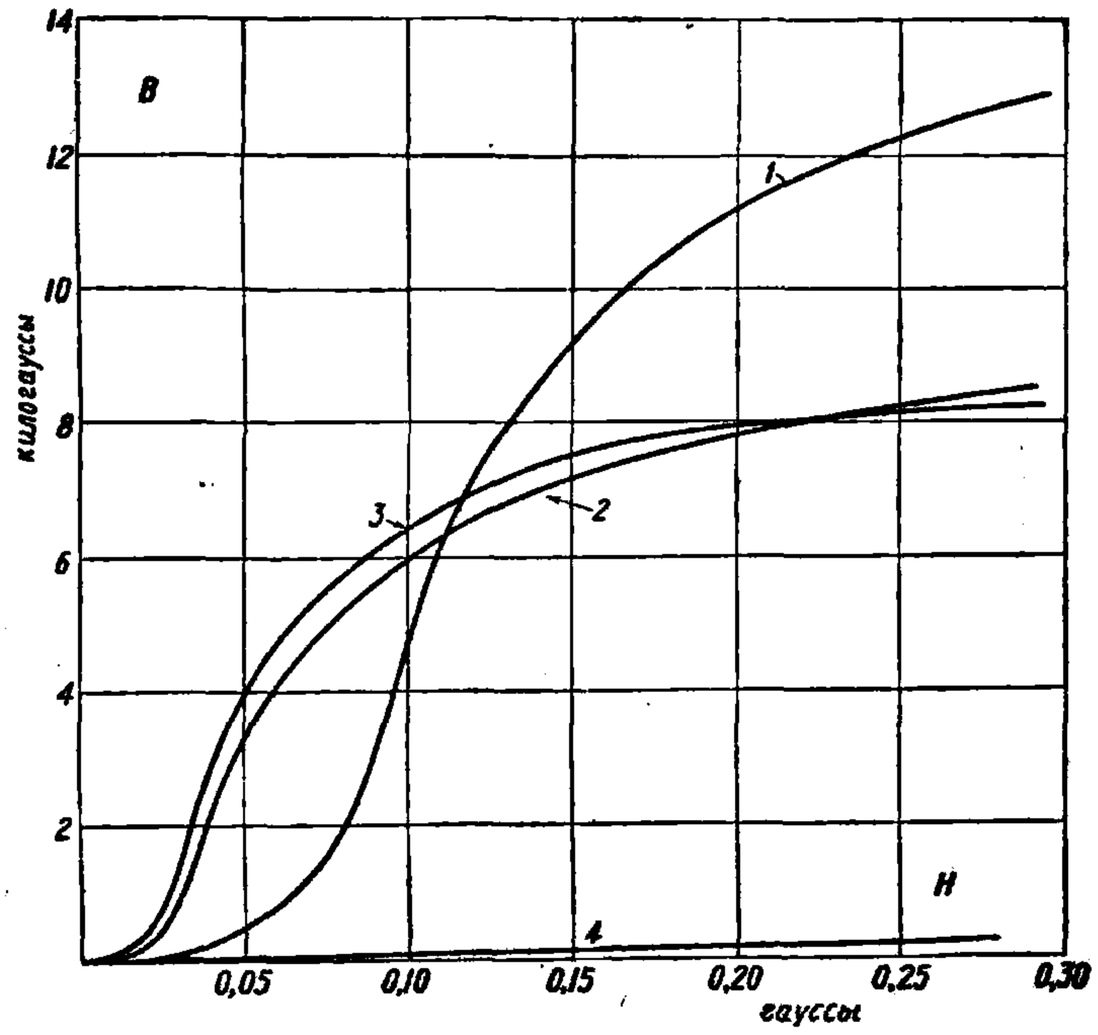


Фиг. 1.

Табл. 1.—Магнитные характеристики различных сортов железа.

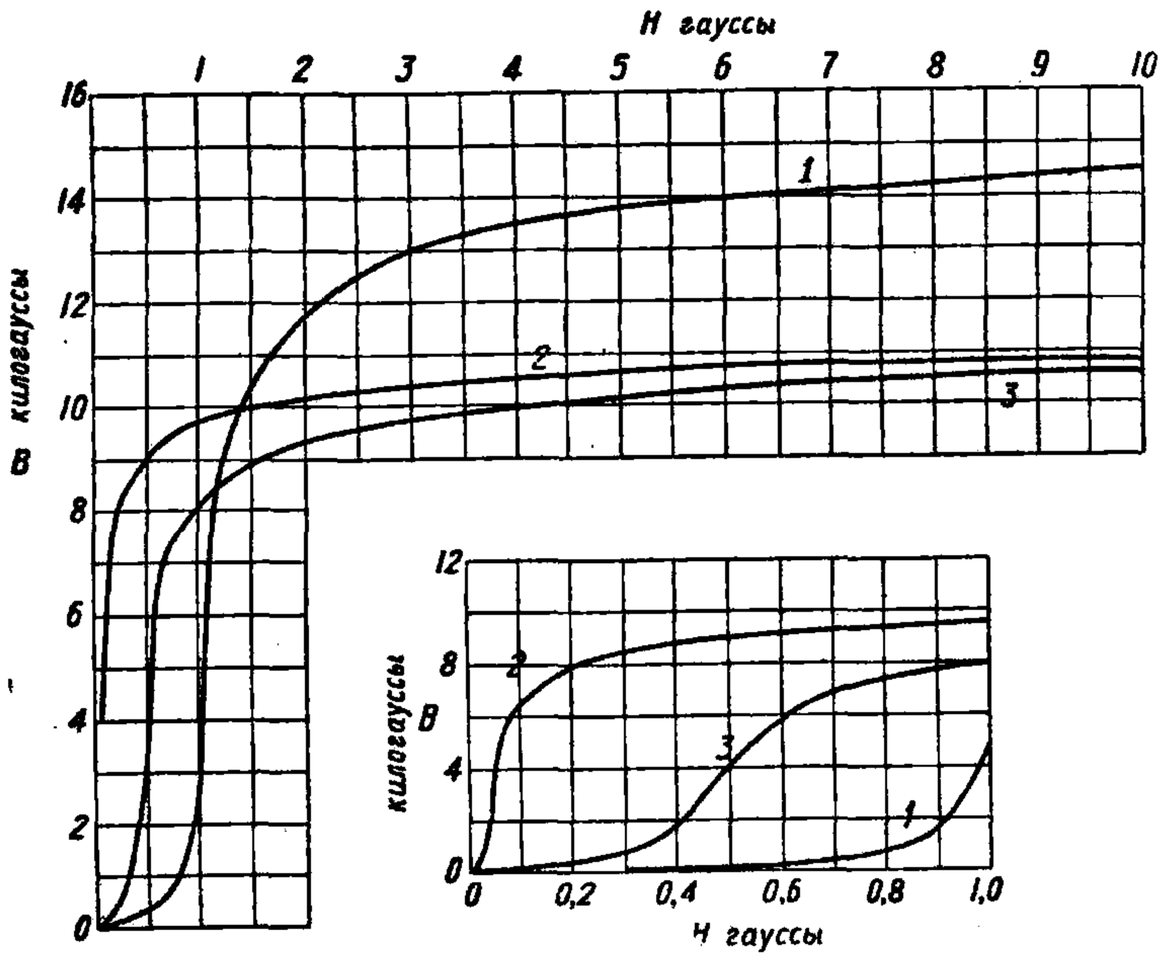
Сплавы железа	μ	μ_0	H при μ_{max}	B_z	H_c	Q_h	B_s
			в гауссах			эрг/см³	в гаус.
Электролитическое, отожженное в вакууме [1] . . .	1 150	61 000	0,14	—	0,09	300	—
Железо Armco [1]	250	7 000	1,3	—	0,72	2 100	21 600
Шведское железо, древесноугольное, отожженное [8]	—	6 400	1,0	9 850	0,76	4 500	21 180
То же, неотожженное [8]	—	5 400	1,6	11 400	1,06	5 800	21 200
Мягкая сталь, медленно охлажденная от 930° [8] . .	170	2 180	2,5	10 600	2,40	—	20 900
Трансформаторная листовая сталь [8]	450	7 500	0,8	7 830	0,47	2 500	19 000
Серый чугун неотожженный [8]	70	240	21,0	5 400	11,4	—	16 420
Серый чугун отожженный [8]	180	620	4,8	5 300	4,6	—	16 750

вает благоприятное действие, освобождая железо от растворов окисей железа, вредных для магнитно-мягких материалов. Как немагнитное вещество, он в то же время понижает μ и B_s, увеличивает H_c и Q_h. Для некоторых сортов магнитно-твердых материалов умышленно добавляют до 4—5% Mn,



Фиг. 2.

способствующего образованию *мартенсита* (см.). Сплав с содержанием ок. 12% Mn почти немагнитен при комнатной $t°$. P и S в отношении магнитных, а также и механич. свойств оказывают вредное влияние даже в небольших количествах. Si в малых количествах заметного влияния на магнитные свойства не оказывает. Сплавы с 1,0—4,5% Si широко применяются для изготовления листовой электротехнич. стали (см. ниже). Si увеличивает μ при небольших индукциях



Фиг. 3.

(до 11 000 гауссов) и уменьшает при более высоких. Насыщение также падает с увеличением Si, ϱ увеличивается. Сплавы с содержанием Si больше 4,5% практич. применения не находят. Влияние Al на магнитные свойства подобно Si: H_c, Q_h и B_s уменьшаются, ϱ увеличивается. W, Cr, Mo и Co добавляют при изготовлении стали для постоянных магнитов. Co и Ni в больших количествах в сплавах с железом обусловливают исключительно ценные магнитные свойства (см. *Никель* и *Кобальт*); в малых количествах примеси их не оказывают благоприятного влияния.

Углеродистые сплавы железа. Практически находят наибольшее применение нижеследующие сорта.

1) Литая, или динамная, сталь для ярм электрическ. машин. Более мягкие сорта содержат до 0,15% C, более твердые— до 0,25% C, остальных примесей не больше 1%. В табл. 3 даны их характеристики по немецким нормам [2]. Удлинение относится к образцам длиной $l = 5{,}65\sqrt{S}$ в *мм*, где S— сечение образца в *мм*^{2}.

Табл. 3.—Характеристики литой (динамной) стали.

Механич. свойства		Магн. индукция при.		
Вр. сопр. на раст., *кг/мм*^{2}	Удлин. в %	25 aw/*см*	50 aw/*см*	100 aw/*см*
38 45	20 16	} 14 500	} 16 000	} 17 500

2) Кованые стали с разным содержанием C применяются гл. обр. в динамостроении. Кованая сталь более однородна и обладает лучшими магнитными свойствами по сравнению с литой. В табл. 4 приведены характеристики типичных кованых сталей в отожженном состоянии. Удлинение и ударная работа даны для образцов, вырезанных в продольном направлении.

Табл. 4.—Характеристики кованых сталей.

Хим. сост., механич. свойства и магнитная индукция	Образцы стали		
	1	2	3
Химич. состав			
C	0,12	0,25	0,35
Mn	До 0,6	До 0,6	До 0,6
Si	0,2—0,35	0,2—0,35	0,2—0,35
Механич. свойства			
Предел текуч., *кг/мм*^{2}	18—20	22—25	28—30
Врем. сопр. на растяж., *кг/мм*^{2}	34—42	40—50	50—60
Удлинение, %	24	24	22
Ударн. работа, *кгм/см*^{2}	10	8	6
Магнит. индукция при:			
25 aw/*см*	15 000	15 000	14 500
50 »	16 500	16 500	16 000
100 »	18 000	18 000	17 500

3) Легированные конструкционные стали применяются в тех случаях, когда от изделия требуется большая механич. прочность и хорошие магнитные свойства. В табл. 5 даны характеристики легированных сталей [2]. Механич. свойства относятся к продольным образцам, удлинение — к образцам длиной $l = 5{,}65\sqrt{S}$ в *мм*, где S—сечение образца в *мм*^{2}.

Чугун как М. м. не представляет большой ценности вследствие сравнительно низких магнитных свойств. Достоинство его— низкая стоимость и легкость отливки сложных форм. Магнитные свойства в сильной степени зависят от хим. состава и обработки. Практически находит применение лишь

Табл. 5.—Характеристики легированных конструкционных сталей.

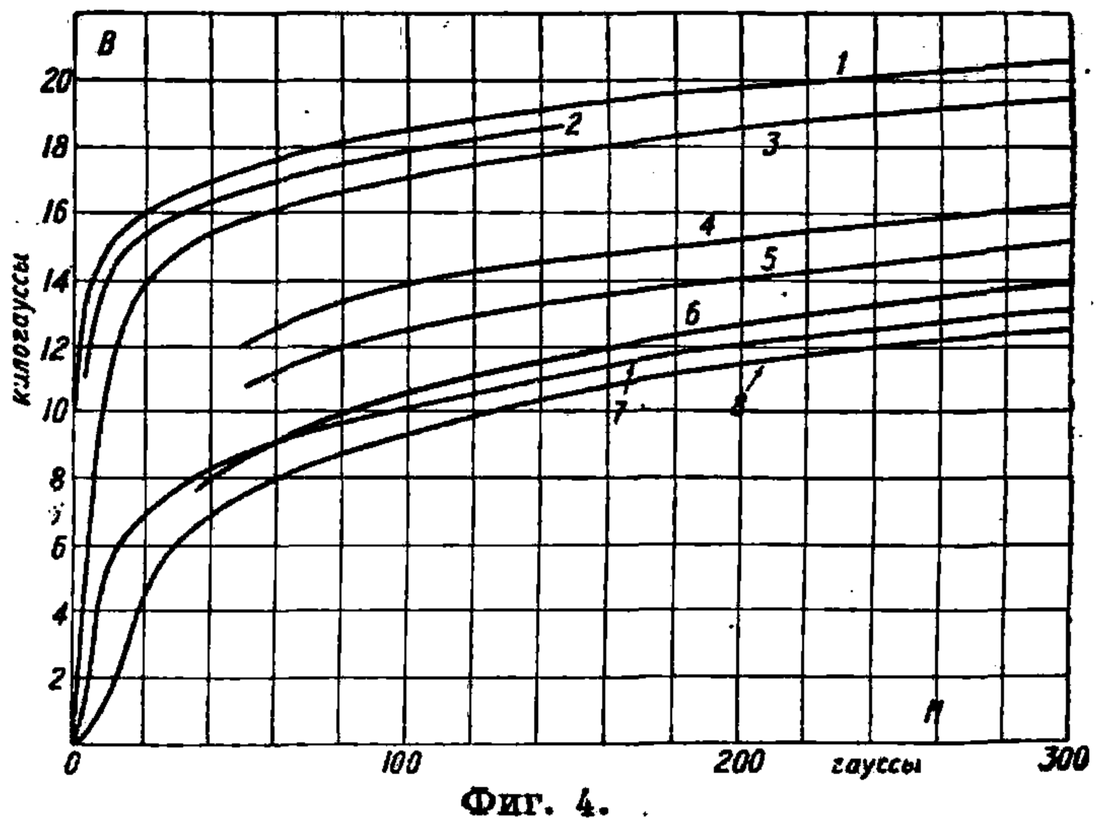
Хим. сост., мех. свойства и магн. индукция	Образцы стали				
	1	2	3	4	5
Химический состав					
C	0,3—0,4	0,3—0,4	0,25—0,35	0,3—0,35	0,3—0,35
Ni	1—1,5	2—3	3,5—4,5	2	3
Cr	До 0,3	До 0,5	До 0,5	До 1,0	До 1,0
Mn	До 0,6	До 0,6	До 0,6	До 0,5	До 0,5
Si	0,2—0,35	0,2—0,35	0,2—0,35	0,2—0,35	0,2—0,35
Механические свойства					
Предел текучести, *кг/мм²*	35—40	35—45	40—50	45—50	50—55
Врем. сопр. на растяж., *кг/мм²*	60—70	60—70	60—75	60—75	65—75
Удлинение, %	22—20	22—20	22—18	22—20	20—18
Ударная работа, *кгм/см²*	8—16	~10	8—12	>10	>10
Магнитная индукция при:					
25 aw/*см*	14 000	14 000	14 000	14 000	14 000
50 »	16 000	16 000	16 000	16 000	16 000
100 »	17 000	17 000	17 000	17 000	17 000

серый чугун. Химич. состав и магнитные характеристики даны в табл. 1 и 2 и на фиг. 4, где кривая *1*—электролитич. Fe, отожженное в вакууме; *2*—железо Armco; *3*—мягкая сталь; *4*—ковкий чугун американский черный; *5*—то же, частично отбеленный; *6*—ковкий чугун европейский; *7*—обычный серый чугун отожженный; *8*—то же неотожженный. Ковкий чугун разделяется на европейский и американский. Последний разделяется на два сорта: черный и частично отбеленный. Европейский чугун мало отличается от обычного серого чугуна. Наилучшими магнитными свойствами обладает черный американский. Магнитные свойства зависят от толщины стенок изделия — чем тоньше стенки, тем лучше свойства. Хим. сост. его дан в табл. 2; магнитные характеристики приведены в табл. 6 и на фиг. 4 [3].

Табл. 6.—Магнитные характеристики ковких чугунов.

Наименование	B_r	H_c
	в гауссах	
Американский черный	6 500	1,30
» частично отбелен.	6 250	1,87
Европейский, 1 раз отожженный	6 100	8,50

Никелевые сплавы. Сплавы с большим содержанием никеля, выше 30%, получили название пермаллоев (Permalloy) и как разновидности—муметалл, гипернник (Mumetal, Hypernik). Сплавы эти характеризуются высокой магнитной проницаемостью в области слабых магнитных полей и малыми потерями на гистерезис. Сплавы приготовляют в печах высокой частоты, применяя электролитические Ni и Fe. Наиболее ответственной операцией является термич. обработка, которую следует проводить с изделиями в готовом виде, т. к. всякая механич. обработка сильно ухудшает магнитные свойства. По данным Эльмена [4] наилучшие магнитные свойства обнаруживаются после двойной термической обработки: нагрев в электрич. печи при $t°$ 900—1 000° в течение 1 часа; охлаждение вместе с печью до комнатной $t°$ со скоростью ок. 1,5° в минуту в интервале 700—400°; затем вторичное нагревание при 600° в течение 15 мин., после чего охлаждение со скоростью 20° в ск. на медной плите. Скорость охлаждения имеет большое влияние на величины μ_0 и μ_{max}. Наибольшая μ_0 получается при охлаждении ок. 20° в ск., наибольшая μ_{max}— при охлаждении 80° в ск. Наиболее высокие магнитные свойства имеет сплав с 78,5% Ni. Примерный хим. состав пермаллоя приведен в табл. 7.



Фиг. 4.

Табл. 7.—Примерный химический состав пермаллоя (в %).

Ni	Fe	C	Si	S	Mn	Co	Cu	P
78,23	21,35	0,04	0,03	0,035	0,22	0,37	0,1	Следы

= Появившийся за последнее время в Англии (International Standard Electric Corporation) сплав под названием пермаллой «С» (хим. состав не указан) в отношении магнитных характеристик подобен сплаву с 78% Ni. Магнитное насыщение его несколько меньше. Термическая обработка значительно проще—нормальный процесс обжига. Сплав с 50% Ni также не требует сложной термич. обработки. Наилучшие результаты получаются при нагревании в атмосфере водорода при 1 000—1 200°. Электрич. сопротивление выше, чем у сплавов с более высоким содержанием Ni. В Америке этому сплаву присвоено название Hypernik [1].

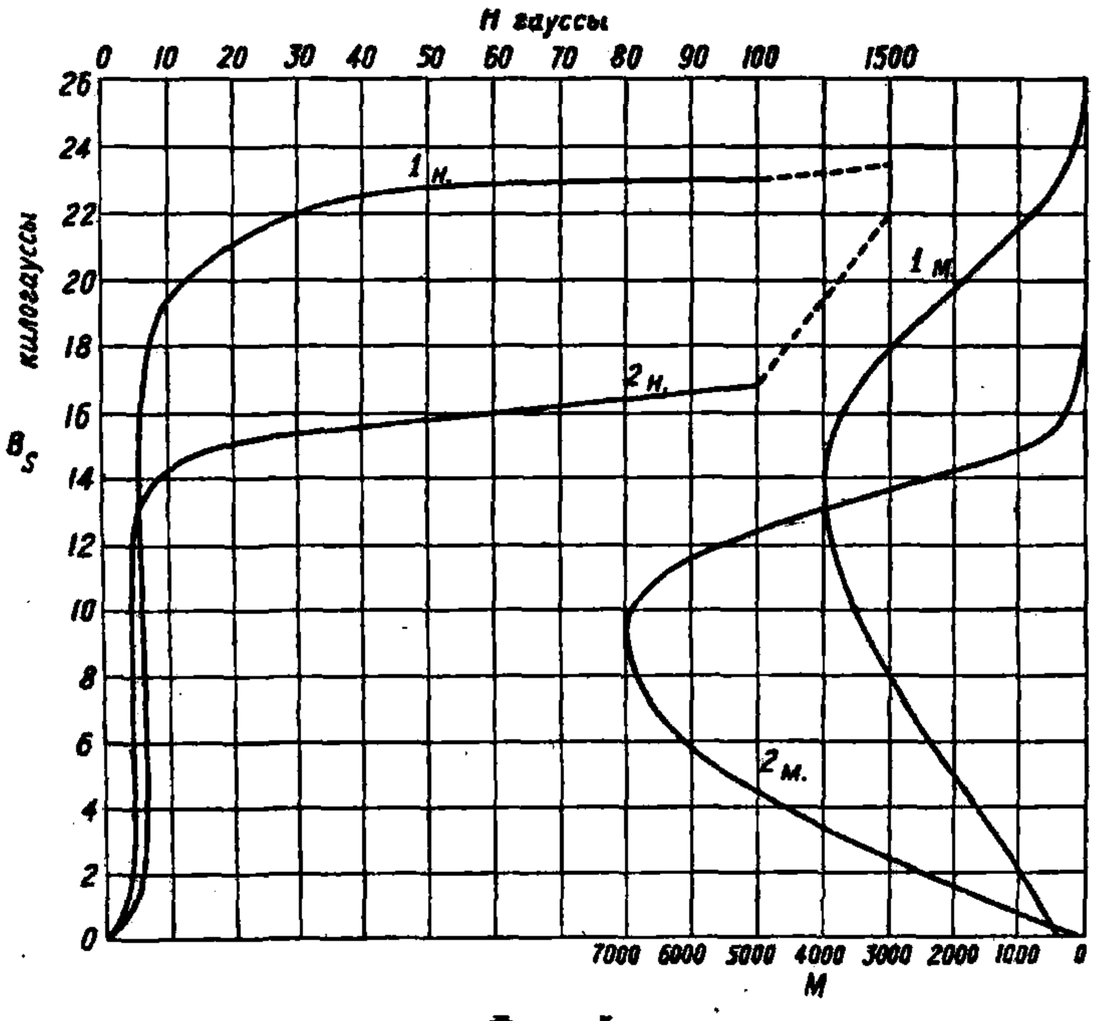
Английский сплав муметалл, хим. состава: 74% Ni, 20% Fe, 1% Mn, 5% Co, характеризуется высокой μ в слабых магнитных полях, малыми потерями на гистерезис и

относительно большим электрич. сопротивлением. Муметалл изготовляется фирмой The Telegraph Construction & Maintenance Co., London. Той же фирмой изготовляется сплав рометалл, обладающий исключительно высоким ϱ. Проницаемость его меньше, чем муметалла. Добавление некоторых немагнитных элементов к никелевым сплавам, особенно Cr и Mo, повышает μ в слабых полях, но уменьшает B_s и μ_{max}. Примером может служить сплав мо-пермаллой, содержащий 3,5% Mo и 78,5% Ni. Для этого сплава μ_0 достигает 21 000, для пермаллоя же с 78,5% Ni $\mu_0 = 9\,000$. Магнитные характеристики никелевых сплавов приведены в табл. 8 и на фиг. 1—3. Никелевые сплавы в большинстве случаев изготовляют в виде лент и полос небольшой толщины. Применяются эти материалы гл. обр. в технике слабых токов. В подводных кабелях, для увеличения самоиндукции и компенсирования емкости линии, кабели обматывают лентой из пермаллоя. Для сердечников чувствительных реле, работающих при малых силах тока, для сердечников телефонных трансформаторов, для первоклассных измерительных трансформаторов применяют вышеописанные никелевые сплавы. Для сердечников индукционных катушек в телефонных линиях применяют порошкообразный пермаллой, спрессованный с изолирующей массой [6]. Преимущества этих сплавов по сравнению с железом непосредственно вытекают из их магнитн. характеристик.

Табл. 8.—Характеристики сплавов Fe с Ni.

Магнитные характеристики	Пермаллой, 78,5% Ni	Пермаллой «С»	Муметалл	Гиперник, 50% Ni	Рометалл
μ_0	9 000	6 000	7 500	3 000	1 100
μ_{max}	87 000	100000	61 000	70 000	4 700
H при μ_{max}, гауссы	0,058	0,035	0,055	0 07	0,60
B_s, гауссы	12 000	9 000	12 000	15 500	—
B_r, гауссы	4 500	4 500	—	7 300	—
H_c, гауссы	0,05	0,035	—	0,05	—
Q_{h5}	73	50	64	200*	—
ϱ в Ω-см	20	55	45	46	94

* При 10 килогауссах.



Фиг. 5.

Кобальтовые сплавы. Наиболее интересны сплавы с 50% Co и 50% Fe. Проницаемость при индукциях ниже 1 000 и выше 13 000 гауссов больше, чем у лучшего промышленного железа Armco [4]. На фиг. 5 даны основные кривые намагничения ($1_н$. и $2_н$.) и кривые магнитной проницаемости ($1_м$. и $2_м$.) для кобальтового сплава и для железа Armco (кривая *1*—сплав 50% Fe, 50% Co; кривая *2*—железо Armco). Сплавы с содержанием Co от 10 до 35% в закаленном состоянии применяются для изготовления постоянных магнитов.

Сплавы Ni-Co-Fe. Этим сплавам присвоено название перминваров (Perminvar) [7]. Их отличительное свойство—постоянство μ в слабых полях и исключительно малые потери на гистерезис при малых индукциях. Примерный хим. сост.: 45% Ni, 25% Co, 30% Fe, < 0,03% C, ~0,1% Si; S и P—следы. Плавка и термич. обработка такие же, как и для никелевых сплавов. Кроме двойной термич. обработки (см. выше) применяют еще третью—нагревание в течение 24 ч. при 425°. Гистерезисный цикл такого сплава резко отличается от нормального, B_r имеет незначительную величину. В табл. 9 даны потери на гистерезис для разных B_{max} и различной термич. обработки.

Табл. 9.—Значения Q_h и B_{max} для сплава Ni-Co-Fe.

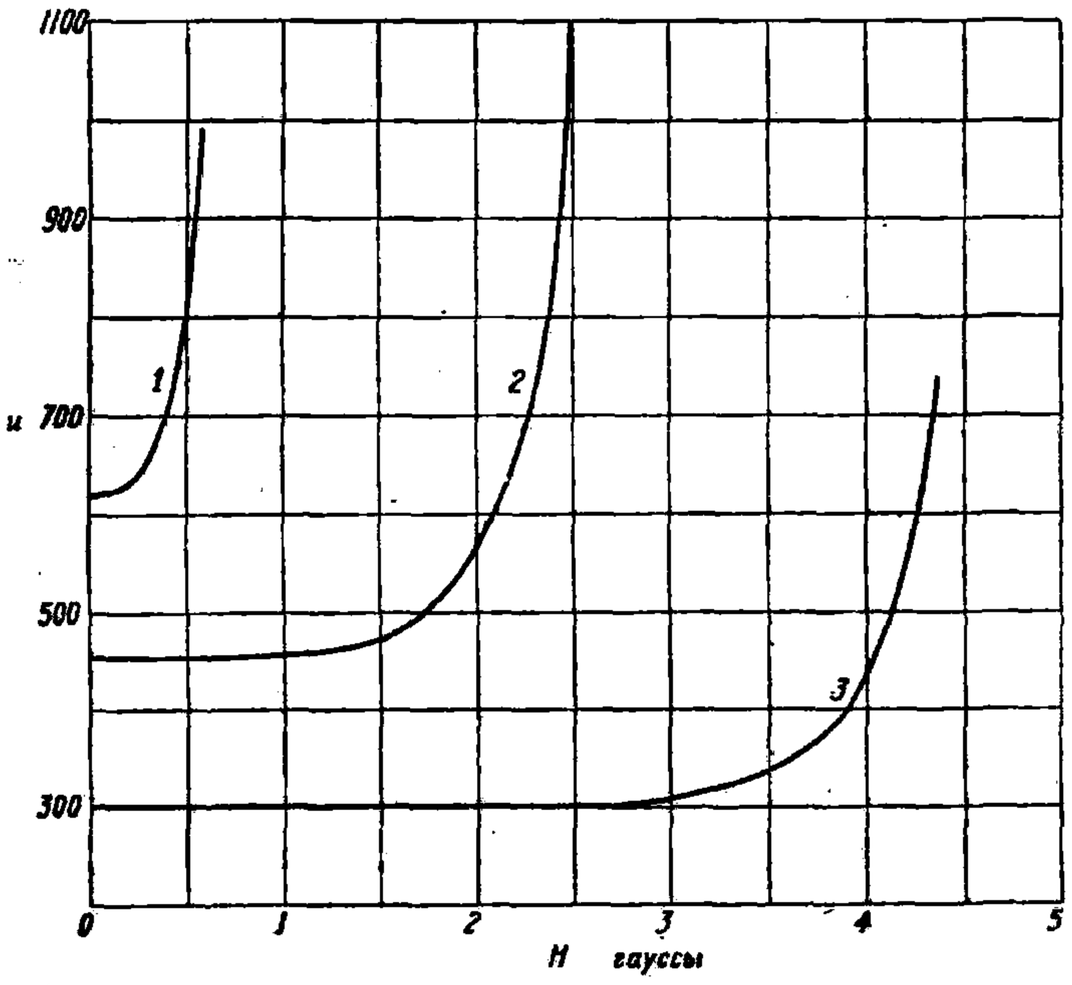
Термическая обработка	B_{max}, гауссы	Q_h, эрг/см³ на 1 ц/ск.
Отожженный	570	0
	974	15,65
	5 050	1 185
Отожжен. и закален. на воздухе	568	18,7
	993	57
	5 010	850
Нагретый при 425° в течение 24 ч.	600	0
	1 003	15,27
	4 950	1 736

На фиг. 6 дана кривая $\mu \div f(H)$ для перминвара (кривая *1*—перминвар, закаленный на воздухе; *2*—отожженный; *3*—при продолжительном нагревании при 425°).

Сплавы Ni-Cu-Fe в известных пропорциях имеют низкую температуру магнитного превращения (становятся немагнитными). Примерный хим. сост.: 66,5% Ni, 30% Cu, 2,2% Fe, прочих примесей 1,3%. Изменяя содержание Cu в пределах 30—40%, можно получить сплавы с разными $t°$ магнитного превращения от +95° до +20°. Между μ и темп-рой в пределах +15° ÷ +70° существует прямолинейн. зависимость. Эти сплавы носят название термаллой (Thermalloy) или калмаллой (Calmalloy) и применяются для специальных шунтов для постоянных магнитов с целью компенсации температурных влияний на магнитные свойства магнитов.

Сплавы Гейслера представляют интерес в том отношении, что соединения немагнитных элементов Cu, Mn и Al образуют сплавы с достаточно заметными магнитными свойствами. Из вышеуказанных трех эле-

ментов Al м. б. заменен другим, даже диамагнитным Bi, и сплав не теряет ферромагнитных свойств. Темп-ра магнитного превращения, когда материал становится немагнитным, лежит в пределах между 350° и



Фиг. 6.

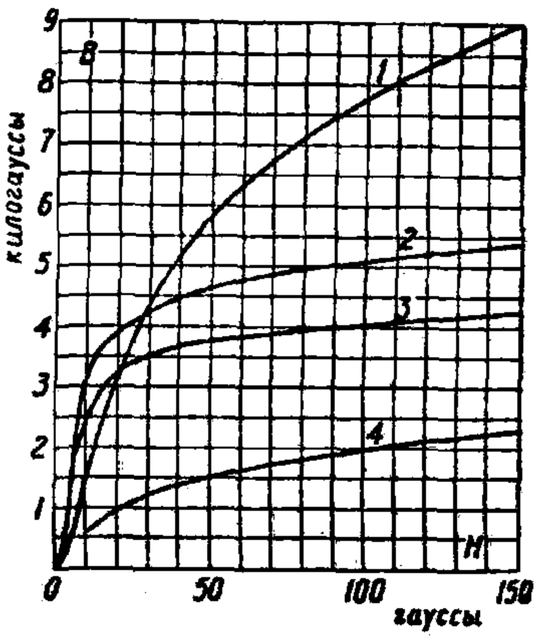
комнатной $t°$. На фиг. 7 даны основные кривые намагничения для двух сплавов Гейслера: кривая *3*—для нековкого сплава с хим. сост.: 61,5% Cu, 23,5% Mn, 15% Al, 0,1% Pb; кривая *4*—для ковкого сплава с хим. сост.: 75,6% Cu, 14,25% Mn, 10,15% Al [8]. На той же фиг. 7 для сравнения приведены кривая намагничения для сплава Co (кривая *1*) хим. сост.: 96% Co, 0,8% Ni, 0,9% Fe, 1,4% C, 0,25% Mn, 0,4% Si и кривая для сплава Ni (кривая *2*).

Листовая электротехническая сталь [13, 14, 15, 16, 17] широко применяется для всевозможных электромагнитных механизмов и гл. обр. в тех частях, к-рые служат для проведения переменного магнитного потока. Примерный хим. сост. в % для четырех наиболее распространенных сортов приведен в табл. 10.

Табл. 10.—Химический состав листовой электротехнической стали.

Сорт стали	C	Mn	P	S	Si
Обыкн. динамная .	0,085	0,35	0,035	0,030	0,3—0,5
Специальная I . .	0,080	0,28	0,035	0,030	1,1—1,2
Специальная II . .	0,065	0,20	0,025	0,020	2,0—2,5
Трансформаторная	0,060	0,12	0,015	0,008	4,0—4,5

Посторонние примеси, исключая Si, ухудшают магнитные свойства стали. Одной из ответственных производственных операций является термич. обработка. Материал, прокатанный в листы, обладает низкой магнитной проницаемостью и высокими потерями на гистерезис. Термич. обработка устраняет внутренние напряжения в материале, уменьшает содержание углерода и газов и улучшает магнитные свойства стали. Процесс этот заключается в продолжительном нагревании листов при $t° = \sim 800°$ (зависит от сорта стали) и медленном охлаждении. При отжиге листы д. б. предохранены от окисления. Благоприятное действие на улучшение магнитных свойств оказывает отжиг в атмосфере водорода [9, 10]. Механическая обработка (прокатка, нарезание листов, штамповка) уменьшает μ и увеличивает Q_h. Листы следует резать и штамповать острым инструментом. Влияние штамповки наиболее заметно сказывается при малых индукциях (до 10 килогауссов), и чем уже штампованная часть, тем сильнее это влияние. Путем отжига после штамповки при $t°$ 700—800° можно целиком восстановить магнитные свойства материала [11]. Магнитные свойства листов, намагничиваемых вдоль направления прокатки, выше, чем в поперечном направлении [12]. Для характеристики жесткости и способности к штамповке материал испытывают на изгиб. По стандарту ОСТ 377 полосы шириной 3 *см*, вырезанные вдоль листа, испытывают путем изгибания между губками тисков с закруглением радиуса 5 *мм*. Динамная и специальная стали толщиной 0,5 *мм* должны выдерживать, до наступления первой трещины, не меньше 10 перегибов, трансформаторная толщиной 0,5 и 0,35 *мм*—не меньше 2 перегибов. За один перегиб считается изгибание на 180°. Листовая электротехнич. сталь изготовляется в виде листов размерами 2 × 1 *м* и 1,5 × 0,75 *м* (по стандарту ОСТ 377). Нормальная толщина листов 0,5 и 0,35 *мм*. Обыкновенная динамная сталь изготовляется также толщиной 0,75; 1,0; 1,5 и 2,0 *мм*. Для электромагнитн. механизмов, работающих при высоких частотах, применяют листовую сталь толщиной 0,07; 0,05 и 0,015 *мм*. Магнитные свойства электротехнич. стали обусловливаются гл. обр. химич. составом и термическ. обработкой. Магнитная проницаемость при одинаковом количестве примесей и надлежащей термич. обработке зависит от содержания Si. С увеличением содержания Si проницаемость при небольших индукциях (до 11 000 гауссов) увеличивается, при бóльших индукциях уменьшается. На фиг. 8 даны основные кривые намагничения для четырех наиболее ходовых сортов стали: кривая *1*—для обыкновенной динамной; *2*—для специальной I; *3*—для специальной II; *4*—для трансформаторной. Начальная проницаемость увеличивается с увеличением Si и для разных сортов стали колеблется в пределах 150—500. Насыщение с увеличением Si уменьшается. В табл. 11 даны величины насыщения для четырех сортов стали.

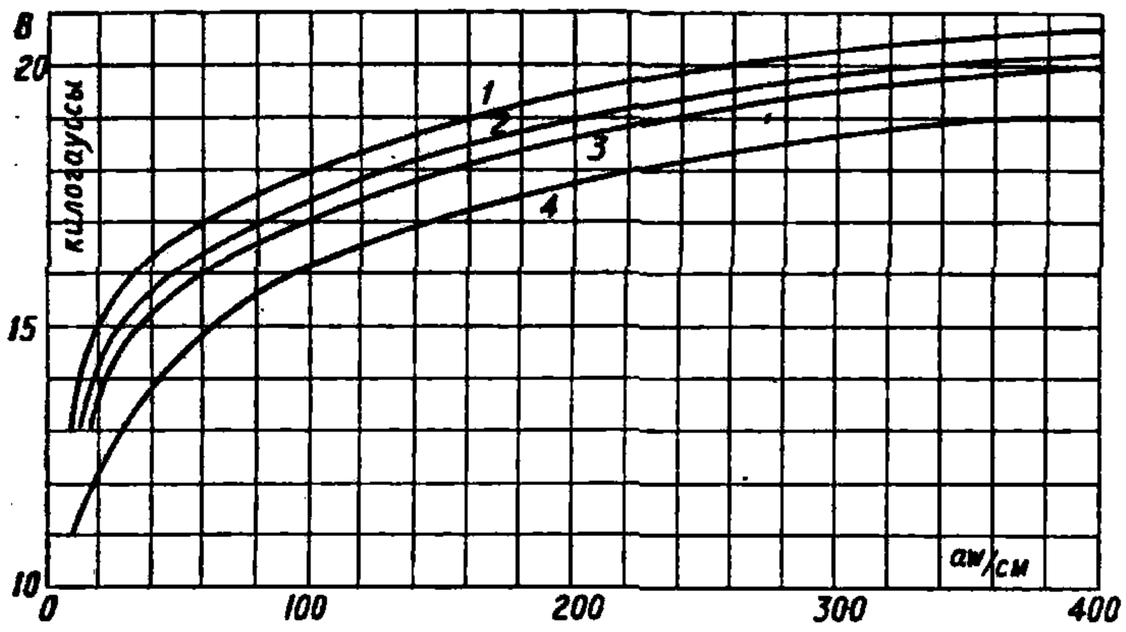


Фиг. 7.

Табл. 11.—Величины насыщения для четырех сортов стали.

Сорт стали	B_s, гауссы
Обыкновенная динамная . . .	20 700
Специальная I	20 300
Специальная II	20 000
Трансформаторная	18 900

Потери на гистерезис для данного сорта стали зависят от максимальной индукции и частоты перемагничивания. Потери, отнесенные к одному периоду, не зависят от частоты (примерно до 500 пер/ск.). Изменение потерь в зависимости от индукции сле-

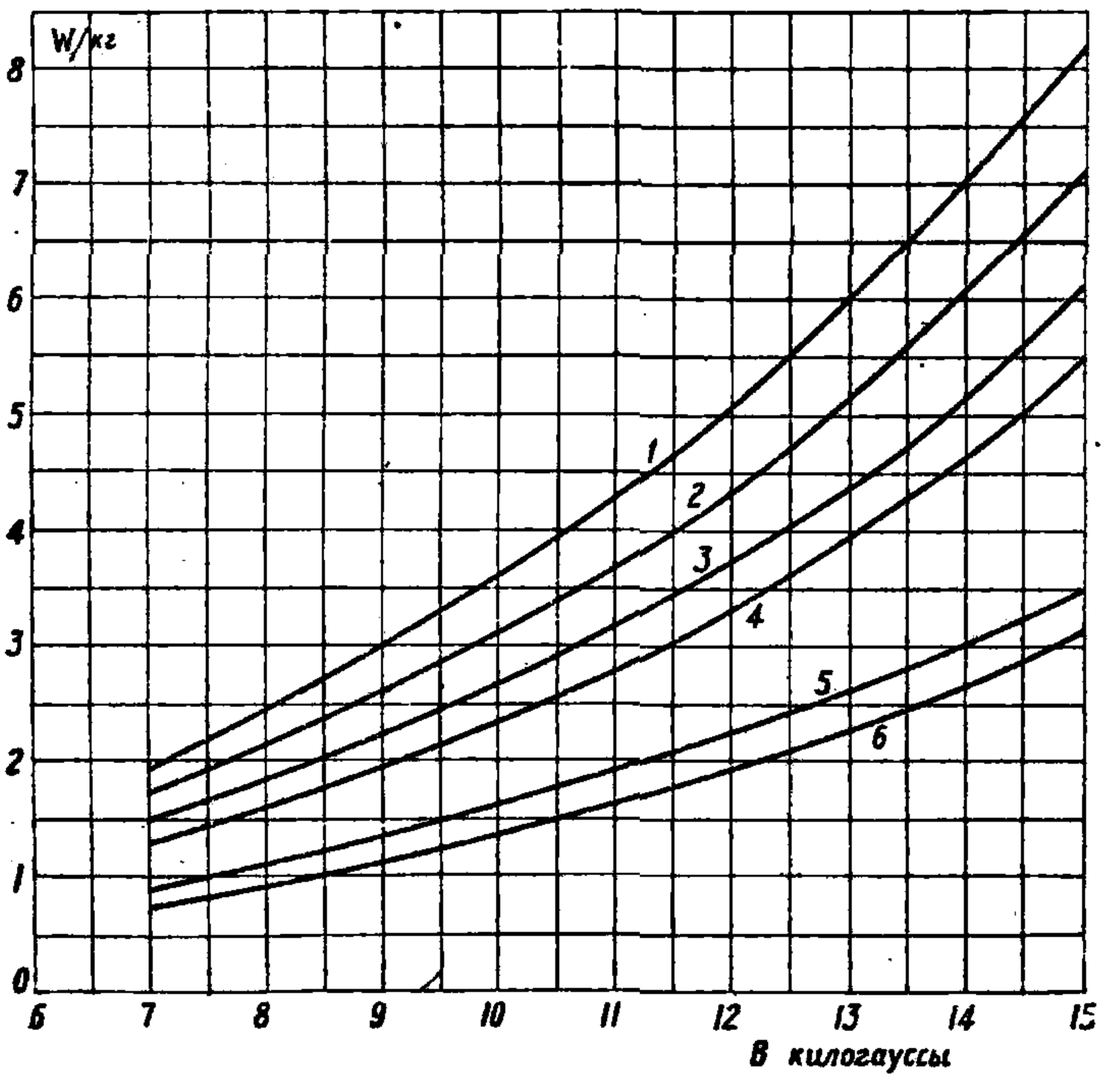


Фиг. 8.

дует показательному закону. Можно считать, что для индукции ниже 1 000 гауссов потери изменяются пропорционально B^2_{max}, для индукций 1 000—10 000 гауссов—пропорционально $B^{1,6}_{max}$, для более высоких индукций—B^2_{max} и даже в более высокой степени (до B^3_{max}), особенно для сильно кремнистых сортов стали. Практически при вычислении потерь в электромагнитных механизмах, если индукция выше 10 000 гауссов, пользуются выражением:

$$Q_h = \sigma_h \frac{f}{100} \left(\frac{B_{max}}{10\,000}\right)^2 \text{ W/кг},$$

где f—частота тока в пер/ск.; значения коэф-та σ_h даны в табл. 12. Предполагается, что распределение магнитного потока в материале однородно, как это имеет место при промышленных частотах. Для частот выше 500 пер/ск. заметно сказывается явление поверхностного эффекта, вызывающего нерав-



Фиг. 9.

номерное распределение индукции в материале. Для одной и той же средней индукции потери больше при наличии такого эффекта. В данном случае для оценки поведения материала необходимы непосредственные измерения. Потери на токи Фуко для определенного сорта стали зависят от частоты тока, максимальной индукции, формы кривой индукции и толщины листов. Практически для определенной толщины листов и синусоидального изменения магнитного потока потери на токи Фуко вычисляются по формуле:

$$Q_f = \sigma_f \left(\frac{f}{100} \frac{B_{max}}{10\,000}\right)^2 \text{ W/кг}.$$

Зависимость от квадрата частоты справедлива до ~100 пер/ск., при более высоких частотах потери растут менее быстро. На фиг. 9 даны средние кривые зависимости полных потерь на гистерезис и токи Фуко от индукции для 50 пер/ск.: кривая *1*—для обыкновенной динамной; *2*—для специальной I; *3* и *4*—для специальной II; *5* и *6*—для трансформаторной. Кривые *1*—*4*—для толщины листов 0,5 *мм*, *5* и *6*—для 0,35 *мм*.

Табл. 12.—Коэфициенты для вычисления потерь на гистерезис и токи Фуко.

Сорт стали	Толщ. листов в *мм*	σ_h	σ_f	Потери в W/кг
Обыкновен. динамная	1,00	4,4	22,4	7,80
	0,50	4,4	5,6	3,60
	0,35	4,7	3,2	3,15
Специальная I	0,50	4,2	3,6	3,00
Специальная II	0,50	3,6	3,3	2,63
	0,50	3,2	2,9	2,33
Трансформаторная	0,50	3,0	1,2	1,80
	0,35	2,5	1,0	1,50
	0,35	2,4	0,6	1,35

С течением времени магнитные свойства листовой стали изменяются, Q_h и H_c увеличиваются, B_r и μ_{max} уменьшаются. Этот процесс, называемый старением, ускоряется, если материал находится при повышенной $t°$ порядка 100°. Чем больше в стали Si, тем меньше старение. Для характеристики старения по стандарту ОСТ 377 предусматривается измерение полных потерь до и после нагревания стали при 100° в течение 600 ч. Процентное изменение потерь характеризует материал. Содержание Si ~1% практически гарантирует сталь от старения (изменение потерь порядка 2—3%).

Нормы и выбор сорта листовой стали [18]. Стандартом ОСТ 377 нормировано 3 сорта листовой стали: динамная, специальная и трансформаторная. Указанные сорта в отношении магнитн. свойств должны удовлетворять характеристикам, приведенным в табл. 13. Магнитная индукция для данных напряжений поля не д. б. ниже следующих величин.

Табл. 13.—Магнитные характеристики листовой стали.

Сорт стали	Магнитная индукция в гауссах для			
	25 aw/*см*	50 aw/*см*	100 aw/*см*	300 aw/*см*
Динамная	15 000	16 300	17 800	19 800
Специальная	14 700	15 700	16 900	19 300
Трансформаторная	14 300	15 500	16 500	18 500

Потери на гистерезис и токи Фуко при синусоидальном изменении приложенного напряжения для частоты 50 пер/ск. не должны быть выше величин, приведенных в табл. 14.

Табл. 14.—Допустимые величины потерь на гистерезис и токи Фуко.

Сорт стали	Толщина листов в *мм*	Потери в W/*кг* для индукций	
		10 000 гауссов	15 000 гауссов
Динамная . . .	0,5	3,3	7,9
Специальная . .	0,5	2,3	5,6
Трансформаторн.	0.5	1,7	4,0
	0,35	1,3	3,3

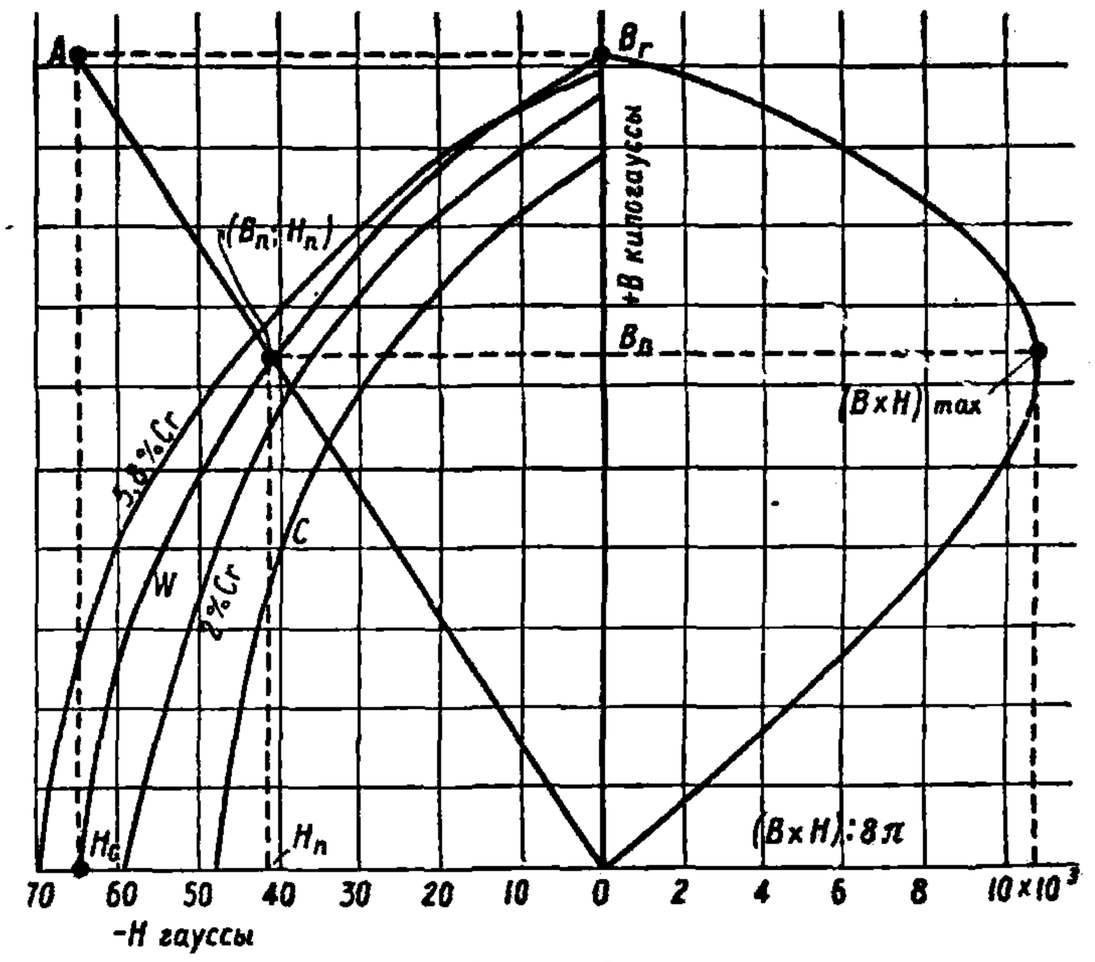
При выборе сорта стали необходимо руководствоваться условиями работы данного электромагнитного механизма. Если материал работает при небольших индукциях (меньше 10 000 гауссов), при постоянном или переменном намагничивании следует применять трансформаторную сталь, так как она имеет наибольшую проницаемость при малых индукциях и минимальные потери. Для тех частей механизмов, которые служат для проведения постоянного магнитного потока, применяется динамная сталь, если материал работает при индукциях выше 10 000 гауссов. Если же, вместе с большим насыщением, материал подвергается переменному намагничиванию, то следует применять специальную сталь. В тех случаях, когда желательно иметь материал с минимальным гистерезисом, следует предпочесть трансформаторную сталь.

Магнитные стали. Критерием для оценки качеств магнитной стали, применяемой для постоянных магнитов, служат магнитные характеристики, устойчивость остаточного намагничения по отношению к механич. сотрясениям и $t°$-ным изменениям, устойчивость во времени, $t°$-ный коэф. магнитного момента. Кроме того сталь не должна растрескиваться при закалке. Механич. обработка д. б. в полной мере обеспечена. Основной характеристикой магнитных свойств стали является размагничивающая часть кривой гистерезисного цикла между B_r и H_c, полученная при испытании материала в замкнутой магнитной цепи при определенном максимальном напряжении намагничивающего поля. Из этой кривой определяются B_r, H_c и величина максимальной внешней магнитной энергии $\frac{(BH)_{max}}{8\pi}$ в эргах на 1 $см^3$ стали, если B и H в гауссах. Для нахождения $(BH)_{max}$, без построения кривой магнитной энергии, применяют способ Ватсона [19] (фиг. 10). На сторонах OB_r и OH_c строят прямоугольник, диагональ которого OA, пересекаясь с кривой B_rH_c, дает точку с координатами B_n, H_n; $\frac{B_nH_n}{8\pi} = \frac{(BH)_{max}}{8\pi}$ — максимальная магнитная энергия. Чем больше $(BH)_{max}$ и соответствующая ей индукция, чем больше B_r и H_c, тем лучше материал (см. *Магниты постоянные*). Магнитные свойства материала, структурно и магнитно не стабилизированного, не должны сильно изменяться под влиянием механич. сотрясений и $t°$-ных изменений. Материал, приведенный в обратимое состояние, не должен иметь большого $t°$-ного коэфициента α магнитного момента

$$M_t = M_{20}\,[1 + \alpha\,(t - t_{20})],$$

где M_t и M_{20}—магнитные моменты соответственно при темп-рах t и 20°. В виду сложности в практических условиях измерения магнитного момента можно пользоваться указанной формулой, заменяя магнитный момент индукцией, измеренной в разомкнутой магнитной цепи. В этом случае при сравнении материалов размеры и форма образцов д. б. одинаковыми, т. к. $t°$-ный коэф. будет зависеть не только от материала, но и от формы и размеров магнита.

Сорта магнитной стали. Для изготовления постоянных магнитов применяют: углеродистые, вольфрамовые, хромистые, кобальт-хромистые и кобальтовые стали. 1) Углеродистые стали, вследствие низких магнитных характеристик, применяются для неответственных дешевых изделий. Наиболее широкое применение имеют вольфрамовая и хромистые стали, имеющие достаточно удовлетворительные магнитные характеристики при сравнительно недорогой стоимости. Кобальтовые и кобальт-хромистые стали имеют значительно более высокие магнитные свойства, но вследствие высокой цены применение их в настоящее время ограничено. Магнитные свойства углеродистых сталей зависят от количества растворенного углерода и $t°$ закалки (см. *Магниты постоянные*). Темп-рный коэф. магнитного момента для сплавов, с содержанием углерода до 1,5%, можно определить по формулам: $\alpha = -0{,}00063 + 0{,}00042\,p$ ($t°$ закалки 850°) и $\alpha = -0{,}00050 + 0{,}00034\,p$ ($t°$ закалки 1 100°), где p—%-ное весовое содержание растворенного углерода [20]. Для магнитов с малым коэф-том размагничивания более подходит сталь с содержанием 0,6—0,8% С, для магнитов с большим коэф-том размагничивания—сталь с 1,0—1,5% С. Если магнит д. б. мало чувствительным к сотрясениям, выгоднее применять высокоуглеродистую сталь; если же требуется большая устойчивость по отношению к нагреванию, лучшие результаты достигаются с малоуглеродистой сталью с низкой $t°$ закалки. В табл. 15 даны характеристики нек-рых углеродистых сталей, а на фиг. 10 дана размагничивающая часть гистерезисного цикла для стали с 1% С. 2) Вольфрамовая сталь

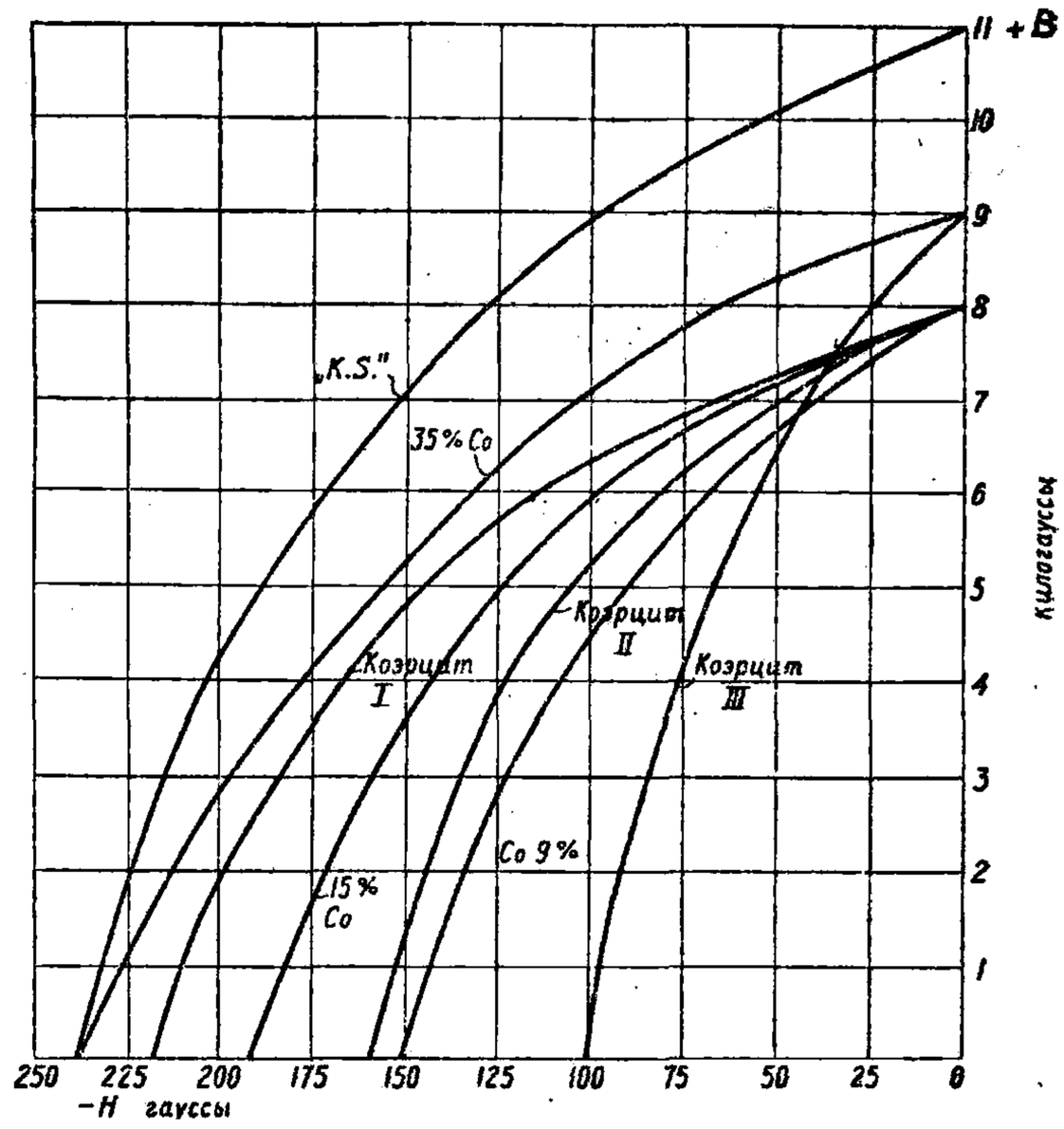


Фиг. 10.

Табл. 15.—Магнитные характеристики некоторых углеродистых сталей.

Содержание С в %	$t°$ закалки	B_r, гауссы	H_c, гауссы
0,695	750	10 270	37,3
0,695	850	10 000	47,4
0,695	950	10 500	47,3
1,105	750	10 050	40,1
1,105	850	7 300	58,2
1.105	950	7 810	55,9
1,775	750	8 670	52,0
1,775	850	6 820	62,2
1,775	950	4 700	70,1

по своему хим. составу и термической обработке является почти стандартной. Состав: 5—6% W, 0,55—0,75% C, 0,2—0,5% Mn, прочих примесей—S, P, Si, Cr $\geqslant$ 0,2—0,3%. При определенном содержании W и прочих примесей магнитные свойства определяются содержанием углерода; B_r уменьшается, H_c увеличивается с увеличением содержания C. Сталь, доставляемая со сталелитейных заводов, является очень часто испорченной в процессе производства [21]. Причины порчи: а) перегрев при высоких $t°$ 1 070—1 215°, вызывающий образование аустенита; б) разложение карбидов. Если сталь в отожженном состоянии имеет $H_c = 20 \div 30$ гауссов, это указывает на перегрев. Такую сталь можно исправить путем двукратного нагревания до 750° и последующего каждый раз медленного охлаждения. Скорость охлаждения в пределах $t°$ 750—600° д. б. медленной (1° в мин.), далее—около 25—30° в мин. В качестве второй тепловой операции можно использовать нагревание стали при сгибании магнитов. При этом сталь проходит через благоприятную $t°$-ную зону, и оставшееся влияние перегрева устраняется. Закалка ведется обычным путем. Разложение карбидов наблюдается при продолжительном нагревании при $t°$ 750—1 214° и особенно заметно при 950°. Для исправления такой стали ее нагревают до 1 240°, выдерживают несколько минут и затем охлаждают на воздухе. После этого снова нагревают при 600—750°. Нагревание продолжают до тех пор, пока не произойдет полное магнитное превращение, после чего сталь медленно охлаждается. Последняя операция—нормальная закалка. Вследствие порчи стали магнитные свойства тонких полос хуже, чем более толстых. (О закалке вольфрамовой стали см. *Магниты постоянные*.) Магнитные свойства вольфрамовой стали сравнительно мало изменяются под влиянием сотрясений и нагревания. После 40 ч. нагревания при 100°, B_r увеличивается на 3—4%, B'_r уменьшается на 5—6%, H_c уменьшается на 10%. Механич. сотрясения не оказывают влияния на B_r, индукция же B'_r уменьшается на 2—3% (после 100-кратного бросания с высоты 0,5 *м* на деревянный пол). Темп-рный коэф. магнитного момента $\alpha = -(0{,}0003 \div 0{,}0002)$. Магнитные характеристики вольфрамовой стали приведены в табл. 17 и на фиг. 10. 3) Хромистая сталь по своим магнитным свойствам близка к вольфрамовой. Преимущество ее—более низкая стоимость. Наиболее распространена сталь с содержанием 2% Cr, 1% C, 0,3—0,5% Mn, P, S и Si около 0,1%. В отношении магнитной устойчивости к сотрясениям и нагреванию хромистая сталь не уступает вольфрамовой. $t°$-ный коэф. магнитного момента того же порядка, что и у вольфрамовой стали. Помимо 2%-ной хромистой стали применяют сталь с 5—6% Cr, обладающую более высокими магнитными свойствами. Эта сталь с бо́льшим трудом поддается механич. обработке и при закалке чаще растрескивается. Магнитные характеристики хромистых сталей приведены в табл. 17 и на фиг. 10. 4) Кобальтовая сталь известна под названием японской, или стали «K. S.» [22]. Примерный хим. сост.: 30—40% Co, 4—6% W, 1,5—3,0% Cr, 0,9—1,0% C, 0—2,5% Mo. Порча кобальтовой стали вследствие разложения карбидов и перегрева при высоких $t°$ происходит еще в большей степени, чем вольфрамовой стали [21] (см. выше). 5) В кобальт-хромистых сталях дорогостоящий Co частично заменен Cr без значительного ухудшения



Фиг. 11.

магнитных свойств. Примерный хим. сост.: 0,9—1,2% C, 5—12% Cr, 1,0—1,5% Mo, 0,3—0,5% Mn; содержание Co 5—30% (англ. стали—Cobalt Magnet Steel Co.). В Германии з-д Круппа изготовляет кобальт-хромовые стали под названием «Коэрцит I, II, III и A». Приблизительный хим. сост. этих сталей указан в табл. 16.

Табл. 16.—Хим. состав кобальт-хромовых сталей завода Круппа (в %).

Название	Co	Cr	Mn	C
Коэрцит I	30	5	2	1
» II	20	5	2	1
» III	10	5	1	1

Коэрцит A содержит 15% Co с небольшим добавлением Mo, что делает эту сталь закаливающейся на воздухе. Магнитные характеристики близки к коэрциту I. О термич. обработке и закалке кобальтовых и кобальт-хромистых сталей см. *Магниты постоянные*.

Табл. 17.—Магнитные характеристики важнейших сортов магнитной стали

Сорт стали	B_r, гауссы	H_c, гауссы	$\frac{(BH)_{max}}{8\pi}$, эрг/см³	B соответ. $(BH)_{max}$	Авторы
Углеродистая 0,69% C	8 950	48,5	7 150	5 800	Evershed
» 1,11% C	8 300	60,0	—	—	Gumlich
Вольфрамовая 5,5% W	10 500	61,4	11 600	7 000	Главная палата мер и весов
» 5,5% W	10 100	65,0	10 400	6 500	Watson
Хромистая 2% Cr	9 700	59,0	9 200	6 000	»
» 2% Cr	9 000	65,0	9 000	5 600	Goerens
» 5% Cr	9 000	70,0	11 000	6 000	»
Кобальт-хромистые:					[Steel Co.
9% Co; 9% Cr англ.	8 000	150,0	18 200	5 100	Cobalt Magnet
15% Co; 9% Cr	8 400	200,0	25 900	5 100	Watson
Коэрцит I	8 000	220,0	28 600	5 100	Stäblein [23]
» II } герм.	8 000	160,0	21 000	5 100	»
» III	9 000	100 0	13 100	5 500	»
Кобальтовая 35% Co	9 000	240,0	31 800	5 500	Watson
» «K. S.»	11 000	240,0	42 700	7 000	Honda

Магнитные характеристики приведены в табл. 17 и на фиг. 11. Темп-рный коэф. магнитного момента ок. —0,0002. Кобальтовые и кобальт-хромовые стали в закаленном состоянии имеют очень небольшую нормальную и среднюю магнитную проницаемость, вследствие чего в поляризованных приборах с постоянным магнитом магнитный поток не должен замыкаться через магнит. Для углеродистых, вольфрамовых и хромистых сталей вышеприведенные магнитные характеристики получены при максимальном напряжении намагничивающего поля ок. 500 гауссов, для кобальтовых и кобальт-хромистых—около 1 500 гауссов.

Лит.: [1]) Jensen T. D., What is the Magnetic Permeability of Iron, «Journ. of the Franklin Inst.», Philadelphia, 1928, v. 206, *4*, p. 503; [2]) László F., Stahl u. Eisen im Elektromaschinenbau, «VDI», 1927, B. 71, *44*, p. 1539; [3]) Stotz R., Über die magnetische Eigenschaften von Temperguss, «ETZ», 1927, B. 48, H. 25, p. 876; [4]) Elmen G. W., Magnetic Alloys of Iron, Nickel and Cobalt, «The Bell System Technical Journal», New York, 1929, v. 8, p. 435; [5]) New Nickel-Iron Alloy, «Electrician», L., 1930, v. 54, *2702*, p. 330; [6]) Shackelton W. J. a. Barber I. G., Compressed Powdered Permalloy, «JAIEE», 1928, v. 47, *6*, p. 437; [7]) Elmen G. W., Magnetic Properties of Perminvar, «The Bell System Technical Journal», New York, 1929, v. 8, *1*, p. 21; [8]) Gumlich E., Leitfaden d. magnetischen Messungen, Brschw., 1918; [9]) Moos M., *Rekristallisationsversuche an Transformatoreneisen*, Diss., Düsseldorf, 1928; [10]) Cazaud R., Le recuit des tôles utilisées dans la construction électrique, «Revue de Métallurgie», Paris, 1924, *8*, p. 473; [11]) Cole G. H., Effect of Punching Strains on the Magnetic Properties of Electrical Sheet Steel, «Electr. Journ.», Pittsburg, 1924, *2*, p. 55; [12]) Spooner T., Properties a. Testing of Magnetic Materials, N. Y., 1927 (имеется библиогр.); [13]) Залуцкий Л. В., Свойства железа для электрич. машин и трансформаторов, «Электричество», М., 1916, *1*, стр. 10, *2*, стр. 41, *3*, стр. 60, Л., 1916; [14]) Маренин Н. А., Динаможелезо и производство его в России, «Вестник инженеров», П., 1916, *10*, стр. 361, *12*, стр. 417; [15]) Шрамков Е. Г., Производство электротехнич. листового железа в России, «Технико-экономич. вестн.», М., 1921, *2*, стр. 169; [16]) его же, Русское листовое динамное железо, «Электричество», М., 1924, *5*, стр. 265; [17]) Епифанов Н. О., Производство электротехн. железа на Верх-Исетском заводе, там же, *7*, стр. 318; [18]) Шрамков Е. Г., Нормализация листового электротехнич. железа в связи с его технологией, там же, 1925, *3*, стр. 168; [19]) Watson E. A., Permanent Magnets a. the Relation of Their Properties to the Constitution of Magnet Steel, «Journ. of the Inst. of the Electr. Eng.», L., 1923, v. 61, *328*, p. 641; [20]) Gumlich E., Über die Abhängigkeit d. magnetischen Eigenschaften d. spezifischen Widerstandes u. d. Dichte d. Eisenlegierungen von der chemischen Zusammensetzung u. der thermischen Behandlung, «Wissenschaftliche Abhandlungen d. physikalisch-technischen Reichsanstalt», Berlin, 1918, B. 4, p. 267; [21]) Evershed S., «Journ. of the Inst. of the Electr. Eng.», L., 1920, v. 58, *295*, p. 780; 1925, v. 63, *344*, p. 725; [22]) Honda K. a. Saitô S., On K. S. Magnet Steel, «The Physical Review», N. Y., 1920, v. 1,6 *6*, p. 495; [23]) Stäblein F., Über Dauermagnete, «Zeitschrift für technische Physik», Leipzig, 1925, *11*, p. 582.

Е. Шрамков.

МАГНИТНЫЙ ПОТОК через данную поверхность, или поток вектора индукции, скалярная величина, скорость уменьшения которой в неподвижных телах равна электрич. напряжению обхода по контуру, окаймляющему эту поверхность. Для обнаружения этого напряжения обхода обычно пользуются петлей из проводящего металла. Напряжение обхода в этой петле называют обычно электродвижущей силой индукции (см. *Индукции закон*). М. п. через любую из поверхностей, окаймленных одним и тем же контуром, имеет одинаковое значение. Таким образом М. п. через замкнутую поверхность всегда равен нулю. Иначе говоря, вектор $\boldsymbol{B}$ не имеет источников. В связи с этим любое сечение трубки, ограниченной силовыми линиями вектора индукции (силовой трубки), имеет один и тот же М. п. Каждая трубка индукции имеет определенный М. п. Часто выбирают определенный единичный поток, т. е. М. п., измеряемый единицей в данной системе измерений, и определяют М. п. через данную поверхность как число «единичных трубок», т. е. число силовых трубок, имеющих единичный поток, на к-рые можно разбить данный М. п. Каждая такая трубка м. б. изображена при помощи линии, проходящей по ее оси, поэтому многие называют М. п. «числом силовых линий», подразумевая под этим число единичных силовых трубок, проходящих внутри данного М. п. Нек-рые электротехники (напр. В. Ф. Миткевич) считают даже эти трубки реально существующими нитями из какого-то особого вещества. Рассмотрение силовых трубок, на которые можно разбить М. п., во многих случаях чрезвычайно полезно и позволяет ориентироваться без вычислений в различных сложных явлениях индукции, однако гипотеза о реальном существовании магнитных силовых трубок в настоящее время не может считаться обоснованной [1]. Представление об единичных трубках дает возможность определять магнитную индукцию как «плотность силовых трубок», понимая под этим выражением число силовых трубок, приходящихся на единицу поверхности ортогонального сече-

ния трубок. Однако представление это связано с затруднениями, т. к. не во всяком поле существуют поверхности, ортогональные к силовым линиям.

Для увеличения М. п. часто применяют спиральные проводники, состоящие из большого числа витков. М. п. в этом случае надо рассматривать проходящим через поверхность, имеющую большое число листьев, окаймленных отдельными витками спиральной обмотки, однако для упрощения обычно считают, что через все витки проходит один и тот же поток, и умножают этот поток на число витков для получения М. п. обмотки. Возможные отклонения учитываются т. о., что М. п. разбивается на главный М. п., связанный со всеми витками обмотки, и потоки рассеяния (см. *Рассеяние*), связанные только с частью витков обмотки. Обычно М. п. обозначают греческой прописной буквой «фи»:

$$\Phi = \int_{(S)} \boldsymbol{B}\, d\boldsymbol{S}.$$

В виду сходства алфавитов в СССР часто эту букву произносят как русское «эф». М. п. измеряется в вольтсекундах на $см^2$ или в *максвеллах* (см.).

Лит.: 1) Природа электрич. тока (оттиск из «Электричество», *3*, *8*, *10*), М., 1930. **Я. Шпильрейн.**

МАГНИТОДВИЖУЩАЯ СИЛА, мдс, расчетная величина, применяемая при расчете магнитных цепей. Рассмотрим отрезок магнитной трубки. Предположим, что в каждом сечении S трубки индукция B распределена приблизительно равномерно. Тогда поток индукции Φ определится по ф-ле:

$$\Phi = BS = \mu SH,$$

откуда

$$H = \Phi \cdot \frac{1}{\mu S}.$$

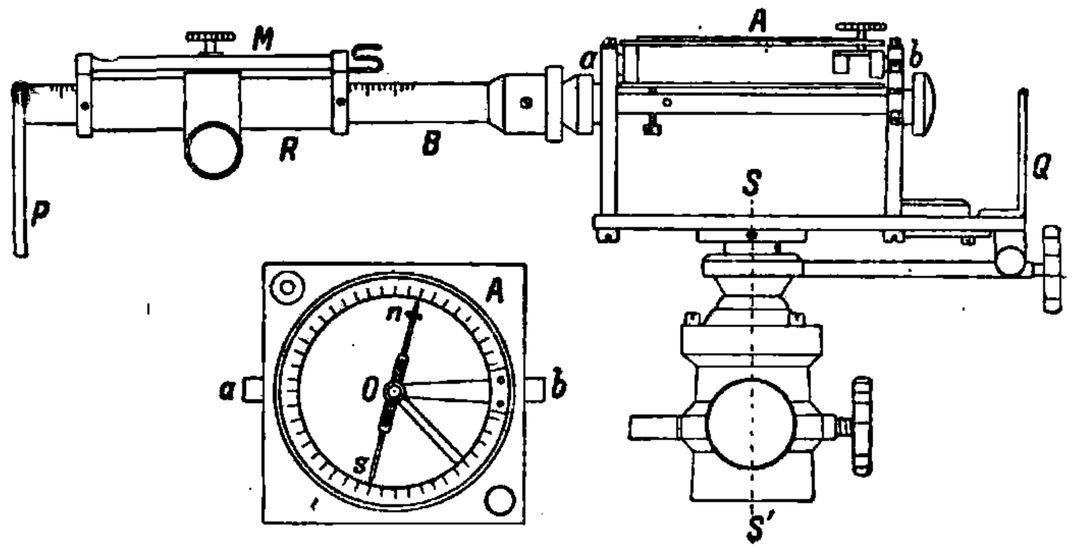
Линейный интеграл напряженности магнитного поля, взятый вдоль трубки между сечениями A и B, равен магнитному напряжению

$$\int_A^B H\, dl = \Phi \int_A^B \frac{dl}{\mu S}.$$

По аналогии с законом Ома левая часть этого равенства называется М. с. цепи, а интеграл $\int_A^B \frac{dl}{\mu S}$ — магнитным сопротивлением. Если H измеряется в $А/см$, то М. с. измеряется в амперах или, как говорят, в ампервитках. Поэтому говорят, что М. с. измеряется числом ампервитков, необходимых для того, чтобы «прогнать поток Φ через трубку с магнитным сопротивлением $\int_A^B \frac{dl}{\mu S}$». Для замкнутой трубки М. с. по закону полного тока равна алгебраич. сумме токов, охватываемых этой трубкой.

МАГНИТОМЕТР, прибор для измерения величин, характеризующих магнитное поле земли. Имеет широкое распространение в маркшейдерском и горноразведочном деле. Наиболее распространенным типом М. является прибор Тиберга-Талена (фиг. 1), предназначенный для измерения всех трех элементов *земного магнетизма* (см.). Здесь A—буссоль и B—линейка для отклоняющего магнита M. При измерении горизонтальной составляющей прибор ориентируют так, чтобы линейка B была направлена перпендикулярно магнитному меридиану. Для этой цели прибор поворачивают около вертикальной оси SS' до тех пор, пока диаметр ab буссоли не окажется перпендикулярным к стрелке ns, свободно вращающейся около оси O и остающейся при всех поворотах прибора в плоскости магнитного меридиана. Затем на каретку R, находящуюся на линейке B, помещают отклоняющий магнит M. Поле F, создаваемое последним, будет направлено перпендикулярно горизонтальной составляющей H земного поля, и потому стрелка буссоли отклонится от своего первоначального положения на угол α, связанный с H и F соотношением: $H = \frac{F}{\operatorname{tg}\alpha}$. Различным значениям H, при одинаковых F, т. е. при сохранении постоянства расстояния магнита M от буссоли, будут соответствовать различные углы α, которые т. о. могут служить мерою измеряемой горизонтальной силы. Кроме описанного выше способа тангенсов, измерение H можно вести по методу синусов аналогично тому, как это делается при наблюдении отклонений с магнитным теодолитом (см. *Земной магнетизм*). Упомянем еще модификацию измерений, предложенную Дальбломом, отличающуюся от предыдущих тем, что угол α сохраняется при всех наблюдениях одним и тем же, а изменяется величина F путем перемещений магнита M по отношению к буссоли.

Для измерения вертикальных сил коробку буссоли, вращением около оси ab, ставят вертикально и притом таким образ., чтобы ее плоскость была перпендикулярна магнитному меридиану. В таком случае на стрелку

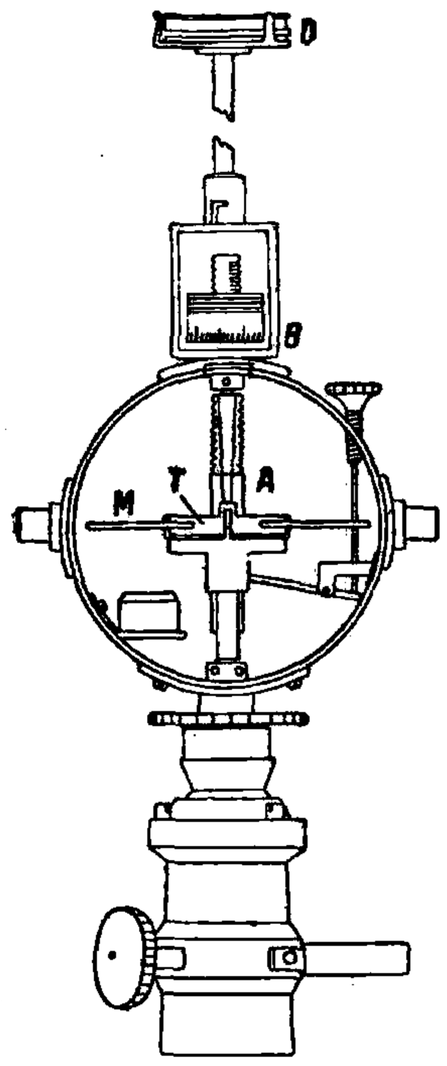


Фиг. 1.

ns, вращающуюся теперь около горизонтальной оси, будут действовать силы: 1) вертикальная слагающая магнитного поля земли, стремящаяся поставить стрелку вертикально, и 2) сила тяжести, действие к-рой обусловлено несовпадением ц. т. стрелки с осью вращения. Надлежащим перемещением грузика-рамки, находящейся на стрелке, можно добиться того, чтобы действия вертикальной составляющей и тяжести были противоположны друг другу. В таком случае каждому значению вертикальной составляющей будет соответствовать одно определенное положение равновесия стрелки, при котором она будет составлять нек-рый угол φ с горизонтом. Величина этого угла и может служить мерой вертикальной составляющей

магнитного поля земли. Для определения магнитных азимутов, следовательно и склонения, служат диоптры P и Q.

Более совершенной моделью М. является прибор Томсона-Талена (фиг. 2). Магнитная система M, состоящая из двух параллельных магнитов, укрепленных в кольцевой рамке T, колеблется около горизонтальной оси. В том случае, когда плоскость колебаний магнитов перпендикулярна магнитному меридиану, на систему действуют, подобно тому как это было указано относительно М. Тиберга-Талена, вертикальная составляющая земного магнетизма и сила тяжести.



Фиг. 2.

Совокупное действие этих двух сил заставит систему наклониться. Можно однако привести ее снова в горизонтальное положение, если приложить к ней нек-рую добавочную силу, создаваемую вертикальным магнитом A, проходящим сквозь кольцо T. Перемещая этот магнит вверх или вниз при помощи головки B, можно изменять величину этой добавочной силы. Мерой вертикальной составляющей будет служить отсчет, снятый со шкалы и барабана B. Делая аналогичные операции в плоскости магнитного меридиана, получаем возможность определять еще и горизонтальную составляющую, ибо при таком положении прибора условие равновесия магнитной системы будет зависеть и от H. Для установок плоскости колебаний магнитов служит небольшая буссоль D, находящаяся вверху прибора на длинном стержне. Пружинный магнитометр Дальблома основан на принципе компенсации вращающего момента, обязанного магнитному полю, моментом, обусловленным закручиванием пружины. Дефлекторный М. является видоизменением морского компаса с дефлектором Де-Колонга (см. *Судовой компас*).

Лит.: Бауман В. И., Курс магнитометрии, Л., 1927; его же, Курс маркшейдерского искусства, ч. 1, СПБ, 1905.

А. Заборовский.

МАГНИТЫ ПОСТОЯННЫЕ, в простейшем виде бруски закаленной стали, предварительно намагниченные. От каждого М. п. требуется, чтобы после намагничивания остаточное намагничение оставалось практически постоянным во времени и не изменялось под влиянием сотрясений, повышений температуры и внешних магнитных полей. Ослабление магнетизма М. п. с течением времени обусловливается лишь структурными изменениями стали, которые нельзя устранить. Возможно лишь искусственно ускорить эти процессы и «состарить» М. п., что достигается структурной стабилизацией (см. ниже). Температура сотрясения, внешние магнитные поля в качественном отношении оказывают одинаковое действие на М. п.— остаточное намагничение его уменьшается. Различают обратимое магнитное состояние магнита и необратимое. Последнее характеризуется тем, что после воздействия указанных факторов магнитное состояние магнита не восстанавливается. Если же магнит приведен в обратимое состояние (искусственная магнитная стабилизация), то сотрясения на него не влияют, при нагревании же или во время действия размагничивающего внешнего поля намагничение уменьшается; после их устранения магнит снова приходит в прежнее состояние.

Производственные процессы изготовления М. п. Наиболее ответственными производственными процессами являются гнутье, закалка, структурная стабилизация, намагничивание и магнитная стабилизация. Как правило всякая тепловая обработка (исключая закалку) ухудшает магнитные свойства, особенно если нагревание продолжительно и происходит при $t°$ выше точки магнитного превращения. Поэтому не следует долго нагревать сталь перед гнутьем магнитов и по возможности делать это при низких $t°$ (750—850° для вольфрамовой и хромистой стали). Во время нагрева сталь не должна подвергаться сильному действию окисляющего пламени во избежание обезуглероживания с поверхности. Кобальтовые и кобальт-хромовые стали не допускают сгибания или штамповки в холодном состоянии. Для сгибания рекомендуется $t°$ нагрева 1 000°, штамповку следует начинать при $t°$ 1 000° и продолжать, пока $t°$ не упадет до 700°. После сгибания магниты рекомендуется помещать в песок или угольный порошок, чтобы исключить возможность закалки на воздухе. Отжига магнитов следует избегать. Если же это необходимо, продолжительность нагревания не должна превышать 4 ч. Для М. п. из хромистой вольфрамовой стали максимальная темп-ра нагрева 600—680°, для кобальтовых и кобальт-хромовых 650—700°, причем для последних продолжительность нагрева не должна превышать 30 мин.; охлаждение в спокойном воздухе. Форму М. п. следует выбирать такой, чтобы после сгибания или штамповки можно было ограничиться минимальной холодной обработкой (например сверление отверстий).

Закалка. Нагревают М. п. в муфельной, газовой или электрич. печи или еще лучше в электрич. печи с солевой ванной. Темп-ра нагрева зависит от сорта стали, сечения и формы М. п. и от закалочной среды. М. п. из углеродистой, вольфрамовой и хромистой стали обычно закаливают в проточной воде или же в масле $t°$ 20°. Наилучшие условия закалки получаются при $t°$, указанной ниже в таблице.

Наивыгоднейшие условия закалки.

Сорт стали	Температура закалки	Закалочная среда
Углеродистая	750—770	Вода
Вольфрамовая . . .	800—860	»
» . . .	840—900	Масло
Хромистая	800—830	Вода
»	820—850	Масло

Нижний предел $t°$ относится к М. п. малого сечения, верхний—большого сечения. Закалка вольфрамовых М. п. в масле применяется только для малых размеров и сложной формы. Выдержка при указанных $t°$ ~5 мин. Нагревание следует вести в таких условиях, чтобы не было обезуглероживания стали с поверхности. При закалке М. п. с отверстиями рекомендуется замазывать их шамотовой массой. Во избежание искривлений перед погружением в ванну М. п. зажимают в щипцах сообразно форме его. Погружение в ванну должно быть быстрым, чтобы предотвратить возможное выделение тростита, сильно ухудшающего магнитные свойства. С точки зрения микроструктуры правильно закаленный М. п. должен иметь мелкозернистую структуру с максимальным количеством растворенного углерода в α-железе. Нерастворенных слабомагнитных карбидов должно быть в смеси минимальное количество.

Для получения наилучших магнитных свойств М. п. из кобальтовой и кобальт-хромовой сталей подвергаются тройной тепловой обработке перед закалкой. Обработка англ. кобальт-хромовых сталей состоит из следующих операций. 1) Нагревание М. п. до 1 150—1 200°, выдержка около 5 минут и охлаждение на воздухе. Цель этой операции — перевести в раствор карбиды, выделившиеся при предшествующей тепловой обработке в процессе производства стали. Если она проведена правильно, материал приобретает структуру немагнитного аустенита. Нагревание рекомендуется вести в ванне с расплавленным хлористым барием. Если же нагревание происходит в газовой или электрич. печи, необходимо М. п. помещать в железную коробку с древесным углем; чтобы избежать окисления и выгорания углерода. 2) Нагревание в течение 30 м. при 700—750°. М. п. помещают в печь, уже нагретую до $t°$ ~750°. Эта операция требуется для превращения γ-железа, образовавшегося при первой тепловой обработке, в α-железо. Превращение сопровождается резким мгновенным повышением $t°$ М. п. по сравнению с темп-рой печи. Для контроля на М. п. помещают кусочек соли с $t°_{пл.}$ 750°. Как только М. п. начнут охлаждаться, их вынимают из печи и оставляют на воздухе. Сталь оказывается сильно магнитной, но магнетизм ее неустойчив. 3) М. п. помещают в печь, нагретую до 1 050°. Когда они нагреваются до $t°$ 970—1 000° (в зависимости от сорта стали; чем больше содержание кобальта, тем выше темп-ра), о чем судят по расплавлению кусочка соли, положенного на М. п. и имеющего соответствующую $t°_{пл.}$, их вынимают из печи и оставляют охлаждаться на воздухе. М. п. небольшого сечения (около 6×12 *мм*) охлаждают в спокойном воздухе, М. п. большего сечения охлаждают в умеренной струе вентилятора или в масле. Для получения однородности материала закаливаемый М. п. охлаждают вначале на воздухе, и, как только он начнет притягиваться намагниченным М. п., погружают его в масло (20°). Продолжительность нагревания до указанных выше $t°$ ок. 15 м. После первой тепловой обработки рекомендуется выждать 12 ч. и затем приступить ко второй операции. Тепловая обработка перед закалкой нем. кобальт-хромовых сталей (т. н. коэрцитов з-да Круппа) также состоит из трех операций: 1) нагрев до 1 200°, выдержка 5 минут и охлаждение в воде; 2) нагрев до 650° и охлаждение на воздухе; 3) коэрцит 1 нагревают до 930°, коэрцит 2—до 900°, коэрцит 3—до 880°. Закалка в воде (20°). М. п. из японской кобальтовой стали «K. S.» закаливают в масле (20°) при 930—960°. Как общее положение для всех сортов стали, более высокая температура закалки обусловливает бо́льшую коэрцитивную силу и меньшую остаточную индукцию.

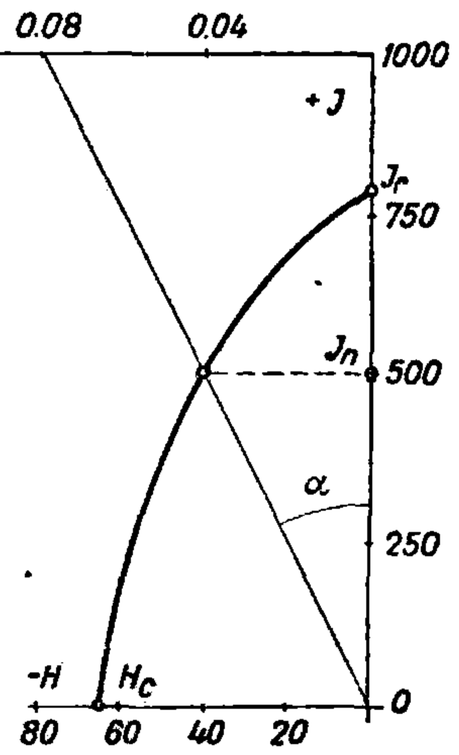
Структурная стабилизация (искусственное старение). С течением времени намагниченный М. п. вследствие структурных изменений постепенно теряет свой магнетизм, главным образом в первые часы после закалки. Наиболее заметно уменьшается коэрцитивная сила. Путем искусственной стабилизации можно привести М. п. в практически устойчивое структурное состояние. Наиболее удобным способом стабилизации является нагревание при 100° (кипячение). Нагревание при 100° в течение 8 ч. приводит М. п. в устойчивое структурное состояние на многие годы. По данным Эвершеда [1] нагревание при 100° в течение 1,1 ч. равноценно годичной выдержке при комнатной $t°$. Структурную стабилизацию следует проводить до намагничивания, чтобы после намагничивания М. п. подвергался возможно меньшим производственным операциям.

Намагничивание магнитов производится различными способами в зависимости главным образом от формы их. Короткие прямолинейные М. п. можно намагничивать на мощном электромагните, помещая М. п. между полюсными наконечниками. Длинные прямолинейные М. п. лучше всего намагничивать в пустотелой катушке, питаемой постоянным током такой длины, чтобы М. п. находился в равномерном поле. Намагничивание подковообразных М. п. производят при помощи катушек, надеваемых на ножки М. п. Катушки питаются постоянным током. Если же М. п. по своей форме и размерам не позволяет надеть катушки, прибегают к намагничиванию на медной шине постоянным током до 10 000 А. Шина, на которую надевают М. п., должна по возможности заполнять весь просвет его. Практически весьма удобным способом, дающим хорошие результаты, является намагничивание при помощи трансформатора, питаемого постоянным током (способ Шульце [2]) или переменным током нормальной частоты (способ Воскресенского [3]). Вторичная обмотка такого трансформатора представляет короткозамкнутый виток (медная шина), на который надевают М. п. При выключении первичной цепи в короткозамкнутом витке получается большой импульс тока, благодаря чему М. п. намагничивается до насыщения. Яновским [4] предложен способ намагничивания одновременным действием постоянного тока и переменного нормальной частоты. На ножки М. п.

надевают катушки, питаемые постоянным током. М. п., замкнутый якорем, вместе с катушками помещают в пустотелую катушку, включенную в сеть переменного тока. Включают постоянный ток, затем переменный. После этого М. п. с катушками вынимают из катушки переменного тока, размыкают переменный и затем постоянный ток. Напряжение поля переменного тока д. б. ~500 гауссов для М. п. из вольфрамовой стали и ей подобных, поле же постоянного тока м. б. в два раза меньше, чем при намагничивании одним постоянным током. Во всех случаях при намагничивании магнит д. б. замкнут якорем из мягкого железа большого сечения. Чтобы намагнитить М. п. до насыщения, необходимо, чтобы напряжение намагничивающего поля было порядка 400 AW на 1 *см* длины М. п., если он сделан из углеродистой, хромистой или вольфрамовой стали, и не меньше 1 000 AW на 1 *см*—для кобальтовых и кобальт-хромовых М. п.

Магнитная стабилизация имеет целью привести намагниченный М. п. в устойчивое обратимое состояние (см. выше). Наиболее совершенный способ—частичное размагничивание переменным магнитным полем с постепенно убывающей до нуля амплитудой, что осуществляется переменным током. На М. п. надевают катушки, питаемые переменным током, и затем медленно вынимают магнит постоянный, благодаря чему он находится под воздействием медленно убывающего размагничивающего поля. Для магнитной стабилизации можно применить трансформатор с короткозамкнутым вторичным витком (см. выше). Во вторичной цепи силу переменного тока постепенно уменьшают до нуля от некоторого максимума. Начальную амплитуду размагничивающего поля выбирают в соответствии с тем, какие внешние магнитные поля или эквивалентные им размагничивающие факторы можно ожидать в условиях работы М. п. При магнитной стабилизации магнит д. б. разомкнут. Всякое изменение магнитного сопротивления М. п. нарушает его устойчивость. Стабилизировать М. п. следует в том виде, в каком он будет установлен в приборе. Стабилизированный М. п. оказывается устойчивым при сотрясениях, а также ведет себя обратимо при изменениях $t°$. Магнитная стабилизация обеспечивает обратимое состояние при действии внешнего магнитного поля, составляющего около 7,0% величины начальной амплитуды размагничивающего поля. До стабилизации намагниченные М. п. с большим расстоянием между ножками рекомендуется хранить в замкнутом состоянии, магнитностабилизированные же М. п. следует хранить в разомкнутом состоянии.

Магнитные характеристики постоянного М. п. данной формы и размеров определяются из участка гистерезисной кривой между остаточной индукцией B_r или остаточной напряженностью намагничения J_r и коэрцитивной силой H_c (фиг. 1), полученной при испытании самого магнита в замкнутой магнитной цепи или образца стали, из которой сделан М. п. При размыкании магнитной цепи остаточная индукция в нейтральной зоне М. п. уменьшается до некоторой величины B_N (соответственно J_N), что зависит от размеров, формы М. п. и качества стали, т. е. от формы кривой B_r и H_c. Уменьшение остаточной индукции обусловливается появлением свободных магнитных масс на концах М. п., вызывающих саморазмагничивающее действие. Кроме того распределение потока в разных сечениях М. п. по длине становится не одинаковым: максимум в нейтральном сечении и постепенное убывание к концам. Саморазмагничивающее действие магнита постоянного характеризуется коэфициентом размагничивания (фиг. 1)



Фиг. 1.

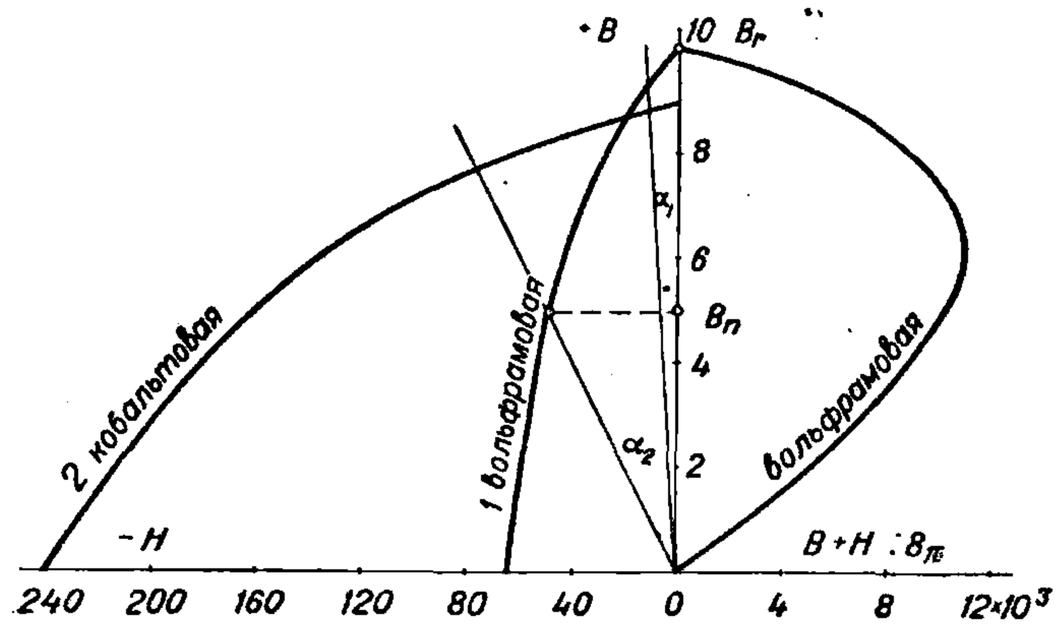
$$N = \operatorname{tg}\alpha = \frac{H}{J_N},$$

где J_N—остаточная напряженность намагничения М. п., H—соответствующее напряжение поля. Практически часто за коэф-т размагничивания принимают отношение $\frac{H}{B_N}$, где B_N—остаточная индукция М. п., $B_N = 4\pi J_N - H$. Коэфициент размагничивания зависит от формы и размеров М. п. и для данного М. п. практически постоянен. Различают коэф-т размагничивания баллистический, если J_N измерена в нейтральном сечении М. п., и магнитометрический, когда J_N является средней величиной для всего М. п. (измерена магнитометром). Последний имеет значение гл. обр. при расчетах прямолинейных М. п. Коэф-т N можно точно вычислить только для М. п. в форме эллипсоида вращения.

$$N = \frac{4\pi}{p^2-1}\left[\frac{p}{\sqrt{p^2-1}}\ln\left(p+\sqrt{p^2-1}\right)-1\right]$$

(для эллипсоида вращения вокруг большой оси), где $p = \frac{a}{b}$, если a и b соответственно большая и малая полуось эллипсоида. Коэф-т размагничивания для других форм М. п. можно определить только экспериментально, измеряя J_N или B_N и нанося их на кривую соответственно $J_r H_c$ или $B_r H_c$ для материала, из которого сделан магнит постоянный (фиг. 1). Обратно, зная N, нетрудно найти из кривой J_N или B_N. Обычно H и J наносят в разных масштабах, и при построении угла α_1 ($\operatorname{tg}\alpha = \frac{H}{J_N}$) необходимо N умножить на отношение масштабов H и J_N. Практически удобно пользоваться методом Асколи для построения углов α. Для ординаты J=1 000 проводят линию, параллельную оси абсцисс, и на ней откладывают значение N в масштабе в 1 000 раз большем масштаба для H. Находят на этой прямой точку, соответствующую данной величине N, и соединяют ее с началом координат. Коэфициент размагничивания тем больше, чем короче М. п., чем больше его сечение, и обратно. Коэф-т размагничивания важно

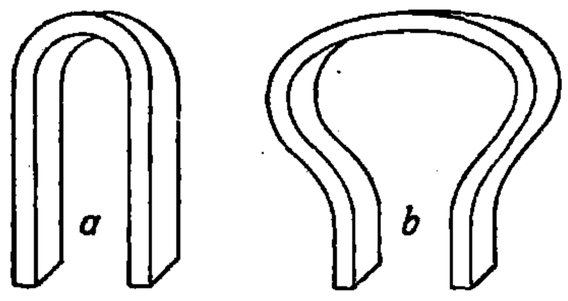
знать при выборе сорта стали для данной формы и размеров М. п.; напр., если N не велик ($N=\operatorname{tg}\alpha_1$) и от М. п. требуется получить возможно больший поток, выгоднее применить сталь с характеристикой 1 (фиг. 2). Когда N велик ($N=\operatorname{tg}\alpha_2$) или М. п. подвергается во время работы сильному размагничивающему действию, следует предпочесть



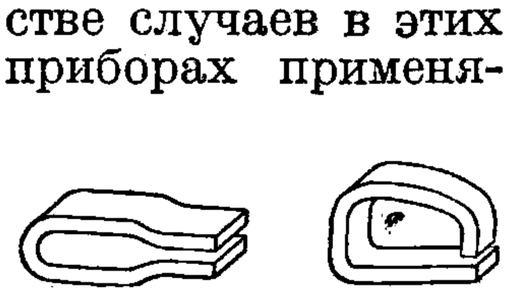
Фиг. 2.

сталь 2. При выборе сорта стали, а также при расчетах М. п. большое значение имеет величина максимальной внешней магнитной энергии, которую может М. п. поддерживать во внешнем пространстве. Внешняя магнитная энергия 1 $см^3$ стали определяется для любой точки кривой B_rH_c как произведение индукции на соответствующее напряжение поля, разделенное на 8π. На фиг. 2 в правой части построена кривая магнитной энергии в ф-ии индукции. Чем больше максимальная энергия 1 $см^3$ стали, тем меньше требуется объем М. п. для заданного напряжения поля в воздушном зазоре. При выборе формы и размеров М. п. для данного сорта стали следует стремиться к тому, чтобы магнитное состояние при средней индукции (по длине) было близко к тому, при котором наблюдается максимум магнитной энергии. При окончательном выборе стали необходимо принимать во внимание влияние магнитной стабилизации, уменьшающей остаточное намагничение М. п. О расчете постоянных М. п. подковообразной формы см. работы Эвершеда [5] и Пику [6], прямолинейных цилиндрических—работу Яновского [7]. О сталях, применяемых для изготовления М. п., см. *Магнитные материалы*.

Применение М. п. 1) Электрич. измерительные приборы [амперметры, вольтметры и др. (фиг. 3), электрич. счетчики (фиг. 4), магнето (фиг. 3а, 5)]. В большинстве случаев в этих приборах применяют подковообразные М. п. Из кобальтовой и кобальт-хромовых сталей возможно изготовление М. п. меньших размеров и упрощенной формы (фиг. 5). 2) Телефоны, громкоговорители (фиг. 6). 3) В компасах и инклинаторах М. п. имеют вид пирамидальной стрелки или цилиндрических стерженьков (авиационные, морские компасы), в магни-



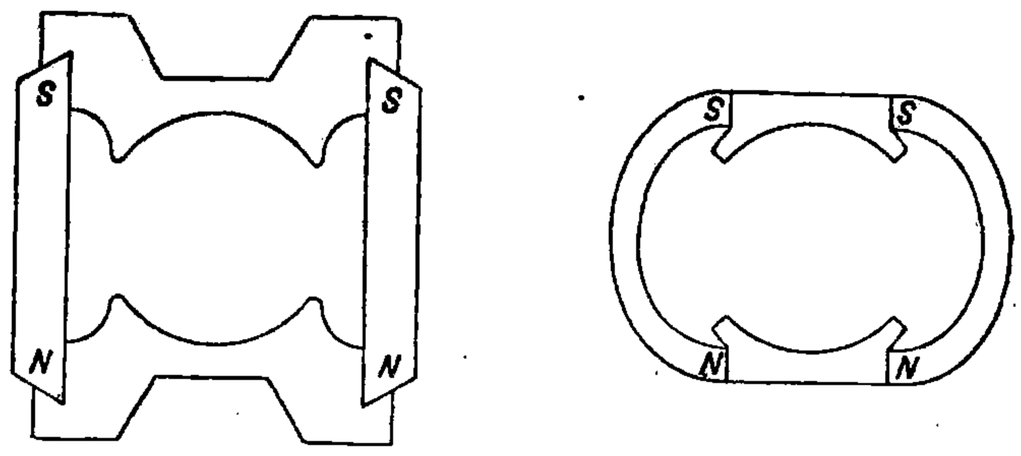
Фиг. 3.



Фиг. 4.

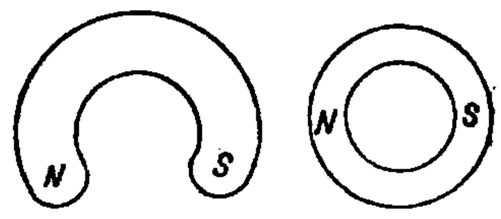
тометрах — цилиндрич. стержней. 4) Для магнито-электрич. генераторов, если М. п. неподвижны, применяют подковообразную форму (вольфрамовая сталь) или подобно тому, как показано ниже на фиг. 5 (кобальтовые магниты), или же в виде стержней, собранных на вращающемся колесе (кобальтовые М. п.).

Испытание М. п. в большинстве случаев сводится к измерению остаточной индукции в нейтральном сечении при помощи баллистич. гальванометра или флюксметра, к к-рым присоединяют катушку, надетую на М. п. Сдергивая катушку с нейтрали М. п., наблюдают отклонение гальванометра a. Остаточную индукцию B_N вычисляют по ф-ле: $B_N=\frac{Ca}{Sn_2}$, где C—постоянная гальванометра в единицах магнитн. потока на 1 деление по шкале для данного сопротивления, на к-рое замкнут гальванометр, S—сечение М. п. в $см^2$, n_2—число витков измерительной катушки. Фирмы Сименс и Гальске, Гартмана и Брауна изготовляют приборы (магнитометры), позволяющие измерять приближенно B_N и коэрцитивную силу под-



Фиг. 5.

ковообразных М. п. По конструкции приборы аналогичны магнито-электрическим измерительным приборам. Стационарный постоянный М. п. заменяется испытуемым. Приборы очень удобны для массовых сравнительных испытаний однотипных М. п., абсолютная же точность их невелика. Определение части гистерезисной кривой между B_r и H_c как правило производится не на готовых М. п., а на образцах из того же материала, нормальными способами, принятыми в магнитных измерениях. Получение всей этой кривой на готовом М. п. сопряжено с большими технич. затруднениями, а для некоторых форм совершенно невыполнимо. Измерение остаточной индукции в замкнутой цепи B_r и коэрцитивной силы H_c для некоторых форм М. п. можно выполнить без особого труда на готовом М. п. На М. п. в нейтральном сечении надевают измерительную катушку, соединенную с флюксметром. На ножки М. п. надевают намагничивающие катушки. М. п. замыкают плотно пригнанным якорем, сечение которого в несколько раз больше сечения М. п., и в замкнутом состоянии намагничивают. После намагничивания якорь отрывают, замечая при этом отклонение флюксметра, пропорциональное $B_r—B_N$ (фиг. 2). Сдергивая затем измерительную катушку с нейтрального сечения, получают отклонение,



Фиг. 6.

пропорциональное B_N. Сумма обоих отклонений пропорциональна B_r. При измерении H_c, испытуемый М. п. помещают в пустотелую намагничивающую катушку такой длины, чтобы М. п. находился в достаточно равномерном поле. На М. п. надевают катушку, которая может сдергиваться с него. М. п. намагничивают, устанавливая соответствующий ток в намагничивающей катушке. Затем ток постепенно уменьшают до нуля, изменяют направление, устанавливают вначале небольшую силу тока, постепенно в дальнейшем повышая ее. Каждый раз наблюдают отклонение гальванометра при сдергивании измерительной катушки. Коэрцитивная сила равна тому напряжению размагничивающего поля (вычисляют по ампервиткам намагничивающей катушки), при которой гальванометр не будет давать отклонения в момент сдергивания измерительной катушки.

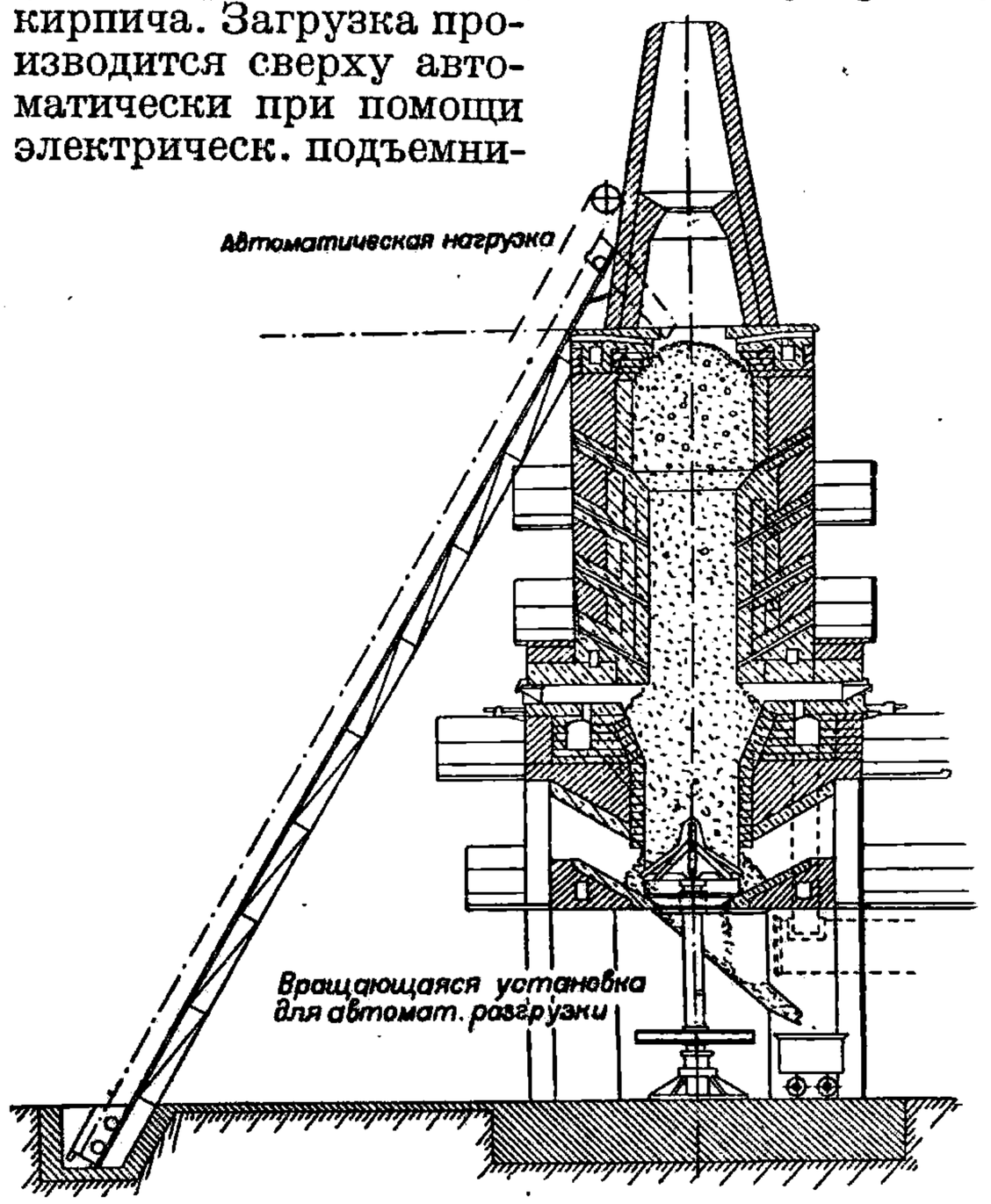
Лит.: [1]) Eversheds., Permanent Magnets in Theory a. Practice, «Journal of the Institution of the Electrical Engineers., L., 1925, v. 63, *344*, p. 725; [2]) Schulze E., Ein einfaches Verfahren zum Magnetisieren von permanenten Magneten, «ETZ», 1928, B. 49, H. 26, p. 969; [3]) Воскресенский В. А., Метод получения мгновенных импульсов тока большой силы и применение этого метода для намагничивания постоянных магнитов, «Электричество», М.—Л., 1927, *5*, стр. 168; [4]) Яновский Б. М., Намагничивание постоянных магнитов одновременным действием постоянного и переменного токов, «Электричество», М.—Л., 1928, *1—2*, стр. 16; [5]) Eversheds., Permanent Magnets in Theory a. Practice, «Journal of the Institution of the Electrical Engineers», L., 1920, v. 58, *295*, p. 780; [6]) Picou R. V., Les aimants, leur calcul et la technique de leurs applications, P., 1927; [7]) Яновский Б. М., Расчет постоянных магнитов прямолинейной формы, «Временник Главной палаты мер и весов», Л., 1929, вып. 3(15), стр. 222; [8]) его же, Методы получения устойчивых магнитов в магнитометрах для измерения горизонтальной составляющей земного поля, «Журнал геофизики и метеорологии», Л., 1929, т. 6, вып. 1, стр. 3; [9]) Thompson S. P., The Magnetism of Permanent Magnets, «Journal of the Instit. of the Electr. Engin.», L., 1912, v. 50, *217*, p. 80 (дан перечень литературы до 1912 г.); [10]) Grau R. C., The Magnetic Stability of Permanent Magnets, «The Phylosophical Magazine», L., 1926, v. 2, *9*, p. 521; [11]) Watson E. A., The Economic Aspect of the Utilisation of Permanent Magnets in Electrical Apparatus, «Journ. of the Instit. Electr. Engin.», 1925, v. 63, *344*, p. 822; [12]) Watson E. A., Permanent Magnets a. the Relation of Their Properties to the Constitution of Magnet Steel, «J. I. E. E.», ibid., L., 1923, t. 61, *328*, p. 641.

Е. Шрамков.

МАГНИЯ СОЕДИНЕНИЯ. Являясь весьма активным металлом, Mg легко вступает в химич. соединения с разнообразными элементами, выделяя при этом значительное количество тепла, а также легко взаимодействует с к-тами, образуя соли. Во всех соединениях Mg его валентность равна 2. Большинство солей Mg, за исключением углекислой и фосфорнокислой, растворимо в воде. От других металлов II группы Mg отличается тем, что в присутствии избытка солей аммония он не осаждается аммиаком и карбонатами. Аналитическое определение Mg производят обычно весовым путем, осаждая из растворимой Mg-соли фосфат состава $NH_4MgPO_4 \cdot 6H_2O$, и прокаливанием, переводя последний в пирофосфорномагниевую соль $Mg_2P_2O_7$. Техническое значение имеют окись магния и некоторые его соли.

Окись магния, MgO, встречается в природе в виде минерала периклаза. Она образуется при горении на воздухе металлич. Mg, а также при прокаливании магнезита (углекислого Mg) до 750°, хлористого Mg и других солей его при доступе воздуха; полученный т. о. рыночный продукт называется жженой магнезией; MgO — рыхлый легкий порошок, уд. вес 3,4, $t°_{пл.}$ ~2 600°, $t°_{кип.}$ ~2 800°. MgO, полученная при невысоких $t°$, легко растворяется в кислотах с образованием солей и вступает в соединение с водой с образованием гидрата, $Mg(OH)_2$, но, будучи сильно прокалена, она приобретает значительную твердость (царапает стекло) и стойкость по отношению к к-там и воде.

Технич. получение MgO основано на обжиге магнезита. На фиг. 1 изображена печь, применяемая для этой цели фирмой Ceramic Society. Вертикальная камера не имеет сужения в зоне обжига. Наиболее горячая зона выложена кирпичом из магнезита, остальные зоны — наилучшим огнеупорным кирпичом; кроме того по всей высоте печи имеется вторичная обкладка из огнеупорного кирпича. Загрузка производится сверху автоматически при помощи электрическ. подъемника. Загружаемый магнезит постепенно спускается и проходит через зону полного обжига, доходя до зоны охлаждения у основания печи; отсюда MgO автоматически выгружается в вагонетки. Весь процесс продолжается 40 ч.; из них в зоне обжига магнезит находится 3 ч. Воздух засасывается через отверстия внизу, в поду печи; в зоне обжига он приобретает весьма высокую $t°$; кроме этого воздух подается через кирпичную обкладку, причем он предварительно нагревается. Газ поступает из особого газогенератора и нагревается перед поступлением в печь. Темп-ра обжига доходит до 1 700°. Отходящие газы выходят из печи нагретыми до 150°. MgO м. б. также получен как побочный продукт при получении KCl из карналлита (см. *Калийная промышленность*); для этого «конечный щелок» подвергают нагреванию и при $t°$ в пределах от 100 до 500° $MgCl_2$ разлагается по ур-ию:



Фиг. 1.

$$MgCl_2 + H_2O = MgO + 2HCl.$$

MgO имеет разнообразное применение в технике. При получении металлич. Mg путем электролиза MgO служит электролитом, подвергающимся разложению (см. *Магний*). MgO служит для получения некоторых цементов (например магнезиального цемента Сореля), искусственных камней и пластич. масс, в частности *ксилолита* (см.), для вмазывания платиновых и других тиглей, для изготовления огнеупорных тиглей и кирпичей, для обкладки пламенных печей и бессемеровских конвертеров, в качестве обкладки печей при томасовском процессе, в аммиачносодовом производстве, при конструировании известковоцементных и стронцианитовых печей и для выработки магнезиальных кирпичей (из магнезита и из магнезиальных отходов стассфуртских солей).

Гидрат окиси магния, $Mg(OH)_2$, встречается в природе в виде минералов брусита и немалита; получается он при действии щелочей на соли Mg в виде объемистого студенистого белого осадка; уд. вес 2,36; из воздуха $Mg(OH)_2$ поглощает влагу и углекислоту; растворимость $Mg(OH)_2$ в воде не превышает 10 *мг/л*, но раствор имеет явно щелочную реакцию вследствие диссоциации. При 100° можно получить высушенный $Mg(OH)_2$ без потери гидратной воды; при $t°$ красного каления он переходит в MgO. $Mg(OH)_2$ получается, так же как и MgO, из конечного щелока при получении KCl действием на $MgCl_2$ известковым молоком:

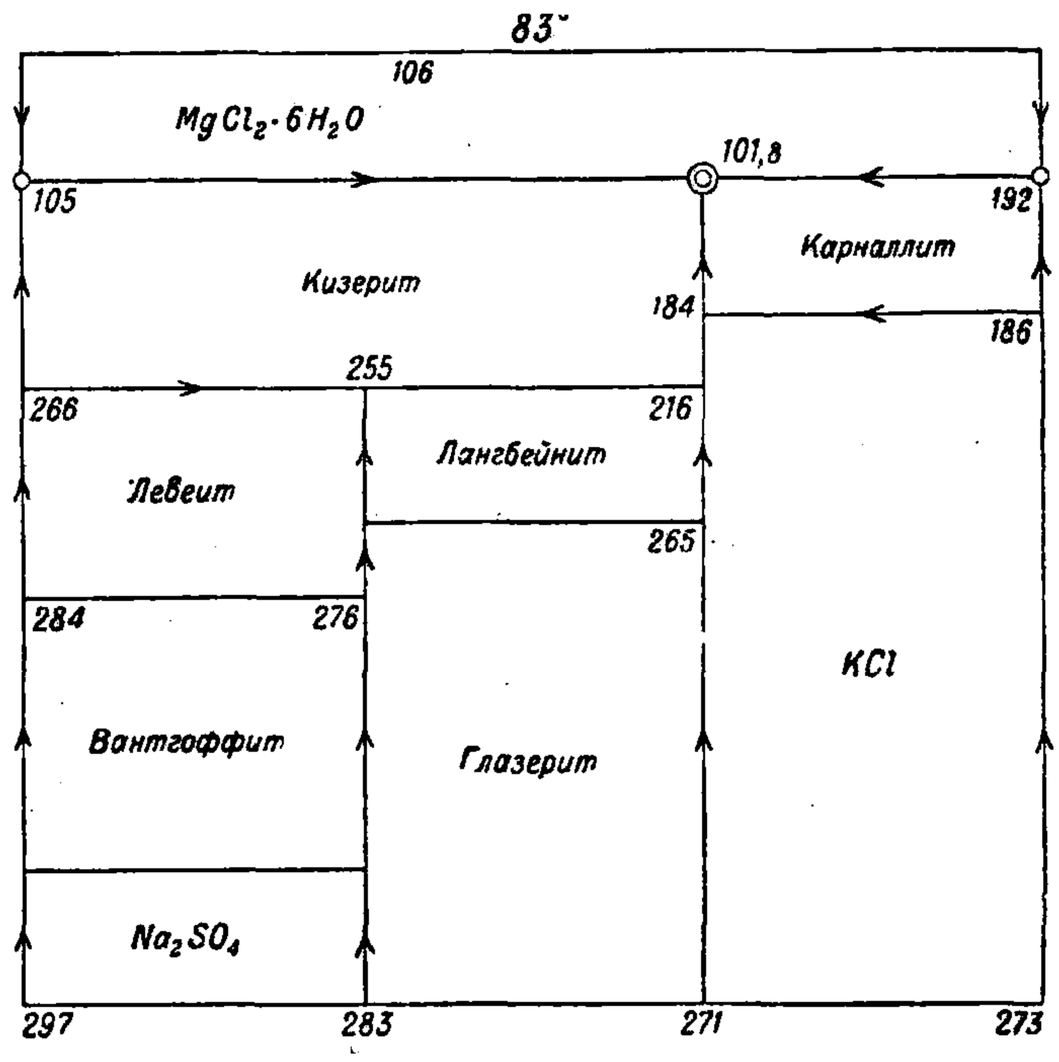
$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 = Mg(OH)_2 + CaCl_2.$$

$Mg(OH)_2$ применяется в качестве противоядия при отравлении мышьяковыми соединениями.

Углекислый магний, $MgCO_3$, встречается в природе в виде *магнезита* (см.), а в смеси с углекислым кальцием в виде мощных отложений *доломита* (см.); уд. вес 3,04; при нагревании до 550° $MgCO_3$ разлагается на MgO и CO_2. Растворимость $MgCO_3$ в воде незначительна и при повышении $t°$ понижается: так, при 15° в 1 *л* воды растворяется 0,0095 моля $MgCO_3$, а при 35° 0,0071 моля. В последнее время выяснено, что магнезит и доломиты могут иметь применение в с. х-ве для целей, аналогичных известкованию почвы. Внесение MgO (в отношении 1 : 2 к CaO) содействует повышению урожая и уменьшает кислотность почв, усиливая тем самым действие CaO при известковании. Поэтому содержание MgO в известняках является благоприятным при применении их для известкования. $MgCO_3$ применяется также для внутренней обкладки бессемеровских конвертеров и для набойки печей при томасовском процессе. При кипячении водного раствора $MgCO_3$ образуется основная углемагниевая соль в виде белой пористой массы, к-рую можно рассматривать так же, как смесь $MgCO_3$ и $Mg(OH)_2$; под названием белой магнезии она применяется в медицине.

Хлористый магний, $MgCl_2$, получается при нагревании MgO с углем в токе хлора, при нагревании водной двойной соли хлористого аммония и Mg в токе HCl или при прокаливании безводной соли в виде бесцветных кристаллов; уд. в. 1,61; $t°_{пл.}$ 718°; в присутствии следов H_2O дымит на воздухе и разлагается на HCl и MgO; в токе водорода $MgCl_2$ при $t°$ красного каления возгоняется. В природе чаще всего встречаются гидраты хлористого Mg с 6 молекулами кристаллизационной воды (бишоффит) и двойная соль с хлористым калием (карналлит); из них состоят отложения $MgCl_2$ в Стассфуртских, а также Соликамских месторождениях. Среди солей Mg, образующих Стассфуртские отложения, следует назвать следующие: карналлит $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6\,H_2O$ (ок. 55—65% всей массы), каинит $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3\,H_2O$ (1—2%), кизерит $MgSO_4 \cdot H_2O$ (10—20%), тахгидрит $2MgCl_2 \cdot CaCl_2 \cdot 12H_2O$ (2—4%). Известны также гидраты $MgCl_2$ с 2, 4, 8 и 12 молекулами воды. Кроме того в значительном количестве $MgCl_2$ содержится в морской воде и в воде многих соляных озер. Особенно велики запасы $MgCl_2$ в Мертвом море (Палестина); они исчисляются в 12 млрд. *т*. Для калийной промышленности соли магния представляют отброс (см. *Калийная промышленность*, переработка карналлита). Выделение калиевых солей производится главн. обр. из карналлита и каинита; перекристаллизацию их нельзя производить из воды, ибо чистый KCl мог бы выкристаллизовываться лишь при значительном избытке $MgCl_2$. Поэтому перекристаллизацию производят из концентрированного раствора $MgCl_2$, полученного в качестве отхода при предыдущей кристаллизации.

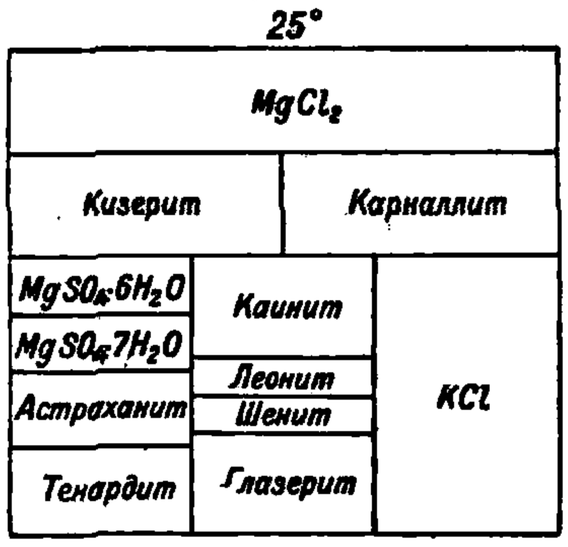
Вант-Гофф подробно изучил условия кристаллизации солей Mg при различных $t°$ в присутствии и в отсутствии NaCl. На фиг. 2 представлена схема кристаллизации при $t° = 83°$. Стрелками указана последовательность кристаллизации двойных солей, конечной стадией к-рой является выделение $MgCl_2 \cdot 6\,H_2O$ (точки, обведенные кружками). Приведенные на фиг. 2 числа соответствуют упругости растворения данного раствора в начале и в конце кристаллизации соответствующих солей. Взаимное расположение отдельных соприкасающихся прямоугольников в схеме дает указание относительно того, какие соли могут выделяться одновременно в виде кристаллов. При других $t°$ эти соотношения меняются; они изображены схемами фиг. 3—6. В то время как при 25° в схеме еще присутствует соль $MgSO_4 \cdot 7\,H_2O$, к-рая оказывается способной к кристаллизации одновременно с гексагидритом, каинитом, леонитом, шёнитом и астраханитом,— при 27,5° эта соль уже не может находиться в твердом виде наряду с каинитом, а также наряду с гекса-



Фиг. 2.

гидритом, леонитом и астраханитом; шёнит же вообще не может существовать при этой $t°$; при более высокой $t°$ появляются новые соли: так, при 61,5° выкристаллизовывается вантгоффит, который при более низких $t°$ распадается. $MgCl_2$ выпадает из маточного раствора последним.

$MgCl_2$ в технике в последнее время приобретает громадное значение. 1) Действием перегретого пара на $MgCl_2$ получается высокосортная соляная кислота, не содержащая примеси мышьяка и серной к-ты; при этом наступает гидролиз с образованием HCl и MgO. 2) При нагревании CaS (отброса при производстве соды по методу Леблана) с $MgCl_2$ образуется MgS, тотчас же подвергающийся гидролизу с образованием H_2S:



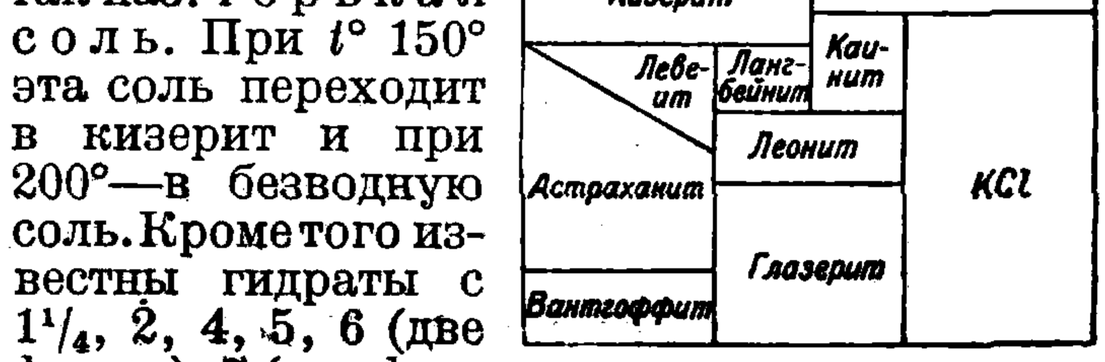
Фиг. 3.

$$CaS + MgCl_2 + 2H_2O = CaCl_2 + Mg(OH)_2 + H_2S;$$

сероводород м. б. переработан на SO_2, H_2SO_4 или свободную серу. 3) При прокаливании $MgCl_2$ до $t°$ красного каления кислород воздуха вытесняет из него свободный хлор:

$$2MgCl_2 + O_2 = 2MgO + 2Cl_2.$$

4) При действии MgO на концентр. раствор $MgCl_2$ образуется основная хлористоводородная соль, имеющая большое применение в строительной и аппаратурной технике в качестве связующего материала (цемент Сореля, магнезиальная замазка); в смеси с древесными и пробковыми опилками эта соль образует ксилолит; при обработке хлористым магнием целлюлозы образуется пластическая масса с твердостью слоновой кости; измельченный кремень или наждак в смеси с магнезитом при обработке крепким раствором $MgCl_2$ дает материал для искусственных жерновов, производство которых является довольно крупной отраслью промышленности. Кроме того растворы $MgCl_2$ имеют применение в холодильном деле, а также для составления шлихты в ткацком деле, для апретуры. За последние годы потребность в $MgCl_2$ сильно возрастает в связи с использованием его в качестве сырья для получения металлического *магния* (см.), приобретающего исключительное значение в технологии легких сплавов. До последнего времени главным экспортером $MgCl_2$ была Германия. В настоящее время Deutsches Chlormagnesium Syndikat строит крупный завод $MgCl_2$ в Биттерфельде, вблизи Стассфуртских месторождений. В США в 1926 г. производством $MgCl_2$ были заняты 4 завода с общей производительностью (впоследствии значительно понизившейся) 23 800 *m* $MgCl_2$ на сумму ок. 700 тыс. долл. В Канаде фирма Canadian Industries Ltd приступила к постройке большого з-да $MgCl_2$ в 1929 г. Неограниченные перспективы производства $MgCl_2$ открываются перед концессией, предпринявшей эксплоатацию Мертвого моря; для кристаллизации $MgCl_2$ здесь предположено использовать энергию солнечных лучей. Мировая торговля $MgCl_2$ в 1929 г. доходила до 35—40 тыс. *m*.



Фиг. 4.

Фиг. 5.

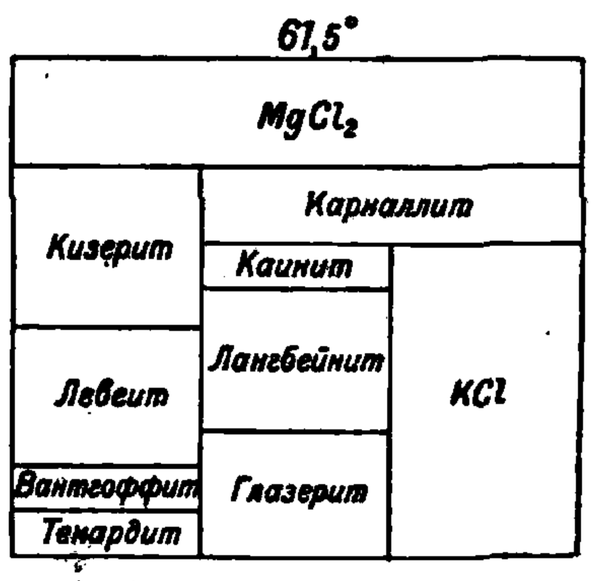
Сернокислый магний, $MgSO_4$, встречается в природе в виде минерала кизерита, $MgSO_4 \cdot H_2O$, в Стассфуртских отложениях и выкристаллизовывается (также в виде одноводных кристаллов) из горячих растворов (точка перехода 68°). В холодной воде $MgSO_4$ мало растворим, почему и м. б. легко отделен путем кристаллизации. Кроме того при низких $t°$ (2÷48°) из растворов выделяется семиводная форма, так наз. горькая соль. При $t°$ 150° эта соль переходит в кизерит и при 200°—в безводную соль. Кроме того известны гидраты с $1^1/_4$, 2, 4, 5, 6 (две формы), 7 (две формы) и 12 молекулами воды. Технич. применение $MgSO_4$ основано на реакции восстановления его в окись магния углем:

$$2MgSO_4 + C = 2MgO + CO_2 + 2SO_2.$$

Кроме того $MgSO_4$ применяется для получения K_2SO_4 (производство удобрений) из хлористых солей калия. $MgSO_4$ содержится в воде морей, соляных озер и многих минеральных источников (Карлсбад, Гуниади-Янос, Апента и др.). $MgSO_4$ применяется также и в медицине в качестве слабительного (английская соль).

Основной сульфит магния, $MgSO_3 \cdot 2Mg(OH)_2$, получается при пропускании SO_2 в суспензию $Mg(OH)_2$ и применяется в сахарном производстве.

Фосфорнокислый магний, $Mg_3 \cdot (PO_4)_2$, содержится в виде примеси в природных фосфоритах. По опытам Врангеля фосфат магния усваивается растениями лучше, чем фосфат кальция. Двойная соль фосфорнокислого Mg и аммония $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ имеет большое значение в химич. анализе вследствие весьма малой растворимости в воде и в слабом аммиачном растворе (при 15° 1 ч. $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ растворяется в 13 500 частях воды и в 52 400 частях $2^1/_2$%-ного раствора NH_4OH); соль эта служит для определения ионов Mg и фосфорной кислоты.



Фиг. 6.

Фосфид магния, Mg_3P_2, получается при нагревании Mg с красным фосфором и образует при разложении водой фосфористый водород.

Бромистый магний, $MgBr_2 \cdot 6H_2O$, бесцветные кристаллы уд. в. 3,72, $t°_{пл.}$ 711°; содержится в морской воде и во многих источниках; встречается в отбросных солях калий-

ной промышленности и используется для получения брома.

Мышьяковокислый магний, $Mg_3(AsO_4)_2$, образует с аммонийными солями кристаллич. двойную соль $MgNH_4AsO_4$, аналогичную фосфорноаммонийномагнезиальной соли, весьма слабо растворимую в воде; уд. вес 1,74, $t°_{пл.}$=650° и $t°_{кип.}$=1 120°.

Карбид магния, MgC_2, образуется при нагревании смеси порошка MgO с углем в парах бензола или ацетилена; водой он разлагается с образованием ацетилена; см. *Карбиды*.

С кремнием Mg образует соединение состава $SiMg_2$, силицид магния, при разложении которого образуются водородные соединения кремния—силан.

Силикаты магния встречаются в природе в виде разнообразных минералов: форстерита (Mg_2SiO_4), оливина ($n\,Mg_2SiO_4 \cdot FeSiO_4$), талька (см. *Жировик*), серпентина (см. *Змеевик*) и др.; кроме того Mg входит в состав столь распространенных пород, как авгититы.

Нитрид магния, Mg_3N_2, образуется при нагревании Mg в закрытом тигле (при умеренном доступе воздуха) с значительным выделением тепла. При разложении Mg_3N_2 водой образуется NH_3 по реакции:

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3.$$

Эта реакция является одним из путей связывания атмосферного азота.

Азотнокислый магний, $Mg(NO_3)_2$, уд. веса 1,464, находится в маточных растворах при кристаллизации чилийской селитры.

Бораты Mg находятся в виде различных форм (орто-, пиро-, метабораты) в Стассфуртских месторождениях и в виде отдельных минералов (борацит, калиборит); их получают также синтетически, сплавляя вместе борную к-ту, MgO, $MgCl_2$ и HCl.

С другими металлами Mg образует ряд соединений, определенного стехиометрического состава, напр.: Mg_2Cu, $MgCu_2$, Zn_2Mg, Al_3Mg_4, $SnMg_2$, $PbMg_2$, Sb_2Mg_3, Bi_2Mg_3, NiMg, $NiMg_2$ и др. (см. *Магния сплавы*, а также *Спр. ТЭ*, т. II).

Уксуснокислый магний, $Mg(C_2H_3O_2)_2 \cdot 4H_2O$, получается растворением $MgCO_3$ в уксусной кислоте; он кристаллизуется в моноклинных кристаллах, растворимых в воде и спирте; удельн. вес 1,45, безводного—1,42; применяется в медицине как слабительное, в крашении служит для закрепления на ткани черного анилина; основной ацетат магния, получаемый растворением MgO в уксуснокислом магнии, служит антисептич. и дезинфицирующим средством.

Магнийорганические соединения, см. *Металлоорганические соединения*, *Гриньяра реакция*.

Лит.: Менделеев Д. И., Основы химии, т. 1—2, М.—Л., 1927—28; Федотьев П. П., Крупная минеральная химич. и электрохимич. промышленность за последнее десятилетие, Л., 1925; Кедров-Зихман О. К., Записки Белор. с.-х. академии, т. 4, Горки, 1927; Ephraim F., Anorganische Chemie, 4 Aufl., Dresden—Leipzig, 1929; Oppenheimer C., Kurzes Lehrbuch d. Chemie in Natur und Wirtschaft, Leipzig, 1923; Thorpe E., Dictionary of Applied Chemistry, 2 ed., L., 1928, t. 4; Dix années d'efforts scientifiques et industriels, P., 1925, t. 1, p. 351; Ullm. Enz., B. 7. **Б. Беркенгейм.**

МАГНИЯ СПЛАВЫ, сплавы, состоящие из Mg как преобладающего компонента (85—90%) с добавкой ряда других металлов, чаще всего Al, Cd, Cu, Mn, Ni, Zn. См. *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 151.

Физико-химические свойства. Со всеми этими металлами Mg образует интерметаллич. соединения—твердые и хрупкие вещества. Присутствие этих соединений в свободном виде понижает пластические свойства сплавов и увеличивает их тенденцию к коррозии. Подобно легким сплавам с основой из Al, М. с. обнаруживают явления старения, тесно связанные с изменением предельной растворимости примесей в твердом Mg при изменении $t°$, что используется для улучшения механич. свойств М. с. Способность Mg давать твердые растворы с другими металлами так мало развита и их предельная концентрация столь невелика, что только последние работы выяснили (пока не полно) природу М. с., лежащих вблизи чистого Mg. Приводим данные о важнейших двойных системах, лежащих в основе М. с.

Mg-Al. Ближайшее к магнию соединение Mg_3Al_2 с $t°_{пл.}$ 454° [1] дает с Mg эвтектику с 32% Al, $t°_{пл.}$ 436° [1]. Предельный твердый раствор при 436° содержит 11% алюминия, при 300°—7,5%, дальше растворимость не меняется. — Mg-Cd. Соединение MgCd с $t°_{пл.}$ 427° [3] дает непрерывные твердые растворы со своими компонентами выше 255°, ниже этой $t°$ наблюдается разрыв при содержании Mg от 22,5 до 80% [4]. По новейшим исследованиям существование соединения MgCd отвергается, а указывается новое—$MgCd_2$ [5].—Mg-Cu. Соединение Mg_2Cu с $t°_{пл.}$ 570° [6] дает с Mg эвтектику с 32% Cu, $t°_{пл.}$ 485°. Предельная растворимость Cu в твердом Mg при 485° составляет 0,4—0,5% и падает до 0,1% при комнатной темп-ре [7].—Mg-Mn. Кривая Liquidus'a с прибавлением Mn круто поднимается вверх [2].—Mg-Ni. Соединение Mg_2Ni с $t°_{пл.}$ 768° дает с Mg эвтектику, которая содержит 34% Ni с $t°_{пл.}$ 512° [3]. Твердых растворов не обнаружено.—Mg-Si. Соединение Mg_2Si с $t°_{пл.}$ 1 102° [9] дает с Mg эвтектику, содержащую 1,4% Si с $t°_{пл.}$ 645° [2].—Mg-Zn. Соединение $MgZn_2$ [10] с $t°_{пл.}$ 590°, реагируя с жидкой фазой Mg, при 354° дает MgZn. Эвтектика содержит 52% Zn и плавится при 340° [11]. Предельный твердый раствор при эвтектич. $t°$ содержит 6% Zn [2], по другим данным—12% Zn [12]; при комнатной $t°$ растворимость Zn в Mg падает до 1,8% [2]. Диаграммы равновесия двойных М. с. см. *Спр. ТЭ*, т. II.—Область твердых растворов в тройных сплавах с Mg-основой пока еще не изучена. В системе Mg-Al-Zn [13] найдено тройное соединение $Al_3Zn_6Mg_7$, плавящееся с разложением при 505°; ближайшие к магнию тройные эвтектики содержат: 47,5% Mg, 37,5% Al, 15% Zn ($t°_{пл.}$ 450°) и 51,5% Mg, 8,5% Al, 40% Zn ($t°_{пл.}$ 351°). В системе Mg-Al-Cd [14] отмечено наличие твердых растворов со стороны всех трех компонентов.

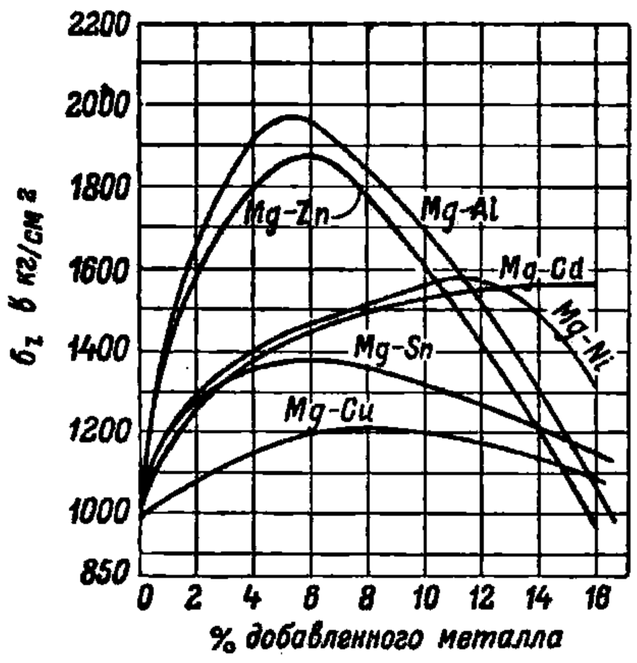
По своей микроструктуре двойные легкие М. с. состоят из зерен богатого твердого раствора и соответствующих эвтектик, если содержание добавок лежит за пределами их растворимости. Характер эвтектических выделений имеет большое значение. Зернистые эвтектики (Mg-Al, Mg-Zn) повышают твер-

дость и жесткость сплавов, но понижают сопротивление удару лишь постольку, поскольку глобулярные эвтектич. выделения нарушают непрерывность кристаллитов магниевого твердого раствора. Пластинчатые эвтектики (Mg-Cu, Mg-Ni) также повышают твердость и жесткость сплавов, но, располагаясь вокруг зерен твердого раствора в виде сетки, понижают сопротивление удару и кроме того пластичность. Поэтому, желая добиться повышения механических свойств М. с. без большого ущерба для ударной прочности и пластичности, обыкновенно стремятся к получению эвтектики зернистого строения, что достигается соответствующим сочетанием добавок; напр., вводя Al в сплавы Mg-Cu, можно добиться изменения структуры эвтектики и улучшения механических свойств.

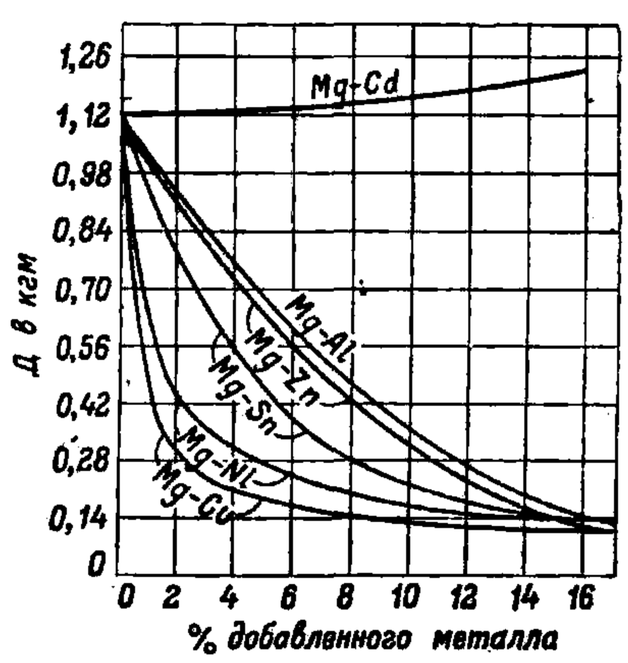
Табл. 1.—Свойства сплава «Электрон».

Свойства \ Марка	AZ. Литейный сплав	Z1. Сплав для обработки давлением: Продавл. на прессе	Z1. Сплав для обработки давлением: Твердокатаный	V1. Особо твердый и прочный, продавленный на прессе
Временное сопротивление на разрыв $\sigma_в$ в *кг/мм²*	12—15	26—28	29—32	34—36
Удлинение δ в %	2—4	18—22	2—3	10—12
Твердость по Бринелю	44,5	46—50	56—65	69—79
Твердость по Шору	10—15	14—20	22—23	16
Сопротивление удару в *кгм/см²*	0,48	0,9—1,1	—	—
Электропроводность (мо/*см*)	15—16	16—18	—	—
Теплопроводность (cal *см/см²* ск. °C)	0,32	0,32	—	—
Коэф. линейного расширения	—	0,000026	—	—
Усадка в %	1,10	—	—	—
$t°_{пл.}$	630°	635°	—	—
Удельный вес	1,80	1,81	—	1,83

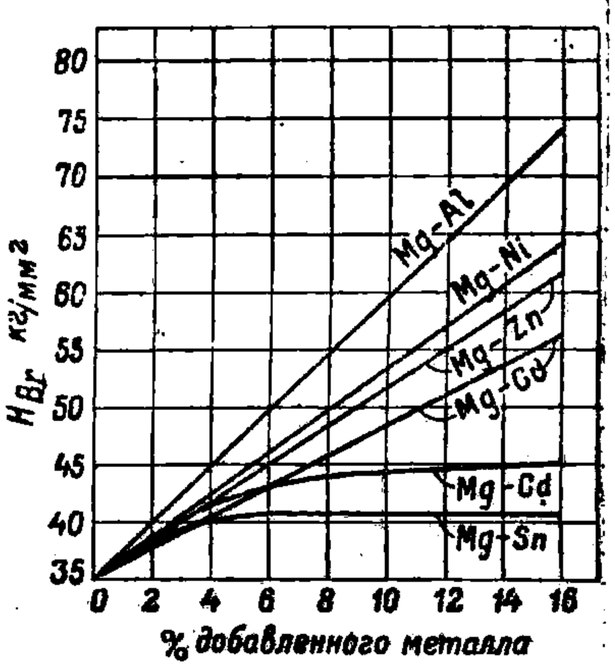
Механические свойства. Влияние отдельных примесей на механическ. свойства Mg [5] (временное сопротивление на разрыв $\sigma_в$, сопротивление удару D, твердость по Бринелю H_{Br}) видно из диаграмм фиг. 1, 2 и 3, данные которых относятся к сплавам, отлитым в песок (сопротивление удару D, полученное на копре Dow, относится к образцу с сечением $^1/_2 \times {}^1/_2$″ и с цилиндрическим надрезом в 0,125″ шириной и 0,125″ глубиной). Следует отметить, что наилучшими добавками являются Al, Zn и Cd; кроме них в легкие М. с. вводится Mn, улучшающий механич. свойства и стойкость против коррозии. Однако чистые двойные сплавы, за немногими исключениями (Mg-Al, Mg-Zn), применяются далеко не так часто, как тройные и еще более сложные сплавы. Из них наиболее интересными являются: сплавы типа «электрон», изготовляемые фирмой Griesheim-Elektron в Германии, и сплавы типа «Dowmetal» фирмы Dow Chemical Co. в США. Сплавы типа электрон состоят из Mg с небольшими добавками Al, Zn, Cu, Mn; повидимому основой этих сплавов является система Mg-Zn. Состав сплава электрон [16] в среднем таков: 4,2—7,6% Zn, 0,0—1,6% Al, 0,0—0,7% Cu, 0,0—0,35% Sn, 0,0—0,08% Mn, остальное Mg. По другим данным [17] есть три сорта электрона, в к-рых содержание Zn лежит в пределах 1—6% и Al в пределах 2—6%. Свойства электрона [18] указаны в табл. 1. См. *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 107, 393—5, 483.



Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.

Для сравнения приводятся свойства сплавов типа электрон вместе со сведениями об их составе. Сплав с 0,5% Cu и 4,5% Zn (повидимому продавленный на прессе) имел

Табл. 2.—Состав (в %) и применение сплава Dowmetal.

Марка	Al	Mn	Cu	Cd	Zn	Применение
F	4	0,3	—	—	—	Для отливок и поковок; очень пластичный и стойкий против коррозии
E	6	0,25	—	—	—	Для отливок и поковок; применяется там, где требуется максимальная прочность
D	8,5	0,15	2,0	1,0	0,5	Общелитейный сплав, особенно для тонких и сложных отливок; обладает большей твердостью и жесткостью, чем другие литейные М. с.
T	2	0,20	4	2	—	Для отливок и поковок; отличается высокой теплопроводностью, особенно применим для поршней двигателей внутреннего сгорания, более подвержен коррозии, чем перечисленные выше сплавы

[19]: $\sigma_в = 25{,}2—28{,}6$ *кг/мм²*; $\delta = 13—19\%$. Для близкого к нему по составу сплава (4,38% Zn, 0,22% Cu, 0,15% Al и 0,15% Si) найдено [20]: $\sigma_в = 28$ *кг/мм²*; предел пропорциональности $\sigma_p = 7{,}7$ *кг/мм²*; $\delta = 15\%$; относительное сжатие $\psi = 19\%$. Для сплава Z1 (с 5% Zn и следами Cu), продавленного на прессе, получено [21]: $\sigma_в = 25{,}5—29{,}5$ *кг/мм²*; $\delta = 17{,}5—22{,}5\%$, $\psi = 20—30\%$, $\sigma_p = 4{,}1—9{,}1$ *кг/мм²*. Для сплава AZM (5% Al, 3% Zn и 1% Mn), продавленного на прессе, получено [22]: $\sigma_в = 34{,}2$ *кг/мм²*; $\sigma_p = 9{,}4$ *кг/мм²*; $\psi = 16{,}5\%$. Сплавы типа Dowmetal по своим свойствам весьма близки к электрону. Их состав и область применения [15] приведены в табл. 2, а механич. свойства [15] в табл. 3, причем для сравнения приведены и свойства чистого Mg.

Т. о. по удельной прочности М. с. представляют значительные преимущества перед обычными черными металлами и приближаются к дуралюмину. Однако стойкость М. с. по отношению к коррозии оставляет желать лучшего. Особенно вредны включения гигроскопич. $MgCl_2$, которые, притягивая влагу, создают очаги коррозии. Добавка Mn способствует уменьшению коррозии [23], причем напр., чтобы уравновесить действие 4% Al, необходимо ввести в сплав не менее 0,3% Mn; при более высоком содержании Al количество Mn д. б. еще увеличено.

Изготовление микрошлифов и выявление микроструктуры. После шлифовки напильником и обработки наждачной бумагой от № 1 до № 000 (бумагу

Табл. 3.—Сравнение механических свойств сплавов Dowmetal и чистого Mg.

Свойства \ Марка	Литые сплавы*					Кованые сплавы				Продавл. на прессе				
	Mg	F	E	D	T	Mg	F	E	T	Mg	F	E	D	T
Удельный вес	1,74	1,76	1,78	1,84	1,82	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Врем. сопротивл. на разрыв $\sigma_в$ в *кг/мм²*	2,98	18,2	19,6	15,4	14,7	21	26,6	29,4	27,3	23,1	27,3	30,1	32,9	26,6
Предел упругости (нагрузка, дающая остающееся удлинение 0,5%) в *кг/мм²*	2,8	6,3	7,7	9,8	9,1	13,3	15,4	18,9	16,1	14	15,4	17,5	—	16,8
Сопрот. сжатию в *кг/мм²*	17,5	28	29,4	31,5	28	30,1	33,6	36,4	38,5	—	—	—	—	—
Удлинение δ (длина образца 2″) в %	5	8	7	2	3	7	16	11	7	10	16	11	7	10
Твердость по Бринелю	35	44	50	58	45	40	54	53	52	42	53	55	62	56
Тверд. по склероскопу	18	22	24	28	22	17	23	27	22	19	24	22	25	21
Сопротивление удару (Dow) в *кгм*	1,1	0,84	0,56	0,32	0,44	1,44	1,73	1,57	1,55	—	—	—	—	—
Сопротивл. перемен. нагрузкам (машина Eden-Foster), число ударов (в тысячах):														
по 4,6 *кгсм*	0,61	0,6	0,58	0,19	0,4	1	1,3	2,4	0,85	1	0,9	1,2	1	0,65
» 2,87 »	1,6	3	2,4	2,5	3	2,6	5	10	36	2,8	2,8	5	6,7	2,3
» 1,15 »	4,4	16	11	35	24	22	38	130	105	14	34	90	4	25
$t°_{пл.}$	651°	625°	610°	640°	640°	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Теплопроводность (100÷300°), cal *см/см²* ск.°C	0,38	0,23	0,20	0,30	0,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Коэф. линейного расширения общий для Mg, F, E, D и T и равняется 0,000029.

По своим механич. свойствам сплавы типа электрона и Dowmetal удовлетворяют требованиям военно-воздушного флота США [22], согласно к-рым литейные М. с. должны содержать не менее 85% Mg; уд. вес должен быть не свыше 1,85; $\sigma_в$—не менее 14 *кг/мм²* при удлинении (образец 2″) не менее 4%; твердость по Бринелю 40—50. (См. *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 106, 391—2, 483.) Сравнение свойств легких сплавов магния и других сплавов [15] приведено в табл. 4.

Табл. 4.—Сравнение свойств М. с. и других сплавов.

Свойства \ Сплавы	Dowmetal E литой	Dowmetal E кованый	Алюмин. сплав № 12	Дуралюмин	Серый чугун	Мягкая сталь 0,2% C
Удельный вес d	1,76	1,78	2,9	2,8	7,8	7,8
$\sigma_в$ в *кг/мм²*	19,6	29,4	14	45,5	21	43,4
Сопрот. удару (Dow) D в *кгм*	0,566	1,57	0,276	—	0,331	—
Удельная прочность ($\sigma_в : d$)	11	16,5	4,83	16,1	2,69	5,5
Удельн. сопр т. удару ($D : d$)	0,317	0,865	0,095	—	0,044	—

полезно предварительно натереть парафином) образцы полируют на бархате, хорошо смоченном очень слабым раствором NaOH, в к-ром суспендирована отмученная Al_2O_3 (или MgO). Для получения хороших результатов полезно слегка протравить полированный образец слабым раствором HNO_3 и повторить полировку. Для выявления микроструктуры чаще всего применяют HNO_3 в 2%-ном растворе (водном или спиртовом) при комнатной $t°$. Во время травления (в течение 5—10 ск.) следует все время двигать образец в жидкости; затем образец промывают последовательно водой и спиртом (или ацетоном) и быстро высушивают в струе теплого воздуха.

Плавка и отливка [15, 24, 25, 26, 27]. Приготовление и отливка сплавов магния представляют ряд затруднений. При температуре лишь немно-

гим выше $t°_{пл.}$ магния (651°) как сам магний, так и сплавы магния очень легко загораются при соприкосновении с воздухом. Плавка в графитовых и глиняных тиглях загрязняет металл кремнием, вследствие чего ее производят в железных тиглях. Для защиты металла от загорания обычно пользуются флюсами из расплавленных солей, например 72% $MgCl_2$ и 28% MgF_2; или 68% $MgCl_2$, 24,5% KCl, 4,5% NaF, 3% CaF_2. Первый флюс вязок и удобно снимается перед разливкой металла, но не всегда хорошо покрывает металл; второй жидкоплавок, но трудно удаляется, вследствие чего он может попасть в форму вместе с металлом. Добавка фтористых солей имеет своей целью освободить сплав от MgO. Применяются и другие смеси, например 60% $MgCl_2$ и 40% KCl (или NaCl). По способу Dow Chemical Co. плавка ведется в тиглях из литой стали (диаметром 60 *см* и высотой 80 *см*), причем топливом служит жидкое горючее. В тигель загружают флюс (от 60 до 70 *кг*), а затем металл (135 *кг*). Флюс плавится первым и покрывает собой металл. Температура разливки лежит обычно около 660°±15°. Отливку часто производят в железные *кокили* (см.), что дает лучшие механические свойства, чем отливка в песок. При отливке в песчаные формы последние д. б. просушены при высокой $t°$ для полного удаления влаги. К формовочному песку прибавляют специальные добавки, предупреждающие загорание металла у отверстия формы (сера, борная кислота). Для этой цели еще применяют припудривание форм серным цветом и зажигание смеси серы с бензином у отверстия формы. Рекомендуется также вытеснение воздуха из формы угольным или сернистым ангидридом. В случае применения указанных способов требуется хорошая вентиляция литейной.

Термическая обработка [15,26,28]. Процессы старения, служащие для улучшения механич. свойств сплавов типа дуралюмина, применимы и к М. с., но только к таким, в которых имеются добавки, образующие с Mg твердые растворы переменной концентрации. Выдерживая такой сплав при $t°$, близкой к эвтектической, переводят эти примеси в твердый раствор и путем закалки удерживают их в состоянии твердого раствора при комнатной $t°$. При разложении такого пересыщенного твердого раствора в нем появляются мелкодисперсные образования избыточных составляющих, что способствует улучшению механич. свойств сплава. Необходимо отметить, что в сплавах типа дуралюмина разложение пересыщенных твердых растворов идет уже при комнатной $t°$ (естественное старение); в М. с. этот процесс требует выдерживания сплавов при $t°$ около 150° (искусственное старение). Например для сплава с 13% Al [15] после закалки при 420° и 15 часов старения при 150° получено: $\sigma_z = 22{,}4$ *кг/мм²* и $H_{Br} = 80$; до обработки тот же сплав имел: $\sigma_z = 15{,}4$ *кг/мм²* и $H_{Br} = 60$. При отжиге М. с. необходимо принимать меры против окисления, например ведение процесса в вакууме или покрывание порошком CaF; порошки CaO или MgO способствуют окислению сплавов.

Механическая обработка [15]. Обработка М. с. давлением возможна только выше 250°; на холоду М. с. быстро наклепываются и делаются хрупкими. Обработке давлением должен предшествовать перевод примесей в твердый раствор путем соответствующей термической обработки. Для сплавов Dowmetal ковка производится после 16 часов отжига при 420°, причем инструменты д. б. подогреты до той же $t°$. Для сплава с 4% Al $t°$ ковки лежит в интервале от 480° до 275°; с 8% Al—в интервале от 420° до 300°. Сплавы Dowmetal могут также обрабатываться продавливанием на прессе (при $t°$ около 310°) и прокатываться в горячем состоянии до толщины 0,125 *мм*. Отжиг прокатанных листов при 250° повышает удлинение и понижает сопротивление на разрыв. Обработка резанием очень легка; скорости резания составляют от 200 до 420 *м/мин*. Применяются резцы из углеродистой стали и без смазки.

Отделка поверхности [15, 27]. Для предохранения М. с. от коррозии предложено много способов, но повидимому еще нет ни одного, который можно было бы считать удовлетворительным во всех отношениях. При нагревании в парах воды под высоким давлением (Ам. П. 1451755) М. с. покрываются толстым и плотным слоем окиси, предохраняющей сплав от действия атмосферных агентов. Защитный слой получается также при анодной обработке М. с. в растворе фтористых солей (Ам. П. 1574289). Недавно предложено покрытие слоем фосфатов, путем погружения изделий в горячий раствор кислых фосфорнокислых солей; к такому слою особенно хорошо пристают краски и лаки. Для покрытия М. с. применяют различные лаки (эмалевые, целлюлозные) и краски (масляные и в новейшее время каучуковые). Все эти методы однако недостаточны для предохранения М. с. от разъедания морской водой, но они все же дают удовлетворительную защиту от атмосферной коррозии.

За последние годы сплавы с основой из Mg начинают приобретать все более и более широкое применение как материал для тех конструкций, где требуются сочетать высокие механические свойства и небольшой вес, т. е. преимущественно в авиа- и автостроении.

Лит.: [1]) Hanson D. a. Gayler M., «Journ. of the Institute of Metals», L., 1920, v. 24, p. 200; [2]) Schmidt W., «Ztschr. f. Metallkunde», B., 1927, B. 19, p. 452; [3]) Grube G., «Ztschr. f. anorg. Chemie», Lpz., 1906, B. 49, p. 72; [4]) Уразов Г. Г., «Ж», 1911, т. 43, стр. 752; [5]) Hume-Rothery W. and Rowell S. W., «Journ. of the Institute of Metals», L., 1927, v. 38, p. 137; [6]) Уразов Г. Г., «Ж», 1907, т. 39, стр. 1566; [7]) Hansen M., «Journ. of the Institute of Metals», L., 1927, v. 37, p. 93; [8]) Voss G., «Ztschr. f. anorg. Chemie», Lpz., 1908, B. 57, p. 64; [9]) Vogel R., ibid., 1908, B. 61, p. 50; [10]) Grube G., ibid., 1906, B. 49, p. 80; [11]) Hume-Rothery W. and Rounsefell E. O., «Journal of the Institute of Metals», L., 1929, v. 41, p. 119; [12]) Chadwick R., ibid., 1928, v. 39, p. 285; [13]) Eger G., «Intern. Ztschr. für Metallographie», B., 1913, B. 4, p. 29; [14]) Valentin J., «Revue de Métallurgie», P., 1926, t. 23, p. 295; [15]) Gann J. A. a. Winston A. W., «Industrial a. Engineering Chemistry», N. Y., 1927, v. 19, p. 1193; [16]) Staughton B. a. Miyake M., «Trans. of the Amer. Institute of Mining a. Metallurgical Engineers», N. Y., 1926, v. 73, p. 541; [17]) Daniels S., ibid., p. 558; [18]) Thomas F., «Ztschr. f. Metallkunde», B., 1923, B. 15, p. 20; [19]) Beckinsale S., «Journ. of the Institute of Metals», L., 1921, v. 26, p. 375; [20]) Light Metals a. Alloys, «U. S. Bur. of Stand. Circ.», Wsh.,

1927, *346*, p. 304; [21]) Anderson H., «Proceedings of the Amer. Soc. for Testing Materials», Philadelphia, 1924, v. 24, part 2, p. 990; [22]) U. S. Army Air Service Specification № 11301; [23]) Boyer J. A., «National Advisory Committee for Aeronautics Report», 1926, *248*; [24]) Thomas F., «St. u. E.», 1920, B. 40, p. 290; [25]) de Fleury R., «Revue de Métallurgie», P., 1926, t. 23, p. 649; [26]) Regelsberger F., Chemische Technologie d. Leichtmetalle, Leipzig, 1926, p. 307; [27]) Light Metals a. Alloys, «U. S. Bur. of Stand. Circ.», Wsh., 1927, *346*, p. 296 (имеется библиография); [28]) Meissner K. L., «Journ. of the Institute of Metals», L., 1927, v. 38, p. 195. **С. Погодин.**

МАЗИ КОНСИСТЕНТНЫЕ, смазочный материал, применяемый в тех случаях, когда жидкое смазочное масло благодаря конструктивным особенностям машины не может регулярно подаваться к трущимся поверхностям и долго на них держаться. Вследствие этого расход смазочного масла может оказаться непомерно большим и все же не обеспечивающим нормальной работы машины. В таких условиях предпочтительно применять М. к.—твердые или полутвердые при обыкновенной $t°$, но превращающиеся в жидкую смазку, когда $t°$ трущихся частей повысится до известного уровня. Для регулярной подачи М. к. применяются специальные масленки различных конструкций.

Главной составной частью М. к. является минеральное масло, содержание к-рого в различных М. к. выражается в 80—90%; вязкость колеблется в широких пределах в зависимости от назначения смазки. Для малых скоростей и больших нагрузок применяются мази, изготовленные на высоковязких маслах; для быстроходных же валов с небольшой нагрузкой—приготовленные на маловязких маслах (см. *Масла смазочные*). Вторым важнейшим компонентом М. к. являются мыла, играющие роль загустителей. Содержание мыла в М.к., а также выбор основания для мыла зависят от механич., $t°$-ных и иных условий работы данной М. к. Если например *требуется М. к. водоупорная*, то ее готовят на кальцийном мыле; растворимые же в воде М. к. приготовляют на натровых мылах. Употребляются иногда также калийные, алюминиевые и свинцовые мыла. Консистенция М. к. бывает чрезвычайно разнообразна: от мягких и пластичных при комнатной $t°$ до твердых и ломких на холоду; все зависит от способа их изготовления и в частности от количества и состава мыла, примененного для этой цели. Мыло для М. к. готовится обычным путем, т. е. обмыливанием растительных или животных жиров щелочью, например:

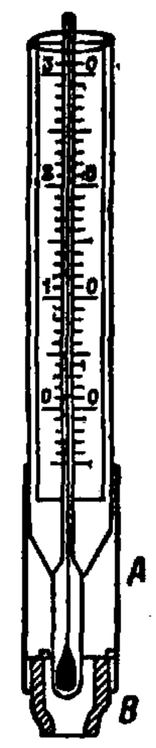
$$C_3H_5(C_{18}H_{33}O_2)_3 + 3\,NaOH = 3\,C_{18}H_{33}O_2Na + C_3H_5(OH)_3.$$
триолеин — едкий натр — натровое мыло — глицерин

Ни щелочь, ни жир не должны при этом оставаться в избытке, т. к. они вредно действуют на хорошо отполированные поверхности, напр. на шарико- и роликоподшипники: щелочь вызывает их ржавление, свободный же жир в присутствии влаги подвергается гидролизу, а образующаяся при этом свободная органич. кислота будет разъедать указанные поверхности. Мыла с другими основаниями готовятся путем обменного разложения щелочного мыла с соответствующими солями, например:

$$2\,C_{18}H_{33}O_2Na + CaCl_2 = (C_{18}H_{33}O_2)_2Ca + 2\,NaCl.$$
натровое мыло — хлорист. кальций — кальцийное мыло — повар. соль

Кроме масла и мыла в состав М. к. входят иногда в качестве наполнителей нек-рые другие вещества, как то: мелко измельченные слюда, глина, мел, тальк, гипс и др. Наполнители *сами по себе не обладают смазочными свойствами*, а применяются частью для увеличения веса мази, частью для уменьшения шумов при работе. Особое место среди них занимает графит, применяемый для приготовления как графитной мази, так и особых графитных смазок на коллоидальном графите.

Методика испытания М. к. разработана сравнительно еще мало. Для их характеристики ограничиваются обычно только следующими свойствами. 1) Температура плавления и каплепадения. Определяется по Уббелоде особым термометром (см. фиг.). На нижний конец термометра плотно надета металлич. гильза *A*, внутрь к-рой до специальных штифтиков вставляется стеклянная капсула *B*, заполненная испытуемой М. к. Часть М. к. при этом выдавливают через нижнее отверстие капсулы и гладко срезают ножом. Затем прибор вставляют на пробке в пустую пробирку и медленно нагревают на водяной или масляной бане. Темп-ра, при которой мазь появляется из отверстия капсулы, называется температурой размягчения, а темп-ра, при к-рой на дно пробирки падает первая капля,—температурой каплепадения. Для высокоплавких мазей (брикеты) пользуются также другими способами определения $t°_{пл.}$, применяемыми например к битумам (Кремер-Сарнов и др.). 2) Вода определяется в М. к. перегонкой с ксилолом, для чего можно пользоваться прибором Дина и Старка (см. *Масла смазочные*). 3) Зола служит важным признаком М. к., указывающим на содержание в них мыла и наполнителей; определяется обычным путем. 4) Консистенция М. к. является несомненно важнейшим их свойством. Для ее определения предложены специальные приборы, т. н. *консистометры* (см.), напр. Абрагама и др., которые однако до сих пор еще не получили достаточно широкого распространения. Содержание в М. к. отдельно наполнителей и мыла, а также к-т и свободных щелочей не нормируется, так как М. к. должны быть нейтральны.



Заграничный сортамент М. к. чрезвычайно разнообразен, т.к. область применения М. к. весьма обширна. Особенно удобно применять М. к., когда необходимо защитить подшипник от проникания туда пыли и грязи, что особенно важно для шариковых и роликовых подшипников.

Важнейшие М. к. советского сортамента следующие. Солидолы Л ($t°$ каплепадения не ниже 70°) и Т ($t°$ каплепадения не ниже 80°). Содержание золы $\geqslant 5{,}0\%$; содержание воды $\geqslant 3{,}0\%$. Применяются для смазки при помощи масленок Штауффера и другими способами во всех тех случаях, когда

жидкая смазка не держится или нежелательна. Канатная мазь для смазки пеньковых, манильских и хлопчатобумажных канатов ($t°$ каплепадения $<38°$) и для смазки стальных канатов ($t°$ каплепадения $<30°$). Мазь для ремней, уменьшающая их скольжение ($t°$ каплепадения $<45°$). Колесная мазь для смазки осей повозок ($t°$ каплепадения $<90°$). Графитная мазь для смазки шестерен и цепей ($t°$ каплепадения $<70°$; содержание воды $>3\%$). Брикеты для смазки шеек прокатных валков при горячей прокатке ($t°_{пл.}$ по Кремер-Сарнову $<145°$). Наконец в качестве М. к., а также для предохранения железных и стальных частей машины от ржавления часто применяется технический вазелин ($t°$ каплепадения $<40°$) с содержанием золы не более 0,4%.

Кроме перечисленных М. к. большое внимание привлекают в последнее время жидкие консистентные смазки (ротолин и др.), приготовляемые путем подмешивания к смазочному мазуту различных загустителей. Назначение и цель их —понижение расхода смазочного мазута, широко применяемого напр. для смазки вагонных осей. К типу жидких консистентных смазок м. б. отнесены и графитные смазки, приготовляемые смешением коллоидального графита с нейтральным минеральным маслом. Таковы американский ойльдаг, содержащий 12,5% графита, и немецкий коллаг (10% графита). Оба продукта не употребляют непосредственно, а примешивают к минеральным маслам в количестве 1—2%. При работе на такой смазке трущиеся поверхности быстро графитируются, причем все неровности их заполняются графитом, что одно уже содействует понижению трения; кроме того маслянистость смазочных масел по отношению к графиту значительно больше, чем по отношению к чистому металлу, благодаря чему масляная пленка между трущимися поверхностями приобретает бо́льшую прочность и устойчивость. **С. Наметкин.**

Лит.: см. *Масла смазочные.*

МАЗУТ, остаток после отгонки от нефти бензина и керосина на керосиновых кубах или батареях. М. получается из различных нефтей в различных количествах и с различными физическими свойствами; чем тяжелее исходная нефть, тем больше выход М. Свойства М. и выходы их из различных нефтей см. *Спр. ТЭ*, т. III. В зависимости от применения различают три типа мазута: масляный, смазочный и топливный. Масляный М. является исходным материалом для получения смазочных масел путем дальнейшей перегонки его на масляных батареях с последующей очисткой. Смазочный М., представляющий второсортный смазочный материал, применяется без дальнейшей переработки или очистки в качестве смазки для такого рода механизмов, по отношению к которым применение более дорогих сортов смазочных материалов не могло бы окупиться (напр. вагонные буксы, грубые части разных с.-х. машин и т. д.). В табл. 1 даны технич. нормы важнейших смазочных М., применяемых в настоящее время в СССР.

Табл. 1.—Требования, предъявляемые к смазочным М. в СССР.

Свойства	Легкий бакинский	Легкий грозненский	Тяжелый (вагонное масло)	Полугудрон
Уд. вес при 15°	0,890—0,920	0,890—0,940	0,905—0,950	0,930—0,940
Вспышка по Бренкену не ниже	100°	100°	140°	140°
Вязкость в °Э.$_{50°}$ . . .	4,0—6,5	4,0—6,5	8,0—15,0	18,0—25,0
Золы (в %) не более .	0,4	0,4	—	—
$t°_{заст.}$ не выше	−10°	−10°	—	—
Акцизных смол (в %) не более	30	40	—	—

Топливные М. (нефтяные остатки) являются обычным видом нефтетоплива, сжигаемого под котлами; это т. н. котельное, или форсуночное, топливо, от к-рого отличают моторное топливо для двигателей внутреннего сгорания. Технические нормы нефтепродуктов СССР (табл. 2) различают несколько сортов топливных М., отличающихся между собой $t°$ вспышки, $t°_{заст.}$ и вязкостью. Особенно важна $t°_{заст.}$, так как от нее зависит возможность применения М. в холодное время года.

Табл. 2.—Требования, предъявляемые к топливным М. в СССР.

Сорта топливных М.	$t°$ вспышки не ниже	Вязкость в °Э.$_{50°}$ не более	$t°_{заст.}$ по Гольде	Механич. примеси
Обыкновенный (А)	50°	7,5	Не выше −5°	Не более 0,5%
Парафинистый (Б)	60°	7,5	От −5 до +8°	
Парафинистый (В)	80°	8,0	» +8 до +24°	
Парафинистый (Г)	100°	9,0	» +24 до +36°	
Морской	100°	6,0	Не выше −5°	

Уд. веса М. не нормируются кроме М. морского, для к-рого норма уд. веса при +15° равна 0,890—0,920. В этих же примерно пределах практически колеблются уд. веса других топливных М., хотя в зависимости от природы исходной нефти здесь могут наблюдаться большие колебания. Теплотворная способность М. колеблется от 10 500 (для тяжелых) до 10 800 Cal (для легких М.).

Элементарный состав типичных М. (бакинских), свободных от указанных примесей, следующий: 86,2—87,3% C, 12,1—13,2% H, 0,1—0,5% O и 0,1—0,25% S; М. бывает загрязнен водой, минеральными солями, песком, реже асфальтообразными и углистыми веществами, которые впрочем, в отличие от первых примесей, почти не влияют на качество жидкого топлива. Наибольшие отклонения от типичного состава М. наблюдаются в содержании серы. Так например, некоторые мексиканские М. содержат до 3—4% серы, а наш пермский мазут (Чусовские городки) даже 7,5%. Как топливо мазут имеет преимущества перед другими видами топлива; из них важнейшие: 1) высокая теплотворная способность (в 1,5 раза больше, чем

у сухого каменного угля, и почти в 2,8 раза больше, чем у дров); 2) более удобное и дешевое обслуживание топок: в крупных промышленных предприятиях расходы по обслуживанию могут быть снижены примерно в 5 раз сравнительно с твердым топливом; 3) при хранении М. теплотворная способность его не понижается, и опасность его воспламенения по сравнению например с углем значительно меньше; 4) резервуары для хранения мазута занимают вдвое слишком меньше места, чем склады твердого топлива; 5) необычайная простота и удобство регулировки горения и в случае надобности моментальное прекращение его; 6) громадная эффективность, легко достигаемое бездымное сгорание и т. д. Наряду с этими преимуществами есть и отрицательные стороны М. как топлива: необходимость постройки специальных резервуаров-хранилищ, неудобства, связанные с применением М. в качестве топлива для печей внутри жилых помещений (запах, пожарная опасность) и т. д.

Лит.: Гурвич Л. Г., Научные основы переработки нефти, 2-е изд., М.—Л., 1925; Day D. T., Handbook of the Petroleum Industry, v. 1—2, N. Y., 1922; Cross R., Handbook of Petroleum, Asphalt a. Natural Gas, Kansas City, 1924. **С. Наметкин.**

МАИС, см. *Зерно*, кукуруза.

МАИСОВОЕ МАСЛО, кукурузное масло, получается из зародышей зерен кукурузы (маиса), Zea Mays (см. *Зерно*). Зрелое зерно кукурузы содержит 4—4,5% масла, зародыши же его—от 30 до 50%, считая на абсолютно сухое вещество. Из подвергнутых прессованию на гидравлич. прессах зародышей зерен получают от 22 до 30% масла, золотисто-желтого цвета, с характерным запахом, приятного на вкус. М. м. содержит ненасыщенные к-ты—олеиновую (45,4%) и линолевую (40,9%). Из насыщенных к-т в М. м. найдены пальмитиновая (7,7%), стеариновая (3,5%), арахидная (0,4%), лигноцериновая (0,2%). Неомыляемого остатка 1,7—2,23%. Удельный вес М. м. 0,9215—0,9239; число омыления 188—194; иодное число 111—130 (см. *Спр. ТЭ*, т. III). Масло, полученное экстракцией (бензином), имеет тот же состав.

М. м.—масло полувысыхающее; нанесенное тонким слоем на стеклянную пластинку, оно высыхает при $t°$ 45° в течение 30 ч., давая бурую пленку. На этом основании его пробовали с успехом применять для целей олифоварения. С конц. H_2SO_4 дает бурокаштановую окраску. М. м. стойко при хранении и представляет собою хорошее пищевое масло, часто идущее для замены оливкового масла; хорошо гидрогенизируется и может заменять хлопковый салом ас, применяемый при производстве маргарина. М. м. легко омыляется и применяется в мыловарении для приготовления твердого и жидкого мыла. За границей М. м. находит широкое применение в пищевой промышленности, мыловарении и в малярном деле. Добывание М. м. сильно развито в США. В СССР имеется несколько крахмально-паточных з-дов, где в качестве побочного продукта получают М. м., напр. на Волжском крахмально-паточном з-де в Понизовкине Яросл. округа.

Лит.: «Маслобойно-жировое дело», М., 1927, *20—21*, стр. 28—30, *30*, стр. 50—52, *41*, стр. 72, 73; Baughmanna. Jamieson, «Analyst», Cambridge, 1922, v. 47, p. 171; Elsdon G. D., The Chemistry a. Examination of Edible Oils a. Fats, L., 1926. **С. Иванов.**

МАЙОЛИКА, керамические изделия с природно окрашенным черепом, покрытым непрозрачной свинцово-оловянной глазурью, эмалью. Для производства М. обычно применяются железистые глины, содержащие от 18 до 35% $CaCO_3$. Последний в виде мела или мергеля добавляется иногда к бедным известью глинам во время освобождения их от грубых частиц песка путем отмучивания. Цвет черепа М. обычно бывает бледножелтый вследствие значительного содержания извести в глиняной массе. Воздушная и огневая усадка последней сравнительно умеренна (от 6 до 7,5%). Высушенные сырцовые изделия сначала подвергаются утильному обжигу, затем глазуруются посредством погружения, обливания или опудривания (см. *Глазури*) и вторично обжигаются при $t°$ ок. 900—1 000°. Обожженный черепок обладает значительною пористостью. Эмалевидная глазурь содержит кальцину и предварительно фриттуется. В зависимости от состава и свойств рабочей массы и от желательной механич. прочности готовых изделий, а также плавкости эмали, утильный обжиг м. б. ниже или выше глазурного. Примерный состав глазури отвечает ф-лам:

I. $\left.\begin{matrix}0{,}25\ Na_2O\\0{,}75\ PbO\end{matrix}\right\} \cdot 3{,}5\ SiO_2 \cdot 0{,}8\ SnO_2$

II. $\left.\begin{matrix}0{,}20\ Na_2O\\0{,}15\ CaO\\0{,}65\ PbO\end{matrix}\right\} \cdot 0{,}03\ Al_2O_3 \cdot \left\{\begin{matrix}2{,}0\ SiO_2\\0{,}2\ SnO_2\end{matrix}\right.$

III. $\left.\begin{matrix}0{,}20\ K_2O\\0{,}80\ PbO\end{matrix}\right\} \cdot 0{,}20\ Al_2O_3 \cdot \left\{\begin{matrix}2{,}0\ SiO_2\\0{,}5\ SnO_2\end{matrix}\right.$

Изготовление декоративной М. (блюда, сосуды) ведет свое начало от средних веков. Его расцвет относится к эпохе Возрождения. Известны испано-мавританские и итальянские М., иногда называемые «фаянсами». Для них характерна роспись, раскраска изделий по необожженному рыхлому глазурному покрову с применением люстровых красок (см. *Люстр*). Особенно известны итальянские майолики семьи Делла Роббиа, XV и XVI вв., и немецкие и французские фаянсы XVIII в. Образцы старой М. весьма богато представлены в коллекции Эрмитажа в Ленинграде.

В настоящее время техника М. применяется почти исключительно при изготовлении печных кафелей (см. *Изразцы*) и стенных плиток. Оба производства носят до сих пор б. или м. кустарный характер. Майоликовые стенные плитки все более вытесняются фаянсовыми, технически более совершенными и более дешевыми при массовом производстве.

Современной, или немецкой, М. называются изделия также с окрашенным черепом, к-рый закрывается не оловянной глухой глазурью, а т. н. *ангобом* (см.). Поверх последнего изделия декорируются прозрачными, но цветными свинцовыми глазурями.

Лит.: Юрганов В., Завод печных кафелей в Нимфенбурге, Петроград, 1919; Hecht H., Lehrbuch der Keramik, W.—B., 1923; Berdel E., Einfaches Chem. Praktikum f. Keramiker, T. 5 u. 6, Anleitung zu keramischen Versuchen, Coburg, 1926; Pukall W., Grundzüge d. Keramik, Coburg, 1922; Kerl B., Handbuch d. gesamten Tonwarenindustrie, 3 Aufl., Brschw., 1907. **В. Юрганов.**

МАК снотворный (Papaver somniferum), однолетнее травянистое растение из сем. маковых (Papaveraceae), высотой от 30

до 150 *см*, с прямым, иногда разветвленным стеблем, спирально расположенными, рассеченными листьями, своим основанием охватывающими стебель. Цветы мака крупные, с двумя опадающими чашелистиками, раздельнолепестным венчиком из 4 светлофиолетовых, белых или красных лепестков с темным пятном у основания каждого лепестка, верхней завязью, с сидячим рыльцем и большим числом тычинок; у нек-рых сортов цветы махровые. Плод мака—коробочка, содержащая большое количество мелких семян (800—1 500 шт.). Сорта мака различаются по раскрываемости коробочек (слепой, или глухой, М.—с нераскрывающейся и сыпучий, или самосейка,—с раскрывающейся коробочкой) и по цвету семян (белые, черные, серые, синие, желтые и красные). Возделывается мак с двумя целями: 1) ради семян, используемых для приготовления масла и для приправ, 2) ради получения из недозрелых головок мака сока—*опия* (см.), используемого в медицине как лекарство, а на Востоке (гл. обр. в Китае) для курения, как одурманивающее средство.

Для своего развития М. требует вегетационного периода продолжительностью не менее 120—180 дней с суммой $t°$ ок. 2 200—2 800°, причем лучше удается на средних и легких суглинках, достаточно плодородных и отнюдь не кислых. Отзывчив на удобрение (гл. обр. фосфорнокислое), так как из почвы берет много питательных веществ. Не переносит засоренности, в виду чего лучше всего удается в севообороте после удобренного пропашного; возможно также сеять мак после удобренной озими. В Зап. Европе часто производят так наз. смешанные посевы М. с морковью. Посев мака производят ранний; заморозков всходы мака не боятся. Рядовой посев имеет преимущество, т. к. допускает уменьшение нормы высева в 2 раза (3—4 *кг* при рядовом посеве и до 6—7 *кг* при разбросном); обычная глубина заделки 0,5—1,5 *см* слишком мелка при культуре мака в засушливых условиях, где ее следует увеличить до 3 *см*. В течение лета за посевом мака необходим уход, заключающийся в мотыжении, иногда в окучивании. Уборка мака на семена производится: слепого мака—в состоянии полной зрелости, сыпучего—не дожидаясь этой стадии. Средний урожай на 1 *га* семян 10—17 *ц*, соломы около 2 *т*; последняя непригодна для корма или подстилки и идет на топливо; зола ее богата K_2O (ок. 38%) и является хорошим калийным удобрением, а также материалом для изготовления поташа. Химический состав семян мака (средний): жира—40,8%, белков—19,5%, углеводов—18,7%, клетчатки—5,6%, золы—7,8%, воды—8,1%. Возделывается мак на семена в СССР в районах ЦЧО и на Юго-востоке (за 1929 год было законтрактовано 500 *га* посевов мака на семена, на 1930 г.—уже около 4 тысяч *га*); в Западной Европе на семена возделывают мак в Чехо-Словакии, Венгрии, а также в некоторых районах Германии, Франции, Польши, Австрии и Голландии.

Кроме мака снотворного некоторое значение имеют еще виды мака: 1) P. rholeas—сорная трава, лепестки его используются как лекарственное сырье, и 2) P. dubium, разводимый в цветоводстве.

Лит.: Прянишников Д. Н., Частное земледелие, 6 изд., Берлин, 1922; Клинге А. Г., Лекарственные, душистые и технич. растения, П., 1916; Жеро А. В., Мак, Москва, 1924; Сидорский Н. В., Мак и его возделывание, Петроград, 1917; Handbuch d. gesamten Pflanzenbaues, hrsg. von J. Becker-Dillingen, B. 2—Hackfruchtbau u. Handelspflanzenbau, Berlin, 1928; Mach F., Mohn und Mohnkuchen, «Landwirtschatfliche Versuchsstationen», Berlin, 1902, B. 57.

Н. Соколов.

МАКАДАМ, см. *Мостовые*.

МАКАРОННОЕ ПРОИЗВОДСТВО объединяет собой изготовление различных фабрикатов из пресного теста, особо отформированных, хорошо просушенных и способных выносить длительное хранение без потери вкусовых и питательных качеств. К макаронным изделиям относятся трубчатые макароны, нитеобразная вермишель, резаная лапша, разного вида мелкая суповая засыпка, ушки, раковинки и т. п. В Италии распространены также сырые макароны, которые поступают в продажу без предварительной просушки; производство их носит кустарный характер и серьезного промышленного значения не имеет, т. к. продукт непригоден для хранения и перевозки. По составу своему изделия делятся на водяной товар (изготовленный только из муки и воды), яичный (с добавкой не менее 4 яиц или 4 яичных желтков на 1 *кг* муки—по немецким нормам) и обогащенный (добавкой питательных веществ, гл. обр. белковых—казеина, клейковины, шрота соевых бобов и т. п.). Никакие химич. консерванты, в том числе и поваренная соль, не допускаются. Добавка соли сообщает изделиям большую гигроскопичность и поэтому делает их менее стойкими при хранении. Подкраска макаронных изделий безвредными красителями (шафраном, куркумой) в большинстве стран допускается, иногда при условии соответствующей декларации на этикете. В СССР окраску макарон предложено совсем воспретить. Основным сырьем для М. п. является пшеничная мука. Наилучший товар дает тонкая пшеничная крупка, или крупчатая мука из твердых сортов пшеницы с высоким содержанием азотистых веществ (клейковина).

Мука должна быть разбористой, равномерного желтого цвета, не должна иметь черных точек (признак плохой очистки от дикого горошка и куколя) и красновато-коричневых точек (неотвеянные «краски» и отруби), придающих изделиям неприятный рябой вид; не должна содержать примесей—ржи, ячменя, кукурузы, бобовых и вредных для здоровья куколя, головни и спорыньи; недопустимы минеральные примеси—песок, землистая пыль, мел и т. п., дающие неприятный хруст на зубах при употреблении изделий в пищу и способствующие быстрому износу прессовых форм, а также продукты с неприятным запахом, прогорьклым или сладковатым вкусом, указывающими на несвежесть муки. Идущая для производства мука д. б. выдержана после помола 3—4 недели (срок «матюрации», созревания муки), иначе получается рвущееся, недостаточно эластичное тесто и хрупкий, трескающийся при сушке товар. Кроме обычных анализов для определения качества муки на содержание влаги, на зольность, кислотность, посторонние зерновые примеси (микроскопический анализ на крахмальные зерна), вредные примеси (куколь, спорынья) особую важность для М. п. имеют: определение %-ного содержания отрубей по способу Пекара, анализ на содержание клейковины (сырой и сухой), проверка эластичности теста и сырой клейковины путем растягивания образчика вручную или при помощи компаратора Бюлера. Содержание *клейковины* (см.), ее эластичность, прочность и способность к набуханию являются наиболее важными факторами, определяющими пригодность муки для М. п., т. к. от них зави-

сит качество теста, его эластичность и способность давать гладкий, прочный, нервущийся и неслеживающийся сырой полуфабрикат, а также дальнейшее «поведение» этого полуфабриката в сушке—малая подверженность растрескиванию, искривлению, меньшая прихотливость и чувствительность к изменениям темп-ры и форсировке процессов сушки и наконец большая крепость и упругость готовых изделий, стекловидность на изломе, их сопротивляемость механическ. повреждениям и способность при варке сильно набухать, увеличивая свой объем в 2—2,5 раза и вместе с тем сохраняя эластичность и не развариваясь. Кроме того увеличение содержания азотистых веществ повышает питательность изделий. Высшие сорта муки из лучших сортов пшеницы твердых пород—арнаутки, белотурки, кубанки, таганрогской, сибирской длиннозерной—имеют содержание сухой клейковины 14—16%; муку с содержанием сухой клейковины ниже 11—12% в М. п. не употребляют во избежание перечисленных выше нежелательных явлений. Влажность муки не должна значительно превышать 12—13%, в противном случае будут большие угары, т. к. нормальная влажность готовых изделий лежит в пределах от 12 до 13%. Вода, применяемая для замешивания теста для М. п., должна быть мягкой (содержание известковых солей не выше 0,0003) и вполне чистой (содержание органич. веществ не выше 0,000035); следует употреблять прокипяченную и охлажденную воду, что способствует удалению из нее минеральных солей. Яйца, предназначаемые для добавки в тесто, д. б. тщательно проверены в отношении свежести. Это делается обычно путем просмотра яиц в овоскопе либо пробой на всплывание в 11%-ном растворе поваренной соли. Свежие яйца имеют уд. вес 1,0784—1,0914. Из методов сохранения яиц можно рекомендовать: 1) хранение на складе при +4°, 2) хранение в растворе жидкого стекла, в льняном масле и другие способы, основанные на герметич. закупоривании пор яичной скорлупы. Консервирование известью не рекомендуется, так как яйца приобретают известковый запах и привкус, а желток бледнеет, теряя свою желтизну. Применяют в М. п. также жидкий яичный желток, консервируемый в запаянных жестяных банках, и желток, сохраняемый при помощи замораживания. Сухой желток трудно поддается растворению даже при длительном размешивании и поэтому не удобен для добавки в макаронное тесто.

Рецептура макаронных изделий варьирует преимущественно в отношении процентного содержания в поступающей в производство мучной смеси высших сортов тонкой крупки и крупчатой муки из твердых сортов пшеницы и в отношении количества воды, добавляемой для приготовления теста; добавка воды—от влажности самой муки, способности ее клейковины поглощать воду (различной для каждого данного сорта пшеницы муки) и от желательной крутизны теста, определяемой мощностью оборудования (допустимое рабочее давление прессов), способов получения полуфабрикатов и методов сушки. Для лучших итал. макаронных изделий (Сицилия, Южная Италия) употребляются исключительно высшие сорта тонкой крупки и дунстов.

Табл. 1.—Рецептура мучной смеси и количество добавляемой воды, в %.

Местность	Тонкая крупка из тверд. пшениц	Мука из мягких пшениц	Добавка воды
Венеция и Ломбардия	30	70	20—30
Италия (средн.ч.)—Швейцария (латинская ч.)	20	80	25—30
Франция, Германия, Тироль .	10	90	25—30
Южная Италия	100	—	20—25
Сев. Италия	—	100	25—30

Для получения более гладкого и глянцовитого товара рекомендуется к дунстам и крупчатке из твердых пород добавлять от 8 до 10% мягкой муки. Кустарные, ручные способы обработки сырого полуфабриката и длительная сушка (подвесная или на рамках), естественная или простейшая камерная, допускают приготовление более мягкого теста с бо́льшим % воды. Механизированная резка и раскладка сырого товара, а также быстрая сушка в механич. сушилках шкафного типа требуют более крутого теста, влажность которого колеблется в пределах, близких к 30%, т. е. добавка воды для замеса должна быть 18—20% при нормальной влажности муки.

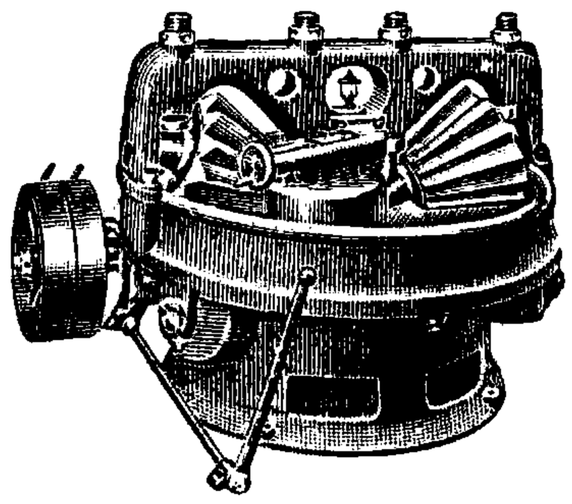
Предназначаемая для приготовления теста мука должна быть тщательно просеяна и перемешана. В кустарном производстве это делается ручным путем на ситах и решетах, в производстве фабричного типа для этой цели пользуются *буратами* (см.) или сотрясательными ситами с механич. приводом. На небольших предприятиях смешивание производится при просеивании, на больших—в специальных закромах-мукомешателях с расположенным в середине конуса винтом, поднимающим муку при своем вращении вверх и т. о. перемешивающим ее. Далее мука при помощи элеватора или самотеком поступает в месильное отделение; на рационально оборудованных предприятиях мука предварительно взвешивается на мучных автовесах; кроме цели производственного контроля точное отвешивание муки, соединенное с отмериванием потребного количества воды, дает возможность достигнуть равномерного замеса, что чрезвычайно важно для дальнейшей обработки и сушки; пропорции воды и муки, различные для разных сортов последней, устанавливаются для каждой данной партии сырья лабораторно или путем пробных замесов.

Различают три типа замесов: холодный с $t°$ воды 15—30°; теплый с $t°$ воды 30—60° и горячий—на воде, близкой к кипению. Наиболее прочный и стойкий при хранении товар дает способ холодного замеса; при горячем замесе даже вполне правильно обработанный и высушенный товар подвергается риску порчи уже после 3 месяцев хранения. При холодном замесе требуются длительное вымешивание теста и продолжительная его проминка и вальцевание; этот способ наиболее трудоемок. Сырой полуфабрикат, отформованный из теста, приготовленного на холодной воде, обладает свойством размягчаться под действием тепла; в теплой сушилке (при $t°$ 40—50°) он обладает способностью слеживаться и слипаться, для него предпочтительнее сушка при более низкой $t°$ (20—22°). В современном М. п. фабричного типа предпочитают теплый замес с $t°$ воды 45—50°, который дает достаточно стойкий при хранении (нормально не менее 6 месяцев) и прочный товар и вместе с тем не требует такой длительной обработки теста; в сушилке товар не мякнет и не слипается.

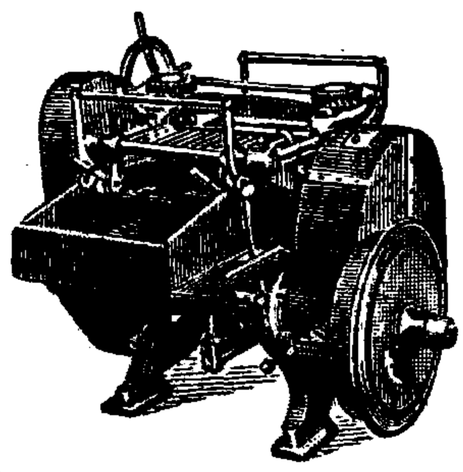
Ручной замес макаронного теста сохранился лишь в самых мелких кустарных производствах, замес на ф-ках всюду производится теперь месилками с механич. приводом. Для крутого макаронного теста обычные хлебопекарные тестомесилки с одним месильным рычагом не применимы, так как усилия, потребные для вымешивания крутого теста, очень велики и потребовали бы слишком тяжелой конструкции рычага. Применяются исключительно месилки с одним или двумя месильными валами коленчатой сигмообразной формы или имеющими боковые месильные лопасти. Дно дежи имеет форму соответствующего тела вращения, чтобы не оставалось мест, где бы могло скопиться непромешенное тесто. Для избежания несчастных случаев современные типы месилок имеют особое приспособление, к-рое выключает

месильные валы при открывании верхней крышки месилки. Крышка эта служит также для уменьшения распыла муки, имеющего место в начале замеса, и мешает выпадать мелким кусочкам теста в моменты интенсивного перемешивания. Нормальные типы месилок строятся на емкость дежи от 10 до 200—250 *кг* муки и требуют на каждые 10 *кг* емкости дежи от 0,3—0,4 HP (большие месилки) до 0,8—1,0 HP (малые типы). В зависимости от качества муки и $t°$ употребляемой воды продолжительность вымешивания теста равняется 5—20 мин. Больше 25 минут на современных механических месилках вымешивать тесто не следует, так как качество его начинает уже ухудшаться—оно становится липким и тянущимся; макароны из такого теста «капризны» в сушке, хрупки и имеют беловатый излом. Хорошо вымешенное макаронное тесто не образует однако сплошной компактной массы, а вываливается из месилки в виде отдельных б. или м. крупных, равномерно-плотных комьев, которые не должны иметь прожилок или включений сухой непромешенной муки.

Последующая обработка теста имеет целью его уплотнение, удаление из него воздушных прослоек и включений и придание ему эластичности и однородности. Первоначальная проминка теста и собирание его в плотные лепешки или ленты производится на тестокатах и грамолах, иногда (в более мелких производствах) на вальцовках с валками, расположенными в одной горизонтальной плоскости. Тестокат представляет собой вращающуюся чугунную тарелку, по которой катится тяжелый бегун. Тесто из месилки заваливается на тарелку тестоката и при вращении тарелки подминается под бегун, под тяжестью которого оно собирается в сплошную толстую ленту. Для направления отдельных комьев под бегун, переворачивания и подрезания ленты теста служат отражатель и дисковый нож. Машины строятся с емкостью тарелки на 50—200 *кг* муки. Расход мощности—0,3—0,5 HP на каждые 10 *кг* муки емкости тарелки в зависимости от веса бегуна. Продолжительность проминки теста—5—20 минут; при обслуживании машины д. б. обращено особое внимание на удаление с тарелки перед каждой новой порцией теста мелких крошек, остающихся от предыдущей; засыхая, они отвердевают и забивают отверстия прессовых форм. Грамола (фиг. 1) отличается от тестоката тем, что тяжелый бегун заменен двумя или тремя конич. рубчатыми валками, имеющими в сечении звездчатую форму; валки эти укреплены в подшипниках неподвижной рамы, установленной над вращающейся тарелкой, и могут в этих подшипниках свободно вращаться; расстояние валков от тарелки регулируется установочными винтами; подшипники валков укреплены пружинно, чем достигается плавность работы и исключается опасность поломок в случае излишней толщины слоя теста. Применение валков звездчатой формы ускоряет и улучшает проминку теста; отсутствие тяжелого бегуна значительно облегчает общий вес машины. Машины строятся с емкостью тарелки в 30—150 *кг* муки. Расход силы равняется от 0,5 HP (для малых типов) до 0,3 HP (для больших типов) на каждые 10 *кг* емкости тарелки; продолжительность обработки—10—15 мин. Для первоначальной проминки и формовки теста можно пользоваться также вальцовками с валками, расположенными в одной горизонтальной плоскости. В виду того, что вальцовки имеют малую производительность и трудоемки, в крупных производствах для первоначальной проминки теста устанавливают тестокаты или грамолы. Только в последнее время были выпущены достаточно мощные и компактные вальцы-тестокаты («коллервальцы») для первоначальной проминки и формования теста (фиг. 2); валки, работающие с большой нагрузкой, охлаждаются вентилятором, укрепленным на станине машины. Лента теста получается достаточно связной и плотной. Эта машина служит преимущественно для подготовки теста для резаного товара—лапши и т. п. Производительность машины—до 250 *кг* муки в час при потребной мощности в 3—5 HP.



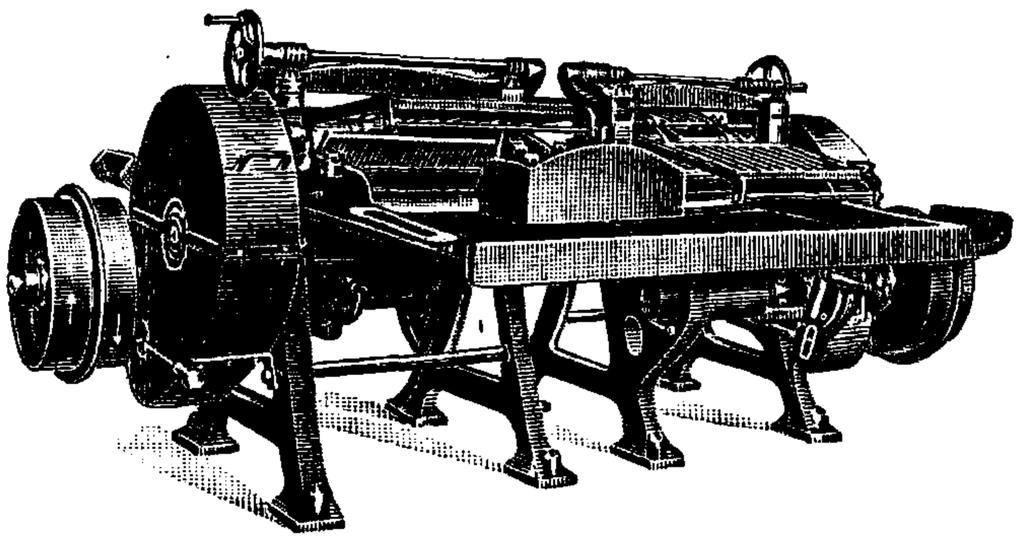
Фиг. 1.



Фиг. 2.

Обработанное на тестокате или грамоле тесто не имеет еще достаточно правильной формовки и представляет собой куски толстой и широкой ленты с неправильными краями, не вполне однородной по толщине и строению. В таком виде тесто еще не удобно для заполнения цилиндра пресса или пропуска через лапшерезку или штамповочную машину. Поэтому тесто предварительно многократно пропускают через мощную вальцовку, провальцовывающую его до полной равномерности и гладкости; тесто выходит из машины в виде правильной ленты настолько плотной и эластичной, что при нажиме пальцем оно едва вдавливается и снова стремится принять первоначальную форму. Провальцованное тесто скатывают в рулоны и для предохранения от высыхания прикрывают холстом. Употребляемые для прокатки теста вальцовки имеют пару расположенных один над другим валков; расстояние между валками регулируется; фрикционная муфта у приводного шкива позволяет менять направление вращения вальцов, благодаря чему можно прокатывать тесто в любом направлении—вперед и назад, что упрощает работу на вальцовке. Имеется тип вальцовок (фиг. 3), представляющих собой как бы две независимые вальцовки, примкнутые боковыми сторонами. Преимущество этого типа—удобство передачи теста после толстой прокатки на более тонкую. Работа на вальцовках связана с опасностью попасть в вальцы рукой. Новые типы вальцовок обязательно снабжаются предо-

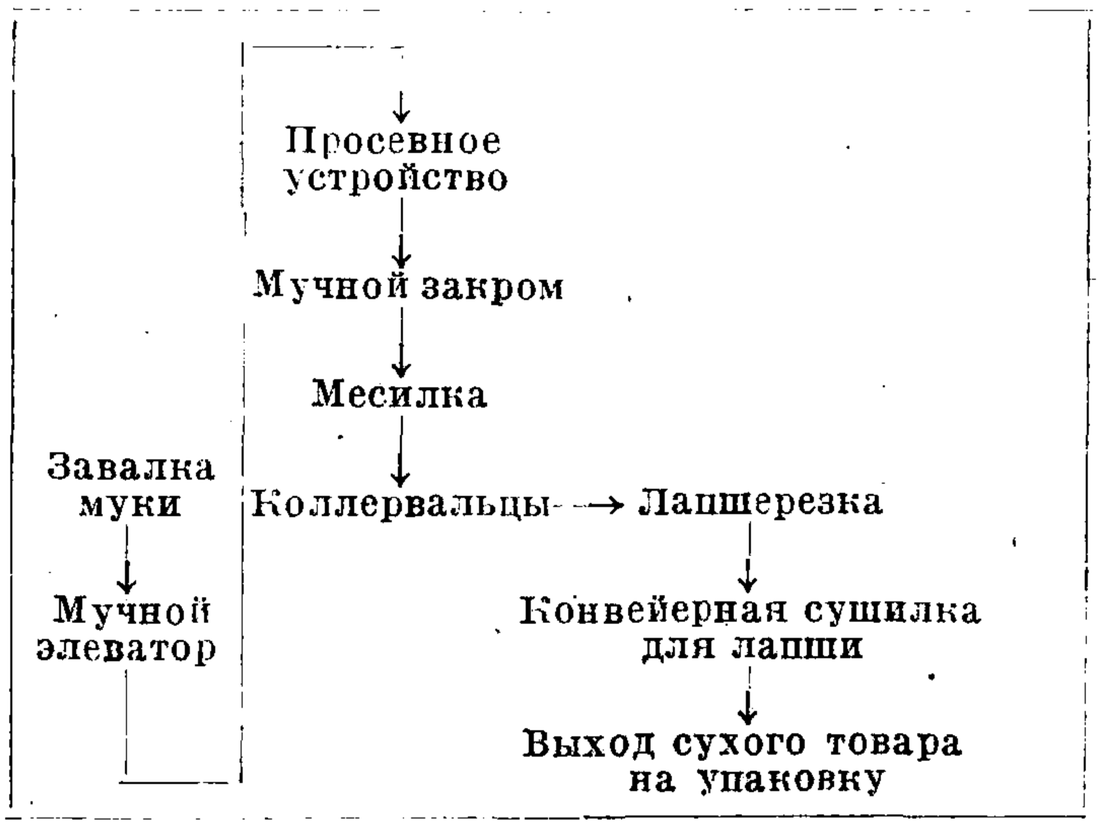
хранительным приспособлением—решеткой, опущенной низко над рабочим столом вальцовки; обычно решетка связана с пусковым приспособлением так, что при приподнимании решетки вальцы останавливаются, а

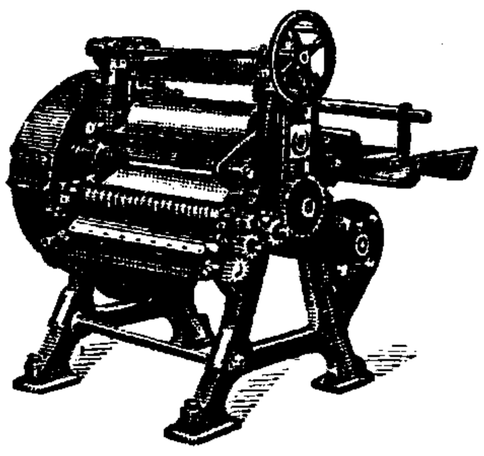


Фиг. 3.

при дальнейшем поднятии меняют направление вращения на обратное, не могущее захватить предметы со стороны поднятой решетки. Аналогичное приспособление имеется и у коллервальцов. Нормальные размеры валков: длина 320—650 *мм*, ⌀ 110—250 *мм*. Пропускная способность пары валков 100-*мм* длины, ⌀ 250 *мм*—от 20 до 35 *кг* муки в час. Потребная мощность—0,3—0,5 HP на 100 *мм* длины валков, ⌀ 250 *мм*, или ~0,15 HP на каждые 10 *кг* пропускаемой в один час муки. Вальцеванием обычно заканчивается предварительная обработка и подготовка теста.

Далее следуют операции по приданию изделиям их окончательной формы. Машины, применяемые для этой цели, можно подразделить на две основные группы: 1) машины, режущие или штампующие из ленты теста изделия различной формы, и 2) прессы, формующие тесто выдавливанием через формы с отверстиями различного вида. К первым относятся лапшерезки и штампмашины, ко вторым—прессы винтовые и гидравлические. Рабочим органом лапшерезки (фиг. 4) является пара небольшого диаметра рифленых по окружности валков, которые режут широкую подаваемую на них ленту теста по длине на тонкие бесконечные ленточки. Для разрезания бесконечных ленточек на лапшу служит расположенный тотчас же за рифлеными валками вращающийся нож с продольными клинками. Перед рифлеными валками имеется обычно пара калибровочных валков, доводящих подаваемое на лапшерезку тесто (провальцованное до толщины от 5—10 до 2—3 *мм*) до желательной толщины лапши, от 0,7 до 1,5 *мм*. Ширина лапши, в соответствии с сортом ее, колеблется от 1 до 15 *мм*. Машины строятся различных размеров с производительностью в 40—300 *кг* сырой лапши в час. В зависимости от нагрузки калибровочных валков, расход мощности на каждые 10 *кг* часовой производительности (по муке) колеблется от 0,1 до 0,3 HP. Выходящая из машины лапша собирается на рамки или подается небольшим транспортером на раскладочный стол. В виду того, что лапша и прочий мелкий резаный товар легко слипается в комья, часто у машины помещают вентилятор, продувающий и подсушивающий лапшу непосредственно по выходе из машины или на транспортере. Существуют и специальные аппараты для подсушки лапши и другого резаного товара, представляющие собой наклонные сотрясаемые сита, заключенные в деревянный короб; движущийся по ним резаный товар продувается и подсушивается током воздуха (иногда подогретого), даваемого вентилятором подсушивательного аппарата. Для транспортировки резаного товара в раскладочное отделение стали часто применять пневматич. транспортные устройства, работающие как всасыванием, так и нагнетанием; этот способ транспортировки также способствует подсушиванию резаного товара и устранению слипания его при сушке. Вернер и Пфлейдерер строят лапшерезки, соединенные с коллервальцами. Таким образом при рациональном расположении машин является возможным вести непрерывный процесс от загрузки муки в месилку до подачи сырой лапши на раскладочный стол без промежуточной перегрузки полуфабриката вручную. Советскими конструкторами сделана дальнейшая попытка вполне автоматизировать транспорт полуфабриката в производстве лапши, начиная от завалки муки до выхода готовой сухой лапши по схеме:





Фиг. 4.

При этом сушку лапши производят на конвейерной сушилке по типу сушилок, применяемых для мыльной основы («стружки»).

Штамповочные машины применяются для изготовления изделий сложной формы (ушков, фигурной болонской суповой засыпки) и распространены преимущественно на итальянских и швейцарских ф-ках; работают они по принципу качающихся штампов и снабжены дополнительными устройствами в виде миниатюрных щипчиков и захваток, придающих отштампованному кусочку теста необходимую форму. Производительность машин от 30—40 до 60—80 *кг* сырых изделий в час при расходе мощности от 0,5 до 1 HP без калибровочных валков.

Для различной формы изделий имеется набор соответствующих штампов. Резаный товар как по расходам на производство, так и по капитальным затратам на оборудование самый дешевый из всех видов фабрикатов из теста; в сушке он наиболее неприхотлив.

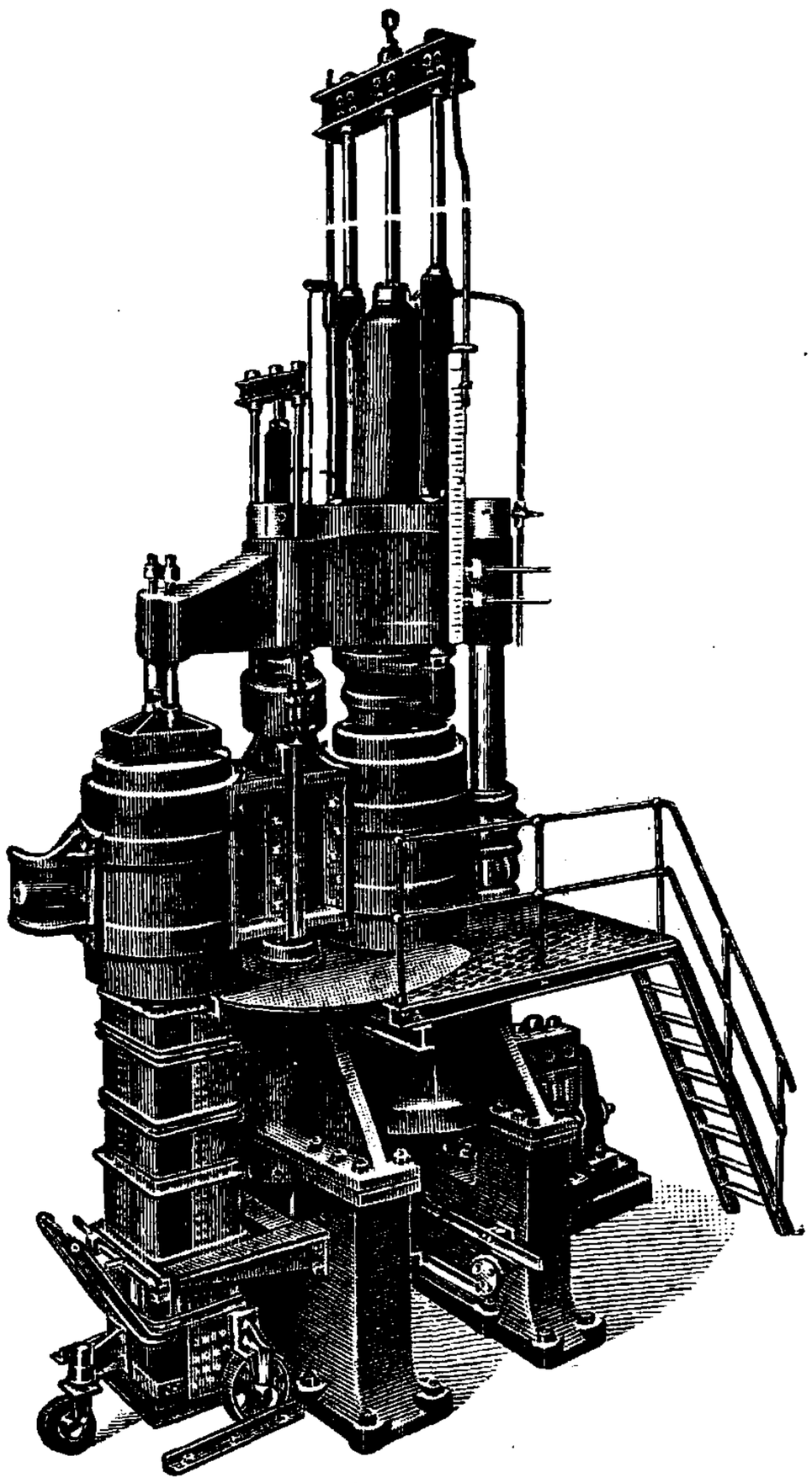
Трубчатый товар—собственно макароны—требует для своего изготовления более сложных способов, а именно выдавливания теста через отверстия форм, снабженных расположенными центрально -

цилиндрич. вставками-штифтами или т. н. клапанками, держащимися в уширенной части отверстий формы на трех или четырех лапках. Тесто, выдавливаемое плунжером («ш т и к е т о м») пресса, обтекает лапки, делясь на 3—4 струи, а затем в выходной суженной части отверстия, где висит цилиндрич. часть клапанки, сливается и слипается, образуя цельную трубочку—макаронину. Если в отверстии не устанавливать клапанков, то получается сплошная нить—вермишель. Придавая отверстию различную форму, можно получить нитеобразный товар любого рисунка в сечении.

Прессы для макарон строят самых различных размеров: ручные—для домашнего хозяйства, небольшие винтовые с механическ. приводом—для кустарного производства и крупные гидравлические («Мамонт-пресс»)—для больших фабрик. Наиболее удобны в работе прессы вертикального типа с двумя цилиндрами.

Для облегчения прохождения теста сквозь отверстия форм цилиндр пресса прогревают, что способствует размягчению теста; так как при нагревании цилиндра водяной рубашкой прогревается преимущественно периферический, прилегающий к стенкам цилиндра слой теста, то по краям формы макароны выходят с большей скоростью, чем в середине; в прессах более крупных размеров устанавливаются решетчатые грелки, располагаемые над формой и дающие более равномерный прогрев теста. Грелки подогреваются горячей водой $t°$ 60—80°; применение пара *не рекомендуется во избежание заваривания теста*, становящегося липким, заклеивающим формы и дающим товар, нестойкий при хранении и ломкий в сушке. Подсушку товара, выходящего из-под пресса, производят струей воздуха; обычно при наличии нескольких прессов обдувку сырых макарон производят центральным вентилятором при помощи разветвленного воздухопровода. Чрезмерная подсушка товара вредна, т. к. в слишком высохшем верхнем слое теста макаронных изделий легко образуются трещинки (обычно кольцевидные) вследствие неизбежных изгибаний товара при транспортировке и укладке; по этим трещинкам готовый сухой товар легко разламывается, вследствие чего при упаковке и перевозке получается много брака.

Как винтовые механические, так и гидравлические прессы снабжаются приспособлениями, автоматически выключающими рабочий штикет, как только он подходит к форме; такой ограничитель крайних положений штикета необходим во избежание продавливания грелки и формы при оплошности обслуживающего пресс рабочего. Винтовые прессы с механич. приводом распространены преимущественно на мелких предприятиях. Они обладают тем недостатком, что не позволяют регулировать рабочее давление, почему при слишком крутом тесте или забитой форме может произойти разрыв цилиндра или другие поломки; при работе же гидравлическим прессом за давлением наблюдают по манометру, и кроме того имеется еще предохранительный клапан, к-рый устанавливается на определенное задание (з а д а н н ы й п р е д е л). Винтовые прессы строятся обычно на производительность от 10—15 *кг* до 100—150 *кг* в час. Емкость тестового цилиндра 5—60 *кг*; потребная мощность—0,5—0,3 HP на каждые 10 *кг* часовой производительности. По соображениям конструктивным и эксплоатационным, начиная с 80—100 *кг* часовой производительности уже значительно выгоднее применять гидравлич. прессы. В настоящее время все б. или м. значительные фабрики оборудованы гидравлическими прессами. Общепринята спаренные цилиндры, поворачивающиеся вокруг одной из колонн и позволяющие наполнять тестом свободный цилиндр, в то время как другой находится под рабочим штикетом (фиг. 5). Наполнение свободного цилиндра тестом в крупных прессах механизировано. Прессы обслуживаются либо независимыми гидравлич. насосами, обычно двухскалочными, либо групповым аккумулятором высокого давления. Прессы могут



Фиг. 5.

работать на чистой воде, на воде со специальными химическими добавками (см. *Гидравлические прессы*) и на минеральном масле; последнее предпочтительнее.

Новейшие крупные ф-ки оборудованы групповыми аккумуляторными установками, к-рые кроме экономичности и удобств обслуживания дают и производственные выгоды: более ровное и постоянное давление, отсутствие толчков жидкости (заметных при работе отдельных насосов), получение более гладкого и ровного товара, уменьшение износа прессов и повышение их производительности на 10—20% против работы на индивидуальных насосах; кроме того исключается возможность перепуска давления по недосмотру или при порче манометров, что часто является причиной разрыва цилиндров. В последнее время строят для М. п. вместо групповых аккумуляторов высокого давления аккумуляторы воздушно-гидравлические (см. *Аккумуляторы гидравлические*), более компактные и дающие бо́льшую равномерность давления. Первоначальное сжатие воздуха до давления 100 *atm* дается воздушным компрессором, дальнейшее сжатие воздуха до рабочего давления аккумулятора происходит благодаря нагнетанию в баллоны аккумулятора жидкости гидравлич. насосом. Аккумуляторы снабжаются автоматическим клапаном (лучше грузовым), не позволяющим давлению перейти заданный предел. Рабочее давление макаронных прессов колеблется в пределах от 120—150 до 250—350 *atm* в крупных прессах и зависит от плотности теста, размеров и формы сечения отверстий в прессовых формах и от скорости выдавливания теста сквозь отверстие формы. Слишком крутое тесто и слишком большие давления и скорости выхода дают шероховатый товар. Для длинного товара применяются исключительно вертикальные прессы. Для мелкорезаного товара часто применя-

ются прессы горизонтальные, хотя вращающиеся ножи для резки выходящих из форм нитей теста достаточно удобно располагаются также и при прессах вертикальной конструкции. Характеристики прессов см. табл. 2.

В самое последнее время предложена «патрон-вальцовка», конструктивно увязанная с прессом и вполне механизирующая загрузку цилиндра тестом. Патрон-вальцовка, укрепленная на кронштейне над свободным цилиндром для теста, представляет собой цилиндрич. приемник с расширением в верхней части, предназначенным для завалки теста; внутри цилиндра вращается центрально расположенный вал, несущий на нижнем конце два или три свободно вращающихся вокруг горизонтальной оси ролика; вал может двигаться вверх и вниз. Тесто прямо из расположенной над прессом месилки заваливается в приемную воронку патронных вальцов; укрепленные в верхней части валика ножи дробят слишком крупные комки теста; затем тесто проваливается вниз, в свободный цилиндр пресса, и там уминается и укатывается горизонтальными роликами вращающегося вала; по мере заполнения цилиндра тестом вал и укрепленные на нем ролики поднимаются вверх; по наполнении цилиндра тестом вальцовка автоматически выключается, и наполненный цилиндр м. б. повернут вокруг оси и установлен под рабочим штикетом. Патрон-вальцовка устраняет необходимость в тестокате и вальцовке и вполне механизирует процесс производства прессового товара, позволяя при рациональной расстановке машин совершать весь цикл работы от завалки муки до выхода из пресса сырого товара без необходимости транспортировать полуфабрикат вручную. Сокращение 2 этапов—обработки теста тестокатом и вальцовкой—дает значительную экономию в рабочей силе и в площади необходимых производственных помещений.

Выходящий из пресса в виде бесконечной пряди товар подвергается дальнейшей разделке. На небольших прессах эти операции производятся вручную: работница расправляет прядь макарон, отрезает ее острым ножом у формы, укладывает на стол и разрезает по заданной мерке. К большим прессам приспосабливают качающиеся столы, имеющие горизонтальное возвратно-поступательное движение, позволяющее с большим удобством производить разделку выходящего из пресса товара.

Сущность устройства их заключается в том, что стол, на котором закреплены лотки (кассеты) для товара, передвигаясь на катках по рельсам или поворачиваясь вокруг вертикальной оси, периодически подхватывает длинную прядь макарон, свободно висящую между стойками пресса в специальном углублении или отверстии в перекрытии; товар режут на столе и наполненные им кассеты снимают и заменяют пустыми; за это время свободно висящая прядь макарон снова успевает выйти из формы примерно на длину стола и снова подхватывается столом и подвергается на нем разделке. Преимуществом этого устройства кроме облегчения труда работниц-«резалок» является получение более ровного товара, т. к. он не путается и не мнется, как при ручной резке, а вытягивается и равняется под действием собственной тяжести висящих свободно нитей. Тем не менее такое устройство требует хорошего качества муки и теста, в противном же случае получается много обрывов товара, так как длина его обыкновенно достигает при этом устройстве 1,5—2 *м*.

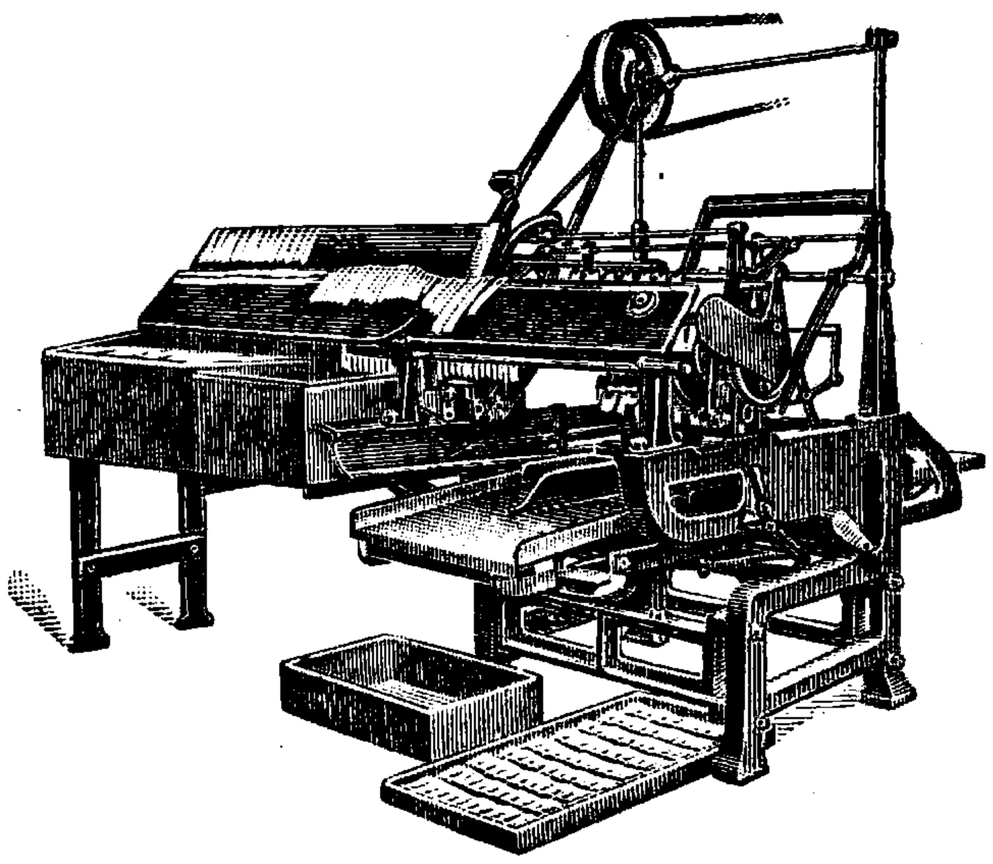
Разрезанный товар подлежит раскладке, способы и виды к-рой зависят от типа изделий и способа сушки. Макароны раскладываются 1) на рамки для сушки на стеллажах, 2) в кассеты с перекладкой картоном, 3) сплошной кладкой для сушки в шкафных механич. сушилках или 4) подвешиваются на рейки по итальянск. способу (macaroncelli). Вермишель либо сушится в подвешенном состоянии (spaghetti) либо раскладывается на сушильные рамки для сушки в камерах на стеллажах или в шкафных сушилках. Для вермишели обычно применяется фигурная раскладка в виде мотков или бантиков, состоящих каждый из пряди в 20—30 нитей вермишели. Сушат также и короткорезаную вермишель, прямо рассыпанную на рамки. Суповую засыпку всех форм и видов и короткорезаную лапшу, изготовляемую на лапшерезках, рассыпают для сушки на рамки. Длинную лапшу раскладывают на рамки бантиками или мотками. Раскладка сырых изделий еще не для всех их типов механизирована. Существуют машины для раскладки бантиками вермишели и лапши. Машина Nutria (фиг. 6) раскладывает 90—180 *кг* сырой вермишели в час при расходе мощности около $^1/_4$ Hp; машина Juno, раскладывающая лапшу, при-

Табл. 2.—Гидравлические прессы.

Тип и марка	Цилиндры для теста: Число их	Цилиндры для теста: Диам. в *мм*	Цилиндры для теста: Емкость в *кг* муки	Часовая производительность в *кг*	Потребная мощность в Hp	Вес в *кг* (приблизит.)	Примечание
Вернер и Пфлейдерер (Германия)							
Вертикальные							Мощность патрон-вальцов, Hp:
№ H8	2	155	11	80—100	1,5—2,5	3 600	2
№ 12	2	220	27	110—140	2,5—4,0	6 000	2
№ 14	2	320	65	180—220	3,0—4,5	9 200	3
№ 16	2	420	100	200—250	4,5—6,0	13 500	3—4
№ 17	2	420	150	300—350	5,0—6,5	14 500	4
№ 20	2	520	200	400—500	8,0—10,0	21 000	4
Горизонтальные							Прессы могут обслуживаться как насосами, так и аккумуляторными установками
L № 12	2	220	27	110—140	2,5—4,0	6 000	
L № 14	2	320	65	180—220	3,0—4,5	8 800	
Бюлер-Уцвиль (Швейцария)							
Вертикальные							
KS I	2	155	10	50	1,6	2 200	Предназначены для обслуживания насосом
KF 0	2	250	30	70—100	2,0	4 780	
KF I	2	320	60	180	3,0	8 330	Предпочтит. аккумуляторн. установки
KF II	2	380	100	300	6,0	11 795	
KF IV	2	500	200	300—600	6,0—10,0	21 905	Аккумуляторн. установки
Горизонтальные							
KP I	2	250	30	100	3,0	4 620	Насосы или аккумуляторн. установки
KP II	2	300	60	150—200	6,0	6 670	

соединяется непосредственно к лапшерезке и может дать 100—300 *кг* мотков лапши в час при расходе также ок. 1/4 Hp. Раскладка макарон на рамки и в кассеты пока еще не механизирована. В последнее время предложен аппарат для механич. подвески макарон, не нашедший пока широкого распространения. Легко м. б. механизирована раскладка короткой лапши установкой под лапшерезкой транспортера, медленно движущего пустые рамки, равномерно заполняемые при этом движении сыплющейся из лапшерезки лапшей. Механизация процессов раскладки заслуживает серьезного внимания по санитарно-гигиенич. соображениям, т. к. желательно избавить пищевой продукт от обработки руками.

Одним из наиболее ответственных процессов в М. п. является сушка отформованных сырых изделий. Для изделий из теста требуются медленная и осторожная сушка, чтобы влага успевала равномерно распределяться в толщине теста, иначе поверхностный слой, ссыхаясь, сжимается и дает начало мелким трещинам, которые при дальнейшей сушке разрушают отформованное изделие; особенно чувствительны в этом отношении толстые макароны и фигурная засыпка (крупных размеров и сложной формы); наименее требовательны в этом отношении ко-



Фиг. 6.

роткая лапша и мелкая суповая засыпка (зернышки, так назыв. «овес»). В кустарных итал. производствах в виду благоприятных климатич. условий сушка до сих пор производится непосредственно на воздухе, причем длинный товар сушится исключительно в подвешенном состоянии. В так наз. неаполитанском способе различают в процессе сушки 3 основных периода: 1) подсушку (подвяливание), 2) отволаживание (о т л е ж к а) подсохшего товара и 3) окончательную досушку изделий. При первой операции удаляется 1/4—1/3 всей подлежащей испарению из изделий влаги. Подсушка производится на открытом воздухе, иногда на солнце и легком ветре, в течение 1/2—3 ч. Затем товар переносят в закрытое прохладное помещение, где ему дают отойти (о т в о л г н у т ь), чтобы влага равномерно распределилась в толще изделий. Отволаживание длится 12—24 часа, после чего товар переносят в другое помещение для досушки, где воздух должен быть довольно влажным, чтобы досушка шла очень медленно. Последняя операция длится от 3 дней до 3 недель. Чем медленнее идет сушка, тем лучше и прочнее получается товар. Работа по этому способу требует особого навыка мастера и осуществима в кустарных производствах. Крупные производства для ускорения и упорядочения процесса сушки производят последнюю в специальных помещениях, снабженных особыми отопительными и вентиляционными установками. Устройства таких сушилок крайне разнообразны. Кроме подвесной сушки применяется еще сушка товара, расположенного на рамки, расставляемые по полкам или стеллажам; рамки иногда покрывают картоном, толстой бумагой или полотном для замедления сушки и во избежание коробления товара. Способы сушки с искусственным подогревом и вентиляцией позволяют свести ее продолжительность для трубчатых изделий до 2 суток, для резаных—до суток и даже меньше; дальнейшее же сокращение времени сушки отзывается на прочности товара; потребные площади сушильных помещений при искусственной сушке изделий удалось значительно сократить и довести производительность 1 $м^2$ общей площади сушильного отделения до 5—10 *кг* в сутки.

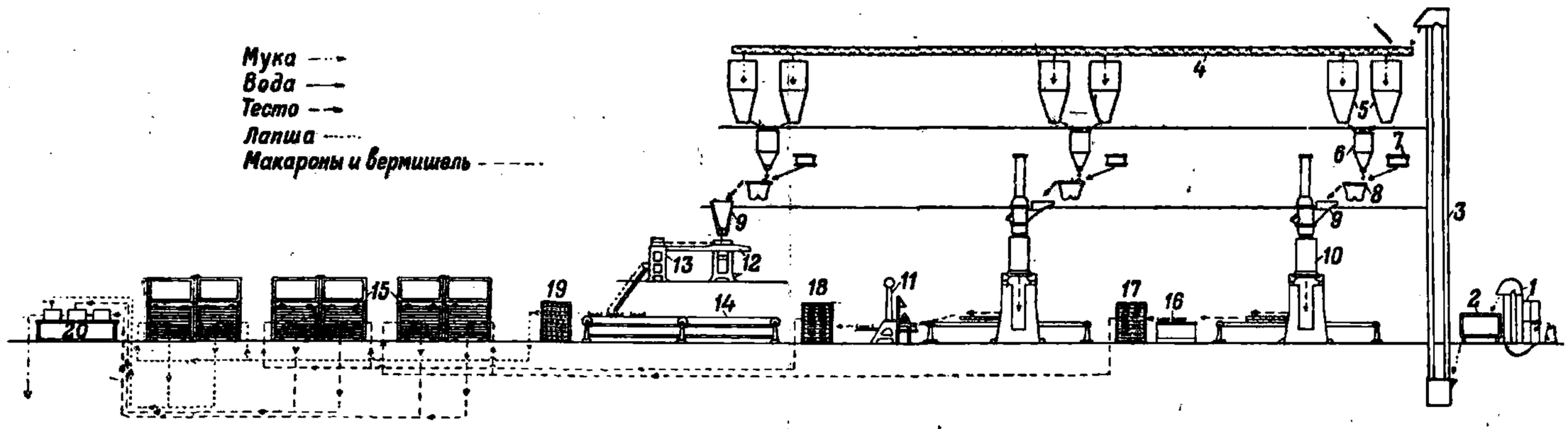
Усовершенствованием в деле сушки следует считать применение для этого шкафных сушилок; при этом способе товар, уложенный в кассеты, продувается воздухом с торца, так что воздух омывает как наружную, так и внутреннюю поверхность макаронины, что способствует более равномерной подсушке всей толщи теста, уменьшает опасность растрескивания изделий при быстрой сушке и сокращает время сушки для трубчатого товара. Устроенные по этому типу сушильные аппараты типа Igetro состоят из сушильной головки и приставных шкафчиков, наполняемых кассетами с товаром. Сушильная головка состоит из вентилятора типа «сирокко» и пластинчатого парового калорифера по типу Юнкерса, соединенных системой коробов-воздуховодов с дроссельными клапанами, позволяющими осуществить любой режим сушки: 1) замкнутую внутреннюю циркуляцию, 2) циркуляцию с частичным выхлопом и притоком и 3) работу целиком на приточном воздухе с полным выхлопом отработанного. Продолжительность сушки в шкафных сушилках—16—30 ч. в зависимости от сорта товара и его влажности. Емкость сушильного шкафчика ок. 200 *кг* для макарон и 100 *кг* для вермишели (по сухому товару). Производительность 1 $м^2$ площади сушильного отделения, оборудованного такими сушилками,—до 25 *кг* готовых изделий в сутки при сушке макарон и до 35 *кг* готовых изделий при сушке резаного товара. Максимальный расход тепла—от 10 000 Cal/час (для макаронных сушилок) до 20 000 Cal/час (для лапши и вермишели). Средний расход пара—100—200 *кг* в сутки на 1 сушилку. Потребная мощность на сушилку—3—4 Hp.

В последнее время выпущен упрощенный и более удобный тип шкафной сушилки, работающей без калорифера, воздухом из помещения. Сушилка представляет собой легкий деревянный шкаф с одним или двумя отделениями, в каждое из к-рых вкатывается по одному шкафчику с товаром; сушильный шкаф имеет обыкновенные дверцы или жалюзи, закрыв которые можно осущест-

вить в шкафу замкнутую циркуляцию; каждое отделение шкафа обслуживается индивидуально крыльчатым вентилятором; приоткрывая дверцы или жалюзи или специальное окошко и пользуясь перекрывными клапанами, можно осуществить все вариации режима. Сушилка из двух отделений при расходе мощности на вентиляторы в 2—3 HP дает в сутки до 400—500 *кг* макарон при продолжительности сушки в 18—24 ч. и до 300—350 *кг* в сутки вермишели, лапши и другого резаного товара при продолжительности сушки в 12—18 ч. Оптимальная темп-ра помещения, где работают сушилки и воздух которого используется для сушки, 18—22°; оптимальная влажность—~60%. Этот тип сушилок еще экономичнее в смысле использования площади сушильного отделения; с 1 $м^2$ ее удается снимать до 40 *кг* готовых изделий в сутки. При размещении большого количества сушилок в общем зале является необходимость в установке приточно-вытяжного вентиляционного устройства для кондиционирования воздуха помещения в отношении его влажности и температуры. В настоящее время имеется целый ряд конструкций сушильных аппаратов для сушки всех видов изделий из теста, работающих без подогрева сушильного воздуха; различия их заключаются преимущественно в расположении шкафчиков и обслуживающих их вентиляторов. Для мелкого резаного товара сделаны удачные попытки применить конвейерные сушилки. Трудность сушки макаронных изделий заключается в необходимости, во избежание растрескивания товара, вести сушку очень медленно и постепенно, воздухом с испарительной способностью не выше 5—6 *г* на 1 *кг* сушильного воздуха в третьем периоде сушки. Для поддержания необходимой $t°$ и влажности, особенно в условиях сушки подогретым воздухом, весьма целесообразно применение для макаронных сушилок автоматических устройств для регулировки температуры и влажности, предложенное американской фирмой Carrier Engineering Co.; в Европе таких сушилок до настоящего времени еще не имеется.

Вышедший из сушилок товар должен по возможности скорее подвергаться упаковке, чтобы не уменьшалась его влажность. Обычные типы упаковки для макаронных изделий: крупный развес в деревянных или фанерных застланных бумагой (во избежание проникновения пыли и выпадения крошек изделий) ящиках весом до 20 *кг*; средний—в картонных коробках, пачках или пакетах по 500 *г*; за границей в ходу еще более мелкий развес—по 250, 200 и 125 *г* для суповой засыпки, часто в мешочках и пачках из целлофана. Нормальная влажность готовых изделий лежит в пределах 12—13%. Основные анализы готовых изделий — на влажность, на присутствие искусственных каменноугольных красителей, на содержание яиц: качественное—реакцией Вейля на лютеин или пробой на холестерин и фитостерин по Бемеру, количественное—на содержание лецитин фосфорной кислоты по способу Юккенака.

Хранение макаронных изделий требует прохладных, сухих, хорошо проветриваемых складов; макаронные изделия весьма восприимчивы к посторонним запахам; нормальный срок хранения их—не свыше шести месяцев. Производственный процесс крупных современных макаронных фабрик планируется наиболее удобно по следующей смешанной схеме:



Фиг. 7. Схема производства макаронных изделий: *1*—мучная самотаска с фильтром; *2*—бурат; *3*—мучная самотаска; *4*—распределительный шнек; *5*—закром-мукомешатель; *6*—автоматич. весы; *7*—водомерный бак; *8*—месилка; *9*—приемник для теста; *10*—гидравлический пресс № 20; *11*—раскладочная машина «Nutria»; *12*—коллервальцы; *13*—лапшерезка; *14*—транспортер; *15*—сушилка Кайзера; *16*—стол для раскладки макарон; *17*—шкафчик для макарон; *18*—шкафчик для вермишели; *19*—шкафчик для лапши; *20*—стол для упаковки готового товара.

Просевное отделение
↓
Закрома, автовесы
↓
Месильное отделение
↓
Прессовое и лапшерезное отделение → Раскладочное отделение → Сушилка → Упаковочное отделение и экспедиция

Здесь предварительная обработка муки и теста идет по вертикали, а раскладка сырого полуфабриката, сушка его, упаковка и экспедиция—по горизонтали. Применение патрон-вальцов дает возможность рационально разместить первую часть процесса в трехэтажном здании с подвальным помещением, к-рое отчасти м. б. использовано под склад муки; вторая часть производственного процесса размещается в одно- или двухэтажном здании. Производительность крупных современных макаронных ф-к достигает 50—60 *т* готовых изделий в сутки при двухсменной работе тестоприготовительного и формовочного отделений и работе сушильного отделения круглые сутки (на фиг. 7 представлен план-схема з-да).

Экономика. В России первая макаронная фабрика была открыта в 1857 году. Перед войной 1914—18 гг. работало 39 предприятий фабричного типа—примерно 200 прессов и 1 550 рабочих. Выработка достигала 24 000 *m* в год на общую сумму 5—6 млн. рублей. Послевоенный восстановительный период характеризовался ростом и укрупнением М. п. По данным ЦК Пищевиков на 1 окт. 1926 г. по всему СССР существовало 65 заведений с наемным трудом, где было занято 2 894 работника всех квалификаций. В 1925/26 году по цензовой макаронной промышленности насчитывалось 31 предприятие с суммарной выработкой в 31 027,3 *m* на сумму 13 121 червонных руб. В 1927/28 г. по цензовой промышленности выработано 37 816 *m* готовых изделий на сумму 13 796 тыс. р. Душевое потребление в 1925/26 г. достигало лишь 1,27 *кг* на душу городского населения в год и 0,22 *кг* в среднем на душу населения СССР. Пятилетний план развития промышленности предусматривает такие темпы роста М. п.:

Годы	*m*	Тыс. р.
1928/29	48 310	17 200
1929/30	62 930	21 795
1930/31	82 600	26 585
1931/32	97 700	30 815
1932/33	112 450	33 785

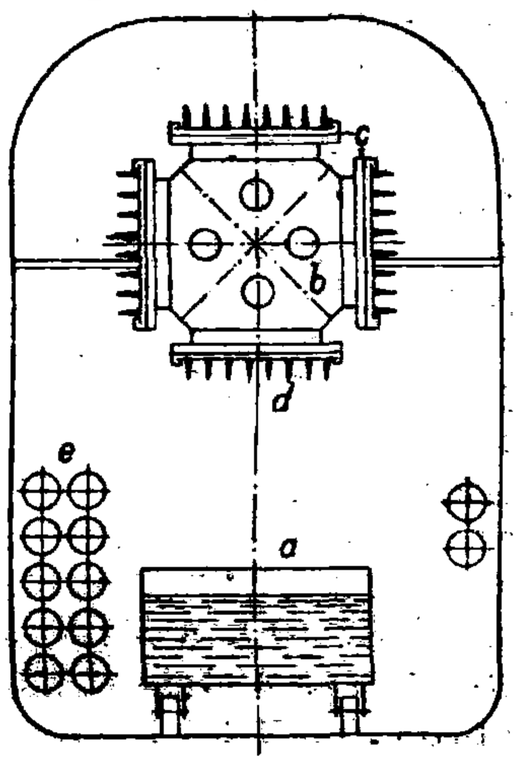
т. е. увеличение продукции на 299% в натуральном выражении и на 245% в денежном, по ценам соответствующих лет. Темпы роста М. п., намеченные пятилетним планом, вероятно будут превышены. Мировой рынок макаронных изделий за последнее время претерпел значительные изменения. До войны 1914—18 гг. крупнейшим мировым экспортером макарон была Италия, на долю которой приходилось 75—80% всего мирового экспорта; средняя довоенная цифра экспорта итал. макарон выражалась в 63 000 *m*. Крупнейшим потребителем итал. макарон была Америка, поглощавшая до 70—75% итал. экспорта—до 45 000 *m*. В послевоенное время картина резко изменилась: благодаря бурному росту макаронной промышленности США не только покрыли спрос собственного потребления, но и превратились в экспортера; в 1925 г. экспорт из США достиг 4 500 *m*, с неуклонной тенденцией роста. Та же картина наблюдается в других странах с развитою культурой пшеницы—в Канаде, Франции и Испании.

Лит.: Rovetta R., Industria del pastificio, 2 ed., Milano, 1925; Oertel Fr., Stäuber W., Die Teigwarenfabrikation, 3 Aufl., W.—Lpz., 1925; Maurizio A., Die Nahrungsmittel aus Getreide, B. 2, B., 1926; Ceschina G., Primo contributo allo studio d. essicazione d. paste alimentari, Milano, 1907; Skinner Robert P., Manufacturing of Semolina and Macaroni, «Bull. of the U. S. Department of Agriculture», Wsh., 1902, *20*.

В. Лукьянов.

МАКАТЕЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ, макательные изделия, или изделия без шва, изделия (преимущественно тонкостенные), приготовляемые путем повторного обмакивания соответствующих форм в резиновый раствор (см. *Клей* резиновый); приставший к формам слой клея оставляет на формах после улетучивания растворителя тонкую пленку резины. Этим способом изготовляют соски, напальчники, хирургич. перчатки, презервативы и т. п. Для макания применяют обычно бензиновые растворы каучука; для получения прозрачных или особо тонкостенных изделий берут растворы чистого каучука (без примесей), для изделий цветных—каучук предварительно смешивают с небольшим количеством красителей (сажа, литопон, киноварь). Формы для макания применяются деревянные, лакированные, а также стеклянные и фарфоровые.

Процесс макания производится в специальных макательных аппаратах (см. фиг.). Существенные части аппарата—ящик *a* с резиновым клеем, поднимающийся и опускающийся при помощи гидравлич. подъемника, и вращающаяся вокруг своей оси крестовина *b*, на которой укреплены две или четыре рамы *c* с формами *d* для М. и. Весь аппарат плотно закрыт кожухом, в котором спереди имеются дверцы для вкатывания и выкатывания ящика с клеем и для загрузки и разгрузки форм; за процессом можно следить через застекленные окна. Обыкновенно устанавливается целая серия аппаратов вплотную друг к другу, так что один рабочий может обслуживать 6—7 аппаратов. При макании крестовина с формами останавливается и к последним снизу медленно подводится ящик с клеем. После погружения форм на достаточную глубину ящик опускают медленно до выхода форм из клея; скорость движения ящика регулируют особой рукояткой. Получение изделий равномерной толщины и без пузырьков зависит от режима скорости поднимания и опускания ящика и в значительной степени от искусства макальщика. После обмакивания первой рамы с формами крестовину поворачивают на 180° и таким же образом производят макание противоположной рамы. Затем крестовина приводится во вращательное движение для высыхания приставшего к формам клея и для равномерного распределения его по поверхности форм. Через 20—30 м. клей настолько высыхает, что можно начать макание двух других рам с формами. Число повторных маканий каждой рамы зависит от толщины изделия, а также от консистенции клея; на практике число маканий каждой рамы бывает от 2 до 15, и весь процесс длится примерно от 3 до 24 ч. Улетучивающиеся во время просушки пары бензина отсасываются из аппаратов вентилятором и либо уносятся в воздух, либо направляются в установку для рекуперации растворителя. В аппаратах новейшей системы (фирмы Ширм в Лейпциге) конденсация бензина происходит внутри самих аппаратов при помощи систем охлаждающих труб *e*, но при этом несколько замедляется весь процесс макания. По окончании макания формы с изделиями вынимают из аппаратов и подвергают окончательной просушке, после чего на нижнем крае изделия делается вручную или на специальных машинках утолщение (венчик). М. и. обычно



вулканизуются (см. *Вулканизация*) холодным способом: тонкостенные (до 0,2 *мм*)—в парах полухлористой серы в герметически закрытых шкафах, изделия с более толстыми стенками—погружением в растворы полухлористой серы в сероуглероде или бензине. Вулканизованные изделия снимают с форм после предварительного припудривания (рисовой пудрой, мукой или тальком) или смачивания водой, содержащей глицерин. Горячим способом (в воде) вулканизуются лишь нек-рые специальные изделия (напр. перчатки для электротехнич. целей); в этом случае к резиновому клею предварительно добавляют серу. Так как вследствие разложения полухлористой серы в изделиях остаются следы к-т, то вулканизованные холодным способом изделия необходимо обработать щелочами; тонкостенные изделия подвергают действию газообразного аммиака, толстостенные промывают в растворе едкой щелочи. Готовые изделия подвергаются тщательному осмотру и браковке. Так как в М. и. отсутствуют швы, то такие изделия значительно прочнее резиновых, склеенных из нескольких частей; макательные изделия, вулканизованные холодным способом, характеризуются более быстрым старением: они не выдерживают продолжительного хранения.

Т. к. производство изделий без шва вследствие применения больших количеств горючих растворителей (например бензин, сероуглерод) чрезвычайно опасно в пожарном отношении, то в последнее время стремятся заменить в производстве М. и. бензиновые растворы каучука естественным каучуковым латексом или искусственными водными дисперсиями каучука. Методика производства с этими материалами разработана пока еще недостаточно.

Лит.: Ditmar R., Die Technologie d. Kautschuks, Wien—Leipzig, 1915; Gottlob K., Technologie d. Kautschukwaren, 2 Aufl., Brschw., 1925; Seamless Rubber Goods, «India-Rubber Journal», London, 1926, v. 71; Beiträge zur wirtschaftlichen Fertigung nahtloser Sauger. «Gummi-Ztg», B., 1926—27, B. 41. **Р. Кристеон.**

МАКОВОЕ МАСЛО добывается из семян *мака* (см.), принадлежит к группе *высыхающих масел* (см.), жидкое по консистенции, бледножелтоватого цвета. Содержание М. м. в семенах мака колеблется от 45 до 51,5%. М. м. содержит глицериды олеиновой (20%), линолевой (65%), линоленовой (5%), пальмитиновой и стеариновой к-т. Константы М. м. в зависимости от происхождения и географического произрастания семян сильно разнятся:

Плотность D_{15}^{15}	0,924—0,926
$t°_{заст.}$	от −16 до −18°
Кислотное число	2,5—2,8
Число омыления	193—195
Иодное число	128—157
Число Генера	95,4
Число Рейхерт-Мейсля	0,6
Неомыляемый остаток (в %)	0,43—1,6
$t°_{пл.}$ жирных к-т	20,5
$t°_{заст.}$ жирных к-т (титр)	17—19
Коэф. преломления:	
n (при 25°)	1,4739—1,4760
n (при 40°)	1,4679—1,4698

Пищевое М. м. получают холодным прессованием, техническое М. м.—горячим прессованием. М. м. техническое употребляют для приготовления *олифы* (см.), масляных лаков (см. *Покровные лаки*), мыла, *красок* для живописи (см.) и пр.

Лит.: Спр. ТЭ, т. III, стр. 49, 56, 69, 80; Лялин Л., Жиры и масла, 2 изд., Л., 1925. **Н. Ракицкий.**

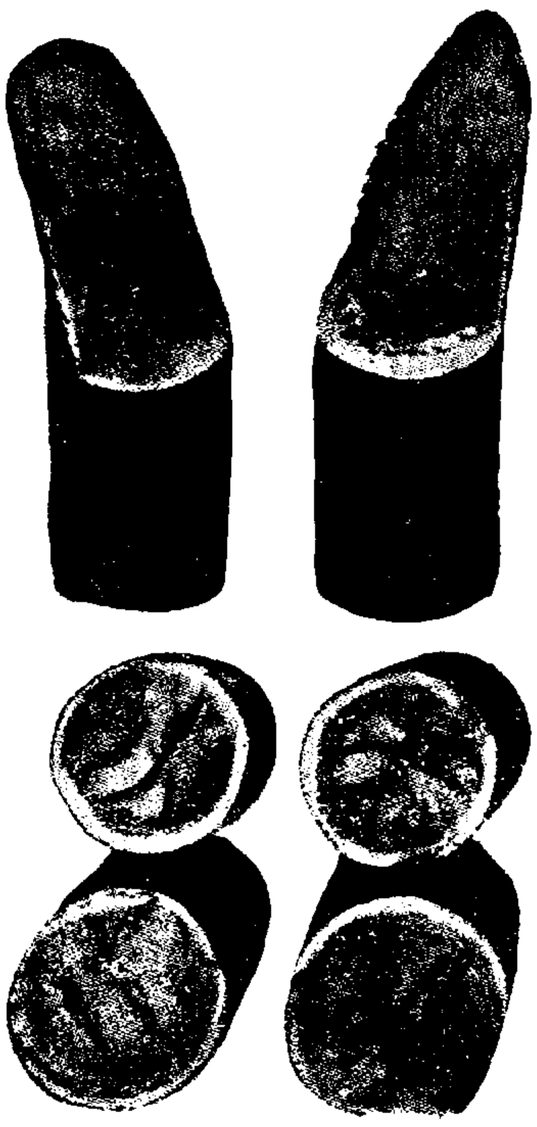
МАКРОСТРУКТУРА, название структуры какого-либо материала, видимой или невооруженным глазом или при небольшом увеличении (до ×5). Обыкновенно этот термин относится к структуре сплавов. Металлы и их сплавы затвердевая образуют конгломерат кристаллов (см. *Металлография*). Эти кристаллы располагаются в некотором закономерном порядке: оси группы кристаллов имеют одно общее направление, и металл приобретает *дендритное строение* (см.). В сталях эти *дендриты* (см.) застывают первыми и поэтому они являются более тугоплавкими сравнительно с другими частями металла; отсюда можно заключить, что, вследствие медленного выравнивания состава кристаллов (диффузии) в застывшем слитке, металл последнего неоднороден (гетерогенен) в разных точках, а следовательно и обладает неодинаковыми физич. свойствами (анизотропия), в том числе и механическими. Исследования показывают, что эта гетерогенность очень устойчива и трудно поддается изменению как термич., так и механич. обработками; при ковке напр. дендриты не уничтожаются, а только деформируются. Для того чтобы гарантировать изделию прочность, надо застывание металла вести в таких условиях, которые обеспечивали бы наилучшее расположение кристаллов. Поэтому изучение М. обязательно при изготовлении фасонных отливок, слитков, а также при технологич. процессах горячей обработки металлов. Для изучения структуры металла ее нужно предварительно п р о я в и т ь. Для этой цели для разных металлов существуют разные протравы (для стали—Промстандарт, вып. 141; для других металлов—см. *Микроструктура*).

Неоднородность сплава может обусловливаться не только процессами кристаллизации, но также и последующими операциями,

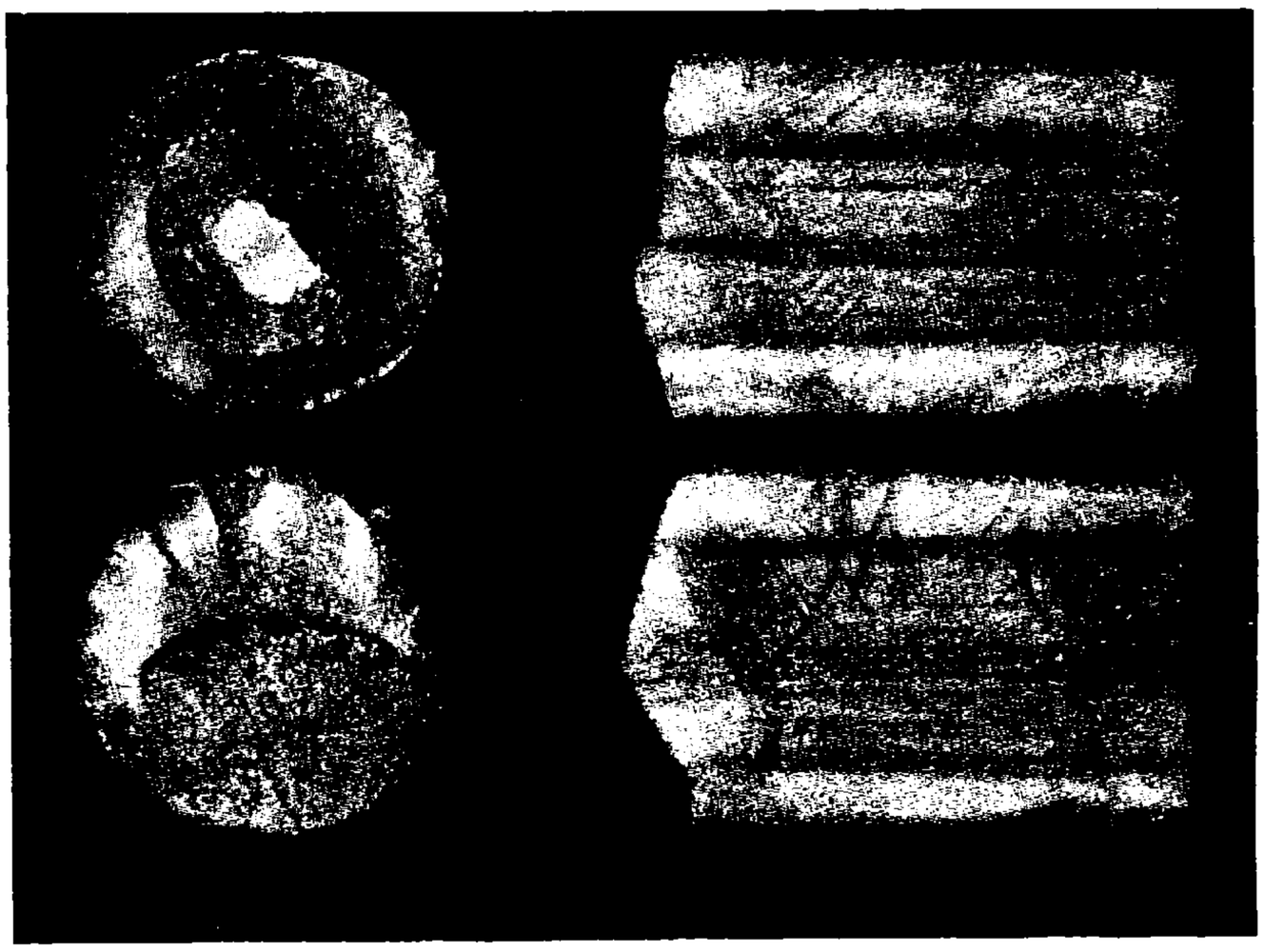


как то: термич. обработкой, обезуглероживанием при нагреве, цементацией, сваркой, улетучиванием или окислением прибавленных примесей, например Zn в латуни. Такая неоднородность также проявляется травлением и в некоторых случаях бывает необходима для доказательства исполнения заданных технических условий; на фиг. представлена требуемая граница закаленной и незакаленной частей лемеха по ОСТ; на вкл. л. *1* показана толщина цементированного слоя и т. д. Особенно важное значение имеет наблюдение за М. в кузнечном и литейном процессах. Неравномерность распределения примесей в слитке стали (ликвация) отражается на М. изделий (напр. прокатных изделий). На вкл. л. *2* показано неравномерное распределение серы в листовом железе.

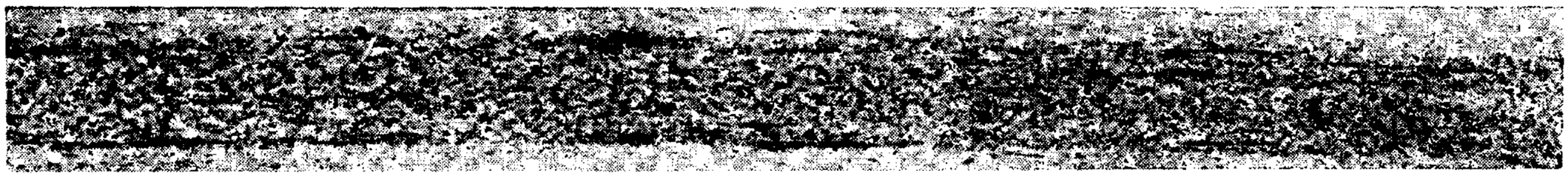
Технич. жидкий сплав обычно бывает в большей или меньшей степени мутным, т. е. в нем могут заключаться шлаковые и прочие включения, также влияющие на проч-

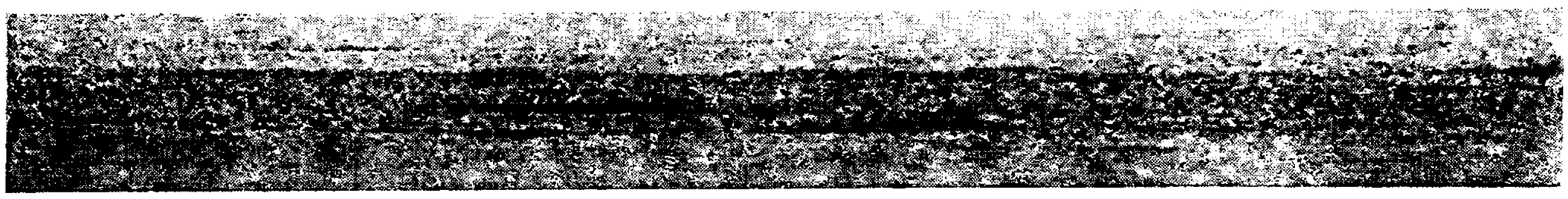


1. Изломы цементованной литой стали.



3. Местные деформации в металле, проявленные методом Фри (Fry).





2. Неравномерное распределение серы (ликвация) в листовом железе.



4. Линии деформации в днище котла, проявленные методом Фри (Fry).

ность изделия. При застывании слитка эти включения, располагаясь (сегрегация) в объеме слитка, могут резко ослабить то или иное сечение. Бороться с явлением сегрегации можно или соблюдая нек-рые $t°$-ные условия разливаемого металла или применяя б. или м. рациональную форму слитка и т. п. Особенно важен вопрос ликвации (неоднородности) состава в цветных металлах, например в бронзах, баббитах, где диффузия металлов происходит очень медленно.

В последнее время большое значение приобрело исследование вопроса перекристаллизации металлов (рекристаллизация), которая происходит особенно благоприятно при сравнительно невысоких $t°$ после механич. обработки давлением на холоду; при этом образуются очень крупные кристаллы, видимые простым глазом (см. *Деформация металлов*). Применяя метод М., можно вопрос поставить обратно: нагревая изделие до подходящих $t°$, необходимо определить места с выявившейся крупной кристаллизацией; это укажет, что испытуемое изделие в местах, подверженных нагреву до рекристаллизационной $t°$, было перед испытанием деформировано на холоду, т. е. было наклепано или имело местные напряжения. На этом основан метод Фри для проявления местных напряжений в металле (см. вкладной лист *3*, *4*).

К. Грачев.

Лит.: см. *Металлография*.

МАКСВЕЛЛ, единица измерения *магнитного потока* (см.). При равномерном уменьшении магнитного потока через данный контур на один М. в секунду в этом контуре индуктируется напряжение, равное 10^{-8} международных V. 1 М. равен одной стомиллионной части магнитного потока в катушке самоиндукции в 1 Н, при прохождении через эту катушку тока силою в 1 А. Особого обозначения М. не имеет.

МАКСВЕЛЛА УРАВНЕНИЯ, дифференциальные ур-ия, установленные англ. физиком Максвеллом и выражающие в математич. форме классич. теорию прошлого столетия электромагнитных явлений, основанную на представлении о близкодействии. До Максвелла рассматривали действие на расстоянии между электрич. зарядами или электрич. токами, а следовательно и магнитами, не заботясь совершенно о том, каким образом взаимодействие это распространяется. Фарадей в своих опытах исходил из представления о том, что электромагнитные взаимодействия передаются через промежуточную среду—«мировой эфир». В этом эфире возникают «квази-упругие» состояния, а «силовые линии» являются реальными физич. субстанциями, заполняющими пространство и определяющими своими движениями и своей деформацией электромагнитные взаимодействия видимых материальных тел. Максвеллу удалось выразить количественно эти представления при помощи дифференциальных уравнений, послуживших основанием для изучения распространения электромагнитных возмущений. Чисто теоретич. опыты Герца, поставленные для обнаружения электромагнитных волн, предсказанных теорией Максвелла, привели к величайшим практическим достижениям современной радиотехники. В настоящее время М. у. получили дальнейшее развитие. Самое представление о близкодействии сменилось представлением о запаздывающем дальнодействии. Понятие мирового эфира в связи с развитием теории относительности стало излишним и даже вредным. Волновая механика вносит коренные изменения в наши представления об электромагнитных явлениях. Тем не менее М. у. являются и в настоящее время основными для электротехнич. расчетов в тех случаях, когда явления нельзя считать стационарными, сохраняя свое значение независимо от реального физич. существования силовых линий.

В интегральной форме М. у. выражают следующие два закона. 1) Закон полного тока: магнитное напряжение обхода вдоль замкнутого контура равно полному току сквозь поверхность, окаймленную этим контуром. Этот закон выражается ф-лой:

$$\oint_K \boldsymbol{H}\,d\boldsymbol{r} = \boldsymbol{I} + \frac{d\varphi}{dt}, \qquad (1)$$

или в дифференциальной форме для неподвижных тел:

$$\operatorname{rot}\boldsymbol{H} = \boldsymbol{j} + \frac{\partial \boldsymbol{D}}{\partial t}, \qquad (1a)$$

$$\operatorname{rot}\boldsymbol{H} = \lambda\boldsymbol{E} + \varepsilon K_0 \frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t}. \qquad (1b)$$

Здесь: $\boldsymbol{H}$—вектор напряженности магнитного поля в А/*см*; $\boldsymbol{E}$—то же для электрич. поля в V/*см*; K_0—диэлектрич. постоянная вакуума, равная $0{,}884 \cdot 10^{-13}$ фарад/*см*, ε—относительный диэлектрич. коэфициент; λ—удельная проводимость; $\boldsymbol{j}$—вектор плотности тока, равный $\lambda\boldsymbol{E}$ А/*см*^{2}; $\boldsymbol{D}$—вектор смещения, равный $\varepsilon K_0\boldsymbol{E}$ кулонов на *см*^{2}; $\boldsymbol{I}$—ток проводимости в А, равный потоку вектора плотности тока $\boldsymbol{j}$; φ—поток вектора смещения $\boldsymbol{D}$, выраженный в кулонах. В ортогональной координатной системе OX_1, OX_2, OX_3 ур-ие (1b) принимает вид:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\partial H_3}{\partial x_2} - \frac{\partial H_2}{\partial x_3} &= \lambda E_1 + \varepsilon K_0 \frac{\partial E_1}{\partial t} \\
\frac{\partial H_1}{\partial x_3} - \frac{\partial H_3}{\partial x_1} &= \lambda E_2 + \varepsilon K_0 \frac{\partial E_2}{\partial t} \\
\frac{\partial H_2}{\partial x_1} - \frac{\partial H_1}{\partial x_2} &= \lambda E_3 + \varepsilon K_0 \frac{\partial E_3}{\partial t}
\end{aligned}\right\} \qquad (1c)$$

При стационарных явлениях $\frac{d\varphi}{dt} = 0$, получается уравнение:

$$\operatorname{rot}\boldsymbol{H} = \boldsymbol{j},$$

к-рое эквивалентно закону Био-Савара. При быстро переменных явлениях или при больших напряженностях поля приходится в ур-ии (1) считаться с емкостным током смещения $\frac{d\varphi}{dt}$, определяющим магнитное напряжение совместно с током проводимости $\boldsymbol{I}$. Из (1a) следует:

$$\operatorname{div}\operatorname{rot}\boldsymbol{H} = \operatorname{div}\boldsymbol{j} + \frac{\partial}{\partial t}(\operatorname{div}\boldsymbol{D}) = 0. \qquad (2)$$

Т. к. $\operatorname{div}\boldsymbol{D} = \varrho$ кулон/*см*^{3}, то ур-ие (2) эквивалентно

$$\operatorname{div}\boldsymbol{j} = -\frac{\partial \varrho}{\partial t}, \qquad (2a)$$

где ϱ—плотность электрич. заряда. При стационарных явлениях $\frac{\partial \varrho}{\partial t} = 0$, следовательно

$$\operatorname{div}\boldsymbol{j} = 0,$$

что эквивалентно правилу Кирхгофа.

2) Закон индукции. Электрич. напряжение обхода вдоль замкнутого контура равняется магнитному спаду, т. е. скорости уменьшения магнитной индукции через поверхность, окаймленную данным контуром (см. *Индукции закон*). Этот закон выражается ф-лой:

$$\oint \boldsymbol{E}\,d\boldsymbol{r} = -\frac{d\Phi}{dt}, \qquad (3)$$

или в диференциальной форме для неподвижных тел:

$$\operatorname{rot}\boldsymbol{E} = -\frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t} \qquad (3a)$$

и при отсутствии железа

$$\operatorname{rot}\boldsymbol{E} = -\mu\Pi\frac{\partial \boldsymbol{H}}{\partial t}. \qquad (3b)$$

Здесь: Π—проницаемость вакуума, равная $1{,}25601 \cdot 10^{-8}$ генри/*см*; μ—относительная проницаемость; $\boldsymbol{B}$—вектор индукции в вольтсекундах на *см*^{2}; Φ—поток вектора $\boldsymbol{B}$, выраженный в вольтсекундах. В ортогональной координатной системе OX_1, OX_2, OX_3 ур-ие (3b) принимает вид:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{\partial E_3}{\partial x_2} - \frac{\partial E_2}{\partial x_3} &= -\mu\Pi\frac{\partial H_1}{\partial t}\\
\frac{\partial E_1}{\partial x_3} - \frac{\partial E_3}{\partial x_1} &= -\mu\Pi\frac{\partial H_2}{\partial t}\\
\frac{\partial E_2}{\partial x_1} - \frac{\partial E_1}{\partial x_2} &= -\mu\Pi\frac{\partial H_3}{\partial t}
\end{aligned}\right\} \qquad (3c)$$

При стационарных явлениях $\frac{d\Phi}{dt} = 0$, так что получаем ур-ие:

$$\operatorname{rot}\boldsymbol{E} = 0.$$

Вектор $\boldsymbol{E}$ м. б. выражен в этом случае как градиент скалярного потенциала. Из (3) следует:

$$\operatorname{div}\frac{\partial \boldsymbol{B}}{\partial t} = 0, \text{ или } \operatorname{div}\boldsymbol{B} = \text{Const}.$$

Эта постоянная равна нулю, так что

$$\operatorname{div}\boldsymbol{B} = 0. \qquad (4)$$

Энергия электромагнитного поля связана с распределением в пространстве векторов электрич. и магнитного поля. Плотность энергии электрич. поля (безразлично, будет ли поле статическим или нет) определяется по ф-ле:

$$w_e = \tfrac{1}{2}\boldsymbol{E}\boldsymbol{D} \text{ ваттсекунд/}см^3. \qquad (5a)$$

Плотность энергии магнитного поля при отсутствии железа определяется по ф-ле:

$$w_m = \tfrac{1}{2}\boldsymbol{H}\boldsymbol{B} \text{ ваттсекунд/}см^3. \qquad (5b)$$

М. у. (1)—(5) дают полное основание для построения теории электромагнитного поля в неподвижных изотропных телах. Интегрирование этих диференциальных ур-ий приводит к волновому диференциальному уравнению: если взять ротор от обеих частей ур-ия (1b) и подставить в правую часть значение rot $\boldsymbol{E}$ из (3b), то получится:

$$\operatorname{rot}\operatorname{rot}\boldsymbol{H} = \lambda\operatorname{rot}\boldsymbol{E} + \varepsilon K_0\operatorname{rot}\frac{\partial \boldsymbol{E}}{\partial t} =$$

$$= -\lambda\mu\Pi\frac{\partial \boldsymbol{H}}{\partial t} - \varepsilon\mu K_0\Pi\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}}{dt^2}.$$

Так как в однородной среде $\operatorname{div}\boldsymbol{H} = 0$, то

$$\operatorname{rot}\operatorname{rot}\boldsymbol{H} = -\nabla^2\boldsymbol{H},$$

следовательно

$$\nabla^2\boldsymbol{H} = \lambda\mu\Pi\frac{\partial \boldsymbol{H}}{\partial t} + \varepsilon\mu K_0\Pi\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}}{\partial t^2}.$$

Это—ур-ие затухающей волны. В диэлектриках $\lambda = 0$, так что поглощения энергии не происходит, и напряженность магнитного поля определяется из ур-ия:

$$\nabla^2\boldsymbol{H} = \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 \boldsymbol{H}}{\partial t^2},$$

где $c^2 = \frac{1}{\varepsilon\mu K_0\Pi}$ — скорость распространения электромагнитного возмущения, равная скорости света в данной среде. См. *Электродинамика*.

Лит.: Тамм И. Е., Основы теории электричества, т. 1, М.—Л., 1929; Миткевич В. Ф., Физические основы электротехники, ч. 1, М.—Л., 1928; Maxwell J. C., A Treatise on Electricity and Magnetism, Oxford, 1904; Abraham M., Theorie d. Elektrizität, 7 Aufl., B. 1, B.—Lpz., 1923; Cohn E., Das Elektromagnetische Feld, 2 Aufl., B., 1927; Emde Fr., Auszüge aus James Clerk Maxwells Elektrizität u. Magnetismus, Brschw., 1915. **Я. Шпильрейн.**

МАКУЛАТУРА, см. *Бумажный брак.*

МАЛАКОГРАФ, см. *Малакометрия.*

МАЛАКОМЕТРИЯ, отдел измерительной физики, к-рый количественно устанавливает степень мягкости (консистенцию) полужидких тел; наибольшее практическое значение М. получила при испытании битуминозных веществ, малярных красок, жиров и мазей, пластических масс, цементного теста, замазок. Абсолютно твердое тело механики как система, оказывающая бесконечно большое сопротивление всякому внедряющемуся в нее телу, и совершенная жидкость гидродинамики как система, нисколько не противодействующая подобному внедрению, должны рассматриваться в качестве отвлеченно мыслимых пределов, между к-рыми располагаются все физич. тела. Сила сопротивления, возникающая при вхождении в пространство, занятое нек-рым другим телом, может получать весьма различные значения; если она велика, то тела располагаются обыкновенно в порядке ее возрастания, и тогда говорят о твердости тела, а процессы, устанавливающие степень консистентности, относят к *склерометрии* (см.); напротив, если она мала, то соответственные тела располагаются в порядке ее убывания, и тогда консистенция тела характеризуется преимущественно в терминах мягкости, процессы же, к-рые позволяют установить степень консистентности, относят к М. По существу нельзя провести твердую границу между испытаниями склерометрическими и испытаниями малакометрическими, и склерометрич. измерения могут даже непосредственно применяться в целях малакометрических; так напр., опытами в Отделе материаловедения Всесоюзного электротехнич. ин-та (ВЭИ) выяснено, что испытанием на твердость по Бринелю удобно устанавливать консистентность озокеритов и церезинов, представляющих иногда даже полужидкие массы; но конечно это делается при незначительных давлениях. В зависимости от формы и рода внедряющегося тела, быстроты и глубины внедрения и некоторых других условий характеристика мягкости (или соответственно твердости) получает разные количественные значения, и данные, полученные одним способом испытания, не только по числовым значениям, но и по взаимному соотношению и порядку последних могут не соответствовать таковым же, полученным при других условиях испытания. Характеристика мягкости (или соответственно твердости) пред-

ставляет комплекс признаков, родственных между собою, но друг друга не покрывающих и до сих пор не проанализированных достаточно отчетливо. В частности следует еще отметить понятие пластичности, к-рое иногда сближается с понятием мягкости. Охватывая суммарно комплекс признаков, испытание на мягкость в зависимости от способа его проведения может в большей или меньшей степени выделять один из признаков комплекса. Поэтому при данных о мягкости тела непременно д. б. указываем процесс испытания и испытательная установка, при помощи к-рой данная характеристика была получена. В особенности важно указание на скорость деформации тела и в соответствии с этим различение мягкости хотя бы двух родов, напр. мягкости статической, установленной при весьма медленных деформациях, и мягкости динамической, когда скорость деформации была весьма велика.

Процесс внедрения в испытуемое вещество некоторого другого тела тесно связан с трением внедряющегося тела об испытуемое и с утеканием испытуемого тела от места деформации. Поэтому характеристика мягкости практически неотделима от характеристики вязкости, причем это срастание характеристик тем более глубоко, чем мягче вещество. Практически текучесть (величина, обратная вязкости) и мягкость нередко заменяют друг друга. В качестве примера ниже приводим составленную по Гольде табл. 1,

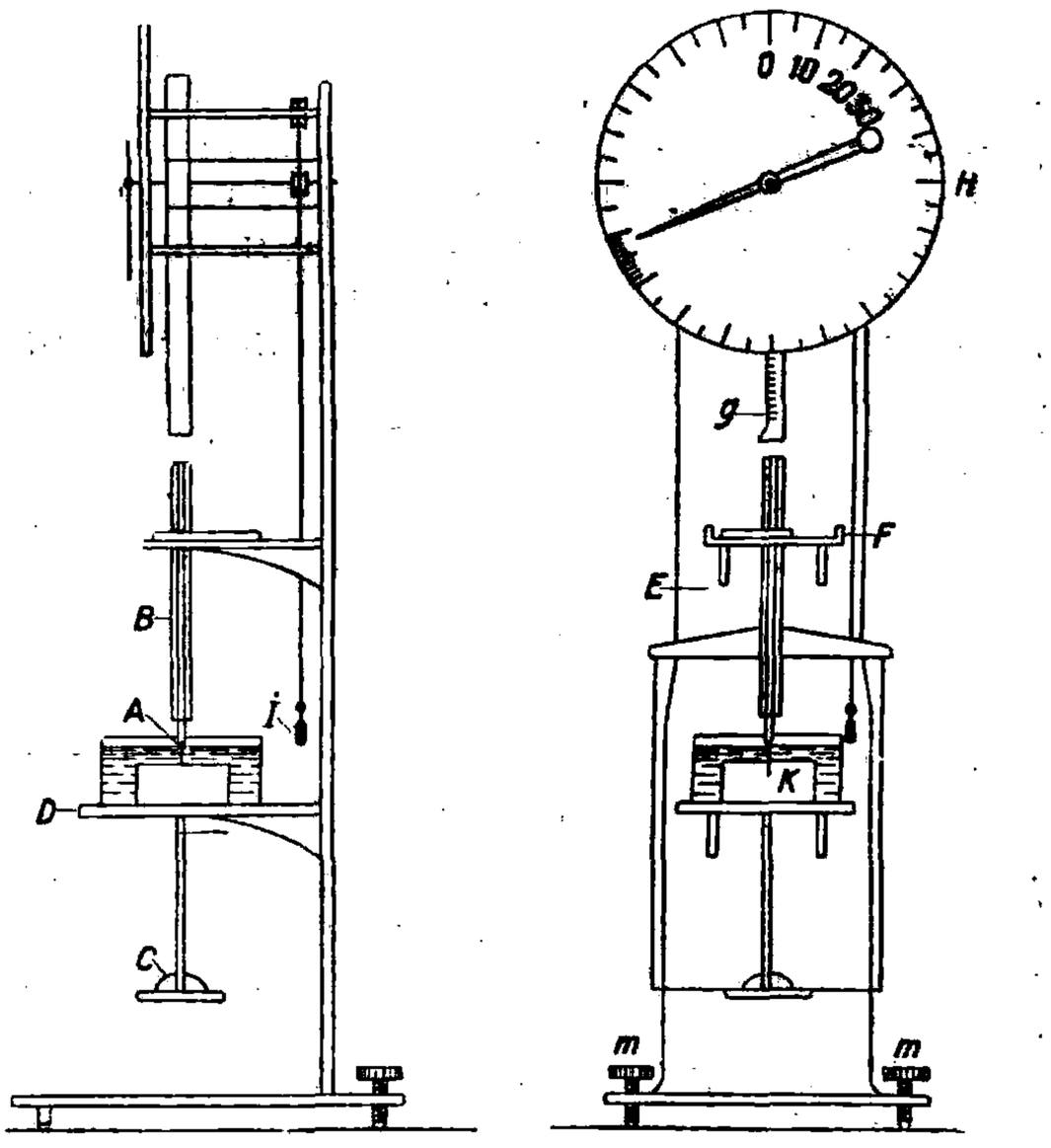
Табл. 1.—Ступени консистенции.

Ступени	Название консистенции	Типич. пример
I	Подвижножидкая	Керосин
II	Мало вязкожидкая	Веретенное масло
III	Умеренно вязкожидкая	Легкие машин. масла
IV	Вязкожидкая	Тяжелые » »
V	Густожидкая	Жидкие цилиндровые масла
VI	Подвижно мазеобразная	Вапор
VII	Густомазеобразная	Вазелин, ланолин
VIII	Салообразная	Топленое сало
IX	Сливочномаслообразная	Сливочное масло
X	Тукообразная	Нетопленое сало, тук

дающую десять последовательных ступеней консистенции, причем характеристика вязкости явно переплетается с характеристикой мягкости. Мягкость тела часто связана с тонкой неоднородностью его, причем одна фаза обладает большой удобоподвижностью, а другая, диспергированная, м. б. вполне твердой, но хорошо удерживающей в своих промежутках жидкость. Такова напр. глина, замешанная с водою. Во многих случаях это дисперсное состояние обусловлено сосуществованием в теле компонентов с разными, но близкими между собою $t°_{пл.}$ (воски, битуминозные вещества, нек-рые смолы); мягкость таких тел весьма сильно зависит от $t°$, возрастая вместе в возрастанием последней. Как пример быстрого возрастания мягкости даже в пределах комнатной $t°$ представлены в табл. 2 данные о нек-рых асфальтах, причем мягкость их охарактеризована значением проницаемости по Маркуссону; следует отметить значительно более резкую изменяемость с $t°$ искусственных асфальтов по сравнению с естественными, к-рые в этом отношении более устойчивы. Присутствие посторонних твердых примесей, особенно если они не находятся в очень тонко дисперсном состоянии, делает малакометрич. испытания ненадежными, тем более что фронтальная часть внедряющегося при испытании тела обычно имеет вид заостренный. Так напр., Гари установил, что испытания асфальтов при помощи пенетрометра могут дать хорошо сходящиеся результаты только тогда, когда количество небитуминозных примесей не превосходит 4%, но и то при условии очень мелкой раздробленности этих примесей. Специальные приборы для М. носят название *консистометров* (см.), мягкомеров, малакометров, пенетрометров, малакографов. Существует, особенно в США, достаточно много различных вариантов приборов этого рода. Приборы с горизонтальным рычагом, несущим иглу, Боуена (модель 1888 г. и 1893 г.). Доу и

Табл. 2.—Зависимость мягкости некоторых асфальтов от $t°$ (по Маркуссону).

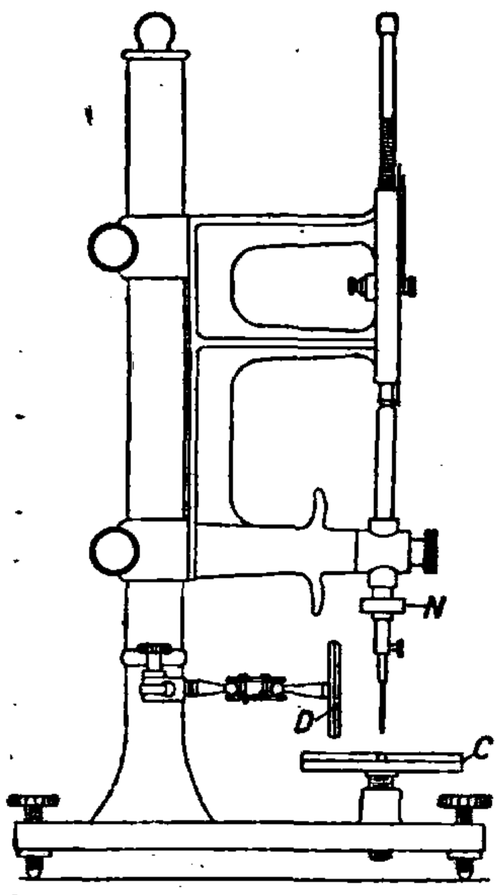
Испытуемый асфальт	Проницаемость при $t°$		
	15°	20°	25°
Очищенный тринидадский асфальт	1,3	1,6	2,1
Нефтяной асфальт	2,5	2,8	3,0
Тоже	5,5	7,0	10,1
Калифорнский «Навахо асфальт»	7,2	8,3	10,1
Асфальт гудрон	9,1	12,1	14,9
Бермудец асфальт	7,0	12,5	15,9
Нефтяной »	16,3	21,2	29,4



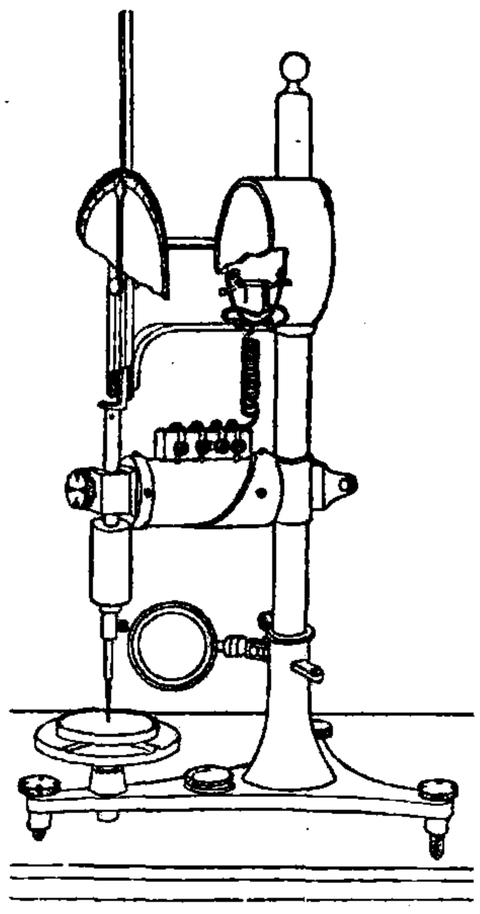
Фиг. 1.

Гриффитса с электрич. спуском маятника (мод. 1894 г.), Голля и Мариотта (мод. 1919 г.). Приборы с вертикальным стержнем, несущим иглу, Доу (модель 1903 г., фиг. 1), Ричардсона и Форреста (фиг. 2), Роустрона (модель 1910 г.), Гетчисона, Мора (модель 1914 г.), Говарда (модель 1917 г., фиг. 3);

в этом последнем приборе движение стержня контролируется автоматически при помощи электромагнита. Представление о механизме этого рода приборов можно получить из описания одного из распространенных приборов, пенетрометра Доу (фиг. 1). Он со-

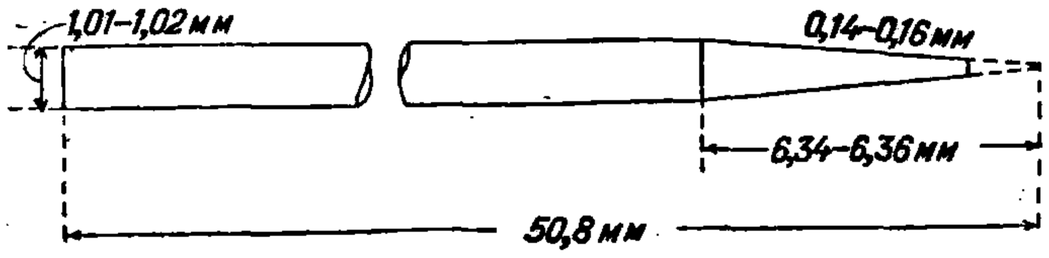


Фиг. 2.



Фиг. 3.

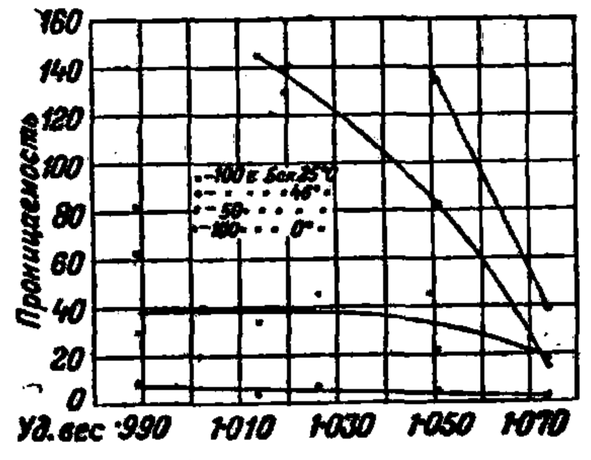
стоит из штатива, устанавливаемого вертикально при помощи винтов m, m. Игла A, вставленная в медную оправу, удерживаемую винтиком в алюминиевом стерженьке B, представляет рабочую часть прибора. Стерженек B присоединен к раме, несущей в нижней части груз $C = 50$ *г*; вес рамы и пр. частей тоже 50 *г*. Зажим E удерживает стерженек в нужном положении действием закрепляющего винта F; при ослаблении его стерженек спускается, и игла втыкается в испытуемый образец на глубину, измеряемую пробегом стрелки по циферблату H, одно деление которого соответствует 0,01 *см*. Стрелка приводится в движение кремальерой g, уравновешенной грузом I; передвигая последний, можно довести конец кремальеры до соприкосновения с концом алюминиевого стерженька. Испытуемое вещество наливается в низкий жестяной цилиндр K, к-рый ставится в чашку с водой, поставленную на полочку D; глубина слоя воды д. б. 5—7 *см*. Измерение времени произво-



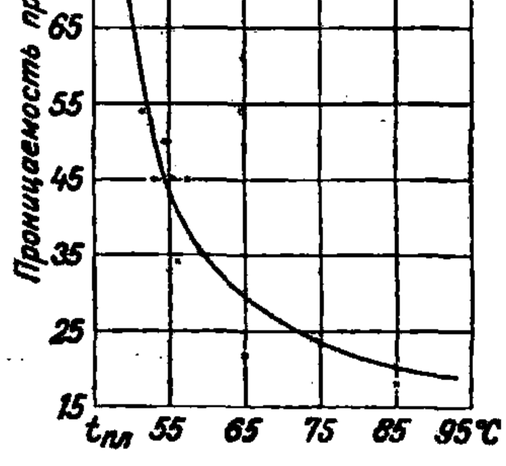
Фиг. 4.

дится секундомером или секундным маятником. После заливки в жестяной сосуд расплавленного асфальта и отвердения его сосуд ставят в воду определенной $t°$ (0°, 15°, 20°, 25°, 50° и выше) и выдерживают в воде по крайней мере $^1/_2$ часа. Для получения числа проницаемости (пенетрации) д. б. взято среднее из трех показаний. Совпадающие результаты получаются только при безукоризненной чистоте прибора; кремальера не должна подвергаться смазке, игла д. б. чиста, без ржавчины и зазубрин. После испытания иглу тщательно промывают бензолом и просушивают. В дальнейшем усовершенствовании того же пенетрометра Ричардсоном и Форрестом (фиг. 2) рамка устранена, а груз N закрепляется непосредственно на стерженьке. Зеркальце D, укрепленное на шаровом сочленении, облегчает установку иглы точно у поверхности образца. Испытуемый материал плавят в жестянках 10 *мм* высотой и 50 *мм* диаметром, выдерживают в воде, но для испытания извлекают из воды, слегка обтирают и помещают на столик C. Игла как наиболее существенная часть малакометрич. приборов нуждается в особенном внимании. Долгое время в качестве иглы применялось т. н. параболич. острие № 2 фирмы R. J. Roberts (Redditch, Англия), но в 1916 г. было выяснено, что с различными экземплярами иглы получаются весьма неоднородные результаты, и в 1920 г. на основании опытов Кромптона, произведенных в 1909 г., была окончательно стандартизована игла с притупленным концом; диаметр фронтального притупления 0,15 *мм* (фиг. 4). Такие иглы дают показания согласные.

Вышеописанные приборы с иглою предназначены для испытания веществ сравнительно малой мягкости. При большей мягкости материалы вроде масляных красок нуждаются при испытании в теле, внедряющемся в них с бо́льшим усилием, чем игла. Таков напр. аппарат Гиксона, принятый Америк. обществом испытания материалов (ASTM).



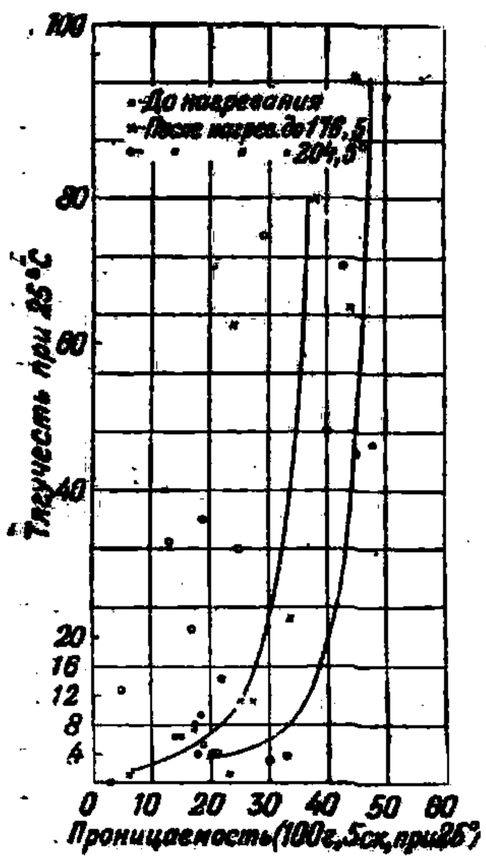
Фиг. 5.



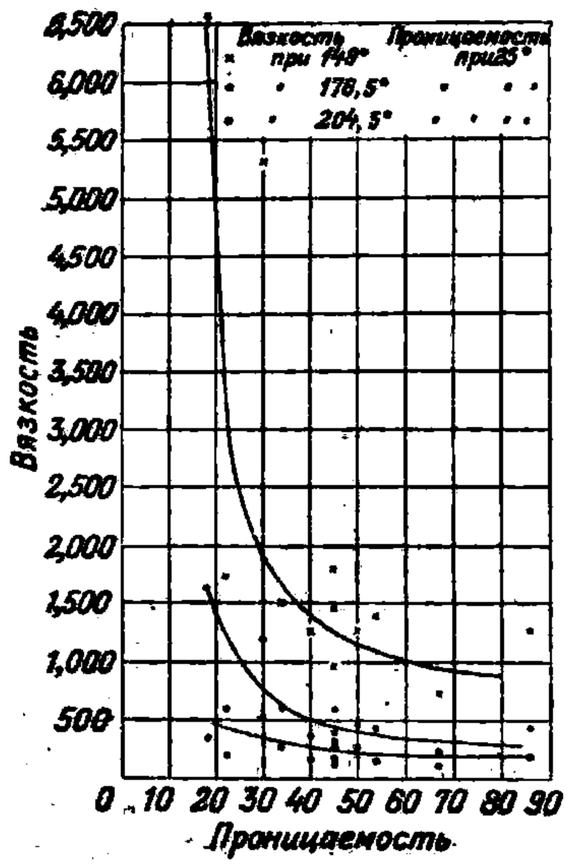
Фиг. 6.

Внедряющееся тело здесь представляет собой алюминиевый конус, верхний диаметр которого 3,81 *см*, угол отверстия 45°, а вес 20 *г*. В нижнем конце находится стальное острие. При нек-рых испытаниях применяется внедряющееся тело иной формы. При еще большей мягкости внедряющееся тело получает вид диска, как например в мобилометре Гарднера-Паркса. Такой малакометрич. прибор уже близок к различным вискозиметрам, например с падающим или поднимающимся шариком, с крыльями и т. д., и измерение мягкости переходит к измерению текучести. Такую же переходную между мягкостью и текучестью характеристику материала измеряют приборы вроде декрафтометра Чернова или измерителя текучести Гарднера, основанные на растекании по плоскости полужидкого теста. Практич. значение М. особенно ясно сознано в США главным образом в связи с широким распространением асфальтового дорожного строительства, а также в Германии. Отражение этого представляет обязательная нормализация мягкости асфальта для различных применений. В Германском Physikal.-Technische Reichsanstalt мягкость асфальта и различных сме-

сей его с наполнителями подвергается испытанию в условиях, близких к эксплоатационным, а именно путем вдавливания грузов различного сечения и в частности отрезков шин при определенной нагрузке.

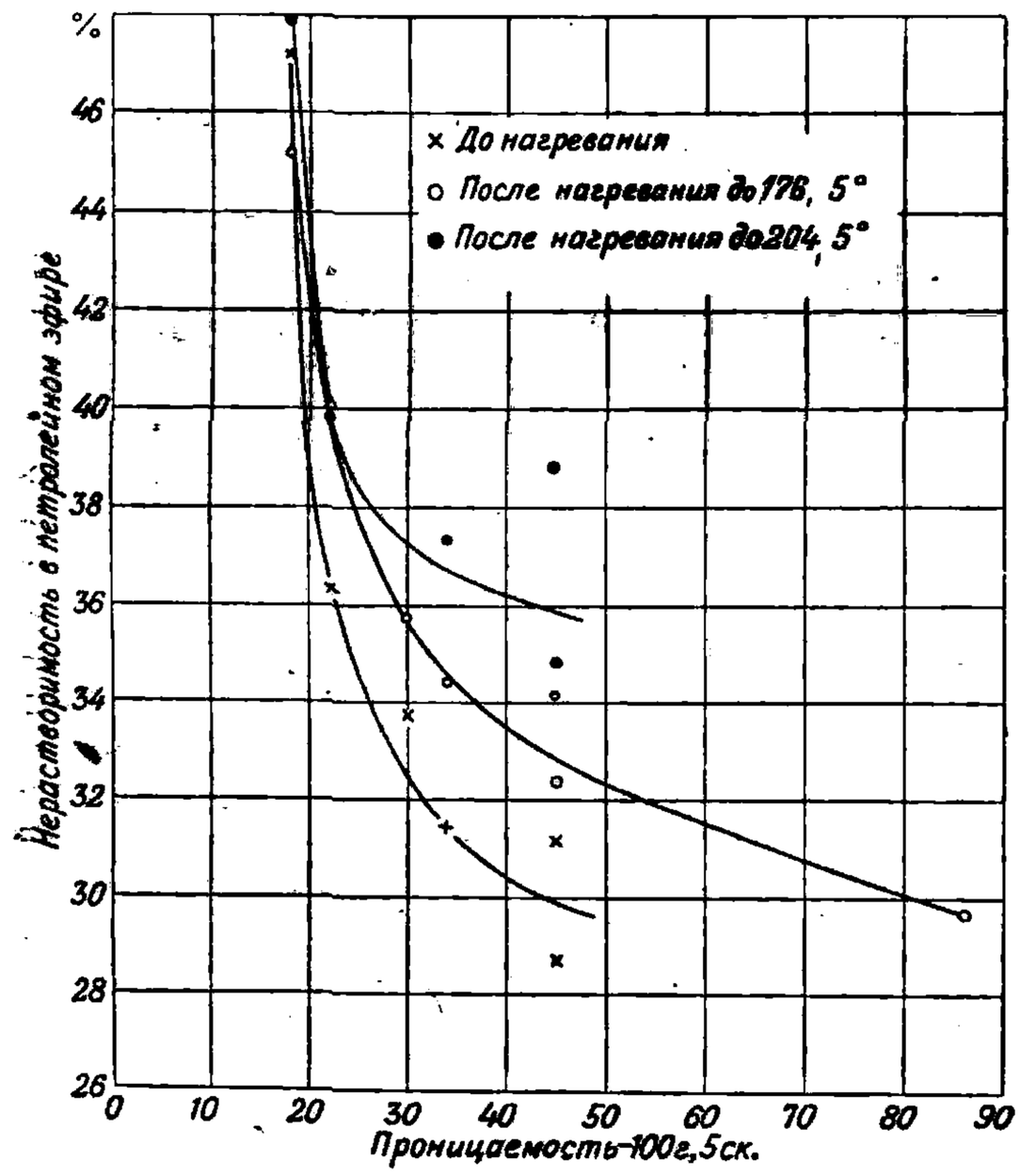


Фиг. 7.



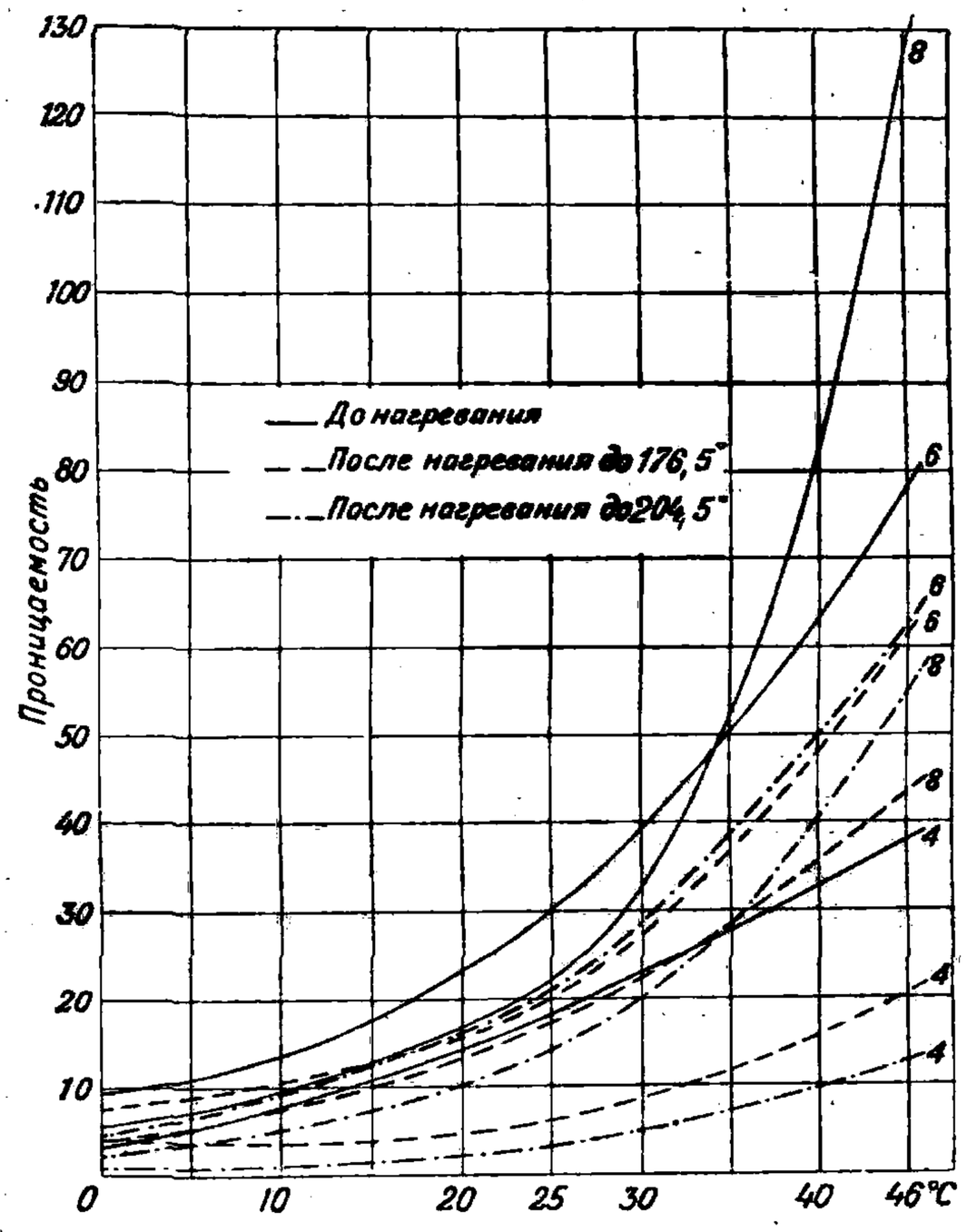
Фиг. 8.

Результаты испытания мягкости асфальтов установили следующее. 1) С возрастанием удельного веса асфальта мягкость убывает и притом тем быстрее, чем выше температура испытания (фиг. 5). 2) Точно так же можно говорить об убывании мягкости при повышении точки плавления асфальта (фиг. 6); однако зависимость эта довольно неточная. 3) С возрастанием пенетрации возрастает также и тягучесть (см. *Дуктилометр*), но прогрев асфальта рассеивает точки (фиг. 7). 4) Вязкость асфальта падает с возрастанием мягкости и тем круче, чем выше темп-ра (фиг. 8).



Фиг. 9.

5) Точно так же падает и нерастворимость в петролейном эфире, но тем менее, чем сильнее был прогрев асфальта (фиг. 9). 6) С возрастанием темп-ры проницаемость быстро и притом ускоренно возрастает (фиг. 10; ср. кривые, показанные одинаковыми линиями). 7) После прогрева мягкость асфальтов снижается и тем сильнее, чем выше был нагрев (фиг. 10; ср. кривые с одинаковыми номерами). 8) Зависимость мягкости от $t°$ испытания



Фиг. 10.

становится тем меньшей, чем выше была $t°$ прогрева асфальта (фиг. 10; кривые с одинаковыми номерами).

Лит.: Маркуссон И., Асфальт, пер. с нем., стр. 117—143, М.—Л., 1926; Добрянский А. Ф., Анализ нефтяных продуктов, стр. 361—366, М.—Л., 1925; Лазарев П. П., О пластичности веществ и о причинах, которые вызывают ее, «Журнал прикладной физики», М.—Л., 1929, т. 6, вып. 1; Остромысленский И. И., К вопросу о природе эластического и пластического состояния материи, «Ж», часть химич., 1925, т. 47; Оминин Л. В., К вопросу о пластичности глин и каолинов, «Труды Гос. исследоват. керамич. ин-та», М., 1928, вып. 13; Лучицкий В. И., Каолины Украины, «Труды Ин-та прикладной минералогии и цветной металлургии», М., 1928, вып. 41; Gardner H. A., Untersuchungsmethoden der Lack- u. Farben-Industrie, p. 26—61, B., 1929; Spielmann P. E., Bituminous Substances, L., 1925; Bingham E. C., Fluidity a. Plasticity, 5 ed., N. Y., 1922; Gary, «J. Ch. I.», 1916, v. 35, p. 525; American Soc. for Testing Materials, Serial Designation, D 5—21, Philadelphia. **П. Флоренский.**

МАЛАХИТ, минерал моноклинной системы, представляющий водную углекислую соль меди, $2\,CuO \cdot CO_2 \cdot H_2O$. М. встречается чаще в виде землистых масс и натеков (медная зелень), кристаллич. натеков радиально скорлупковатого строения, реже в форме хорошо образованных кристаллов; находится обычно в верхних частях месторождений медных руд, реже в контактных образованиях в известняках.

В зависимости от строения различают два сорта малахита: а) ленточный, струистый, разных оттенков, преимущественно светлых, и б) особенно красивый радиальнолучистый шелковистый сорт темноизумрудного тона, полировка к-рого очень трудна. Светлое отличие «бирюзовое» ценится в несколько раз дороже темного «плисового». В изделиях кроме того играет роль и красота рисунка,

т. е. сочетание темных и светлых оттенков и вместе с тем взаимный переход синих и зеленых тонов. Весьма часто, особенно в светлом М., наблюдаются черные дендриты марганцовых окислов или медных соединений кобальта, дающие красивый своеобразный рисунок.

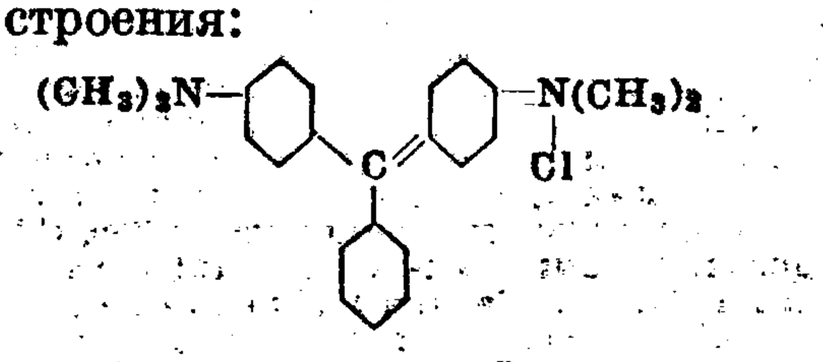
М. в нечистых разностях используется как медная руда, а также для получения медного купороса; не вполне чистые землистые разности его на Урале шли в качестве очень хорошей и прочной краски (особенно для окраски крыш).

Главное применение М. имеет в качестве поделочного камня. Применялся он для изготовления больших ваз, чаш, канделябров, колонн, разных безделушек, коробочек, чернильниц, пресс-папье; в настоящее время в виду истощения его запасов из него начали выделывать брошки, кольца и другие ювелирные изделия. Основная промышленность обработки М. и методы его переработки и т. н. «русской мозаики» создались в России гл. обр. в начале 19 в., в связи с находками крупных глыб М. на Урале, в Меднорудянске. Сосредоточенное сначала на б. Екатеринбургской (Свердловской) гранильной фабрике, производство затем распространилось и на кустарные мастерские, где гранились мелкие изделия.

Цены на М. очень колеблются и в последнее время исключительно высоки, доходя в зависимости от качества материала до 10 р. за 1 *кг* и более. Это повышение цен связано с истощением месторождений М. на Урале и низким качеством этого материала в Ю. Америке и Африке.

Лит.: Ферсман А., Драгоценные и цветные камни России, т. 1, стр. 344—348. П., 1922. **А. Ферсман.**

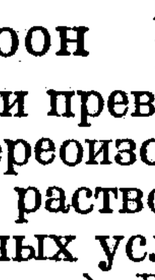
МАЛАХИТОВЫЙ ЗЕЛЕНЫЙ, основной метиленхинонный трифенилметановый краситель строения:



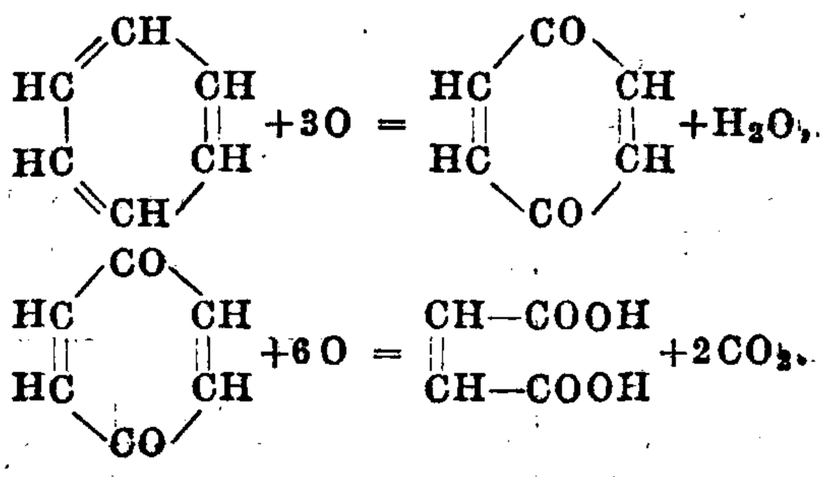
наиболее распространенный из группы диаминотрифенилметановых красителей, носящей в силу этого наименование группы М. з. Получается М. з. при конденсации 2 молекул диметиланилина с 1 молекулой бензальдегида в присутствии хлористого цинка или серной или соляной кислоты. Технически наиболее удобен способ конденсации в присутствии разбавленной серной или соляной кислоты. Из конденсационного аппарата, после нейтрализации щелочью, водяными парами отгоняется непрореагировавший диметиланилин, после чего выливанием в воду выделяют гранулированное лейко-основание красителя. Последнее растворяется в разбавленной соляной кислоте и окисляется при охлаждении свежеприготовленной мелко раздробленной пастой строго теоретич. количества перекиси свинца. По прибавлении глауберовой соли выделяется в осадке сернокислый свинец, а полученный по отфильтровании краситель выкристаллизовывается в виде либо щавелевокислой соли либо в виде двойной соли с хлористым цинком. М. з. применяется для окраски шерсти, шелка и растительных волокон, а также для печати преимущественно последних и дает непрочные к свету и мытью окраски. Применяется и для окраски бумаги, кожи, соломы и для образования на субстратах лаков (см. *Лаки красильные*, *Красящие вещества* синтетические).

Лит.: Fierz-David H. E., Künstliche organische Farbstoffe, Technologie d. Textilfasern, hrsg. v. R. Herzog, B. 3, Berlin, 1926; Mühlhauser O., Die Technik der Rosanilinfarbstoffe entwicklungsgeschichtlich dargestellt, Stg., 1889. **И. Иоффе.**

МАЛЕИНОВАЯ КИСЛОТА, простейшая непредельная двухосновная кислота. Кристаллизуется в виде призм, плавится при 130,5°; начинает кипеть при 160°, причем отщепляет частицу воды и превращается в ангидрид. В отличие от стереоизомерной фумаровой к-ты М. к. хорошо растворима в воде (1 часть М. к. при обычных условиях растворяется менее чем в 2 ч. воды). Другим отличием М. к. от фумаровой к-ты являются ее резко выраженные кислые свойства: в то время как константа первичной диссоциации фумаровой к-ты равна 0,093, для М. к. она составляет 1,170. Химически обе изомерные к-ты отличаются друг от друга тем, что реакционная способность двойной связи (т. е. способность присоединять галоиды или галоидоводороды, подвергаться окислению, гидратации и т. п.) у М. к. выражена более резко, чем у фумаровой к-ты.



В лабораториях М. к. раньше готовили окислением яблочной к-ты. После того как Гиббсом, Даунсом и др. был разработан способ окисления ароматических углеводородов в парообразном состоянии (см. *Окисление*), М. к. стали получать контактным окислением бензола. Реакция протекает по схеме:



Этот метод может служить способом технич. получения М. к. Выход последней составляет 60% от веса бензола. Сама по себе М. к. в технике не применяется. Ее обычно превращают посредством нагревания с водой под давлением в яблочную к-ту, к-рая может служить заменой лимонной к-ты и во многих отношениях превосходит винные кислоты. Некоторое применение М. к. находит в виде эфиров, а также для приготовления ценных продуктов конденсации. **С. Медведев.**

МАЛОНОВАЯ КИСЛОТА, $CH_2(COOH)_2$, двухосновная кислота жирного ряда. Кристаллизуется в виде табличек; $t°_{пл.}$ 135,6°. При нагревании выше $t°_{пл.}$ сублимируется с разложением. Хорошо растворима в спирте и воде (100 $см^3$ насыщенного при 20° водного раствора содержит 73,5 ч. к-ты), слабо растворима в пиридине и эфире. Из водных растворов М. к. может быть легко выделена в виде трудно растворимой кальциевой соли.

М. к. обычно получают из хлоруксусной к-ты, к которой приливают сначала сильно

охлажденный раствор едкого натра до наступления полной нейтрализации, а затем раствор цианистого калия. Реакцию с цианистым калием вначале ведут при 40°, затем $t°$ повышают до 100°. При этом образуется цианоуксусная к-та, которую после прибавления избытка едкого натра и нагревания омыляют в М. к.; последнюю выделяют в виде кальциевой соли. Свободная М. к. применяется весьма редко. Значительно чаще при синтетич. работах пользуются ее диэтиловым, т. н. малоновым, эфиром. Малоновый эфир $CH_2(COOC_2H_5)_2$—бесцветная жидкость, трудно растворимая в воде; $t°_{пл.}$ —49,8°; $t°_{кип.}$ 198,4°; при 13 *мм* давления перегоняется при 88—89°; уд. в. 1,154. Для получения эфира в смесь из малоната кальция и абсолютного алкоголя пропускают сухой хлористый водород до полного растворения соли, выпаривают в вакууме, извлекают эфиром из остатка этилмалоновый эфир и разгоняют. Для получения малонового эфира непосредственно из хлоруксусной кислоты поступают след. обр.: 100 ч. хлоруксусной кислоты растворяют в 200 ч. воды, нейтрализуют при 50° 80 *г* поташа, прибавляют 80 *г* цианистого калия и медленно нагревают. После того как образование цианоуксусной кислоты заканчивается, раствор упаривают, к остатку приливают сначала 40 об. ч. абсолютного алкоголя, а затем—охлажденную смесь, состоящую из 160 об. ч. абсолютного алкоголя и 160 об. ч. концентрированной серной кислоты. Эту смесь нагревают на водяной бане, разбавляют 300 ч. воды, отфильтровывают от выделившегося сульфата калия, фильтрат обрабатывают эфиром и после обработки эфирного экстракта раствором соды и сушки разгоняют. Малоновый эфир в высокой степени реакциеспособен и поэтому часто применяется в качестве исходного продукта для выполнения разнообразных синтезов. Многие превращения малонового эфира основаны на способности двух его водородных атомов замещаться натрием. Из этих натриевых производных путем обменного разложения с галоидными алкилами и дальнейшего омыления и отщепления углекислоты м. б. получены различные кислоты, напр. по следующей схеме:

$$CH_2(COOC_2H_5)_2 + 2NaOC_2H_5 = CNa_2(COOC_2H_5)_2 + 2C_2H_5OH;$$

$$CNa_2(COOC_2H_5)_2 + 2JR' = C(R')_2(COOC_2H_5)_2 + 2NaJ;$$

$$C(R')_2(COOC_2H_5)_2 + 2H_2O = C(R')_2(COOH)_2 + 2C_2H_5OH;$$

$$C(R')_2(COOH)_2 = C(R')_2H_2 + CO_2.$$

Кроме этого типа превращений малоновый эфир пригоден для выполнения различных реакций конденсации с альдегидами, кетонами и т. п. веществами. Малоновый эфир является исходным продуктом для приготовления различных фармацевтич. препаратов (веронал, пропанал). **С. Медведев.**

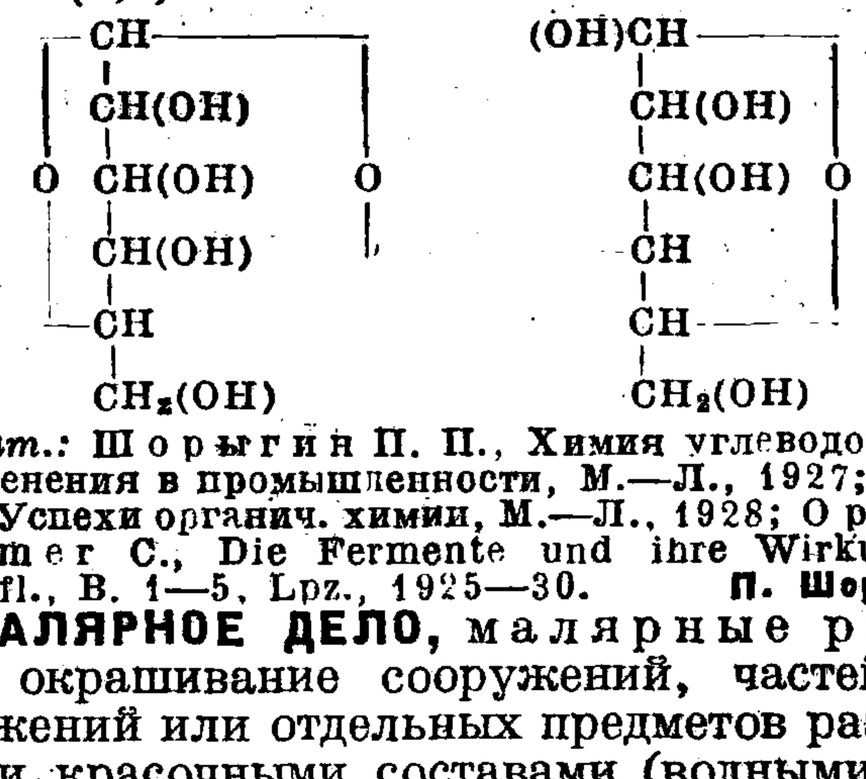
МАЛЬТОЗА, $C_{12}H_{22}O_{11} \cdot H_2O$, дисахарид, изредка встречающийся в растениях в свободном состоянии, например в бобах сои, в листьях Tropaeolum majus и т. д. Является очень важным промежуточным продуктом (не изолируемым) в процессе винокурения из картофеля, зерновых хлебов и других материалов, содержащих крахмал; М. (солодовый сахар) образуется при осахаривании крахмала амилолитич. энзимами, содержащимися в диастазе солода:

$$\underset{\text{крахмал}}{2C_6H_{10}O_5} + H_2O = \underset{\text{мальтоза}}{C_{12}H_{22}O_{11}}.$$

Такую же роль играет М. и в пивоварении. Дрожжи не содержат энзимов, гидролизующих крахмал, но содержат энзим—мальтозу, гидролитически расщепляющую М. на 2 молекулы d-глюкозы, к-рая затем сбраживается дрожжами в спирт и CO_2:

$$\underset{\text{мальтоза}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O = 2\underset{\text{d-глюкоза}}{C_6H_{12}O_6}.$$

Такому же гидролизу подвергается М. и при действии к-т. Хотя М. обладает значительно менее сладким вкусом, чем сахароза (примерно на 30—40%), все же ее начинают добывать в заводском масштабе из крахмала в чистом кристаллическом виде для частичной замены на рынке сахара. М. кристаллизуется в иглах; при нагревании в вакууме до 95° теряет кристаллизационную воду. М. легко растворима в воде, раствор показывает *мутаротацию* (см.): уд. вращение $[\alpha]_D$ усиливается от +118 до +136°. М. восстановляет фелингову жидкость, легко окисляется в мальтобионовую кислоту $C_{12}H_{22}O_{12}$, с фенилгидразином дает озазон $C_{24}H_{32}O_9N_4$ с $t°_{пл.}$ 218°. При ацетилировании М. дает кристаллический октоацетат $C_{12}H_{14}O_3(OCOCH_3)_8$ с $t°_{пл.}$ 156—157°, при метилировании же из мальтозы получают гептаметил-метилмальтозид $C_{12}H_{14}O_3(OCH_3)(OCH_3)_7$, распадающийся при гидролизе на 2, 3, 4, 6-тетраметилглюкозу и 2, 3, 6-триметилглюкозу, что доказывает строение мальтозы как α-(1,5)-глюкозидо-4-(1,5)-глюкозы:



Лит.: Шорыгин П. П., Химия углеводов и ее применения в промышленности, М.—Л., 1927; его же, Успехи органич. химии, М.—Л., 1928; Oppenheimer C., Die Fermente und ihre Wirkungen, 5 Aufl., B. 1—5, Lpz., 1925—30. **П. Шорыгин.**

МАЛЯРНОЕ ДЕЛО, малярные работы, окрашивание сооружений, частей сооружений или отдельных предметов различными красочными составами (водными или жирными). Окраска имеет главн. обр. техническую цель—предохранение материала от вредного влияния атмосферной влаги, резких перемен $t°$, разъедающего действия газов и к-т, солнечного света, высокой $t°$ и т. п. Во многих случаях окраска имеет санитарную цель—предохранение помещения от болезнетворных микробов и облегчение содержания поверхности в чистоте (возможность обмывать стены). Кроме того окраска выполняет также декоративную цель.

Красочный состав состоит из краски (красящего вещества) или же из смеси нескольких красок, вяжущего вещества (клей, олифа, казеин, жидкое стекло и т.п.) и разжижителя или растворителя (вода, скипидар, керосин и т. п.). Окрасочная работа в целом распадается на ряд отдельных последовательных процессов, от успешности выполнения которых зависит качество окраски. Эти процессы следующие: 1) подготовка окрашиваемой поверхности (выравнивание, шлифование, разрезание швов и трещин, вырубание сучьев и засмолов, очистка от ржавчины, подмазка, шпаклевка, грунтовка и т. д.); 2) окраска (составление красочной пробы, приготовление красочного состава и самая окраска); 3) отделка окрашенной поверхности (флейцование, торцовка, разделка, прокатка декоративным роликом, покрытие лаком и т. п.).

Число красок, применяемых в М. д., довольно ограничено. Здесь преимущественно приходится иметь дело с минеральными красками (землями, окислами или солями металлов или с определенными смесями тех или других). Из минеральных красок применяют следующие: белые—мел, гашеная известь, тяжелый шпат (баритовые белила), свинцовые белила, цинковые белила, литопон и титановые белила; желтые—охра разных оттенков, хром желтый, неаполитанская желтая, желтый ультрамарин, марсовая желтая (последние три краски в СССР не вырабатываются); коричневые—сиенна натуральная и жженая, умбра натуральная и жженая и сурик железный; красные—киноварь, сурик свинцовый и мумия; кроме того для окраски в красный цвет применяют в небольших количествах *баканы* (см.) и кармин разных сортов; синие—ультрамарин, берлинская лазурь (милори) и кобальт; зеленые—хром зеленый, окись хрома, медянка, гидрат окиси хрома и брауншвейгская зелень; черные и серые—сажа, жженая кость, виноградная чернь, графит (см. *Краски минеральные*). Нек-рые из этих красок неустойчивы к щелочам и потому непригодны при известковой штукатурке, а также при известковой, силикатной и казеиновой окраске; таковы: хром желтый и зеленый, берлинская лазурь, свинцовые белила и свинцовый сурик. Нужно различать также и светопрочность красок, различную степень их укрывистости, удельн. вес и т. п. Разница в уд. весах различных красок (напр. у киновари 1,75 и у ультрамарина—0,95) при смешанных колерах часто служит причиной неудовлетворительного выполнения окраски: при составлении окрасочного колера более тяжелая краска оседает на дно сосуда, более легкая же всплывает; вследствие этого при окраске кистью получается не вполне одинаковая смесь красок (преобладание то одного, то другого цвета) и окрашенная поверхность приобретает неоднородный цвет или оттенок. В качестве вяжущего вещества для масляной краски употребляют *олифу* (см.). Путем специальной обработки олифы получают т. н. полимеризованные, или сгущенные, быстросохнущие олифы (см. *Фактис*). Употребляют также новоль д-ра Дорна (Центр. лаборатория «Лакокраска») и «ИМС»—сгущенную олифу, вырабатываемую Моск. ин-том прикладной минералогии; чтобы получить хорошие результаты, достаточно 30—40% этих препаратов от нормального количества олифы, а остальные 60—70% заменяются разжижителями (скипидаром или нефтяными продуктами). Новые олифы кроме того, обладая свойством более скорого высыхания по сравнению с обыкновенной олифой, тем самым способствуют ускорению всех процессов малярной подготовки и окраски. Наряду с быстросохнущими подмазками и олифой (вместо 24 час. высыхания нормальной олифы—30 мин.) большое распространение имеют *цапонлаки* (см.) и в особенности нитроцеллюлозные лаки, применяемые главн. обр. при окраске автомобилей, подвижного состава ж. д. и с.-х. машин. Быстрое высыхание этих лаков и благодаря этому возможность бесперебойного проведения всех промежуточных операций, а также некоторые особенности их консистенции, дающие возможность выполнять механич. окраску при помощи распылителей, способствуют вытеснению ими в М. д. большинства ранее применявшихся лаков. Поскольку все роды жирных красочных составов выпускаются готовыми к употреблению, с максимальной ускоренностью высыхания, частичное применение специальных сушек (сикативов) при массовых малярных работах теряет значение.

Целый ряд окрасочных работ и подготовительных к ним операций до сих пор еще нельзя вполне механизировать, и самая возможность их механизации оспаривается многими специалистами; поэтому применяют ручное окрашивание мелких частей сооружений (трубы, оконные переплеты и т. п.), а также производят ручным способом шпаклевку, клеевку, окраску стен и пр. Из применяемых в ручной работе инструментов главное значение имеет кисть или щетка, при помощи к-рых производится непосредственное нанесение на поверхность красочного или грунтовочного покрова. Щетинные кисти д. б. из хорошо отшлифованной и отбеленной щетины и с минимальной примесью конского волоса. Для более крупных покрасок употребляется маховая кисть весом в 200, 300 и 400 *г*; для побелки потолков преимущественно применяется щетка-макловица (с деревянным основанием 12×22 *см*); относительно большая площадь ее касания к окрашиваемой поверхности и способность удерживать большое количество краски зараз без утруски дают возможность редко набирать краску, выравнивать ее легко и следовательно ускоряют окраску. Для окраски небольших площадей применяются кисти-ручники, круглые или плоские, разной толщины (разных №). Более жесткие ручники с ровно обрезанным и коротким волосом, трафаретки, служат для декоративно-трафаретной отделки. Для выравнивания и растушевания красочного покрова служат флейцы—мягкие круглые или плоские кисти из барсучьего волоса. Для проработки фактуры после свежей окраски (под шагрень) употребляется щетка-торцовка. Тонкие отводочные, или филеночные, кисти применяются для проведения филенок (тонких цветных ограничивающих полосок), а также для предварительного прокрашивания границ между окрасками разного цвета при декоративной разбивке. Шпаклевочная работа производится при помощи шпателей: стального—для прошпаклевки и для промазки по штукатурке и по железу, и деревянного (из букового дерева)—для шпаклевки по дереву. Хранение кистей и уход за ними имеют большое значение, т. к. неправильно сохраняемая кисть часто служит причиной неудовлетворительной окраски. Кисти необходимо после работы тщательно промывать (клеевые—в теплой воде, масляные—в скипидаре или керосине или в воде с мылом).

Различные технич. требования, предъявляемые к малярным работам, и многообра-

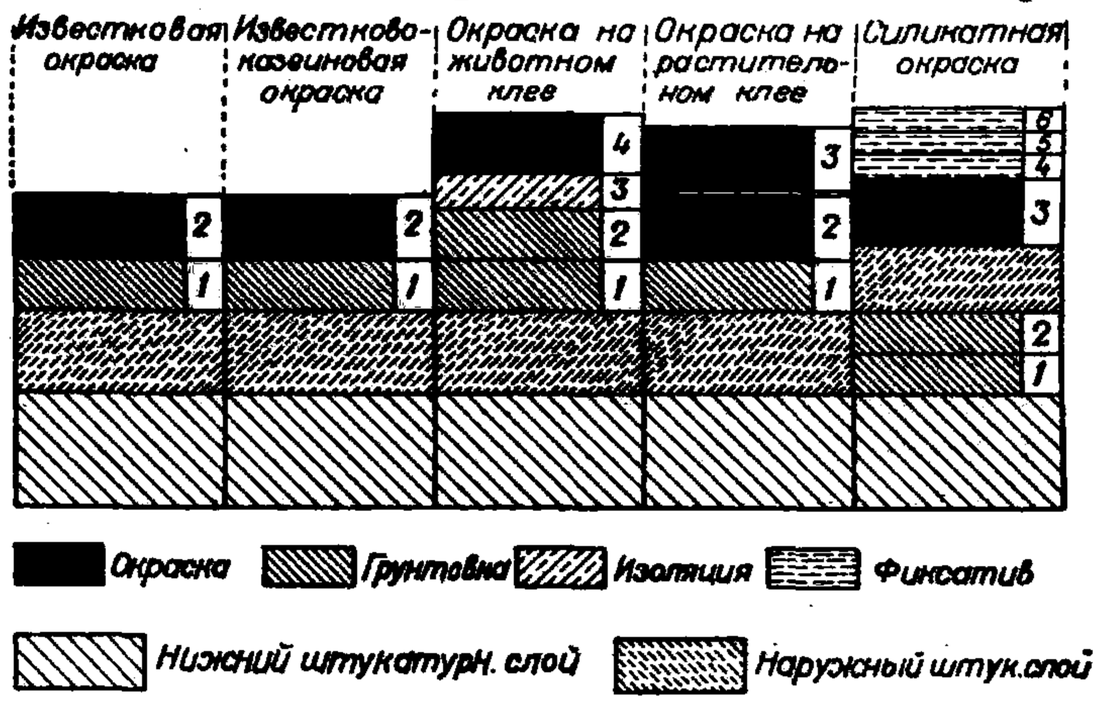
зие объектов, подвергаемых окраске, вызывают необходимость специализировать красочные составы, которые во многих случаях фабричным способом изготовляются на лакокрасочных ф-ках в виде полуфабрикатов, красочной пасты, цветных порошков и т. п. Таковы напр. тертые масляные краски, готовые стандартных цветов силикатные краски, специальные фасадные краски, «противоржавые», огнеупорные, кислото-газоупорные краски и мн. др. Из водных составов красок наиболее применяемы следующие.

Известковые краски (см.) — применяются исключительно для окраски по штукатурке, преимущественно для наружных фасадов, а также для окраски помещений, подверженных сырости. Основанием их служит известковое молоко—разведенная в воде гашеная известь [гидрат окиси кальция, $Ca(OH)_2$],—к-рое в соединении с щелочноустойчивыми красками и с поглощенной углекислотой из воздуха образует непроницаемую защиту наружных покровов зданий. Известковая окраска по сырой штукатурке носит название фресковой окраски.

Клеевые краски, в которых связующим веществом является животный или растительный клей (декстрин, казеин, крахмал, трагант и т. п. вещества), применяются исключительно для внутренней окраски комнат, по предварительной загрунтовке известью и мыловаром (специальный состав с примесью ядрового мыла) или медным купоросом, квасцами и др. Раствор малярного клея подогревают перед составлением красочного колера. За границей применяют готовый растительный—т. наз. холодный клей, который имеет огромные преимущества перед животным клеем (костным). Порошок этот разводится холодной водой и в таком виде служит основанием для клеевой окраски. Применение этого клея значительно сокращает работу и в итоге дает от 30 до 40% удешевления окраски.

В казеиновых красках основным связующим веществом является *казеин* (см.), который, будучи смешан с гашеной известью или со щелочью, образует клейкое вещество, дающее после высыхания прочную, нерастворимую в воде пленку. Для казеиновых красок казеин получают из снятого молока, прибавляя к нему уксусной или соляной к-ты. Творожную массу обрабатывают едкой известью, превращая ее в клейкое, растворимое в воде вещество, так наз. казеиновую олифу. К этому раствору прибавляют разных тонов и оттенков минеральные краски, к-рые, будучи нанесены на поверхность стен, по высыхании дают прочный слой краски, не смываемый водой. Казеиновые краски не должны содержать казеина более 10—20%, в противном же случае краска легко отпадает от окрашенной поверхности. Из минеральных красок можно смешивать с казеином только те, которые не боятся щелочей. Различные краски для растворения требуют неодинакового количества казеина; так, мел, жженые земли требуют больше, чем охра и вообще необожженные краски. Казеиновые краски дороже клеевых, но прочнее и красивее; ими хорошо красить по камню, штукатурке и бумаге, применяются они также как грунтовые под масляные краски. Иногда применяют кровяную олифу, получаемую разбалтыванием крови с известковым молоком; она—темного цвета и применяется для темных землистых красок, не боящихся щелочей. Казеиновый состав в большинстве случаев применяется в смеси с известью, а также с воском или масляными лаками; так. образом получаются различные эмульсионные составы, применяемые кроме окраски также и в подготовительных работах, шпаклевке, грунтовке и т. п.

Силикатные краски (см. *Краски для живописи*) имеют основанием жидкое стекло (калийное или натровое, или комбинированное). Силикатные краски наиболее прочны, отчасти огнестойки, но требуют большой тщательности в работе и технического опыта. На фиг. показана схема окраски по штукатурке разными водными составами. Цифры показывают число последовательных покровов; самый сложный окрасочный процесс имеет место при силикатной окраске, менее сложный — при клеевой и наиболее простой—при известковой или известково-казеиновой окраске.



Неизменной частью разного рода жирных красочных составов являются готовые тертые на масле краски, т. е. изготовляемые заводским способом соединения сухих пигментов с олифой. Перед употреблением их разжижают олифой и скипидаром до штрихоспособной консистенции—до возможности легкого штрихования кистью. При этом надо считаться с различной маслоемкостью разных красок.

Обыкновенный лаковый состав—тот же масляный состав с преобладанием того или иного масляного лака (см. *Покровные лаки*); этого рода краски употребляются преимущественно для окраски мебели. Эмалевые краски стандартных цветов (на скоровысыхающем эмалевом лаке) имеются в продаже совершенно готовыми к употреблению для окраски деревянных и металлич. изделий средней и мелкой (кустарной) промышленности, а также частей машин; голландские эмалевые краски, риполин, отличаются выдающейся прочностью.

Малярные работы на крупных сооружениях выполняются в период окончательной внутренней отделки, после высушки штукатурной обработки, и ведутся одновременно или последовательно по следующему плану: подготовка и окраска дверей и окон, загрунтовка и побелка стен и потолков в помещениях, затем лестничных клеток, отопи-

тельных приборов, фасадов, а в конце работ производится окраска крыши, водосточных труб, балясников, подъемников и пр. С введением механич. окрашивания темп малярной работы значительно ускоряется, и вследствие этого имеется возможность в короткий промежуток времени провести все без исключения окрасочные работы, по окончании всех других видов отделочных работ. При окраске оконных рам и дверей имеется в виду гл. обр. консервирование дерева от гниения, и потому красочная пленка д. б. достаточно эластичной, чтобы следовать физич. изменениям дерева вследствие коробления, усыхания и т. п. При недостаточно тщательной столярной работе двери и окна предварительно сплошь зашпаклевываются обычно за два раза, с промежуточным шлифованием сухой пемзой или пемзовым порошком с водой. Эта работа в общем составляет от 20 до 30% всей окрасочной работы. Опыты по ускорению работы (густая лаковая грунтовка и окраска за два раза без шпаклевки) показали возможность значительного удешевления этой отрасли М. д. Рамы окон красят в белый цвет, как наиболее отражающий лучи солнца. Двери лучше всего красить в один стандартный цвет для всего здания либо группировать двери одного назначения окраской одинакового цвета для лучшей ориентировки. Цвет окон и дверей снаружи здания д. б. согласован с общим цветом фасада и служить либо цветовым дополнением его либо цветовым контрастом. Цвет стен и потолков отдельн. помещений или комнат всецело зависит от назначения каждой из них и должен соответствовать гигиеническим и эстетич. требованиям, причем известно, что так наз. т е п л ы е ц в е т а комнат делают их как бы теснее, холодные же, в о з д у ш н ы е ц в е т а придают им как бы некоторую просторность. Потолки можно окрашивать более яркими тонами, в то время как для стен лучше выбирать тона спокойные, т. наз. г о б е л е н н ы е (менее маркие). Окраска полов составляет одно из слабых мест М. д. При сильной изнашиваемости пола все существующие методы окраски не отличаются достаточной рациональностью, требуют много времени и дорогого материала и потому стоят очень дорого; удешевление *линолеума* (см.) до возможности повсеместного его применения для полов явилось бы разрешением этого вопроса. Отопительные приборы, в частности радиаторы, после тщательной очистки от ржавчины и пыли, красят масляной краской на лаке или же нитроцеллюлозным лаком определенного стандартного цвета для всего здания. Цвет окраски радиаторов должен быть достаточно нейтральным, вне зависимости от цвета комнаты. Окраска наружных фасадов зданий представляет собой задачу весьма сложную. Окраска до нек-рой степени должна служить защитой наружных покровов зданий от атмосферных влияний, от выветривания, отшлифования и отслаивания слоев штукатурки. Кроме того необходимо считаться как с архитектурным значением данного фасада, так и с красочной согласованностью и взаимной увязкой с соседними зданиями. Железные части сооружений, как и специальные железные сооружения на открытом воздухе (башни, мосты, электрич. столбы), окрашиваются главн. обр. в целях защиты от ржавчины и других видов *коррозии* (см.). Красочная пленка по железу д. б. абсолютно воздухо- и водонепроницаемой. Жировой слой, в соединении с определенными пигментами, должен плотно приставать к поверхности железа и заполнять мельчайшие норы; на последнем должна образоваться масляная пленка, настолько эластичная, чтобы не ломаться и не давать трещин под влиянием изменения объема железа при тех или иных $t°$-ных колебаниях. Наиболее действительными ржавоупорными пигментами являются свинцовый сурик (смесь окиси и двуокиси свинца), мумия или железный сурик (окись железа), медянка (основная уксуснокислая медная соль) в соединении с цинковыми белилами; последняя при окраске железной крыши (при растворителе—олифе) дает прочную окраску, выдерживающую не менее восьми лет. Перед окраской крыша должна быть тщательно очищена от пыли, следов ржавчины и влаги. Наружная окраска простых деревянных сооружений, деревянных жилых домов, станционных пакгаузов, павильонов, заборов и пр. производится по неподготовленной поверхности, т. е. без шпаклевки, но по предварительной проолифке, желательно горячей, которая лучше проникает в слои дерева. После осушки олифы наносят два слоя масляной краски, наружный слой более жирный, т. е. с преобладанием олифы или масляного лака над количеством скипидара; для деревянных сооружений часто вместо масляной краски применяют т. н. ш в е д с к и й или ф и н с к и й с о с т а в ы. Рецепт шведского состава (на 1 $м^2$): конопляного масла 24 *г*, ржаной муки 58 *г*, железного купороса 26 *г*, соли 26 *г* и охры желтой или жженой 180 *г*. Этим составом красят за два раза; предварительно весь состав варится и для работы подогревается. Рецепт финского состава (на 1 $м^2$): ржаной муки 6 *г*, купороса железного 13 *г*, соли 3 *г*, охры желтой или красной 13 *г*. Состав этот кипятят; для окраски за два раза указанное количество надо удвоить; иногда к этим растворам прибавляют естественные смолы (канифоль).

М е х а н и з а ц и я о к р а с к и. Для нанесения и распределения краски по окрашиваемой поверхности пользуются специально сконструированным аппаратом—ш п р и ц-а п п а р а т о м, или к р а с к о д у в к о й, к р а с к о р а с п ы л и т е л е м (см. *Аэрографный способ расцветки*, *Лакировка*). Сжатый воздух для пуска в работу д. б. очищен от воды и масла, для чего существуют специальные отделители. Для сравнительно небольших работ применяют керамиковую посуду емкостью до 1 *кг*. При больших работах краску заготовляют в большом железном сосуде емкостью в 10—20 *кг*, установленном неподвижно, откуда краска через резиновые шланги длиною в 5—6 *м* подается к распылительному револьверу. Внутри красочного бака имеется непрерывно движущаяся мешалка, предохраняющая краску от отстоя и поддерживающая одинаковую ее консистенцию; для этой же цели служат си-

та-воронки. Т. к. сжатый воздух при выходе из сопла охлаждается, а нормальная окраска требует $t°$ не ниже 20—25°, аппараты снабжают подогревателем (электрическим, паровым или газовым). Давление воздуха, в зависимости от размера отверстия распылителя и от плотности красочного состава, колеблется от 0,2 до 3,5 *atm* (избыточного давления). Для тщательной окраски требуется давление от 2,5 до 3 *atm*, при диаметре отверстия сопла в 2 *мм*. Т. к. при работе с краскораспылителями образуется туман, содержащий частицы красок, вредный для здоровья маляра-краскодува, то применяют соответствующие приспособления, улавливающие и собирающие мелкие частицы красочного состава и снабженные очистительными фильтрами, трубопроводом для удаления вредных газов и испарений. В настоящее время механизация строительно-малярных работ в СССР постепенно и планомерно вытесняет ручную работу кистью. Для малярных работ на транспорте применяют сложные агрегаты в виде передвижных компрессорных установок, специальных автоматич. окрашивателей в один и в два цвета, а также для окраски деталей со всех сторон, внутренних поверхностей труб, для лакировки мелких массовых изделий и т. п. Для окраски или лакировки вагонов существуют специальные кабины.

Малярные работы, по существу являющиеся технологич. процессами, связаны с изобразительными искусствами, в особенности в отрасли монументальной живописи: до последнего времени красочная обработка поверхности помещений носила характер отчасти прикладной, отчасти орнаментный. Решительное упрощение современной архитектуры—отказ от какой бы то ни было декоративности, от «украшенчества»—заставляет особенно серьезно углубить проблему цветового оформления сооружений, а благодаря разработке и практич. использованию теории проф. Оствальда (готовые нормированные колера) задача красочного оформления строительных или вообще промышленных объектов значительно облегчается.

Лит.: Оссовецкий И., Малярное дело, 2 изд., Петербург, 1897; Приоров М., Малярное дело, стекольные работы и оклейка обоями, Москва, 1896; Энгель Ф., Малярные работы, пер. с немецкого, СПБ, 1904; Гиллих Г., Современный маляр, СПБ, 1909; Тормин Р., Живописец-маляр, 2 издание, СПБ, 1899; Семенов А., Малярные краски, 2 изд., М., 1925; Григорьев Н., Малярное дело, 2 изд., М.—Л., 1927; Зеленков В. А., Малярное дело, Л.—М., 1928; Антокольский Л., Программа кружков по изучению малярных работ, Москва, 1928; Киселев В. С., Олифа и лаки, М.—Л., 1926; его же, Краски, масла и лаки, М.—Л., 1926; Временный справочник для составления производств. смет на малярные работы, 2 изд., М., 1927; Песоцкие Н. и А., Малярное дело, 2 издание, М.—Л., 1928; Трубецкой В. А., Механизация малярных работ на транспорте, М., 1929; Михайлов С. Н., Производство минеральных и земляных красок, П., 1915; Hillig H., Grundzüge d. Mal- u. Anstrichtechnik, B., 1924; Andés L., Prakt. Handbuch für Anstreicher u. Lackierer, 5 Aufl., W.—Lpz., 1922; Phleps H., Das ABC d. farbigen Aussenarchitektur, «Fachausschuss für Anstrichtechnik beim Verein deutscher Ingenieure», H. 1—Vergleichende Versuche mit Farbspritzpistolen, B., 1929; Vorträge, gehalt. auf d. Jahresversammlung 1929 zu Wien, Veranst. vom Reichsausschuss für Metallschutz, e. V., Berlin u. d. Oesterr., Ausschuss für Metallschutz, Wien—Berlin, 1929; Bersch J., Fabrikation d. Mineral- und Lackfarben, 2 Auflage, W.—Lpz., 1893; Jennison Fr., Herstellung v. Farblacken aus künstlichen Farbstoffen, Dresden, 1901; Mierczinski St., Erd-, Mineral- u. Lackfarben, ihre Darstellung, Prüfung und Anwendung, B. 1—2, Wien—Lpz., 1898; Le petit manuel du peintre en bâtiment, P., 1924.

Л. Антокольский и С. Михайлов.

Профессиональные вредности. В отношении характера профессиональных вредностей малярных работ необходимо отличать ручную окраску от механической (пневматической). При ручной окраске главное значение имеют характер и состав краски; при пневматич. окраске главным определяющим вредность фактором являются растворители и разжижители краски. При малярной обработке предметов, уже подвергшихся окраске, возникают вредности, обусловленные работами по очистке старой краски. Применявшееся раньше весьма широко сухое соскабливание краски в последнее время встречается все реже. До настоящего времени сохранился способ сжигания краски (паяльная лампа, жаровни, установки для автогенной резки и др.), при котором, особенно при счистке красок, содержащих свинец, образуется так называемый «воздушный свинцовый коллоид», вызывающий отравления уже при малых концентрациях его в воздухе. В последнее время для влажного удаления старой краски все большее распространение получают различные жидкости и мастики. Многие из них содержат вещества (бензол, каустич. сода и др.), делающие их вредными в смысле ожогов. Произведенное Центральной испытательной лабораторией ЦНИУ НКПС совместно с Государственным научным институтом охраны труда испытание различных мастик, применявшихся для счистки старой краски с железной обшивки ж.-д. вагонов, показало, что технически удовлетворительной, а также экономичной и относительно безвредной является мастика следующего состава (в весовых %): 35% негашеной извести, 7% кальцинированной соды, 7% мела и 51% воды.

Из всех процессов работы при ручной окраске наибольшее профессионально-гигиенич. значение имеют моменты, связанные с образованием пыли и загрязнением ею воздуха рабочих помещений. К этим процессам относятся работы по смешению сухих красок с олифой или другими веществами, фальцовка или счистка подготовляемой для окраски поверхности, а также все промежуточные стадии окраски, заключающиеся в выравнивании и сглаживании неровностей и шероховатостей на нижних слоях красок перед наложением на них последующих слоев. Особенно вредными и угрожающими здоровью рабочих являются (по характеру и степени вредности, а также в силу своей чрезвычайной распространенности) свинцовые краски, в особенности свинцовые белила. Профессиональные заболевания, вызываемые свинцом, относятся к самым тяжелым заболеваниям этого рода. Непосредственной причиной их возникновения в большинстве случаев является вдыхание свинцовой пыли, к-рая при дальнейшем прохождении через дыхательные пути в легкие вызывает различные заболевания этих органов или попадает в организм через желудочно-кишечный тракт; основная задача по борьбе с вредностью этих красок заключается в полном устранении возможности проника-

ния яда в организм, что по существу достижимо только при замене свинцовых красок другими безвредными красителями. Заменяющими свинцовые белила красками, вполне оправдавшими себя с технич. стороны и не встречающими возражений с гигиенич. точки зрения, в настоящее время признаны для наружных окрасок титановые и цинковые белила, а для внутренних—кроме того и литопон.

При механической окраске основные вредности обусловливаются применением быстро сохнущих красок и лаков (цапоновых, нитроцеллюлозных и др.), приготовляемых на ядовитых растворителях (бензине, бензоле, амилацетате, метиловом спирте, ацетоне и др.). Характер работы при пневматической окраске вызывает образование облаков красок и лаков, попадающих в воздух в капельно-жидком состоянии, испарение же этих растворителей вызывает образование газообразных ядовитых веществ. Вдыхание их при известных концентрациях их в воздухе может вызвать тяжелые отравления. Борьба с последними значительно облегчается применением соответствующих вентиляционных установок, а также путем замены ядовитых растворителей менее токсичными.

В СССР Наркомтрудом издано несколько обязательных постановлений, направленных к ограничению выработки и применения свинцовых белил. Постановление, изданное в 1929 году, запрещает употребление свинцовых белил в малярном деле за исключением весьма ограниченной группы работ (при окраске судов, мостов и др.), где употребление свинцовых белил разрешено временно до 1 января 1935 года. Запрещение применения свинцовых красок не касается пока других свинцовых соединений (сурика, крона и др.). Наркомтруд издал обязательное постановление по охране труда лиц, занятых работами по пневматич. окраске. Постановление это предусматривает обязательное устройство вентиляционных установок при всех работах, где это возможно по техническ. условиям; кроме того запрещается применение свинцовых красок и применение бензола в качестве растворителя лаков, а также предписывается обязательность устройства на предприятиях ряда санитарно-технических установок, которые давали бы возможность рабочим соблюдать правила личной гигиены (мытье, еда в специально отведенном помещении и т. п.), и наконец предписывается обязательное применение рабочими индивидуальных защитных приспособлений (спецодежда, респираторы, очки, рукавицы и т. п.).

Лит.: Введенкин С. Г., Об удалении старой краски с металлич. обшивки пассаж. вагонов мокрым путем, Москва, 1930; Дмитриев М. М., К оздоровлению условий труда маляров, «Труды Ленингр. института гигиены труда и техники безопасности», М., 1930, т. 3, вып. 4; Марголин Л. И., Свинцовое отравление у автогенных резчиков старых судов и борьба с ним, там же; La céruse, Genève, 1927, изд. Международного бюро труда; Wenzel-Alvensleben-Witt, Die Beseitigung der beim Tauch- u. Spritzlackieren entstehenden Dämpfe, Schriften aus d. Gesamtgebiet d. Gewerbehygiene, hrsg. v. d. Deutsch. Gesellschaft für Gewerbehygiene in Frankfurt a/M., H. 18. B., 1927.

Д. Каган.

МАЛЯРНЫЕ КРАСКИ, см. *Малярное дело.*

МАНГАНИН, медно-марганцево-никелевый сплав красноватого цвета, высокого электрич. сопротивления, применяемый гл. обр. для эталонов постоянного сопротивления, в меньшей степени для буферных сопротивлений и отчасти для термопар и нагревательных приборов. Присадка Mn к Cu обусловливает снижение теплового коэф-та сопротивления, а присадка Ni—снижение термоэлектродвижущей силы в отношении Cu. Настоящий М., предложенный в 1889 г., состоит из 84% Cu, 12% Mn и 4% Ni; однако к группе М. относят разные другие сплавы, в которых Mn содержится больше, чем Ni (напр. тарнак) и кроме того родственные по свойствам сплавы, в к-рых Ni заменен Fe (ферроманганин, резистин) или Al (сплав Терло), причем содержание третьего компонента меньше, чем содержание марганца. Состав сплавов, удерживающих самое название М. или родственных ему по свойствам, представлен в табл. 1.

Табл. 1.—Состав манганинов и родственных сплавов (в %).

Название сплава	Cu	Mn	Ni	Fe	Al	Si
М. англ. безжелезный	86	12	2	—	—	—
» » »	85	12	3	—	—	—
» » »	84	12	4	—	—	—
» » »	78,3	14,1	7,6	—	—	—
» » »	73	24	3	—	—	—
» » »	70	25	5	—	—	—
» » »	65	30	5	—	—	—
» » »	51,5	31,3	16,2	—	—	—
Англ. никелево-железный	82	15	2,3	0,6	—	—
	84,8	11,4	3	0,8	—	0,01
Англ. марганцево-железный	85	12	—	3	—	—
	86,5	11	—	1,8	—	—
Герм. (Сименс-Гальске) никелево-железно-кремнистый	85,12	11,59	2,61	0,44	—	0,02
	85,35	11,04	3,16	0,32	—	0,03
Шведский никелево-железно-кремнистый	84,17	11,80	3,26	0,37	—	0,01
Герм. никелево-железно-алюминиево-кремнистый	84,49	11,82	3,09	0,34	0,05	0,02
Шведский никелево-железно-алюминиево-кремнистый	86,01	12,80	0,02	0,92	0,07	0,04
Сплав Терло	85	13	—	—	2	—
Ферроманганин	83,2	13,8	—	2,5	—	0,5

М. характеризуется значительным удельным электросопротивлением (хотя и меньшим, чем у константана), малым $t°$-ным коэф-том электросопротивления (около $2 \cdot 10^{-5}$, а в известных случаях $3 \cdot 10^{-6}$ и даже до $1 \cdot 10^{-6}$); при известных соотношениях компонентов тепловой коэф-т сопротивления подобных сплавов Cu-Mn может оказаться, как впервые открыто Вестоном, отрицательным [1]. Сопротивление настоящего М. меняется с $t°$ не линейно, и ок. 30° скорость изменения максимальна. Нек-рые сравнительные данные относительно электросопротивления М. и других сплавов высокого сопротивления сопоставлены в табл. 2. Термоэлектродвижущая сила манганиново-медной пары со-

Табл. 2. — Данные о сопротивлении некоторых сплавов.

Название сплава	Уд. электрич. сопротивление		$t°$-ный коэф. электрич. сопротивл на 1°
	в Ω на $м/мм^2$	в Ω-см	
Наст. манганин	0,42—0,46	42—46	0,000008(и даже до 0,000003)
Тарнак	0,42	42	0,000025
Никелин	0,45—0,56	45—46	0,00028
Нейзильбер . .	0,15—0,51 (~0,3)	15—51 (~30)	0,0002÷ 0,0007
Ферроманганин	0,502	50,2	0,000015 (+ или −)
Резистин	0,502	50,2	—
Сплав Терло . .	0,467	46,7	0,0000104 (для нек-рых разностей — 0,0000056)
Кульмиц	0,565÷0,49	49	0

ставляет 3÷4 μV/°C, тогда как у константано-медной пары термо-эдс составляет 40 μV/°C. Температура плавления М. высока (см. *Спр. ТЭ*, т. II, *Диаграмма равновесия*), так что расплавляющий ток значителен; в табл. 3 сопоставлены данные относительно

Табл. 3.—Сила расплавляющего тока в зависимости от диаметра проволоки (длина в 100 *мм*) в А.

Название сплава	Диаметр проволоки в *мм*					
	0,015	0,025	0,050	0,10	0,15	0,20
Манганин	0,195	0,36	0,80	1,6	2,5	3,3
Кульмиц	—	0,215	0,735	1,5	2,3	3,1
Никелин	0,115	0,24	0,67	1,5	2,4	3,2
Константан . . .	0,145	0,285	0,66	1,4	2,1	2,8
Круппин (28% Ni+Fe+Cu) . . .	0,11	0,215	0,48	0,97	1,5	2,0
Платино-серебр... (33% Pt, 67% Ag)	0,11	0,25	0,87 (при ⌀ 0,06)	1,5	—	3,2
Платино-иридиев. (90% Pt, 10% Ir)	0,17	0,36	1,10 (при ⌀ 0,06)	1,90	—	3,95

зависимости между диаметром проволоки и расплавляющим ее током для М. и нек-рых сплавов; из нее видно, что М. превосходит все сплавы за исключением платино-иридиевого. Физические константы М.: уд. в. 8,4, уд. теплоемкость 0,097. Электросопротивление манганина наиболее устойчиво в отношении $t°$ при содержании 12% Mn; малая изменяемость сопротивления от времени м. б. достигнута нагревом М. до 700° в течение нескольких мин. в атмосфере углекислоты, а затем прогревом при 150° в течение 4—5 ч. в масле; удовлетворительная термическая обработка м. б. произведена нагреванием до 140°, но лишь после покрытия М. шеллаком; в противном случае на поверхности М. образуется медная пленка, к-рая д. б. счищена. Подобные меры предосторожности необходимы в виду легкой окисляемости М., особенно при нагреве, вследствие чего предел рабочей $t°$ для М., как и для сплава Терло, только 100°. Однако необходимо иметь в виду, что сопротивление и термически обработанного М. с течением времени растет примерно на 0,07% в год (а в нек-рых случаях менее, чем на 0,001%).

Из числа различных Cu-Mn-Ni-сплавов М. особенно пригоден для эталонных сопротивлений; остальные аналогичные сплавы, обладая меньшим тепловым коэфициентом сопротивления, частью превосходят манганин по термо-эдс, частью уступают ему. После многолетних испытаний в Reichsanstalt было установлено, что М., принятый в Германии для эталонных сопротивлений, во всяком случае более пригоден, чем платиново-серебряный сплав, нормализованный в свое время для той же цели в Великобритании и во Франции. Однако замена никеля более дешевыми железом (ферроманганины, резистины) или алюминием (сплав Терло и др.) понижает $t°$-ный коэф-т сопротивления и термо-эдс в отношении меди; так например, у ферроманганина, указанного в табл. 1, термо-эдс в отношении меди равна нулю, а у сплава Терло она составляет 0,3 μV/°C. Температурный коэф-т сопротивления у этих сплавов изменяется в зависимости от состава и термической обработки и м. б. как положительным, так и отрицательным. Настоящий М. поступает на рынок в виде проволоки (прутьев) диам. 12 *мм* и листов толщиною от 0,2 *мм*, шириною 60 *мм*. Протрава продажного товара бывает как красная, так и белая, однако в последнем случае при паянии серебром листы краснеют, и тогда требуется вторичная протрава после паяния. Сплав Терло характеризуется кроме вышеприведенных еще и следующими данными: удельный вес 8,15; сопротивление на разрыв 55 $кг/мм^2$; коэфициент линейного расширения 0,0000194.

Конструкция германских сопротивлений разработана К. Фюсснером. Манганиновые сопротивления изготовляют в пределах от 0,0001 Ω до 100 000 Ω, причем на сопротивления меньшие 0,1 Ω идет листовой М., а на бо́льшие 0,1 Ω—манганиновая проволока, обвитая шелком; эта проволока наматывается бифилярно на изолированную шелковой лентой латунную трубку, затем обмотку пропитывают шеллаком и подвергают длительному остариванию приблизительно при температуре 120°. После этого ее вставляют в латунный футляр (гильзу), в которую вводятся через эбонитовую крышку толстые медные токоприводы. Для устойчивости сопротивлений необходимо защищать обмотку от колебаний атмосферной влажности, так как при ее изменении шеллак изменяет натяжение проволоки и следовательно ее сопротивление. Эта неустойчивость устраняется герметической закупоркой гильз или содержанием обмоток в атмосфере постоянной влажности. Резистин кроме указанного для манганина электротехнич. применения идет также в машиностроении на двигатели внутреннего сгорания, паровые турбины и паровые машины.

Производство М. и подобных ему сплавов представляет известные трудности и стоит дорого, т. к. материалы должны отличаться большою чистотою; в частности требуется вполне удалить из сплава попадающий туда вместе с Fe и Mn углерод, к-рый сильно понижает сопротивление готового материала. Поэтому для получения М. обычно исходят из хлористых солей Fe и

Mn, смесь к-рых в растворе обрабатывают известью:

$$FeCl_2+MnCl_2+2Ca(OH)_2=Fe(OH)_2+Mn(OH)_2+2CaCl_2.$$

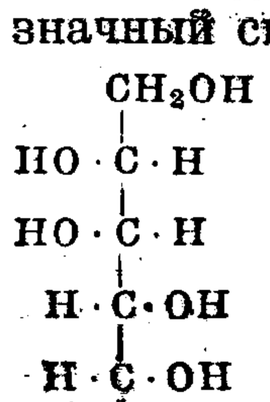
Осадок гидратов Fe и Mn промывают, высушивают и восстанавливают углем при высокой $t°$. Далее полученный т. о. ферромарганец сплавляют с чистой рафинированной медью [2,3]. Плавка ведется либо в магнезиальных тиглях либо в графитовых с облицовкой из MgO; тигли из глины или алунда для данной цели непригодны, т. к. вводят в сплав кремний. Работа ведется в электрич. печах сопротивления и притом в токе углекислоты.

Лит.: 1) Ам. П. 38130⅓/5; 2) Г. П. 95443; 3) Sperry E. S., «Jahresberichten für chem. Techn.», Lpz., 1906, p. 288; Жемчужный С. и Уразов Г., «ЖРХО», 1907, т. 39, стр. 787 (сплавы Mn с Cu и Ni); Жемчужный С. и Немилов В., «Известия Института физико-химич. анализа», Л., 1924, т. 2, стр. 450 (Исследование электрич. сопротивления и $t°$-ного коэф-та сплавов манганинового ряда); Жемчужный С. и Погодин С., там же, стр. 464 (О $t°$-ном коэф-те электрич. сопротивления манганина и константана); Жемчужный С. и Погодин С., Сплавы для электрич. измерительных и нагревательных приборов, Л., 1928; Jaeger W., Elektrische Messtechnik, 3 Aufl., Lpz., 1928; Füssner K. u. Lindek St., «Ztschr. f. Instrumentenkunde», B., 1889, B. 9, p. 233; 1895, B. 15, p. 394; Füssner K. u. Lindek St., «Wissenschaftliche Abhandlungen der physikalisch-technischen Reichsanstalt», B., 1895, p. 501; Füssner K., «Verhandlungen der physikalischen Gesellschaft», 1891, B. 10, p. 109; Füssner K., «ETZ», 1892, B. 13, p. 99; Lindek St., «Report of the British Association for the Advancement of Science», L., 1892; Jaeger W. u. Lindek St., «Ztschr. f. Instrumentenkunde», B., 1898, B. 18, p. 97; 1906, B. 26, p. 15; Jaeger W. u. Lindek St., «Wiedemanns Annalen», Lpz., 1898, B. 65, p. 572; Jaeger W. u. Stenwehr H. V., «Ztschr. für Instrumentenkunde», Berlin, 1913, B. 33, p. 293; Stenwehr H. u. Schulze A., «Wissenschaftliche Abhandlungen der physikalisch-technischen Reichsanstalt», Berlin, 1927, p. 75; Sperry E. S., «Brass. World», N. Y., 1905, p. 255; Bash F. E., «Chemisches Zentralblatt», B., 1920, sechste Folge, Jahrg. 2, p. 289; «Jahresberichte f. chem. Technik», 1890, p. 432. **П. Флоренский.**

МАНИЛЬСКАЯ ПЕНЬКА, см. *Банановое волокно, Волокна прядильные.*

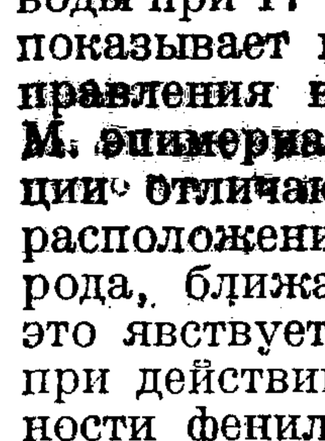
МАННЕСМАНА СПОСОБ ПРОКАТКИ ТРУБ, см. *Трубы.*

МАННИТ, d-маннит, $C_6H_8(OH)_6$, шестизначный спирт; большие количества маннита содержатся в соке различных южных и тропических растений—наприм. ясеня, Fraxinus ornus (Сицилия) и Myoporum platicarpum (Австралия). Получают М. из так наз. м а н н ы—высушенного сока растения, в к-ром содержится 55—90% маннита и откуда его извлекают горячей водой; синтетически М. получается восстановлением d-маннозы и d-фруктозы. М. кристаллизуется в ромбич. призмах; $t°_{пл.}$ 165—166°; уд. в. 1,52; уд. вращение $[\alpha]_D = -0{,}25°$; растворим в холодной воде, очень мало в спирте и совсем нерастворим в эфире. При окислении азотной к-той дает смесь d-маннозы и d-фруктозы, при биологич. окислении бактериями (B. xylinum)—d-фруктозу. Применяется М. для приготовления таблеток, служащих заменой сахара для диабетиков. Для той же цели служит д у л ь ц и н о л—препарат, приготовляемый из М. прибавлением к нему поваренной соли. **П. Шорыгин.**



Лит.: см. *Углеводы.*

МАННОЗА, $C_6H_{12}O_6$, углевод, принадлежащий к моносахаридам. Наиболее известный стереоизомер, d-манноза, сравнительно редко встречается в растениях в свободном состоянии (например в апельсинной корке, в Amorphophallus Konjak и др.) или в виде глюкозидов (например в строфантине); гораздо чаще—в виде высших углеводов, т. н. м а н н а н о в, к-рые дают при гидролизе или одну М. или смесь ее с другими моносахаридами. Маннаны являются резервным веществом различных пальм, содержатся в скорлупе каменного ореха, в цареградских стручках, в зернах ячменя и пшеницы, в дрожжах и т. д. Получают маннозу кипячением скорлупы каменного ореха (отбросов пуговичного производства) с разбавленной соляной к-той. Впервые М. была получена Э. Фишером (1888 г.) синтетич. путем—окислением природного d-маннита (см. *Маннит*) азотной к-той.

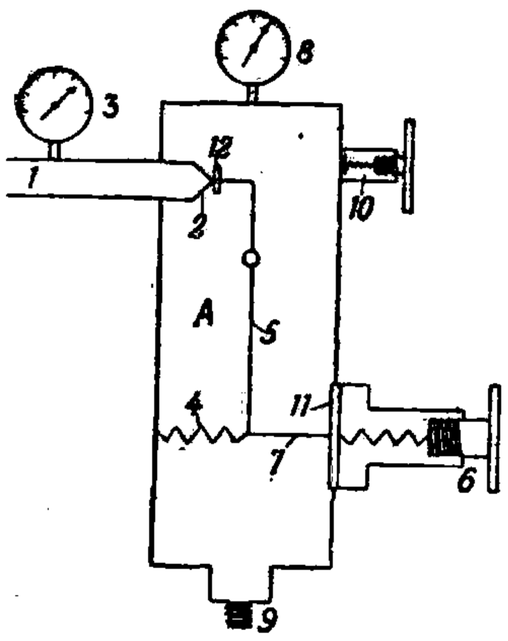


М. кристаллизуется из спирта в ромбич. призмах сладкого вкуса; $t°_{пл.}$ 132°; очень легко растворима в воде (248 ч. М. в 100 ч. воды при 17°), трудно—в спирте. В растворе показывает мутаротацию с изменением направления вращения от −16,5° до +14,2°. М. эпимерна с d-глюкозой (т. е. конфигурации отличаются только пространственным расположением асимметричных атомов углерода, ближайших к альдегидной группе); это явствует из их взаимных превращений при действии слабых щелочей, из идентичности фенилозазонов обоих моносахаридов и т. д. При восстановлении М. образуется d-маннит, при окислении—одноосновная d-маннoновая к-та, $CH_2(OH)\cdot(CHOH)_4\cdot COOH$, затем двуосновная d-манносахарная кислота, $COOH\cdot(CHOH)_4\cdot COOH$. М. сбраживается дрожжами подобно d-глюкозе. **П. Шорыгин.**

Лит.: см. *Углеводы.*

МАНОДЕТАНДЕР, р е д у к т о р, прибор для понижения давления при истечении газа из одного сосуда в другой. В промышленной практике М. применяют для понижения давления газов со 150 до 10—0,2 *atm*. При этом газ заключен в *баллонах* (см.). Наибольшее применение М. имеет в автогенном деле—для понижения давления кислорода и ацетилена в баллонах до рабочего давления в горелке. М. для кислорода и ацетилена отличаются друг от друга как по роду металла, из которого они изготовлены, так и по конструкции. Основной материал М. для кислорода — латунь, для ацетилена — железо, сталь. Чугунную отливку для изготовления М. обоих типов применять воспрещено. М. для кислорода имеет применение и для редуцирования других газов (сжатого воздуха, углекислоты, водорода и т. д.), при условии отсутствия химич. влияния газа на медные сплавы. М. окрашивают для кислорода в синий, для водорода в красный, для ацетилена в белый цвет. М. для кислорода прикрепляется к вентилю баллона при помощи колпачковой гайки; М. для ацетилена и др. газов под давлением до 15 *atm* прикрепляется при помощи специальной скобы. На фиг. приведена схема М. Камера *A* при помощи трубки *1* соединена с баллонами. При открытии бутылочного вентиля газ переходит к соплу *2* и в манометр *3*. Силой пру-

жины 4 рычаг 5 действует на колпак 12 из твердой резины и закрывает сопло 2. Вращая винт 6, с помощью рычагов 7 и 5 открывают отверстие сопла 2, и газ попадает в камеру A и в манометр 8. Из камеры A через вентиль 9 газ проходит наружу; 10—предохранительный клапан. Сохранение постоянного низкого давления в камере A основано на принципе равновесия сил: давления газов, действующих на клапан у сопла 2 и на резиновую мембрану 11. Диаметр (в свету) сопла 2 манодетандера к одиночным баллонам стандартной емкости равен 2,5 *мм*, а к группе баллонов—ок. 7,5 *мм*. Разрез кислородного М. см. *Автогенная сварка*, фиг. 3.

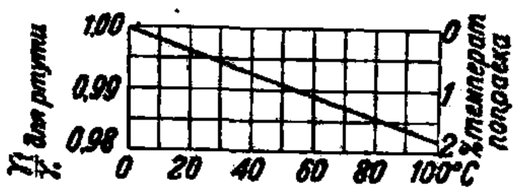


Е. Кузмак.

Лит.: см. *Автогенная сварка.*

МАНОМЕТР, прибор для измерения степени упругости жидкостей и газов, заключенных в замкнутом пространстве. В технике М. для измерения упругости меньше одной атмосферы получили специальное название вакуумметров (см. *Вакуум*).

По устройству М. можно разделить на две категории: М. с жидкостью, измеряющие давление высотой столба жидкости, и М. пружинные, измеряющие давление посредством трубчатой пружины или упругой мембраны, изменяющих свою кривизну пропорционально производимому на их стенки давлению. В лабораторной практике наибольшее применение имеют М. с жидкостью (ртуть, вода, масло и т. п.) вследствие простоты устройства таких приборов, надежности и точности их показаний. В промышленной практике такого рода приборы могут иметь лишь ограниченное применение, так как они неудобны для измерения высоких давлений и требуют специальной покойной установки и весьма бережного обращения. Для измерения давления в 1 *atm* ртутный М. должен иметь высоту не менее 0,8 *м*, а следовательно для измерения давления напр. 100 *atm* потребовалась бы длина около 80 *м*. Если ртуть заменить водой, жидкостью почти в 13,5 раз более легкой, чем ртуть, то для измерения того же давления в 100 *atm* понадобилась бы трубка длиной почти в 1 *км*. Самый длинный ртутный М. во всем мире устроен на Эйфелевой башне в Париже; при помощи этого М. можно измерять давления до 400 *atm*. Для уменьшения высоты М. с жидкостью можно устраивать их в форме ряда U-образных трубок, соединенных между собой и наполненных наполовину ртутью, наполовину водой. Общая высота столба жидкости т. о. может быть сделана как угодно большой в зависимости от высоты каждого колена и их числа. В Главной палате мер и весов в Ленинграде устроен такой М., занимающий относительно небольшое место и дающий возможность измерять с большой точностью давления до 100 *atm*. При измерении давления ртутным М. необходимо принимать во внимание изменение уд. веса ртути с $t°$; обычно градуировка делается полагая $t°$ столба равной 0°; при более высокой $t°$ необходимо уменьшать показания М. на величину, указанную на графике фиг. 1. Устройство ртутного манометра для измерения небольших давлений или разрежений видно на фиг. 2.

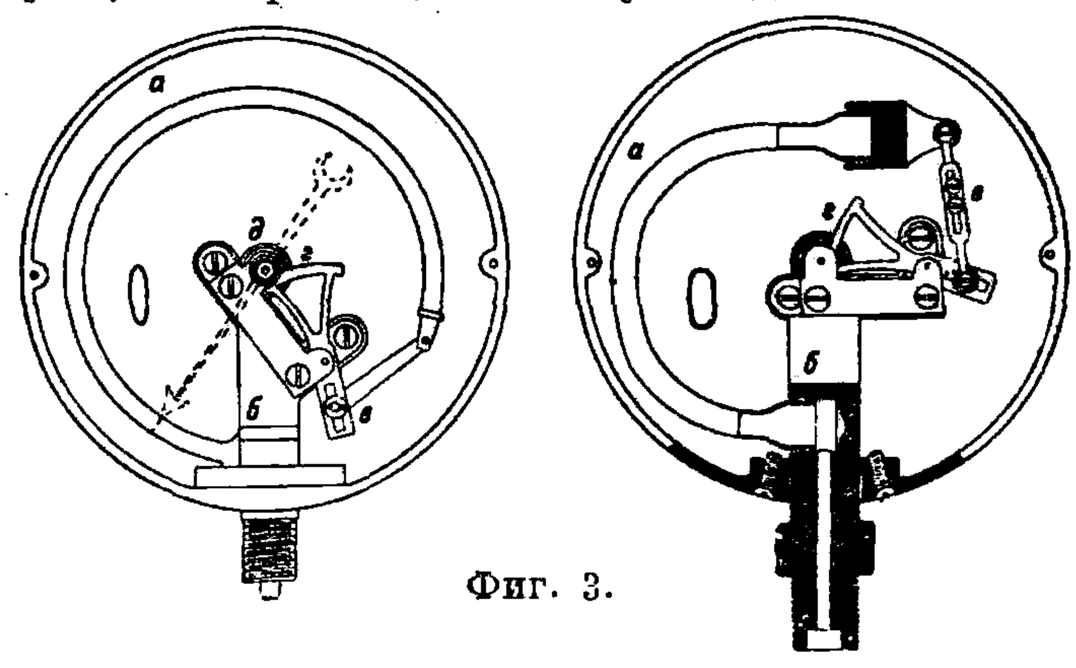


Фиг. 1.

М. пружинные, как выше замечено, основаны на применении металлич. пружины или упругой металлич. мембраны, деформирующихся под действием давления на них жидкости или газа. Если эту деформацию при помощи системы передаточных рычагов и зубчаток передать вращающейся указательной стрелке, то получится простой прибор для измерения давления в том замкнутом пространстве, с к-рым соединена пружина М. Главной частью пружинного М. является дугообразно изогнутая трубка *а* (фиг. 3) из достаточно упругого материала, имеющая овальное сечение. Если открытый конец этой трубки закрепить неподвижно на стойке *б* и нагнетать через него в закрытую с другого конца трубку газ или жидкость, то трубка под влиянием внутреннего давления раскручивается и закрытый свободный ее конец отклоняется на угол, пропорциональный, в определенных пределах давлений, величине последнего. Это перемещение конца трубки передается при помощи тяги *в* зубчатому сектору *г*, к-рый зацепляется с шестеренкой, сидящей на оси стрелки. Как длина тяги *в*, так и точка присоединения ее к сектору сделаны изменяющимися, чтобы дать возможность выверки прибора, а именно: изменяя длину тяги *в*, можно поставить стрелку на нуль, а перемещая точку соединения ее с



Фиг. 2.

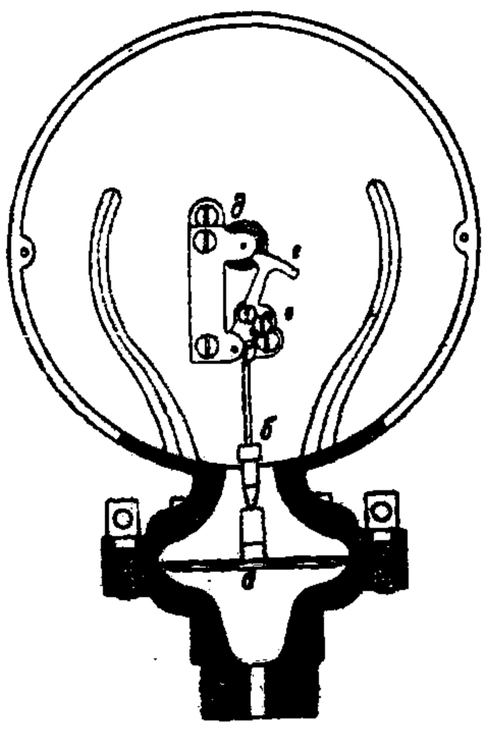


Фиг. 3.

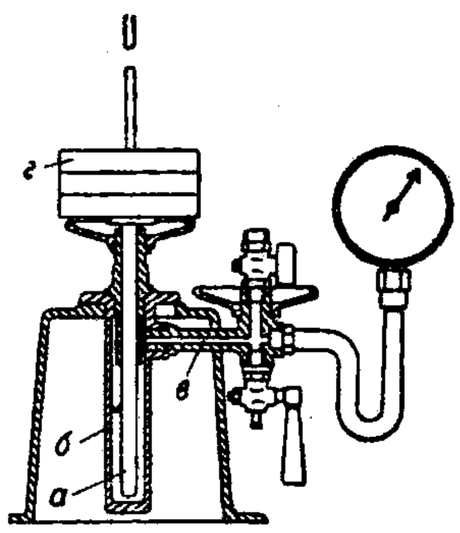
сектором, изменяют передаточное отношение и таким образом приноравливают его к индивидуальным особенностям пружины. В пластинчатых, или мембранных, М. (фиг. 4) давление измеряется величиной деформации упругой мембраны *а*; движения ее

передаются стержнем *б* через промежуточный рычажок *в* на зубчатый сектор *г*, зацепляющийся с шестеренкой, которая сидит на оси стрелки. Небольшая спиральная пружина *д* (фиг. 3 и 4) служит для силового замыкания всех отдельных членов передаточного механизма и предотвращения мертвого хода.

Теория манометрической трубки до настоящего времени не может считаться достаточно полно разработанной, и все расчеты, производимые по формулам, предложенным разными исследователями этого вопроса, не дают результатов, вполне совпадающих с данными практики. Наиболее удовлетворительное решение этой задачи предложено известным голландским математиком и физиком Лоренцом, который вывел формулу для приближенного расчета размеров манометрической трубки, предназначенной для измерения давлений в определенных пределах. Эта формула вполне подтверждает выработанные практикой требования, предъявляемые к манометрич. трубке, а именно: сечение трубки должно иметь овальную форму, причем бо́льшая ось овала должна быть перпендикулярна к плоскости витка пружины. При таком устройстве трубка при возрастании внутри ее давления подвергается раскручиванию. Если же малая ось овала перпендикулярна к плоскости витка, то такая трубка с возрастанием давления закручивается. При просвете трубки круговой формы давление не изменяет кривизны трубки, и такая трубка для изготовления манометров не пригодна. В СССР приказом по ВСНХ от 28 февраля 1925 г. № 512 введена обязательная поверка М., устанавливаемых на паровых котлах и других машинах, где требуется измерять давление или разрежение. Поверка М. осуществляется путем присоединения их к замкнутому пространству, в котором поддерживается определенное давление. Величина давления или определяется особо точными, т. н. контрольными М. или обусловливается самым способом образования давления, как напр. в так наз. поршневом М., изображенном на фиг. 5. Поршень *а* проходит через плотно пришлифованный сальник в цилиндр *б*, сообщающийся посредством канала *в* с испытуемыми приборами. В верхней своей части поршень несет платформу, на которую кладут грузы *г*, рассчитанные таким образом, что каждый из них вызывает увеличение давления на определенное число единиц. Для этого их делают обычно веса (в *кг*), кратного эффективной площади поршня в $см^2$; последняя несколько отлична от геометрической площади поперечн. сечения поршня и определяется опытом. Для уничтожения влияния трения между стенками цилиндра и поршнем, последний перед отсчетом приводят во вращение. В виду того что манометрическая трубка работает правильно только в определенных пределах давлений, как общее правило установлено, что каждый М. может применяться для измерения давлений, находящихся в пределах между $^1/_3$ и $^2/_3$ наибольшего давления, для к-рого предназначен данный прибор. Для измерения давления газов или жидкостей, химически действующих на пружину М., применяются трубки из материала, не подвергающегося этому действию. Особенную опасность представляют случаи, когда газ или жидкость могут образовывать горючее или взрывчатое соединение с металлом трубки. Поэтому напр. для измерения давления сжатого кислорода нельзя применять М., если в нем имеются какие-либо органич. вещества (масло, бумага и т. п.). Для измерения давления ацетилена нельзя применять М. с медной пружиной, так как образующееся при действии ацетилена соединение с медью — вещество взрывчатое. Для измерения давления аммиака нельзя также применять медные пружины, так как аммиак действует химически на медь и быстро разрушает прибор.



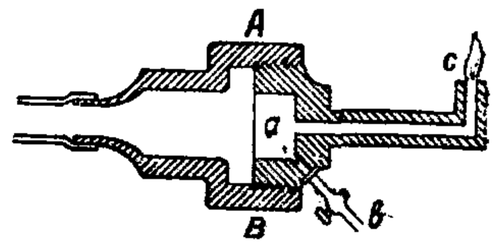
Фиг. 4.



Фиг. 5.

Лит.: Сидоров И. И., Манометры, их устройство и поверка, Л., 1928; Мещерский И. В., «Временник Главной палаты мер и весов», Л., 1925, вып. 1/13, стр. 120; Gramberg A., Technische Messungen bei Maschinenuntersuchungen und zur Betriebskontrolle, 5 Aufl., B. 1, Berlin, 1923; Manometer d. phys.-techn. Reichsanstalt, «Z. d. VDI», 1900, p. 261; Klein, Der Genauigkeitsgrad v. Hochdruckmessern, ibid., 1910, p. 792; Stromeyer, Remarks on Pressure Gauges, «Engineering», London, 1907, p. 316; Jacobus, Measuring of Pressures of 10 000 lbs. p. sq. inch, «Engineering News», L., 1897, p. 327; Martens, Apparate zur Messung hoher Flüssigkeitsdrücke, «Z. d. VDI», 1909, p. 747. **А. Доброхотов.**

МАНОМЕТРИЧЕСКОЕ ПЛАМЯ, пламя газовой горелки, к-рое под влиянием звуковых волн изменяет свою высоту и применяется для исследования частоты звуковых колебаний и приближенного определения формы звуковой кривой. М. п. впервые было применено Р. Кенигом (1862 г.). На фиг. показана капсула для исследования звука при помощи М. п.: светильный газ проходит через кран *b* в камеру *a* и зажигается у отверстия *c*. Камера *a* с одной стороны закрыта тонкой резиновой мембраной *AB*, на которую действуют исследуемые звуковые волны. Под влиянием переменного давления в звуковых волнах мембрана *AB* создает такое же переменное давление в камере, заполненной газом; вследствие этого пламя *c* ритмически укорачивается и удлиняется. Периодические изменения длины пламени рассматриваются непосредственно во вращающемся зеркале или фотографируется их отражение в нем; последнее представляет собою или ряд правильных светлых полос (в случае чистого тона) или светлую полосу с различной длины языками, соответствующую форме кривой сложного звука. Марбе



(1906 г.) регистрировал колебания пламени не фотографически, а протягивая над пламенем полоску бумаги, на к-рой оставался след копоти с периодическими потемнениями и посветлениями. Старинный способ исследования звука, М. п. теперь имеет только демонстрационное значение. **П. Беликов.**

МАРГАНЕЦ, Mn, химический элемент VII группы периодич. системы, аналог недавно открытых элементов—мазурия и рения; ат. вес 54,93 (установлен пока один изотоп с ат. массой 55); порядковый номер 25. М.—металл сероватого цвета с красноватым оттенком, очень хрупкий; твердость непостоянная, по минералогич. шкале Моса равняется 6 (цифра ненадежная); уд. в. 7,06; коэф. лин. расширения (при 0°) 0,0000159; коэф. сжимаемости (при 20°) $0{,}82 \cdot 10^{-6}$ *см²/кг*; М. парамагнитен; уд. магнитная восприимчивость $9{,}66 \cdot 10^{-6}$; уд. теплоемкость (при 0°) 0,1072 cal/*г*; $t°_{пл.}$=1 210÷1 250° (в зависимости от примесей; чаще всего содержится Fe, Al, Si); теплота плавления 36,7 cal/*г*; $t°_{кип.}$ 1 900°. Как элемент марганец отличается переменной валентностью—от 2 до 7. Металлич. М. на воздухе окисляется с поверхности; из разбавленных к-т он легко вытесняет кислород и образует соли двувалентного Mn. Вода на холоду действует на М. очень медленно, при нагревании—быстрее. М. растворяется в разбавленной соляной кислоте, образуя хлористый марганец, $MnCl_2$, и в азотной к-те, образуя нитрат. Холодная конц. H_2SO_4 на М. не действует; горячая—*растворяет. М. соединяется непосредственно* с фосфором, хлором, бромом, серой, кремнием и углеродом; в парах SO_2 М. загорается, переходя в сульфат, $MnSO_4$; М. вытесняет многие металлы (мышьяк, сурьму, висмут, олово, медь, цинк) из растворов их солей; сам же М. не вытесняется ни одним металлом.

В природе в свободном состоянии М. не встречается, но входит в состав многих минералов, силикатов, руд, гл. обр. железных (см. *Марганцевые руды*); в незначительном количестве М. находится в почве и естественных водах (в виде бикарбоната); он содержится также в растениях (в семенах и молодых ростках) и в животных организмах (в яичном желтке, волосах, чешуе). Добывают М. восстановлением его окислов—накаливанием с углем или алюминием (см. *Алюминометрия*). М. легко сплавляется с другими металлами; поэтому его применяют для получения сплавов (см. *Манганин*, *Железосплавы*); прибавление М. к бронзе (3—6%) придает ей значительную твердость; кроме того М. применяют для восстановления металлов из их окислов (медь, никель). Продажный М. содержит ок. 1% железа, незначительное количество кремния и алюминия. Область технич. применения М. ограничивается его сплавами и металлургией черных и цветных металлов. Чистый М., вследствие его высокой стоимости, почти не имеет промышленного значения. **Б. Беркенгейм.**

Лит.: см. *Марганца соединения*.

М. в металлургии играет важную и многообразную роль: 1) являясь всегда составною частью шихты доменных печей, он переходит частью (на 50—75%) в чугун, частью в шлак, сообщая последнему жидкоплавкость, а первому способность выделять серу как в самой доменной печи, так и в миксере (см. *Обессеривание* миксера); 2) в процессах передела чугуна М. предохраняет железо от излишнего окисления (см. *Бессемерование*, *Томасирование*, *Мартеновское производство*), способствует переходу серы в шлак и своим присутствием в стали парализует вредное влияние остающейся в ней серы; 3) действует как раскислитель на сталь, окисленную в процессе передела, благодаря низкой концентрации в ней углерода и марганца (см. *Раскисление*); 4) входит в значительном количестве (10—15%) в состав специальных сортов стали, сообщая ей специфич. свойства (см. *Гадфильда сталь*, *Вольфрамовая сталь*). Лишь в обычном литейном чугуне содержание М. ограничивается низкими пределами (0,5—0,6%); в гематите допускается 1% его (иногда содержание его доходит до 7%). Передельный чугун содержит не менее 1% М., часто 1,5%, а иногда 2—2,5%, немецкий «стальной чугун»—до 5%. В *раскислители* (см.) М. вводится в количестве 20% (зеркальный чугун) или 80% (см. *Железосплавы*). Бо́льшая часть всего М., добываемого в виде руды (см. *Марганцевые руды*), идет на производство передельного чугуна и раскислителей, значительно меньшая—на изготовление специальных сталей.

Лит.: Hadfield R., The Metal Manganese a. Its Properties, «Journal of the Iron and Steel Institute», London, 1927, *1*, p. 221—287; Alloys of Iron and Manganese Containing Low Carbon, *ibidem*, 1927, *1*, p. 297—361. **М. Павлов.**

МАРГАНЦА СОЕДИНЕНИЯ. Известны соединения 2-, 3-, 4-, 6- и 7-валентного марганца. Двувалентный ион $Mn^{\cdot\cdot}$ обнаруживает основные свойства, ион $Mn^{\cdot\cdot\cdot}$—слабо основные; четырехвалентный ион Mn^{IV} б. ч. нейтрален или проявляет слабокислотные свойства; шести- и семивалентный Mn входит в состав кислотных ионов MnO_4'' и MnO_4' и т. о. обладает металлоидным характером. Наиболее устойчивы соединения 2- и 7-валентного Mn, а также окисел четырехвалентного Mn; другие степени валентности Mn б. или м. легко переходят в эти устойчивые формы. Различные степени валентности Mn отличаются и цветом: ион $Mn^{\cdot\cdot}$—розовый, $Mn^{\cdot\cdot\cdot}$—темнокрасный, MnO_4''—зеленый, MnO_4'—красно-фиолетовый. Ионы двух-, трех- и четырехвалентного Mn проявляют заметную способность к образованию комплексных соединений. Соединения Mn с бором, углеродом, азотом, фосфором, мышьяком и сурьмой обладают ясно выраженными магнитными свойствами.

В природе М. с. широко распространены; наиболее крупные их залежи образованы минералами, состоящими из окислов марганца (гл. обр. MnO_2) и их гидратов. Другие М. с., гл. обр. соли двувалентного Mn, встречаются в незначительных скоплениях и часто сопровождают природные соединения железа (см. *Марганцевые руды*). Небольшие количества М. с. всегда содержатся в почве и в золе растений, где они играют повидимому важную роль, входя в состав многих растительных энзимов типа оксидаз. Окислы Mn оказывают на такие энзимы активирующее дейст-

вие; так, окислительное действие лакказы пропорционально содержанию Mn в препарате. На активирующем воздействии М. с. на оксидазы основывается повидимому их применение в качестве косвенных (каталитических) удобрений. Каталитич. действие М. с. проявляется и во многих других процессах ферментативного характера, напр. в процессе спиртового брожения. Хорошо известно также применение М. с. в качестве катализаторов в лабораторной и производственной технике (см. *Катализ*, К а т а л и т и ч е с к и е п р о ц е с с ы в т е х н и к е). Главная масса добываемых М. с. используется в металлургии для получения сплавов марганца и содержащих марганец сортов чугуна и ковкого железа. Кроме того М. с. применяются в стекольном и фарфоровом производствах, в ситцепечатании, для приготовления сикативов, в химическом анализе, при синтезе многочисленных препаратов и т. д. Многие случаи лабораторного и технич. применения М. с. основаны на использовании их окислительной либо восстановительной способности. При продолжительной работе на производственных предприятиях, в атмосфере к-рых содержится пыль М. с.(напр. на мельницах для размола MnO_2), наблюдаются иногда явления марганцевого отравления (манганизма), выражающиеся в хронич. заболеваниях пищеварительных органов и нервной системы.

Окислы марганца и их гидраты. З а к и с ь м а р г а н ц а, MnO, в природе встречается в виде м а н г а н о з и т а. Приготовляется б. ч. прокаливанием в токе водорода других окислов Mn, а также его углекислой или свежеосажденной щавелевокислой соли. MnO—аморфный порошок зеленого цвета; при нагревании без доступа воздуха он становится бледножелтым. При прокаливании исходных веществ в атмосфере смеси водорода с хлористым водородом MnO получается в виде прозрачных зеленых кристаллов правильной системы, с алмазным блеском, уд. в. 5,091, плавящихся при $t°$ белого каления. На воздухе MnO (особенно в виде порошка) уже при обыкновенной $t°$ окисляется, а при нагревании воспламеняется, превращаясь в Mn_3O_4. В химическом отношении MnO обладает основными свойствами; в кислотах легко растворяется, образуя соли двувалентного Mn; при нагревании в атмосфере SO_2 превращается в закисную сернокислую соль Mn. Восстановление MnO до металлич. марганца водородом происходит только при 2 500°. При сплавлении MnO с металлич. алюминием над известью и плавиковым шпатом получается довольно чистый (до 97% Mn) металлич. марганец.

Г и д р а т з а к и с и м а р г а н ц а, $Mn(OH)_2$, в природе встречается в виде п и р о х р о и т а; приготовляется осаждением из солей двувалентного Mn едкими щелочами. В свежеосажденном состоянии—аморфный белый порошок, который на воздухе быстро буреет вследствие окисления; при высушивании на воздухе переходит в закись-окись марганца. При определенных условиях $Mn(OH)_2$ м. б. получен в кристаллической (гексагональные призмы), а также в коллоидальной форме.

О к и с ь м а р г а н ц а, бурая окись марганца, Mn_2O_3 (или $MnO \cdot MnO_2$), в природе встречается в виде б р а у н и т а. Получается б. ч. прокаливанием на воздухе MnO_2 и солей Al с азотной или щавелевой к-тами; темнобурый или черный порошок, уд. в. 4,32; $t°_{пл.}$ ок. 700°; до 940° Mn_2O_3 постоянна, выше этой $t°$ переходит с выделением кислорода в Mn_3O_4. Водородом при красном калении восстанавливается в MnO; под действием сероводорода превращается в MnS. Окись марганца обладает слабоосновным характером; с разбавленными H_2SO_4 и HNO_3 она дает MnO_2 и соли $Mn^{\cdot\cdot}$; с конц. H_2SO_4 и HCl на холоду образует соли $Mn^{\cdot\cdot\cdot}$, а при нагревании—соли $Mn^{\cdot\cdot}$ при выделении кислорода или хлора. Применяется как керамическая краска.

Г и д р а т о к и с и м а р г а н ц а, $Mn(OH)_3$, образуется в виде красно-бурого осадка при действии воздуха на аммиачные растворы солей $Mn^{\cdot\cdot}$ в присутствии солей аммония. Он очень непрочен и легко теряет воду, переходя в более постоянный неполный гидрат $Mn_2O_2(OH)_2$ или $Mn_2O_3 \cdot H_2O$, встречающийся в природе в виде м а н г а н и т а. Этот гидрат получают пропусканием хлора в водную суспензию $MnCO_3$; он получается также из раствора $MnCl_2$ (при производстве хлора по способу Вельдона) осаждением едким натром и последующим окислением выпавшего осадка на воздухе либо действием на раствор $MnCl_2$ хлорной извести и других окислителей; осадок $Mn_2O_2(OH)_2$ промывается разбавленной H_2SO_4 или HNO_3 и водой. Искусственно полученный $Mn_2O_3 \cdot H_2O$ — аморфный или микрокристаллический порошок коричневого или серостального цвета, оттенки которого зависят от способа получения; при нагревании выше 110° гидрат медленно теряет воду, переходя в Mn_2O_3. Применяется как краска под названием м а р г а н ц е в о г о, или м и н е р а л ь н о г о, б и с т р а (см. *Марганцевые краски*, *Бистр*, *Крашение*), а также в качестве сикатива.

З а к и с ь-о к и с ь м а р г а н ц а, красная окись марганца, Mn_3O_4, в природе встречается в виде г а у с м а н и т а. Получается при прокаливании всех других окислов марганца на воздухе и весьма постоянна; поэтому при весовом анализе М. с. Mn определяется обычно в виде Mn_3O_4. В зависимости от способа получения Mn_3O_4 бывает аморфной или кристаллической. Цвет ее б. ч. темнокрасный, переходящий при нагревании в черный; уд. в. 4,653—4,748.

Д в у о к и с ь м а р г а н ц а, перекись марганца, MnO_2, в природе встречается в значительных количествах в виде п и р о л ю з и т а и п о л и а н и т а, а также в составе разных видов *вада* (см.). Искусственно MnO_2 получается из низших окислов или солей Mn путем перевода их в азотнокислую соль, которая затем окисляется азотной к-той совместно с бертолетовой солью или без последней. При получении хлора по способу Вельдона расходуемая в процессе MnO_2 регенерируется путем продувания воздуха при 55—60° через раствор $MnCl_2$ (отход производства), обработанный избытком гашеной извести. В 1929 г. Като и Мацугуси предложили новый способ приготовления MnO_2,

основанный на окислении низших окислов марганца в присутствии небольшого количества щелочей (напр. 5%) в токе воздуха при 400—500°; окисление при этих условиях происходит почти моментально. MnO_2 образуется также на аноде при электролизе растворов солей Mn. Искусственно полученная MnO_2—черный кристаллич. порошок, состоящий из микроскопич. стально-серых табличек, в очень тонких слоях просвечивающих пурпурно-красным цветом; под давлением приобретает металлич. блеск; обладает значительной электропроводностью. По химическому характеру MnO_2 является амфотерным окислом, с преобладанием слабокислотных свойств; она имеет нормальное строение O : Mn : O (поэтому название «перекись марганца» неправильно). Чистая HNO_3 не действует на MnO_2, но в присутствии NO или органич. восстановителей (щавелевой кислоты, сахара и т. п.) происходит образование $Mn(NO_3)_2$. При действии концентрированной H_2SO_4 образуется сперва $Mn_2(SO_4)_3$, а затем $MnSO_4$, причем выделяется половина кислорода, содержащегося в MnO_2:

$$MnO_2 + H_2SO_4 = MnSO_4 + H_2O + O.$$

При действии крепкой HCl при нагревании происходит образование $MnCl_2$ и выделение хлора; на этой реакции основывалось техническое получение хлора по способу Вельдона. При действии SO_2 на тонкоизмельченную MnO_2 при слабокрасном калении образуется в качестве конечного продукта MnS. При сплавлении MnO_2 с KOH происходит образование K_2MnO_4. В кислой среде MnO_2 является довольно энергичным окислителем; во многих случаях MnO_2 обнаруживает каталитическ. действие; напр. она активирует разложение бертолетовой соли, получение мочевины из цианамида кальция, окисление CO в CO_2 и т. д. В технике MnO_2 применяется б. ч. в виде природного пиролюзита и других содержащих MnO_2 минералов. Наибольшие количества MnO_2 идут на приготовление различных сортов чугуна, стали и сплавов марганца. В стекольном производстве MnO_2 служит для придания стеклу аметистового или (при содержании MnO_2 до 6—7%) черного цвета. При нагревании стеклянной массы в печах MnO_2 разлагается по ур-иям:

$$3MnO_2 = Mn_3O_4 + O_2;\ Mn_3O_4 = Mn_2O_3 + MnO.$$

В небольших количествах MnO_2 прибавляют в стекло и глазури с целью уничтожения зеленоватого оттенка, придаваемого стеклу солями закисного железа; при этом обесцвечивание происходит отчасти вследствие окисления закисных солей железа в окисные, отчасти благодаря дополняющему действию окраски соединений Mn на окраску силикатов железа. Далее MnO_2 применяется: при изготовлении глазурей и эмалей черного, темнофиолетового, металлич. и синего цвета, служащих для покрытия глиняной посуды и железных изделий; в качестве краски под названием марганцевой черной и как исходный материал для получения марганца и всех М. с. MnO_2 находит применение также при синтезе некоторых органич. красителей (напр. при окислении лейкосоединений, при получении пурпурина из ализарина); MnO_2 является одним из наиболее сильных сикативов для высыхающих масел; в небольших количествах MnO_2 иногда прибавляется к каучуку для улучшения его свойств. В тонкоизмельченном виде MnO_2 служит для удаления из воды соединений железа. Электролитич. MnO_2 применяется для воронения стволов огнестрельного оружия. Наконец MnO_2 употребляется в качестве деполяризатора в гальванич. элементах Лекланше и служит для приготовления анодов, применяемых в электролизе.

Гидрат двуокиси марганца, $MnO_2 \cdot aq$, в природе встречается в виде псиломелана. Получается он окислением Mn_2O_3, Mn_3O_4, $Mn(OH)_2$ и солей $Mn^{\cdot\cdot}$ различными окислителями (HNO_3, $HNO_3 + KClO_3$, хлором, солями хлорноватистой и бромноватистой к-т и др.), а также восстановлением раствора $KMnO_4$ (щавелевой к-той, $MnSO_4$ и др.). Можно перевести MnO_2 в гидрат, нагревая ее под давлением со щелочами [1]. $MnO_2 \cdot aq$ — рыхлый порошок темнобурого или черного цвета; уд. в. ок. 2,58; содержание в нем воды непостоянно и зависит от способа приготовления. При высушивании над H_2SO_4 гидрат теряет воду очень медленно; полного обезвоживания путем нагревания достигнуть не удается вследствие начинающегося разложения окисла. $MnO_2 \cdot aq$ обладает явно кислотными свойствами; с гидратами щелочных и щелочноземельных металлов образует манганиты—соединения типа Me_2MnO_3, где Me—одновалентный катион; из карбонатов $MnO_2 \cdot aq$ выделяет CO_2. Применяется в тех же случаях, как и безводная MnO_2, причем окислительные свойства у гидрата выражены сильнее. В последнее время разрабатываются способы использования $MnO_2 \cdot aq$ для очищения сернокислого алюминия от примеси железных солей ($FeSO_4$), с чем связана возможность производства чистых гидроокиси и сульфата алюминия из обыкновенных глин; метод основан на адсорбирующей способности $MnO_2 \cdot aq$.—Коллоидная двуокись марганца получается б. ч. из $KMnO_4$ действием органич. восстановителей (d-глюкозы, левулозы, галактозы, гуммиарабика) в разбавленных растворах едких щелочей или крепкого раствора аммиака (прибавляется по каплям к кипящему 0,05 *N* раствору $KMnO_4$), а также раствора перекиси водорода. $MnO_2 \cdot aq$, полученная при кипячении Mn_2O_3 и Mn_3O_4 с HNO_3, после удаления кислоты также легко переходит в коллоидальное состояние. Гидрозоль $MnO_2 \cdot aq$— прозрачная жидкость желтого или бурого цвета; большая часть электролитов (кроме $KMnO_4$) вызывает его коагуляцию.

Марганцовистый ангидрид, MnO_3. Существование этого окисла, равно как и его гидрата—свободной марганцовистой кислоты, H_2MnO_4,—нельзя считать вполне установленным.

Марганцевый ангидрид, семиокись марганца, Mn_2O_7, получается осторожным нагреванием до 60—70° полученного на холоду желтовато-зеленого раствора $KMnO_4$ в слегка разбавленной серной к-те (0,5 мол. H_2O на 1 мол. H_2SO_4) и конденсацией выделяющихся фиолетовых паров или осторожным растиранием смеси 25 — 50 *см*³ чистой

конц. H_2SO_4 с 25—50 *г* совершенно чистого $KMnO_4$ и отделением получающихся маслянистых капель. Mn_2O_7—густая зеленовато-черная (или желто-зеленая) маслянистая жидкость, уд. в. 2,4. Самопроизвольно разлагается на воздухе, выделяя сильно озонированный кислород,и обладает сильнейшими окислительными свойствами. При соприкосновении с Mn_2O_7 многие органич. вещества (бумага, спирт, эфир, светильный газ и т. д.) воспламеняются. При быстром нагревании до 45° (а иногда и при обыкновенной *t*°) Mn_2O_7 сильно взрывает.

Марганцевая кислота, $HMnO_4$, м.б. получена только в виде растворов не выше 20%-ной концентрации. При выпаривании раствора на холоду м. б. выделен твердый гидрат марганцевой к-ты, $HMnO_4 \cdot n H_2O$, в виде красновато-бурых кристаллов. Раствор $HMnO_4$ легко разлагается при стоянии или слабом нагревании, выделяя MnO_2; эта реакция используется иногда для получения препаратов MnO_2 с большой каталитической активностью. Марганцевая кислота в растворах сильно ионизирована и имеет характерный спектр поглощения (принадлежащий иону MnO_4') с 5 абсорбционными полосами в зеленой части.

Соли двувалентного Mn. Получаются при действии кислот на металлич. марганец, на карбонат $MnCO_3$ и на все окислы Mn, причем из высших окислов выделяется кислород, а в случае соляной к-ты—хлор. Большинство растворимых солей $Mn^{\cdot\cdot}$, независимо от содержания в них кристаллизационной воды (от 0 до 9 молекул),—светлорозового цвета; исключением является роданид марганца, $Mn(CNS)_2$, желтый в безводном состоянии, зеленый в виде гидрата и розовый в растворе. Нерастворимые соли $Mn^{\cdot\cdot}$—белого цвета; соли слабых к-т темнеют на воздухе вследствие окисления; соли сильных к-т на воздухе не изменяются. Большинство солей $Mn^{\cdot\cdot}$ хорошо растворимы в воде и образуют ряд кристаллогидратов; многие из них принимают участие в образовании двойных солей и комплексных соединений (благодаря образованию комплексных соединений аммиак при действии на растворы солей $Mn^{\cdot\cdot}$ в присутствии NH_4Cl не осаждает гидрата закиси марганца).

Ацетат марганца, уксуснокислый марганец, $Mn(C_2H_3O_2)_2 \cdot 4 H_2O$, получается действием уксуснокислого бария или свинца на $MnSO_4$. Герм. способ производства [2] состоит в нагревании при 80° пиролюзита с конц. уксусной к-той при постепенном добавлении ацетальдегида; последний, восстановляя MnO_2 до MnO, сам окисляется в уксусную к-ту, к-рая идет на образование ацетата. Ацетат Mn—постоянные на воздухе бледнокрасные таблички ромбич. или моноклинич. системы. Уд. вес четырехводной соли 1,589, безводной—1,745. Растворимость: 1 ч. в 3 ч. холодной воды и в 3,5 ч. спирта. Применяется в качестве сикатива, катализатора для кислородных ванн и каталитич. удобрения.

Бораты марганца, борнокислые соли Mn. Тетраборат марганца, $MnB_4O_7 \cdot 5 H_2O$, получают осаждением раствора 1 моля буры и 2 молей NaOH при помощи раствора 2 молей $MnCl_2$ и дальнейшим сплавлением полученного т. о. осадка [состава $MnH_4(BO_3)_2 \cdot H_2O$]с борной кислотой в количестве, необходимом для получения вещества с ф-лой $MnO \cdot 2B_2O_3$. Белый порошок; на воздухе постоянен. Метаборат марганца, $Mn(BO_2)_2 \cdot 2 H_2O$, получается путем взаимодействия раствора буры с какой-нибудь солью $Mn^{\cdot\cdot}$; белый порошок, нерастворимый в воде. Обыкновенный продажный борат марганца не представляет определенного соединения, содержит 37—41% B_2O_3 и 12—31% MnO. Для его получения обрабатывают раствор $MnCl_2$, остающийся от добывания хлора по способу Вельдона, сперва известковым молоком (для удаления Fe) и затем небольшим избытком буры при нагревании; к осадку прибавляют раствор аммиака (уд. веса 0,960), затем его отжимают, высушивают и просеивают. На воздухе продукт быстро окисляется и темнеет; чтобы помешать этому, к нему часто прибавляют $MnSO_4$, что однако ведет к образованию в дальнейшем сероводорода. Борат Mn находит широкое применение в качестве сикатива; применяется также в качестве катализатора в кислородных ваннах.

Хлористый марганец, $MnCl_2$, в технике получался гл. обр. из жидкости, остающейся от получения хлора действием HCl на MnO_2. По другому способу его приготовляют, растворяя марганцевую руду в HCl, выпаривая раствор, осторожно прокаливая остаток в тигле, извлекая его водою и сгущая полученный раствор до кристаллизации. Обычно в технике применяют тетрагидрат, $MnCl_2 \cdot 4H_2O$, — розовые гигроскопические расплывающиеся таблички уд. веса 1,913. При 100° тетрагидрат теряет 3 мол. воды, а при 200—230° начинает выделять хлор, не теряя остатка воды. В 100 ч. воды растворяется следующее количество соли:

при	8°	31,25°	62,5°	87,5°	106,25°
	151 ч.	265 ч.	641 ч.	641 ч.	656 ч.

Безводный $MnCl_2$—бледнорозовая кристалл. масса с $t°_{пл.}$ 650° и уд. в. $D^{25}=2{,}977$. В 100 ч. воды растворяется соли:

при	10°	31,25°	62,3°	87,5°	106,2°
	62,16 ч.	85,72 ч.	122,22 ч.	122,22 ч.	123,81 ч.

В соляной к-те $MnCl_2$ растворяется хуже, чем в воде; растворим в спирте, метиловом спирте и ацетоне; в эфире не растворяется. Легко образует двойные соли, как например $MnCl_2 \cdot 2 NH_4Cl \cdot H_2O$. Хлористый Mn применяется для окрашивания тканей в прочный коричневый цвет (марганцевый бистр), частью для изготовления других М. с., как каталитич. удобрение и т. д. Присутствие примесей сильно понижает технич. пригодность $MnCl_2$: напр. содержание более 1% $CaCl_2$ делает его непригодным для ситцепечатания.

Карбонат марганца, углекислый марганец, $MnCO_3$. Встречается в природе в виде марганцевого шпата; искусственно получается осаждением из раствора $MnCl_2$ содой. Белоснежный тонкий порошок уд. веса 3,13; на воздухе не изменяется. Всегда содержит большее или меньшее количество воды, к-рую начинает терять при 70°. Разлагается при 250—300° с образованием MnO, а затем Mn_2O_3; при сильном прокаливании образует Mn_3O_4. Очень плохо растворим в

воде (1 : 7 680). Применяется как белая краска, а также служит для приготовления других М. с.

Линолеат марганца, $Mn(C_{18}H_{31}O_2)_2$ (часто ошибочно называется олеатом марганца). Получается нагреванием льняного масла с MnO_2 или с боратом Mn, а также при помощи осаждения раствором $MnCl_2$ (60 вес. ч. на 150—200 вес. ч. воды) прозрачного мыльного раствора, приготовляемого нагреванием 100 ч. льняного масла с 15 ч. 70%-ного раствора NaOH, разбавленного 150—225 ч. воды; выпадающий осадок многократно промывается. Линолеат Mn—аморфная масса, не поддающаяся превращению в порошок. Продажный продукт часто содержит примесь резината Mn. Употребляется как сикатив.

Нитрат марганца, азотнокислый марганец, $Mn(NO_3)_2 \cdot 6\,H_2O$. Приготовляется растворением $MnCO_3$ или $Mn(OH)_2$ в HNO_3 или при помощи обработки пиролюзита азотной кислотой в присутствии органических восстановителей (щавелевой кислоты, сахара и т. п.). Бесцветные, исчерченные, расплывающиеся кристаллы моноклинич. системы, уд. в. 1,8199, растворимые в воде и в спирте. При легком нагревании плавится; кипит при 129,5°, разлагаясь с выделением окислов азота и Mn_2O_3; в безводном состоянии образует мелкие кристаллы, разлагающиеся при 160—200°. Применяется для изготовления красок для фарфора, при фабрикации анодов из MnO_2 и как каталитич. удобрение.

Оксалат марганца, щавелевокислый марганец, MnC_2O_4. В бигидратной форме, $MnC_2O_4 \cdot 2\,H_2O$, он получается из суспензии свежеприготовленного $MnCO_3$ в горячей воде прибавлением щавелевой к-ты до кислой реакции. Порошок белого цвета, состоящий из плоских октаэдров, обнаруживающих во влажном состоянии довольно сильную флуоресценцию; постоянен на воздухе. В 1 *л* воды растворяется при 25° 0,312 *г*; присутствие оксалата аммония повышает растворимость. Безводный MnC_2O_4 окрашен в розовый цвет; уд. в. 2,4. Бигидрат применяется как превосходный сикатив.

Резинат марганца, смолянокислый марганец. В технике применяется 2 вида резинатов: осажденные и сплавленные. Осажденный резинат марганца приготовляется действием горячего раствора $MnCl_2$ (14,5° Bé) на жидкость, получаемую кипячением смеси канифоли, едкого натра (25° Bé) и воды; осадок отделяют от жидкости, промывают, прессуют, высушивают и измельчают. Осажденный резинат—рыхлый порошок телесного цвета, растворимый в хлороформе, горячем льняном масле и скипидаре. Сплавленный резинат Mn получают сплавлением обезвоженной канифоли с MnO_2 или же с $Mn(OH)_2$; поступает в продажу в виде кусков буровато-черного цвета. Резинаты Mn применяются в качестве ценных сикативов.

Сульфат марганца, сернокислая закисная соль марганца, $MnSO_4 \cdot n\,H_2O$ (n = = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 7). Встречается в природе в виде маллардита, с 7 мол. воды, и эцмикита (шмикита), с 1 мол. воды. Получается б. ч. из природной MnO_2. Получение чистого продукта (свободного от солей Fe и др. примесей) достигается лучше всего прокаливанием MnO_2 с порошком каменного угля (в пропорции 1 : 10), растворением полученного продукта в H_2SO_4 с добавлением небольшого количества HCl, выпариванием, осторожным прокаливанием для удаления $FeSO_4$, выщелачиванием водой и кристаллизацией. Применяются также способы обработки MnO_2 сперва азотной, а потом серной кислотой или прокаливание пиролюзита с безводным $FeSO_4$. Пентагидрат, $MnSO_4 \cdot 5\,H_2O$, кристаллизирующийся при $t°$ 7—20°, образует бледнорозовые кристаллы триклинич. системы; выше 20° кристаллизуется $MnSO_4 \cdot 4\,H_2O$ — большие светлорозовые моноклинич. призмы; $MnSO_4 \cdot 7\,H_2O$ выпадает из концентрированного раствора между −4° и +6°; $MnSO_4 \cdot 3\,H_2O$ выпадает вместе с $MnSO_4 \cdot 4\,H_2O$ из кипящего раствора; $MnSO_4 \cdot 2\,H_2O$ получается при плавлении $MnSO_4 \cdot 4\,H_2O$ или кипячением этой соли со спиртом; при $t°$ ок. 200° перечисленные кристаллогидраты переходят в моногидрат $MnSO_4 \cdot H_2O$. Безводный $MnSO_4$ получается нагреванием водных форм до постоянного веса при 280° и имеет вид хрупкой массы с $t°_{пл.}$ 700°, уд. в. 3,282, при сильном накаливании превращающийся в Mn_3O_4. Безводная соль гигроскопична и на воздухе постепенно переходит в $MnSO_4 \cdot 3\,H_2O$; в воде хорошо растворяется (1 ч. на 0,79 ч. холодной и на 1,7 ч. горячей воды); в спирте нерастворима. Растворимость $MnSO_4 \cdot 4\,H_2O$ в воде (на 100 ч.):

при	10°	37,5°	75°	101°
	127 ч.	149 ч.	145 ч.	92 ч.

$MnSO_4$ легко образует двойные соли, например: $K_2SO_4 \cdot MnSO_4 \cdot 6\,H_2O$; $MnSO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24\,H_2O$ и т. д. Сульфат Mn (главн. обр. кристаллогидраты с 5, 4 и 7 мол. воды) широко применяется в крашении и ситцепечатании, а также для приготовления других М. с., в качестве сикатива и каталитич. удобрения. Чистота продукта во многих случаях имеет большое значение (напр. в красильном деле необходимо отсутствие соединений Fe).

Сульфид марганца, сернистый марганец, MnS. В природе встречается в виде алабандина, марганцевой обманки, марганцевого блеска. Искусственно м. б. получен в модификациях розовато-желтого (телесного) и зеленого цвета. Розовое видоизменение получается действием H_2S или сернистого аммония на щелочный раствор соли $Mn^{\cdot\cdot}$; зеленый MnS—действием сернистого аммония на кипящий раствор соли $Mn^{\cdot\cdot}$. Присутствие MnS сообщает *светящимся составам* (см.) с основой из сернистого цинка способность давать искристую люминесценцию при встряхивании в темноте.

Хромат марганца, $MnCrO_4$ — см. *Хрома соединения* и *Марганцевые краски*.

Соли трехвалентного Mn. Соли $Mn^{\cdot\cdot\cdot}$ образуются при действии HCl и H_2SO_4 на холоду на окислы: Mn_2O_3, Mn_3O_4 и MnO_2. Очень непрочны и в большинстве случаев могут существовать только при низких $t°$; при повышении $t°$ разлагаются; под действием воды они испытывают почти полное гидролитич. расщепление. Известны двойные и комплексные соли этого ряда, несколько более устойчивые, чем простые соли $Mn^{\cdot\cdot\cdot}$.

Соли четырехвалентного Mn. Соли Mn^{IV} чрезвычайно непрочны и едва известны. Только нек-рые соединения, в состав к-рых четырехвалентный Mn входит как часть аниона (т. н. манганиты, напр. $CaMnO_3$), значительно более постоянны. Существование тетрагалогенидов марганца, как $MnCl_4$ и MnF_4, нельзя считать вполне доказанным; однако известны соответствующие им комплексные соединения, которые м. б. также рассматриваемы как соли кислот H_2MnCl_6 и H_2MnF_6. К соединениям Mn^{IV} относятся также: кислый арсенат марганца, $Mn(H_2AsO_4)_4$, довольно устойчивый в растворах, дисульфид марганца, MnS_2, встречающийся в природе в виде гауерита, и манганиты кальция ($CaMnO_3$ и $CaMn_2O_5$), образующиеся при смешивании гашеной извести с раствором $MnCl_2$ и продувании через эту смесь воздуха. Все манганиты являются солями гипотетических кислот состава H_2MnO_3 (или $H_2O \cdot MnO_2$), H_4MnO_4 (или $2H_2O \cdot MnO_2$) и $H_2Mn_2O_5$ (или $H_2O \cdot 2MnO_2$); окислы Mn_2O_3 и Mn_3O_4 также иногда рассматриваются как марганцевые соли этих к-т: $MnMnO_3$ (или $MnO \cdot MnO_2$) и Mn_2MnO_4 (или $2MnO \cdot MnO_2$).

Соли марганцовистой кислоты, манганаты. Эти соли получаются сплавлением окислов Mn или его солей со щелочами и щелочными солями в присутствии воздуха или каких-нибудь окислителей, напр.:

$$2Me_2CO_3 + 2MnO_2 + O_2 = 2Me_2MnO_4 + 2CO_2.$$
манганат

Манганаты могут существовать лишь в присутствии свободной щелочи; прибавление кислот, даже слабых, или избытка воды ведет к быстрому гидролизу соли, сопровождаемому переменой валентности Mn, в результате чего получаются щелочь, MnO_2 и соль марганцевой к-ты.

Манганат бария, марганцовистокислый барий, $BaMnO_4$. Получается слабым прокаливанием MnO_2 с $Ba(OH)_2$ или же с $BaCO_3 + Ba(NO_3)_2$ (последняя соль служит окислителем). Изумрудно-зеленый микрокристаллич. порошок, уд. в. 4,85, нерастворимый в воде. Применялся как краска под названием кассельской, марганцевой или баритовой зелени, заменявшей более ядовитую швейнфуртскую зелень.

Манганат калия, марганцовистокислый калий, «минеральный хамелеон», K_2MnO_4. Образуется при сплавлении MnO_2 и KOH в присутствии окислителей или при хорошем доступе воздуха. Сплав, содержащий K_2MnO_4, получается в качестве промежуточного продукта при производстве перманганата калия. Тонкоизмельченная порошкообразная MnO_2 сплавляется в котлах с едким кали крепостью в 50° Bé, причем массу тщательно перемешивают во избежание спекания в комья; наиболее благоприятная $t° = 250°$; процесс длится 10—12 час. В результате этой плавки значительная часть Mn остается неокисленной; поэтому после измельчения плава на шаровых мельницах производится его «обогащение» в особых снабженных мешалками котлах, где порошкообразная масса подвергается продувке горячим воздухом. При употреблении для этой цели специальных печей Шютца процесс обогащения заканчивается в 2—3 часа. При фабрикации $KMnO_4$ полученный по описанному способу продукт подвергается дальнейшей переработке (см. ниже перманганат калия). При растворении содержащего $KMnO_4$ плава в воде получается жидкость темнозеленого цвета, из которой при испарении в вакууме выделяются зеленые призматич. кристаллы безводной соли K_2MnO_4. В отсутствии избытка щелочи раствор K_2MnO_4, особенно в разбавленном состоянии, при соприкосновении с воздухом постепенно изменяет свой цвет из зеленого в малиновый, вследствие чего K_2MnO_4 и был назван минеральным хамелеоном; при этом происходит образование $KMnO_4$ и выпадение MnO_2. При действии перегретого водяного пара K_2MnO_4 образует Mn_2O_3, KOH и свободный кислород, а при нагревании твердого остатка в струе воздуха он вновь переходит в K_2MnO_4; этот процесс предлагался как способ технич. получения кислорода. K_2MnO_4 является довольно сильным окислителем.

Манганат натрия, марганцовистокислый натрий, Na_2MnO_4. Получается в технике путем сплавления 1 ч. пиролюзита, содержащего ок. 40% Mn, с 1,44 ч. NaOH или с 1,1 ч. NaOH + 0,4 ч. KNO_3:

$$2KNO_3 + 2MnO_2 + 4NaOH = 2Na_2MnO_4 + 2KNO_2 + 2H_2O.$$

Сплавление производится в муфельной печи, нагреваемой (если процесс ведется без селитры) перед наполнением до 450°. Затем $t°$ постепенно повышают до 500° и поддерживают на этом уровне 8 час. Охлажденный продукт (содержащий ок. 28% манганата) идет непосредственно для практич. применения (см. также ниже—перманганат натрия). Из водного раствора соли м. б. выделены темнозеленые кристаллы состава $Na_2MnO_4 \cdot 10H_2O$. Получаемый вышеуказанным способом сырой продукт отличается дешевизной и применяется в качестве дезинфекционного средства, в цианистом процессе извлечения золота, а также в различных окислительных процессах лабораторной и производственной практики.

Соли марганцевой кислоты, перманганаты. Эти соли получаются способами, сходными со способами получения манганатов. Наибольшее значение в технике имеют способы, сводящиеся к гидролизу предварительно полученных манганатов. В последнее время преимущественное значение приобрели электролитич. методы получения перманганатов из растворов манганатов. Все перманганаты в твердом виде—темно-фиолетовые кристаллы, дающие интенсивно окрашенные малиново-красные или фиолетовые растворы; почти все они (за исключением $AgMnO_4$) хорошо растворимы в воде. В химич. отношении перманганаты характеризуются как весьма энергичные окислители. Выделение из них кислорода происходит уже при нагревании сухой соли, напр.

$$2KMnO_4 = K_2MnO_4 + MnO_2 + O_2.$$

Окисление перманганатами в растворах протекает в кислой и щелочной среде различно. В присутствии щелочи сначала выделяется 1 атом кислорода из каждых 2 молекул перманганата, напр.:

$$2KMnO_4 + 2KOH = 2K_2MnO_4 + H_2O + O,$$

затем образовавшийся манганат в свою очередь разлагается:

$$2K_2MnO_4 + 2H_2O = 2MnO_2 + 4KOH + 2O.$$

Окончательно окислительное действие перманганата в щелочном (а также в нейтральном) растворе отвечает следующему ур-ию:

$$2KMnO_4 + H_2O = 2MnO_2 + 2KOH + 3O,$$

т. е. 2 мол. перманганата отдают 3 атома кислорода. Окисление перманганатом в кислой среде м. б. изображено напр. следующим образом:

$$2KMnO_4 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HMnO_4;$$
$$2HMnO_4 + 2H_2SO_4 = 2MnSO_4 + 3H_2O + 5O$$

или окончательно:

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O + 5O,$$

т. е. 2 мол. перманганата отдают 5 атомов кислорода. Перманганаты находят широкое применение как окислители в самых разнообразных лабораторных и производственных процессах.

Перманганат алюминия, марганцевокислый алюминий, $Al(MnO_4)_3$. Приготовляется действием 53 частей $KMnO_4$ при нагревании на 1 000 ч. раствора, содержащего $^1/_3$ $Al_2(SO_4)_3$ по весу. После охлаждения выкристаллизовываются алюминиевые квасцы, от к-рых декантацией отделяется раствор, содержащий перманганат алюминия и значительное количество $Al_2(SO_4)_3$. Этот раствор употребляется непосредственно для дезинфекции и других целей. При окислительных реакциях перманганат Al отдает ~$^5/_7$ своего кислорода.

Перманганат калия, марганцевокислый калий (иногда неправильно называется хамелеоном), $KMnO_4$. Для получения его было предложено много способов. Совершенно чистый $KMnO_4$ м. б. получен: а) путем выпаривания досуха смеси 8 ч. MnO_2 и 7 ч. $KClO_3$ с крепким раствором 10 ч. KOH, измельчения полученной массы, нагревания порошка ок. 1 ч. при темнокрасном калении до полного разложения $KClO_3$, извлечения темнозеленого плава кипящей водой при кипячении, фильтрования раствора через асбест и быстрого выпаривания до кристаллизации или б) электролизом раствора щелочи с анодом из ферромарганца. Технически $KMnO_4$ получается б. ч. из манганата K_2MnO_4. Превращение последнего в перманганат м. б. достигнуто действием хлора:

$$2K_2MnO_4 + Cl_2 = 2KCl + 2KMnO_4.$$

Действие сульфата магния на K_2MnO_4 также приводит к образованию перманганата:

$$3K_2MnO_4 + 2MgSO_4 + 2H_2O = 2KMnO_4 + 2K_2SO_4 + 2Mg(OH)_2 + MnO_2.$$

До недавнего времени на з-дах предпочитался способ обработки раствора манганата, полученного по описанному выше методу (см. выше—манганат калия), углекислым газом при $t°$ 40—60°. В настоящее время в крупных производствах применяются исключительно электролитич. способы получения перманганата из раствора манганата; из них наибольшее распространение получает бездиафрагменный способ Э. Шютца [3]. Согласно этому способу плав, содержащий манганат калия, растворяется при 40° в жидкости, представляющей профильтрованные остатки от предыдущего электролиза, разбавленные промывными водами от промывания кристаллов; ее крепость должна составлять 25° Bé. Растворение производится в сосудах с мешалками. В раствор переходят K_2MnO_4 и KOH, причем выделяется некоторое количество «регенерированной» MnO_2, которая отделяется декантацией. Раствор с уд. в. около 1,4 фильтруется и подвергается электролизу в цилиндрич. железных ваннах с конич. дном, снабженным спускными кранами. Внутри ванн находятся приспособления для перемешивания электролита, а также никелевые аноды и железные катоды, поддерживаемые стеклянными изоляторами, прикрепленными ко дну ванны на цементе. Каждая ванна вмещает 960 *л* жидкости (до уровня 20 *см* от ее верхнего края). Темп-ра электролиза 30—60°, плотность тока 30—40 А/*дм*^{2} при напряжении 25—27 V. Процесс продолжается 10—11 ч. и идет по ур-ию:

$$2K_2MnO_4 + 2H_2O = 2KMnO_4 + 2KOH + H_2.$$

О его окончании судят по цвету пробы, взятой на стекло. Для месячной продукции ок. 10 *т* $KMnO_4$ необходимо иметь 16 ванн. В качестве побочного продукта при электролизе образуется нек-рое количество MnO_2, к-рую необходимо периодически тщательно удалять, т. к. она каталитически ускоряет разложение манганата и перманганата. Вся смесь, получаемая в результате электролиза, переводится в кристаллизационные чаны и охлаждается водой или водой со льдом; выделившиеся кристаллы перманганата отделяются от маточного рассола центрифугированием, промываются малым количеством холодной воды, высушиваются в вакууме и пропускаются через шаровую мельницу. Полученный продукт содержит 99% $KMnO_4$. Маточный рассол снова идет в производство, а по накоплении в нем значительных количеств карбонатов подвергается каустизации, для чего его сгущают выпариванием до уд. в. 1,32, отделяют от выпавших перманганата, манганата и MnO_2; затем разбавляют до уд. в. 1,1, обрабатывают едким кали и снова сгущают до уд. в. 1,5. Перманганат калия—хорошо образованные красно-фиолетовые, почти черные ромбич. призмы с зеленоватым металлич. блеском; уд. в. 2,71. Растворимость (в 100 ч. воды):

при	−0,58°	4°	10°	20°	30°	40°	60°	70°	75°
	3,0	3,36	4,4	6,51	9,06	12,53	21,99	28,6	32,35

Раствор $KMnO_4$ в воде нейтрален: окраска его еще видна (в слое в 20 *см*) при 1 ч. соли в 500 000 ч. воды. $KMnO_4$ растворяется также в ацетоне, уксусной к-те, пиридине, метиловом спирте. $KMnO_4$—один из сильнейших и наиболее употребительных окислителей. При нагревании до 200—240° он выделяет кислород, сильно разогреваясь; при растирании его с серой или фосфором происходит взрыв; многие органич. соединения воспламеняются им при нагревании, а некоторые (напр. глицерин)—и при обыкновенной $t°$. Не вполне чистые растворы $KMnO_4$ постепенно разлагаются (особенно на свету) с выделением $MnO_2 \cdot aq$; поэтому их следует хранить в сосудах из темного стекла со стеклянными пробками. Растворы $KMnO_4$ разрушают бумагу и ткани; поэтому их филь-

труют через асбест или стеклянную вату. Концентр. HCl окисляется перманганатом на холоду, разбавленная—при нагревании, с выделением хлора (удобный лабораторный способ получения хлора). Раствор $KMnO_4$, особенно подкисленный, быстро восстанавливается сернистой кислотой и ее солями, закисными солями железа и другими восстановителями, причем получаются соли $Mn^{\cdot\cdot}$. Цинк, железо, свинец, ртуть и многие другие металлы б. или м. быстро окисляются растворами $KMnO_4$. На окислительной способности $KMnO_4$ основаны почти все случаи его практич. применения. В виду того что реакции окисления им протекают строго количественно и сопровождаются резким изменением окраски раствора, $KMnO_4$ применяется в количественном (объемном) и качественном хим. анализе. В препаративных и производственных химич. процессах применение $KMnO_4$ как окислителя весьма разнообразно. Он употребляется в органич. синтезах, при изготовлении сахарина, в цианистом процессе извлечения золота, для отбелки и обесцвечивания волокнистых материалов, эфирных масел, жиров и восков, для очистки газов, в ситцепечатании, для окрашивания дерева в коричневый цвет, в составе смесей для фотографич. вспышек, в медицине и санитарии как стерилизующее средство и т. д.

Хороший препарат перманганата калия должен удовлетворять следующим требованиям. 1) 0,5 *г* $KMnO_4$ должны давать бесцветный фильтрат после кипячения со смесью 2 *см*³ винного спирта и 25 *см*³ воды; этот фильтрат после прибавления 2 *см*³ HNO_3 (уд. в. 1,153) должен давать в крайнем случае только слабую муть с $Ba(NO_3)_2$ и с $AgNO_3$ (проба на сульфаты и хлориды). 2) Если в раствор 0,5 *г* $KMnO_4$ в 5 *см*³ воды, нагретый до 50—60°, постепенно ввести 1 *г* кристаллич. щавелевой кислоты, то смесь 2 *см*³ профильтрованного раствора с 2 *см*³ серной к-ты при соприкосновении с раствором $FeSO_4$ не должна давать темного кольца (проба на нитраты). 3) Нагрев 2 *г* $KMnO_4$ в платиновом тигле, вносят кусочки парафина до тех пор, пока не перестанут происходить вспышки; охлажденный остаток выщелачивают водой, фильтруют и бесцветный фильтрат обрабатывают 5 *см*³ азотной кислоты (уд. веса 1,153). После прибавления раствора $AgNO_3$ жидкость должна оставаться прозрачной или обнаруживать только слабую опалесценцию (проба на хлораты).

Перманганат кальция, марганцевокислый кальций, $Ca(MnO_4)_2 \cdot 5H_2O$,—см. *Кальция соединения*.

Перманганат натрия, марганцевокислый натрий, $NaMnO_4 \cdot 3H_2O$. Вследствие технич. затруднений, встречающихся при изготовлении этой соли в чистом виде, ее получают б. ч. в смеси с манганатом. Способы получения в общих чертах сводятся к нагреванию MnO_2 со смесью едкого натра с бертолетовой солью или селитрой и к извлечению смеси манганата и перманганата натрия водой. Обыкновенно смесь манганата и перманганата натрия приготовляют, сплавляя MnO_2 с каустической содой в течение 48 ч. при $t°$ темнокрасного каления; полученная масса выщелачивается водой, декантируется, и раствор окисляется до требуемой концентрации $NaMnO_4$. При необходимости получить продукт, состоящий из одного перманганата, маточный раствор обрабатывается H_2SO_4 и выпаривается до выделения кристаллов Na_2SO_4. Перманганат натрия—расплывчатые, легко растворимые в воде кристаллы; по своим свойствам он очень похож на перманганат калия и может применяться в тех же случаях, как и последний. Однако трудность получения в чистом виде препятствует его технич. применению в широких размерах.

Соединения Mn неопределенной валентности. Сюда относятся след.: антимониды марганца, MnSb и $MnSb_2$, а также Mn_2Sb и Mn_3Sb_2; арсениды марганца—Mn_2As (наиболее устойчивый), Mn_3As_2 и MnAs (устойчив только в пределах 400—450°); бориды марганца—MnB и может быть MnB_2; карбид марганца, Mn_3C; нитриды марганца—Mn_3N_2, Mn_5N_2 и м. б. Mn_7N_2; силициды марганца—Mn_2Si, MnSi, $MnSi_2$ и м. б. Mn_3Si_2; фосфиды марганца—Mn_5P_2, Mn_3P_2 и MnP. Большинство перечисленных соединений обладает магнитными свойствами; технич. значения они пока не имеют.

Аналитическое определение Mn в М. с. Качественные реакции. 1) При сплавлении М. с. с содой и селитрой образуется сплав зеленого цвета (чувствительность—0,005 *мг* Mn). 2) Перл сплавленной фосфорнокислой соли или буры в присутствии М. с. окрашивается в окислительном пламени в аметистовый цвет; в восстановительном пламени происходит обесцвечивание. 3) Разбавленный раствор соли Mn после окисления азотной к-той при кипячении и прибавления PbO_2 приобретает красно-фиолетовую окраску, вследствие образования $HMnO_4$ (чувствительность—0,002 *мг* Mn; хлористые соли мешают реакции). 4) Для открытия очень малых количеств Mn в почве, минералах, золе растений и животных и т. п. реакция (3) видоизменяется т. о., что окислителем, вместо PbO_2, служит персульфат аммония в присутствии 1 капли раствора $Co(NO_3)_2$. 5) Очень чувствительным реактивом на М. с. (в отсутствии Cu и Pb) является тетрафенилдиаминодифенилметан, дающий после сплавления пробы с NaOH и подкисления уксусной к-той при нагревании синее окрашивание. 6) Соли $Mn^{\cdot\cdot}$ м. б. открыты в 0,0001 *N* растворе по красному окрашиванию с 0,1 *N* раствором KJO_4. 7) Манганаты и перманганаты легко открываются благодаря их способности менять цвет при окислительных и восстановительных реакциях.

Количественное определение. Весовое определение Mn производится обыкновенно путем перевода его соединений в Mn_3O_4: отделенный от других металлов Mn осаждают содой при кипячении, осадок $MnCO_3$ прокаливают и взвешивают. Объемный метод, годный для определения небольших количеств Mn (при отсутствии хлоридов), заключается в окислении пробы при помощи $PbO_2 + HNO_3$, удалении Pb в виде $PbSO_4$ и горячем титровании Mn раствором щавелевой к-ты (или раствором мышьяковистокислого натрия, или перекисью водорода). Удобный способ объемного определения Mn, предложенный Фольгардом и Вольфом, основан на том, что соли Mn в присутствии ZnO количественно окисляются перманганатом в MnO_2 и переводятся ZnO в манганит цинка:

$$3MnCl_2 + 2KMnO_4 + 2H_2O = 2KCl + 4HCl + 5MnO_2$$

или схематически:

$$3MnO + Mn_2O_7 = 5MnO_2.$$

Согласно варианту метода, предложенному Фишером, исследуемая руда или сплав (1 *г*) растворяется в царской водке, выпаривается почти досуха; остаток растворяют в 300 *см*³ воды, смешивают с эмульсией окиси цинка и доводят до 1 *л*. Отобрав 100 *см*³ раствора, разбавляют до 500 *см*³, вносят 10 ч. $ZnSO_4$ и нагревают до кипения; затем прибавляют 1 ч. свежепрокаленной окиси цинка и титруют 0,1 *N* раствором $KMnO_4$ при кипячении до покраснения раствора; после этого прибавляют 1 *см*³ уксусной кислоты (причем окраска исчезает) и титрование перманганатом медленно доводят до конца в горячем, но не кипящем растворе.

Оценка пиролюзита в смысле содержания деятельного кислорода производится след. обр.: измельченная проба пиролюзита просеивается и высушивается до постоянного веса при 105°; из нее отвешивают 5 *г* и нагревают их с 50 *см*³ титрованного раствора $FeSO_4$ до растворения; раствор разбавляют примерно до 150 *см*³ и избыток Fe оттитровывают перманганатом.

Лит.: 1) Г. П. 195524; 2) Г. П. 327086/1919; 3) «Z. angew. Ch.», 1911, *24*, p. 1628, 1630; «J. Ch. I.», 1911, *30*, p. 1157.—Менделеев Д. И., Основы химии, 9 изд., т. 2, гл. 21 и добавления к ней, М.—Л., 1928; Меншуткин Б. Н., Курс общей (неорганич.)

химии, гл. 21, М., 1924; Остг., Химич. технология, пер. с нем., вып. 2 и 4, Л., 1927; Смит А., Введение в неорганич. химию, пер. с англ., вып. 2, М.—Л., 1929; Цинберг С. Л., Руководство по химич. анализу в металлургич. производстве, Л., 1929; Ullmann's Enzyklopädie, B. VIII, p. 9—25; Kato J. a. Matsuhusi T., «Journ. Soc. Chem. Ind. of Japan», 1929, v. 32, *11* (получение MnO_2); Ephraim F., Anorgan. Chemie, 4 Aufl., Dresden—Leipzig, 1929; Thorpe E., A Dictionary of Applied Chemistry, vol. 4, p. 210—218, London, 1928; Handb. d. anorgan. Chemie, hrsg. v. R. Abegg und Fr. Auerbach, B. 2, Abt. 2, Leipzig, 1922; Gmelin-Kraut, Handb. d. anorgan. Chemie, Heidelberg, 1905—16. **В. Горшешников.**

МАРГАНЦЕВЫЕ КРАСКИ вырабатываются из солей закиси и окиси марганца в смеси с углекислыми солями натрия, бария и фосфорной кислоты. Цвет красок получается белый, зеленый, коричневый и черный в зависимости от тех соединений, с к-рыми соли марганца вступают в реакцию.

Марганцевая белая, углекислый марганец, $MnCO_3$, получается из растворов $MnCl_2$ и Na_2CO_3; нежный белый порошок, уд. в. 3,13. Чисто белый осадок выпадает лишь только в том случае, если к раствору $MnCl_2$ прибавить сначала небольшое количество Na_2CO_3 для удаления примеси железа, к-рая придает белому осадку грязноватый тон. После отстаивания и отделения осадка к жидкости приливают остальное количество соды (избегая ее избытка) и получают осадок совершенно белого цвета. Высушенный и промытый осадок идет как масляная и акварельная белая краска в живописи.

Марганцевая коричневая, марганцевый бистр, вырабатывается из природной желтой железной руды, содержащей до 30% перекиси марганца. На красочные з-ды масса доставляется в сыром виде, где ее высушивают и обжигают, причем в зависимости от $t°$ обжига и чистоты исходного материала получаются различные сорта по тону и качеству краски. Марганцевый бистр приготовляется также и искусственным путем (см. *Бистр*). Марганцевая коричневая имеет применение в обойном и типографском деле, в живописи, при приготовлении темных олиф, а также в крашении тканей (см. *Крашение* **минеральными красками**). При приемке М. к. исследуют на цвет и кроющую способность. При кипячении проба краски с соляной кислотой не должна обнаруживать шипения, что указывает на примесь мела, а при нагревании со щелочью не должна окрашиваться в бурый цвет.

Марганцевая зеленая, манганат бария—см. *Марганца соединения*. Существует несколько способов ее приготовления, каждому из них соответствует определенный оттенок и определенная стойкость к атмосферным влияниям. На красочных з-дах марганцевую зелень получают из 14 ч. окиси марганца, 80 ч. азотнокислого бария и 80 ч. тяжелого шпата. Нагрев ведут до тех пор, пока не получится желаемый тон; затем массу подвергают размолу, промывают и сушат. Высшие сорта марганцевой зелени получают по двум способам: Розенштиля и Беттера. Первый способ состоит в быстром смешивании 4 ч. едкого бария и 2 ч. азотнокислого бария с 0,5 ч. окиси марганца. Смесь слегка смачивают водой, после чего нагревают до темнокрасного каления. Расплавленную массу бросают в воду, выщелачивают и затем сушат в особых аппаратах в присутствии едкой щелочи, что способствует получению продукта, свободного от углекислоты, красивого зеленого цвета. При этом способе надо иметь в виду, что, чем больше было взято сухого бария, тем ярче получается оттенок краски. Для получения темнозеленого тона краски осадок варят со слабой HCl. Способ Бетгера состоит в прокаливании смеси $MnCl_2$ с 2 ч. перекиси марганца. Оба вещества смешивают в хорошо истертом виде и смесь нагревают до плавления, после чего ее обрабатывают водой. Полученный раствор смешивают с раствором соли бария. Образующийся осадок имеет фиолетовый тон; его промывают, сушат и растирают с 1 частью едкого натра. Смесь медленно нагревают до красного каления—до приобретения зеленого цвета. Процесс надо вести медленно, т. к. в противном случае начнет выделяться хлор и осаждаться перекись марганца, придавая краске черный цвет. Применяется марганцевая зеленая гл. обр. в живописи, так как она очень стойка и красива. В торговле под видом марганцевой зелени продается краска, к-рая вырабатывается из сернокислого марганца и углекислого натрия. Осадок прокаливают в тигле без доступа воздуха, что достигается опусканием тигля со смесью в другой тигель, наполненный мелким древесным углем. Краска по цвету и стойкости хуже манганата бария, но дешевле. Применяется она для окраски металлов.

Марганцевая фиолетовая получается плавлением перекиси марганца с фосфорной к-той; состав ее точно не определен, вероятнее всего—метафосфат марганца. Расплавленную массу выварывают в растворе углекислого аммония и, отфильтровав осадок, вновь прокаливают; после промывки получают осадок красно-фиолетового цвета. Если хотят получить краску с голубоватым оттенком, то при первой плавке прибавляют небольшое количество соли окиси железа. Марганцевая фиолетовая имеет незначительное применение как малярная краска в живописи. Марганец входит также в состав *умбры* (см.). **С. Михайлов.**

Лит.: см. *Краски минеральные*.

МАРГАНЦЕВЫЕ РУДЫ широко распространены в природе и встречаются во многих странах в месторождениях осадочного характера—пластовых, жильных, гнездовых и россыпных. Месторождения промышленного значения однако не столь многочисленны. Минералы, содержащие марганец, приведены ниже в таблице.

Главнейшими минералами, образующими залежи М. р., являются следующие: *пиролюзит* (см.), манганит, браунит, псиломелан, родохрозит, *родонит* (см.), *вад* (см.), полланит, *гаусманит* (см.), гауерит, марганцевый блеск.

М. р. в большинстве месторождений залегают совместно с минералами, образующими железные руды, и потому, в зависимости от количественного содержания и преобладания в руде железа или марганца, нередки переходные стадии в виде руд железомарганцевых и марганцево-железных. Минералы, содержащие марганец, служащие для извлечения содержащихся в них сереб-

Минералы, содержащие марганец.

Минералы	Крист. сист.	Состав	Mn, %	Тверд.	Уд. вес
Марганцевый блеск (алабандин)	Куб.	MnS	63,2	3,5—4	3,9—4,1
Гауерит	»	MnS_2	46,1	4	3,5
Канеит	(?)	Mn_mAs_n	(?)	5 (?)	5,5
Манганозит	Куб.	MnO	77,5	5—6	5,2
Браунит	Тетр.	Mn_2O_3	69,6	6—6,5	4,7—4,9
Пиролюзит (черный марганец)	Ромб.	MnO_2	63,2	2—2,5	4,8—5
Полианит	Тетр.	MnO_2	63,2	6,0—6,5	4,8—5,0
Гаусманит	»	Mn_3O_4	72,0	5—5,5	4,7—4,8
Якобсит	Куб.	$MnO(Fe_2, Mn_2)O_3$	16,6—21,5	6	4,7
Франклинит	»	$(Zn, Fe, Mn)(Fe_2, Mn_2)O_4$	5,4—13,4	6,0—6,5	5,0—5,1
Креднерит	Моноокл.	$2Mn_2O_3 \cdot 3CuO$	39,7	4,5	5,0
Пирохроит	Гекс. (Триг.)	$MnO \cdot H_2O$	61,8	2,5	3,3
Манганобрусит	Гекс.	$(Mg, Mn)O \cdot H_2O$	~10	—	—
Манганит	Ромб.	$Mn_2O_3 \cdot H_2O$	60,4	4	4,2—4,4
Халькофанит	Гекс.	$(Mn, Zn)O \cdot 2MnO_2 \cdot 2H_2O$	—	2,5	3,9
Псиломелан	—	$4MnO_2 \cdot RO \cdot H_2O$ *1	49,2—62,9	5—6	4,1—4,3
Вад	—	$MnO_2(Mn, R)O \cdot xH_2O$ *2	—	1—3	2,3—3,7
Марганцевый шпат (родохрозит)	Гекс. (Триг.)	$MnCO_3$	47,8	3,5—4,5	3,3—3,6
Манганокальцит	Ромб.	$MnCO_3(Ca, Mg)CO_3$	32,3	4—5	3,0
Илезит	—	$(Mn, Fe, Zn)SO_4 \cdot 4H_2O$	17,9	—	—
Фозерит	Ромб.	$(Mn, Mg)SO_4 \cdot 5H_2O$	15,2—15,5	2—2,5	1,8
Маллардит	Монокл.	$MnSO_4 \cdot 7H_2O$	19,8	—	—
Гюбнерит	»	$MnO \cdot WO_3$	18,3	4,5	7,1
Вольфрамит	»	$(Mn, Fe)WO_4$	3,7—17,2	5—5,5	7,1—7,5
Литиофиллит	Ромб.	$Li_2O \cdot 2MnO \cdot P_2O_5$	35,0	4,5	3,4
Диккинсонит	Монокл.	$4(Mn, Ca, Fe, Na_2)(PO_4)_2 \cdot 3H_2O$	18,6—19,4	3,5—4	3,3
Файрфильдит	Трикл.	$2CaO \cdot MnO \cdot P_2O_5 \cdot 2H_2O$	15,2	3,5	3,15
Реддингит	Ромб.	$MnO \cdot P_2O_5 \cdot 3H_2O$	40,3	3—3,5	3,1
Гетерозит	Монокл.	$H(Fe, Mn)_4(PO_4)_3$	13,5	4,6—5,5	3,4—3,5
Гюролит	»	$5(Mn, Fe)O \cdot P_2O_5 \cdot 5H_2O$	31,7	3,5	3,2
Триплоидит	»	$4(Mn, Fe)O \cdot P_2O_5 \cdot H_2O$	37,5	4,5—5	3,7
Эосфорит	Ромб.	$2MnO \cdot Al_2O_3 \cdot P_2O_5 \cdot 4H_2O$	18,2	5	3,13
Тефроит	»	$2MnO \cdot SiO_2$	54,4	5,5—6	3,9—4,2
Кнебелит	»	$2(Mn, Fe)O \cdot SiO_2$	27,1	6—6,5	3,1—3,3
Гидротефроит	—	$2MnO \cdot SiO_2 \cdot xH_2O$	—	4	4,1
Спессартин (гранат)	Куб.	$3MnO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$	33,3	7—7,5	3,7—4,4
Гельвин	»	$(Mn, Be, Fe)_7 \cdot Si_3O_{12}S$	27,3—38,1	6—6,5	3,1—3,3
Фриделит	Гекс. (Триг.)	$9(Mn, Fe)O \cdot 8SiO_2 \cdot MnCl_2 \cdot 7H_2O$	39,8	4—5	3,1
Кремнистый марганец (родонит, орлец)	Трикл.	$MnO \cdot SiO_2$	41,9	5—5,5	3,5—3,7
Гидродонит	»	$MnO \cdot SiO_2 \cdot xH_2O$	—	5—6	2,7
Кентролит	Ромб.	$2Mn_2O_3 \cdot 3PbO \cdot 3SiO_2$	15,1	5	6,16

*1 R=Ba, K_2, Li_2. *2 R=Ba, Ca, K_2.

ра, цинка, свинца, причисляются к рудам этих металлов, что не исключает возможности использовать эти руды и для извлечения марганца.

Усиленное развитие добычи, потребления и международной торговли М. р. возникло во второй половине прошлого века, когда М. р. нашли широкое применение в металлургии при производстве стали и выплавке марганцевых соединений железа (зеркальный чугун, ферроманган), отчасти и сплавов с цветными металлами. В настоящее время для указанных надобностей идет более 90% мировой добычи М. р. Остальные 10% находят применение в производстве сухих электрических элементов, в стекольной промышленности, в приготовлении марганцевых препаратов, применяемых в химической промышленности, в производстве красок, при получении хлора и родственных ему элементов, также для медицинских целей, дезинфекционных средств и др. Одна из разновидностей марганцевых руд, родонит, или орлец, применяется в качестве поделочного камня, а также в строительном деле для облицовок.

Мировые запасы М. р. по наличным данным исчисляются свыше 500 млн. *т*, из них в СССР более 210 млн. *т*, в Брит. Индии более 100 млн. *т*, в Бразилии 140 млн. *т* и в африк. месторождениях свыше 40 млн. *т*. Запас прочих стран, в том числе США, Испании, Великобритании, Германии, Франции, Бельгии, Румынии и др., сравнительно невелики, а запасы Японии и Китая мало известны. Несколько более значительными запасами обладает повидимому Австралия.

Месторождения М. р. Брит. Индии обнаружены по всей стране, наиболее богатые— в центральных районах. Нек-рые из них значительных размеров (по простиранию до 2,5 *км* и мощностью до 30 *м* сплошной руды, преимущественно псиломелана и браунита, реже пиролюзита и др., с содержанием 46—56% Mn, 4—9% Fe, 5—7% SiO_2 и ~0,1% P) удобны для разработки открытыми работами, но удалены от моря. Бразилия обладает значительными месторождениями М. р., весьма пригодных для металлургич. целей, с содержанием 44—58% Mn, 1—7% Fe, 0,01—0,2% P, до 14% SiO_2, немного Al_2O_3. Из африк. месторождений М. р. наибольшее значение имеют месторождения Золотого Берега с высокопроцентной рудой, гл. обр. псиломелана, пиролюзита, манганита и полианита, среднего состава 42—53% Mn, 2—4% Fe, 3—7% SiO_2, 0,1—1,12% P.— В Ю.-Африканском союзе преобладающее значение имеет открытое в 1925 г. близ Постмасбурга месторождение, представляющее

плотный, в небольшой части грубокристалл. псиломелан, с запасом более 18 млн. *m*, пласт, мощностью до 6 *м*, с содержанием 42—58% Mn, 3,25—10% Fe, 1,75—7% SiO_2, при отсутствии P; пласт частично залегает на поверхности и доступен для эксплоатации открытыми работами. Приобретают также значение месторождения железо-марганцевой руды в Египте, на Синайском полуострове. Руда нуждается в обогащении, содержит (в среднем из 211 анализов) 32,36% Mn, 25,08% Fe, 2,79% SiO_2, 3,29% $BaSO_4$, 0,126% P.

Главнейшим месторождением М. р. мирового значения в СССР является Чиатурское, в Шорапанском районе Грузии (соединено ж. д. длиною 165 *км* с морем), с запасом свыше 65 млн. *m* руды, преимущественно пиролюзита и манганита, с содержанием 40—50% Mn, ~ 1,5% Fe, 9% SiO_2, до 0,2% P, ~2% CaO. Пласт залегает почти горизонтально, мощностью в среднем не менее 2 *м*. Примерно $^1/_3$ рудного запаса м. б. использована без обогащения, а $^2/_3$ путем промывки легко м. б. доведены до содержания 52—56% Mn. Разработка производится штольнями шириною до 4 *м* по выходам руды на поверхность. Прочие месторождения Грузии не разрабатываются и не имеют пока особенного значения. Вторым по значению месторождением М. р. в СССР является Никопольское на Украине. Толщина рудного слоя 1—1,5 *м*, достигает в нек-рых местах 3,5 *м*. Запас М. р. исчисляется в 75 млн. *m* пиролюзита с содержанием 28—33% Mn, до 25% SiO_2, ~0,25% P. Руда требует предварительной промывки. В обогащенной руде содержится 42—52% Mn, 0,3—0,7% Fe, 0,17—0,3% P, 8—16% SiO_2. В виду гнездового характера рудных стяжений и неглубокого залегания пласта разработка ведется небольшими шахтами сроком службы 2—3 года. Значительные запасы М. р. обнаружены в Мангышлакском месторождении Казакской АССР и Лабинском—на С. Кавказе. Запасы первого исчисляются в 33 млн. *m* 22%-ной руды и второго—в 34 млн. *m* весьма кремнистой руды с содержанием 7—53% Mn. Промышленное значение обоих месторождений зависит от изыскания способов экономически выгодного обогащения руд этих месторождений. Прочие месторождения М. р. в СССР, в том числе месторождения уральские,—преимущественно местного значения.

Мировая добыча М. р., постепенно увеличиваясь в течение нескольких десятков лет, достигла в 1913 г. максимума в 2 300 723 *m*. Первенствующей по добыче являлась преимущественно Россия, добывшая в 1913 г. 1 245 288 *m* (965 848 *m*—Чиатуры, 275 864 *m* Никополь, 3 576 *m*—Урал). С нею в нек-рые годы успешно конкурировала Брит. Индия. Война 1914—18 гг. и последующая революция вызвали снижение мировой добычи М. р., обусловленное гл. обр. сокращением добычи в СССР, снизившейся в 1921 г. до 11 952 *m*. С этого года мировая добыча постепенно восстанавливается и, превзойдя в 1925 г. рекордные цифры 1913 г., достигла в 1926 г. 3 208 569 *m*. Первенство по размерам добычи принадлежит Брит. Индии (в 1927 г.—1 147 479 *m*), вторым следует СССР, добывший в 1927 г. 843 850 *m*, причем общая добыча этих двух стран составила в 1926 г. 64,2% всей мировой добычи (в 1913 г.—90%). Третье место в мировой добыче, принадлежавшее Бразилии, занял в последние годы Золотой Берег (Африка), добывший в 1927 году 450 000 *m*. Бразилия с добычей в 1927 г. 241 823 *m* перешла на четвертое место. Малопроцентные руды железо-марганцевые в значительных размерах добываются в Германии (в 1927 году 189 176 *m* с содержанием 12—30% Mn) и США (в 1927 году 136 151 *m* с содержанием 10—35% Mn). Добыча М. р. в остальных странах сравнительно невелика, и лишь Чехо-Словакия в 1927 г. достигла добычи 108 376 *m*. Главными потребителями М. р. являются США, Великобритания, Германия, Франция, Бельгия и в последние годы Италия. Главными экспортерами М. р. на мировом рынке являются (данные на 1927 г.): Брит. Индия 857 364 *m*, СССР 784 686 *m*, Золотой Берег 450 000 *m*, Бразилия 241 823 *m*, Египет 167 000 *m*. В общей сумме 784 686 *m* экспорта марганцевых руд СССР в 1927 г., как и в предшествовавшие годы, преобладают чиатурские руды—578 357 *m*, или 73,7%. Остальные 26,3% падают на никопольские М. р., вывезенные в 1927 г. за границу в количестве 206 329 *m*. Главнейшими потребителями экспортных руд СССР являются Германия и США. Потребление М. р. СССР внутри страны, преимущественно никопольских, составляло в 1927 г. 262 460 *m*. Главными потребителями являются южные металлургич. з-ды.

Лит.: Серк А. Ю., Марганец, Обзор минеральных ресурсов СССР, в. 24, Л., 1927 (приложен перечень 195 статей по этому вопросу); его же, Марганец, Годовой обзор минер. ресурсов СССР за 1926—27 гг., стр. 547—575, Л., 1928 (приложен перечень 27 статей по тому же вопросу). **А. Желиговский.**

МАРГАРИН, пищевой жир, представляющий собой стойкую эмульсию из животных и растительных жиров с молоком, с добавлением небольших количеств других ингредиентов (поваренной соли, яичных желтков, краски, крахмала), похожий по своему составу, консистенции, цвету, вкусу и запаху на коровье масло. Однако, в то время как в коровьем масле все 100% жира получены из коровьего молока, в М. жир коровьего молока составляет весьма незначительный процент. М. впервые был приготовлен франц: химиком Меж-Мурье (Mège-Mouriés) в 1869 г. по заказу французского правительства. На рынок выпускается М. трех типов, соответственно основным типам коровьего масла: сладкого коровьего масла (сливочного), соленого (т.н. экспортного) и топленого. Бóльшая часть М. выпускается в виде соленого продукта—как наиболее стойкого при хранении. М., как и коровье масло, относится к скоропортящимся продуктам. Устойчивость его при хранении примерно такая же, как и коровьего масла. Лучше всего М. сохраняется при $t°$ от −6 до −8°. Сравнительные данные о составе, усвояемости и калорийности М. и коровьего масла (из кислых сливок, просоленного) даны в табл. 1 (по Кенигу).

Из таблицы видно, что по составу, усвояемости, теплоте сгорания и коэф-ту использования М. весьма близок к коровьему маслу.

Табл. 1.—Состав и свойства маргарина и коровьего масла.

Данные	Маргарин просоленный	Коровье масло
Общее количество пищевых веществ (в %)		
Жир	81,55	83,83
Вода	12,25	13,15
Азотистые вещества	0,45	0,60
Молочный сахар	0,40	0,50
Минеральные вещества	2,35	1,95
Поваренная соль	2,15	1,84
Усвояемые пищевые вещества (в %)		
Жир	80,49	80,95
Азотистые вещества	0,43	0,57
Углеводы	0,38	0,49
Калорийность (в Cal)		
Общая	7 900	7 841
Усвояемой части	7 521	7 573
Коэфициент использования (в %)		
Жир	94,2	95,5
Азотистые вещества	87,9	89,7
Углеводы	97,0	97,0

М. придает пище приятный аромат и вкус; тесто на нем хорошо всходит. Отрицательным качеством М. считают полное отсутствие или незначительное содержание в нем витамина А, присутствующего в коровьем масле. Кроме того М. часто содержит гидрированные жиры (см. *Гидрогенизация жиров*), вследствие чего возможно присутствие в нем следов никеля, а также так назыв. «новых к-т» гидрогенизации; последние отрицательно влияют на устойчивость продукта; но в М., содержащем гидрированные жиры, полученные по способу Лёша, эти отрицательные факторы сводятся почти к нулю.

Первоначально жировая основа М. составлялась исключительно из животных жиров и гл. обр. из олеомаргарина,—полужидкой части, получаемой из топленого говяжьего сала после отпрессования стеарина (такой М. иногда называют маргарином Меж-Мурье). Однако в настоящее время такой состав имеют только лучшие и наиболее дорогие сорта М.; чаще всего М. вырабатывают из смеси животных и растительных жиров, а в последнее время—также и из одних растительных жиров. По данным специальной литературы, удельный вес животных жиров в датском М. изменялся следующим образом: 1907 г.—75%, 1923 г.—7,5% и 1925 г.—5,5%. Вообще же состав жировой смеси для М. весьма различен и находится в зависимости от времени года, от вида и сорта М., от рыночной конъюнктуры на отдельные жиры и масла. Примерные составы жировой смеси для обычных сортов герм. М. приведены в табл. 2 (по Г. Францену).

Табл. 2.—Состав жировой смеси для маргарина (в %).

Составные части	Для М. на животн. основе			Для М. на растит. основе		
	1-йс.	2-йс.	3-йс.	1-йс.	2-йс.	3-йс.
Олеомаргарин	40	20	20	—	—	—
Первый сок	20	30	40	—	—	—
Смалец	15	8	—	10	—	—
Гидрированный жир	—	7	10	—	10	20
Кокосовое масло	—	10	—	70	45	—
Пальмоядерное масло	—	—	—	—	20	50
Кунжутное »	10	10	10	10	10	10
Арахидное »	10	—	—	5	—	—
Соевое »	—	15	20	—	10	20
Хлопковое »	5	—	—	5	5	—

Названием первый сок (premier jus) принято обозначать вытопленный при 45—50° жир говяжьего сала (парного). В последние годы германск. маргариновая промышленность начала с успехом применять подсолнечное масло (экспортное из СССР). В Голландии на М. перерабатывается значительное количество льняного масла в гидрированном виде. В сев. странах на приготовление М. идут гидрированные свежие рыбий жир и ворвань, дающие с молоком хорошие эмульсии; широкое применение для М. находит кокосовое масло. В СССР маргариновое производство строится на базе растительных масел: подсолнечного, хлопкового,

Табл. 3.—Требования, предъявляемые к жирам, допускаемым для производства маргарина в СССР.

Свойства	Первый сок	Олеомаргарин	Смалец	Подсолнечное масло	Хлопковое масло	Гидрированный жир
Консистенция при 15—20°	Твердая	Мягкая (зернист.)	Мягкая	Жидкая	Жидкая	Мягкая
Кислотность в градусах Кетсторфера (максим.)	2	2	2	1	1	1
$t°_{пл.}$	31—36	28—36	⩾36	—	—	⩾36
$t°_{отв.}$	22—28	17—27	22—32	—	—	—
Уд. вес при 15°	—	—	—	0,920—0,930	0,920—0,930	—
Показания бутирорефрактометра при 40°	46—49	47,5—49,5	48,5—52,0	58—73	65,0—69,4	—
Число Рейхерт-Мейсля	0,1—0,6	0,1—1,0	0,3—0,9	—	—	—
Коэф. омыления	193—199	193—198	193—200	185—198	191—198	—
Иодное число	32—46	42—53	46—77	120—142	107—117	—

Примечания. 1) Цвет при 15—20° д. б. во всей массе равномерным и почти белым или светло-желтым. 2) Запах и вкус д. б. соответствующими продукту, в общем обезличенные (без примеси прогорьклого, неприятного и постороннего вкуса и запаха). 3) Твердые и мягкие жиры в расплавленном виде д. б. совершенно прозрачными и при отстаивании не выделять мути или заметного осадка. 4) Жидкие масла (подсолнечное и хлопковое) при 15° д. б. совершенно прозрачны и после отстаивания в течение суток при 15° не должны выделять мути или заметного осадка. 5) Гидрированный жир при 15—20° может иметь и неравномерный цвет, если эта неравномерность обусловлена медленным его застыванием. 6) В гидрированном жире допускаются лишь ничтожные следы никеля. 7) Подсолнечное и хлопковое масло и гидрированный жир д. б. обязательно рафинированными и дезодорированными, т. е. свободными от белков, слизей, свободных к-т и лишенными специфич. цвета, запаха и вкуса.

соевого как в натуральном, так и в гидрированном виде. Вообще же для приготовления маргарина могут служить только жиры и масла, которые разрешены для питания человека; они д. б. совершенно свежие, чистые и свободные от каких-либо примесей. Растительные масла применяются исключительно рафинированные. Согласно постановлению Наркомздрава и ВСНХ РСФСР жиры, предназначенные для М., должны удовлетворять требованиям, изложенным в табл. 3.

Одной из главных частей М. является молоко. Оно служит носителем двух важных свойств М.: запаха и вкуса. Молоко, служащее для приготовления М., может быть цельное, снятое и центрифугированное. Оно д. б. обязательно пастеризовано путем нагрева до 65—70° не менее 30 м. (или до 71—75° не менее 20 м. или до 76—80° не менее 3 м.) и последующего быстрого охлаждения до 3—5°. Молоко употребляется чаще всего в виде снятого кислого молока, сквашенного до определенной степени окисления чистыми культурами молочнокислых бактерий (Bacterium lactis acidi), придающего М. более резкий аромат коровьего масла. Молоко вводится в М. в количестве 15—40% к весу М. На подготовку молока необходимо обращать особое внимание, т. к. от его качества зависит не только запах и вкус, но и стойкость М. В последнее время за границей значительные размеры приняло употребление в М. растворимого в воде сухого молока—порошка (см. *Молоко*). Для предохранения маргарина от быстрой порчи к нему прибавляют в качестве консервирующего вещества поваренную соль в количестве 2—4%, а также бензойную к-ту и ее соли в количестве 0,2—0,4% (в СССР разрешается добавление исключительно поваренной соли в количестве до 2,5%). Поваренная соль д. б. выварочная и удовлетворять требованиям Общесоюзного стандарта [1]. Для придания М. желтоватой окраски, делающей его и по цвету похожим на коровье масло, употребляют растворимые в жире растительные краски—орлеан и куркуму, а в последнее время за границей широкое распространение получили две анилиновые краски—с у д а н с к и е 1 и 2. В СССР для подкрашивания М. допускаются лишь чистые растительные желтые краски, разрешенные для подкрашивания пищевых продуктов циркуляром Наркомздрава РСФСР (№ 32 от 4/II 1925 г.). Прибавление в М. куриных яичных желтков имеет двоякое значение: способствует образованию прочной эмульсии жиров с молоком и придает М. при поджаривании свойства коровьего масла, т. е. спокойную пенистость и способность давать бурую корку—подрумянивать поджариваемый продукт. Желтки прибавляют непосредственно после выделения их из свежих яиц. Обычно желтки (ок. 1% к весу М.) замешивают с молоком и смесь пастеризуют. Употребляются в маргариновом производстве и консервированные поваренной солью желтки, а чаще всего сухой яичный порошок. В последнее время за границей получает распространение г е л и о ц и т и н, стойкий и концентрированный препарат, изготовляемый из яичных желтков и содержащий лецитин, холестерин и жир желтков; гелиоцитина требуется значительно меньше, чем желтков. Наряду с яичными желтками и порошком широкое распространение имеет теперь также растительный белок, гл. обр. лецитин в форме препарата в и т а м а р г и н а, обладающего большой эмульгирующей способностью. Получается преимущественно из соевых бобов как побочный продукт при переработке бобов на масло и муку. Прибавление яичных желтков и препаратов из них в М. витаминизирует его, т. к. желтки содержат растворимый в жирах витамин А.

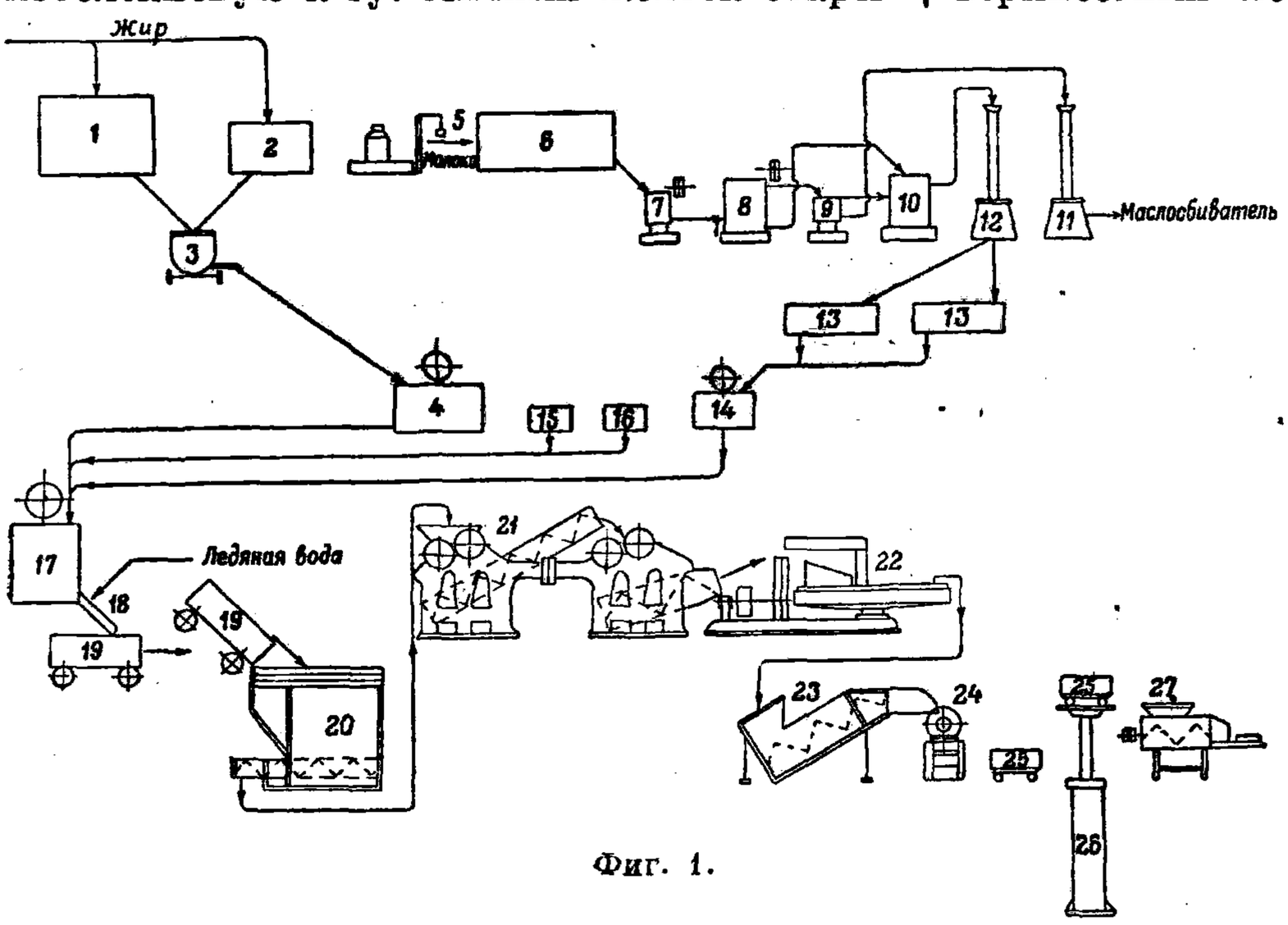
Для обнаружения фальсификации маргарином коровьего масла при фабрикации маргарина к нему прибавляют кунжутного или рафинированного хлопкового масла (не менее 5%) или крахмала (0,3%), легко открываемых при помощи соответствующих цветных реакций. Употребляемый при этом крахмал не должен содержать каких-либо посторонних примесей и д. б. свободен от микроорганизмов, способных оказывать неблагоприятное действие на качество М. За границей иногда для усиления аромата М. к нему прибавляют летучие кислоты, их альдегиды и глицерин. Обычно для этой цели применяются пропионовая, масляная и капроновая кислоты. В СССР прибавление к М. искусственных ароматических веществ воспрещается.

Наркомздравом и ВСНХ РСФСР разработаны в 1928 году (циркуляр Наркомздрава № 98) следующие нормы для маргарина: М. должен при темп-ре 10—15° представлять собою однородную массу плотной пластической консистенции и давать в разрезе ровную слабо блестящую, слегка влажную поверхность, свободную от кристаллов соли; он должен легко намазываться на поверхность, а при жарении пениться, как натуральное коровье масло, и не давать сильного разбрызгивания и треска; цвет М. д. б. бледно-желтый или желтый, равномерный во всей массе продукта; запах и вкус—коровьего масла; содержание жиров $\leqslant 82\%$; $t°_{пл.}$ вытопленного жира не выше 36°; степень кислотности $\geqslant 2{,}5°$ Кеттсторфера; содержание поваренной соли $\geqslant 2{,}5\%$; содержание крахмала $\geqslant 0{,}3\%$. Допускается к обращению и топленый М., полученный путем вытопки жира из готового М. или из полуфабриката; топленый М. должен содержать $\leqslant 99\%$ жиров и иметь кислотность $\geqslant 3°$ Кеттсторфера. Отпуск М. для индивидуального потребления допускается лишь в оригинальной упаковке по 250, 500 и 1 000 *г*, для массового потребления—в бочках и ящиках по 10, 50 и 100 *кг*. В обоих случаях на таре д. б. обозначены: название продукта и жиров, входящих в его состав, название предприятия, а также дата изготовления.

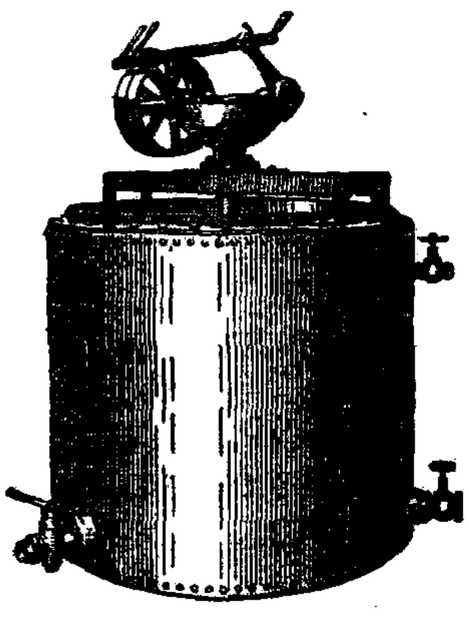
А н а л и з М. производится теми же методами, что и анализ коровьего масла. Прежде всего определяют консистенцию, цвет, запах и вкус продукта, затем его свойства при жарении—разбрызгивание и образование коричневой корки. Если продукт вызывает подозрение, прибегают к микроскопическому исследованию (на плесневые грибки, бактерии и т. д.) и к определению ха-

рактера и содержания посторонних и недозволенных веществ (парафина, искусственных ароматических веществ, анилиновых красок, консервирующих веществ). Далее определяют содержание жира, воды, казеина, молочного сахара, молочной кислоты, поваренной соли, крахмала. В вытопленном и осветленном жире определяют: точку плавления, точку застывания, удельный вес при 100°, показание бутирорефрактометра при 40°, кислотное число, иодное число, число омыления, число Рейхерт-Мейсля, число Поленске, число Генера. Присутствие животных жиров открывают при помощи характерных свойств заключающегося в них холестерина. Гидрированные жиры распознают путем реакции на присутствующую в них изоолеиновую к-ту. Яичный желток открывают по способу Фендлера обработкой М. раствором поваренной соли и дальнейшей обработкой фильтрата дымящей соляной к-той [2]. Лецитин определяют по содержанию в продукте фосфора.

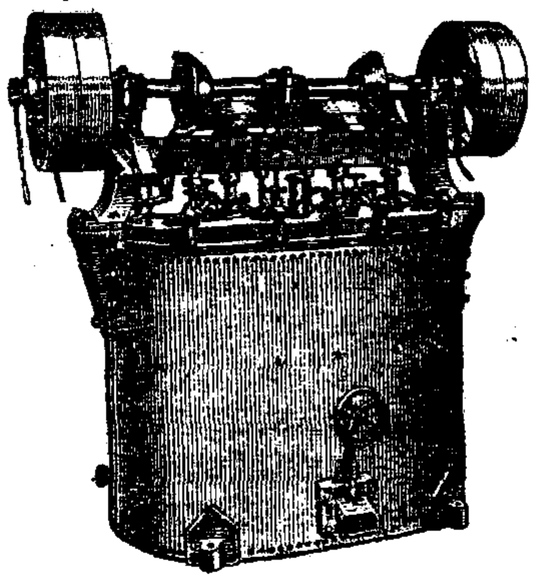
Общая схема современного производства М. представлена на фиг. 1. Рафинированные жидкие масла поступают в баки-приемники *1*, твердые жиры (гидрированные), олеомаргарин, первый сок, смалец (все в растопленном виде)—в баки *2*, при этом для каждого вида масла и жира имеется особый приемник. Из каждого приемника нужное для составления жировой смеси количество жира спускается в бак подвижных весов *3*, катящихся по рельсовому пути, откуда вся жировая насадка передается в темперировочный котел *4* (отдельно изображен на фиг. 2)—двустенный цилиндрич. котел с мешалкою и заложенными между его двойными стенками паровым и водяным змеевиками. В темперировочном котле жировая смесь выдерживается при постоянном помешивании при *t°* от 28 до 32°. Одновременно с подготовкой жировой смеси ведется подготовка молока. Молоко (цельное) из бидонов *5* сливается в развесочный бак, установленный на подвижных весах, и через фильтр попадает в приемник *6*, откуда поступает в непрерывно действующий подогреватель *7*, в котором нагревается до *t°* 45°. Далее молоко проходит через непрерывно действующий сепаратор *8*, в котором разделяется на сливки и снятое молоко. Сливки, пройдя через пастеризатор *9*, трубчатый холодильник и будучи далее подвергнуты закваске и вызреванию, поступают в маслосбиватель *11*, в котором и сбиваются на масло. Снятое молоко совершает следующий путь: пастеризатор *10*, водяной поверхностный холодильник *12* (охлаждается до 15°), ванны для молочнокислого брожения *13* и темперировочный котел *14*; в последнем сквашенное молоко доводится тоже до *t°* 28—32°. Вся аппаратура для переработки молока должна быть луженая. В бачках *15* и *16* приготовляется краска и яичные желтки. Краску замешивают с растительным маслом, яичные желтки добавляют замешенными со сквашенным молоком. Жировая смесь и сквашенное молоко из темперировочн. котлов *4* и *14*, а также краска и желтки поступают в кирн-машину *17* (она отдельно изображена на фиг. 3)—луженый двустенный бак овальной формы вместимостью от 0,5 до 3 *m*, с заложенными между стенками змеевиками для воды и пара, и снабженный быстро вращающейся лопастной мешалкой. Наблюдения за процессом в кирн-машине производятся через смотровое окошко и по термометру: по мере образования эмульсии прозрачные всплески смеси мутнеют и под конец совершенно теряют прозрачность; *t°* постепенно падает, затем внезапно останавливается и даже поднимается на несколько градусов—это момент наиболее интенсивного образования и схватывания (застывания) эмульсии. Когда же температура начинает снова падать, процесс эмульсирования считается законченным, убавляют скорость вращения мешалки и приступают к выпуску готовой эмульсии из кирн-машины. Весь процесс эмульсирования в кирн-машине длится ок. 30 минут. Следующая операция—быстрое замораживание выпускаемой из кирн-машины эмульсии, которое может производиться двумя способами: мокрым и сухим.



Фиг. 1.

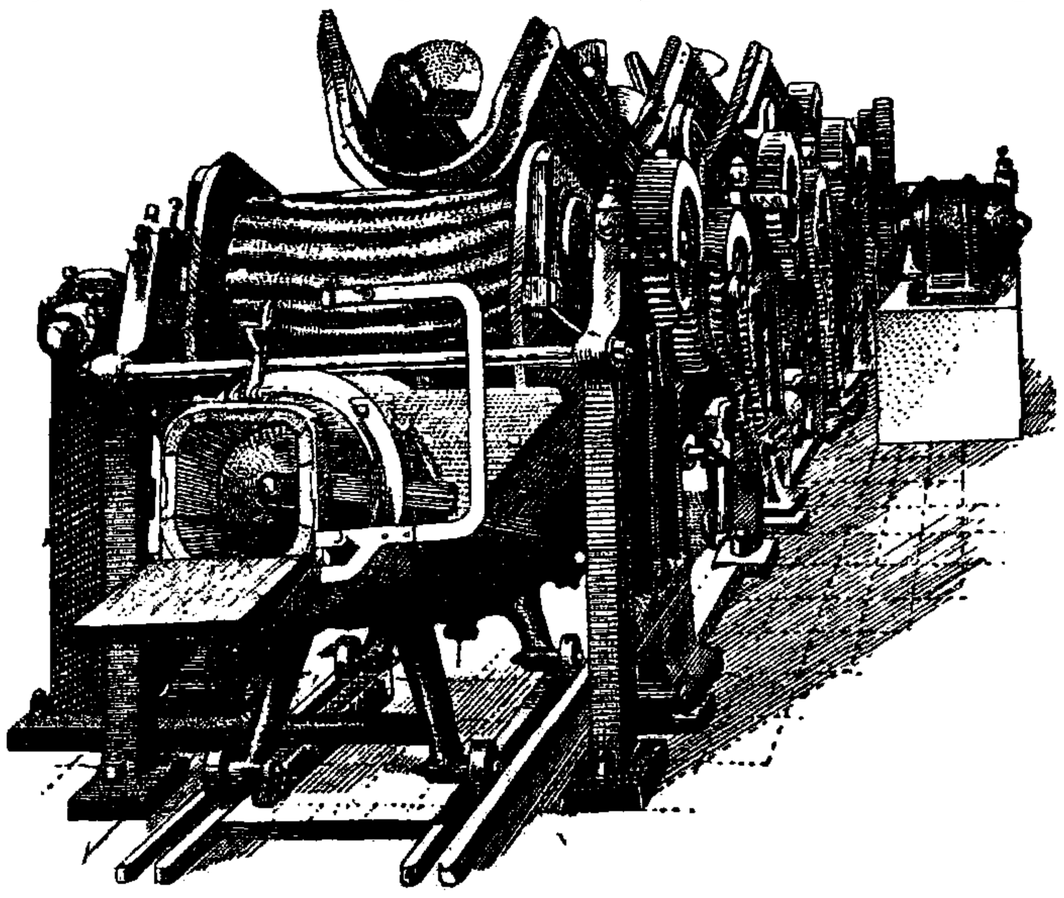


Фиг. 2.



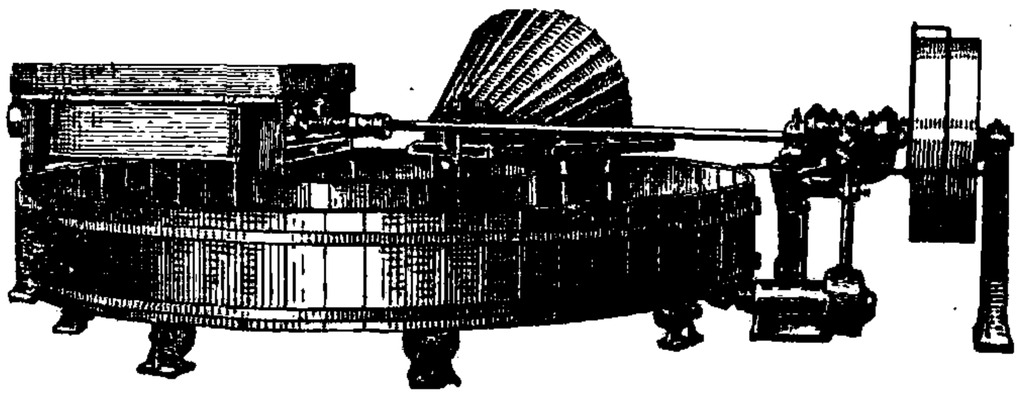
Фиг. 3.

На схеме представлено замораживание м о к р ы м способом: выпускаемая из кирн-машины по жолобу *18* эмульсия встречает сильную струю ледяной воды (0,5—1°), которая превращает ее в твердые хлопья, падающие в тележку *19*, вместимостью равную полной зарядке кирн-машины. При



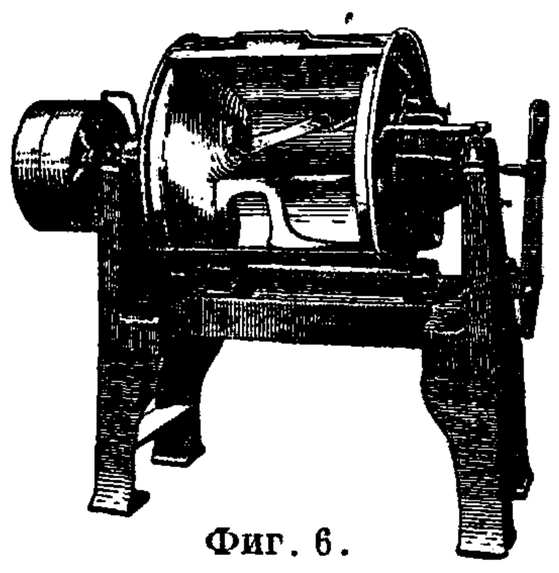
Фиг. 4.

с у х о м способе выходящая из кирн-машины жидкая эмульсия тонким слоем попадает или на поверхность медленно вращающегося барабана, наполненного холодильной смесью (например раствором $CaCl_2$ при температуре −18÷20°), с к-рого пленка замороженной эмульсии снимается особым скребком, или на поверхность двух вращающихся в противоположную сторону таких барабанов; сконструирован ряд других аппаратов для сухого замораживания эмульсии

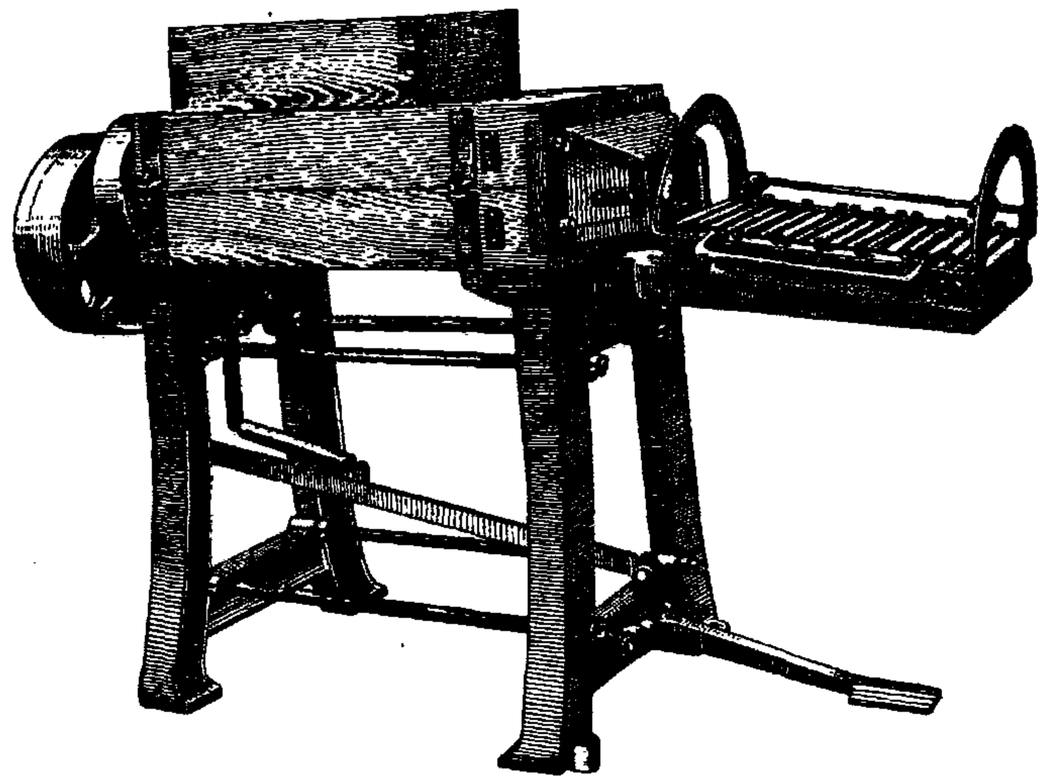


Фиг. 5.

из кирн-машины. Нагруженные М. тележки *19* вкатываются в специальную хорошо изолированную кристаллизационную камеру для в ы з р е в а н и я, в которой поддерживается постоянная темп-ра в 8°. Вызревание (кристаллизация), придающее М. аромат коровьего масла, длится до 24 ч., после чего тележку из камеры выкатывают к загрузочному силосу *20*, куда ее и опрокидывают. *Из силоса М. непрерывно спускается* на м у л ь т и п л е к с-м а ш и н у *21* (отдельно изображена на фиг. 4), состоящую из прочной чугунной станины, на которой укреплены четыре пары деревянных вальцов с волнистой поверхностью; между вальцами находятся транспортеры. Проходя через вальцы, маргарин отдает лишнюю воду, теряет свою зернистую структуру и становится более однородным. В мультиплексе производят и добавление повар. соли к М. Из мультиплекса М. попадает отдельными порциями на тарелочные месильные машины *22* (отдельно изображена на фиг. 5)— плоские круглые вращающиеся вокруг вертикальной оси чаши, над которыми вращаются деревянные рифленые горизонтальные вальцы и скребки, перелопачивающие и соскребывающие вальцовую массу. В тарелочных машинах происходят окончательное отжатие воды, последняя засолка и придание маргарину еще большей однородности. Далее М. поступает через загрузочный силос *23* в месильные лопастные барабаны *24* (отдельно изображен на фиг. 6), в которых происходят замешивание недостающего количества воды и лощение М. в течение 30—40 м. Из месилок М. поступает в тележки *25*, к-рые гидравлическим подъемником *26* подаются в формовочные машины *27* (отдельно—фиг. 7), откуда спрессованные и нарезанные куски М. попадают в упаковочные машины, из которых выбрасываются на



Фиг. 6.



Фиг. 7.

транспортерное полотно бруски маргарина, уже завернутые в пергаментную бумагу. В *табл. 4 приведены характеристики данных* основных главнейших машин, употребляемых в маргариновом производстве.

Т а б л. 4. — О с н о в н ы е д а н н ы е м а ш и н д л я п р о и з в о д с т в а м а р г а р и н а.

Название машины	Емкость в *кг*	Число об/м.	Потребн. мощность в HP	Вес в *кг*	Размеры в *мм* (длина, ширина, высота)
Темперир. котел	500—2 000	60	0,3—0,5	505—1 150	995×995×1 575—1 610×1 610×1 925
Кирн-машина	500—3 000	160—100	5—35	1 100—4 500	1 840×1 130×1 620—3 320×1 790×2 945
Мультиплекс-машина .	—	40—50	10—18	12 500—20 000	9 000×3 300×2 450—15 000×3 500×2 450
Тарелочная машина . .	—	50—60	5—6	4 000	5 570×4 200×1 550
Месильный барабан . .	50	600	3—4	650	1 490×760×1 380
Формовочная машина .	—	100—110	0,5—1,5	325—405	1 850×650×1 200—2 220×720×1 240

К началу войны 1914—18 гг. производство М. в Европе уже достигало 600 тыс. *m* в год. В настоящее время М. известен почти во всем мире, и потребление его исчисляется в 1 400—1 450 тысяч *m* ежегодно. В 1926 г. важнейшими странами-потребителями в Европе было потреблено свыше 1 млн. *m* М., в том числе (в тыс. *m*): Германией—437, Англией—343, Голландией—55, Данией—71, Норвегией—45, Швецией—42,5, Бельгией—33,5 и т. д. [3]. Рост душевого потребления М. в разных государствах таков (в *кг* в год):

Государства	1913 г.	1926 г.	Государства	1913 г.	1926 г.
Дания . .	15,8	20,7	Голландия	4,8	7,4
Норвегия	10,7	17,0	Германия	3,0	7,0
Англия .	2,8	7,8	Швеция . .	4,4	6,9

Современная стоимость М. за границей в 2—2,5 раза ниже стоимости коровьего масла. Быстрое развитие маргариновой промышленности объясняется стремительным ростом городского населения промышленных стран, для удовлетворения к-рого нехватает натуральных жиров. Интересно отметить, что Дания, Норвегия, Голландия, продуцирующие наибольшее количество коровьего масла, имеют и наивысшее душевое потребление маргарина. Особенно характерно это для Дании, в к-рой на каждый *кг* потребленного коровьего масла приходится 3,5—4 *кг* М. Для народного хозяйства маслоделие и маргариновое производство одинаково необходимы. Маргариновое производство стимулирует развитие молочного хозяйства, т. к. оно является постоянным потребителем снятого молока и дает возможность усилить экспорт коровьего масла, имеющего легкий сбыт на международном рынке. Кроме того маргариновое производство способствует рац. использованию жиров на пищевые и технич. нужды.

Выполнение санитарных требований в отношении открытия, устройства и содержания з-дов для производства М., а также складов для его хранения и торговли предусмотрен специальными правилами, утвержденными в 1928 г. Наркомздравом и ВСНХ РСФСР. Согласно этим правилам производство и торговля М. разрешается только государствен. и кооперативным организациям и лишь в специально для этого устроенных и соответственно оборудованных помещениях, гарантирующих сохранение доброкачественности продукта. Вместе с тем правила предусматривают и контроль качества путем организации обязательного специального учета как количества, так и качества поступающих на з-д сырья и материалов и выпускаемого продукта. В настоящее время в СССР приступили к работе специально выстроенные два маргариновых завода, в Москве и Ленинграде, производительностью каждый в 20 *m* М. за семичасовой рабочий день. Ближайшие перспективы развития производства М. в СССР запроектированы в пятилетнем плане, предполагающем к 1933/34 г. иметь сеть 25 маргариновых з-дов в разных местах СССР, с общей годовой мощностью до 350 тыс. *m* М. Часть этих з-дов будет скомбинирована с маслобойно-гидрогенизационным делом, часть связана с совхозами и свиноводч. хозяйствами.

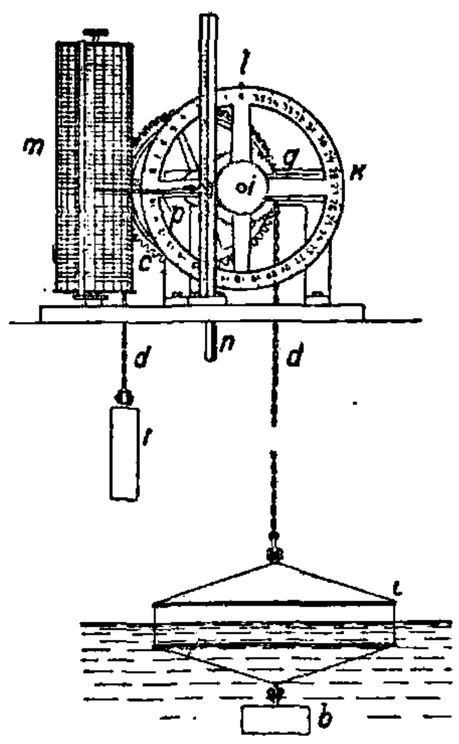
Лит.: [1]) ОСТ 175; [2]) Grün A., Analyse d. Fette u. Wachse, sowie d. Erzeugnisse d. Fettindustrie, B. 1, B., 1925; [3]) «Deutsche Margarine-Industrie», B., 1928, *12*, p. 144.

Францен Г., Маргарин, пер. с нем., М.—Л., 1926; Рудаков В., Производство маргарин. масла, Чита, 1928; Маркман А., Маргарин, М., 1928; его же, Об искусств. съедобных жирах, «Пищев. пром.», М., 1924. *3—4*; его же, К проектир. маргарин. заводов, «Маслоб.-жировое дело», Москва, 1929, *9*; его же, О маргарине, там же, Москва, 1926, *10—11*; Марголин Г., Производство маргарина, там же, 1930, *1*; Богданов Г., О жировой основе маргарина, там же, 1930, *3*; Каратыгин Е., Маргарин, «Пищев. пром.», М., 1924, *11—12*; Терешкович А., К вопросу о маргарине, «Маслоб.-жиров. дело», М., 1927, *2*: Рецкер Я., Мировое производство и потребление маргарина, «Пищев. пром.», М., 1928, *8*; Братман М., Маргарин, там же, М., 1927, *2*; Проект Ленингр. маргар. з-да, «Маслоб.-жиров. дело», М., 1928, *12*; Кардашев К., Маргарин, М.—Л., 1930; его же, Профес. вредности при работе на маргарин. з-де, «Маслоб.-жиров. дело», М., 1929, *1*; его же, Побочные продукты, отходы и сточные жидкости маргарин. з-дов, «Пищев. пром.», М., 1929, *3*; Касаткин Ф., К проектированию маргариновых з-дов, «Маслоб.-жиров. дело», М., 1929, *3*; Голант Б., Добавления к маргарину для улучшения его качества, «Пищев. пром.», М., 1929, *7*; Миркин Е., Проект маргаринового завода в Москве, там же, М., 1929, *8*; Fahrion W., Fabrikation d. Margarine, d. Glyzerins und Stearins, Berlin, 1920; König J., Chemie d. menschlichen Nahrungs- u. Genussmittel, 5 Auflage, B. 2, Berlin, 1920; Holde D., Kohlenwasserstoffe und Fette, 6 Auflage, Berlin, 1924; Löffl K., Technologie d. Fette u. Öle, Brschw., 1926; Lang V., Fabrikation d. Kunstbutter, 5 Aufl., W.—Lpz., 1923; Pollatschek P., Fabrikation d. Margarine, Stg., 1923; Voss R., Bakteriologische Studien d. Margarine, Kiel, 1925; Technologie d. Fette u. Öle, hrsg. v. G. Hefter, B. 3, B., 1921; Chemie u. Technologie d. Öle u. Fette, hrsg. v. L. Ubbelohde u. F. Goldschmidt, B. 2, Lpz., 1920; Fritsch J., Fabrication de la margarine, P., 1927; Glayton W., Margarine. Manufacture, Analysis etc., L., 1920. **М. Братман.**

МАРЕНА, Rubia tinctorum,—многолетнее травянистое растение из семейства маревых (Rubiaceae), высотой 30 — 120 *см*, с разветвленным стеблем, узкими листьями, собранными в мутовки, и мелкими цветами с 4—5-раздельным желтовато-зеленым венчиком. М. образует довольно толстые корневища (крап), ради получения которых она и возделывается. Крап используется для крашения тканей, реже—с медицинскими целями. Действующим началом в крапе является рубэритриновая кислота ($C_{20}H_{22}O_{11}$) и некоторые другие глюкозиды. При расщеплении глюкозидов действием фермента, содержащегося также в корне (а также действием кислот или щелочей), получаются ализарин, его изомер ксантопурпурин и сахар. Культура марены как красильного растения была раньше широко распространена, но после получения *ализарина* (см.) искусственным путем она утеряла значение и почти сошла на-нет. Разводится во Франции и в СССР (в Закавказьи, Крыму и Средней Азии). У нас на юге встречается иногда как дикорастущее. При культуре размножается как семенами, так и отрезками корневища; последний способ распространен в более северных районах, где семена марены не вызревают. Требует хорошо удобренной и глубоко обработанной почвы; в течение лета необходим уход (полка, мотыжение и пр.). Стебли и листья марены могут итти на корм скоту. Сбор корневищ—около 3 *т с 1 га*. Культура М. трудоемкая. См. *Лаки красильные*, краплак.

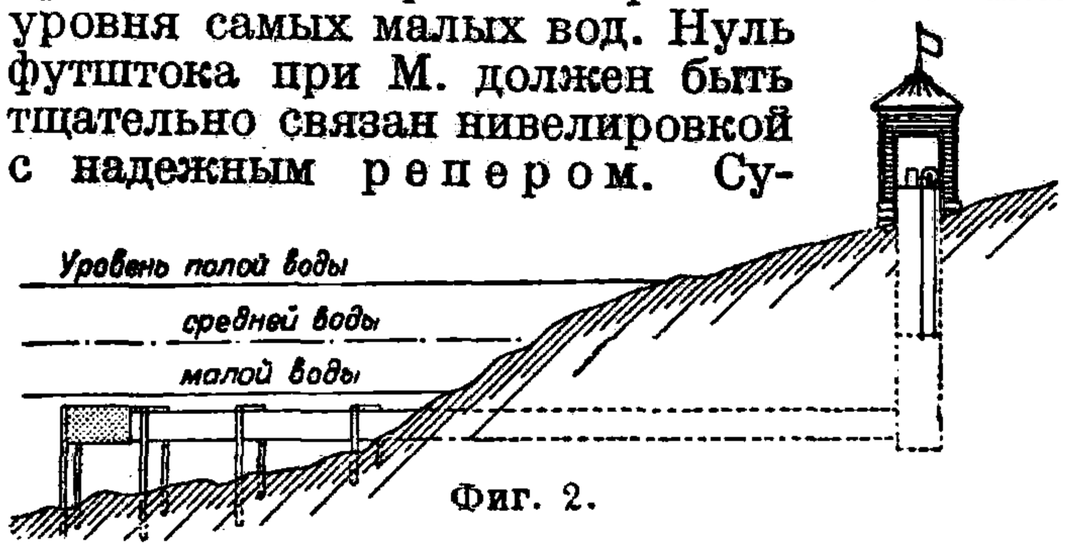
Лит.: Прянишников Д. Н., Частное земледелие (растения полевой культуры), 6 изд., Берлин, 1922; Клинге А. Г., Лекарственные, душистые и технич. растения, П., 1916; Стебут И. А., Основы полевой культуры, М., 1882. **Н. Соколов.**

МАРЕОГРАФ, марограф, мареметр, уровнемер, автоматич. (самопишущий) водомерный указатель для определения среднего уровня моря по продолжительным наблюдениям над высотой воды. Прибор (фиг. 1) состоит из поплавка *a* в форме круглого сосуда из листовой меди с грузом *b*. Вертикальные перемещения поплавка, зависящие от изменения уровня воды, при помощи цепи *d* с противовесом *r*, зубчатых колес *c*, *g*, *i* и зубчатой рейки *n* передаются (по большей части в уменьшен. масштабе) пишущему штифту *p*. Последний отмечает ход вертикальных перемещений поплавка на барабане *m*, вращающемся при помощи часового механизма. Для непосредственного отсчета колебаний уровня на оси зубчаток *g* и *i* помещено колесо *k* большого диаметра, разделенное по окруж-



Фиг. 1.

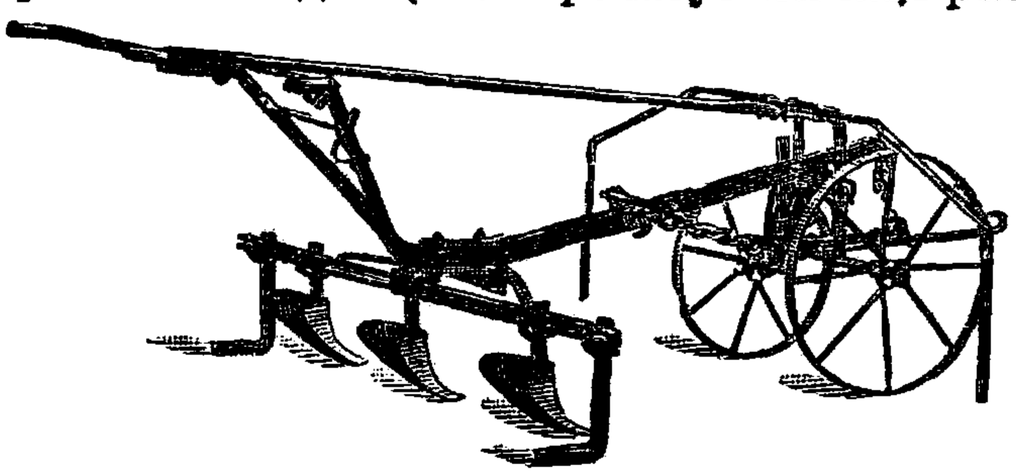
ности на части, соответствующие линейному перемещению поплавка; отсчет производится по индексу *l*. При установке прибора зубчатая полоса *n* устанавливается так, чтобы отсчет по указателю *p* соответствовал отсчету по колесу *k*. При М. необходимо иметь рядом с ним и *футшток* (см.), чтобы, сличая ежедневно отсчеты по футштоку с отсчетами на М., поверять последний. Отсчеты футштока и колеса *k* должны совпадать. При несовпадении разность их показаний дает меру, насколько нужно поднять или опустить нулевую черту, обыкновенно совпадающую с нижним краем бумаги на барабане. Описанный М. может отмечать колебания уровня и в натуральную величину и в уменьшенном масштабе, но не менее $^1/_{20}$. Для установки М. на берегу применяют способ, показанный на фиг. 2. Прибор этот устанавливают в особой будке на берегу. Под ней устроен колодец, соединяющийся трубой с морем. Отверстие трубы покрыто сеткой для предупреждения засорения и расположено ниже уровня самых малых вод. Нуль футштока при М. должен быть тщательно связан нивелировкой с надежным репером. Существует очень много систем М.: 1) приборы, механически передающие колебания уровня пишущей части прибора (наиболее надежные; к этой группе относится описанный); 2) приборы, пользующиеся для того же гидростатическим давлением; 3) электрические приборы (записывание колебания уровня может быть передано на десятки *км* от места наблюдения).



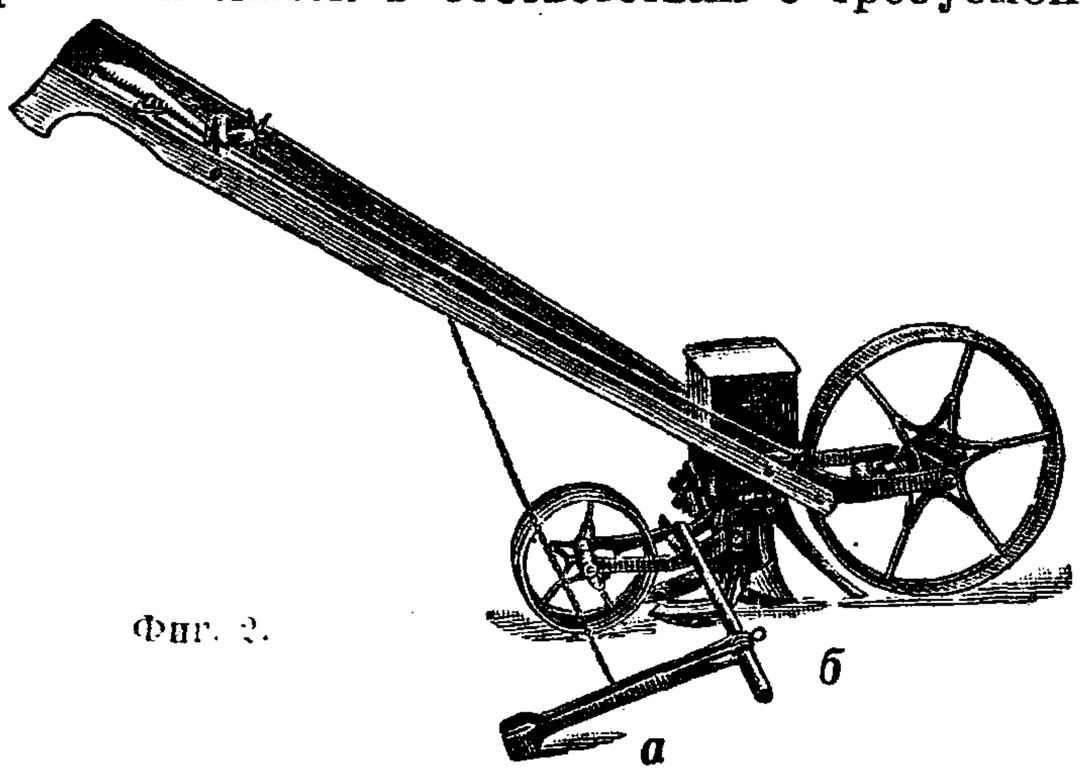
Фиг. 2.

Лит.: Шокальский Ю., Океанография, П., 1917; Ляхницкий В. Е., Курс морских и речных портов, М.—Л., 1927; Luegers Lexikon, 3 Aufl., B. 4, p. 827, Mareograph, B.—Lpz., 1928; ibid., B. 5, p. 400, Pegel.

МАРКЕР, орудие для проведения борозд или для обозначения линий на поверхности окончательно разрыхленного, выровненного и подготовленного для посадки поля. Применяется М. с целью обеспечить равномерность посадки (гл. обр. клубней или рассады) или посева, производимых как рядами, так и гнездами. В простейшем случае М. представляет собою грабли с сильно развитыми зубьями, деревянными или железными. Часто М. делают в хозяйстве собственными средствами из лапок различных культиваторов, сошников или окучников, к-рые


Фиг. 1.

присоединяют к поперечной раме из простого бруса с дышлом, прикрепленным под прямым углом. Главное требование, предъявляемое к М.,—возможность перестановки рабочих лапок в соответствии с требуемой



Фиг. 3.

шириной междурядья. На фиг. 1 представлен М., присоединенный к передку плуга; рабочие лапки маркера могут перестанавливаться и укрепляться на хомутах; глубину хода регулируют на передке. Кроме М. для проведения борозд строят М., делающие лунки вдоль ряда на определенном расстоянии друг от друга, для посадки клубней или растений (см. *Картофелесажалки*).

М. также называют особую лапку, к-рая намечает след для соседнего проезда какого-нибудь орудия или сеялки. На фиг. 2 представлен такой М. (*а*), который может передвигаться вдоль поперечного стержня *б* и закрепляться в любом месте. Иногда присоединяются к сеялке дисковые маркеры, которые намечают след для заезда колеса трактора.

Б. Криль.

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ, горные инструменты, рудничные инструменты, инструменты, применяемые для измерения углов, линий и превышений при съемках и других маркшейдерских измерениях в руднике. В связи с особенностью подземных съемок (незначительная длина линий, условия освещения, малая прозрачность воздуха и пр.) М. и. несколько отличаются по конструкции от обычных геодезич. инструментов, применяемых для съемки на поверхности. См. *Маркшейдерское искусство*.

МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ИСКУССТВО, отдел *геодезии* (см.), имеющий своим предметом описание приборов и приемов съемки подземных горных выработок. Содержание М. и. в настоящее время составляют следующие вопросы: 1) особенности геодезич. съемки на рудниках и основные требования, к ней предъявляемые; сюда же входит приложение теории наименьших квадратов для исследования различных вопросов съемки; 2) решение различных геометрич. задач, связанных с картированием рудника и месторождения; 3) различные способы наглядного изображения на планах как месторождения, так и рудника; 4) составление пластовых и других сводных планов и карт для районов и областей; 5) изображение на планах при помощи изолиний различных свойств месторождения и элементов промышленной жизни рудника для решения целого ряда во-

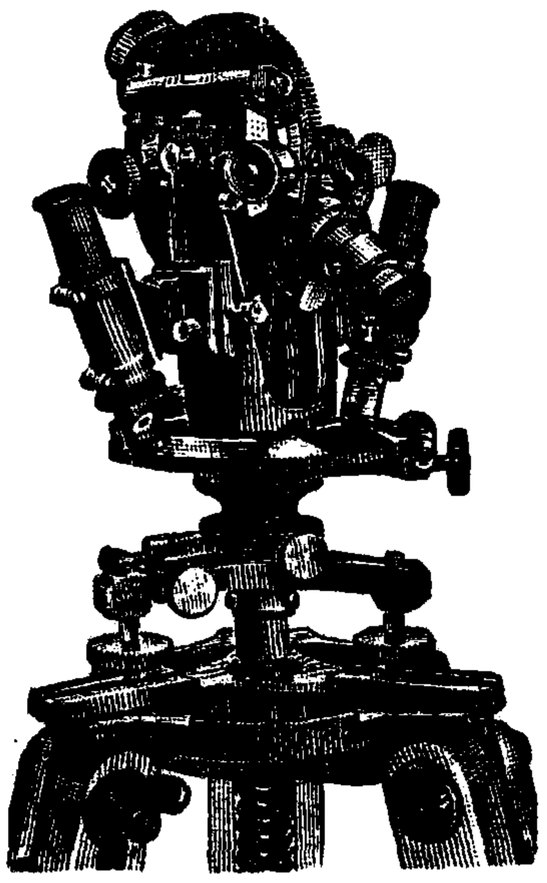
просов как разведочного, так и горного дела; 6) производство систематич. наблюдений за сдвижением поверхности под влиянием горных разработок. Т. о. план рудника или месторождения, т. н. маркшейдерский план, не ограничивается изображением только горных выработок; он должен дать полное изображение месторождения и рудника как со стороны геометрической, так и со стороны геологической, а также и горноэксплоатационной. Маркшейдерские планы являются необходимою базою: а) для правильного проектирования будущих горных работ; б) для правильного и экономичного ведения горных разработок; в) для безопасного ведения горных работ, особенно в случае подхода к выработанным ранее и заполненным водою рудникам, при ликвидации подземных пожаров, в случае обвалов и обрушений и т. п.; неправильность или неполнота маркшейдерских планов в этих случаях не раз служили причиною катастроф, кончавшихся гибелью и рудника и людей; г) для правильной постановки геолого-разведочных работ; д) для охраны недр от хищнической и неправильной эксплоатации. Кроме того маркшейдерский план является документом, сохраняющим на будущее время весь опыт промышленной жизни рудника и все сведения разведочного характера, добываемые обычно с большой затратой средств и необходимые для будущего горного строительства. Последнее, а также указанное в пп. «в» и «д» значение маркшейдерских планов приобретают особую важность в нашем социалистическом государстве. Вот почему маркшейдерское дело регулируется в СССР особыми актами [1].

Съемочная часть. Для определения точки в пространстве в М. и. пользуются системою трех взаимно перпендикулярных координатных осей, из к-рых ось OX направлена с юга на север, ось OY—с запада на восток, а ось OZ—вертикально вверх. На плане ось OX направлена снизу вверх, ось OY—слева направо. Так. обр. в М. и. применяется плоская прямоугольная система координат. Характерной особенностью современной постановки маркшейдерского дела является стремление составлять планы горнопромышленных районов и областей в единой системе координат, необходимость которой диктуется развитием горного дела и тем именно обстоятельством, что имеется целый ряд рудников, работающих в тесном соседстве друг с другом. Кроме того единая система координат в наивысшей степени обеспечивает сохранность и возможность использования данных маркшейдерского плана на будущее время и облегчает составление различного рода сводных планов [2]. Примером такой системы координат может служить введенная В. И. Бауманом единая система координат для всего Донецкого бассейна. Ось OY этой системы направлена параллельно господствующему простиранию пород Донецкого бассейна; ось OX, перпендикулярная к ней, составляет угол в 11° 15′ (к востоку) с меридианом 9° восточной долготы от Пулкова. Основанием для выбора такой системы координат служили: а) наименьшие для района искажения от перехода со сфероида на плоскость проекций; б) удобство черчения планов и проекций на плоскость, перпендикулярную простиранию пласта, так наз. Seigerriss [3]. Вопрос о выборе системы координат для маркшейдерских планов в последнее время обсуждался на маркшейдерских съездах и конференциях и продолжает служить научно-исследовательской темой для многих работников маркшейдерского дела [4]. Основою маркшейдерских съемок в горизонтальной плоскости должна служить триангуляционная сеть. Маркшейдерские триангуляции обычно представляют собою триангуляции IV и V классов, редко III класса. Технич. использование их регулируется особой инструкцией. Если в районе, где производятся маркшейдерские съемки, имеются пункты первых трех классов государственных триангуляций, то маркшейдерские триангуляции д. б. связаны с ними. В тех же районах, где пунктов государственной сети не имеется, маркшейдер производит самостоятельную триангуляцию, ориентируя ее относительно астрономич. меридиана, определяемого при помощи астрономич. наблюдений для одного из пунктов сети. Маркшейдер стремится расположить пункты триангуляционной сети т. о., чтобы была обеспечена возможно простая и точная связь сети с подземной съемкой. Триангуляционная сеть д. б. достаточно развита для возможно точного заснятия различных объектов, подлежащих изображению на маркшейдерском плане. План развития триангуляционной сети должен предусматривать возможно точную связь между собою направлений, исходных для съемок смежных шахт. Для производства триангуляций маркшейдер должен иметь теодолит с точностью отсчитывания по нониусам или микроскопам не ниже 20″. Для этой цели обычно служат: 1) теодолиты Гильдебранда с диаметром лимба не менее 14 *см*, со шкаловыми микроскопами, дающие возможность оценки на-глаз 0,1′, и 2) теодолиты Феннеля, Брейтгаупта, Цейса и др., дающие точность отсчитывания, как указано выше, не ниже 20″.

Полигонная съемка на поверхности. Эта съемка не отличается по существу от полигонных съемок, производимых другими ведомствами. Отличие заключается лишь в смысле точности съемки, расположения полигонных ходов, отметки пунктов и других технич. деталей исполнения.

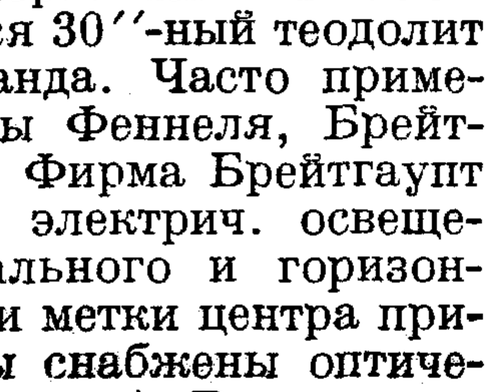
Подземная теодолитная полигонная съемка служит геометрич. основой для снятия рудника, а также опорой для съемок меньшей точности, производимых под землей. Наиболее характерным отличием рудничной подземной съемки является малая длина станов—линий (25—20 *м*, а иногда всего лишь несколько *м*). Условия освещения в руднике, теснота выработок, сырость, малая прозрачность воздуха определяют другие особенности съемки в руднике. Современная маркшейдерская инструкция требует, чтобы предельная погрешность измерения одного угла полигона не превосходила 1′ (для основных полигонов, прокладываемых по главным выработкам). Этими требованиями и условиями работы определяются и способ работы и инструменты

подземной съемки. Теодолиты для рудничной съемки должны быть повторительными, с закрытыми горизонтальными и вертикальными лимбами, допускать установку на фокус изображения сигнала при возможно коротких расстояниях (1—1½ *м*), иметь приспособление для освещения нитей и иметь точность отсчитывания по нониусу или микроскопу не ниже 30″. Теодолиты для рудничной съемки кроме того д. б. и достаточно портативны. Освещение нитей достигается или при помощи иллюминатора, надеваемого на объектив трубы, или при помощи малой призмы, помещенной внутри трубы и отражающей на нити луч света, который направляется через особое окошечко в одной из цапф горизонтальн. оси вращения трубы. Для съемок в круто падающих выработках маркшейдеру необходимо кроме того иметь теодолит с эксцентренной трубой.



Фиг. 1.

Необходимой принадлежностью рудничного теодолита является точный накладной на горизонтальную ось вращения уровень—для тщательной выверки горизонтальности горизонтальной оси вращения при съемке наклонных выработок, в особенности круто падающих. Наиболее распространенным в СССР типом теодолита является 30″-ный теодолит Герляха или Гильдебранда. Часто применяются также теодолиты Феннеля, Брейтгаупта, Гейде и Цейсса. Фирма Брейтгаупт выпускает теодолиты с электрич. освещением нониусов вертикального и горизонтального кругов, нитей и метки центра прибора. Эти же теодолиты снабжены оптическим лотом-отвесом (см. ниже). В последнее время для рядовых маркшейдерских съемок с успехом применяются теодолиты Гильдебранда с 8-*см* лимбом со шкаловыми микроскопами (фиг. 1). Для наиболее ответственных маркшейдерских работ, напр. для решения задач о встречных забоях, применяются более точные теодолиты, напр. указанный выше теодолит Гильдебранда с 14,5-*см* лимбом со шкаловыми микроскопами. Малая длина станов съемки требует особой тщательности при центрировке теодолита и сигналов.



Фиг. 2.

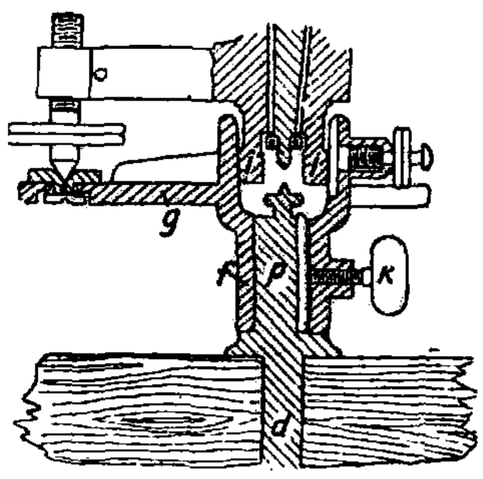
Средняя погрешность E угла ABC полигона (фиг. 2), вызываемая ошибками центрирования (эксцентриситетом) теодолита и сигналов, определяется следующей ф-лой:

$$E = \pm \sqrt{\frac{e_1^2}{S_1^2} + \frac{e_2^2 \cdot S_3^2}{S_1^2 \cdot S_2^2} + \frac{e_3^2}{S_2^2}},$$

где E—погрешность угла, выраженная в радиальной мере; e_1—эксцентриситет сигнала A перпендикулярно линии AB; e_2—эксцентриситет теодолита по радиусу круга, проходящего через точки A, B и C; e_3—эксцентриситет сигнала B перпендикулярно линии BC; $S_1 = AB$; $S_2 = BC$; $S_3 = AC$. Полагая для приблизительного подсчета $e_1 = e_2 = e_3 = e$, взяв вместо длин S_1 и S среднюю их длину и имея в виду вытянутый полигон (наиболее распространенная форма полигона в руднике), заменим S_3 приблизительно равной ей величиной $2S$:

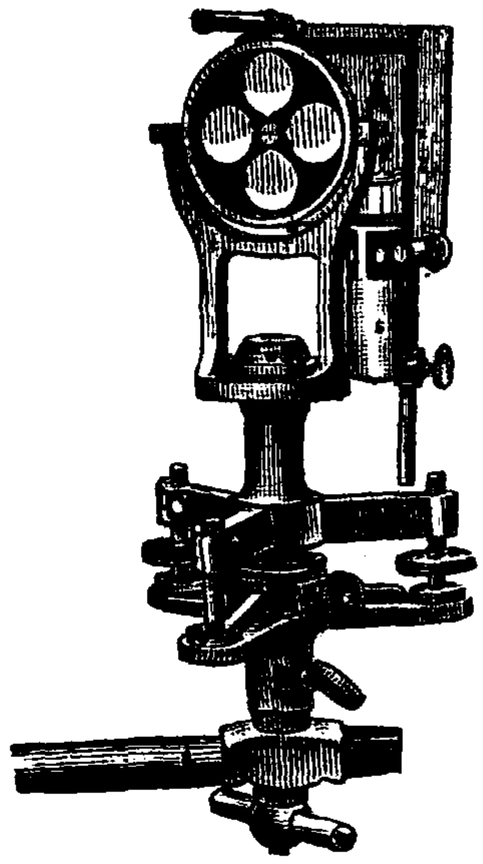
$$E = \frac{e}{S}\sqrt{6} = 2{,}4\,\frac{e}{S}.$$

Если $e = 1$ *мм* и $S = 20$ *м*, то $E = 24''$, т. е. превышает уже среднюю погрешность точной съемки по инструкции, т. к. указанная выше предельная погрешность в 1′ рассчитана на тройную среднюю. Так. обр. теодолит и сигналы должны центрироваться с точностью не менее 1 *мм* и даже до долей *мм*. Теодолит центрируют под точкой, подводя под острие отвеса имеющуюся на верхней поверхности трубы теодолита отметку вертикальной оси вращения. Эта отметка делается или в виде небольшого углубления или в виде острия.



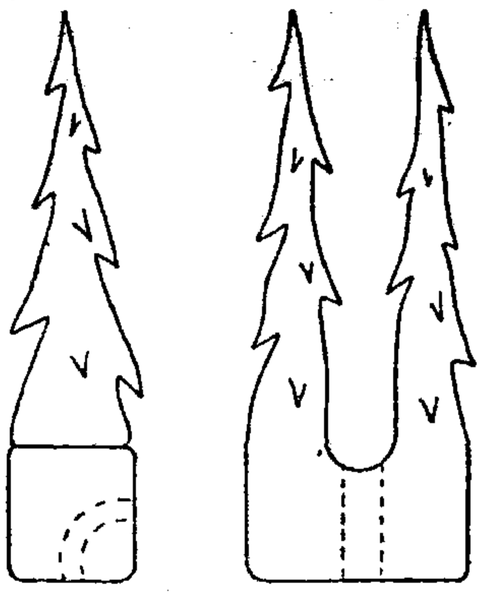
Фиг. 3.

Сигналами служат нити отвесов. Небольшая деревянная рамка (25×15 *см*) с наклеенной на нее полупрозрачной бумагой помещается сзади отвеса и, будучи освещена сзади лампой, дает освещенный фон для нити отвеса при визировании. Для устранения вредного влияния эксцентриситета теодолита и сигналов в рудничной съемке широко применяются приборы для автоматич. центрировки (самоцентрирующиеся). Одна из разновидностей этих приборов изображена на фиг. 3 (фрейбергская подставка) и фиг. 4 (сигнал к ней). Прибор (фиг. 3) состоит из шпинделя dp и насаживаемой на него трехлопастной платформы gf с зажимным винтом k. В центре платформы имеется цилиндрич. муфта, в к-рую вставляется шаровая втулка i нижней части теодолита и сигналов, т. наз. фрейбергское шаровое соединение. Такие приборы и им подобные позволяют центрировать с точностью не ниже 0,1 *мм*, а некоторые даже до нескольких сотых *мм*. При съемке с самоцентрирующимися приборами приходится центрировать приборы только под начальными и конечными точками съемки; промежуточные точки не отмечаются: съемка, как говорят, ведется с потерянными точками. Для облегчения центрирования в начальных и конечных точках применяется т. н. оптический отвес, к-рый дает возможность легко центрировать платформы автоматич. установки



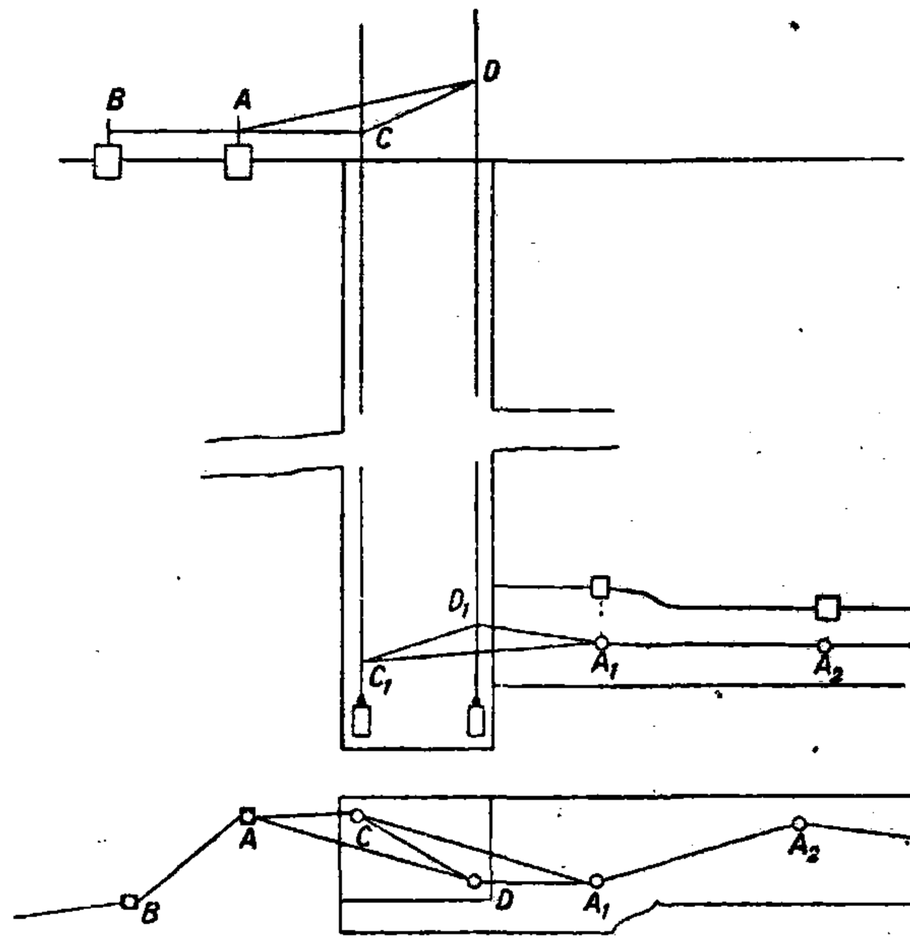
Фиг. 4.

под точкой и над точкой. Теодолит в руднике устанавливают или как обыкновенно на треноге или на распорках, загоняемых между стойками крепления выработки, или на особых платформах, так называемых консолях, весьма разнообразных конструкций. Применяются также и висячие теодолиты. Тренога для рудничной съемки должна иметь непременно раздвижные ножки, и головка треноги должна позволять горизонтальное передвижение теодолита в пределах 6—10 *см*. Точки съемки отмечаются в кровле теодолита различными костылями, скобами и т. п. (фиг. 5); существенную часть таких отметок составляют отверстия диаметром 1—1,5 *мм* с вертикальной осью, служащие для пропускания отвеса. Нить отвеса должна проходить через такие отверстия почти без зазора. Измерение длин станов производится обычно или 20-*м* стальной лентой по почве или длинными маркшейдерскими лентами (50—100 *м*) на весу при постоянном натяжении. В случаях, требующих особой точности, измерение производится жезлами (деревянными концевыми) по натянутому шнуру, а для коротких станов—миллиметровой стальной рулеткой. Меры длины, применяемые для маркшейдерских съемок, должны быть сравнены с нормальной мерой, для чего в маркшейдерском бюро должны быть так называемые нормальные метры. Вычисление полигонной съемки необходимо производить по маркшейдерским формулярам[5]. Точки полигон. съемки наносятся на маркшейдерский план по координатам.

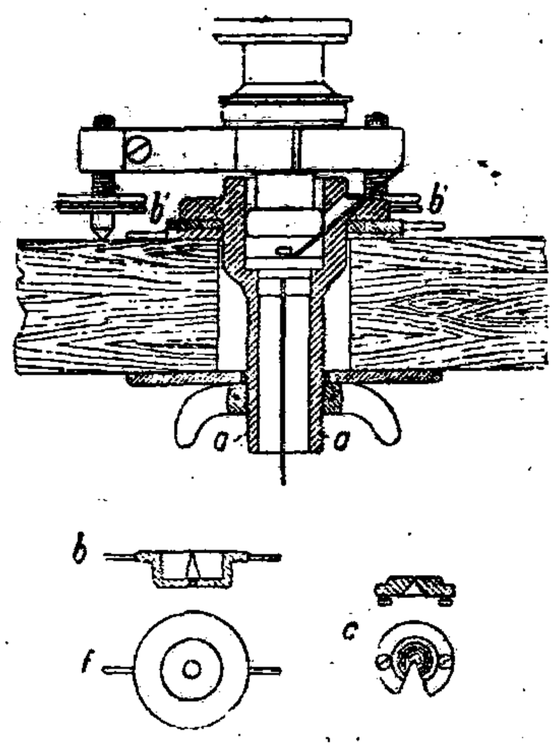


Фиг. 5.

Ориентировка подземной съемки. Задача ориентировки заключается в определении координат начальной точки и азимута (угла простирания, дирекционного угла) начального стана. Для всех случаев ориентировки необходимо подход к шахте или штольне производить непосредственно от точек триангуляции. Полигонная съемка допускается для этой цели только в исключительных случаях, и число станов не должно при этом превышать 2—3. Если рудник сообщается с дневной поверхностью наклонной шахтой или штольней, то задача ориентировки решается точной теодолитной полигонной съемкой по шахте или штольне. Если рудник сообщается с дневной поверхностью вертикальной шахтой, то задача решается при помощи двух отвесов, опускаемых в этой шахте (ориентировка через одну шахту: способ двух отвесов). Задача ориентировки в этом случае (фиг. 6) разбивается на две: 1) задачу примыкания, заключающуюся в том, чтобы, исходя из линии съемки на поверхности AB, определить дирекционный угол линии, соединяющей отвесы CC_1 и DD_1, а также, исходя из определенного уже дирекционного угла линии отвесов, определить дирекционный угол линии A_1A_2 в руднике: 2) задачу проектирования, к-рая заключается в том, чтобы спроектировать точку C и D с поверхности на горизонт рудника. Трудность решения задачи заключается в постановленной точности: маркшейдер стремится найти дирекционный угол начального стана в руднике с точностью приблизительно около 1′. Первая задача (примыкание) решается способом Юнге или способом Вейсбаха. Способ Юнге состоит в непосредственном измерении углов при отвесах C и D на поверхности и C_1 и D_1 в руднике в тр-ках (соединительных) ACD и $A_1C_1D_1$. Способ Юнге требует особых приборов для автоматич. установки теодолита на место отвесов и обратно. Такой прибор, исполненный по идее Улиха, показан на фиг. 7. Цилиндр a служит муфтой, в к-рую вставляется шаровая втулка треножника теодолита и сигналов фрейбергской системы. Вращением кольцевых шайб b', b', срезанных наискось, достигается вертикальный установ цилиндра. Проволока отвеса пропускается через центральное отверстие крышки c; конец ее проходит через боковой вырез в муфте a и не мешает установу теодолита. Сигналом для визирования служит центральное острие крышки bf, вставленной в муфту цилиндра. Способ Вейсбаха состоит в непосредственном измерении углов только при точках A на поверхности и A_1 в руднике и кроме того в точном измерении длин всех трех сторон тр-ков ACD и $A_1C_1D_1$. Углы C и D, а также C_1 и D_1 при этом вычисляются в большинстве случаев по формуле:



Фиг. 6.



Фиг. 7.

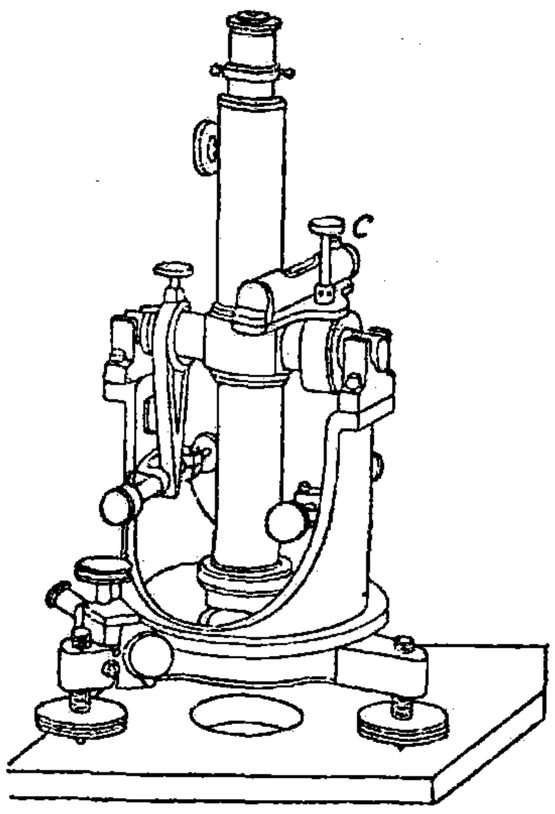
$$\sin D = \frac{\sin A}{CD} \cdot AC \text{ и т. д.}$$

Средняя погрешность m (в радианах) определения угла D в этом случае определяется формулой:

$$m^2 = \operatorname{tg}^2 D(m_1^2 + m_2^2 - m_3^2) + \frac{AC^2 \cdot m_3^2}{CD^2 \cdot \cos^2 D};$$

здесь m_1—средняя относительная погрешность измерения стороны AC; m_2—средняя относительная погрешность измерения расстояния между отвесами; m_3—средняя погрешность измерения угла A. Способ Вейсбаха выгоден только для вытянутой формы соединительного тр-ка (т. е. когда угол C мало отличается от 180°, а углы D и A—от 0°). При невыгодной форме погрешность становится недопустимо большой. Кроме способов Вейсбаха и Юнге для решения задачи примыкания применяются еще: а) способ Ганзена [6]; б) двухзеркальный способ [7]; в) однозеркальный способ [8]. Тем или иным из указанных выше способов задача примыкания решается с достаточной для поставленной цели точностью.

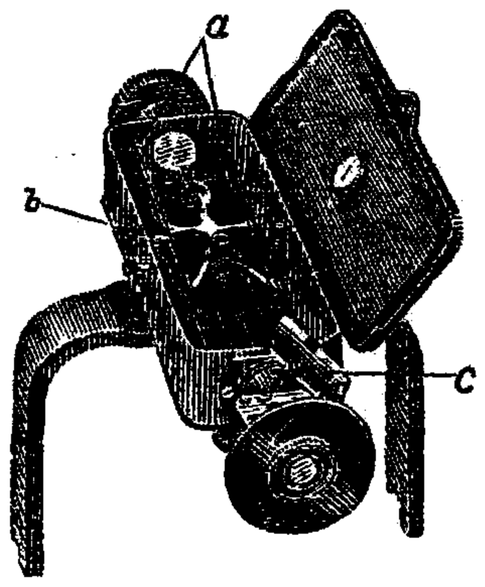
Вторая задача (проектирование)—задача несравненно более трудная. Благодаря небольшому расстоянию между отвесами проектирование д. б. выполнено с точностью до долей *мм*. Для проектирования применяются следующие способы: 1) способ наблюдения колебания отвесов по двум взаимно перпендикулярным шкалам при помощи т а р е л к и Ш м и д т а; 2) оптический способ проектирования при помощи трубы п р и б о р а Н а г е л я (фиг. 8), визирная ось которой устанавливается в строго вертикальном положении; 3) способ Фурмана, при котором колебания отвеса особым прибором записываются на светочувствительной бумаге. Ни один из этих способов не дает однако достаточно точного и уверенного решения задачи, вследствие отклонения отвесов от их среднего положения током воздуха в шахте. Т. к. это отклонение зависит от груза, привешенного к проволоке, и от веса проволоки, то проф. Вильским был предложен т. н. м н о г о г р у з о в о й с п о с о б о р и е н т и р о в к и [9].



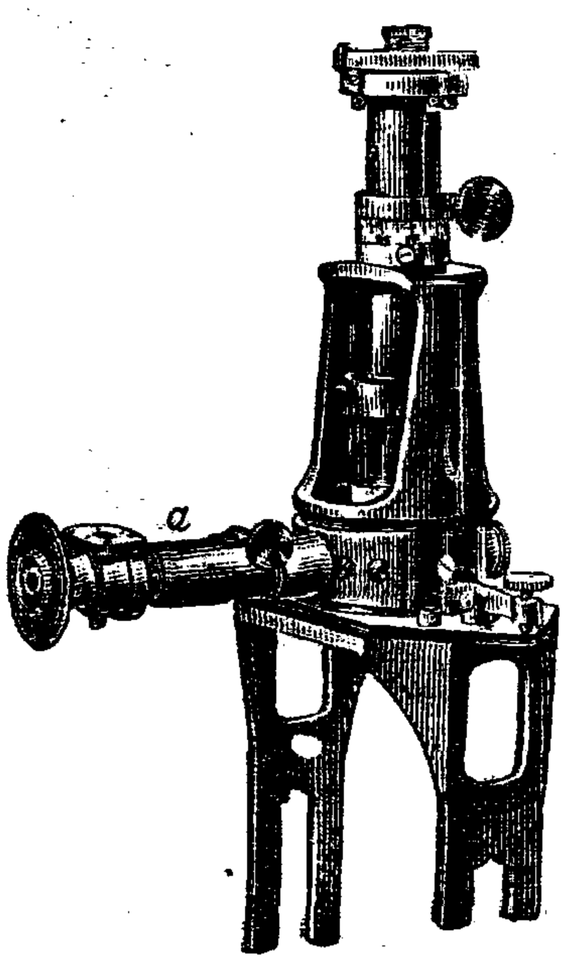
Фиг. 8.

Если рудник сообщается с поверхностью земли двумя шахтами, то задача ориентировки м. б. решена т. н. с п о с о б о м д в у х ш а х т. При этом способе в каждой из шахт можно ограничиться одним отвесом. Координаты отвесов определяются из съемки на поверхности, а в руднике от одного отвеса до другого проходят точной полигонной съемкой. Вычислив последнюю в произвольной системе координат и сравнив дирекционные углы линии, соединяющей отвесы, из съемки на поверхности и в руднике, определяют угол, составляемый осью OX на поверхности с произвольной осью OX', послужившей для вычисления подземной съемки. Сравнение описанных выше способов в смысле точности составляет один из важных вопросов приложения теории случайных погрешностей к маркшейдерским съемкам.

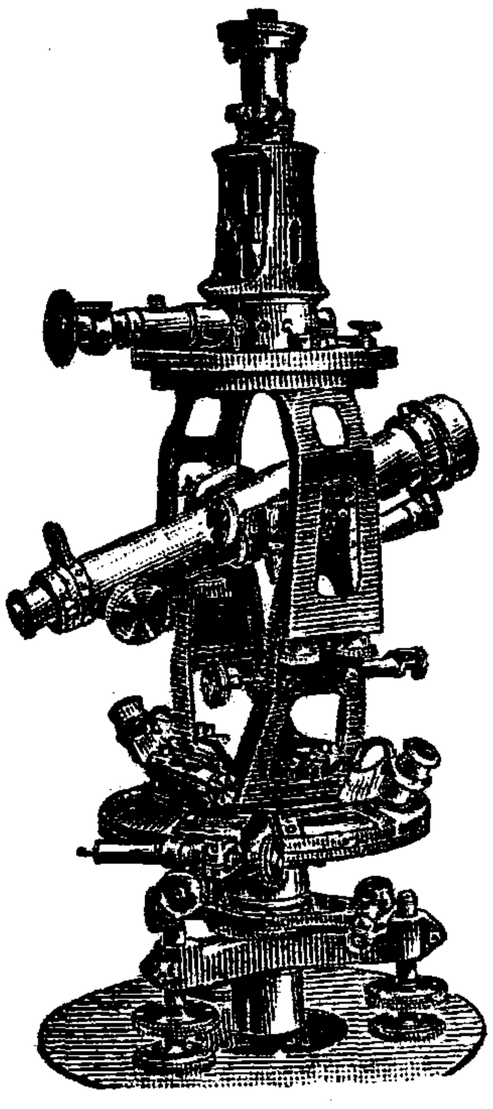
М а г н и т н а я о р и е н т и р о в к а при помощи точных приборов с магнитной стрелкой имеет очень важное значение в маркшейдерской съемке, во-первых, как контрольная для описанных выше геометрич. способов и, во-вторых, как весьма удобный способ восстановления направления в случае сдвижения точек под землей. Магнитная ориентировка производится след. образом: измеряют магнитный азимут какой-либо съемочной линии на поверхности (чаще всего стороны триангуляции) и магнитный азимут стана в руднике; определив разницу между дирекционным углом и магнитным азимутом линии на поверхности, находят дирекционный угол линии в руднике, учтя при этом изменение склонения за суточные вариации. Измерение магнитных азимутов производится при помощи о р и е н т и р-б у с с о л и, т. е. теодолита с насаженной на горизонтальную ось вращения трубы буссолью. На фиг. 9 изображена накладная буссоль Неймайра-Шмидта с зеркалом и шкалой (на фигуре a—магнит, b—зеркало и c—шкала). Накладная буссоль служит для приведения коллимационной плоскости теодолита в плоскость магнитного меридиана; магнитный азимут отсчитывается по лимбу теодолита. Суточный ход изменения склонения учитывается по данным магнитной обсерватории, если таковая имеется в районе в расстоянии от места наблюдения не свыше 200—300 *км*. Если обсерватории (или деклинатории) в районе не имеется, то изменение склонения учитывается при помощи т. н. д е к л и н а т о р о в (фиг. 10), т. е. приборов, в к-рых магнит подвешен на тонкой (б. ч. кварцевой) нити. На южном конце магнита имеется зеркало, и вариации наблюдаются при помощи трубы a со шкалой. Изображенный на фиг. 10 деклинатор применяется иногда как накладная буссоль для ориентир-буссоли (фиг. 11).



Фиг. 9.

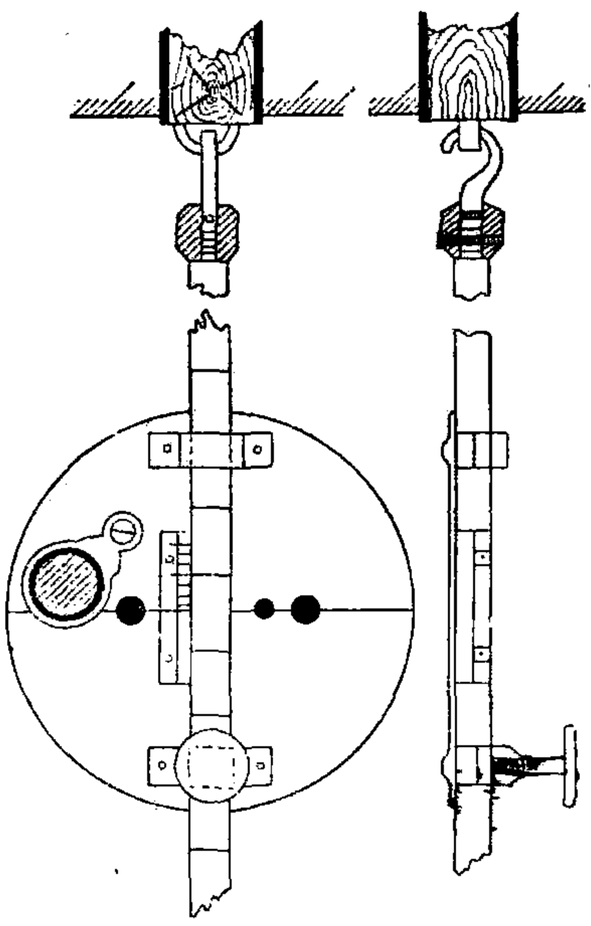


Фиг. 10.

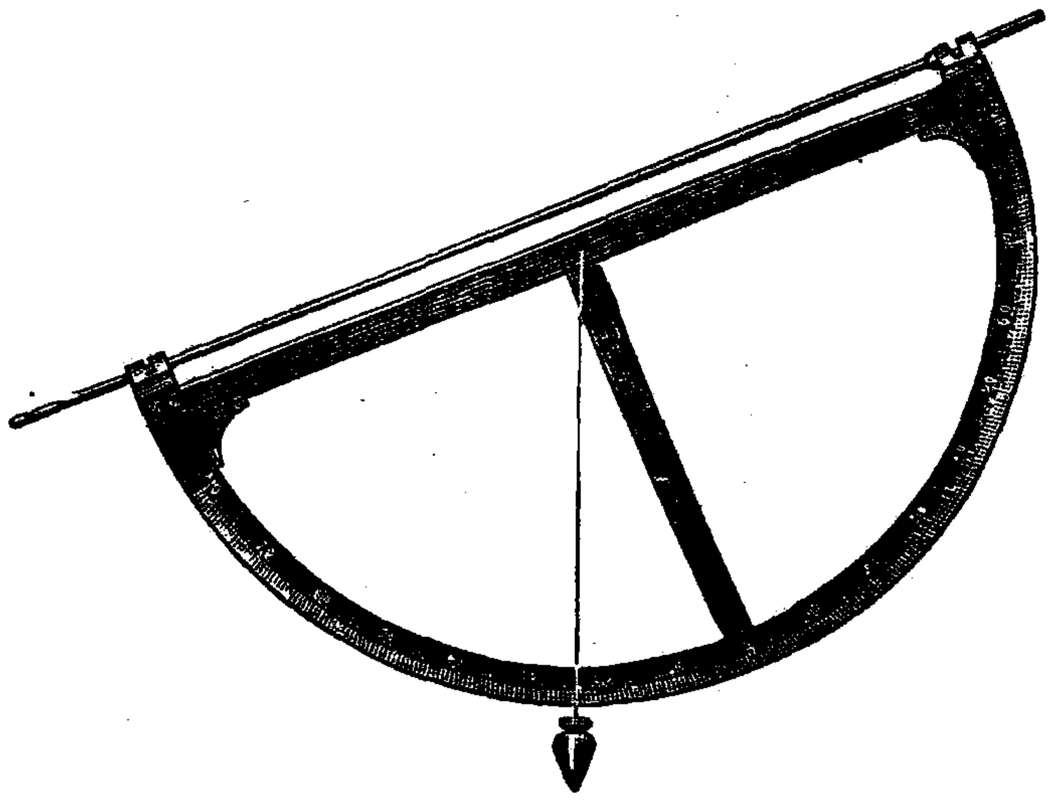

Фиг. 11

О значении магнитной ориентировки и магнитных обсерваторий (или деклинаторий) для маркшейдерии см. [10].

Съемка в вертикальной плоскости (нивелирование) состоит из а) геометрической нивелировки на поверхности (см. *Нивелирование*, *Нивелир*), б) измерения отвесной глубины шахт, в) геометрич. нивелировки в руднике и г) тригонометрич. нивелировки в руднике. Геометрич. нивелировка на поверхности представляет собой обычную технич. нивелировку; предельная ее погрешность не должна превышать $^1/_{50\,000}$ длины нивелирного хода согласно маркшейдерской инструкции. Измерения отвесной глубины шахт производятся следующими способами: 1) штангами Борхерса—свинчивающимися между собою (особой муфтой) стальными прутьями определенной длины; 2) проволокой на барабане, опускаемой в шахту и постепенно, по мере извлечения из шахты, измеряемой на поверхности; 3) обыкновенными стальными 20-*м* лентами по маркам, забиваемым в крепь шахты; 4) специальными стальными лентами длиною до 1 000 *м*. Об измерении глубины шахты и поправках на растяжение ленты под влиянием собственного веса см. [11]. Геометрич. нивелировка в руднике производится по квершлагам и основным штрекам; предельная ее погрешность не должна превышать $^1/_{20\,000}$ хода. Благодаря меняющейся высоте выработок, при геометрич. нивелировке в руднике применяются различных систем раздвижные рейки, висячие рейки (фиг. 12, рейка Борхерса), а также висячие нивелиры и т. д. Тригонометрич. нивелировка производится по наклонным шахтам, уклонам и промежуточным штрекам. Для производства ее применяется теодолит с точностью отсчитывания по вертикальному кругу 1′ для ходовых работ и 20—30″ для более точных работ. Отметки точек д. б. отнесены к уровню моря, если имеются поблизости прежние марки Главного штаба или Главного геодезич. комитета; если таких марок не имеется, то маркшейдер принимает все меры к сохранению опорного горизонта на будущее время и предусматривает возможность сопоставления съемок отдельн. участков между собой.

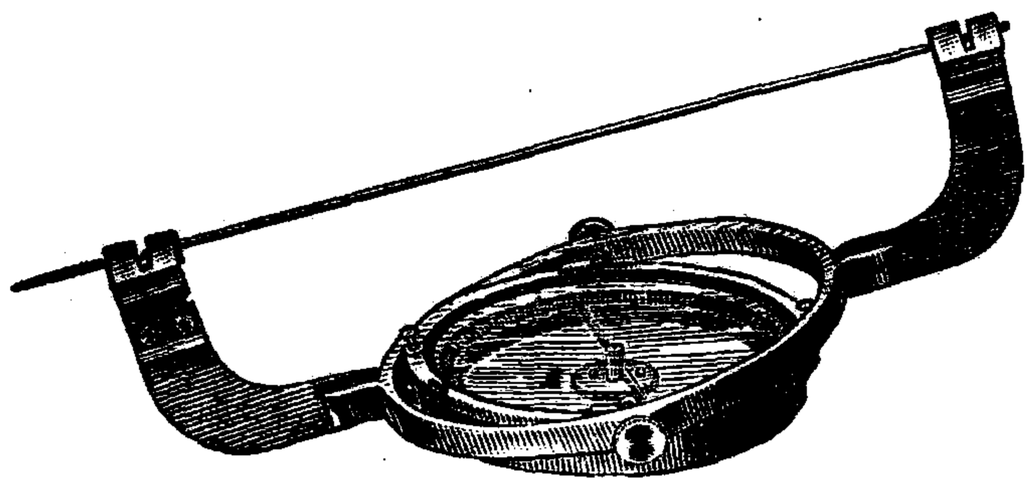


Фиг. 12.



Фиг. 13.

Съемка висячими инструментами производится висячим полукругом (фиг. 13) и висячей буссолью (висячий компас, фиг. 14), которые подвешивают на шнуре, туго натянутом между точками съемки; при этой съемке измеряются: 1) магнитный азимут линии, 2) угол наклона, 3) склонение в день съемки и 4) длина стана; вычисляются: 1) дирекционные углы станов, 2) горизонтальные проекции длин и 3) превышения и координаты z; координаты x и y не вычисляются,



Фиг. 14.

съемка накладывается на план по дирекционным углам. Этот вид съемки (мало точной) производится для заснятия отдельных небольших участков, забоев, второстепенных выработок. Съемка исходит из точек полигонной теодолитной съемки и заканчивается в них. Применяется она также для заснятия малых рудников, дудок и т. п., если работы отходят на небольшое (до 100 *м*) расстояние от шахты.

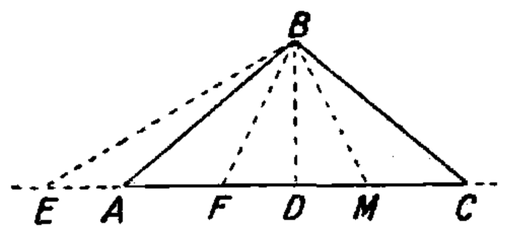
Маркшейдерские планы. Маркшейдерские планы вычерчиваются на планшетах установленного образца и должны пересылаться в плоском, отнюдь не свернутом виде. Комплект основных планов состоит из 1) общего плана подземных работ в масштабе $^1/_{2\,000}$; 2) специальных планов, т. е. планов отдельных самостоятельных частей рудника (отдельных пластов или жил, отдельных горизонтов или слоев мощных месторождений и т. п.) в масштабе $^1/_{1\,000}$; 3) вертикальных разрезов в масштабе $^1/_{2\,000}$ и $^1/_{1\,000}$; 4) разрезов горных пород по квершлагам, шахтам, буровым скважинам и т. п. в масштабе $^1/_{200}$; 5) планов поверхности и сводных планов различных масштабов, смотря по величине изображаемого участка. На планах изображаются вся геометрия, вся геология и вся промышленная жизнь месторождения и рудника. Условные обозначения на маркшейдерских планах регулируются также инструкциями ВСНХ [12].

Маркшейдерские задачи. Задание выработок встречными забоями. Сюда относятся задания направления квершлагов и основных штреков встречными забоями и проходка шахт одновременно сверху

вниз и снизу вверх. Решение этих задач требует от маркшейдера известного опыта и искусства, а также умения при помощи теории вероятностей и теории случайных погрешностей определить вероятную и предельную погрешность смыкания и соответственно подобрать методы измерения. Ошибка в отдельных ответственных случаях грозит предприятию крупными убытками.

Определение падения и простирания пласта по данным разведок. Как эта, так и целый ряд указанных ниже задач решаются аналитич. или графич. способом. При графич. способе прибегают к различного рода системам проекций: стереографической, центральной и т. п. За последние годы широкое распространение получает метод проекций с числовыми отметками. Падение и простирание пласта определяются или по трем скважинам, или по двум выработкам, идущим по пласту, или по другой какой-либо комбинации данных, полученных при разведке или разработке. Сюда же относятся задачи нахождения линии выхода пласта на дневную поверхность.

Задание выработок по пласту с определенным уклоном или определение уклона выработки при заданном направлении. Для аналитич. и графического решения этой и предыдущих задач может служить тр-к котангенсов ABC (фиг. 15). В этом тр-ке линии AB и BC суть проекции на горизонт. плоскость каких-либо двух линий, идущих по пласту; величины отрезков AB и BC пропорциональны ctg углов наклона этих линий: AC есть линия простирания пласта, BD, ей перпендикулярная,—линия падения пласта, а размер отрезка BD дает ctg угла падения пласта. Всякая другая линия—BE, BF, BM и т. д.—изобразит проекцию линии (выработки), идущей по пласту, а размер отрезков от точки B до пересечения с линией AC или ее продолжением—соответственно ctg углов наклона выработок к горизонту.



Фиг. 15.

Определение длин и наклона проектируемых выработок или места их закладки. Сюда относится целый ряд задач о пересечении выработки с пластом, как то: определение глубины проектируемой шахты или буровой скважины, закладываемой в определенном месте; нахождение места закладки наклонной или вертикальной шахты для вскрытия определенного запаса полезного ископаемого; определение наклона скважины, закладываемой в данном месте и долженствующей пересечь месторождение на определенной глубине, и т. д. Все эти задачи б. ч. решаются графически—методом проекций с числовыми отвесами.

Задачи при исследовании складок пластов. Сюда относится прежде всего вопрос о рациональной номенклатуре складок (см. *Стратиграфия*), до сих пор не решенный надлежащим образом; далее—построение осевой плоскости, выяснение характера складки (цилиндрическая, коническая или другого вида). Сюда же относятся вопросы о напластованиях в складках, о законах подчинения друг другу плоскостей напластования, определение элементов залегания пластов, входящих в складчатую свиту, построение разрезов отдельной складки или складчатой свиты различными плоскостями как вертикальными, так и наклонными. Решение этих вопросов имеет очень большое значение при истолковании данных разведки и в особенности при проектировании новых горных разработок, т. к. будущее соответствие проектных предположений действительности в высокой степени зависит от правильного решения указанных горно-геометрических задач. Во многом указанные выше задачи связаны с решением вопроса о силах сжатия, растяжения и т. п., образующих тектонику района.

Задачи, встречающиеся при исследовании сбросов, сдвигов и других дислокаций пластов и жил. Сюда прежде всего относится вопрос о классификации смещений. Геометрическая классификация смещений дана В. И. Бауманом [13]. В основу своей классификации В. И. Бауман кладет величину двугранного угла между плоскостями сброса и пласта. По вопросу о классификации смещений см. [14]. Для практики наиболее важными являются здесь вопросы о построении сместителя по данным разведок, об отыскании сброшенной части пласта и о задании наиболее короткой выработки для отыскания потерянной части месторождения. В литературе существует бесчисленное множество схематических правил, как задавать такую выработку [15]. Эта сама по себе сложная задача усложняется еще и тем, что сбрасыватель в действительности не представляет собою плоскости, а потому все правила и изображения, исходящие из представления трещины сбрасывателя в виде плоскости, могут значительно отклониться от действительности.

Вопрос о подсчете запасов месторождений. В. И. Бауман для вычисления S—поверхности пласта между двумя изогипсами—дает удобную ф-лу:

$$S = \sqrt{B^2 + C^2},$$

где B—площадь кольца между двумя изогипсами, а C—величина боковой поверхности прямого цилиндра, описанного по средней изогипсе. Для подсчета объема слоя между двумя горизонтальными секущими плоскостями штокообразного месторождения неправильной формы Бауман дает следующее правило: объем слоя равен полусумме объемов цилиндров, имеющих высотою расстояние между секущими плоскостями, а основанием—площадь верхней и нижней изогипсы без половины объема конуса, имеющего ту же высоту, а основанием—площадь кривой, соединяющей концы векторов, равных и параллельных проекциям образующих (проекции проводятся из одной какой-либо точки плана) [16]. Указанные выше ф-лы применяются для месторождений с постоянным содержанием полезного ископаемого в единице объема. Для месторождений с непостоянным содержанием или перехо-

дят к среднему содержанию или применяют способы графич. или графо-аналитич. интегрирования.

Способы наглядного изображения. Наглядное пространственное изображение месторождения и рудника имеет большое значение при решении различн. вопросов геологоразведочного и горнопромыслового характера. В нек-рых случаях обычные приемы изображения на планах и разрезах становятся недостаточными для целей практики и поэтому применяются другие приемы, как то: 1) изображение в аксонометрич. проекции; опыты построения таких изображений делались проф. П. М. Леонтовским и В. В. Никитиным [17]; большого распространения этот способ не получил; 2) изображение в векториальной проекции [18]; этот способ распространения также не получил; 3) пространственное изображение при помощи различных моделей; этот способ имеет значительное распространение (стеклянные модели Рейнско-Вестфальского района, модели нашего Геологич. комитета, модели многих рудников и месторождений Америки [19]); 4) изображение при помощи изолиний; этот способ имеет наибольшее распространение и вероятно получит еще большее. Сюда относятся напр. способы изображений рельефа пласта при помощи горизонталей, карты подземного рельефа, структурные карты америк. нефтяных месторождений и т. п. [20].

С составлением пластовых и других сводных карт и планов связан ряд вопросов, как то: установление рационального масштаба таких карт и планов, их содержания, выбор плоскостей сечения, условных обозначений, способов изображения и т. п. Введение единой системы координат для маркшейдерских карт и планов наших крупных горнопромышленных районов (Донецкого и Кузнецкого бассейнов, Кривого Рога) значительно облегчает составление сводных и пластовых карт и планов. Дело это находится у нас еще в зачаточном состоянии. Отдельные попытки, к-рые делались до сих пор, не дали достаточно удовлетворительных результатов. Крупным шагом вперед в этом направлении является работа геолого-маркшейдерского отдела Донугля, начавшего сплошную топографич. съемку Донецкого бассейна в масштабе $^1/_{2\,000}$ и положившего начало составлению сводных и пластовых карт Донецкого бассейна. Работы по составлению таких карт являются общими для маркшейдеров и геологов-разведчиков [21].

Метод изолиний. Этот метод в применении к решению различных задач разведки и горного искусства разрабатывается в течение целого ряда лет проф. П. К. Соболевским и дает весьма важные результаты. Исходным моментом для этого метода является возможность изображения на плоскости плана при помощи изолиний (изоплет) функции не только двух, трех, но и любого числа переменных, принимая во внимание, что все свойства месторождения являются функциями пространственных координат точки плюс время. Функциями тех же переменных являются и различные элементы промышленной жизни рудника, как то: стоимость проходки шахты и других выработок, водоотлива, откатки, вентиляции и т. п. Применяя метод изолиний и известную их интерпретацию, можно получить целый ряд интересных заключений и решать различные вопросы, как то: о наивыгоднейшем способе разведки данного месторождения, о его запасах, о наивыгоднейшем месте закладки шахты, разбивке месторождения на рабочие поля и т. п. [22].

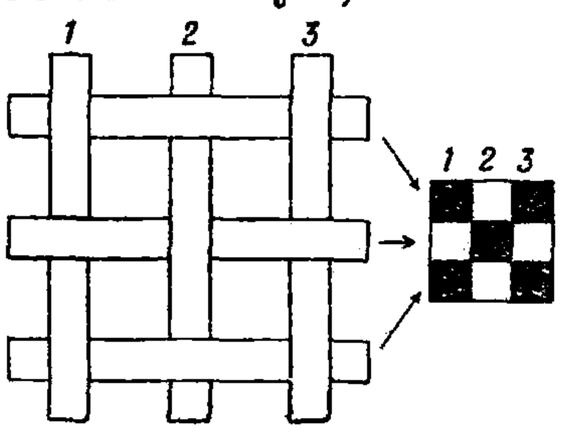
Вопрос о производстве систематич. наблюдений над сдвижением поверхности и вообще горных пород под влиянием горных разработок имеет первостепенное значение для определения размера охранных целиков, установления безвредной (или безопасной) глубины разработок, выяснения срока, в к-рый происходит и замирает процесс оседания, и т. п. Производство самих наблюдений требует детального установления объектов, подлежащих наблюдению; фактов, подлежащих регистрации; определения густоты геометрич. сети, на которой базируются наблюдения; способов наблюдений и частоты наблюдений во времени и т. п. [23].

Лит.: [1] Маркшейд. дело республики, Москва, 1922; Основные правила по маркшейд. делу и маркшейд. контролю, М., 1929; [2] Бауман В. И., Сравнительный очерк положения маркшейд. дела в России и Германии, «ГЖ», 1902, т. 1, стр. 229—264, 1902, т. 2, стр. 1—28, т. 3, стр. 1—58; [3] его же, О выборе системы координат для маркшейдерских карт и планов, «Изв. Об-ва горн. инж.», СПБ, 1898—99; его же, Триангуляция Донецкого бассейна, Петроград, 1917; [4] Келль Н. Г., Материалы по введению системы координат Гаусса-Крюгера на маркшейд. планах; [5] Бахурин И. М., Бауман В. И., Формуляры. Маркшейдерское дело республики, ч. 2, Москва, 1922; [6] Бауман В. И., О точности ориентировки рудничной съемки решением задачи Ганзена, «ГЖ», 1913, том 3, стр. 138—149, 1913; [7] Леонтовский П. М., Новый способ ориентирования рудничной съемки, «Южный инженер», Екатеринослав, 1917, *1*, стр. 1; Федукович В. С., К вопросу о зеркальном способе ориентировки рудничных съемок, «Маркшейдерские известия», Днепропетровск, 1925, *1*; [8] Галахов Ф. В., Однозеркальный способ примыкания к створу двух отвесов в шахте, «Труды I Общесибирского маркшейдерск. съезда», Томск, 1925, стр. 209—222; [9] его же, Многогрузовое ориентирование глубоких шахт, «Труды I Общесибирского маркшейдерского съезда», Томск, 1925; [10] Бахурин И. М., Об устройстве магнитной деклинатории в Донецком бассейне, «ГЖ», Москва, 1924, *11—12*, стр. 819; его же, Об устройстве магнитной обсерватории в Донбассе, «Известия Института прикладн. геофизики», Л., 1926, вып. 2, стр. 96; [11] Lüdemann K., Über die Genauigkeit von Teufenbandern aus Stahl und der damit ausgeführten Teufenmessungen, «Mitteilungen aus dem Markscheidewesen», Freiberg, 1924, Jahresheft; Schmidt M., Die Beschaffung genauer Seigerteufenangaben für Zwecke d. Bergbaues, «Jahrbuch f. d. Berg- u. Hüttenwesen in Königreich Sachsen», Dresden, 1885, p. 6; [12] Выдрин Ф. И. и Дисман А. И., Условные обозначения на маркшейд. картах и планах, Ленинград, 1926; [13] Бауман В. И., К вопросу о сбросах, сдвигах и других смещениях жил и пластов, «Записки Горн. ин-та», СПБ, 1908, т. 1, стр. 28—42; [14] Соболевский П. К., О смещениях, «Труды I Общесибирского маркшейд. съезда», Томск, 1925, стр. 158—167; [15] Леонтовский П. М., Правила отыскивания сброшенных частей пластовых залежей, «Горнозаводский листок», Харьков, 1906, *2—3*, стр. 77—103; [16] Бауман В. И., О вычислении запасов месторождений, «ГЖ», 1908, т. 4, стр. 209—225; Далинкевич И. А., Горная геометрия, Л., 1924; Леонтовский П. М., Элементы залегания пластов (горная геометрия), стр. 1—122, Екатеринослав, 1906; Hornoch A., Das Verwerferproblem im Lichte d. Markscheiders, Graz-Gerlach, Freiberg, 1927; [17] Леонтовский П. М., О применении ортогональных, векториальных и аксонометрических проекций на маркшейдерских планах, «Маркшейд. известия», Екатеринослав, 1911, вып. 4, стр. 49—66; [18] Федоров Е. С., Новая геометрия как основы черчения, стр. 125—128, СПБ, 1907; [19] Durham E. B., Mine Surveying, p. 288—301, N. Y., 1913; [20] Калицкий К., Геология нефти, стр. 41—75, П., 1921; [21] Фукс Н., Совещание по

вопросам детального геологич. картирования в Донбассе, «Вестник Донугля», Харьков, 1929, *62*, стр. 30; Кульбах С. Л., Съемка поверхности рудников, там же, *64*, стр. 26; Лемпицкий М., Пластовая карта польского каменноугольного бассейна, СПБ, 1892; [22]) Соболевский П. К., Маркшейд. искусство как методология для решения вопросов горного искусства и геологии, «Изв. Уральск. политехнического института», Свердловск, 1926; [23]) Бахурин И. М., Влияние рудничных разработок на дневную поверхность, «Справочник по каменноугольному делу», стр. 327—336, Харьков, 1928; Бауман В. И., Курс маркшейдерского искусства, ч. 1—3, СПБ, 1905—08 (имеется лит.); Леонтовский П. М., Практическ. курс горной геометрии, Ленинград, 1924; «Труды I Съезда маркшейдеров Южной России», Екатеринослав, 1910; «Труды I Всеросс. съезда маркшейдеров», П., 1914; Фрост Д. В., Графич. методы решения маркшейд. задач, Томск, 1907; Братгун О., Практическое руководство маркшейд. искусства, 2 изд., Александровск-Грушевский, 1903; Выдрин Ф. И., Краткий практич. курс маркшейд. искусства, М.—Л., 1926, «Маркшейд. известия», Днепропетровск; Wilski P., Lehrbuch d. Markscheidekunde, T. 1, B., 1929; Uhlich P., Lehrbuch d. Markscheidekunde, Freiberg, 1901; Brathuhn O., Lehrbuch d. praktischen Markscheidekunde, 4 Auflage, Leipzig, 1908; Mintrop L., Einführung in die Markscheidekunde, 3 Auflage, Berlin, 1920; «Mitteilungen aus dem Markscheidewesen», Beuthen; Brought B. H. and Deam H., A Treatise on Mine Surveying, 17 ed., London, 1926.

И. Бахурин.

МАРЛЯ, очень редкая, прозрачная и вместе с тем легкая по весу хлопч.-бум. ткань. Прозрачность и легкость этой ткани достигается тем, что как основные, так и уточные нити не прилегают в ткани одна к другой вплотную, как в обычных тканях, а отделяются более или менее заметными промежутками. По своей прозрачности и легкости эта ткань должна была бы быть отнесена скорее к классу ажурных тканей, но по способу своего построения марля принадлежит к гроденаплевому переплетению, а потому является простейшей тканью (фиг.). Четырехугольные отверстия (просветы), отличающие эту ткань, получаются вследствие того, что основные нити пробираются или в редкое бердо по одной нити в зуб, или в бердо нормальной плотности, но с повторным пропуском нескольких зубьев берда, число которых определяется размерами отверстий по ширине ткани. Движение основы на ткацком станке и навивание сработанного товара регулируются таким образом, чтобы последовательные прокидки утка размещались на расстояниях, отвечающих размерам отверстий по ширине ткани. По способу выработки суровую М. можно подразделить на М. тонкую и М. обыкновенную (подкладочную).



Тонкая М. вырабатывается шириною примерно в 75 *см*. Основа применяется из мюльной, высшей доброты пряжи № 40; уток также № 40 (англ.). Плотность ткани основою и утком одинакова и не превышает 16 нитей в 1 *см*². Марля тонкая работается в 2 ремизки. Проборка основы—по одной нити в галю ремизки и по одной нити в зуб берда; закрайки—по 2 зуба в край, 2 нити в зуб берда. Бердо—940 зубов: по одной нити в зуб—936 нитей; закрайки—8 нитей, всего 944 нити. Длина куска ткани равна ~88,9 *м*; вес ~2,8 *кг*. Ход станка ~210 об/м. М. обыкновенная (подкладочная) вырабатывается при берде шириною ~1.13 *м*, равном 1 600 зубьям. Основа—медио № 30 (англ.) 1 596 нитей, закрайки—8 нитей, а всего основы 1 604 нити. Уток—ватер № 30 (англ.). Плотность ткани 12—13 нитей и не превышает 16 нитей на 1 *см*². Длина куска ткани ~88,9 *м*; вес ~6 *кг*. М. обыкновенная работается в 4 ремизки—две за одну. Проборка основы по одной нити в галю ремизки и по одной нити в зуб берда; закрайки по 2 зуба в край, по 2 нити в зуб. Ход станка ~175 об/м. Тонкая М., обезжиренная и беленая особым химич. способом или обработанная карболовой кислотою, называется гигроскопическою, или карбонизированной, и поступает для медицинских целей. М. обыкновенная, беленая или окрашенная в различные цвета, употребляется на подкладку к платьям, а особо апретированная (жесткая) идет как подкладка на женские шляпы, платяные подолы и пр. **С. Молчанов.**

МАРТЕНОВСКИЕ ПЕЧИ, см. *Мартеновское производство.*

МАРТЕНОВСКИЙ ПРОЦЕСС, см. *Мартеновское производство.*

МАРТЕНОВСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО, сименс-мартеновское производство, получение различных сортов литого железа и стали на поду мартеновской (сименс-мартеновской) печи путем переработки в ней чугуна, железного, стального и чугунного лома, брака и различн. отходов металлообрабатывающей пром-сти (концы, обсечки, обрезки, стружки и т. д.).

В рабочем пространстве мартеновской печи происходят следующие процессы: 1) расплавление металлической садки, загруженной в печь; 2) нагревание полученных на поду рабочего пространства жидкого металла и шлака до требуемой ходом процесса высокой $t°$; 3) окисление избыточных и вредных примесей металлической садки; 4) доведение металла и шлака до требуемого состава и $t°$; 5) раскисление металла и его выпуск для разливки. М. п. имеет целый ряд преимуществ перед другими способами получения литой стали (бессемеровским, томасовским, тигельным и др.), а именно: 1) дает техническ. возможности перерабатывать садки самого разнообразного химич. состава, с высоким содержанием вредных примесей (серы и фосфора); 2) позволяет менять в широких пределах состав шихты, допуская работу на одном чугуне—жидком или твердом (рудный процесс), на смеси чугуна со скрапом в различных соотношениях (скрап-процесс, скрап-рудный процесс) или на одном скрапе без чугуна (карбюраторный скрап-процесс); 3) позволяет работать как на жидкой, так и на твердой завалке; 4) дает возможность получать в больших количествах металл самого разнообразного состава до ответственных сортов специальной стали включительно. Все эти преимущества привели к тому, что производство литой стали в мартеновской печи охватывает в настоящее время 75—80% всей мировой выплавки стали, являясь в большинстве случаев наиболее гибким и универсальным с технической и наиболее рентабельным с экономической точек зрения. Датой введения мартеновского процесса можно считать 1865 г., когда П. Мартен впервые удачно применил для выплавки стали на з-де в Сирейль близ Ангулема печь системы Сименса. Первая русская мартеновская печь была построена на Сормовском з-де А. А. Износковым по чертежам В. Сименса в 1869 г.

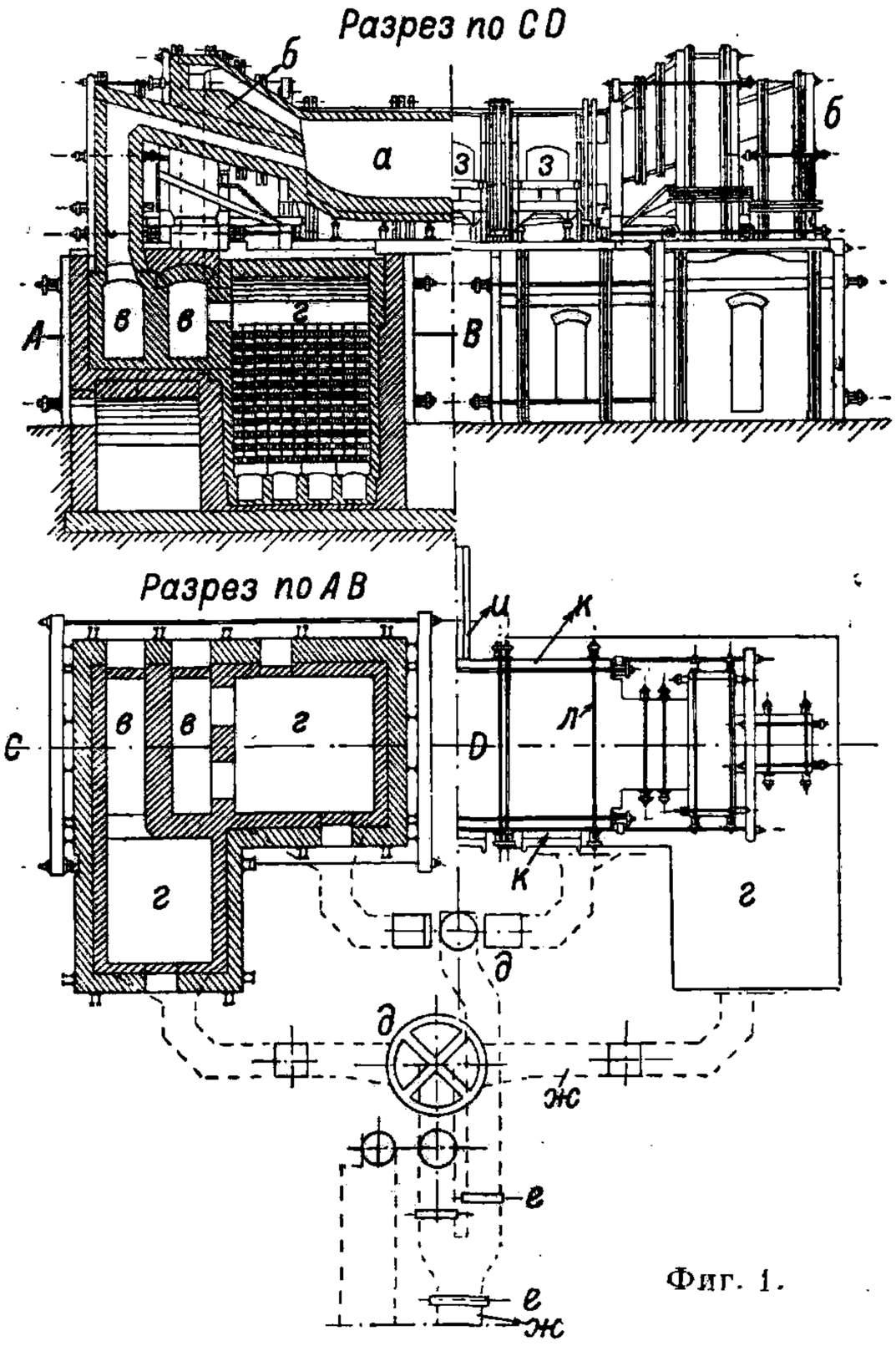
I. Топливо мартеновских печей.

До начала настоящего века генераторный газ из каменного угля и отчасти из древесного топлива был наиболее распространенным и наиболее желательным топливом для мартеновских печей. Преимущества его—до-

статочно высокая теплотворная способность, хорошая светимость пламени (присутствие в газе значительного количества смоляных паров и тяжелых углеводородов) и сравнительно легкая (для рабочих) регулировка процесса горения. Недостатки его — все повышающаяся стоимость хороших сортов газового угля и дров; сильное влияние колебаний состава газа на ход печи; тяжелое и дорогое обслуживание газогенераторов; переход серы минерального топлива в газ и ее воздействие на металлическую ванну; сильная влажность дровяного и торфяного газа; засорение газопроводов смолой и сажей и необходимость их периодической чистки. Все это привело к тому, что современные мартеновские печи предпочитают вести на высококачественном топливе, допускающем применение автоматич. регулировки не только для установления требуемого качества газа (его теплотворной способности), но и для контроля самого процесса горения. В качестве такого топлива в США широко пользуются натуральным нефтяным (7 000—7 500 Cal/$м^3$) и коксовальным (4 000—5 000 Cal/$м^3$) газами, подводя его холодным (без подогрева в регенераторах) прямо в рабочее пространство мартеновской печи и сжигая при помощи особых горелок. Такой способ сжигания позволяет легко комбинировать (для сообщения пламени светимости) газовое топливо с жидким (нефть, мазут, каменноугольная смола) или же совсем заменить его жидким при благоприятной конъюнктуре рынка. Жидкое топливо вводится в рабочее пространство при помощи форсунок, часто самого простого устройства, и распыливается сжатым воздухом (3—6 *atm*) или—реже—паром. Хорошие результаты дает распыливание нагретым воздухом или перегретым паром (США). Число мартеновских печей, работающих в США на генераторном газе, уменьшается с каждым годом. По тому же пути идет и европейская практика с тою только разницей, что здесь предпочтение отдается отоплению с м е ш а н н ы м доменно-коксовальным или же доменно-коксовально-генераторным газом. Использование доменного и коксовального газа в мартеновских печах передельных заводов представляется более экономичным, чем сжигание в генераторах дорогого газового угля, дает меньшее количество серы в продуктах горения, позволяет легко регулировать теплотворную способность смеси и вести автоматический контроль процесса горения (очищенный газ). Современные мартеновские печи обыкновенно работают на смешанном газе с теплотворной способностью 2 000—2 200 Cal/$м^3$ в начале плавки и 1 600—1 800 Cal/$м^3$ в конце плавки. Для лучшей светимости пламени необходим хороший подогрев газа в регенераторах (разложение CH_4 и других углеводородов с выделением сажистого углерода). Примесь генераторного газа в значительной степени увеличивает светимость пламени. Некоторые заводы предпочитают прибавлять к смешанному газу каменноугольную смолу, что является необходимым при работе на холодном коксовальном газе. Последний способ отопления распространен сравнительно мало на континенте Европы. В Англии предпочитают работу на генераторном газе. Переход на смешанное отопление доменно-коксовальным газом запроектирован для всех новых и реконструируемых передельных заводов СССР. Заводы Урала и ЦПО, а также заводы Швеции и Финляндии издавна вели работу в мартеновских печах на дровяном и торфяном генераторном газе. Имея хорошее светящееся пламя, газ этот дает сравнительно низкую температуру вследствие высокого содержания в нем паров воды и не может обеспечить высокую производительность мартеновских печей.

II. Конструкции мартеновских печей.

Мартеновская печь состоит из следующих частей (фиг. 1): *а*—рабочее пространство;



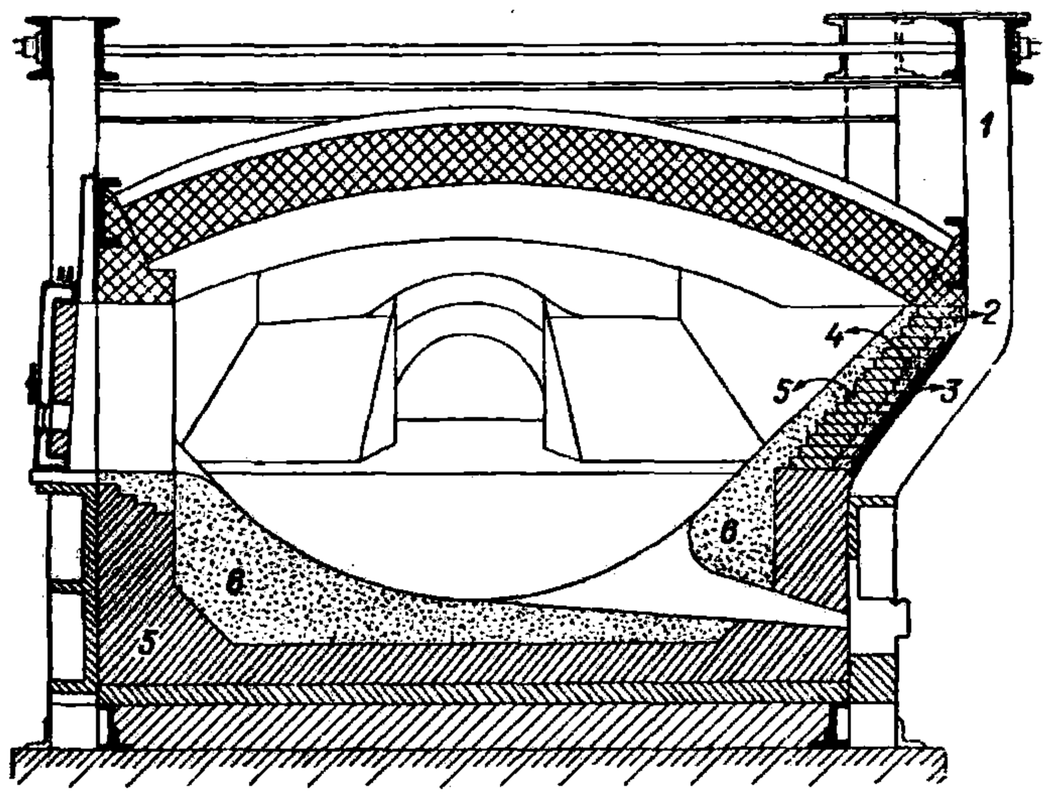
Фиг. 1.

б—головки с каналами для воздуха и газа; *в*—шлаковики; *г*—регенераторы; *д*—перекидные клапаны; *е*—дымовые шиберы; *жс*—дымовые борова, ведущие к дымовой трубе. Загрузка шихты производится через р а б о ч и е, или с а д о ч н ы е, о к н а *з*, которые устраиваются в передней стенке мартеновской печи. Печи малого и среднего размера (5—50 *т*) обыкновенно имеют по три садочных окна, печи большей вместимости (50—150 *т*)—по пять окон, и только у самых больших америк. печей (200—350 *т*) число садочных окон доводится до семи. В задней стенке мартеновской печи делается выпускное отверстие *и*, через которое металл м. б. выпущен по специальному выпускному жолобу в разливочный ковш.

1. П о д (п о д и н а) мартеновских печей, образующий ванну для металла и шлака,

делается из высокосортных огнеупорных материалов, кислых (кремнистых) или основных (магнезита и доломита), и состоит из кирпичной кладки, на которой располагается набойка (наварка). Общая толщина подины 350—850 *мм*. Мартеновские печи работают в большинстве случаев с основным и реже с кислым подом. Наварка его делается с уклоном (0,05—0,10) к выпускному отверстию. К продольным и поперечным стенам печи подина повышается более круто (уклон 1 : 2, 1 : 1,5 и 1 : 1), образуя так наз. откосы. Откосы обыкновенно выводятся до уровня вскипания ванны, т. е. до того уровня, на котором шлак может оказывать свое разъедающее действие на материал откосов. Толщина передней и задней стен мартеновской печи обычно 650—750 *мм* у откосов и 350—550 *мм* под сводом. Америк. печи имеют стены только в 2 кирпича (460 *мм*) толщиной. В кислых печах стены и кладка пода выкладываются из динаса, в печах с основной набойкой—из магнезитового кирпича. Задняя стенка часто кладется из крупных кусков хромистого железняка (содержание Cr_2O_3 не ниже 42—45%). Размеры рабочих окон в малых печах 600÷850×650 *мм*, в больших—850÷1 100×1 100 *мм*. Для уменьшения засоса воздуха и тепловых потерь у больших печей иногда предпочитают иметь 3 окна по 1 250—1 300 *мм* вместо 5 окон по 1 100 *мм* шириной. При наличии больших количеств крупного лома нек-рые заводы делают среднее окно большего размера. При малых печах, наоборот, часто делают среднее окно малого размера и пользуются им только для взятия пробы и наблюдения за ходом плавки. Для предохранения арок и простенков рабочих окон от разгорания и дальнейшего разрушения лотками завалочной машины арматуру современных мартеновских печей делают с водяным охлаждением рамок и заслонок садочных (рабочих) окон (фиг. 15). Такая конструкция не только повышает стойкость передней стенки, но и значительно облегчает работу персонала по обслуживанию печи. Задняя стенка рабочего пространства работает в смысле разгара в более тяжелых условиях, чем передняя. Большого внимания заслуживает новая конструкция задней стенки, в которой внутренняя поверхность имеет уклон 45—52° и может заправляться (так же, как и откосы) молотым доломитом (сухим или со смолой) после каждой плавки (фиг. 2, где *1*—изогнутые наличники, *2*—наклонная задняя стенка, *3*—опорная плита для наклонной стенки, *4*—шамотный кирпич, *5*—магнезитовый кирпич, *6*—доломитовая наварка).

2. Свод рабочего пространства кладется из высших сортов кремнистого (так наз. динасового) кирпича. Толщина свода делается в один кирпич (230 *мм* для малых и 300 *мм* для средних печей). Своды больших печей для лучшей устойчивости при разгаре и для более интенсивного охлаждения, а также для облегчения ремонта делают ребристыми или гребенчатыми. Гребенчатый свод кладется отдельными арками из кирпича разной высоты, причем три или четыре арки делаются из обычного кирпича (300 *мм*), а одна—из кирпича увеличенного размера (450 *мм*), образующего выступающий над сводом гребень или ребро со скошенными для удобства ремонта краями. Радиус свода часто дается равным ширине печи по наружной кладке или более, что дает центральный угол охвата свода 45—60°. По длине печи свод делается прямым или понурым к головкам. Последняя форма предпочитается нек-рыми практиками как более устойчивая в случае разгара свода. При наклонной задней стенке пяты



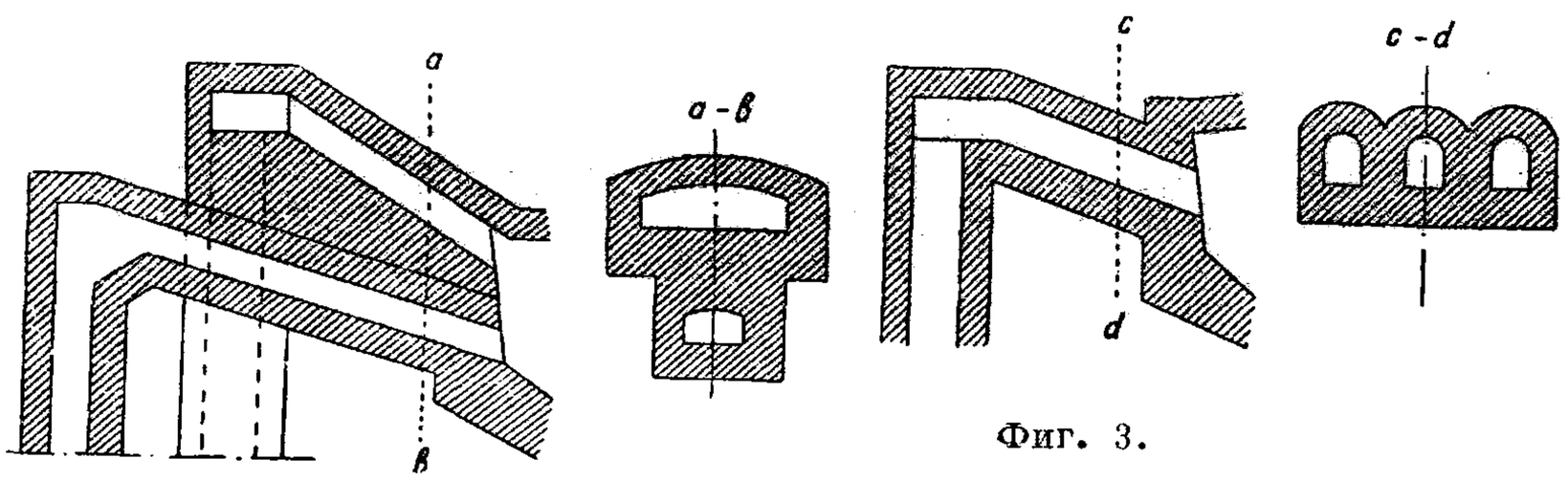
Фиг. 2.

главного свода закладываются на разной высоте. Обычно свод кладется отдельными арками. Удлинение свода в продольном направлении, вызываемое разогревом и ростом (перерождением) динасового кирпича, компенсируется тремя или четырьмя поперечными просветами в 25—40 *мм* шириной, в которые закладываются деревянные доски, сгорающие во время разогрева печи. Такие же, но более мелкие, $t°$-ные швы оставляются и в кладке стен рабочего пространства. Испробованные в Америке подвесные своды пока не дали особых преимуществ.

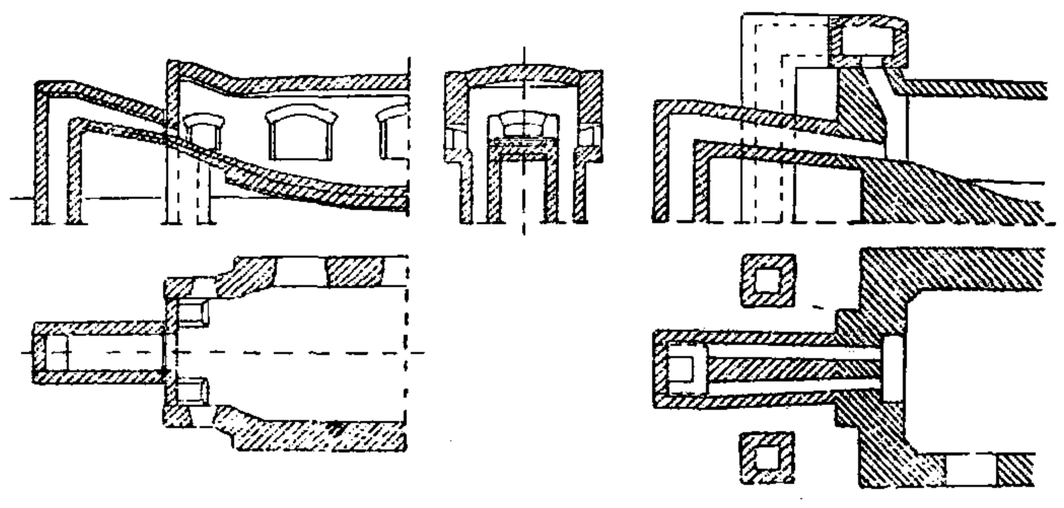
3. Кладка рабочего пространства скрепляется металлич. арматурой (фиг. 1) из чугунных или стальных литых плит (личин, обставных досок *к*), стягиваемых при помощи горизонтальных связей *л* и вертикальных балок или наличников. У печей малого размера последние делаются из рельсов, у средних печей—из двутавровых балок или швеллеров (№ 24—32), скрепленных по 2—3 штуки, у печей большого размера наличники усиливаются листами и затягиваются болтами к обставным плитам. Американцы часто применяют для этой цели плоские болванки размером 400×40 *мм*, поставленные на ребро и соединенные в группы по 2—3—5 штук с просветами между отдельными болванками. Под и стены рабочего пространства выкладываются на литых чугунных подовых плитах (прямых или наклонных) или в особом клепаном из котельного железа кожухе. В Америке применяют катаные швеллеры, положенные один возле другого полками вниз и накрытые сверху котельным железом 12—20 *мм* толщиной. Подовые плиты покоятся на поперечных катаных или клепаных (редко—литых) двутавровых или коробчатого сечения балках, опи-

рающихся на продольные кирпичные стены регенераторов или на клепаные продольные балки (две или три), опирающиеся на свободно стоящие металлич. (литые или клепаные) колонны. Обе эти системы применяются и в европ. практике. Из них первая (подина, опирающаяся на стенки регенераторов) позволяет расположить воздушные регенераторы под печью и дает более дешевую конструкцию, допускаемую для печей небольшого размера. Вторая (подина, опирающаяся на свободно стоящие колонны) дает более дорогую, но более совершенную конструкцию, устраняет влияние $t°$-ных расширений стен камер на строение верхней части печи, дает лучшее охлаждение подовых плит, но требует выноса регенераторов под рабочую площадку. В Америке применяется только вторая система, причем подовые листы укладываются на продольные двутавровые балки большого размера (до 600—650 *мм* высотой), уложенные на близком друг от друга расстоянии и опирающиеся на 2—3 кирпичных стенки. Общий вес рабочего пространства с кладкой, арматурой и металлич. ванной для предварительных подсчетов можно принять равным 6—8-кратному весу металлической садки печи.

4. Каналы, служащие для подвода в рабоч. пространство печи газа и воздуха («пролеты») и для отвода из него продуктов горения, расположены в т. н. головках. Головки должны создавать в рабочем пространстве печи интенсивно лучеиспускающий поток пламени, направленный т. о., чтобы фокус наивысшей $t°$ был по возможности удален от свода и приближен к поверхности ванны, для чего струи газа и воздуха, вступающие в рабочее пространство, должны иметь надлежащие скорости и направление. Для лучшего использования тепла и получения большей производительности печи выгодно облегчить и ускорить реакции горения газа в рабочем пространстве (лучшее смешение газовой и воздушной струй, предварительное смешение газа с воздухом, более совершенное распыление жидкого топлива и т. д.). По расположению газовых и воздушных окон головки можно разбить на два типа: двухэтажные и одноэтажные (фиг. 3). Первые—с расположением газовых каналов внизу и воздушных над ними—наиболее распространены. Прежде делали два газовых и два воздушных окна, теперь предпочитают иметь по одному окну как для газа, так и для воздуха. Одноэтажные головки почти вышли из употребления и остались только на нескольких шведских и уральских заводах; газовые и воздушные каналы при этом располагаются в одной плоскости, причем число каналов обычно равняется трем (средний газовый и два воздушные по бокам). Для лучшего перемешивания газа и воздуха воздушным пролетам придают более крутой наклон (двухэтажные головки) или воздушные каналы делают сходящимися (одноэтажные головки) для направления под углом воздушных струй на газовую. Простенки и сводики между газовыми и воздушными пролетами с выходной стороны печи подвергаются воздействию «хвостов пламени», имеющих очень высокую $t°$. Ударяясь о лобовую часть пролетов и проходя через пламенные окна с очень большой скоростью (порядка 25—45 *м/ск* при $t°$ 1 600°), продукты горения тем легче оплавляют пролеты, чем выше их $t°$ и чем больше они несут с собой механически взвешенных частиц железистого шлака, известковой пыли, рудной мелочи и других основных веществ, способных оказывать разъедающее действие на кремнистую кладку головок. С разгаром головок сечение пламенных окон увеличивается, скорости газа и воздуха уменьшаются, поток пламени теряет свою настильность, засасываемый под заслонки рабочих окон холодный воздух не отжимается с поверхности ванны, а фокус горения начинает приближаться к своду. В результате интенсивность нагревания ванны уменьшается, увеличивается расход топлива, падает производительность печи, начинает «гореть» свод, и печь выходит из строя. Головки должны давать возможность поддерживать как можно дольше неизменный режим—в смысле скорости и направления потока пламени. Особенно важное значение для хорошей работы печи имеет правильное направление газовой струи. Борьба с разгаром головок ведется след. конструктивными мерами: 1) устранением простенков и сводиков, омываемых продуктами горения с двух сторон и не имеющих наружных охлаждаемых поверхностей,—головки Мерца (Maerz) (см. фиг. 4) и Бернгардта (фиг. 5),—дающие однако несколько худшее смешение газа с воздухом (Мерц) или отвлечение хвостов пламени от поверхности ванны (Бато и Бернгардт); 2) применением конструкции, допускающей быструю смену всей разгоревшей головки или части ее; сюда относятся откатные головки сист. Вельмана и сменяемые головки сист. Фридриха (фиг. 6); 3) применением водяного охлаждения, к к-рому при-

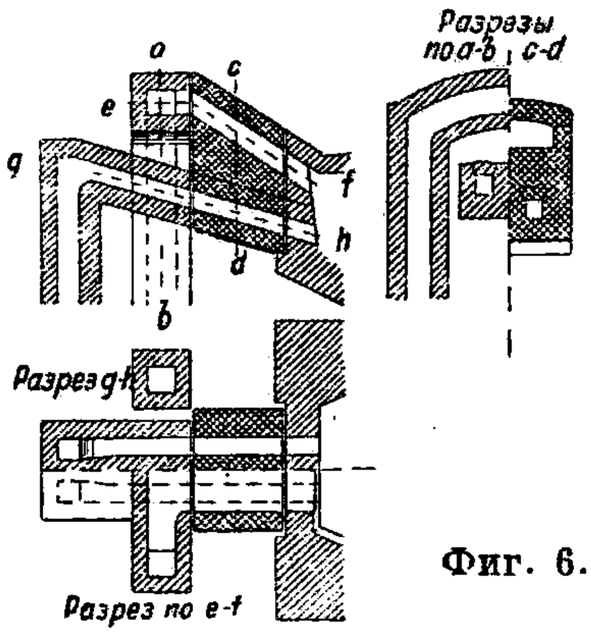


Фиг. 3.

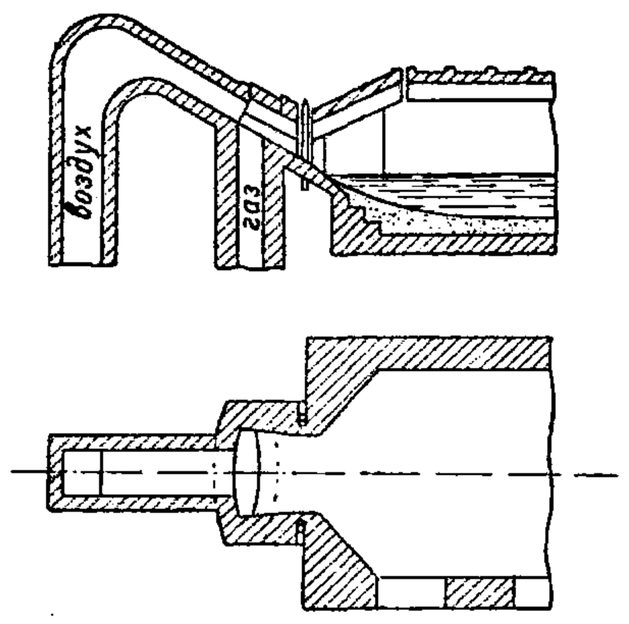

Фиг. 4.

Фиг. 5.

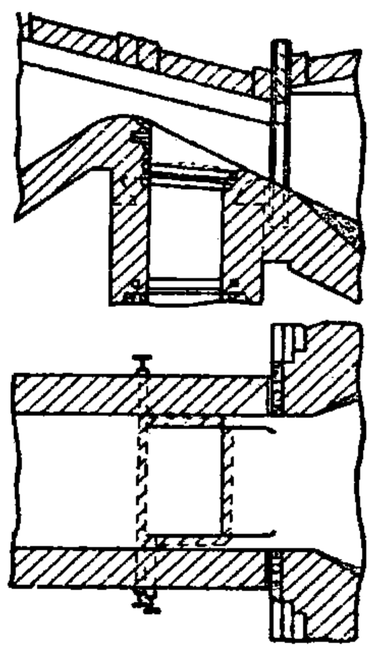
бегают теперь все чаще и чаще. Следует еще упомянуть а) конструкции головок, пользующиеся предварительным смешением газа и воздуха [головки Моля (фиг. 7 и 8), Вентури, Лофтуса и др.]; они улучшают условия горения и позволяют сжигать в рабочем пространстве большее количество топлива; б) конструкции головок с переменным сечением пламен. окон (Мак Кюна, Иглера и др.). Идея устройства их такова: для прохода газа и воздуха пролетам дается узкое сечение, необходимое для получения высоких скоростей, а при проходе продуктов горения сечение соответственных пролетов увеличивается для уменьшения сопротивления при проходе дыма. Изменение сечения пламенных окон производится при помощи охлаждаемых водой задвижек или тарельчатых клапанов. Головки этого типа трудно выполнимы и пока имеют сравнительно малое распространение.



Фиг. 6.



Фиг. 7.



Фиг. 8.

Сечения пролетов проектируются на довольно высокие скорости газа и воздуха. Принятые в герм. практике (Bansen) скорости газа и воздуха при вступлении в рабочее пространство следующие:

		Обычные пределы	Среднее значение	Максим. значение
Скорость газа, *м/ск*	при 0° . .	4—9	6	12
	при 1 100°	20—45	30	60
Скорость воздуха, *м/ск*	при 0° . .	1,5—3,5	2,0	5
	при 1 100°	7,5—17,5	10,0	25

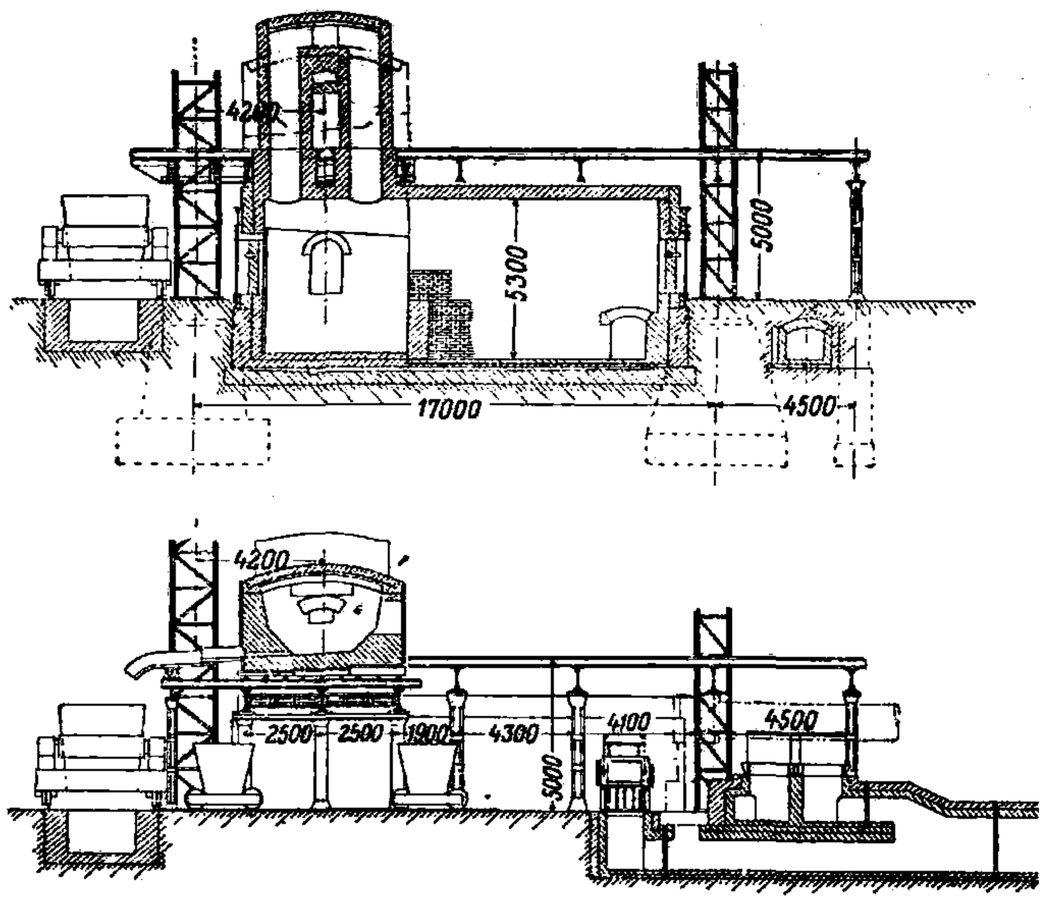
Уклон пролетов колеблется в следующих пределах: для газа 10—20° (среднее 15°, максим. 30°), для воздуха 25—35° (среднее 30°, максим. 45°). При одноэтажных головках уклон газовых и воздушных каналов делается одинаковым и в среднем колеблется в пределах 23—30°. В случае отопления мартеновских печей холодным коксовальным или же естественным газом таковой вводится при помощи особых горелок через торцевые стены печи (по одной или по две горелки с каждой стороны). В этом случае струе газа в виду его легкости (1 *м*³ генераторного или смешанного газа весит 1,10—1,20 *кг*, а коксовального—0,5—0,6 *кг*) дается наибольшая скорость 45—60 *м/ск*. С торцевой же стороны часто устанавливаются и форсунки для жидкого топлива (нефти, мазута, каменноугольной смолы). Воздух при этом подается снизу двумя или тремя вертикальными каналами, в простенках между к-рыми и устанавливают форсунки (горелки). Иногда форсунки для жидкого топлива устанавливают вместо газового канала, а воздух подается, как обычно, через верхний пролет. Такая конструкция дает хорошие условия горения и лучше предохраняет свод, но отвлекает от ванны хвосты пламени.

Вертикальные каналы соединяют пролеты со шлаковиками и регенераторами. Для уменьшения сопротивлений при движении газа, воздуха и продуктов горения живое сечение вертикальных каналов делают на 25—50%, а иногда и на 100% больше сечения соответственных пролетов. Стены вертикальных каналов обычно кладут из динаса толщиной в 1—1½ кирпича (230—350 *мм*) с таким расчетом, чтобы естественное охлаждение кладки уменьшало разгар каналов. Особенно сильному разгару подвергаются тыльные стенки каналов, а потому иногда в этих местах применяют водяное охлаждение (трубки или коробки с водой). Хорошую стойкость можно получить, выкладывая тыльные стенки из обрезков железных трубок (⌀ 5 *см*) с магнезитовой или хромо-магнезитовой набойкой как трубок, так и пространства между ними.

5. Шлаковики—камеры между вертикальными каналами и регенеративными насадками—предназначены для осаждения в них по возможности большого количества твердых и жидких частиц (флюса, руды, шлака и др.), увлекаемых продуктами горения из рабочего пространства. Благодаря шлаковикам служба насадок увеличивается до 600—1 100 плавок (в среднем 800), а в отдельных случаях поднимается до 2 500—3 000 плавок. Уже 800 *мм* шлаковики делать не рекомендуется, так как извлечение из них шлака становится затруднительным. Углублять шлаковики ниже уровня заводского пола рекомендуется только при малой высоте рабочей площадки мартеновской печи. Если она 5 *м* и более, то под шлаковиков можно делать на одной высоте с уровнем заводского пола.

6. Регенераторы. Мартеновские печи, работающие на генераторном или смешанном газе, имеют с каждой стороны по паре регенеративных камер (газовая и воздушная). Мартеновские печи, работающие на жидком топливе или холодном высококалорийном газе, имеют только воздушные регенераторы. Регенераторы выполняют двойную работу: 1) нагревают до высокой *t*° (1 000—1 200°) поступающие в печь газ и воздух; 2) создают в верхних частях газовых и воздушных каналов то положительное давление и скорость, к-рые обусловливают правильное движение газа и воздуха в рабочем пространстве печи. Первое требование (подогрев газа и воздуха) выполняется при наличии достаточного объема регенеративных насадок, а следовательно их веса и поверхности нагрева. Второе требование определяется

главн. обр. высотой насадок или, вернее, высотой столба нагретого газа (или воздуха), заполняющего регенераторы, шлаковики, вертикальные каналы и пролеты. Грубо говоря, 1 *м* высоты этого столба создает в среднем разность давления в 1 *мм* водяного столба (для газа несколько больше, для воздуха—меньше). Получающаяся разность весов наружного (холодного) столба воздуха и внутреннего, нагретого в регенераторах до средней $t°$ 600°, т. е. $\left(\frac{100+1\,100}{2}\right)$, создает в регенераторах и каналах печи тягу, т. е. позволяет за счет накопленного давления преодолевать сопротивления, встречающиеся на пути движения газа и воздуха (трение о стены каналов, потери скорости при поворотах, расширении и сужении струи и т. д.). Необходимость работы с высокими скоростями газа и воздуха в головках мартеновских печей заставляет обращать особое внимание на высоту регенеративных насадок. Для этой цели уровень пола регенераторов закладывается возможно глубже в землю (на 5,5—6,5 и даже 8,5 *м* ниже уровня заводского пола),



Фиг. 9.

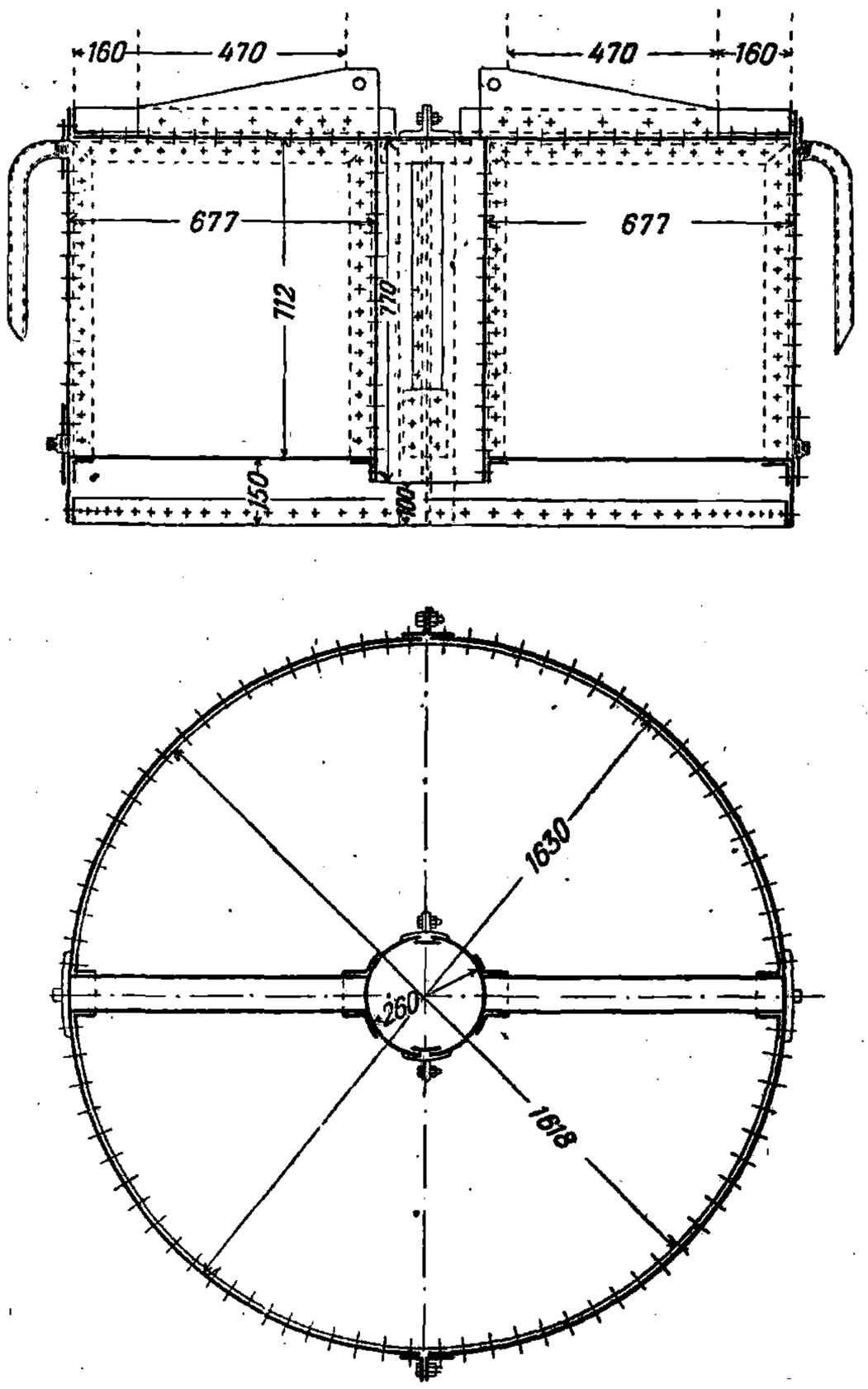
а высота рабочей площадки современных мартеновских мастерских поднимается на 5—7 *м* над уровнем заводского пола. Увеличение высоты регенеративных насадок имеет и другие преимущества, а именно: уменьшает потерю тепла в атмосферу, создает более равномерную работу решетки в отдельных точках горизонтального сечения и тем повышает использование объема камеры. Стремление к высоким насадкам является характерным для европ. техников, рискующих применять даже такой дорогой и мало надежный способ, как опускание регенераторов в водоносные слои грунта путем выкладки их в клепаном железном бетонированном кессоне. Америк. техники до последнего времени не придавали этому вопросу большого значения и компенсировали недостаток напора применением вентиляторов. При большом размере печей они получали сильно вытянутые в горизонтальном направлении, а следовательно и неравномерно работающие, насадки.

По характеру движения газовой струи различают насадки вертикальные, или стоячие, и насадки горизонтальные, или лежачие, очень часто называемые з а б о р н ы м и (фиг. 9). С этим последним типом не следует смешивать упомянутые выше насадки американского типа, сильно вытянутые в горизонтальном направлении, но имеющие вертикальные каналы, а следовательно и вертикальное движение газообразных продуктов. Высота насадки регенераторов современных европейских печей обычно доводится до 4,5—6,5 *м*; в печах старой конструкции, особенно на уральских заводах (высокие почвенные воды), часто встречаются насадки высотой 2—3 *м*. Америк. печи обычно имеют насадки 3—4,0 *м* высоты. Для правильного распределения газов и равномерной работы всей насадки, над нею и под нею оставляют достаточно высокое свободное пространство (600—800 *мм* для малых, 1 000—1 200 *мм* для средних и 1 200—1 500 *мм* для больших печей). При высоте насадки ~ 4 *м* и просветах по 1,0 *м* выше и ниже насадок процент заполнения объема камеры насадкой падает до 66. Для средних условий европейск. практики заполнение камер колеблется в пределах 50—80% (в среднем 75%). При малой высоте насадки целесообразно заполнять весь объем камеры насадкой заборного типа или делать насадки с двумя оборотами. Большинство насадок европ. печей делается в виде обычной решетки Сименса из кирпича толщиной 65—100 *мм* (в среднем 80 *мм*), причем кирпич ставится на узкое длинное ребро. Просветы между кирпичами делаются 80—120 *мм* (в среднем 100 *мм*). Иногда применяется насадка типа коупера с толщиной кирпича от 60 до 65 *мм* и величиной просвета ячейки в 100 × 100, 120 × 120 и даже 185 × 185 *мм*.

Работа регенеративных насадок протекает в очень тяжелых условиях (оплавление кирпича, занос прозоров шлаком и пылью), а потому применение фасонного тонкостенного кирпича с искусственно развитой поверхностью нагрева, многократно предлагавшееся отдельными изобретателями, не давало обычно на практике реальных преимуществ. Вес 1 $м^3$ насадки обычно колеблется в пределах 500—1 100 *кг* (в среднем 800 *кг*), а поверхность нагрева 1 $м^3$, в зависимости от толщины кирпича и размера просветов, доходит до 13—22 $м^2$. Применение насадки коупера можно рекомендовать при высоких регенераторах; при вытянутых насадках предпочтительны решетки, допускающие диагональное движение газа. Американцы предпочитают насадки, уложенные плашмя в клетку из кирпича размером 115 × 115 × × 265 *мм* или 115 × 115 × 340 *мм* ($4^1/_2 \times 4^1/_2 \times 10^1/_2''$ или $4^1/_2 \times 4^1/_2 \times 13^1/_2''$) с размером ячейки в свету 152 × 152 *мм*; 178 × 178 *мм* и 230 × 230 *мм* (6 × 6″, 7 × 7″ и 9 × 9″), что вряд ли можно считать рациональным с точки зрения улучшения условий теплопередачи. Своды и верхнюю часть стен и насадки регенераторов (на $^1/_3$—$^1/_2$) делают из динаса, низ—из шамотного кирпича. Стены регенераторов состоят из двух слоев: наружного (в $1^1/_2$—2 кирпича), из обыкновенного кирпича, и внутреннего (в 1—$1^1/_2$ кирпича), из огнеупорного кирпича. Снаружи кладка стягивается арматурой, состоящей из вертикальных и горизонтальных балок, скреп-

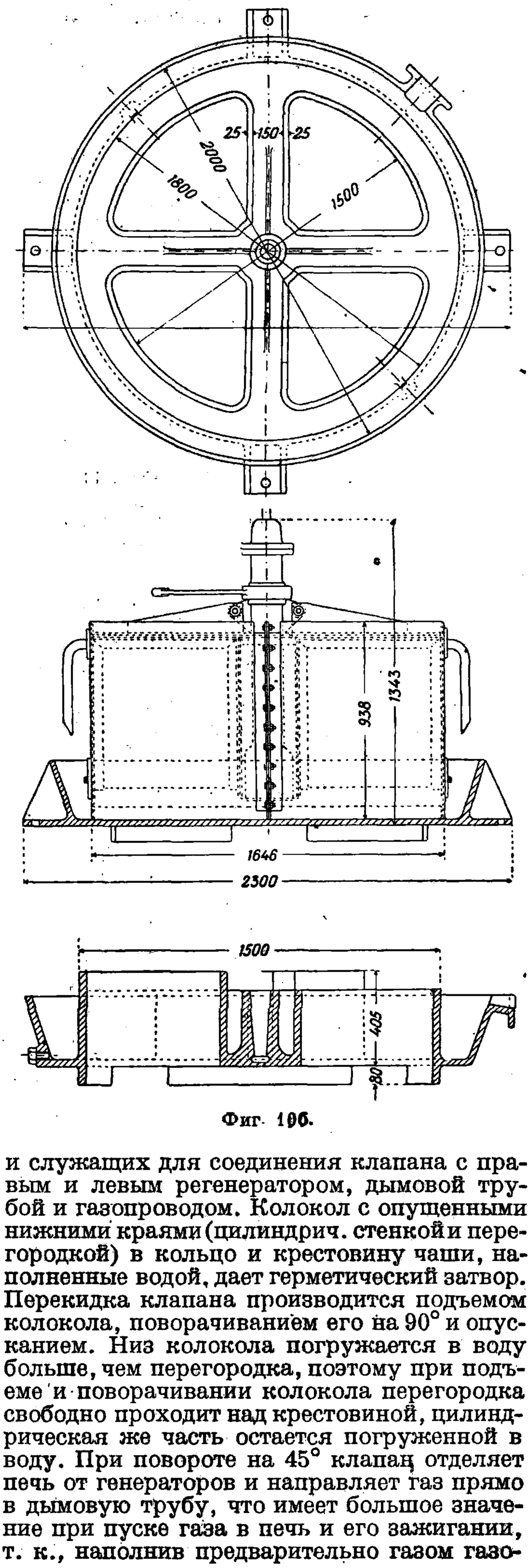
ленных связями. Для лучшей изоляции камер от потери тепла и засоса воздуха камеры обкладывают снаружи железными листами или заключают в клепаный кожух с закругленными очертаниями. В этих случаях между кожухом и стенками камер делается теплоизолирующая прослойка. Иногда своды и наружные стены камер обмазывают особыми теплоизолирующими и воздухонепроницаемыми составами. В старых печах малого размера регенераторы обычно располагались под печью. С увеличением размеров печей американцы начали выносить камеры под рабочую площадку. Такой тип является в настоящее время у них наиболее распространенным, а для печей качающегося типа он обязателен. Европ. печи среднего размера иногда применяют смешанное расположение камер (воздушные—под печью, газовые—вынесенные под рабочую площадку).

7. Перекидные и регулирующие клапаны служат для перемены направления движения пламени в рабочем пространстве, для регулировки количества газа и воздуха, поступающего в печь, и для управления тягой дымовой трубы. В качестве перекидных клапанов при мартеновских печах применяются для газа клапаны следующих типов. а) Барабан, или колокол, наиболее распространен для печей малого и среднего размера. Клапан (фиг. 10а, 10б) со-



Фиг. 10а.

стоит из нижней неподвижной литой чаши, имеющей форму кольца с крестовиной, и верхнего колокола, разделенного диаметральной перегородкой на 2 части. Чаша устанавливается на стенках четырех вертикальных каналов, расположенных по углам квадрата



Фиг. 10б.

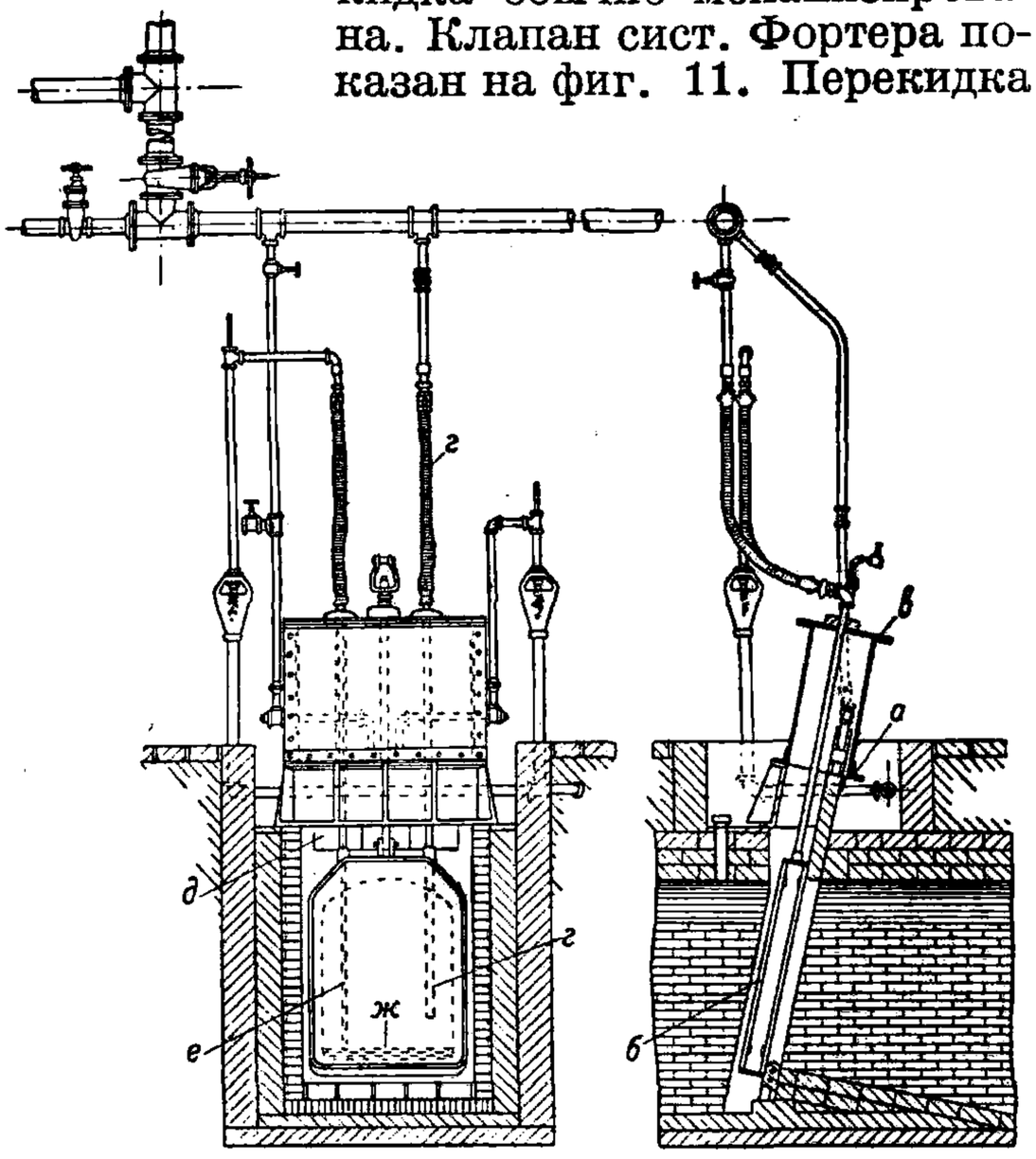
и служащих для соединения клапана с правым и левым регенератором, дымовой трубой и газопроводом. Колокол с опущенными нижними краями (цилиндрич. стенкой и перегородкой) в кольцо и крестовину чаши, наполненные водой, дает герметический затвор. Перекидка клапана производится подъемом колокола, поворачиванием его на 90° и опусканием. Низ колокола погружается в воду больше, чем перегородка, поэтому при подъеме и поворачивании колокола перегородка свободно проходит над крестовиной, цилиндрическая же часть остается погруженной в воду. При повороте на 45° клапан отделяет печь от генераторов и направляет газ прямо в дымовую трубу, что имеет большое значение при пуске газа в печь и его зажигании, т. к., наполнив предварительно газом газо-

провод, можно не опасаться взрыва. При наличии охлаждаемой перегородки эта система вполне надежна и удобна. При взрыве колокол играет роль предохранительного клапана, т. к. в этом случае он поднимается или отбрасывается в сторону и взрыв не сопровождается разрушением газопровода. Недостатки клапана: испарение воды, громоздкость при печах больших размеров и большое сопротивление для прохода газа. Перекидку производят ручным, гидравлическим или пневматическим способом и от специального механизма, приводимого в движение электромотором. б) Золотниковые клапаны с гидравлическим затвором (системы Фортера, Моргана и т. п.) имеют почти те же качества, как и предыдущие; они довольно широко распространены в Германии. Перекидка обычно механизирована. Клапан сист. Фортера показан на фиг. 11. Перекидка



Фиг. 11.

производится передвижением золотника особым рычагом, которым поворачивается вал и сидящие на нем рычаги, соединенные шарнирно с золотником. Подвод газа—сверху, регулировка—тарелочным клапаном. Золотниковые клапаны без гидравлич. затвора (сухие, сист. Демаг) только начинают входить в обиход. Достоинства их—простота устройства, большое живое сечение, хорошая стойкость. в) Клапаны-задвижки (системы Blaw—Knox, Nay) наиболее распространены в Америке. Достоинства их—большое живое сечение, малое сопротивление, достаточная плотность, отсутствие водяного затвора. Клапан Blaw—Knox (фиг. 12) состоит из чугунной литой рамы *а*, охлаждаемой при помощи залитых в нее трубок, охлаждаемой задвижки *б* (железной сварной) и колпака *в*. Подвод воды в задвижку производится трубкой *г*, отвод—трубкой *д*. Внутри трубки *д* проходит вторая трубка *е*, доходящая почти до низа шибера и оканчивающаяся горизонтальной трубкой *ж*, имеющей ряд мелких отверстий. Выходящая с большой скоростью вода взмучивает осаждающийся внизу шибера осадок, который удаляется через выпускную трубу. Регулировка газа производится тарелочным клапаном, расположенным обычно около задвижки. Перекидка делается или централизованной от одного механизма (америк. сист.) или каждый шибер приводится от индивидуального мотора (нем. система). В последнем случае отпадает надобность в дымовых шиберах (фиг. 13 и 14). Недостатком задвижек является то, что приходится иметь большое число отдельных агрегатов (4 заслонки и 4 регулирующих клапана, не считая еще 2—3 дымовых). Все три указанные системы газовых клапанов применяются и для переключения воздуха. Кроме них применяются также мотыльковые клапаны системы Сименс, Симплекс и др. Клапан Симплекс (фиг. 15) имеет открытый верх кожуха, благодаря чему язык клапана вполне доступен для осмотра и хорошо охлаждается. Недостаток его—неплотность (просос воздуха в дымовую трубу) и малое живое сечение. В печах большой мощности предпочитают подавать воздух вентилятором малого давления (15—40 *мм* вод. ст.). Это позволяет достигать полной термич. мощности печи независимо от степени заноса насадок регенераторов. Газ обычно подается с положительным давлением в газопроводе.



Фиг. 12.

8. Дымовые заслонки (шиберы). Каждая мартеновская печь должна иметь отдельные дымовые заслонки в дымоходах, идущих от газового и воздушного перекидных клапанов. Только таким путем можно добиться правильного распределения продуктов горения между воздушной и газовой камерами и получить равномерную работу насадок. Для регулировки разрежения в рабочем пространстве печи иногда в общем борове ставится третий (общий) дымовой шибер. Шиберы делаются чугунные литые или наборные из кирпича на железных болтах. В больших печах имеет смысл механизировать подъем заслонок, т. к. только в этом случае рабочие значительно легче приучаются к их регулировке.

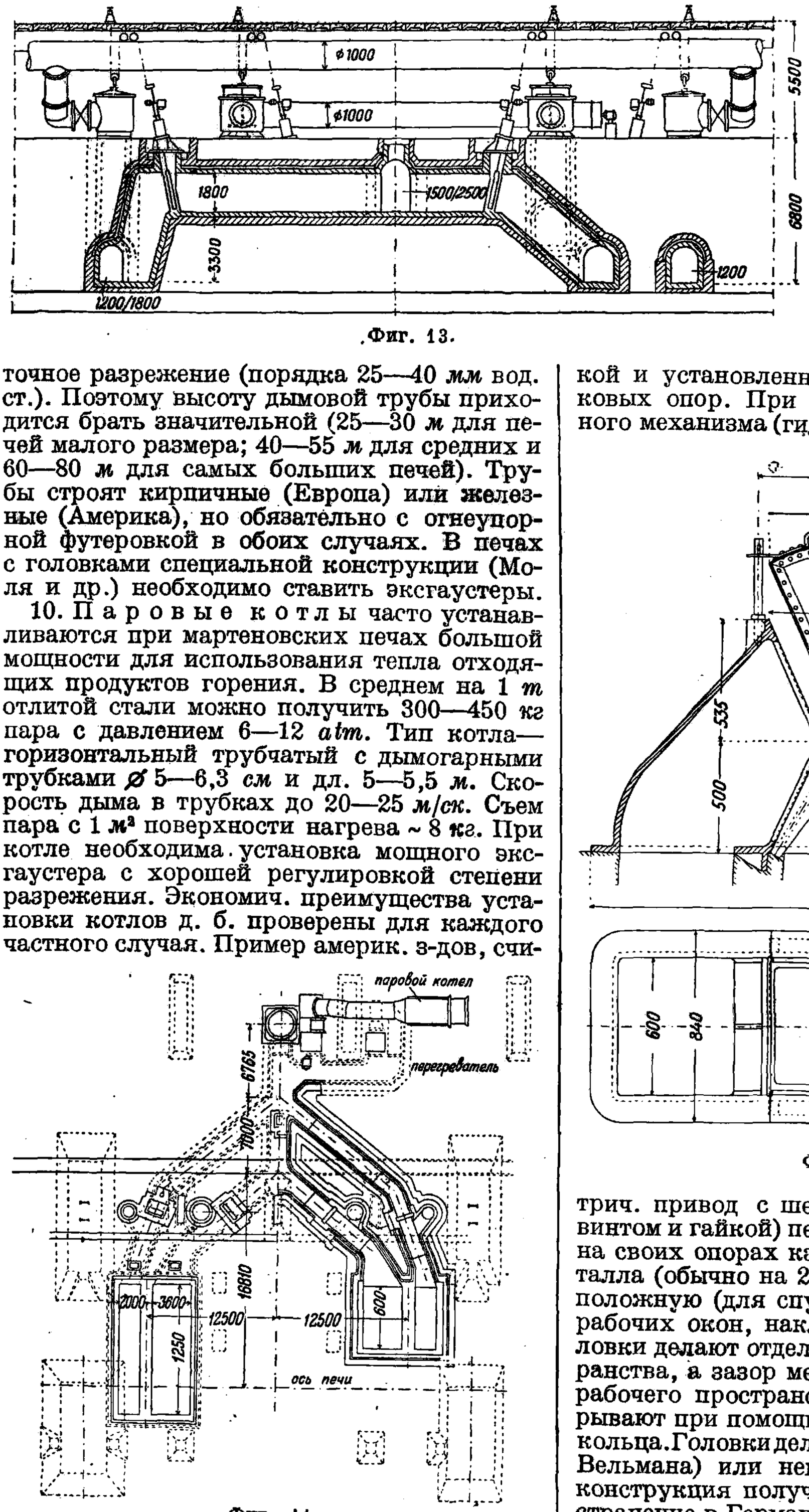
9. Дымовая труба служит для удаления продуктов горения из рабочего пространства печи, протягивания их через насадки регенераторов и отвода дыма на достаточную

высоту в атмосферу. Вследствие узких сечений пролетов и высокой $t°$ продуктов горения дымовая труба должна создавать достаточное разрежение (порядка 25—40 *мм* вод. ст.). Поэтому высоту дымовой трубы приходится брать значительной (25—30 *м* для печей малого размера; 40—55 *м* для средних и 60—80 *м* для самых больших печей). Трубы строят кирпичные (Европа) или железные (Америка), но обязательно с огнеупорной футеровкой в обоих случаях. В печах с головками специальной конструкции (Моля и др.) необходимо ставить эксгаустеры.

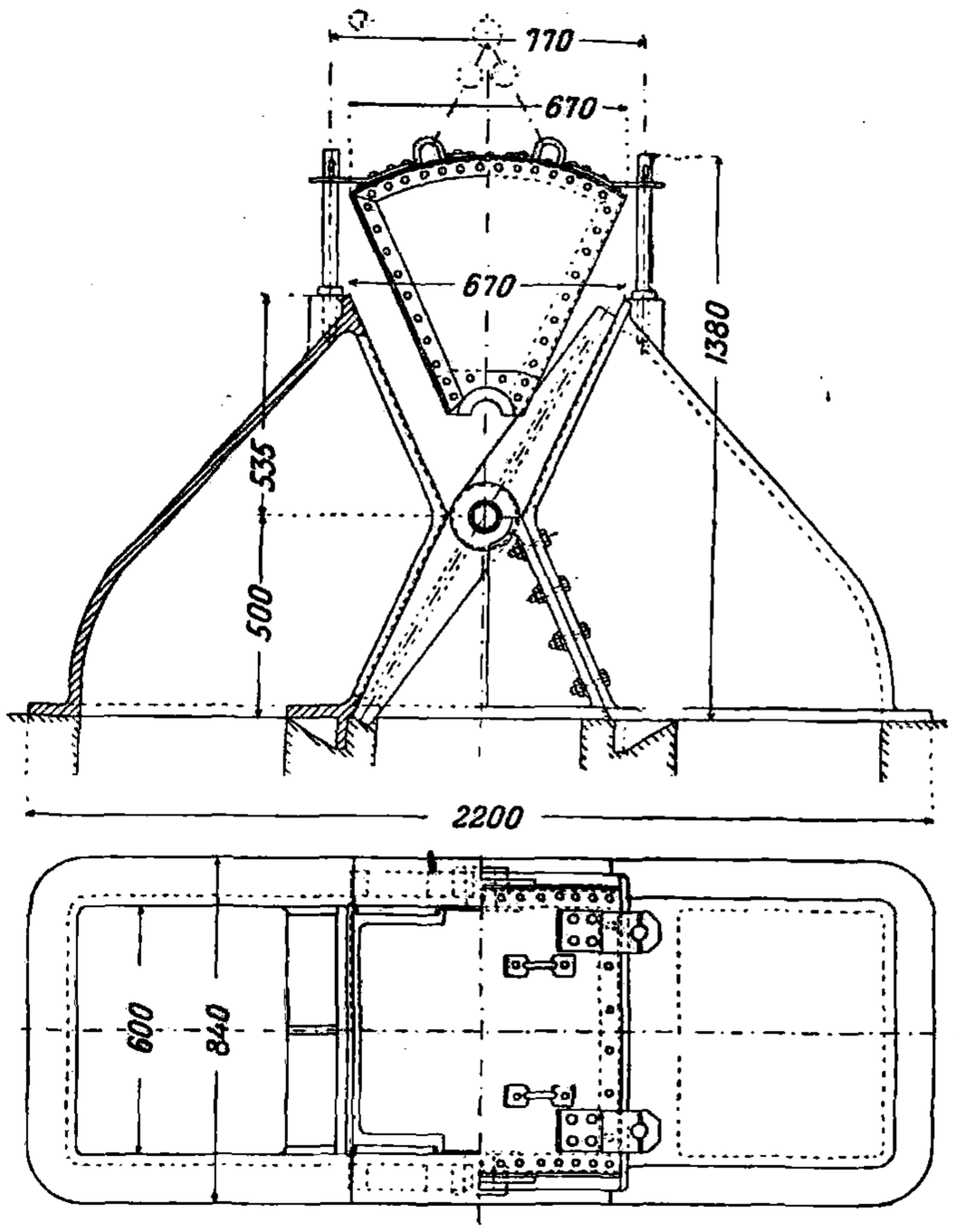
10. П а р о в ы е к о т л ы часто устанавливаются при мартеновских печах большой мощности для использования тепла отходящих продуктов горения. В среднем на 1 *т* отлитой стали можно получить 300—450 *кг* пара с давлением 6—12 *atm*. Тип котла—горизонтальный трубчатый с дымогарными трубками ⌀ 5—6,3 *см* и дл. 5—5,5 *м*. Скорость дыма в трубках до 20—25 *м/ск*. Съем пара с 1 *м²* поверхности нагрева ~ 8 *кг*. При котле необходима установка мощного эксгаустера с хорошей регулировкой степени разрежения. Экономич. преимущества установки котлов д. б. проверены для каждого частного случая. Пример америк. з-дов, считающих паровой котел необходимой частью оборудования мартеновской печи, не является достаточно убедительным вследствие несовершенства работы регенеративных насадок америк. типа. Установки паровых котлов при европ. печах пока немногочисленны.

Фиг. 14.

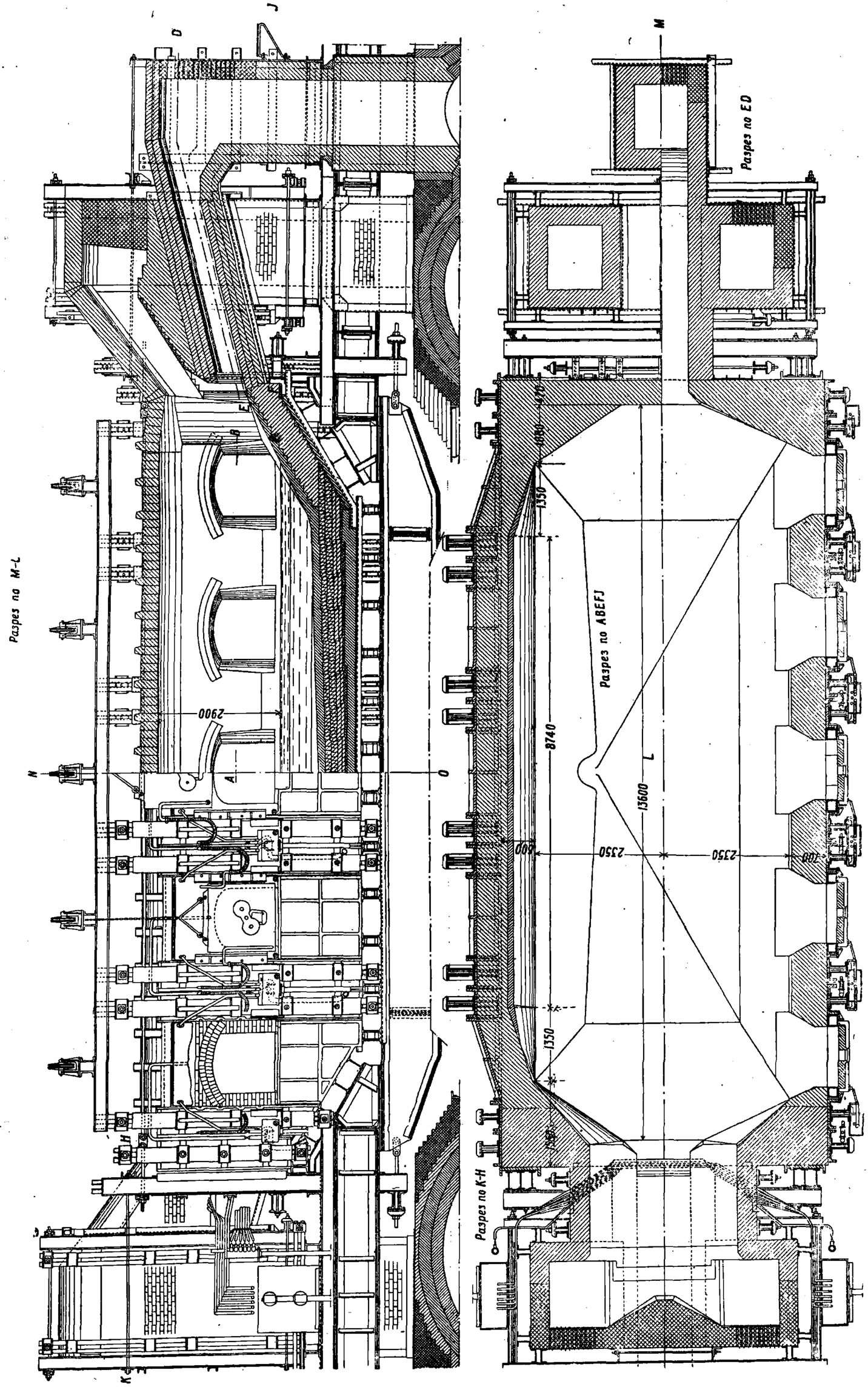
11. К а ч а ю щ и е с я м а р т е н о в с к и е п е ч и впервые были построены в США (Кемпбел, Вельман) в 90-х годах прошлого века и в последнее время получают широкое распространение на европейских заводах. Арматура рабочего пространства их представляет собою склепанную из железных частей жесткую коробку, выложенную огнеупорной кладкой и установленную на 2—3 рядах роликовых опор. При помощи особого приводного механизма (гидравлич. цилиндры, электрич. привод с шестерней и рейкой или с винтом и гайкой) печь может поворачиваться на своих опорах как в сторону выпуска металла (обычно на 22—24°), так и в противоположную (для спуска шлака через пороги рабочих окон, наклоняясь на 10—12°). Головки делают отдельными от рабочего пространства, а зазор между подвижной кладкой рабочего пространства и головками перекрывают при помощи особого овалообразного кольца. Головки делают или откатными (сист. Вельмана) или неподвижными. Последняя конструкция получает все большее распространение в Германии, причем сами головки делаются сист. Фридриха или Моля с интенсивным водяным охлаждением. Преимущества качающихся печей: 1) возможность работать с наибольшим для данных условий



Фиг. 13.

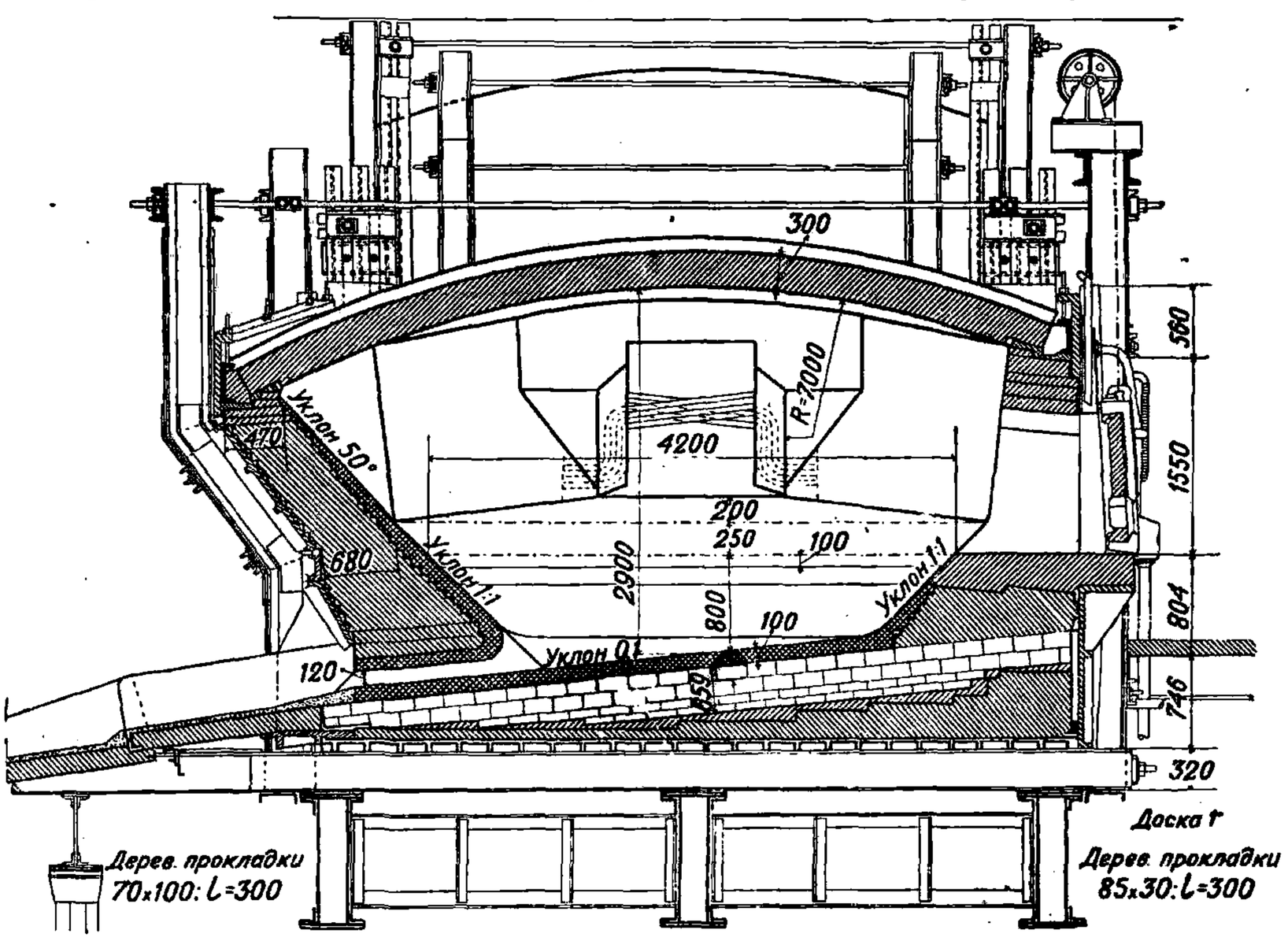


Фиг. 15.


Разрез по M-L
Разрез по ED
Разрез по ABEFJ
Разрез по K-H
2900
8740
13600
L
2350
2350
1350
1350
600
600
1080
420
A
N
O
M
D
J
K
H

Фиг. 16.

весом садки, независимо от мощности кранового оборудования и размеров разливочного ковша; 2) возможность более легкого спуска шлака; 3) возможность частичного выпуска металла и разливки его малыми порциями (более тщательные условия разливки); 4) возможность работы на мертвом слое металла (лучшая стойкость подины, меньший расход заправочных и огнеупорных материалов); 5) возможность работы непрерывными процессами (Тальбота и др.). Недостатки качающихся печей: 1) более сложное устройство; 2) более высокая стоимость постройки и оборудования; 3) засос воздуха через заворы у головок. В условиях работы америк. практики эти печи не получили широкого распространения, и их применяют гл. обр. там, где работают дуплекс-процессом, т. е. рафинировкой металла, предварительно продутого в бессемеровских ретортах, а также небольшим числом установок, работающих процессом Тальбота или в комбинации с электропечами. В Германии, наоборот, качающиеся мартеновские печи с каждым годом получают все большее распространение и дают наивысшие цифры производительности, низкие—расхода топлива, огнеупорных материалов и т. п. Качающиеся мартеновские печи применяют также в Англии, где имеется целый ряд мастерских, работающих непрерывным процессом Тальбота.



Фиг. 17.

Фиг. 16 и 17 дают общий вид рабочего пространства 110—125-*т* мартеновской печи, запроектированной для одного из наших новых з-дов; на фиг. 18—кожух и кладка регенераторов той же печи. На фиг. 19 изображена 125-*т* мартеновская печь современной америк. конструкции, отапливаемая холодным коксовальным газом. Фиг. 20 дает продольный и поперечный разрезы современной 100-*т* качающейся мартеновской печи нем. типа (со съемными головками сист. Фридриха) з-да Höntrop (Bochumer Verein).

12. Вес садки, ск-рым нормально работает современная мартеновская печь, колеблется теперь в очень широких пределах. Печи малого размера (5—30 *т*) служат для производства фасонного стального литья и высокосортной качественной стали, печи средней емкости (30—70 *т*) применяются в Европе для получения обыкновенных сортов металла, равно как и качающиеся печи, емкость к-рых обычно достигает 100—180 *т*, а в отдельных случаях 200—300 *т*. В Америке работают на более крупных агрегатах в 20—60 *т* для фасонного литья и качественной стали, 80—150 *т*—для менее ответственных сортов. Отдельные з-ды (Форд и др.) готовят и ответственные сорта стали в печах большой емкости (100—125 *т*). На з-дах США имеется нек-рое количество неподвижных мартеновских печей, работающих садками в 250—300 *т* и даже 350 *т* и выпускающих металл по вилообразно раздвоенному жолобу в два разливочных ковша сразу. Практика работы на таких печах показывает незначительное удешевление стоимости передела и нек-рое улучшение качества металла (более глубокая ванна и меньшее окислительное действие шлака).

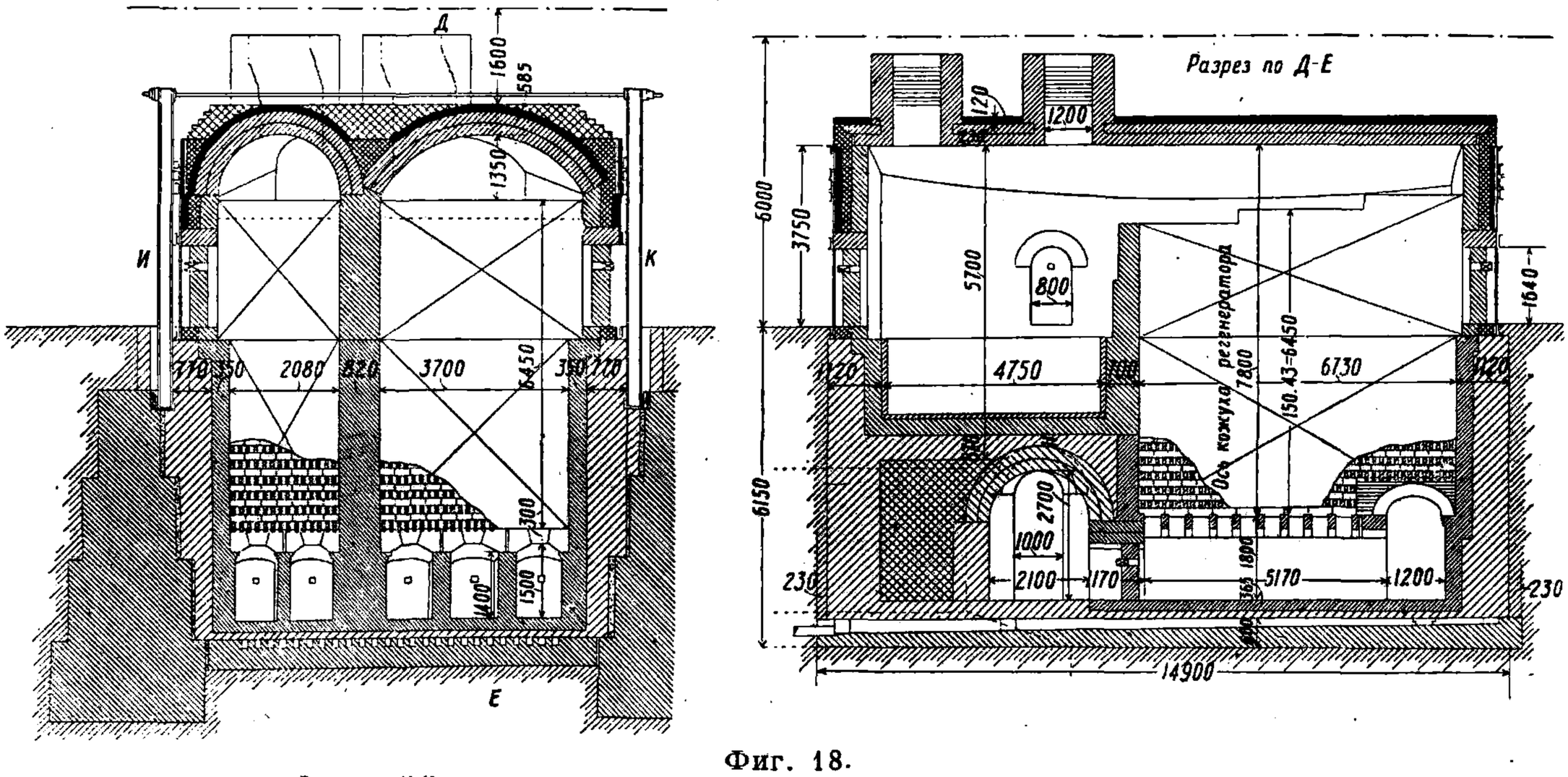
III. Размеры и производительность мартеновских печей.

Вследствие исключительной сложности процесса, происходящего в рабочем пространстве мартеновских печей, рационального метода расчета основных размеров ее еще не существует. Все современные способы расчета базируются в большей или меньшей степени на данных практики, требующих непрерывного исправления и дополнения. Наиболее систематичный метод расчета был дан проф. М. А. Павловым (в 1910 г.), положившим в основу расчета мартеновских печей величину площади пода и обработавшим опытн. материал, характеризующий размеры отдельных частей печи. Принятые этим автором буквенные обозначения отдельных величин и размеров следующие: T—вес металлич. садки (или завалки) в *т*; S—площадь пода рабочего пространства в $м^2$, понимаемая как произведение из длины рабочего пространства L на его ширину E, т. е. $S = L \cdot E$; L измеряется на уровне порога газовых окон (головки обычного типа) или откоса воздушных окон (головки Мерца, нефтяные печи и т. д.); E измеряется на уровне порога садочных окон (способ, принятый М. А. Павловым) или на уровне вскипания шлака (америк. метод). Эта разница в способах измерения должна учитываться при сравнении различных данных практики; H—высота свода над поверхностью ванны (или над порогом рабочего окна) в *м*; V—свободный объем ра-

бочего пространства в $м^3$, понимаемый как условное произведение:

$$V=S\cdot H=L\cdot E\cdot H;$$

h—глубина ванны в середине пода; $H_0=H+h$—высота свода над серединой пода; s_1 и s_2—соответственные площади сечений газовых и воздушных пролетов в $см^2$; Q_1 и Q_2—соответственные объемы насадок газовой и воздушной регенеративных камер одной стороны печи в $м^3$; P—средняя суточная производительность печи в m годных слитков; C—средний суточный расход условного (7 000 Cal) топлива; n—среднее число плавок в сутки; r—годовое число плавочных (раб.) дней печи.



Фиг. 18.

топлива; n—среднее число плавок в сутки; r—годовое число плавочных (раб.) дней печи.

1. Рабочее пространство. Метод расчета мартеновской печи по удельной производительности и удельному расходу топлива имеет целью установить соотношения между величинами P, T, S, C, Q_1 и Q_2 и другими менее важными размерами по одной из заданных величин (обычно по заданной годовой производительности, а иногда и по наличной площади пода). Годовое число плавочных дней r может быть принято 260—300 для газовых печей и 280—315 для нефтяных печей (с одной парой регенераторов). Первые цифры относятся к работе с воскресными (праздничными) остановками, вторые—к непрерывной работе. Задаваясь величиной r, получаем среднюю суточную выплавку печи P по заданной годовой производительности $r\times P$. Переход от производительности к размерам печи можно осуществить, задаваясь величиной удельной суточной производительности или средней суточной выплавки стали с 1 $м^2$ площади пода печи. Величина эта ($P:S$ $т/м^2$ в сутки) в современных печах колеблется в довольно широких пределах и м. б. точно установлена для каждого частного случая на основании данных практики. Как результат хорошей работы немецких мартеновских печей можно принять $P:S$ равным 4,0—5,0 $т/м^2$ в сутки и в исключительных случаях даже до 6,5—7,2. Америк. печи дают несколько меньшие цифры: 3,5—5,0; наши южные заводы 3,0—4,5; уральские з-ды, работающие на очень влажном дровяном генераторном газе, дают 2,5—4 $т/м^2$ в сутки. При выплавке качественной стали указанные цифры соответственно снижаются. Определенная таким путем величина площади пода S дает возможность установить, с одной стороны, целый ряд второстепенных конструктивных размеров печи, а с другой—позволяет перейти к весу садки T и тепловому режиму печи, т. е. к суточному расходу C топлива. Две последние величины представляются особенно важными, т. к. зависимость между ними и площадью пода S определяет степень физич. и тепловой нагрузки данной печи. Под физич. нагрузкой разумеют степень загруженности пода, определяемую глубиной металлической ванны. Величина эта характеризуется отношением $S:T$—площадью пода, приходящейся на 1 $т$ садки. Вес садки T не является постоянной величиной для данной печи. В зависимости от условий работы (состав шихты, качество топлива, конструкция головок, квалификация персонала и т. д.) и состояния печи (начало, середина, конец кампании) опти-

мальный вес садки может колебаться в довольно широких пределах. Под термином «оптимальный вес садки» подразумевается такой, к-рый при данных условиях дает наибольшую суточную производительность печи P_{max}.

При расчете мартеновской печи приходится иметь дело с номинальным, или расчетным, весом садки, который здесь обозначен через T. В работе печь обычно доводится до большего тоннажа, причем эта перегрузка печи часто достигает 20—50% от веса расчетной садки. Перегрузка печи, т. е. уменьшение отношения $S:T$, всегда бывает выгодна только до нек-рого предела, обусловливаемого термич. мощностью печи. Однако этот предел, соответствующий наибольшей возможной производительности печи, не всегда м. б. достигнут на практике из-за недостаточной мощности разливочных устройств (подъемной силы кранов, емкости разливочных ковшей и т. д.). Нек-рым выходом в этом смысле является работа печи с выпуском в два ковша (одновременно при печах неподвижных и последовательно при печах качающихся). В таблице 1 приведены расчетные цифры величины T, S и $S:T$, к-рые можно принимать при расчетах для хороших условий работы современных мартеновских печей. Из нее видно, что отношение $S:T$ убывает с возрастанием размеров печи и увеличением веса садки. Указанные нагрузки пода несколько превосходят данные в свое время проф. М. А. Павловым, но не являются предельными для отдельных случаев новейшей практики.

Табл. 1.—Расчетные величины T, S и $S:T$.

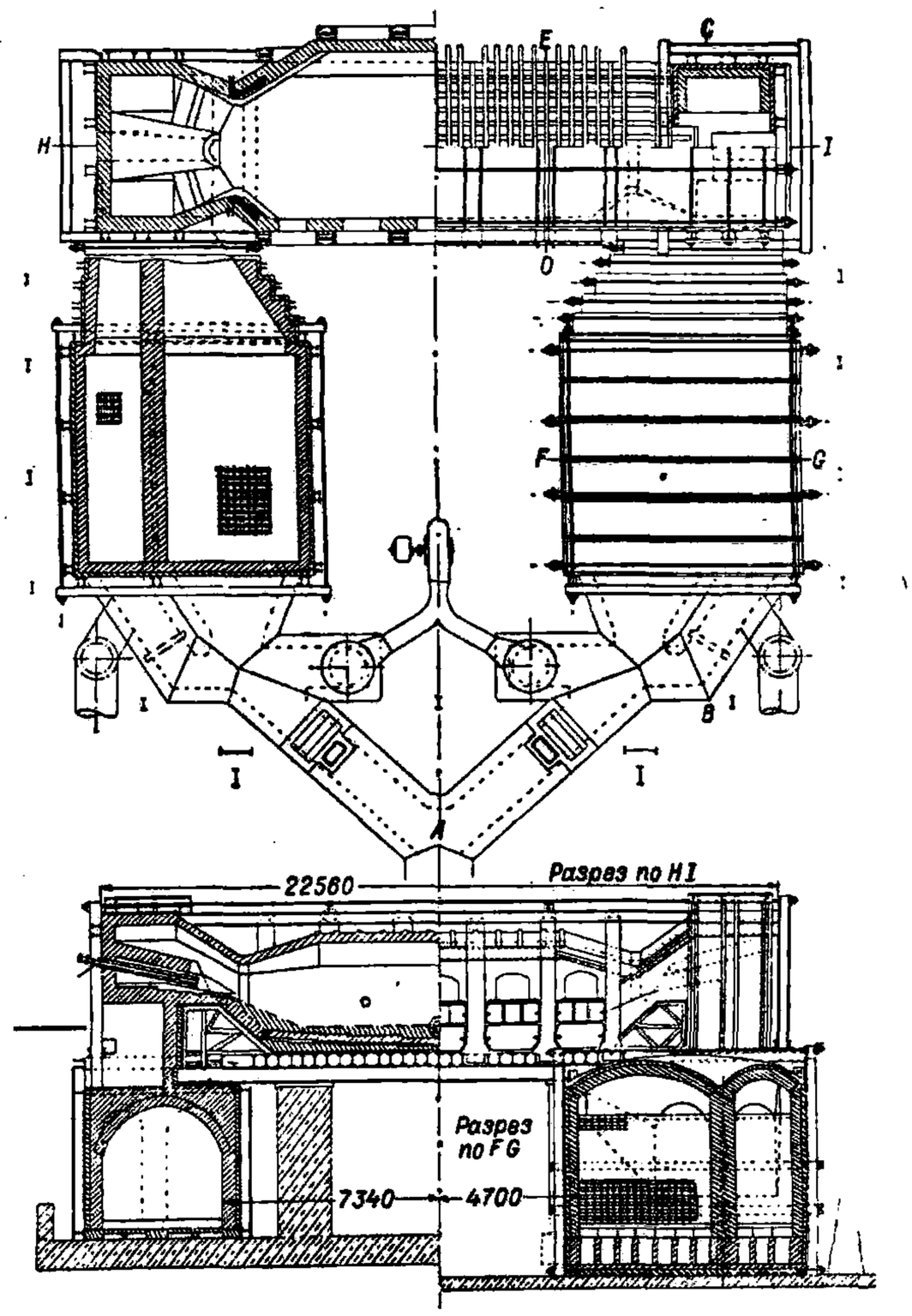
Вес садки T в m	5	10	20	30	40	50	60	70
Площадь пода * S в $м^2$	7,5	10	18	24	30	35	40	44
Отношение $S:T$	1,5	1,0	0,9	0,8	0,75	0,70	0,66	0,63
Вес садки T в m	**80**	**90**	**100**	**110**	**120**	**150**	**200**	**250**
Площадь пода * S в $м^2$	48	50	52	55	57	60	66	70
Отношение $S:T$	0,60	0,56	0,52	0,50	0,48	0,40	0,33	0,28

* Площадь пода измеряется по способу М. А. Павлова.

Установить тепловой режим печи можно на основании соотношения $C:S$, к-рое называют удельным расходом топлива и к-рым грубо можно охарактеризовать интенсивность тепловой нагрузки мартеновской печи. Отношение $C:S$ дает суточный расход условного топлива, отнесенный к 1 $м^2$ площади пода ($m/м^2$ в сутки). Для получения высокой удельной производительности печи $P:S$ необходима ее интенсивная тепловая нагрузка, т. е. высокий удельный расход топлива. Однако обратное соотношение не всегда имеет место, т. е. большой расход топлива далеко не всегда сопровождается высокой производительностью печи. Для печей обычной конструкции можно принять следующие величины:

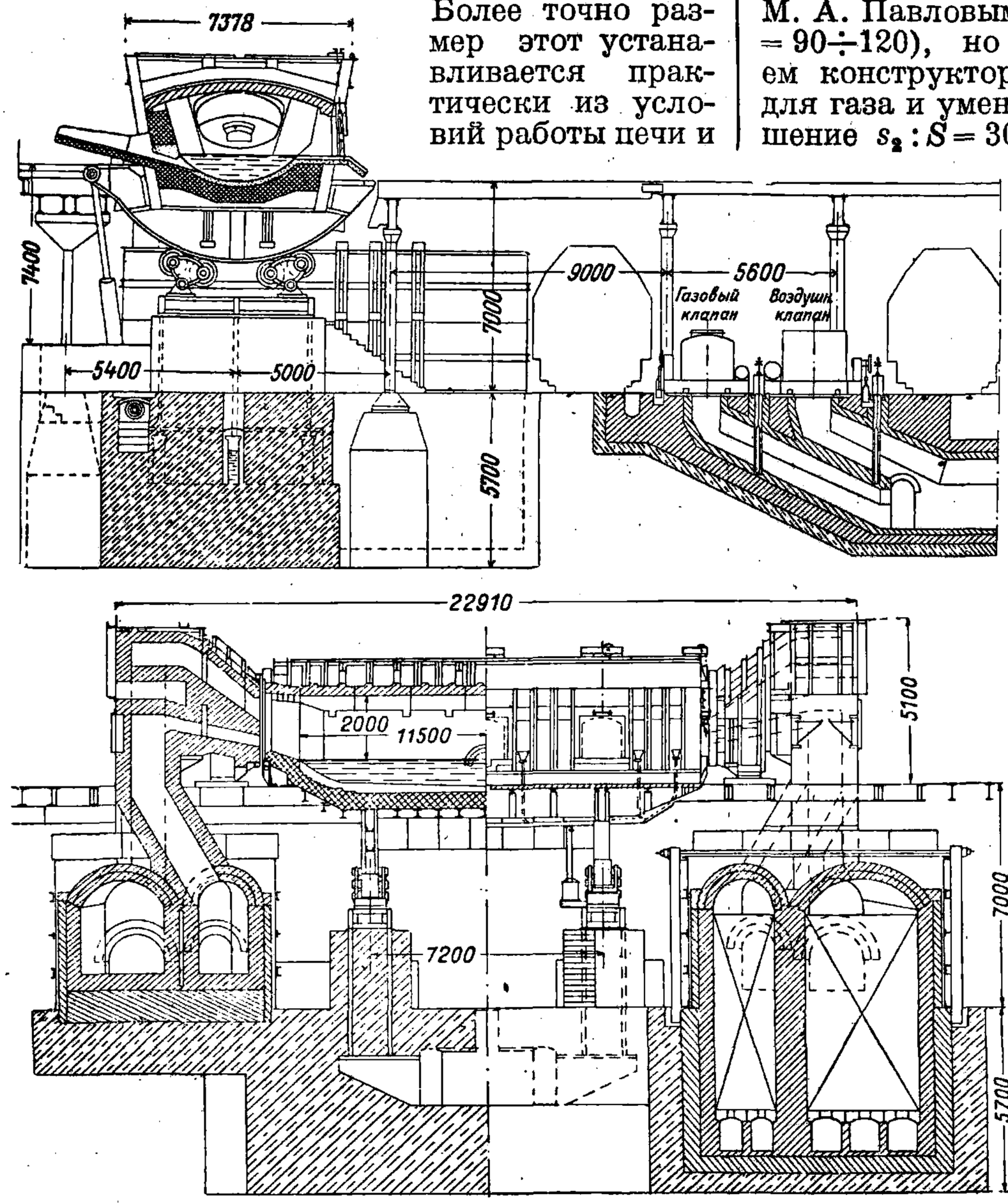
Тепловая нагрузка печи	Уд. расход топлива $C:S$
Слабая	0,70—0,90
Средняя	0,90—1,10
Интенсивная	1,10—1,25
Очень интенсивная	1,25—1,50

При пользовании указанной характеристикой следует однако иметь в виду, что термич. мощность печи зависит и от степени использования тепла в рабочем пространстве, которое м. б. значительно увеличено при том же расходе топлива за счет улучшения хода генераторов, изменения конструкции головок, увеличения светимости пламени и т. д.


E
C
H
I
D
F
G
I
I
I

Длина $L = 13 \div 14$ *м* может считаться совершенно достаточной для печей, работающих с весом садки до $T = 150$ *т*. Наибольшая современная неподвижная печь ($T = 350$ *т*) имеет $L = 16{,}7$ *м* и $E = 5{,}8$ *м*.

Высота свода H над ванной не м. б. установлена точным расчетом. Для печей большой мощности повидимому нет особых оснований итти дальше размера $H = 2{,}10 \div 2{,}20$ *м*. Более точно размер этот устанавливается практически из условий работы печи и разгара свода. К определению этого размера можно отчасти подойти, исходя из величины свободного объема рабочего пространства, приходящегося на 1 *т* садки, т. е. из отношения $V : T$, к-рое для интенсивно работающих печей обычно не выходит их пределов 1,0—1,4 $м^3/т$. Имея $V = S \cdot H$ и находя V по весу садки T и указанному соотношению $V : T$, получаем $H = V : S$.



Фиг. 20.

Глубина ванны над серединой пода h для современной печи может быть принята следующая (в *мм*):

Малые печи	250— 350
Средние печи	450— 650
Большие печи (100—200 *т*)	700—1 000
Самые большие печи (до 350 *т*)	до 1 200

Работа с глубокой ванной при термически мощных печах выгодна не только с точки зрения увеличения производительности печи, но и с точки зрения улучшения качества металла. Для подсчета ванны принимают объем 1 *т* металла = 0,14 $м^3$, а шлака = 0,28 $м^3$.

2. Площади сечения пролетов (пламенных окон) рассчитываются по скоростям газа и воздуха. В среднем можно принять для больших печей скорость для газа 6 *м/ск* и для воздуха 2 *м/ск* (при 0°). Современные печи дают для газового окна отношение $s_1 : S = 65 \div 100$, а для воздуха $s_2 : S = 240 \div 400$ $см^2$ на 1 $м^2$ площади пода. Первые цифры несколько меньше данных проф. М. А. Павловым в последнее время ($s_1 : S = 90 \div 120$), но согласуются с стремлением конструкторов дать бо́льшую скорость для газа и уменьшить ее для воздуха. Отношение $s_2 : S = 300 \div 400$ $см^2$ на 1 $м^2$ площади пода можно принять для печей, работающих на холодном коксовальном газе и на жидком топливе. Площадь сечения вертикальных каналов делается на 20—100% больше сечения соответственных пролетов.

3. Размеры регенераторов (вес и объем одной пары насадок) можно приближенно подсчитать по количеству тепла W Cal, расходуемого насадкой в 1 ск. периода нагрева газа и воздуха, по падению $t°$ насадки ($\Delta t°$/ск.) и по теплоемкости кирпича насадки при средней $t°$ ее (C_t). При этом вес x *кг* кирпича одной пары насадки может быть определен из ур-ия:

$$x \cdot \Delta t \cdot C_t = W.$$

Падение $t°$ насадки за период перекидки клапанов (ок. $^1/_2$ ч.) м. б. принято в 60—90° или $^1/_{30}$—$^1/_{20}$° в ск. На 1 *кг* каменного угля, сожженного в генераторах в 1 ч., можно считать достаточным иметь 90—110 *кг* веса кирпича в одной паре насадок, или 140—160 *кг* на 1 *кг* нефти в час при работе печей на жидком топливе. По данным герм. практики на каждые 10^6 Cal/ч. тепла, подведенного в виде газа к мартеновской печи, можно принять 20 000—35 000 *кг* (в среднем 30 000 *кг*) веса кирпича всех четырех насадок регенеративных камер. Средний вес 1 $м^3$ насадки можно принять в 800 *кг*. Отношение объема насадок пары регенераторов к весу садки, т. е. величина $\Sigma (Q_1 + Q_2) : T$, колеблется в широких пределах (перегрузка печи); наоборот, отношение $\Sigma (Q_1 + Q_2) : S$, т. е. объем насадок, приходящийся на 1 $м^2$ площади пода, является величиной довольно постоянной. По данным проф. М. А. Павлова величина эта м. б. принята в пределах 4,0—4,5 $м^3$ на 1 $м^2$ площади пода. Большие печи при хорошем качестве газа, хорошей изоляции стен регенераторов и равномерной работе насадок дают удовлетворительные результаты и при более низком отношении (до 3,6). Для печей, к-рые работают на жидком топливе и холодном коксовальном газ, для

определения объема воздушной насадки (в $м^3$) можно принять отношение $Q_в : S = 3{,}0 \div 3{,}5$. Распределение объема насадки между газовой и воздушной камерами зависит от $t°$ и качества газа, а также и от конструкции печи (особенно головок). Отношение $Q_в : Q_г = 1{,}75 \div 2{,}00$ можно принять для газа высокой $t°$ из антрацита и кокса, а также для высококалорийного смешанного газа; 1,50—1,75 можно принять для большинства случаев практики (генераторный газ из каменного угля); 1,20—1,50—для хорошего газа из сухих дров и торфа; 1,00—1,20—для генераторного газа из обычных дров и колошникового газа древесноугольных доменных печей. Избыток воздуха при расчете регенераторов можно принимать в 1,25—1,35 против теоретического. Линейные размеры регенераторов определяются высотой насадок (см. выше) и подбираются с таким расчетом, чтобы можно было обеспечить равномерную работу насадок и облегчить хорошее крепление (обвязку) регенераторов.

4. Сечение дымоходов можно принять по М. А. Павлову—из расчета по скорости 1,5 *м/сж* (при 0°), что дает для дымохода от воздушного регенератора 400—500 $см^2$ на 1 $м^2$ площади пода; площадь сечения перекидных клапанов м. б. рассчитана по скорости 2,0—2,5 *м/сж* (при 0°), что дает для воздушного клапана 250—300 $см^2$ на 1 $м^2$ площади пода. Площадь сечения дымовой трубы у устья (вверху) м. б. принята в 525—575 $см^2$ на 1 $м^2$ площади пода (скорость ~ 2 *м/сж* при 0°). Печи, работающие на жидком топливе, соответственно должны иметь на 1 $м^2$ площади пода: сечение дымохода 500 $см^2$, а сечение воздушного (перекидного) клапана 325—425 $см^2$ и такое же сечение устья дымовой трубы.

5. После выбора размеров отдельн. частей печи и площадей сечения каналов и газоходов нужно произвести гидравлич. проверку ее, т. е. подсчет тех потерь напора, которые получаются при движении газообразных продуктов в полостях печи при ее заданном тепловом режиме. Цель такой проверки заключается, с одной стороны, в определении, достаточно ли напора, создаваемого регенераторами, для работы печи с принятыми скоростями газа и воздуха, а с другой—в определении высоты дымовой трубы, т. е. того необходимого разрежения, к-рое она должна дать для опускания через регенераторы заданного количества продуктов горения. При переводе современных мартеновских печей на работу с подачей воздуха от вентилятора гидравлич. проверка печи не имеет того значения, как для печей, в к-рых воздух движется под влиянием тяги регенераторов, тем не менее она дает правильный взгляд на работу печи и может выяснить узкие места, стесняющие нормальную работу. Метод гидравлическ. проверки мартеновских печей впервые был дан проф. В. Е. Грум-Гржимайло.

IV. Мартеновские мастерские.

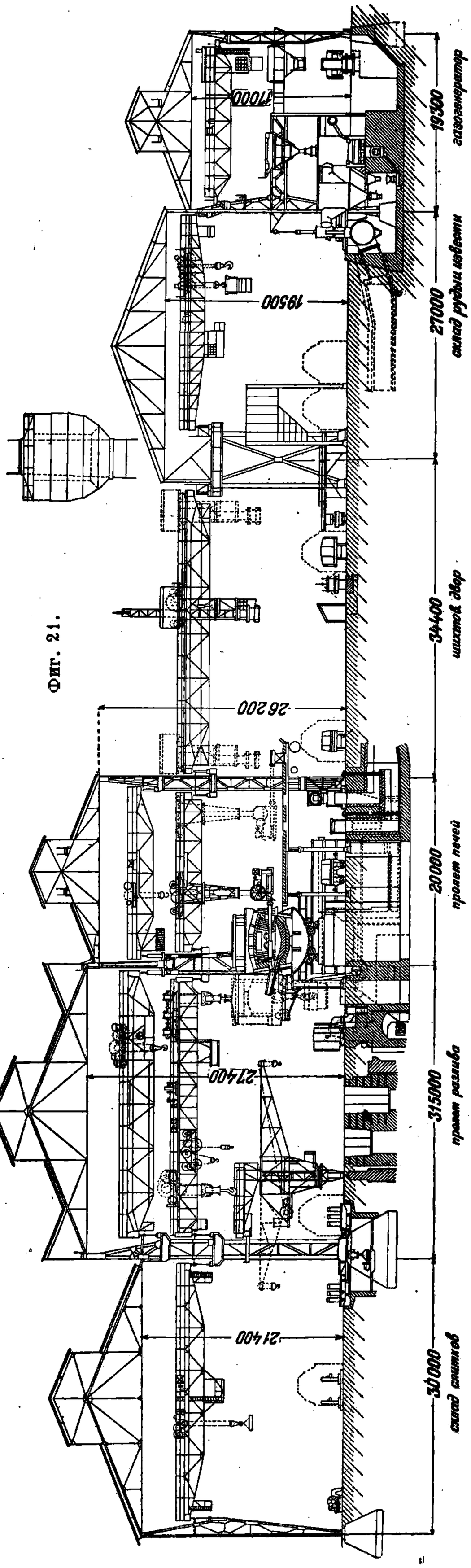
Мартеновская мастерская обычно представляет собой несгораемое (железное, фахверковое, реже кирпичное или железобетонное) здание, состоящее из двух параллельных пролетов. В печном пролете располагаются в одну линию мартеновские печи, имеющие для удобства завалки шихты и выпуска металла рабочую площадку, которая перекрывает весь печной пролет на высоте 4—7 *м* над уровнем пола мастерской. Под рабочей площадкой помещаются регенераторы, перекидные и регулирующие клапаны и прочие вспомогательные устройства. Мартеновские печи располагаются т. о., что их выпускные желоба выходят во второй пролет, к-рый носит название разливочного помещения. Здесь производятся все операции по разливке металла в изложницы и по выдаче слитков в прокатные мастерские. Современные мартеновские мастерские оборудованы большим числом мощных транспортно-подъемных сооружений (мостовых кранов, завалочных машин, подъемников для подачи шихты и т. д.), при помощи к-рых производятся все операции по подаче шихты, завалке ее в печи, разливке металла и т. д. По движению грузовых потоков, типу здания и характеру оборудования мартеновские мастерские можно подразделить на следующие четыре типа: старонемецкий, новонемецкий, американский и смешанный.

1. Старонемецкий тип характеризуется подачей твердой шихты в лотках на балкон рабочей площадки помощью подсобных лебедок или мостовых кранов со скрапного двора, расположенного рядом с пролетом печей. Загрузка твердой шихты в печь производится при помощи завалочной машины мостового типа (или шаржирного крана) с подъемной силой лотка 1,5—2,5 *т*. Для монтажных работ завалочная машина обычно имеет вспомогательную лебедку 5—15 *т*. Заливка жидкого чугуна при таком расположении производится с разливочной стороны при помощи мостового крана, служащего и для разливки металла. Разливочный пролет оборудован одним уровнем подкрановых путей, на к-рых расположены более мощные разливочные мостовые краны (подъемной силой 60/15—100/25 *т* со вспомогательными лебедками) и легкие уборочные краны, назначение к-рых заключается в обслуживании литейных канав, уборке слитков и т. д.

2. Новонемецкий тип отличается более сложным расположением здания и его оборудованием. Разливочное помещение обслуживается двумя рядами мостовых кранов, в помощь к-рым иногда дается еще третий, нижний ряд полукозловых (полупортальных), велосипедных, консольных или консольно-поворотных кранов. Назначение их не только выполнять мелкую (точную) работу по установке и разборке литейных канав, но и служить передаточным средством для подачи слитков в соседний вспомогательный пролет (обрубка и склад слитков), расположенный рядом с разливочным помещением. Хорошим примером мастерской такого типа может служить мастерская № 7 з-да Круппа в Эссене-Борбек (фиг. 21), пущенная в ход в 1925 году. Мастерская эта имеет широкое разливочное помещение (31,5 *м*), хорошую рабочую площадку (7 *м* высотой и 21 *м* пролетом), широкий скрапный двор (35 *м*) и образцовую газогенераторную ус-

тановку. Высота здания до нижнего пояса стропильных ферм 26,2—27,4 *м*. Пролет рабочей площадки оборудован по нижнему пути двумя мостовыми завалочными машинами подъемной силы 5 *т*, а по верхнему пути: одним 5-*т* мостовым монтажным и одним 100-*т* заливочным краном с дополнительной лебедкой в 30 *т* (100/30 *т*). Разливочный пролет имеет на верхнем пути один разливочный кран 150/40/15 *т* (включение по схеме Леонарда) и один 30/10-*т* вспомогательный кран. По среднему пути работают два разливочных мостовых крана 100/30/10 *т*. Ниже расположены два полупортальных поворотных крана подъемной силы по 10 *т*. При всем богатстве и сложности кранового оборудования, при обширных площадях литейного зала, склада слитков и скрапных дворов мастерская в смысле планировки подъездных путей поставлена в довольно стесненное положение. Скрапный двор обслуживается тупиковыми путями, подача чугуна производится цо ж.-д. путям, имеющим направление, перпендикулярное к главным, и т. д. Все это показывает, что мастерская рассчитана на многообразную качественную продукцию, а не на массовое производство слитков торгового качества. Месячная производительность мастерской 20 000—25 000 *т* при 4 печах (100—120 *т*) и одном активном миксере. Характерно двухъярусное расположение кранов под рабочей площадкой и возможность заливки жидкого чугуна через садочные окна печей. Расстояние между колоннами здания (средний ряд по линии печей) 30 *м*, а подкрановые балки перекрывают весь пролет над печью (в мастерской старонемецкого типа расстояние между осями печей было 33 *м*, а между колоннами здания 11 *м*). Это дает возможность выдвинуть печь между колоннами и получить больше свободного места на рабочей площадке (или сократить на 1,5—2,5 *м* ее пролет). Вес железных конструкций здания при этом увеличивается незначительно. Такое расположение применяется во всех нем. мартеновских мастерских последней постройки. При установке качающихся печей оно является необходимым. При работе с большим количеством шлака или при большой производительности печей мартеновские мастерские строят с двумя разливочными помещениями. Таковы напр. мартеновские цехи з-да Крупп в Рейнгаузене и завода Гёнтроп (Бохумер Ферейн). Ковш, наполненный жидкой сталью, передается во 2-й разливочный зал при помощи особой моторной тележки. Мартеновские мастерские новонемецкого типа отличаются сложностью оборудования, требуют наличия квалифицированного обслуживающего персонала, но дают большую технич. гибкость производству и позволяют вести работу на качественную сталь с разнообразным сортаментом стальных слитков.

3. Американский тип резко отличается от предыдущих своим крупным масштабом. Число мартеновских печей, устанавливаемых в один ряд, доводится до 10—12 и как предельное для одной мастерской до 16 при среднем весе садки печей 100—150 *т*. Такой масштаб производства требует весьма четкой работы всех транспортно-подъемных

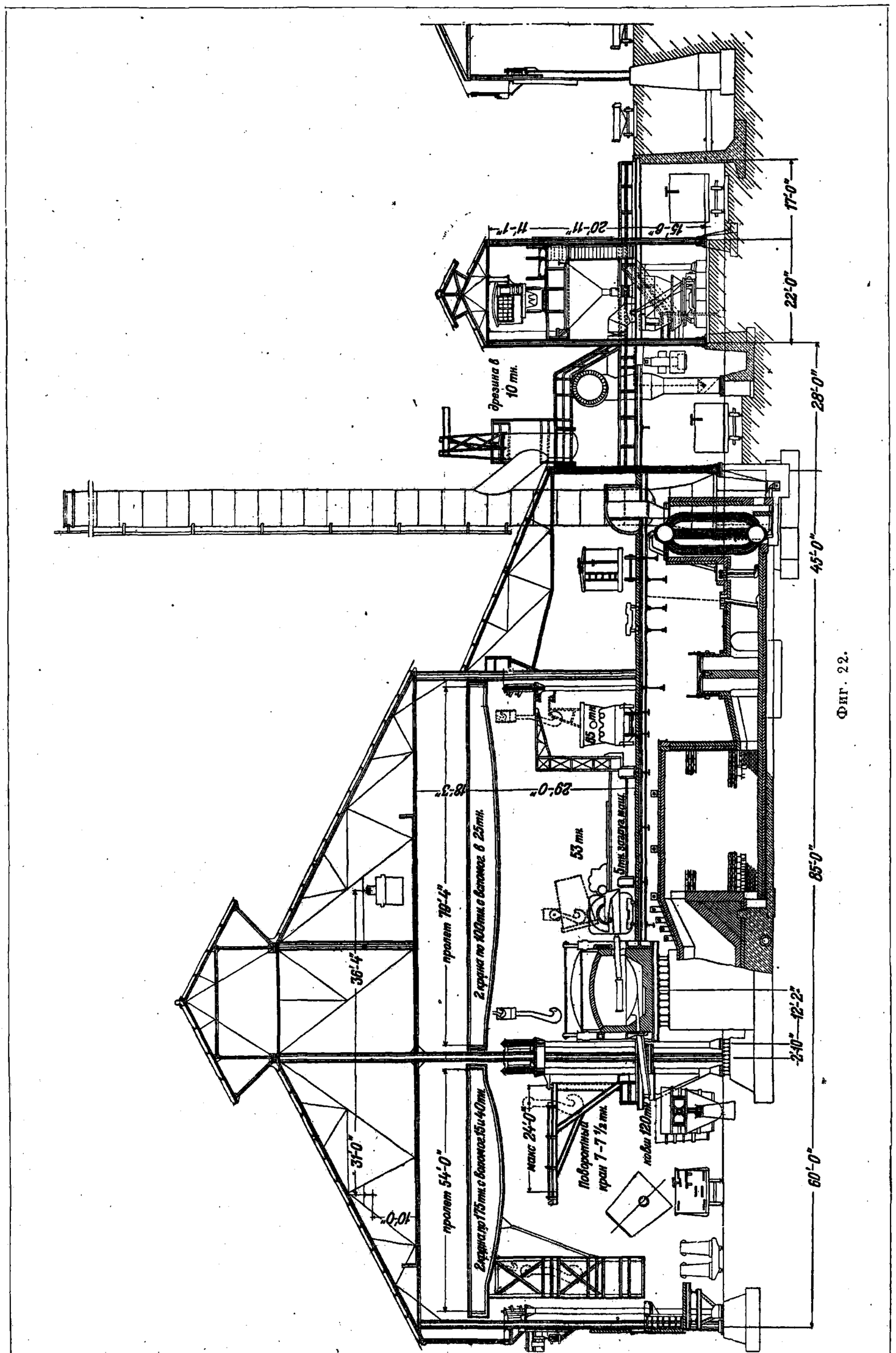


Фиг. 21.

устройств и массовой подачи грузов. Подъемная сила лотка таких машин достигает 5—7 *т*. Рама машины поднята на 600 *мм* над уровнем пола площадки, что дает возможность держать на полу печной инструмент, заправочные, добавочные и прочие материалы, необходимые для обслуживания печей во время работы. Подача шихты производится целыми поездами (по 4 лотка на вагонетке) при помощи паровозов по особым эстакадам, часто имеющим крутой подъем при въезде на рабочую площадку. При подаче со скрапного двора поезд с шихтой обязательно проходит через весы и после подъема на уровень рабочей площадки располагается на запасных путях в особом пролете, примыкающем по всей длине к пролету рабочей площадки. Отсюда по мере надобности вагонетки с шихтой подаются по особым переводным стрелкам на ж.-д. путь, идущий по всему фронту печей перед завалочной машиной. Отсутствие поворота на 180° и близкое расположение лотков от завалочного окна позволяет напольным машинам этого типа производить завалку в 2—2,5 раза быстрее по сравнению с европ. мостовыми машинами или с напольными машинами поворотного типа, применяющимися на нек-рых з-дах континента и в Англии. Маневры вагонеток с лотками производятся при помощи паровоза (электровоза), мелкая передвижка—при помощи хобота самой завалочной машины. При таком способе подачи шихты площадка должна иметь очень тяжелую конструкцию, а колонны и продольные балки должны располагаться под соответственными ж.-д. путями и рельсами завалочной машины. Пролет рабочей площадки обычно делается значительно шире, чем у мастерских немецкого типа, и достигает 25—27 *м*. Пролет разливочного помещения делается значительно уже, чем в европ. типах, и доходит до 18 *м*, что объясняется совершенно особым способом разливки стальных слитков, получившим на америк. з-дах почти исключительное распространение. Способ разливки слитков в изложницы, установленные на вагонетках, делает совершенно излишними большие площади разливочного помещения, т. к. вся работа по разборке, чистке и установке изложниц производится в других помещениях. Разливочное помещение обычно оборудуется двумя (редко тремя) мощными мостовыми кранами подъемной силы 175—200 *т* со вспомогательной тележкой 40/5 *т*. К этим кранам добавляется один уборочный 15—30-*т* мостовой кран, работающий на тех же путях. Америк. мартеновские мастерские как правило имеют одноярусное расположение мостовых кранов, значительно меньшее число их и оборудование постоянным током, что дает большие преимущества в смысле надежности работы моторов. При обычно принятом в США рудном скрап-процессе с 45—55% жидкого чугуна в завалке, вся шихта как правило подается со стороны рабочей площадки. Из миксера чугун выпускается в ковш, расположенный на ж.-д. путях на уровне рабочей площадки (высокое расположение миксера) или поднимается на этот уровень мостовым краном (реже встречающееся низкое расположение миксера). При помощи электровоза (или паровоза) чугун подается по специальному ж.-д. пути и заливается через рабочие окна при помощи мощного мостового крана (100÷125/25 *т*). Подкрановые пути поднимаются на 9—12 *м* над уровнем пола рабочей площадки. Завалка твердой шихты производится при помощи напольных завалочных машин неповорачивающегося типа, которые отличаются особенной прочностью и выносливостью. Для мелких работ у выпускного жолоба каждая печь имеет консольный поворотный кран подъемной силы 5—7,5 *т*. На фиг. 22 изображена типичная мартеновская мастерская одного из крупных америк. заводов (Weirton Steel Co.), имеющая все перечисленные выше особенности оборудования. Колонны по длине здания америк. мартеновских мастерских устанавливаются на пролет 13—15 *м*, равный $^1/_2$ всей длины здания, занимаемой одной печью, или, как при немецк. расположении, на 30—35 *м*. Этот тип, обязательный для мастерских с качающимися печами («дуплекс-процесс»), был применен при постройке ряда новых мастерских (завод Форда в Детройте, завод Файерфильд Тенесси Стиль К° и др.).

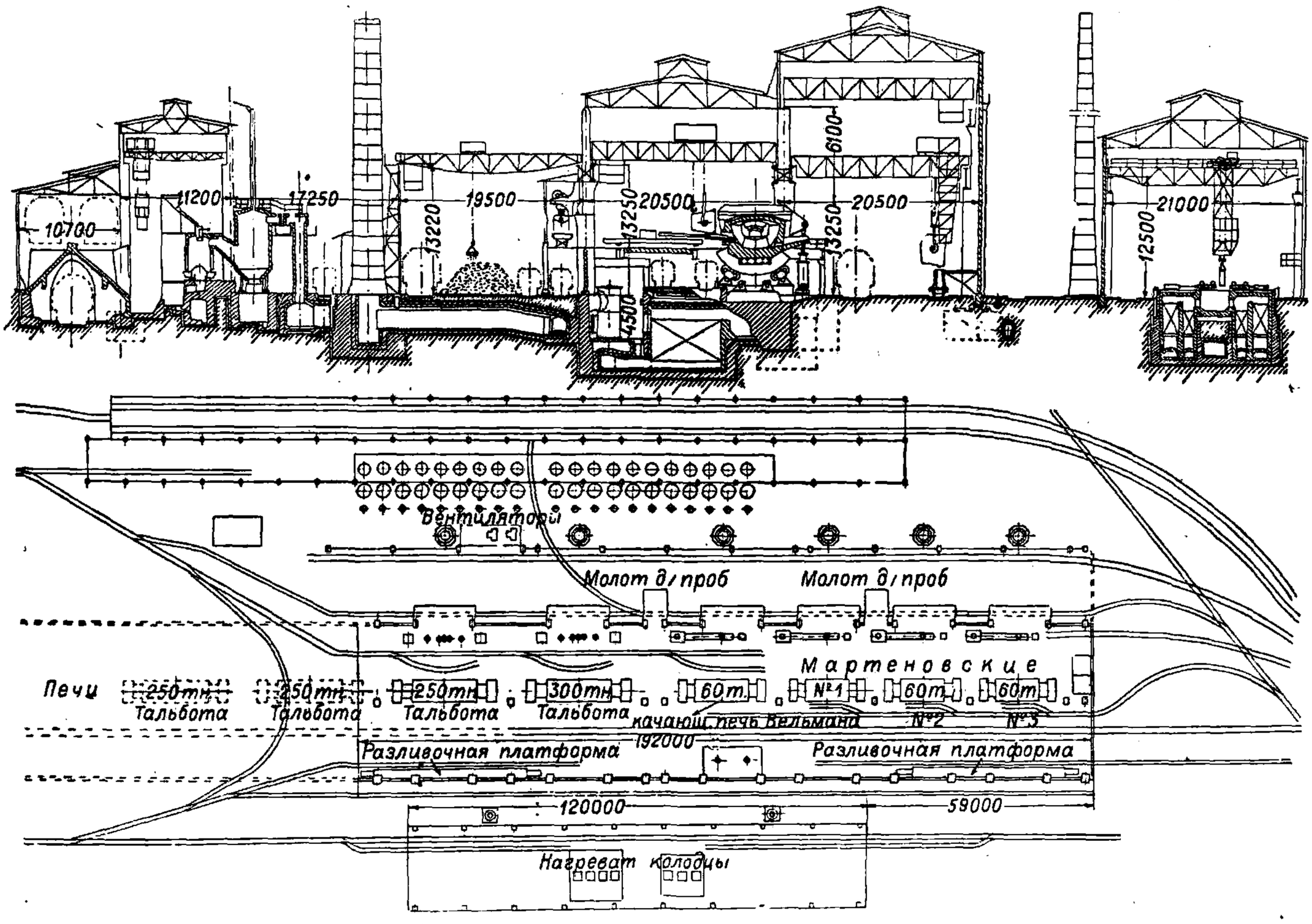
4. Мартеновские мастерские смешанного типа. Число таких мастерских, работающих в Англии и на континенте, очень велико, а оборудование весьма разнообразно. В качестве довольно хорошего образца можно привести мартеновскую мастерскую завода Витковиц (Чехо-Словакия), построенную в 1914 году и до сих пор еще считающуюся одной из лучших в Европе (фиг. 23, поперечный разрез и план). Оборудована она по америк. типу (разливка на вагонетках; одноярусное крановое оборудование пролета рабочей площадки; заливка чугуна через садочные окна; напольная завалочная машина—поворотная). Оригинальной особенностью являются: разливочный кран с жесткими направляющими (теперь редко применяется), наличие однорельсовой консольной тележки для перестановки лотков с шихтой на балконе рабочей площадки и регенеративные камеры, опущенные ниже уровня заводского пола с таким расчетом, чтобы над их сводами можно было проложить узкоколейные пути для отвоза больших количеств шлака, получающегося при переработке высокофосфористых чугунов в качающихся печах непрерывным способом Тальбота.

Для получения хорошей вентиляции, особенно в летнее время, стропила мартеновских мастерских снабжают большими вытяжными фонарями, обычно идущими по всей длине здания. Часто эти фонари служат и для целей освещения, но в этих случаях необходимо предусматривать возможность легкой очистки (протирки) стекол. В местностях с суровым и снежным климатом предпочтительно перекрывать пролеты мартеновских мастерских общей фермой, а скрапные дворы, шихтаники, балконы для лотков и пр. делать крытыми для предохранения рабочего персонала от атмосферных влияний и для правильной и бесперебойной работы на складах сырых материалов. В мастерских американского типа это легко осуществимо; при мартеновских мастерских европ. типа


Фиг. 22.

скрапные дворы иногда располагают вдали, а подача шихты осуществляется при помощи подвесных однорельсовых электрич. лебедок, подающих лотки через весы на балкон рабочей площадки. Кровля мартеновских мастерских делается из волнистого железа или из особых легких асбестоцементных плит.

Все указанные выше типы мартеновских мастерских имеют свои преимущества и недостатки, оценить которые путем теоретических подсчетов не всегда представляется возможным. Применение мартеновских мастерских американского типа для большинства новых заводов-гигантов (неподвижные мартеновские печи) и смешанного типа для тех районов, где по особенностям химического состава чугуна требуется установка качающихся мартеновских печей, можно повидимому считать наиболее целесообразным для оптимального развития тяжелой индустрии СССР. Старонемецкий тип с одноярусным или двухъярусным расположением кранов разливочного помещения должен остаться для мартеновских мастерских малого масштаба или старых реконструируемых мартеновских цехов. **М. Пильник.**



Фиг. 23.

V. Мартеновский процесс.

1. Физико-химические явления. По окончании операции загрузки на поду мартеновской печи располагают слоями в том или ином порядке (см. ниже—Работа мартеновской печи) обрезки железа и железный лом, а на основном поду кроме того известняк и значительную часть руды, вводимой в состав шихты. Процесс начинается прогреванием и затем плавлением составных частей шихты (1-й период). Прежде всего идет разложение известняка, спекание пустой породы руды и образование из нее железистого шлака; затем начинает плавиться чугун и распускаться в нем обуглероживающееся железо. Длительность всего периода плавления находится в зависимости от того, насколько горячо идет печь, каков средний состав шихты и каков вес отдельных частей ее (отношение объема к поверхности). Чем ниже $t°$ печи, чем больше в шихту входит железа и чем крупнее куски его, тем более затягивается плавление, тем больше выгорает примесей железа как за счет избытка кислорода пламени, так и кислорода окислов железа, вносимых в ванну горением железа и прибавляемой (при работе на основном поду) руды.

1) Состав ванны к концу периода плавления зависит а) от $t°$ рабочего пространства, б) степени окислительности газообразных продуктов горения, в) количества введенных в шихту окислов железа (в виде ржавчины, окалины и руды), г) конструкции печи, д) физич. состояния шихты и е) качества пода (основного или кислого).

а) Высокая $t°$ печи сокращает длительность плавления и тем уменьшает выгорание примесей железа и окисление железа, т. е. сокращает угар, усиливая последующее окисление примесей железа кислородом окислов железа, связанное с восстановлением последнего до металла при высокой $t°$.

б) Влияние избытка воздуха в продуктах горения очевидно, но опыт показал, что и присутствие в газе паров воды или углеводородов, образующих при своем горении большое количество водяных паров, вызывает более значительное окисление при-

месей в период плавления и больший угар железа (по Кемпбелу).

в) Окислы железа в виде р у д ы и о к а л и н ы, в промежуток времени между началом плавления чугуна и концом плавления железа, окисляют энергично кремний, фосфор, марганец и отчасти углерод. Каждая отдельная струйка чугуна, стекая на под и встречая на своем пути свободные окислы железа, лишается в большей или меньшей мере указанных составных частей и, располагаясь на поду под слоем железистого шлака, продолжает терять их в тем большем количестве, чем больше введено было в ванну руды или окалины. Напр. в опытных плавках, проведенных в основной печи, с различной присадкой руды, при расплавлении угорало примесей (в %):

Присадка руды	C	Si	Mn	P
5%	20	95	63	10
15%	68	97	80	58
24%	95	97	82	94

Как видно из этих цифр, кислород руды прежде всего окислял кремний и марганец, а затем уже углерод и фосфор.

г) К о н с т р у к ц и я п е ч и. В неглубокой ванне (плоский под) достигается более высокое отношение поверхности окисления к весу металла и потому более значительный угар примесей железа в период плавления; глубокая ванна замедляет скорость выгорания всех примесей и уменьшает угар железа.

д) М е л к и й с к р а п (стружки, обрезки кровельного железа, обручное железо) своей большой поверхностью окисления ускоряет выгорание примесей железа в ванне, но вместе с тем вызывает увеличенный угар и самого железа.

е) В зависимости от с о с т а в а п о д а происходит изменение химич. состава ванны после окончания плавления, потому что этот процесс затягивается на продолжительный промежуток времени, в течение к-рого на первые порции расплавившегося металла оказывает влияние состав шлака, не одинаковый на основном и кислом поду. Как и во всех процессах передела, первым продуктом окисления Fe, Si и Mn является двойной силикат железа-марганца, содержащий в данном случае несколько больше SiO_2 (ок. 46—47%), чем требует формула $RSiO_3$ (ок. 45% SiO_2). Стекая на о с н о в н о й под, такой шлак растворяет известь в большем или меньшем количестве, смотря по $t°$, превращаясь частью в силикат Ca. Восстановление Si углеродом ванны в присутствии извести невозможно, поэтому окисление Si на основном поду идет быстро и одновременно с плавлением. На к и с л о м поду образующийся при плавлении силикат растворяет SiO_2 пода и делается более кислым; восстановление из него Si вполне возможно и действительно происходит, усиливаясь с увеличением концентрации SiO_2 в шлаке, C в ванне и $t°$ в печи. Поэтому б. или м. полное окисление Si при плавлении на кислом поду возможно лишь при невысокой $t°$ начала процесса и в присутствии сильно железистых шлаков. В зависимости от условий окисления Si идет и выгорание C: первый всегда предохраняет от окисления второй, поэтому на основном поду к концу плавления ванна будет содержать меньше C, чем на кислом. Для Mn должно наблюдаться обратное явление: получающаяся от окисления закись марганца восстанавливается углеродом. Итак при одинаковом начальном составе металлич. шихты ванна к концу плавления будет содержать на основном поду Si и C меньше, а Mn—больше, чем на кислом. Что касается P и S, то они в кислые шлаки не переходят совсем, а на основном поду успешно удаляются из металла при соблюдении условий, о к-рых будет сказано далее.

В течение 1-го периода на окисление примесей железа идет 70—80% всего потребного для этого кислорода, и лишь 25% его (в среднем) передается расплавленному металлу во 2-м периоде процесса как через посредство шлака, так и непосредственно рудой. В основном шлаке SiO_2 насыщен известью, и понятно, что свободные закиси Fe и Mn в окислительной атмосфере (т. е. на поверхности ванны) переходят в R_3O_4, что же касается кислого шлака, то, хотя он имеет избыток SiO_2, а Fe и Mn заключаются в нем в виде силикатов, силикаты эти при высокой $t°$ разлагаются кислородом: закиси Fe и Mn переходят в высшие степени окисления, а SiO_2 делается свободным, т. к. ни R_2O_3 ни R_3O_4 не дают кремнекислых соединений. Fe_2O_3 образуется лишь в твердом шлаке, жидкий же может содержать в растворе лишь Fe_3O_4 точно так же, как и Mn_3O_4, если кислый шлак заключает в себе Mn. Высшие окислы диффундируют во всю массу шлака и на поверхности соприкосновения с металлом окисляют его примеси, переходя в закиси, к-рые снова окисляются на поверхности ванны. Т. о. устанавливается непрерывная передача кислорода продуктов горения примесям железа. Если в ванну забрасываются крупные куски руды, то они частью погружаются в массу металла, так что окисление его примесей идет и непосредственно за счет кислорода руды, получающаяся же из нее FeO растворяется в шлаке.

В начале второго периода на к и с л о м поду продолжают окисляться Si и Mn, выгорание же C и на основном поду идет сначала вяло, так как $t°$ ванны недостаточно высока для хода эндотермич. реакции окисления C за счет кислорода FeO, связанной кремнеземом в кислом шлаке и даже свободной магнитной окисью в основном. По мере согревания ванны окисление C все более и более усиливается, вызывая явление к и п е н и я ванны выделяющимися пузырьками окиси углерода. Кипение производит перемешивание шлака с металлом, выравнивает состав их в разных частях ванны, способствует получению однородного металла, достаточно очищенного от S и P и наконец одинаково прогретого во всей его массе. Под конец 2-го периода кипение ослабевает, несмотря на достижение наивысшей $t°$, т. к. концентрация C в ванне делается очень низкой. От этого же перестает восстановляться FeO, переходящая в металл из шлака, что в свою очередь делает необходимым восстановление ее введением раскислителей в виде т. н. добавочных материалов. В основной печи окисление железа принимает более широкое развитие,

т. к. образующаяся на поверхности соприкосновения металла FeO свободна; в кислом же шлаке есть избыток SiO_2, к-рый, связывая FeO, тем самым понижает концентрацию этой закиси, растворенной в железе; отсюда существенная разница в качестве стали, получаемой на основном и кислом поду.

2) Состав и свойства шлака в течение периода кипения изменяются в зависимости от качества пода след. образом. На кислом поду образовавшийся в период плавления шлак (содержащий ~ 46% SiO_2 и 54% суммы FeO+MnO, в к-рой FeO тем более преобладает над MnO, чем меньше Mn было в шихте) растворяет в себе SiO_2, образующийся от окисления Si в начале 2-го периода, а также SiO_2 пода, отчего содержание его в шлаке скоро доходит до 50%. Начавшееся кипение влечет за собой уменьшение содержания FeO в шлаке от ее восстановления и потому увеличение в нем SiO_2. Предоставленный самому себе шлак может обогатиться SiO_2 до 56, даже 58%, но из такого шлака, при энергичном выгорании углерода, восстанавливается легко Si; так как это нежелательно, то прибавляют в ванну руду или окалину, которые усиливают своим кислородом выгорание C, понижая вместе с тем концентрацию SiO_2 в шлаке, отчего не только прекращается восстановление Si, но и восстановившийся раньше Si снова окисляется. Своевременное введение руды облегчается наблюдением над консистенцией шлака: вначале жидкий и не тягучий, он постепенно делается густым и тянущимся в нити по мере обогащения SiO_2; своевременным введением руды содержание SiO_2 в шлаке поддерживается в пределах от 49 до 50%; в конечном шлаке оно бывает обыкновенно не ниже 50 и не выше 52%.

Образующийся первоначально на основном поду сплав силиката и фосфата Fe и Mn, стекая на под, растворяет нек-рое, сначала незначительное, количество извести, отчего содержание в нем SiO_2 падает и часть P переходит в состояние стойкой фосфорно-известковой соли. Несмотря на свою легкоплавкость, шлак кажется густым и пенистым от выделяющихся из него пузырьков газа (разложение известняка и окисление C); прогревшись, он опадает и делается жидким. По мере растворения извести и уменьшения содержания окислов Fe и Mn, восстановляемых C, шлак делается все более и более трудноплавким и густым. Это затрудняет передачу тепла металлу: в массе шлака задерживаются пузырьки газа, отчего его теплопроводность уменьшается; кроме того густой шлак может не вытечь из печи при выпуске; поэтому такой шлак разжижают своевременным введением в ванну руды, окалины, плавикового шпата, а иногда песка. Несмотря на эти добавки, состав основного шлака колеблется в узких пределах, изменяясь гл. обр. под влиянием $t°$, от к-рой прежде всего зависит содержание FeO+MnO. Обыкновенно в нормальных условиях работы печи это содержание близко к 25%; при холодном ходе печи оно несколько больше, и обратно. Содержание SiO_2 и P_2O_5—каждого порознь—меняется в очень широких пределах, но в сумме остается очень постоянным, колеблясь ок. 25% в конечном шлаке, причем, смотря по содержанию P в шихте, количество P_2O_5 в шлаке может меняться от 0,5 до 16%. Постоянство суммы $P_2O_5+SiO_2$ объясняется тем, что расчет шихт ведется в предположении перевода всего SiO_2 в силикат $(CaO)_2SiO_2$, а P_2O_5—в основной фосфат $(CaO)_4P_2O_5$; в обоих этих соединениях содержание кислотных окислов довольно близко (34,9% SiO_2, 38,8% P_2O_5), а т. к. сумма фосфата и силиката составляет ок. 67—70% веса всего шлака (ок. 5—7% приходится на одну MgO), то крайние пределы для суммы кислотных окислов будут 24—26%; более низкий предел оправдывается только высокосернистой шихтой, требующей избытка извести в шлаке.

2. Термохимия мартеновского процесса. Окисление примесей железа свободным кислородом продуктов горения ведется по тем же термохимич. ур-иям, какие были указаны для бессемеровского процесса (см. *Бессемерование*), но в жидком металле, находящемся под слоем железистого шлака, окисление их производится а) свободной Fe_2O_3 руды, реагирующей в твердом состоянии, б) растворенной в шлаке, т. е. жидкой Fe_3O_4, и в) FeO, связанной с SiO_2 (в кислом шлаке) или свободной (в основном). Если в шихту вводится марганцевая руда (пиролюзит), то в реакциях окисления принимает участие Mn_3O_4, но не MnO_2, к-рая так легко теряет свой кислород, что оказывается разложенной раньше, чем расплавится чугун.

1) Окисление кремния в кислой ванне окисью железа м. б. представлено следующими реакциями:

$$Si + 2Fe_2O_3 = FeSiO_3 + 3FeO + 68\,563\ Cal, \quad (1)$$

$$Si + Fe_2O_3 = FeSiO_3 + Fe + 68\,712\ Cal\ (1\,227\ на\ 1\ кг\ Fe), \quad (2)$$

$$3Si + 2Fe_2O_3 = 3SiO_2 + 4Fe + 188\,646\ Cal\ (842\ на\ 1\ кг\ Fe). \quad (3)$$

Реакция (1) идет при низкой $t°$ начала кипения, недостаточной для восстановления железа до металла; реакция (2) требует более высокой $t°$, но дает половину всего железа руды в металл—это приблизительно средний результат работы рудным процессом на кислом поду; реакция (3) протекает в период бурного кипения ванны в хорошо греющей печи, когда вся Fe_2O_3 восстановляется до металла. Тепловой эффект всех 3 реакций—положительный. На основном поду он выше, как видно из ур-ий:

$$Si + 2Fe_2O_3 + 2CaO = Ca_2SiO_4 + 4FeO + 91\,358\ Cal, \quad (4)$$

$$Si + Fe_2O_3 + 2CaO = Ca_2SiO_4 + Fe + FeO + 91\,541\ Cal\ (1635\ на\ 1\ кг\ Fe), \quad (5)$$

$$3Si + 2Fe_2O_3 + 6CaO = 3Ca_2SiO_4 + 4Fe + 274\,746\ Cal\ (1\,227\ на\ 1\ кг\ Fe). \quad (6)$$

Поэтому и степень восстановления железа из руды д. б. выше, чем на кислом поду. По опытным данным, она в среднем близка к $^3/_4$, т. е. восстановление идет по ур-ию:

$$5Si + 4Fe_2O_3 + 10CaO = 5Ca_2SiO_4 + 6Fe + 2FeO + 457\,798\ Cal\ (1\,362\ на\ 1\ кг\ Fe). \quad (7)$$

Подобные же ур-ия можно написать и для окисления Si магнитной окисью; так как последняя более прочное соединение, чем Fe_2O_3, то выделение тепла от окисления Si менее значительно: 900 Cal на 1 *кг* Fe при восстановлении его на половину в кислом процессе и 1 045 Cal при полном восстановлении Fe на основном поду.

Чтобы судить о том, какое влияние оказывают на $t°$ металлической ванны данные выше реакции, нужно принять во внимание условия их хода. На кислый под руда не загружается при завалке металла: она забрасывается только в жидкую ванну и холодной. По уравнению (2) выгорают остатки Si, причем на 1 *кг* Fe приходится нагревать ок. 3,2 *кг* руды (богатой), теплоемкость к-рой при высокой темп-ре $\cong 0{,}33$; поэтому выделенным теплом можно нагреть руду лишь до 1 160°, тогда как ванна д. б. горячее. При восстановлении железа по ур-ию (3) количество руды на 1 *кг* Fe в два раза меньше, и выделяющееся тепло (842 Cal на 1 *кг* Fe) может нагреть холодную руду до 1 600°. Т. о. реакция (3), в к-рой на окисляющийся Si приходится наименьшее количество руды, не студит, а согревает ванну; избыток руды охлаждает ванну. На основной под загружается весь известняк шихты со значительной долей ($\sim {}^3/_4$) всей руды; остальное ее количество забрасывается в кипящую ванну, когда в последней уже нет Si. Поэтому в окислении Si участвует подогретая руда; т. к. к тому же и выделение тепла по ур-иям (4—7) выше, чем по ур-иям (1—3), то окисление Si чугуна кислородом руды согревает ванну и тем ускоряет плавление мягкой части шихты при работе обыкновенным скрап-процессом. Если чугун дается в печь жидким, как при скрап-рудном или настоящем рудном процессах, то окислителем Si является та же подогретая руда (она всегда загружается раньше чугуна). По ур-ию (6) выделяется столько же тепла на 1 *кг* Fe, как и по уравнению (2), но вес реагирующей руды в 2 раза меньше и подъем $t°$ значителен. Все сделанные здесь выводы предполагают, что в реакциях участвует CaO, т. е. разложившийся уже известняк. Если в ур-ия (4—7) ввести $CaCO_3$, то выделение CO_2 поглотит весь приход тепла, указанный этими ур-иями.

Окисление Si железистым шлаком, как видно из ур-ий:

$$Si + n\,FeSiO_3 = (n-2)\,FeO\,(n+1)\,SiO_2 + 2\,Fe + 51\,184\ Cal\ (457\ на\ 1\ кг\ Fe), \quad (8)$$

$$Si + 2\,FeO + 2\,CaO = Ca_2SiO_4 + 2\,Fe + 91\,694\ Cal\ (819\ на\ 1\ кг\ Fe), \quad (9)$$

дает меньше тепла, но согревает ванну еще лучше, чем окисление рудой, т. к. шлак может реагировать лишь будучи жидким, являясь продуктом реакций (1) и (4), т. е. имея ту же $t°$, что и продукты реакции.

Окисление Si окислами марганца можно представить ур-иями:

$$Si + n\,MnSiO_3 = (n-2)\,MnO\,(n+1)\,SiO_2 + 2\,Mn - 550\ Cal\ (-5\ на\ 1\ кг\ Mn), \quad (10)$$

$$Si + 2\,Mn_3O_4 + 2\,CaO = Ca_2SiO_4 + 6\,MnO + 277\,974\ Cal. \quad (11)$$

Реакция (10), идущая с поглощением тепла, может иметь место лишь при высокой $t°$ и притом тогда, когда концентрация FeO в шлаке сильно понижена окислением Si по ур-ию (8) и прибавка железной руды была сделана в недостаточном количестве. Ур-ие (11) относится к случаю введения в основную печь марганцевой руды. Восстановление кремнеземом марганца до металла (вполне возможное) в действительности не может иметь места, т. к. в период плавления основной шлак богат окислами железа, окисляющими Mn, а в период кипения ванна основной печи не имеет Si.

2) Фосфор—только на основном поду—окисляется кислородом руды (красного железняка) по ур-иям, аналогичным ур-иям (4—6), а именно:

$$2\,P + 5\,Fe_2O_3 + 4\,CaO = (CaO)_3P_2O_5CaO + 10\,FeO + 195\,695\ Cal, \quad (12$$

$$4\,P + 5\,Fe_2O_3 + 8\,CaO = 2(CaO)_3P_2O_5CaO + 5\,FeO + 5\,Fe + 39\,228\ Cal\ (1\,401\ на\ 1\ кг\ Fe), \quad (13)$$

$$6\,P + 5\,Fe_2O_3 + 12\,CaO = 3\,(CaO)_3P_2O_5CaO + 10\,Fe + 588\,765\ Cal\ (1\,051\ на\ 1\ кг\ Fe). \quad (14)$$

Это реакции рудного процесса, идущие уже в период плавления чугуна или при заливке жидкого чугуна в печь; все они идут с выделением такого количества тепла, какое достаточно для нагрева до $t°$ реакции даже холодной руды [подъем ее $t°$ по ур-ию (13) на 1 330°, а по (14) гораздо выше]. Следовательно окисление P рудой согревает ванну. Подобными же ур-иями можно выразить реакции окисления P магнитной окисью железа, идущие с меньшим выделением тепла, но все же не охлаждающие ванны. Основной железистый шлак окисляет P по уравнению

$$P_2 + 5\,FeO + 4\,CaO = (CaO)_3P_2O_5CaO + 5\,Fe + 196\,535\ Cal\ (702\ на\ 1\ кг\ Fe). \quad (15)$$

Все выделяемое тепло идет на приращение $t°$ ванны, т. к. реагенты находятся в жидком состоянии. В ур-иях (12—15) не указана промежуточная стадия, состоящая в раскислении фосфором Fe_2O_3 до FeO, соединении P_2O_5 с FeO и образовании фосфорножелезной соли, к-рая лишь постепенно, по мере растворения извести в шлаке, переходит в фосфорноизвестковую соль. До полного перехода в последнюю соль возможно обратное восстановление P углеродом при повышении $t°$ ванны и под влиянием SiO_2 шлака; поэтому чем больше чугуна входит в состав шихты и чем больше в нем Si, тем больше P остается в металле после расплавления; дальнейшее распределение P между металлом и шлаком устанавливается в зависимости от метода работы (см. ниже).

3) Окисление марганца кислородом руды и шлаком на кислом и основном поду идет по нижеследующим ур-иям (опущено восстановление до закиси и на половину всего железа).

$$3\,Mn + Fe_2O_3 + 3\,SiO_2{}^* = 3\,MnSiO_3 + 2\,Fe + 95\,148\ Cal\ (850\ на\ 1\ кг\ Fe); \quad (16)$$

$$Mn + FeSiO_3 = MnSiO_3 + Fe + 25\,867\ Cal\ (462\ на\ 1\ кг\ Fe), \quad (17)$$

$$3\,Mn + Fe_2O_3 = 3\,MnO + 2\,Fe + 71\,973\ Cal\ (643\ на\ 1\ кг\ Fe), \quad (18)$$

$$Mn + FeO = MnO + Fe + 24\,043\ Cal\ (429\ на\ 1\ кг\ Fe). \quad (19)$$

Mn дает основной окисел, на кислом поду соединяющийся с кремнеземом пода или кремнеземом первого шлака; этим объясняется то, что реакции (16) и (18) идут с бо́льшим выделением тепла, чем (17) и (19); при низкой $t°$ начала процесса Mn на кислом поду лучше переходит в шлак, чем на основном.

4) Окисление углерода свободными окислами железа и марганца, а также шлаком, является резко эндотермическим процессом, как видно из уравнений:

---

* Кремнезем шлака.

$3C + Fe_2O_3 = 3CO + 2Fe -$
$-112\,017$ Cal (3 112 на 1 кг C), (20)
$4C + Fe_3O_4 = 4CO + 3Fe -$
$-156\,940$ Cal (3 269 на 1 кг C), (21)
$4C + Mn_3O_4 = 4CO + 3Mn -$
$-209\,510$ Cal (4 365 на 1 кг C), (22)
$C + nFeSiO_3 = CO + (n-1)\,FeO \cdot nSiO_2 + Fe -$
$-43\,188$ Cal (3 599 на 1 кг C), (23)
$C + FeO = CO + Fe$ $-37\,283$ Cal (3 107 на 1 кг C), (24)
$C + nMnSiO_3 = CO + (n-1)\,MnO \cdot nSiO_2 + Mn -$
$-69\,055$ Cal (5 755 на 1 кг C), (25)
$C + MnO = CO + Mn$ $-61\,330$ Cal (5 111 на 1 кг C), (26)
$2C + nFeSiO_3 = 2CO + nFeO \cdot (n-1)SiO_2 + Si -$
$-143\,465$ Cal (5 978 на 1 кг C). (27)

Ур-ия (20—22) представляют тепловой эффект окисления С свободн. окислами с полным восстановлением металла, а ур-ие (27)—с восстановлением Si из кислого шлака; ур-ия (23—26)—окисление С основными и кислыми шлаками с одновременным восстановлением Fe и Mn. Реакции с кислыми шлаками более эндотермичны, так как восстановление металла сопровождается разложением силиката; наиболее эндотермичн. является реакция окисления С с восстановлением Si, идущая лишь при повышенной концентрации SiO_2 в шлаке; наконец окисление С при помощи окислов Mn дает большее понижение $t°$, чем окислами железа.

Тепловой эффект вышеуказанных эндотермич. реакций определяет тот порядок, в котором они должны совершаться: первыми, т. е. при более низких $t°$, идут реакции с наименьшим поглощением тепла; повышение $t°$ создает условия для хода более эндотермич. реакций. В основном процессе Si выгорает в период плавления и дает при этом на 30% больше тепла, чем на кислом поду, поэтому окисление С начинается раньше и идет сразу энергичнее, развиваясь с повышением $t°$. Выгорание Si в кислом процессе отодвигает начало окисления С; последнее можно ускорить прибавкой руды, но количество последней находится в зависимости от $t°$ в печи. Иногда нарастание ее идет очень медленно, и руды нельзя давать в печь—в таком случае в ванне кислой печи можно наблюдать явление приостановки горения С. В хорошо греющей печи запоздалое прибавление руды создает условие для хода реакции (27), т. е. обратного восстановления Si в металл. Своевременная прибавка руды (постепенно убывающими порциями) позволяет совершенно избежать восстановления Si и значительно ускорить выгорание С.

5) Удаление с е р ы из металла при работе на основном поду идет по ур-ию:

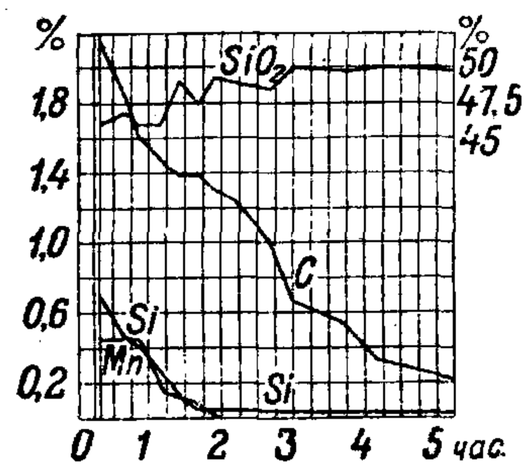
$$FeS + Mn + CaO = CaS + MnO + Fe + 7440 \text{ Cal}, \quad (28)$$

в к-ром Mn является посредником между Fe и известью; он разлагает FeS, переходя в MnS, всплывающий на поверхность ванны (нерастворим в металле); Mn здесь замещается Ca—получается CaS. Реакция эта, будучи слегка экзотермической, для своего хода не требует высокой $t°$, но протекает она в растворах слабой концентрации медленно и никогда не идет до конца. Отсюда следует, что степень обессеривания металла, измеряемая отношением того количества S, к-рое переходит в шлак, ко всему ее содержанию в ванне, д. б. тем выше, чем продолжительнее ход процесса и чем выше содержание серы и марганца в различных частях шихты, а извести—в шлаке. Этот теоретическ. вывод вполне подтверждается практикой. Т. к. процесс обессеривания стали представляет громадный практич. интерес, то его обстоятельно изучали в з-дской обстановке прежде всех Кемпбел, затем Томсон в США, Стед в Англии и Н. Н. Шелгунов у нас; результаты исследований м. б. формулированы в следующих положениях: а) чем выше концентрация S в металле, тем выше степень обессеривания его: она может доходить до 75 и даже 83% первоначального содержания, если металл содержал напр. 0,5—0,6% S; при обычном содержании S в металле (0,05—0,06%) обессеривание ограничивается 25—30%. Очень чистый металл, напр. шведский древесноугольный, содержащий следы S, может загрязниться S, поглощаемой шлаком из продуктов горения, если газ получен из каменного угля. Такой металл дает совершенно чистую сталь лишь при работе на дровяном или торфяном газе. б) Металл тем лучше очищается от S, чем длительнее идет процесс, вернее, чем дольше продолжается к и п е н и е, т. к. именно кипением достигается хорошее перемешивание металла со шлаком—агентом обессеривания. в) Самое существен. значение для обессеривания имеет содержание извести в шлаке или, точнее, ее отношение к SiO_2. Однако повышение количества извести, даваемой в плавку, имеет свои пределы, т. к. слишком богатый известью шлак недопустим в печи, потому что он густ. Для разжижения его применяют фтористый кальций (а также хлористый кальций по патенту Санитера, трудно осуществимому на большинстве заводов). При содержании в шлаке CaO в количестве 61% обессеривание доходит до 90%. г) Количество железной и марганцевой руды, забрасываемой в печь при кипении, оказывает нек-рое влияние на удаление S из металла: бурное кипение, вызываемое рудой, способствует лучшему перемешиванию металла со шлаком; при этом часть S может уходить в газ, окисляясь кислородом руды в SO_2. Марганцевую руду Кемпбел считал более действительным средством для удаления S, чем марганцевые сплавы; во всяком случае это—более дешевое средство.

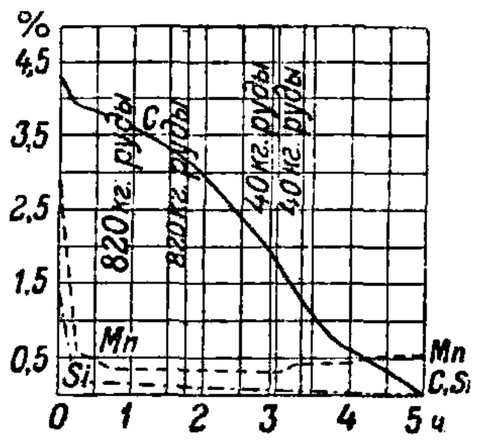
3. Ход процесса выгорания примесей при разных способах работы. 1) О б ы к н о в е н н ы й с к р а п-п р о ц е с с с б. или м. значительным преобладанием скрапа над чугуном не представляет ничего характерного в отношении поведения отдельных составных частей ванны; главной задачей при ведении этого процесса является не ускорение выгорания примесей, а быстрое расплавление металла, чтобы предохранить его от большого угара и успеть нагреть сталь до нужной $t°$ к тому времени, когда она будет готова по своему химич. составу. Случается, что примеси железа выгорят раньше, чем сталь можно будет выпустить без опасения застудить ее в ковше. В таком случае затягивают кипение, прибавляя в ванну горячий и чистый в отношении P и S чугун (обыкновенно гематит), а затем увеличивают отношение чугуна к железу в шихте. Если это по экономич. условиям недостижимо, то удлиняют ход процесса прибавлением в шихту углеродистых веществ: древесного угля, антрацита, кокса.

2) Р а б о т а с п р е о б л а д а н и е м ч у г у н а в ш и х т е и л и н а о д н о м ч у г у н е пред-

ставляет больший интерес, т. к. она допускает применение различн. способов работы сообразно с качеством чугуна и назначением продукта производства. На фиг. 24 дано графич. изображение хода выгорания примесей на кислом поду из шихты, состоявшей на $^3/_4$ из чугуна и имевшей после расплавления 2,15% C, 0,7% Si и 0,43% Mn (S и P было в чугуне незначительное количество, и заметного изменения их содержания в металле не происходило); в шлаке было 46% SiO_2. В течение всего процесса кипения (5 ч.) в ванну заброшено было 8,5% руды постепенно убывающими порциями (от 1 до 0,05 *m*) и



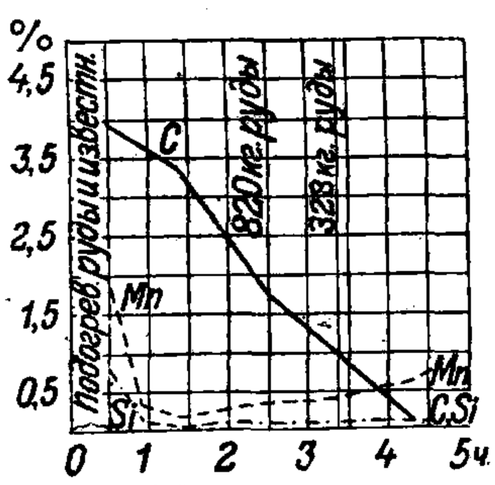
Фиг. 24.



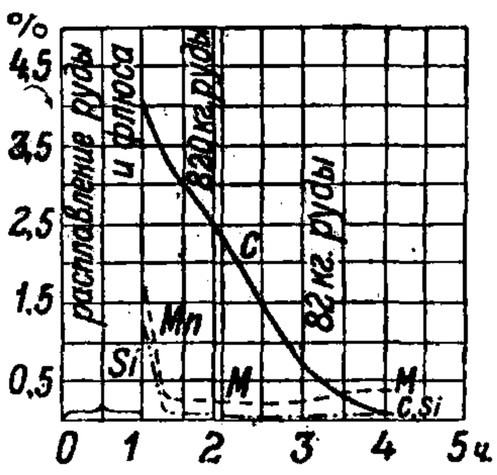
Фиг. 25.

через короткие промежутки времени (15—20 мин.). Полное окисление Mn было достигнуто через 2 ч., а содержание Si было доведено до очень низкого предела (0,027%) в течение $1^1/_2$ ч.; остальное время выгорал C, а Si не восстановлялся из шлака благодаря тому, что содержание SiO_2 в нем все время колебалось ок. 49% и не превосходило 50%. В общем для кислого процесса плавка была закончена быстро, и ведение ее можно считать образцовым (англ. завод).

3) Фиг. 25 дает графич. изображение основного рудного процесса на жидком чугуне в том видоизменении, какое было выработано на Юрьевском з-де К. Дихманом. Из всего количества приходящейся на одну



Фиг. 26.



Фиг. 27.

садку руды (22% веса чугуна) ~$^3/_4$ загружалось в печь вместе с известняком (8%), затем заливался чугун, взятый от доменной печи. Выгорание Si и Mn заканчивалось (для последнего в той мере, в какой это возможно в основном процессе) в первые 25—30 мин. Очертание кривой углерода совершенно правильное, свидетельствующее о том, что руда прибавлялась своевременно и в надлежащем количестве,—несколько большем (24%), чем обычно, в виду повышенного содержания Mn и Si в данной плавке. Плавка длилась 5 ч., что близко к среднему (4 плавки в сутки), принимая во внимание время на заправку пода.

4) На диаграмме фиг. 26, вычерченной также по данным, полученным на Юрьевском з-де, представлен ход процесса в случае предварительного прогревания руды и флюса до спекания (патент Монеля). На это потребовалось 30 мин., тем не менее плавка сделана на 30 минут скорее, и выгорание C закончилось в 4 ч. (Si и Mn—в 25 мин.).

5) На б. Александровском з-де (Днепропетровск) впервые был применен запатентованный бр. Горяиновыми способ работы: жидкий чугун вливался в основную печь, на поду к-рой имелся жидкий шлак, полученный сплавлением (при *t*° 1 200—1 250°) железной руды с известняком ($CaO \cdot Fe_2O_3$). На фиг. 27 показан ход выгорания примесей, по данным Юрьевского завода, на котором была проведена пробная плавка по этому способу. Расплавление руды длилось 1 час, и все же плавка закончилась в 4 ч.; выгорание C длилось 3 ч., а Si и Mn 15 мин. Т. о. приготовление жидкой шлаковой ванны до вливания чугуна значительно ускоряет период кипения, но, как видно из диаграммы фиг. 27, это ускорение не отражается на выгорании C в слабой концентрации (0,5—0,07%), которое длится 40 мин., как и на диаграммах фиг. 25 и 26. Понижение содержания C на 0,1% (ниже 0,5%) требует в среднем 9,3 мин., тогда как в пределах 3,9—0,5% C выгорает в течение 130, 195 и 240 мин. (соответственно фиг. 27, 26, 25), причем на 0,1% его приходится по 3,75, 5,75 и 7 мин. Следовательно расплавление руды и флюса приближает стадию наиболее интенсивного кипения к началу процесса. Опыт показал, что кипение в этом случае идет настолько энергично, что сталь переливается через пороги, а шлак быстро разъедает стены и свод рабочего пространства, так что печь скоро изнашивается, требуя частого ремонта. В виду этого способ бр. Горяиновых был оставлен на том з-де, где он впервые возник, что однако указывает не на практич. неосуществимость этого способа, а на неподходящие размеры и конструкцию печей, в к-рых его вели. На Надеждинском з-де, где пробовали работать по патенту бр. Горяиновых, выработали другое видоизменение рудного процесса: в жидкий сплав извести с железной рудой прибавляли постепенно чугун в чушках. Плавление чугуна затягивало процесс, но окисление примесей его шло очень быстро по мере плавления чугуна, т. е. спокойно. Технич. результаты работы были хороши (пригар 6%).

6) Рудный процесс на сильнофосфористом чугуне. Перешедший в шлак P в состоянии фосфорножелезной соли при повышении *t*° восстанавливается и частью возвращается в металл; для получения чистой в отношении P стали можно или спускать первый шлак до начала кипения и заводить в печи новый, что затягивает процесс и увеличивает расход руды и флюса, или работать без спуска шлака и окислять P после выгорания углерода, прибавляя в ванну известь для понижения концентрации P_2O_5 в шлаке, что тоже затягивает процесс и увеличивает расход флюса. Ни первый ни второй приемы работы не выгодны для передела сильнофосфористых чугунов, к-рые перерабатываются теперь процессом Бертрана и Тиля. Удаление примесей железа делится на 2 периода: в первом происходит окисление Si, P, Mn и части C, а во втором остатков P и C; оба периода могут итти в разных пе-

чах (первоначальное видоизменение процесса) или в одной и той же (патент з-да Гёш), но с совершенным отделением шлака 1-го периода от металла, к-рый д о в о д и т с я новым шлаком. Отделение первого шлака удобнее всего делается наклонением вращающейся печи (современный способ работы); к спуску шлака прибегают после того, как металл согреется настолько, что н а ч н е т с я деятельное к и п е н и е и Р станет восстановляться из шлака, к-рый к этому времени лишается значит. части FeO от восстановления ее С. В этом и заключается сущность изобретения Бертрана и Тиля. Спускаемый шлак содержит в себе мало извести (SiO_2+ +P_2O_5 содержится в нем ок. 36—39%); добавка извести в печь для шлака 2-го периода тоже незначительна, т. к. в металле остается мало Р и нет уже Si. Т. о. расход на флюс в этом процессе гораздо меньше того, какой требуется для понижения концентрации P_2O_5 во всей массе неспускаемого шлака. Наконец шлак 1-го периода при работе на сильнофосфористых и малокремнистых чугунах содержит много P_2O_5 и выгодно продается как удобрение.

Т а б л. 2.—И з м е н е н и е с о с т а в а м е т а л л а в п е р в о м п е р и о д е п р о ц е с с а Б е р т р а н а и Т и л я (в %).

Время, ч., м.	Металл				Шлак		
	C	Mn	Si	P	SiO_2	P_2O_5	Fe
	Первая плавка						
10.45	3,55	0,42	0,34	1,300	—	—	—
11.05	3,45	0,42	0,15	0,930	20,00	15,67	11,20
11.25	3,05	0,10	0,04	0,390	15,66	19,41	13,20
11.45	2,65	0,06	0,04	0,043	13,66	20,90	15,40
12.22	2,50	0,10	0,04	0,087	19,16	18,88	6,00
	Вторая плавка						
10.00	3,44	0,39	1,27	1,300	—	—	—
11.00	3,50	0,20	0,31	0,990	26,00	10,37	13,00
11.20	3,60	0,05	0,02	0,320	21,00	14,63	10,00
11.40	3,40	0,05	0,01	0,092	18,00	16,04	14,15
12.08	2,70	0,06	0,01	0,174	24,33	15,83	6,00

В табл. 2 указано изменение состава металла в 1-м периоде работы способом Бертрана и Тиля для 2 плавок на з-де Кладно (Чехо-Словакия): одной — на малокремнистом, наиболее выгодном чугуне, и другой—с повышенным содержанием Si, но с тем же содержанием Р. Благодаря этому делается ясной роль Si в чугуне и SiO_2 в шлаке. В первой плавке уже через час работы содержание Р в металле упало до очень низкого минимума (0,043%) и дальше стало повышаться, но при перепуске металла во 2-ю печь (через 37 мин.) оно дошло лишь до 0,087%, причем содержание Fe в шлаке за это время спустилось с 15,4 до 6%. Более кремнистый чугун 2-й плавки дал как минимум 0,092% Р через 1 ч. 40 м., а перед спуском металла—0,174% Р, причем в шлаке оказалось только 15,8% P_2O_5 при 6% Fe, тогда как в шлаке первой плавки было 19,9% P_2O_5. При более кремнистом чугуне (1,41% Si) получены еще худшие результаты: в перепускаемом металле 0,19% Р, а в шлаке лишь 14,7% P_2O_5, что делает его неприемлемым для удобрения. Работа последнего времени на з-де Гёш установила, что содержание Si в чугуне д. б. $>0{,}4\%$ (более высокое—затягивает 1-й период), а $P<1{,}2\%$ и $>2\%$, т. к. более фосфористый чугун дает в переливаемом металле более 0,45% Р, что затягивает 2-й период. Для получения более рентабельного шлака 1-го периода дают в печь богатую и вместе с тем сильнофосфористую руду (чируна с 3% фосфора). Пригар, получаемый на этом заводе, равняется от 3 до 5%.

7) Н е п р е р ы в н ы й п р о ц е с с Т а л ь б о т а по существу представляет рудный процесс на жидком чугуне, отличаясь от обыкновенного только тем, что не весь готовый металл выпускают сразу. Печь делают вращающейся. Реакции этого процесса и ход выгорания примесей в нем те же, какие указаны были выше для рудного процесса.

8) К о м б и н и р о в а н н ы й б е с с е м е р о в с к о-м а р т е н о в с к и й процесс (д у п л е к с) ведется сначала в бессемеровском конвертере, а затем продутый металл передается в мартеновскую печь. Особенность хода выгорания примесей только та, что процесс заканчивается скоро благодаря переокисленному в конвертере металлу и низкой концентрации примесей в стали на поду.

4. Угар и пригар в мартеновском процессе. Выгорание примесей железа и образование железистого шлака, в который переходят не только окисляющиеся составные части металла, но и механич. примеси к нему, естественно дает в результате меньше стали на поду, чем вес взятых металлич. частей шихты; разность представляет т. н. у г а р. Но окисление примесей железа рудой дает восстановленное из руды железо, и это с избытком компенсирует угар примесей, создавая п р и г а р. Окончательный итог очевидно зависит гл. обр. от соотношения веса чугуна и железа в шихте. Очень бедные чугуном шихты скрап-процесса дают наименьший выход стали (практически редко $<90\%$); наоборот, работа на одном жидком чугуне рудным процессом дает до 108% стали на поду. При восстановлении $^3/_4$ всего железа из окиси на единицу окисляющегося Si [по уравнению (7)] переходит в ванну 2,4 железа, т. е. 1% Si дает пригар в 1,4%. Такой же расчет для других элементов (принимая для всех их одинаковую степень восстановления железа, т. е. $^3/_4$) дает пригар: для Р—1,7%, для С—1,8%; Mn не дает пригара (—0,3%). Т. о. самым выгодным в отношении выхода стали элементом является С, который, окисляясь FeO шлака, дает еще больший пригар (3,66%), чем указанный выше; за С следует Р и затем Si, которые, окисляясь рудой в начале процесса, не требуют высокой $t°$ для восстановления железа, тогда как С выгорает при высокой $t°$ и чем она выше, тем выше степень восстановления железа из шлака. Вес шлака от окисления С уменьшается, тогда как Si и Р, выгорая, увеличивают вес шлака, что замедляет прогревание стали, уменьшая т. обр. производительность печи. Очевидно, наибольший выход стали во времени (а не в %) достигается при некотором определяемом опытом содержании Si и Р в чугуне. К. Дихман дал для наших южных малофосфористых чугунов содержание Si в 1,2% как наивыгоднейшее при работе на одном жидком чугуне рудным процессом.

Целый ряд факторов меньшего значения влияет на выход стали из шихты: землистые примеси и ржавчина на скрапе; песок, пристающий к чушкам чугуна (до 1,5% SiO_2 при отливке чугуна в песчаные формы); нечистота руды и известняка (пустая порода первой и сумма $SiO_2+Al_2O_3$ второго); разъедание пода и стен, а также оплавление свода рабочего пространства печи. Все это увеличивает вес шлака, вес теряемых в нем $FeO+MnO$ и взвешенного железа (количество последнего составляет ок. 6% веса основного шлака средней густоты). Под влиянием всех указанных обстоятельств в среднем работа на одном жидком чугуне рудным процессом дает ок. 107% стали на поду (по отношению к весу чугуна и железа шихты); при $^3/_4$ чугуна (жидкого) 102%; при $^1/_2$ (жидкого) 97%; при $^1/_4$ (твердого) 91%.

5. Температурные условия и использование тепла. Газ и воздух входят в рабочее пространство печи нагретыми обыкновенно до 1 000—1 100°; горением достигается $t°$ до 1 800°; продукты горения уходят через окна с $t°$ 1 600° (при работе на мягкое железо). Т. обр. использование тепла в рабочем пространстве не м. б. велико, и это зависит не от несовершенства печи, а от сущности мартеновского процесса. Продукты горения поступают в регенераторы, охладившись по пути до 1 500°, а уходят из-под насадки со средней $t°$ ~450° (из газовых камер—горячее, из воздушных—значительно холоднее, т. к. $t°$ входящего в насадку воздуха не выше 100°, а газ часто нагрет до 350—400° и даже выше); иногда средняя $t°$ отходящего газа поднимается до 600 и даже 700° (малые насадки). Т. к. потеря тепла в атмосферу через стены регенераторов не велика (не более 20% полученного тепла), то использование тепла регенераторами довольно высоко—ок. 80%. В табл. 3 даны тепловые балансы мартеновского процесса для трех случаев: 1) кислый скрап-процесс (расход каменного угля 0,3; $t°$ дыма 655°); 2) основной скрап-процесс ($^2/_3$ твердого чугуна; расход каменного угля 0,25; $t°$ дыма 450°); 3) основной рудный процесс (расход угля 0,19; $t°$ дыма 450°). Нагрев газа и воздуха во всех случаях до 1 100°, а избыток воздуха 25%. Цифры Cal относятся к 1 *кг* металлической завалки. Как видно из табл. 3, в кислом процессе расход тепла достигает максимума, а использование его—минимума, что объясняется медленностью хода процесса, малым количеством (10% веса стали) шлака (передаваемое ему тепло суммируется с полезно издержанным теплом) и высокой $t°$ дыма, обычной однако для американской печи, к которой относится расчет. Расходы тепла в основных (скрапном и рудном) процессах очень близки, несмотря на большой расход тепла, поглощаемого шлаком рудного процесса. Это объясняется большой скоростью хода рудной плавки: в расчете принято для нее 4 выпуска в сутки против трех обыкновенного процесса; при одинаковом расходе тепла на 1 *кг* стали в первом случае печь получает на 33% больше тепла в единицу времени. Благодаря тому, что жидкий чугун вносит в ванну 254 Cal, а экзотермические реакции на 118 Cal больше при работе рудным процессом, потребность в тепле, получаемом от горения газа, уменьшается на 25%, что уменьшает количество дымовых газов и потерю тепла в них. Выведенный кпд, для рудного процесса равный 40%, является наивысшим из возможных кпд в современной практике. При скрап-процессе кпд, равный 30%, тоже достигается не часто, вследствие более высокой чем 450° $t°$ отходящих газов и увеличения их количества засасыванием в печь атмосферного воздуха, избыток к-рого у подножия дымовой трубы часто достигает 50% и даже больше.

Табл. 3.—Тепловые балансы мартеновского процесса.

Статьи баланса	Кислый		Основн. скрапный		Основн. рудный	
	Cal	%	Cal	%	Cal	%
Приход						
Газ (350°) и воздух (100°)	120	6	159	9	125	7
Горение газа	1 590	82	1 331	75	998	56
Экзотермич. реакции	240	12	293	16	415	23
Жидкий чугун	—	—	—	—	254	14
Итого	1 950	100	1 783	100	1 792	100
Расход						
Использование ванной	339	17	533	30	722	40
Потеря с дымом	547	28	381	21	308	17
Остальные потери	1 064	55	869	49	762	43
Итого	1 950	100	1 783	100	1 792	100

М. Павлов.

VI. Работа мартеновской печи.

1. Сушка и разогрев печи. Вновь сложенная или вышедшая из холодного ремонта мартеновская печь сушится и разогревается. Сушка производится дровами, которые костром располагают на ее подине, обычно покрываемой листами кровельного железа. Время сушки и разогрева зависит от того, насколько крупен был ремонт, и от времени года. Если ремонтировалось только плавильное пространство, то летом сушка и подогрев производятся в течение 1—$1^1/_2$ суток, а зимой 2—3 суток. Для новой печи этот срок увеличивается до одной недели. Когда дрова разгорятся, переводный клапан ставят «на центр», чтобы плавильное пространство печи сообщалось с дымовой трубой через обе пары регенераторов. В этом случае при шведском барабане перегородка попадает не в прорезы крестовины, а сверху ее. При клапане Сименса переводный язык ставят отвесно, доступ же воздуха в клапан прекращается. Примерно через 15 мин. после растопки клапаны ставят в рабочее положение и перекидкой их заставляют дым итти попеременно то через одну то через другую пару регенераторов. Уже во время сушки печи и начала разогрева ее следят за натягом скрепляющих печь болтов, вовремя отпуская гайки. Особенное внимание уделяется своду, к-рый может пучиться и раскрывать швы; ослаблением натяга можно избежать этого

явления. Дровами печь разогревают примерно до темп-ры 550—600°, т. е. когда стенки печи в темноте начинают слабо светиться. В этом состоянии печи в нее можно уже дать газ. Последний вводят в печь с величайшей осторожностью, следя внимательно за тем, чтобы газ имел значительное положительное давление от генератора до входа в печь. Для полной уверенности в том, что газ в печи сразу загорится, горение дров несколько усиливают. Из осторожности сначала газ дают не полной струей. Перекидка клапанов сначала идет редкая, первое время—через час, а затем чаще. Разогрев печи идет 2—3 суток и даже больше—до тех пор, пока она не примет вида обычного для нее после выпуска стали. Пламя в печи д. б. длинным и белым. Регенераторы должны светиться. Приведя печь в указанное состояние, приступают к наварке пода или же к исправлению существующей наварки. Не следует торопиться с завалкой шихты в новую печь, т. к. время, выигранное на разогреве печи, безусловно будет потеряно при первой же плавке. Мало того, первые плавки надо вести из осторожности с уменьшенной против нормы садкой.

2. Завалка шихты. В малые печи подача шихты производится вручную. Иногда применяют особую лопату, подвешенную на цепи к фермам здания или же к специальной балке. В настоящее время большинство печей обслуживается особыми *загрузочными машинами* (см.) германского или америк. типа. Состав шихты в чисто металлургических заводах редко подвергается изменению. В условиях СССР обычно главной составной частью мартеновской шихты таких з-дов является чугун, обрезки и всякого рода лом, называемый скрапом (своего завода или покупной). Если мартеновская мастерская является частью какого-либо механич. з-да и если от нее требуется большое количество сортов стали, шихта бывает весьма разнообразной. Это особенно наблюдается на заводах, далеко отстоящих от доменных печей, но располагающих большим количеством привозного скрапа. Непостоянство состава последнего, с одной стороны, и частая недостача чугуна, с другой, делают шихту изменчивой, а это в свою очередь сказывается на работе печи и на способе подачи шихты в печь. На предприятиях северного и центрального районов СССР количество чугуна обычно бывает равным 40% металлич. шихты, но по нужде оно падает до 20% и даже ниже, доходя иногда до нуля.

Порядок завалки шихты в мартеновские печи имеет большое влияние как на стойкость печей, так и на скорость расплавления шихты. Практика выработала относительно завалки шихты целый ряд чисто опытных указаний. 1) В кислой печи процесс идет обычно на твердой завалке и только скрап-процессом, хотя иногда применяют и жидкий чугун. На подину дают прежде всего чугун полностью или в половинном количестве в зависимости от того, что предполагается дать в завалку. В особенности избегают давать непосредственно на подину старый ржавый и горелый скрап, т. к. он сильно разъедает под. На чугун дают скрап. Если скрап мелкий (напр. стружки, обрезки проволоки и кровельного железа и т. п.), то необходимо сверху его загружать некоторое количество чугуна: последний механически уплотняет громоздкую шихту, и кроме того при расплавлении чугуна капли последнего, опускаясь через кучу ниже лежащего скрапа, разъедают его и тем способствуют более быстрому расплавлению шихты. Если в печи вся садка сразу не помещается, то завалку прекращают и т. о. дают возможность шихте осесть и частью сплавиться. Если в шихту идет чугун, содержащий много марганца, то его на подину не дают, а сначала загружают под чистым скрапом и уже на него садят чугун. 2) В основной печи завалку печи начинают с подачи известняка, если только подина не наросла от слишком густых шлаков предыдущих плавок или от холодного хода их. Если это наблюдается и тем не менее специальной травки подины почему-либо делать не собираются, а желают вести следующую плавку, то завалить в печь первым известняк—это значит еще больше нарастить под. В этом случае на подину дают скрап, по преимуществу тонкий. При расплавлении от него получается железистый шлак, который и растворяет верхние основные слои наросшего пода. То же получится, если дать раньше известняка чугун. Если подина основной печи нормально подготовлена, то первым на нее дается известняк в кусках, размером около кулака, примерно в половинном или немного большем количестве от того, что должно пойти на всю плавку, и часть руды; затем дается скрап и на него остальной известняк; чугун дается последним. При завалке шихты надо следить, чтобы оставалось достаточное пространство от верха ее до свода, нужное для прохода продуктов горения. Из этих соображений при громоздком скрапе последний загружается не в один прием. 3) При работе рудным процессом первым дается в печь известняк, затем руда и наконец скрап. Известняк и руда доводятся до спекания, а скрап—до размягчения. После этого заливают в печь чугун. 4) При скрап-угольном процессе, т. е. процессе, идущем совершенно без чугуна или с малым его количеством (ок. 7%), на подину дают первым известняк, затем стружку или вообще скрап, а на последний карбюратор (кокс, антрацит, древесный уголь и т. д.), перекрывая его сверху опять скрапом, по возможности мелким. Угольная мелочь, смоченная водой, дается в печь в рогожных мешках. На Путиловском заводе при работе скрап-угольным процессом на подину давали часть известняка, а затем карбюратор, в виде отдельных куч, покрывая его мелким скрапом и стружкой. Между кучами заваливали остальной известняк и все засыпали сверху скрапом и ломом. На з-де считали, что угар при этом получался меньше. Продолжительность завалки шихты бывает различной, завися от рода шихты, от размеров печи и от способа загрузки. В печах небольшого тоннажа (20—40 *m*) ручная завалка требует ок. 4 ч., машинная—ок. 1 ч., а в больших печах, вместимостью ок. 100 *m*,—$1^1/_2$—2 и даже до 3 ч.

3. Плавление шихты. Продолжительность плавления шихты зависит прежде всего от

состава и вида самой шихты, а затем от $t°$ в печи, к-рая определяется плавильщиком по цвету пламени и стенок самой печи. Холодная печь через синее стекло кажется красной, холодный газ—тоже красным, тогда как в горячо идущей печи пламя и стенки кажутся белыми. Легче всего плавится шихта на откосах печи и, наоборот, плавление замедляется около окон. Это учитывают и для ускорения плавки иногда бросают в печь около окон серый или зеркальный чугун, а иногда даже и бедный ферросилиций. Нормальная плавка ведется т. о., чтобы после расплавления ванна кипела примерно 1—$1^1/_2$ ч. Но м. б. случаи, когда расплавившаяся шихта дает металл мягкий, готовый к выпуску по содержанию в нем углерода, но к-рый нельзя разлить по изложницам: металл холоден—недостаточно прогрет и не прокипел. В этом случае приходится давать в печь твердый серый чугун, подогрев его на откосах, и путем искусственного обуглероживания ванны вернуть ее т. о. к состоянию нормального кипения. Ванна начинает уже кипеть тогда, когда скрап полностью еще не расплавился, шлак еще густ и малоподвижен. Выделение пузырьков газа из ванны сопровождается вспучиванием шлака. Кипение в это время идет не по всей поверхности, а местами и, так сказать, кратерами. Постепенно кипение становится более спокойным, захватывая поверхность всей ванны; ванна кипит «чисто».

4. Кипение и окончание плавки. 1) В кислой печи чистое кипение ванны характеризуется появлением красных пузырей. Вначале эти пузыри бывают небольшими, а затем они увеличиваются в объеме. Берут пробу металла и, если металл крепок (т. е. тверд), прибавляют руды. Дача последней идет небольшими порциями, чтобы не застудить ванну. Пробы берут периодически во время всей плавки, но не вскоре после введения в печь руды, т. к. надо дать последней расплавиться и перейти в шлак, что видно простым глазом. Около кусков руды, плавающей по ванне, металл кипит ключом. Иногда, как это делают в Англии, к концу плавки в ванну вместе с рудой дают в небольшом количестве известняк с таким расчетом, чтобы в конечном шлаке содержание $CaO+MgO$ равнялось 5%. После кипения красным пузырем ванна начинает кипеть белым пузырем, и наконец кипение совершенно прекращается. Берут пробу и, если она покажет, что металл готов, дают в печь раскислители и выпускают металл в ковш; часто раскислители дают и в жолоб.

2) В основной печи процесс идет быстрее, чем в кислой. После расплавления шихты берется проба, и по ней определяют, можно или нет добавить то или иное количество руды. Стремятся дать в печь одновременно с металлической шихтой максимальное количество руды, потребное для данной плавки, но из осторожности оставляют некоторое количество ее для добавки «на кип». Во время кипения ванна прогревается до $t°$ выпуска. В Америке как правило принято спускать шлаки в начале плавки; в СССР, имея дело с малофосфористым чугуном, этого не делают во избежание потерь железа, количество к-рого в начальных шлаках велико. При переработке типичных южнорусских чугунов (P от 0,1 до 0,2%) плавку обычно доводят до такого содержания углерода в ванне, к-рое требуется в конечном металле, или немного меньше, с доводкой металла по углероду раскислителями. Но иногда, в редких случаях, ведут плавку с двойным спуском шлака до полного обезуглероживания стали. С первым шлаком удаляется значительное количество фосфора, так что второй шлак получается значительно чище. Чтобы получить твердый металл, в случае работы до полного обезуглероживания, в ванну, доведенную до мягкого железа, дают искусственно обуглероживатель в виде чугуна—серого или зеркального. Куски чугуна надо обязательно греть на пороге или откосах, иначе может иметь место нежелательное охлаждение ванны.

5. Контроль над ходом плавки. 1) Свойства шлака. Наблюдение над свойствами шлака в печи служит для суждения о ходе плавки. По наружному виду шлак в застывшем состоянии представляет собою темносерую или черную хрупкую массу. Шлак кислой печи—ноздреватый, а основной—плотнее и темнее. Расплавленный шлак может быть жидким, густым и нормальным. Жидкий шлак очень подвижен; при зачерпывании его железной ложкой последняя плохо шлакуется, шлак не отделяется от слоя металла и как бы липнет к нему. Такие свойства указывают, что печь идет холодно, что в шлаке много закиси железа и мало извести; металл при таком шлаке раскислен плохо. Густой шлак («грязный») лежит в печи толстым слоем; ложка при зачерпывании шлака покрывается толстым тестообразным слоем. Этот шлак получается вследствие разъедания пода и откосов печи. Обычно в нем много MgO и Al_2O_3; ванна под ним плохо греется, а подина иногда срывается. Нормальный шлак хорошо отшлаковывает ложку и легко отделяется от металла. Кипение под таким шлаком идет «чисто» по всей поверхности ванны. На физич. свойства шлака и на его консистенцию в частности оказывает влияние $t°$ печи, а стало быть и самого шлака.

2) Взятие проб металла—другое средство для наблюдения за ходом плавки. Сталевар по временам берет пробу металла и по ней судит о составе и $t°$ ванны. Он может получить самые точные указания о ходе плавки, наблюдая искру, излом пробы, ковкость ее, в связи конечно с характером кипения ванны. Пробу берут железной ложкой, к-рая, прежде чем ее погрузить в металл, д. б. ошлакована, т. е. покрыта слоем шлака. Для этого ее ополаскивают в расплавленном шлаке. Если такого ополаскивания не сделать, то металл разъест ложку и частично прилипнет к ней, чем испортит самую пробу. Из ложки металл выливается в круглую форму (стаканчик). Освобожденная из формы проба куется в лепешку в 1 *см* толщиной, к-рая после закалки в воде разламывается; по излому ее судят о содержании углерода в металле. Когда металл выливают в форму или на площадку с целью определить его подвижность, он выделяет искры. Если

металл тверд, то при выливании пробы выделяется много искр, с треском рассыпающихся на более мелкие. При мягком металле этого явления не наблюдается. В зависимости от содержания углерода выделяющиеся искры имеют свои особенности, характерные для металла и хорошо распознаваемые практиками. Очень важно при всех плавках иметь $t°$ ковки пробы, а также $t°$ ее закалки одинаковой, чтобы иметь сравнимые результаты. При ковке очень горячей пробы получаются рванины, т. к. металл внутри пробы еще не застыл; холодная же проба может наклепаться и тем дать неверное представление об изломе. Если проба обычного углеродистого металла прокована холодно, то цвет лепешки снаружи будет красноватый; если же ковка шла при нормальной $t°$, то—серебряно-серый или синеватый. Вид излома лепешки—присутствие в нем зерна и волокон—дает сталевару точное представление о количестве углерода в металле. На Путиловском з-де была выработана нижеследующая таблица (табл. 4) для определения углерода в стали по виду излома. Конечно эта таблица полностью вопроса о свойствах пробы не решает. В случае изготовления спец. сортов стали (с Ni, Cr и т. д.) излом пробы не дает точного представления о содержании углерода в стали, но характер искры от примесей не меняется. При проковке пробы наблюдают, не рвутся ли ее края. Рванины показывают, что металл плохо раскислен. Иногда после введения добавочных взятую пробу проковывают на брусок 25 × × 12 *мм*, закаливают его и ломают. По излому судят о содержании углерода. В случае изготовления твердой стали с содержанием углерода 0,6—1,2% пробу после проковки не закаливают, а медленно студят и потом ломают. Для суждения о $t°$ стали перед выпуском пробу из ложки разливают по чистому полу. Горячая сталь уже в самой ложке движется как ртуть и выделяет пламя при сливании с ложки; по полу она легко и далеко разливается. Холодная сталь через синее стекло кажется красноватой, она густа и при стекании с ложки оставляет в ней н а с т ы л ь. Пробу металла берут из одного места ванны, так как ванна не совсем одинакова во всех своих частях. Поэтому желательно перед взятием пробы ванну хорошо вымешать, особенно в самом конце процесса. Кочережка, которой производят помешивание ванны, может дать представление о $t°$ самой ванны: если конец кочережки как бы откусывается, то ванна горячая; если обсасывается, делаясь к концу тоньше, то ванна холодна.

Табл. 4.—Определение С в стали по виду излома.

Содержание С в %	Вид излома	Характер пробы	Назначение металла
0,07—0,12	Проба не ломается	Проба гнется без трещины	Мягкое листовое и сортовое железо
0,12—0,18	Одно волокно	Проба гнется вплотную с трещиной	Фасонная сталь (для отливок) и твердое сортовое железо
0,20—0,30	Почти одно волокно	Проба сильно гнется, но ломается при изгибе вплотную	Оси (0,30%), балки (0,20%)
0,30—0,40	Местами зернистая сыпь (с волокном)	Ломается при изгибе на 20—40°	Шрапнель, рельсы
0,40—0,50	Почти одно зерно	Ломается под углом 60—90°	Бандажи, рельсы
0,50—0,60	Одно зерно	Ломается при изгибе до угла 120—150°	Рессоры и некоторые пружины
0,60—1,0	Мелк. зерно (каленая проба не характерна)	Ломается на несколько частей	Инструменты (топоры, зубила и пр.)

Вылитый в форму металл застывает различно. Если металл крепкий, то он застывает ровно, с углублением посредине; если он пучится и дает искры, это указывает на плохое раскисление. При разливке такая сталь растет в изложницах. Мягкий металл не застывает ровно. Хороший металл не сильно пенится и не дает большой усадки в форме.

6. Выпуск стали. Перед выпуском в ванну вводят раскислители и вымешивают ее. Часто раскислители дают в жолоб в виде мелких кусков. Текущая струя металла быстро растворяет их. Дача раскислителей в жолоб выгоднее в смысле расхода раскислителей (процент использования равен 80% и даже выше, против 50% в печи), т. к. уменьшаются угар и потери раскислителей от запутывания в шлаке. Но в случае введения большого числа добавок для специальной стали они вводятся чаще всего в печь или их предварительно расплавляют и льют в ковш на струю металла. К моменту окончания плавки выпускное отверстие должно быть подготовлено: неспекшаяся масса удаляется из выпускного отверстия до тех пор, пока не покажется забивка, нагретая докрасна. Пробивка отверстия чаще всего производится с площадки ударами кувалды по лому, заводимому через завалочное окно в ванну. Иногда пробивают отверстие и со стороны выпуска. Текущий из печи по жолобу металл оставляет на нем настыли, по величине которых тоже можно судить о темп-ре металла. Сталь выпускают в ковш. Когда из печи пойдет один шлак, рабочий пробивает в жолобе отверстие на дне его и т. о. спускает шлак в стоящую внизу шлаковню. Чаще же жолоб делают из двух неравных частей; конец большей из них, расположенный ближе к ковшу, в нужный момент приподнимается и шлак таким способом подается в шлаковню. Рабочие гонят скребками оставшийся на подине шлак и металл к выпускному отверстию.

Заправка пода. Очистив таким образом подину, приступают к ремонту ее: травке (если это потребуется) бугров, выпуску образовавшегося шлака, заправке (наварке) пода или ям в нем и заделке выпускного отверстия. Для всех этих работ при мартеновской печи должен находиться полный ассортимент необходимых инструментов, а именно: посадочные и обыкновенные лопаты, ломы большие и малые, скребки, коче-

режки, ложки для правки откосов, кувалды, зубила, ложки для взятия проб, стаканчики для проб, трамбовки.

7. Особые способы и приемы работы. При переделе в мартеновской печи фосфористых чугунов количество шлака получается весьма значительным. Это затрудняет ведение процесса, задерживая его. 1) При работе по способу Бертрана и Тиля процесс вели (первоначально) в двух отдельных печах. В первую печь давали столько руды и известняка, сколько надо было для окисления и флюсования заключающихся в шихте Si, P, Mn, и затем задавали чугун; Si, Mn и P выгорали. Часа через два металлич. ванна состояла почти исключительно из углеродистого железа. Затем поднимали $t°$ ванны, нек-рое количество P переходило обратно в металл, к-рый переливали в другую печь, куда предварительно давали руду, известняк и скрап. Здесь металл получался чистый в отношении фосфора: Недостаток такого ведения процесса состоял в трудности согласования работы печей: одна задерживала другую. Кроме того в первой печи $t°$ была низка, а во второй слишком высока. В результате подина первой печи росла, а второй—разъедалась. Приходилось первую подину травить, а вторую заправлять, что вызывало лишний расход и времени и средств. На з-де Гёш процесс ведут в одной печи. После завалки в нее извести (вместо известняка), руды и окалины заливают жидкий чугун. Реакции начинаются немедленно. Когда кипение станет деятельным, металл вместе со шлаком выпускают в ковш. Шлак счищают, а металл заливают обратно в ту же печь, куда перед этим дается новая порция известняка, руды, а кроме того и скрапа, на что уходит около 40 мин., в течение к-рых сталь остается в ковше и конечно охлаждается. Заливаемый чугун содержал обычно фосфора 1,8%, выпускался же металл после первого периода с содержанием фосфора от 0,1 до 0,3% и после второго—от 0,02 до 0,04%.

2) Непрерывный процесс Тальбота ведется в качающихся мартеновских печах Вельмана, обычно большого тоннажа (200 *т* и выше). Когда в печи необходимые операции закончатся, металл выпускают не полностью, а в количестве 30—60%. Раскисляют металл в ковше; там же, если надо, и обуглероживают его. После выпуска печь ремонтируется, гл. обр. по линии соприкосновения шлака со стенами. После этого дают в печь известь, руду, скрап и заливают чугун. Получается высокоуглеродистая сталь, углерод к-рой энергично выгорает, восстанавливая железо из руды и шлака. Когда шлак обеднеет закисью железа и обогатится SiO_2 и P_2O_5, его спускают, наклоняя печь. Затем прибавляют опять извести и руды, давая новому шлаку прокипеть с металлом. Новый шлак быстро рафинирует металл. Способ этот не получил большого распространения, хотя завод Витковиц перерабатывает весь свой фосфористый чугун процессом Тальбота уже много лет.

3) При комбинированном, или дуплекс-процессе (бессемер-мартеновская печь), работа ведется последовательно; сначала в конвертере, а потом в мартеновской печи. Процесс ведется различно, напр. на одном из америк. заводов процесс ведется след. образом. Продутый металл из конвертеров (на 20—30 *т*) выпускается в ковш, к-рый с содержанием от 2 конвертеров доставляется к мартеновским печам (емкость 250—300 *т*). В большую (300 *т*) печь вливают содержимое 5 ковшей от 10 операций бессемера и следом за ними 1 ковш свежего чугуна из миксера. Реакции идут очень энергично. Часть шлака спускают, после чего в печь дают $^1/_3$ всего количества извести. Плавка продолжается 6,5 ч. Выпускают металл в два приема—по 130 *т* сразу, сливая в ковши и шлак. Т. о. в печи все время остается 20—40% металла, предохраняющего под от разъедания шлаком. На этот слой металла дают известь (а не известняк, из опасения застудить ванну). Количество извести—обычно 4% от веса завалки, но сначала дают только $^2/_3$ всего количества, а следующую $^1/_3$—после частичного спуска шлака.

8. Технические результаты работы мартеновских печей выражаются: их производительностью, величиной угара (или пригара, при рудном процессе) и расходом горючего. В виду большого разнообразия в размерах печей (садка от 10, даже 5, до 300 *т*) и условий их работы суточная производительность не характерна для работы мартеновской печи. Степень совершенства работы оценивается выходом годной стали на 1 $м^2$ площади пода в сутки. Что касается угара, то и он меняется в широких пределах (нормальное его количество указано в отделе «Мартеновский процесс»). Расход топлива зависит прежде всего от качества самого топлива, затем от состава шихты, размеров и конструкции печи, квалификации персонала и некоторых других факторов меньшего значения. В технич. расчетах расход топлива выражают теперь в Cal на 1 *кг* металлич. завалки, относя его к холодному газу, подводимому к регулирующему клапану. Этот расход при рудном процессе колеблется от 1 150 до 1 350 Cal на 1 *кг*, при скрапном 1 400—1 600 Cal. В Германии при плавке во вращающихся печах и на коксовальном газе или смеси его с доменным расход тепла при рудном процессе доведен до 1 000—1 050 Cal. Это—наилучший результат последнего времени. Часто указывают расход топлива в % веса годной стали. Лучше переводить действительное топливо к условному (7 000 Cal), считая, что кпд газогенераторов 71,5%, т. е. приравнивать 5 600 Cal в газе или в нефти 7 000 Cal условного твердого топлива. В соответствии со сказанным расход твердого топлива от веса годн. слитков при работе мартеновских печей можно принять для скрап-процесса на твердой завалке в 24—30%, для рудного процесса 18—25%; расход мазута 14—16%, расход дров 1,4—1,75 $м^3$ на 1 *т* слитков.

Е. Лебедев.

Лит.: Павлов М., Определение размеров доменных и мартеновских печей, Л., 1925; Карнаухов М., Металлургия стали, ч. 2—Мартеновский и комбинированные процессы, вып. 1—3, Л., 1925—1929; Грум-Гржимайло В., Производство стали, М.—Л., 1925; Нобль Г., Производство стали, пер. с

французского (с дополн. М. Павлова), Москва, 1911; Банзен Г., Размеры и производительность герм. сименс-мартеновских печей, Свердловск, 1926; «Труды 1 Уральского съезда деятелей по мартен. производству в г. Свердловске в 1926 г.», Л., 1928; Albert s P., 200-тонная мартен. печь для работы способом Тальбота, «Бюлл. Гипромеза», Л., 1930, 2, стр. 110—121; King F., Максимальные размеры мартен. печей, там же, стр. 93; Herty C., Равновесие марганца, углерода и фосфора в основной мартен. печи, «ЖРМО», 1927, стр. 689; Janeske B., Дуплекс-процесс в Индии, там же, 1929, ч. 2, стр. 349; Павлов М., Альбом чертежей по мартеновскому производству, 2 издание, СПБ, 1920; Издания «Гипромеза»—проекты Магнитогорского и Криворожского заводов, Л., 1929; Pavloff M., Abmessungen v. Hoch- u. Martinöfen, Lpz., 1928; Toldt F., Regenerativ-Gasöfen, 3 Aufl., Lpz., 1907; Hermanns H., Das moderne Siemens-Martinstahlwerke, Halle a/S., 1922; Dichmann C., Der basische Herdofenprozess, B., 1920; Bansen H., «St. u. E.», 1925, H. 1, p. 489 (реф. в «ЖРМО», 1926, ч. 2, стр. 628); Puppe J., ibid., 1920, H. 11, p. 1592 (Печи Maerz, реф. в «ЖРМО», 1925, ч. 2, стр. 368); Schneider A., ibid., H. 1, p. 501 (Вращающиеся печи, реф. в «ЖРМО», 1925, ч. 2, стр. 371); «St. u. E.», 1922, p. 1135 (Головки мартен. печей, реф. в «ЖРМО», 1925, ч. 2, стр. 373); ibid., 1924, H. 1, p. 193 (Головки Moll, реф. в «ЖРМО», 1926, стр. 195); ibid., p. 666 (Регенераторы мартен. печей, реф. в «ЖРМО», 1926, ч. 2, стр. 206); Thiel O., Duplexprozess, «St. u. E.», 1898, H. 1, p. 455; Schweitzer O., ibid., 1923, H. 1, p. 649 (Способ з-да Гёш, реф. в «ЖРМО», 1925, ч. 2, стр. 399); Puppe J., ibid., 1922, H. 1, p. 1, 46 (Процесс Тальбота в сравнении с другими способами мартен. плавки. реф. в «ЖРМО», 1925, ч. 2, стр. 381); De Loisy E., Note sur une variante du procédé au minerais, «Bull. de la Société d'encouragement», P., 1901, p. 572; Campbell H. H., The Manufacture a. Properties of Iron a. Steel, 4 ed., N. Y., 1907; Waterhouse C., Duplex process, «Iron a. Coal Trades Review», London, 1916, p. 879; «Trans. of the Amer. Inst. of Min. a. Metallurg. Engin.», N. Y., 1919, p. 498 (Охладительные устройства мартеновских печей, реферат в «ЖРМО», 1925, стр. 374); Campbell H. H., The Open-Hearth Process, ibid., 1892, v. 22; Diehl A., «The Iron a. Coal Trades Review», L., 1926, p. 733, 804 (Сера в основном мартен. процессе, «ЖРМО», 1927, стр. 668); Bertrand E., The Practice of the Combined Open-Hearth Process of M-rs Bertrand-Thiel Process, «Journ. of the Iron a. Steel Inst.», L., 1897, 1, p. 115; Talbot B., The Open-Hearth Continuous Steel Process, ibid., 1900, 1, p. 33; Clements F., ibid., L., 1922, 1, p. 429 (Мартен. процесс в Англии, реф. в «ЖРМО», 1925, ч. 2. стр. 409); Diehl A., «Iron a. Coal Trades Review» (К вопросу о работе мартен. печей рудным процессом в Америке, реф. в «ЖРМО», 1927, ч. 2, стр. 663); Bernhardt F., «St. u. E.», 1929, p. 1—7, 39—44, 73—78, 137—142 (Соврем. состояние основн. мартен. процесса—реферат в «ЖРМО», 1927, ч. 2, стр. 611—647); Schleicher S., Untersuchung über die Badzusammensetzung von Siemens-Martin-Schmelzungen in verschiedenen Badhöhen, «St. u. E.», 1930, 30, p. 1049; Köhler E., Die Entschwefelung beim basischen Siemens-Martin-Verfahren, ibidem, 36, p. 1287; Wood H., Open-Hearth Furnace Steelworks, A Comparison of British a. Continental Installation a. Practice, «Journ. of the Iron a. Steel Inst.», L., 1930, v. 2.

М. Павлов.

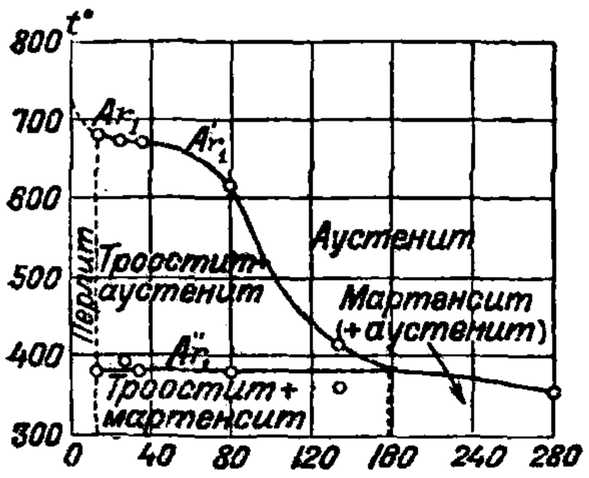
Профессиональные вредности и техника безопасности. Вредности работы в мартеновском цехе сводятся в основном к мощному воздействию на рабочего теплового излучения и вредному влиянию на него резких перемен температуры окружающего воздуха. Высокая температура наружного воздуха (в особенности летом), затрудняя теплоотдачу и усугубляя тем тягостное действие теплового излучения, ведет к нарушению теплорегуляции организма рабочего и даже к острым тяжелым расстройствам—т. наз. тепловым ударам. Влияние теплового излучения особенно вредно сказывается (во время работы у загрузочного окна при поднятых заслонках, во время смены последних и выпуска стали) на органы зрения (образование катаракты). Поэтому для улучшения условий работы применяют ряд индивидуальных защитных приспособлений: щиты, сетчатые маски, очки с цветными стеклами. Эффект этих мероприятий недостаточен, почему в настоящее время, помимо передвижных щитов, началась проработка ряда защитных приспособлений в виде разнообразных завес—цепных, воздушных, воздушно-паровых и водяных, чисто паровых, а также местной обдувающей вентиляции, не вышедших однако до настоящего времени из разряда опытных установок. Помимо вышеуказанных основных вредностей мартеновского цеха необходимо отметить загрязнение воздуха пламенными газами и другими продуктами горения, пылью, а также опасности, связанные с применением в качестве топлива генераторного и коксового газа.

Условия работы в мартеновских мастерских—наличие больших масс расплавленного металла, горячих предметов (болванки, изложницы), значительное число вспомогательных механизмов большой мощности (мостовые краны, завалочные машины, разливочные тележки, ковши и т. д.)—определяют тип несчастных случаев в цехе, а именно ожоги и ушибы. Такого рода несчастные случаи приобретают систематический характер в условиях тесноты и загроможденности цеха, и борьба с ними может вестись за счет рациональной распланировки мастерской и правильной организации внутрицехового транспорта. Независимо от этого, близкое соприкосновение рабочих с раскаленными массами металла требует рациональной спецодежды, причем в качестве материала для одежды должны употребляться холщевые и суконные ткани, отнюдь не хлопчатобумажные. Тяжелые несчастные случаи в М. п. возникают также в связи с авариями и их ликвидацией. Сюда д. б. отнесены случаи прорыва порогов или прорыва выпускного отверстия, повреждения пробки и стопорного аппарата разливного ковша и взрывы в газогенераторной системе. Основной причиной возможности взрыва является понижение давления (ниже атмосферного) в системе (при загрузке газогенераторов, а также при расстройстве их хода), благодаря чему может иметь место засасывание воздуха в газопроводы и образование гремучей смеси. В целях безопасности работ необходимо устанавливать рациональные загрузочные коробки с двойными затворами и автоматическую подачу топлива. Для предупреждения взрывов при растопке (задувке) генератора газ должен выпускаться нек-рое время в атмосферу (предпочтительнее через дымовую трубу). Во избежание тяжелых последствий от взрывов должны устраиваться на газопроводах предохранительные клапаны, а для наблюдения за давлением иметься манометры. Большое значение имеет доступность газопроводов для осмотра и очистки, для чего последние должны устраиваться надземными.

С. Бродский и А. Бурмистренко.

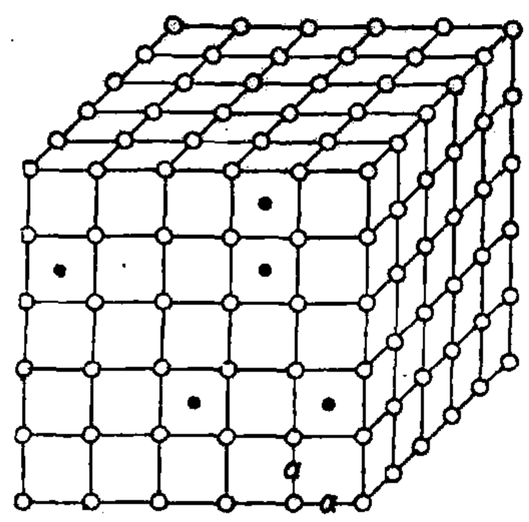
МАРТЕНСИТ, одна из структурных составляющих стали, получившей закалку. Для получения М. необходимо температуру стали поднять выше $t°$ критич. точки Ar_1 и затем сталь быстро охладить. Тогда в зависимости от скорости охлаждения углеродистая сталь будет иметь различную структуру, показанную (для стали с 0,96% C) на фиг. 1. При

средних скоростях охлаждения точка A_{r1} раздваивается на A'_{r_1} (трооститовое превращение) и A''_{r_1} (мартенситовое превращение). При больших скоростях охлаждения имеем только одно мартенситовое превращение при темп-ре около 300 — 400°. Мартенсит является неустойчивым твердым раствором С в α-железе, имеющем центрированно-тетрагональную решетку (фиг. 2; черные точки — атомы С, a — период тетрагональн. решетки) с размерами осей, зависящими от концентрации С. Переход аустенита в М. связан с увеличением объема до 4% первоначального, что вызывает образование внутренних напряжений в закаленной стали. М. может иметь и структуру центрированного куба с ребром 2,86 Å, не зависящим от концентрации С. Такого рода кубич. М. имеет уд. объем меньший, чем тетрагональный. Практически закалка стали должна производиться на кубич. М. Микроструктура мартенсита игольчатая. Физ. свойства М.—большая твердость (до 680 по Бринелю), пониженная электропроводность, большая коэрцитивная сила и малое намагничивание по сравнению с той же сталью, но в отожженном состоянии. М. может быть получен из аустенита в специальной стали механически (удар, растяжение и пр.) и при $t°$ жидкого воздуха. По последним представлениям переход из аустенита в М. возможен только при наличии скалывающих напряжений.



Скорость охлаждения в °С/сек.

Фиг. 1.



Фиг. 2.

Лит.: Селяков Н. Я., Природа закаленной стали, «Вестн. металлопромышленности», М., 1928, *9—10*; Гудцов Н. Т., Сталь, ее природа и свойства, М., 1927; Scheil E., Neuere Untersuchungen über d. Theorie d. Stahlhärtung, «Archiv f. d. Eisenhüttenwesen», Düsseldorf, 1928, H. 8; Scheil E., Zeitschrift f. anorg. u. allg. Chemie, Leipzig, 1929, B. 183, p. 98.

Н. Селяков.

МАСКИРОВКА военная, средство, имеющее целью обмануть противника путем сокрытия действительных и создания ложных военных объектов и операций. Все маскировочные мероприятия д. б. согласованы с планом той операции, в к-рой они применяются. В основу М. положены следующие принципы: 1) активность обмана, 2) разнообразие мероприятий, 3) естественность обмана и 4) непрерывность. М. подразделяется на два основных вида: 1) естественная М., без применения каких-либо специальных средств, и 2) технич. маскировка, выполняемая специальными технич. средствами. При выполнении какой-либо маскировочной работы приемы естественной и технической маскировки обычно тесно между собой переплетаются, в отдельности же они состоят в следующем.

Естественная М. объединяет: 1) использование условий освещения, т. е. использование тени от местных предметов на объект, который подлежит укрытию; 2) использование атмосферных явлений, т. е. проведение операций в туманную погоду, при низкой облачности, в дождь, в метель и т. п.; 3) применение к местности—использование защитных свойств местной обстановки, окружающей маскируемый объект, рельефа, цвета, рисунка и укрытий; 4) ложные действия—мероприятия, умышленно привлекающие к себе внимание и создающие ложное представление о направлении войсковых передвижений, численности войск, роде оружия. На фиг. 16, 17, 18 и 16А, 17А, 18А вкл. л. даны примеры передвижения кавалерии и артиллерии летом и зимой при наблюдении с воздуха; 5) войсковую мимикрию—умение войсковых частей различными группировками заставлять противника принимать их за местные объекты. Фиг. 19, 20, 21 вкл. л. дают примеры мимикрии одиночного стрелка, группы и цепи стрелков, на фиг. 22, 23, 24 и 22А, 23А, 24А вкл. л. то же при наблюдении с воздуха летом и зимой.

Техническая М. разделяется на следующие виды: 1) растительную М., 2) защитное окрашивание, 3) декоративную М., 4) химическую М., 5) звукомаскировку, 6) военный грим.

1. К приемам растительной маскировки относятся: а) пересадка растительности, б) применение срезанной растительности, в) дернование и г) обсеменение. Пересадка растительности (деревьев, кустов) при условии соблюдения естественности дает хороший маскировочный эффект, но требует значительного расхода рабочей силы и времени. Применение срезанной растительности заменяет пересадку при необходимости произвести работу в короткий срок, но быстрое увядание листвы скоро нарушает маскировку. Дернование в основном имеет те же достоинства и недостатки, что и применение срезанной растительности. Обсеменение применяется при заблаговременном возведении земляных сооружений; производится оно насыпкой поверх сооружения почвенного слоя, содержащего всегда семена трав, или же путем обсеменения специально подобранной для данного места смесью семян. На фиг. 1 и 2 вкл. листа даны примеры растительной М.—дернование и применение срезанной растительности.

2. Защитное окрашивание делится на следующие отрасли: а) подражательное окрашивание (одноцветное и декоративное); б) камуфляж и в) окраски специального назначения. При одноцветном подражательном окрашивании широко применяется «защитный цвет», в к-рый окрашиваются предметы военного снаряжения, вооружения и одежды (фиг. 3 вкл. л.). Подражательное окрашивание земли—брустверов окопов, открытой земли и пр.—служит в качестве временной меры для быстрого подведения под цвет местного фона. Такая окраска земли не всегда однако достигает цели, т. к. гладкая поверхность почвы, без травяного покрова, сильно рефлектиру-

ет, отчего окрашенное место, в особенности при воздушном наблюдении, кажется более светлым, чем окружающий фон. Для ослабления этого впечатления на почве, подлежащей окраске, делают граблями борозды. Против смывания окраски дождем в состав красочных растворов примешивают специальные закрепители, чаще всего портландцемент. Но все же тонкая корочка красочного слоя на поверхности земли не прочна и поэтому краскомаскировка требует частого обновления или замены другим средством, напр. растительной маскировкой. Декоративное подражательное окрашивание отличается от одноцветного тем, что на объект наносят пятна различного цвета, применительно к участкам фона окружающей его местности (фиг. 4, 5 вкл. л.). Этот способ применяется большей частью для маскировки от земного наблюдения неподвижных объектов. Против воздушного наблюдения, в виду возможного рефлектирования поверхностей объекта, одна окраска является недостаточной, поскольку на большом расстоянии светлота и тени имеют большее значение, чем качество цвета. Камуфляжем называется вид неодноцветного защитного окрашивания, служащий для нарушения характерных опознавательных признаков объекта наблюдения, по которым человек привык этот объект распознавать. Применяется камуфляж гл. обр. к подвижным объектам. Камуфляжную окраску наносят пятнами различных цветов, интенсивности и очертаний т. о., чтобы исказились контур и рельеф объекта—грани предмета стушевались и, наоборот, на ровных плоскостях создалось впечатление наличия углов и граней (фиг. 6 вкл. л.). Расцветка камуфляжных окрасок подбирается применительно к преобладающим цветам окраски того природного фона, на к-ром оперируют данные объекты. Число цветов в разных системах камуфляжа варьирует от 2 до 7. Чаще всего встречаются окраски в 2 и 3 цвета. При движении камуфлированного объекта происходит совпадение по цвету то одних, то других пятен с участком фона, на который объект проектируется, вследствие чего происходит слияние с фоном частей объекта и как бы их выпадение, чем достигается деформация его очертаний. Наглядные примеры растительной маскировки и перечисленных видов защитного окрашивания даны на вкл. л. Окраски специального назначения могут преследовать цели: 1) изменение впечатления о расстоянии до объекта и направлении его движения, 2) создание путем оптич. смешения цветов таких комбинаций, которые плохо воспринимаются зрением или, раздражая глаз пестротой, не дают на себе сосредоточиться, затрудняют прицеливание и т. п. Первый тип окраски нашел применение в морском флоте, второй—находится в стадии испытаний.

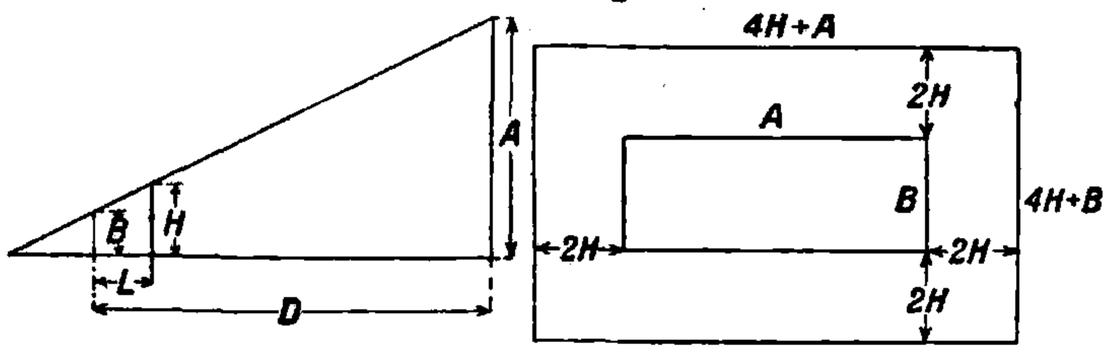
3. Декоративная М. преследует следующие цели: а) сокрытие маскируемых объектов путем создания специальных перекрытий, сооружений, построек и б) создание ложных объектов, отвлекающих внимание наблюдателя от действительных объектов. Наиболее употребительными средствами сокрытия являются маски-покрывала. Масками называются укрытия, основными частями которых являются деревянный или металлический каркас (остов), проволочные или пеньковые сети (основа) и вплетенный или подшитый к ним маскирующий материал. Маски-покрывала прямо набрасываются на объект. Маск-материалом, вплетаемым в маску, служат: ветви, хворост, трава, пучки пакли, мочало, отдельные куски окрашенной материи, рогожи и т. д. Материал вплетается не сплошь, так как природные укрытия (растительность) всегда имеют просветы, что отнюдь не демаскирует: хотя часть укрываемого объекта сквозь них и просвечивает, но он целиком не выявляется благодаря перекрытию тенями от соседних непрозрачных частей укрытия. Маски по своему устройству делятся на вертикальные и горизонтальные. Первые применяются для защиты от наблюдения с земли и с привязных аэростатов, вторые—от наблюдения с самолетов (фиг. 7, 8 и 9 вкл. л.). При установке вертикальной маски (фиг. 1) важно правильно рассчитать ее высоту, которая определяется по формуле:

$$H = \frac{(A-B)L}{D} + B,$$

где H—высота маски, L—расстояние от маски до скрываемого объекта, A—высота наблюдательного пункта, B—высота маскируемого объекта и D—расстояние от маскируемого объекта до наблюдательного пункта. Если желательно построить маску определенной высоты, то расстояние от нее до скрываемого объекта определяется по той же ф-ле, но принимая за неизвестное L. Направление, длина маски и ее транспарантность (степень прозрачности) определяются в зависимости от расположения возможных точек наблюдения, характера фона, на котором проектируется объект, а также величины и цвета последнего. При построении горизонтальной маски размеры ее площади несколько больше размеров объекта, если он расположен среди естественных укрытий и нуждается в маскировке только от наблюдения непосредственно сверху. Если же объект находится на открытой местности, необходимо также укрыть падающую от него тень. Достигается это увеличением размеров маски в виде добавления слегка пологих склонов и постепенным увеличением ее транспарантности от середины к краям. Площадь горизонтальной маски (фиг. 2) в этом случае определяется по формуле:

$$X = (4H + A) \cdot (4H + B),$$

где X — площадь перекрытия, H — высота объекта, A и B — стороны перекрываемой площади. Маск-ковриками называются искусственные поверхности, имитирующие травяной покров. Они состоят из проволочной или пеньковой сетевой основы



Фиг. 1. Фиг. 2.

с вплетенными в последнюю пучками мочала, окрашенного в цвет травы. Маск-коврики служат в качестве маскировочного материала при выполнении масок или же используются в качестве индивидуальных укрытий для живой силы—одиночных пеших (передвигающихся ползком) разведчиков и т. п. (фиг. 10 вкл. листа).

Помимо указанных мер декоративная М. пользуется также и более сложными массивными сооружениями в виде л о ж н ы х о б ъ е к т о в, полностью имитирующих вид действительных, в виде различных надстроек, изменяющих впечатление о назначении объекта или искажающих форму его тени (фиг. 11 вкладн. листа). Ложные сооружения, подобно действительным, требуют частичной М. другими средствами (но менее тщательной), иначе ложный объект всегда может быть расшифрован именно как ложный из-за полного отсутствия заботы о его маскировке. На фиг. 12 вкл. листа указан наблюдательный пункт в виде ложного пня.

4. Х и м и ч е с к а я М. (по старой терминологии — дымо-пиротехническая) пользуется гл. обр. дымовыми завесами. Кроме них имеются также средства по уничтожению дыма, а также имитации дыма и пламени орудийных выстрелов, разрывов снарядов и пр. Д ы м о в ы е з а в е с ы образуются при горении дымовых шашек или от специальных аппаратов, производящих дым путем химич. реакции. Для этой цели наиболее часто применяются хлорсульфоновая кислота, серный ангидрид, хлористый титан, хлорное олово, хлористый мышьяк. Дымовые завесы в зависимости от $t°$ воздуха поднимаются на высоту 50—80 *м*. Увеличения этой высоты достигают разведением между шашками обычных костров (см. *Дымы и туманы*). Примеры вертикальной дымовой завесы при атаке позиции и на море даны на фиг. 13 и 14 вкл. л.; горизонтальная дымовая завеса над городом—на фиг. 15 вкл. л.

Из других видов химической маскировки можно отметить л о ж н ы е п о ж а р ы, долженствующие показать противнику, что его обстрел в данном месте достиг цели, и побуждать его к перенесению огня на другой участок, а также и м и т а ц и ю р а з р ы в о в артиллерийских снарядов, посредством к-рой можно существенно сбить корректирование стрельбы и тем самым отсрочить правильную пристрелку неприятельской артиллерии. И м и т а ц и я в с п ы ш е к артиллерийск. орудий, организованная при ложной батарее (устроенной средствами декоративной М.), в значительной степени отвлекает внимание противника от действительной батареи.

5. З в у к о м а с к и р о в к а объединяет мероприятия по имитации или, наоборот, заглушению звуков военных объектов, напр. заглушение артиллерийской стрельбой шума от передвижения танков, бронемашин и т. д. Имитация звуков взрывов выполняется обычно пиротехнич. средствами и дополняет например вспышки и дым, производимые при ложных взрывах, пожарах, стрельбе и т. п.

6. В о е н н ы й г р и м имеет задачей создание тонких гримов для разведчиков, посылаемых в тыл противника.

Из перечисленного видно, что меры М. находят себе применение для войск всех родов оружия на суше, в воздухе и на воде и являются одним из главнейших средств для борьбы со всеми видами разведки, особенно воздушной. Маскировка всегда будет средством, которое содействует успешному проведению операций с наименьшими потерями в личном составе и в материальной части армии.

Лит.: О б щ а я: Врем. наставление по войсковой маскировке, М., 1925; С к л я р Л. и Е в д о к и м о в Д., Маскировка, Курс норм. школ, М., 1924 «Военно-маскиров. сборник», М., 1923 и 1924; Т е п л о в Б. и Ц в е т к о в А., Декоративная маскировка, М., 1923; Т е п л о в Б., Техника маскировки, М., 1923; Р у ж и ц к и й Т., Основы маскировки, М., 1922; Л у к и р с к и й С., Применение к местности и маскировка, М., 1924; К р и г е р Ф., Маскировка, М., 1925; Д и д е н к о А., Тактич. применение маскировки, М., 1925; Дымовые завесы, М., 1927; М а л е в с к и й А., Маскировка и ее применение, М., 1928; Д и д е н к о А., Маскировка, М., 1928; Врем. франц. наставление по технике маскировки, Москва, 1928.—П р и м е н е н и е м а с к и р о в к и п о з е м н ы м р о д а м в о й с к: Ш и ш к о в с к и й Е., Маскировка роты, М., 1925; Маскировка артиллерии и конницы, Сборн. материалов, М., 1925; Маскировка пехоты, Сборн. материалов, М., 1925; С к л я р Л., Маскировка артиллерии, М., 1925; З а т о н с к и й М., Маскировка конницы, М., 1925; Л и п п м а н Р., Одиночное обучение, пер. с немецкого, М., 1926; Т е п л о в Б. и К у р ь я н о в В., Маскировка полевых фортификац. сооружений, М., 1925; К у р ь я н о в В., Вертикальные маски, Москва, 1927.—П р и м е н е н и е м а с к и р о в к и в в о з д у ш н. ф л о т е: Б у р ч е Е., Воздушный флот и военная маскировка, М., 1925; Б у р ч е Е. и Щ е г л о в Д., Маскировка аэродромов, М., 1926; Б у р ч е Е. и В о р о б ь е в-М о с к в и н Н., Маскировка летат. аппаратов в воздухе, М., 1928.—L u s k i e s h M., The Visibility of Aeroplanes, «Journ. of the Franklin Inst.», Philadelphia, 1920; W a r n e r E. L., Marine Camouflage Design, ibidem, 1919; S o l o m o n J., S o l o m o n R., Strategic Camouflage, London, 1920; Manual of Field Works (All Arms), London, 1925; L u c k i e s h M., Visual Illusions, Their Causes, Characteristics a. Applications, New York, 1922; A Practical Exposition of the Organisation of the Ground for Defense, as Developed by the U. S. Army in the World War, Baltimora, 1923; Instruction provisoire technique sur le camouflage, Paris, 1927.

Е. Бурче.

МАСЛА, см. *Жиры и масла*.

МАСЛА ИЗОЛЯЦИОННЫЕ, см. *Изоляционные масла*.

МАСЛА РАСТИТЕЛЬНЫЕ, ж и р ы р а с т и т е л ь н ы е, условное обобщающее наименование целого ряда природных продуктов, состоящих гл. обр. из эстеров (сложных эфиров) глицерина, т. н. г л и ц е р и д о в. Главной отличительной чертой М. р. от жиров животных (см. *Жиры и масла*) является содержание в М. р. ф и т о с т е р и н а. Существуют две классификации М. р.: по одной все М. р. подразделяются на две группы: 1) ж и д к и е м а с л а и 2) т в е р д ы е м а с л а; по другой—на три группы: 1) в ы с ы х а ю щ и е м а с л а, 2) н е в ы с ы х а ю щ и е м а с л а и 3) п о л у в ы с ы х а ю щ и е м а с л а. Количество М. р., получаемых из того или иного вида сырья, и их качество находятся в прямой зависимости от географич. происхождения самого сырья (см. *Спр. ТЭ*, т. III, ст. «Климатич. изменчивость химизма растений»). Наиболее характерное свойство высыхающих М. р.—их способность к «высыханию» на воздухе. Если такое масло нанесено тонким слоем на какую-либо поверхность, то через нек-рое время оно образует довольно плотную прозрачную пленку, к-рая с трудом растворяется в эфире и нерастворима в спирте и воде. Если

МАСКИРОВКА

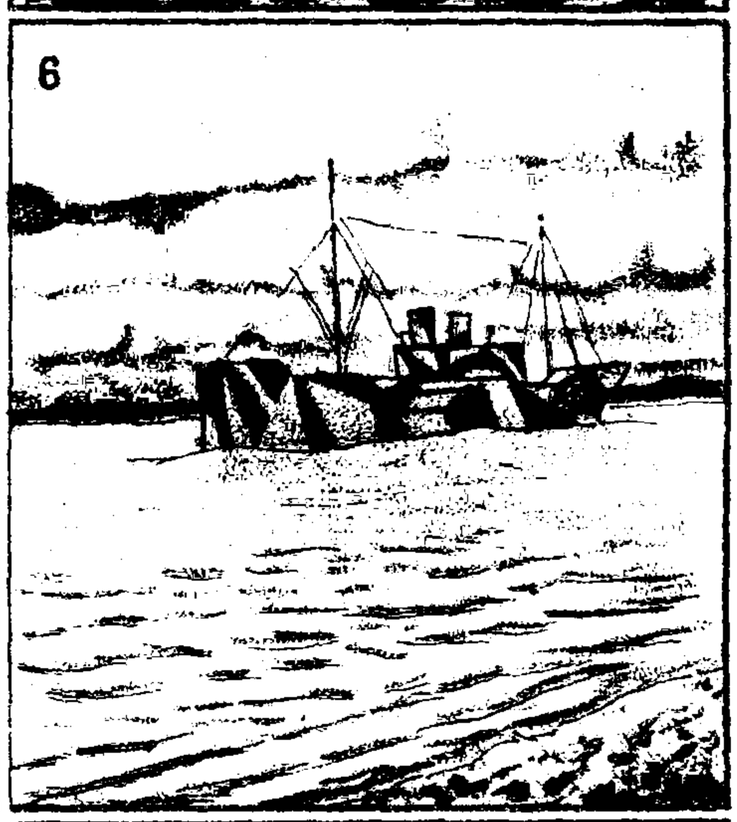

1


2


3

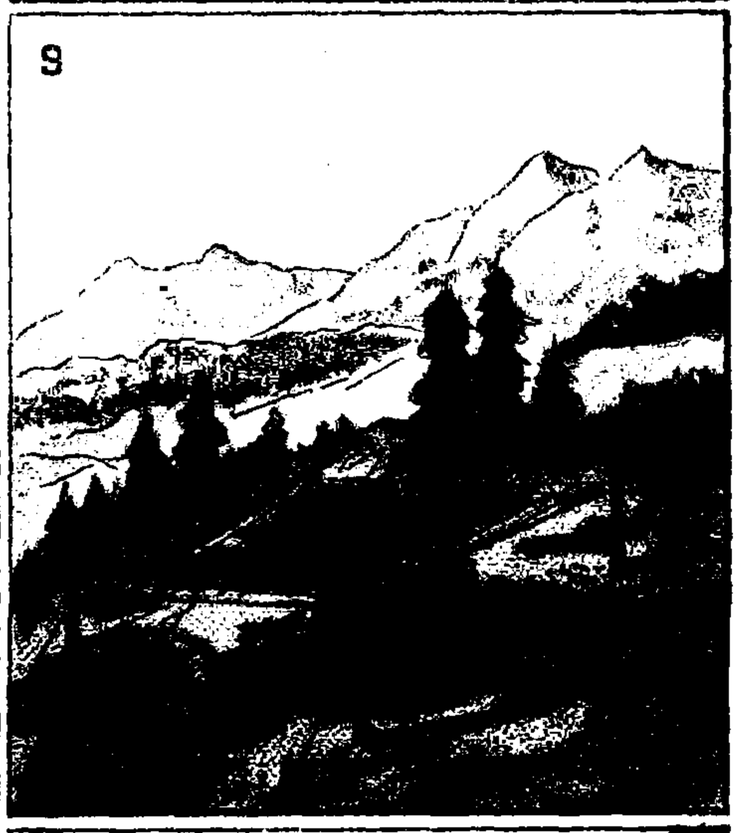

4




6


7


8


9

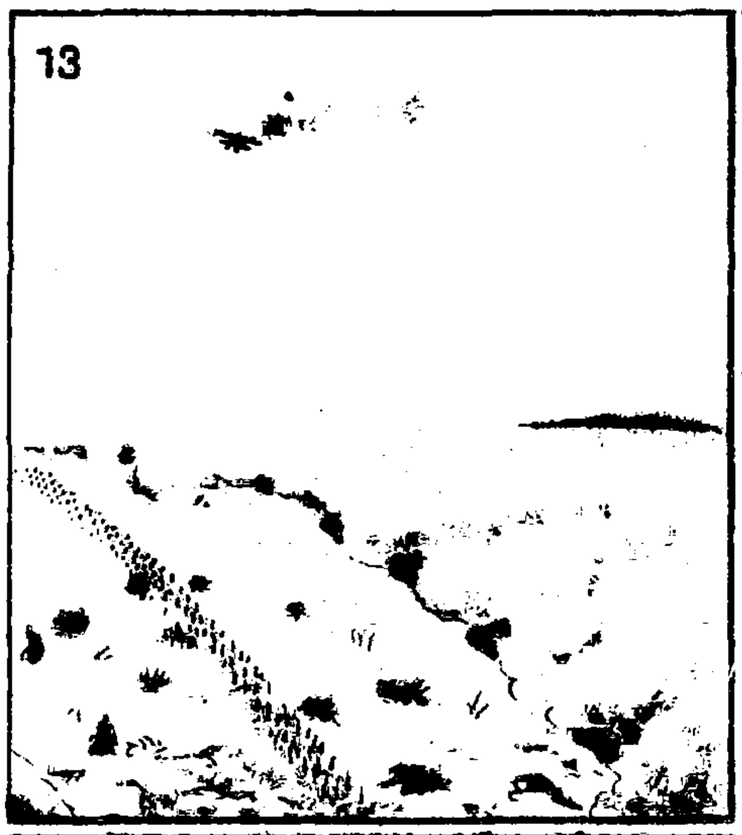

10


11



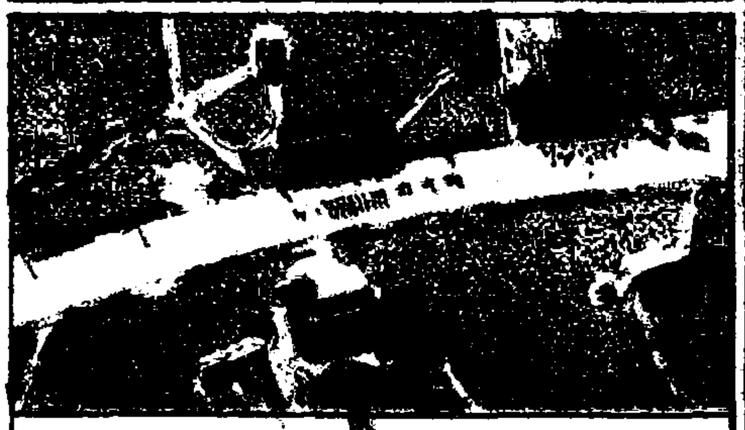
„ГЕОКАРТПРОМ" Москва,

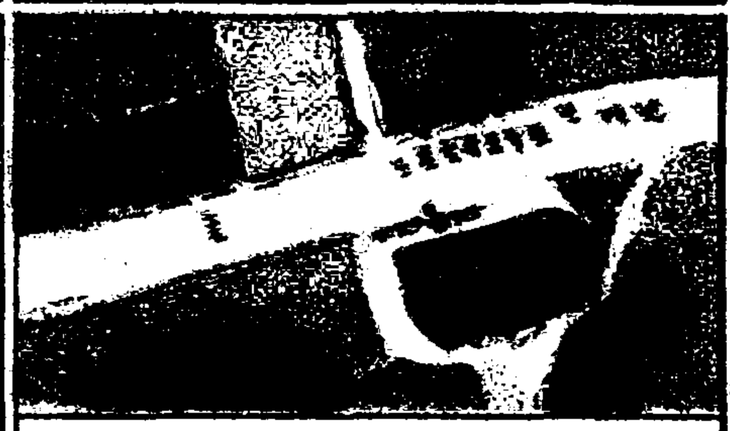
МАСКИРОВКА

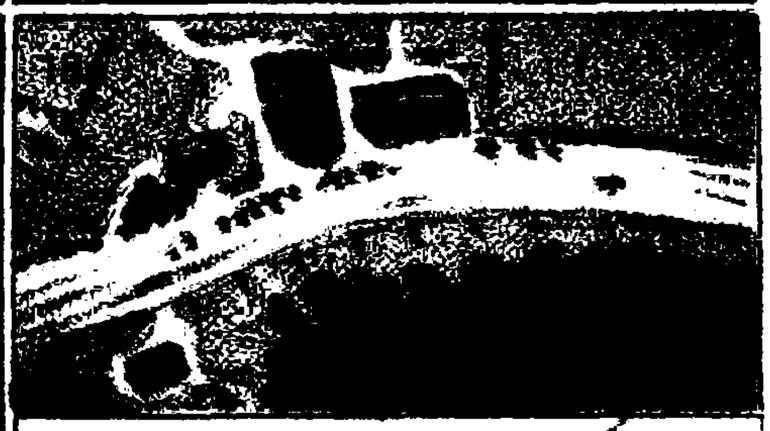

13

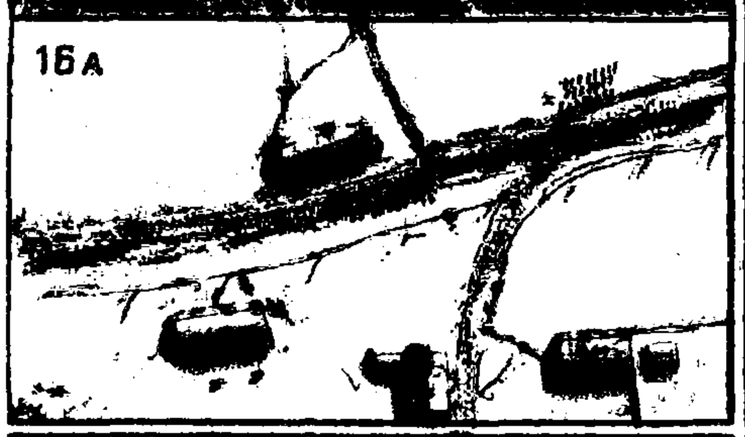

14

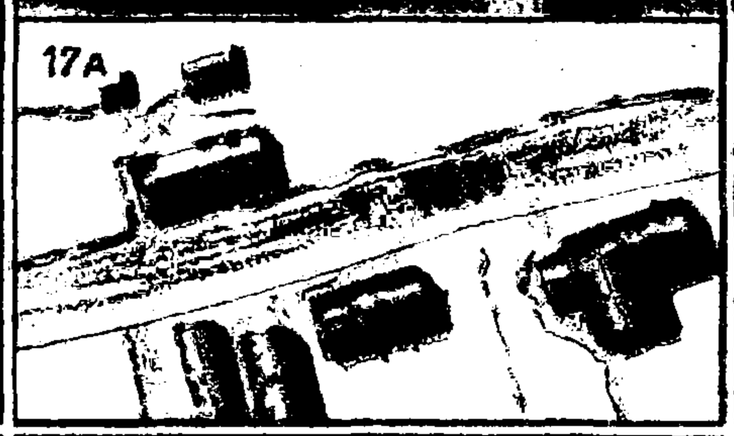

15





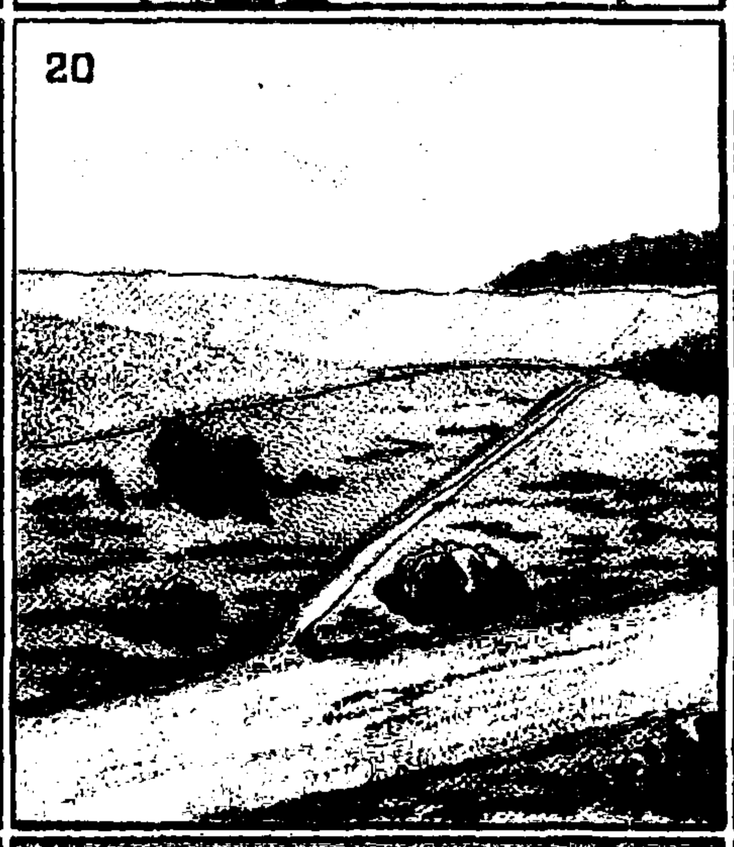



16А


17А


18А


19

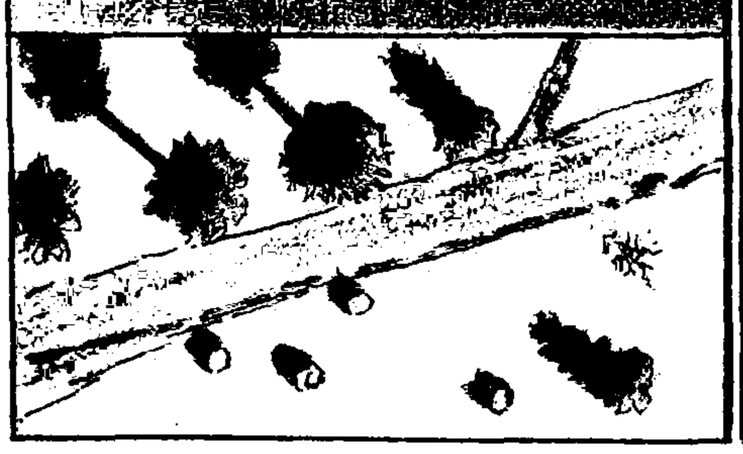

20


21

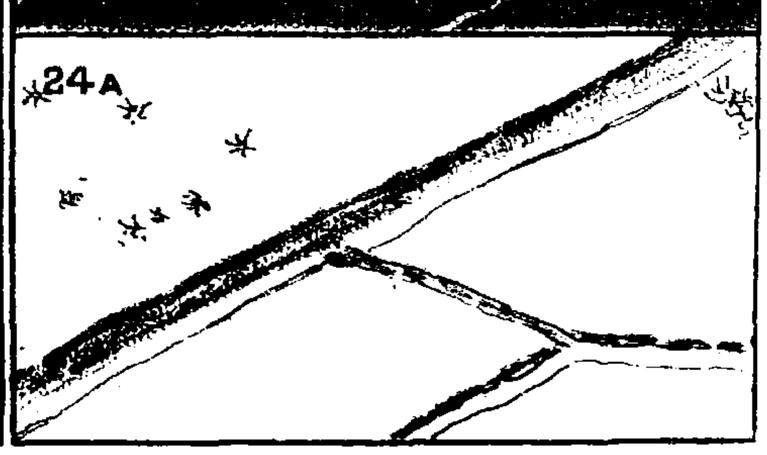









23А


24А

„ГЕОКАРТПРОМ" Москва

высыхание масла происходит в толстом слое, то получается тягучая масса, называемая линоксином (см. *Линолеум*). При высыхании масла увеличивается его вес (до 20—35%) за счет поглощения кислорода воздуха. Полувысыхающие масла дают пленку менее прочную, чем высыхающие. Невысыхающие масла с течением времени (очень медленно) густеют, сохраняя при этом способность растворяться в эфире. *Высыхающие масла* (см.) идут в большом количестве на приготовление *олифы* (см.). Ускорение процесса высыхания М. р. вызывается добавлением солей свинца, марганца, никеля и кобальта. Эти добавки носят название сиккативов.

Т. к. почти все растения в большей или меньшей степени содержат жировые вещества, то известно большое количество М. р. Экономически добыча масла из нек-рых растений становится выгодной даже при относительно низком %-ном содержании жировых веществ. Установить определенную шкалу-норму, определяющую, при каком содержании жира выгодно пускать в переработку растения или их плоды, не представляется возможным. Химический состав М. р. и их структуру см. *Жиры и масла*. Добывание и обработку М. р. см. *Маслобойное производство* и *Маслоэкстракционное производство*. Экономику см. *Пищевые жиры* и *Технические жиры*. К числу М. р., вырабатываемых в пределах СССР в значительных (торговых) количествах, относятся: *бобовое масло* (см.), или соевое масло, *горчичное масло* (см.), *касторовое масло* (см.), кукурузное е, или *маисовое масло* (см.), кунжутное е, или *сезамовое масло* (см.), *конопляное масло* (см.), *льняное масло* (см.), *маковое масло* (см.), *рапсовое масло* (см.), или сурепное *миндальное масло* (см.), *подсолнечное масло* (см.) и *хлопковое масло* (см.). Из ввозимых в СССР М. р., имеющих значение в нашей промышленности, известны: *арахидное масло* (см.), *кокосовое масло* (см.), *пальмовое масло* (см.), *какао-масло* (см.), *оливковое масло* (см.), или прованское. Большое количество М. р. употребляют для гидрогенизации (см. *Гидрогенизация жиров*) для получения полуфабрикатов (салолин, саломас), идущих на мыловарение и для производства стеарина.

Н. Ракицкий.

Лит. см. при соответствующих статьях.

МАСЛА СМАЗОЧНЫЕ, вещества жидкие при $t°$ их применения, предназначаемые для уменьшения трения между соприкасающимися поверхностями, движущимися друг относительно друга. Проникая между этими поверхностями, М. с. более или менее полно разобщают их и могут внести в них существенные изменения физико-химич. характера, так что в результате вместо сухого трения появляются более совершенные виды трения: полусухое, полужидкостное и жидкостное (см. *Трение*). По своему происхождению и составу М. с. подразделяются на минеральные, растительные и животные; кроме того имеется большое количество М. с. и вообще смазочных материалов, приготовляемых путем смешения двух или нескольких видов масел (см. *Компаундирование масел*), а также более сложными приемами, применяемыми для приготовления разного рода мазей и смазок (см. *Мази консистентные*).

Минеральные М. с.

Минеральные М. с. получаются из особого типа нефтей, называемых масляными (см. *Нефти* переработка). В остатке от перегонки такого рода нефтей после отгонки на керосиновой батарее газолина, керосина и легкой солярки получается масляный мазут, поступающий затем для выработки масел на масляную батарею. Здесь мазут подвергается дальнейшей перегонке уже в вакууме и с перегретым паром, в результате чего получаются различные масляные дистиллаты (соляровый, веретенный, машинный, цилиндровый) и масляный гудрон. Гудрон в смеси с малоценными дистиллатами, например легкой соляркой, образует прекрасное топливо (топочный мазут), масляные же дистиллаты поступают в очистное отделение. Очистка масляных дистиллатов сводится к обработке их серной к-той с последующей промывкой водой и щелочью, а в нек-рых случаях также к обработке твердыми адсорбентами (глуховская глина, флоридин и т. п.). После очистки и продувки воздухом для удаления влаги М. с. готово для применения.

Лучшей масляной нефтью СССР считается балаханская нефть; легкая балаханская нефть дает свыше 20% разного рода масел, не считая соляровых; тяжелая—несколько меньше—ок. 15%. Исключительно высокого качества получаются масла также из эмбенских нефтей (Доссор). Наконец в самое последнее время у нас поставлен на очередь вопрос о переработке на масла сураханской нефти, по своим качествам и составу наиболее приближающейся к нефти пенсильванской, считающейся в США лучшим сырьем для получения М. с. Однако переработка подобного рода нефтей (парафинистых) является довольно сложной, т. к. требует особых приспособлений и больших дополнительных расходов на предварительное удаление парафина. В СССР классификация М. с. основана на их применении. Т. к. масла различного назначения в зависимости от условий их работы должны обладать различными физико-химическими свойствами, то последние являются важнейшей характеристикой смазочных масел, которая позволяет судить не только о сорте данного масла, но и об его качестве.

Физико-химические свойства минеральных М. с. Типы минеральных смазочных масел и отдельные сорта их характеризуются определенными физико-химическими свойствами.

Удельный вес при 15°. Сам по себе уд. в. нефтепродуктов и в частности М. с. имеет лишь второстепенное значение, так что например небольшие отклонения от нормы в уд. весе не могут служить основанием для браковки М. с. Лишь в связи с другими свойствами удельн. вес приобретает известное значение для суждения о чистоте М. с., о сырье, из которого оно получено, и т. п. В производстве уд. вес масла определяется обыкновенно ареометром, при лабораторном же исследовании—чаще всего весами Вестфаля, реже—пикнометром.

Вязкость (см. *Вязкость масел*) является важнейшей константой М. с., определяющей область его применения. Определяется обыкновенно лишь относительная вязкость, для чего в СССР пользуются вискозиметром Энглера (см. *Вязкость*). Найденная этим способом константа называется «вязкостью по Энглеру» и обозначается символом °Э. с указанием $t°$, при к-рой производилось определение, а именно 50° для легких масел и 100° для тяжелых. Вискозиметр Энглера применяется также в Германии, тогда как в Америке пользуются вискозиметром Сейболта, в Англии—Редвуда. Для перевода показаний различных вискозиметров в единицы Энглера пользуются особыми таблицами.

Температура вспышки (при к-рой смесь паров М. с. и воздуха при зажигании воспламеняется) представляет собою также одну из важнейших констант М. с. Она определяется либо в открытом сосуде, напр. фарфоровом тигле (Бренкен), или в особом латунном сосуде (Кливеленд), либо в закрытом аппарате (Мартенс-Пенский) (см. *Вспышка*). Темп-ра вспышки может служить прежде всего для характеристики степени однородности масла: достаточно напр. совершенно ничтожной примеси к маслу бензина, чтобы резко понизить его $t°$ вспышки. Служа указанием на степень упругости паров масла при различных $t°$, вспышка определяет также пригодность М. с. к работе в условиях б. или м. значительного нагрева трущихся поверхностей, т. е. его устойчивость к высокой $t°$ и огнеопасность. Наконец до известной степени $t°$ вспышки характеризует испаряемость масла.

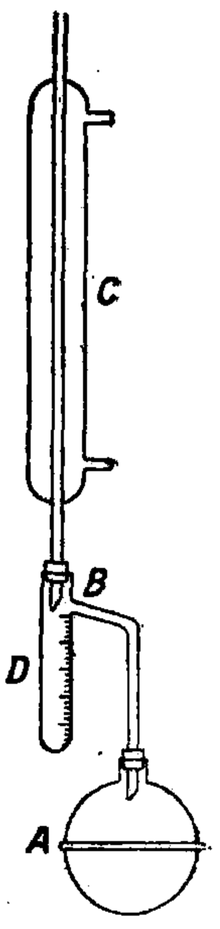
Температура застывания имеет значение лишь для тех М. с., к-рые работают при низких $t°$. Так как на холоду текучесть масла может стать настолько малой, что оно становится уже совершенно непригодным для смазки, то в технических нормах часто дается $t°$, выше к-рой данное М. с. должно сохранять полную текучесть, т. е. не должно застывать. Определяется $t°_{заст.}$ М. с. в пробирке со вставленным термометром, охлаждаемой в холодильной смеси. Если при наклонении охлажденной пробирки на 45° от вертикали поверхность заключающегося в ней М. с. изменяет свое положение, масло считается жидким; если же в течение 5 мин. поверхность масла остается неизмененной, масло считается застывшим.

Кислотность М. с. чаще всего зависит от плохой очистки и промывки масла и объясняется присутствием в нем нафтеновых и сульфонафтеновых, т. е. органич. к-т. Эта т. н. первичная кислотность определяется титрованием масла, растворенного в смеси бензола (4 об.) и этилового 95%-ного спирта (1 об.), спиртовым раствором едкого кали в присутствии фенолфталеина или (для темных масел) щелочного синего (Alkaliblau). Выражается кислотность либо в % серного ангидрида (SO_3) либо в *мг* едкого кали и нормируется лишь для немногих масел (турбинное, фрезол и др.). Так же определяется и выражается вторичная кислотность отработанных масел, зависящая от образования к-т в процессе работы масла, напр. от окисления компонентов масла кислородом воздуха, от гидролиза жиров, растительных или животных, прибавляемых иногда к минеральным маслам, и т. д. Вторичная кислотность характеризует степень устойчивости данного М. с. в рабочих условиях.

Натровая проба—качественное испытание, применяемое к большинству М. с. для установления степени очистки и отмывки масла от нафтеновых и сульфонафтеновых кислот. Проба производится след. обр.: равные объемы М. с. и слабого раствора едкого натра (6 *г* на 1 *л* воды) энергично взбалтывают в пробирке и кипятят в течение 3 мин.; эмульсии дают отстояться и разделиться на два слоя и сливают содержимое в другую чистую пробирку ⌀15 *мм*. По степени помутнения нижнего водного слоя определяют натровую пробу, различая четыре степени очистки: 1) водный слой совершенно прозрачен—очистка отличная (балл 1); 2) водный слой слегка помутнел, но сквозь него можно читать мелкий шрифт печати—очистка хорошая (балл 2); 3) помутнение несколько больше, так что мелкий шрифт не читается, но читается крупный (заглавный) шрифт—очистка удовлетворительная (балл 3); 4) читать через водный слой вовсе нельзя—очистка неудовлетворительная (балл 4).

Реакция масла. Хорошо очищенное и промытое М. с. должно быть свободно от минеральной к-ты и щелочи, т. к. в противном случае оно может действовать на поверхности смазываемых частей механизма разъедающим образом. Соответствующие пробы производятся с водными вытяжками, получаемыми взбалтыванием М. с. с равным объемом горячей дистиллированной воды: на присутствие щелочи индикатором служит фенолфталеин, на присутствие к-ты—метилоранж.

Содержание воды и других механических примесей. Влага, грязь и разного рода другие механич. примеси (песок, волокна и пр.) являются главными причинами неполадок в работе М. с. Их присутствие в масле поэтому совершенно недопустимо. Качественно они обнаруживаются уже по внешнему виду масла: влажное и загрязненное масло—мутно, на дне и стенках пробирки, в к-рую берется проба, видны капельки воды, грязь и т. п. Если М. с. непрозрачно, его разбавляют предварительно бензолом, чтобы получить более светлую жидкость, в к-рой указанные примеси легко обнаруживаются. Присутствие воды в М. с., особенно темном, удобно обнаруживается также следующим способом: пробирку с испытуемым маслом помещают в масляную баню, нагретую до 160—180°; если масло влажно, оно начинает пениться, пробирку подталкивает, слышится треск, и на покрытых слоем масла внутренних стенках пробирки появляются капельки воды. Количественное определение воды в М. с. производится по способу Дина и Старка (фиг.). Круглодонная на 500 *см*³ с короткой шейкой колба *A*, медная или стеклянная, соединяется с холодильником *C* через посредство особого двухколенчатого форштосса *B*, одно колено к-рого *D*, примыкающее к холодильнику,



запаяно снизу и градуировано. Для определения воды 100 *г* предварительно взболтанного испытуемого продукта помещают в колбу *A* и приливают туда же 100 *см*³ бензина, от которого отогнаны все фракции до 95°. Смесь перемешивают и, соединив колбу с остальной частью прибора, нагревают до кипения бензина. Пары последнего увлекают с собою влагу и, конденсируясь в холодильнике, стекают в градуированный приемник *D*. Здесь капельки воды собираются на дне, бензин же, заполнив приемник, стекает обратно в колбу. Когда объем воды в приемнике *D* перестанет увеличиваться, нагревание прекращают; отсчитывая собравшуюся воду, получают содержание ее (в %) в продукте. Количественное определение твердых механических примесей производится на фильтре, через который профильтровывают 100 *г* предварительно взболтанного М. с., разбавленного 5—10 объемами тяжелого бензина. За фильтрованием следует промывка фильтра бензолом, высушивание его при 105° и взвешивание. Разность между весом фильтра с отфильтрованными примесями и начальным его весом в тех же условиях дает весовое содержание механич. примесей. Тем же фильтром можно воспользоваться наконец для определения несгораемых примесей (песок, соли и пр.). Для этого фильтр с осадком сжигают в предварительно прокаленном и взвешенном тигле. Новое взвешивание охлажденного тигля дает вес золы, к-рый за вычетом веса золы фильтра выражает собою содержание несгораемых примесей.

О п р е д е л е н и е з о л ы производится выпариванием 50 *г* масла в платиновой чашке на голом огне с последующим прокаливанием остатка. Содержание золы характеризует степень промывки масла после его очистки, а также степень загрязнения его механическими примесями; оно нормируется гл. обр. в тяжелых М. с. (автолы, цилиндровые), а также в маслах, где требуется особо высокая очистка (турбинные, трансформаторные).

П р о б а н а э м у л ь г и р о в а н и е имеет важное значение для масел, работающих в соприкосновении с водой или паром. Если масло плохо очищено (нафтеновые к-ты и т. п.), в указанных условиях могут образоваться стойкие эмульсии, сильно увеличивающие вязкость масла и понижающие его маслянистость. По Конрадсону-Гольде, проба на эмульгирование производится след. образом. В стеклянный цилиндр (диам. 3,6 и высотой 30 *см*) наливают 100 *см*³ испытуемого масла и 20 *см*³ дистиллированной воды и через стеклянную или металлич. трубку пропускают для перемешивания смеси водяной пар в течение 10 мин. Затем помещают цилиндр на 1 ч. в водяную баню с *t*° 55° и наконец, вынув из бани, оставляют его при комнатной *t*° на 20 минут. Если теперь между маслом и водой образуется резкая граница, масло считается выдержавшим пробу на эмульгирование. Проба эта входит в нормы например для турбинных масел.

С о д е р ж а н и е а с ф а л ь т о в ы х и с м о л и с т ы х в е щ е с т в в М. с. связано с понижением стабильности масла под влиянием света, тепла и кислорода воздуха, а также со склонностью его к нагарообразованию. В цилиндровых маслах нормируется содержание асфальтенов, в низших сортах М. с. (смазочные мазуты)—содержание акцизных смол. Содержание асфальтенов определяется, по Гольде, осаждением их легким стандартным бензином. После отстаивания смеси (сутки, в темноте) жидкость сливают, осадок промывают свежим бензином сначала декантацией, затем на фильтре и наконец растворяют асфальтены в горячем бензоле. После испарения растворителя из заранее взвешенной колбы остаток дает содержание асфальтенов во взятой навеске М. с. Акцизные смолы определяются обычным способом при помощи серной кислоты уд. в. 1,84 (см. *Нефти*). Как и в процессе очистки масел, серная к-та извлекает при этом кроме смолистых веществ также нек-рые высокомолекулярные углеводороды, нафтеновые к-ты, сернистые соединения и т. п., так что акцизные смолы дают содержание не только смолистых и асфальтовых веществ, но частично и ряд других компонентов М. с., растворимых в серной кислоте.

Ц в е т М. с. за немногими исключениями не нормируется.

Кроме перечисленных свойств М. с. в отдельных случаях немаловажное значение для характеристики и оценки масла могут иметь ряд других его качеств, к-рые однако не нормируются за отсутствием достаточно точных методов их определения. Таковы напр.: и с п а р я е м о с т ь масла, характеризующая присутствие в М. с. легко испаряющихся при его работе компонентов; к о к с у е м о с т ь, т. е. склонность масла к образованию нагаров,—свойство, особенно важное для масел компрессорных, моторных и цилиндровых; о к и с л я е м о с т ь, т. е. способность М. с. противостоять окисляющему действию кислорода воздуха при хранении, особенно же в процессе работы масла, и наконец *маслянистость* (см.), наиболее важное в практич. отношении свойство М. с., хотя и наименее до сих пор изученное. Совокупность вышеперечисленных свойств дает б. или м. полную физико-химич. характеристику М. с., за исключением его химического состава, который до настоящего времени почти совершенно не изучался.

Другим важнейшим моментом для оценки М. с. и определения его пригодности для работы в данных условиях является его механич. испытание на специальных машинах трения (Мартенса и др.), позволяющих определить работу трения в различных механич. условиях с применением того или иного масла. В виду того однако, что подобного рода испытания не вполне соответствуют эксплоатационным условиям, необходимо сравнительное опробование нескольких предварительно подобран. образцов непосредственно на производстве со строгим учетом при прочих равных условиях расходуемой в каждом случае энергии. Технич. нормы М. с., вырабатываемых в СССР, см. *Спр. ТЭ*, т. III.

Важнейшие области применения минеральных М. с. В е р е т е н н ы е м а с л а применяются для смазки всякого рода веретен на текстильных ф-ках, причем как общее правило для веретен легких с большим числом

оборотов применяются менее вязкие масла, для веретен же тяжелых с меньшим числом оборотов—масла более вязкие. Так, для веретен ватеров и крутильных машин хл.-бум. и шерстяного производства применяют в е л о с и т Л, для веретен же мюлей (сельфакторов), имеющих открытые подпятники и сквозные подшипники, употребляются в е л о с и т Т и в е р е т е н н о е 2, так как масла с меньшей вязкостью, вследствие более быстрого разбрызгивания и стекания с веретен, расходовались бы в значительно большем количестве. Наконец для веретен льнопрядильных ватеров, а также ткацких станков и машин подготовительного отделения текстильных фабрик, где работа протекает в условиях еще больших давлений и меньших скоростей, применяется еще более вязкое масло в е р е т е н н о е 3.

М а ш и н н ы е м а с л а применяются для смазывания разнообразнейших холодных частей различных механизмов. В зависимости от величины нагрузки и от скорости здесь употребляются масла различной вязкости и очистки. Так, для смазки швейных, вязальных и трикотажных машин рекомендуется ш в е й н о е маловязкое масло с хорошей очисткой и промывкой. Для подшипников легких сепараторов употребляется примерно такое же, но менее очищенное М. с.—с е п а р а т о р н о е Л, для более же тяжелых сепараторов, работающих с большей нагрузкой,—с е п а р а т о р н о е Т. Наконец для подшипников тяжелых центрифуг, употребляемых в сахарном, белильном, красильном и т. п. производствах и работающих иногда при нагрузках в несколько *m*, применяется высоковязкое М. с.—ф у г а, одно из самых тяжелых М. с. нашего сортамента. В промежуточных случаях между этими крайними, напр. для больших сепараторов или небольших центрифуг, могут применяться и другие машинные М. с. типа турбинных (см. ниже). Для подшипников динамомашин и электромоторов устраивается обыкновенно кольцевая смазка, причем одно и то же масло работает весьма продолжительное время. В виду этого М. с. должно обладать в этих случаях значительной стойкостью к кислороду воздуха и не загустевать от образующихся продуктов окисления. Для подшипников динамомашин и электромоторов малой и средней мощности, делающих 1 000 об/м. и более, рекомендуется в о л ь т а Л; при средней же и выше средней мощности и числе оборотов до 1 000—в о л ь т а Т. Наиболее ходовыми сортами машинных масел являются нижеследующие М. с.: м а ш и н н о е Л для трансмиссий, мелких и средних токарных и др. станков со средней нагрузкой на подшипник и числом оборотов выше среднего; м а ш и н н о е 2—наиболее употребительный сорт, применяется для смазки подшипников самых разнообразных машин и станков, работающих со средней скоростью вращения; м а ш и н н о е Т—для подшипников паровых машин и главного вала и вообще для подшипников машин в случае сильного их нагрева, для машин и станков с большой нагрузкой и скоростью вращения ниже средней. Все эти машинные масла характеризуются средней степенью очистки и применяются при всякого рода способах смазки: игольчатой, фитильной, капельной, кольцевой и т. п. К машинным маслам примыкает м о р с к о е, применяемое для подшипников паровых машин речных и морских судов, а также стационарных установок, работающих при большой и неравномерной нагрузке. Среди машинных масел особое положение по ответственности работы и высоким качествам, требуемым от них, занимают применяемые для подшипников паровых турбин масла: т у р б и н н ы е Л, М и Т. Смазка здесь производится при помощи так наз. циркуляционной системы, причем масло из резервуара подается по трубкам через фильтр и холодильник к местам, требующим смазки, после чего возвращается в резервуар обратно. По условиям работы турбинное масло должно: а) обладать хорошей смазывающей способностью, б) не давать стойких эмульсий и легко отделяться от воды, в) не выделять осадков (шлама) и не давать на стенках маслопроводных труб, а также на валу и подшипниках каких-либо отложений, т.к. всякого рода осадки и проч. могут затруднить и совершенно прекратить подачу масла в те или иные места и вызвать аварию. Наконец к машинным же относят так наз. судовые масла: с у д о в ы е Л и Т, употребляемые гл. обр. для смазки холодных частей морских и речных судов, где для предупреждения нагревания эти части охлаждаются обильно подаваемой водой. В этих условиях масло должно образовать с водой стойкую эмульсию, обладающую смазочными свойствами и не вымываемую водой.

М а с л а д л я д в и г а т е л е й в н у т р е н н е г о с г о р а н и я. Здесь сортамент СССР различает следующие основные типы М. с. М о т о р н ы е м а с л а М и Т. Первые употребляются для смазки цилиндров и движения нефтяных двигателей постепенного горения (дизелей) всех мощностей, для керосиновых, газогенераторных и тихоходных судовых двигателей всех мощностей. Вторые—для смазки цилиндров и движения средних и крупных вновь установленных двигателей, для быстроходных судовых двигателей и дизельных компрессоров, для разработанных и пропускающих газ двигателей внутреннего сгорания. Моторные М. с. по выполнении своего назначения должны по возможности нацело улетучиваться и сгорать без нагара; поэтому они д. б. гораздо легче цилиндровых, дающих большой и твердый нагар. А в т о л ы Л, М и Т употребляются для смазки цилиндров и движения автомобильных двигателей (зимой—Л, весной и осенью—М и летом—Т); для мотоциклов и тракторов применяют автолы М (весной и осенью) и Т (летом). Здесь выбор М. с. зависит не только от температурных условий времени года, но также от системы двигателя и его мощности. А в и а ц и о н н ы е м а с л а ААС—для смазки авиадвигателей разных мощностей и конструкций в летнее время и а в и а ц и о н н ы е АВ—смазка в зимнее время; в виду ответственности назначения их готовят по специальным заказам с особой тщательностью. К о м п р е с с о р н ы е м а с л а Л, М и Т—для смазки воздушных цилиндров компрессоров всевозмож-

ных устройств, работающих на сжатие; для цилиндров воздуходувных машин. Чем больше сжатие, тем более высокая темп-ра развивается при этом и тем более вязким д. б. применяемое для данного случая М. с. Для холодильных установок, работающих на аммиаке и углекислом газе, применяется особый тип компрессорного М. с.—ф р и г у с—с небольшой вязкостью и низкой $t°_{заст.}$.

Ц и л и н д р о в ы е м а с л а д л я п а р о в ы х м а ш и н разделяются на две основные группы. А. Д л я м а ш и н, р а б о т а ю щ и х н а с ы щ е н н ы м п а р о м, применяются М. с., к-рые должны обладать хорошими смазывающей способностью и распыляемостью, отсутствием разъедающего действия и по возможности не образовывать нагара. Температура вспышки всех М. с. этой группы выше 220°. Подбор масла в отношении вязкости определяется главным образом давлением пара: чем больше давление пара, тем большую вязкость должно иметь М. с. Так, ц и л и н д р о в о е 2 применяется для цилиндров паровых машин, работающих при давлении до 5 *atm*; н и г р о л Л—для давлений пара не свыше 8 *atm*; в и с к о з и н 3—тоже для машин мощностью до 1 000 HP при давлении пара до 12 *atm*; в и с к о з и н 5 и в а п о р Л—при давлении пара до 15 *atm* для цилиндров паровых машин всех мощностей. Б. Д л я м а ш и н, р а б о т а ю щ и х п е р е г р е т ы м п а р о м, основные качества масла должны быть те же, что и для группы А. Однако $t°$ вспышки д. б. здесь выше (до 325°); так как, находясь под влиянием высокой $t°$ и давления, М. с. могут подвергаться здесь разложению, то необходимо, чтобы $t°$ вспышки была выше рабочей $t°$ пара. При нагреве пара до 250° для цилиндров паровых машин рекомендуется в а п о р Л; при перегреве до 310°—в а п о р М; при перегреве выше 310°—в а п о р Т; при очень высоком перегреве применяют иногда также в а п о р Т э к с т р а. Кроме вапоров рекомендуются также вискозины в тех случаях, когда требуется более густое масло, а именно: в и с к о з и н 7 при перегреве пара до 300° и в и с к о з и н 10 при перегреве пара свыше 300°.

Вапоры и вискозины, представляющие собою высшие сорта советских цилиндровых масел, по способу получения существенно отличаются от данной выше схемы, по к-рой получаются остальные М. с. Последние являются маслами дистиллатными, т. е. получаются очисткой соответствующих дистиллатов (веретенного, машинного, цилиндрового). Этим путем однако не удается получить М. с., к-рые удовлетворяли бы условиям работы цилиндров современных машин, работающих перегретым, а отчасти и насыщенным паром, где требуются масла с $t°$ вспышки выше 250° по Бренкену. Для получения таких масел у нас пользуются мазутом с масляной батареи, от к-рого отогнаны более легкие масляные фракции, благодаря чему $t°$ вспышки его поднимается до 240° или около того. Такой мазут подвергают очистке серной кислотой и, после отделения кислого гудрона, без нейтрализации заливают в перегонный куб и подвергают обработке перегретым паром. Здесь после разрушения следов серной к-ты, оставшейся в продукте (раскисление до SO_2), происходит концентрация очищенного мазута, т. е. отгонка от него наиболее легких дистиллатов, благодаря чему остаток в кубе приобретает наконец нужную $t°$ вспышки. Такие концентраты из бакинской нефти получили название в и с к о з и н о в, а полученные аналогичным путем из эмбенской нефти называются в а п о р а м и. Бакинские концентраты, не чищенные серной кислотой, известны под именем н и г р о л о в; они применяются наряду с вискозинами в менее ответственных случаях и в нек-рых отношениях не уступают очищенным концентратам.

Наряду с перечисленными М. с. применяются также более грубые смазочные материалы, с м а з о ч н ы е м а з у т ы (см. *Мазут*), представляющие собою подобно нигролам нефтяные концентраты, не чищенные серной к-той, однако с меньшей вязкостью, чем нигролы. Сюда относятся: м а з у т с м а з о ч н ы й л е г к и й—б а к и н с к и й, м а з у т с м а з о ч н ы й л е г к и й—г р о з н е н с к и й, п о л у г у д р о н и *гудрон* (см.).

Последняя группа М. с. нашего сортамента имеет смешанное назначение и лишь отчасти смазочное. Сюда относятся в а з е л и н о в о е и в а з е л и н о в о е п а р ф ю м е р н о е (paraffinum liquidum), применяемые частью для парфюмерных, медицинских и фармацевтич. целей, частью для смазки мелких механизмов (телеграфн. аппараты и т.п.), ф р е з о л ы 2 и 3, употребляемые для охлаждения и смазки фрез и резцов фрезерных, револьверных, автоматич. и токарных станков, наконец т р а н с ф о р м а т о р н о е м а с л о, применяемое частью для предупреждения короткого замыкания в трансформаторах, т. е. как *изоляционное масло* (см.), частью же для охлаждения трансформаторов, для выключателей и масляных реостатов. Для последнего масла особенно важно отсутствие в нем заметных количеств влаги, к-рая резко понижает изолирующие качества масла; вследствие этого после предварительной просушки его призводится специальная проба на пробиваемость электрической искрой.

В отличие от классификации М. с. в СССР классификация их в США основана на общей методике их приготовления. Здесь различают следующие масла.

К р а с н ы е м а с л а получаются перегонкой различных нефтей с паром или без пара с последующей кислотной очисткой; применяются они для смазки простых механизмов или деталей машин. Сюда относятся самые разнообразные легкие, средние и тяжелые М. с. как из нафтеновых нефтей, так и из нефтей с парафиновым основанием. С в е т л ы е м а с л а подобно красным готовятся из самых разнообразных нефтей и также с самой разнообразной вязкостью, чистятся кислотой и адсорбентами, причем фильтрованные М. с. по их качеству являются более высокими: отлагают меньше кокса в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания, теряют склонность к эмульгированию и т. п. Н е й т р а л ь н ы е м а с л а—высокосортные масла, обеспарафиненные, обработанные адсорбентом и отбеленные действием солнечных лучей. Применимы для тех же целей, что и светлые масла. Ц и л и н д р о в ы е о с т а т о ч н ы е м а с л а получаются из нефтей с парафиновым или смешанным основанием. Они готовятся из остатков после отгонки от этих нефтей всех легких продуктов, причем по степени очистки различают два типа таких масел: а) тип темный—масла, очищенные серной кислотой и иногда обработанные адсорбентом, сбычно мешанные и компаундированные, применяемые для получения тяжелых сортов машинных масел, а также для смазки цилиндров паровых машин, и б) тип светлый—масла, получаемые тщательной фильтрацией темных цилиндровых масел; эти высокосортные М. с. идут гл. обр.

для смешивания с маслами малой вязкости и получения тяжелых сортов М. с. с парафиновым основанием, причем получаемые так. обр. мешанные масла отличаются своим зеленоватым цветом. Черные масла готовятся из остатков от повторных перегонок масляных дистиллатов или из нефтей сильно смолистых; они пригодны для смазки только грубых машин.

Способы получения америк. М. с. в основном те же, что и советских; здесь однако получили широкое применение такие новейшие методы их очистки, как фильтрование с применением твердых адсорбентов (флоридин, фуллерова земля и др.), а также разного рода способы отделения парафина (холодное отстаивание, центрифугирование и др.), благодаря которым удается широко использовать для получения высокосортных М. с. в качестве сырья нефти с парафиновым основанием. В СССР эти новейшие, крайне ценные методы переработки нефти только начинают прививаться, тогда как в Германии (Гамбург) они уже давно получили широкое распространение при переработке ввозного, главным образом нашего же бакинского, сырья.

Производство М. с. является одной из главных отраслей нефтяной промышленности. О размерах и росте ее в СССР за последние 5 лет можно судить по табл. 1, в к-рой приводятся также данные о нашем внутреннем потреблении и экспорте М. с. за тот же период времени.

Табл. 1.—Выработка и реализация смазочных масел в СССР за 1924/25—1928/29 гг. (в тыс. *m*).

Выработка и реализация М. с.	1924/25 г.	1925/26 г.	1926/27 г.	1927/28 г.	1928/29 г.
Выработка М. с.:					
в ретенных . . .	4,8	6,1	12,2	23,2	29,6
машинных	124,5	159,0	219,6	221,1	219,6
цилиндровых . .	14,5	25,2	24,6	29,2	42,3
прочих	16,8	38,2	41,3	51,0	29,6
Всего . . .	160,6	228,5	297,7	324,5	321,1
Реализация на внутреннем рынке . .	77,3	105,4	119,8	139,8	—
Реализация на внешнем рынке	97,6	129,0	162,0	183,0	194,3

Не подлежит сомнению, что последовательная рационализация производства М. с. и повышение качества продукции в этой отрасли нефтяной промышленности соответственно требованиям заграничного рынка обеспечат дальнейшее развитие нашего экспорта смазочных масел; внутреннее потребление смазочных масел должно у нас быстро и неуклонно расти в связи с развитием машиностроения, автомобилизма, авиации и тракторизации сельского хозяйства.

Растительные и животные М. с.

Минеральные М.с., сначала каменноугольные и сланцевые, а затем и нефтяные, стали входить в употребление лишь с 60-х гг. 19 в. До того в качестве смазочных материалов применялись растительные и животные жиры, к-рые и в настоящее время часто примешиваются к нефтяным М. с. в качестве компаунда. Растительные и животные масла представляют собою глицериды, т. е. глицериновые эфиры высших к-т: олеиновой, стеариновой или пальмитиновой (см. *Жиры и масла*). Они бесцветны или желтого цвета, а растительные жиры иногда слегка зеленоваты. Уд. в. их обычно меньше 1; вязкость и другие свойства указаны в табл. 2.

Табл. 2.—Свойства некоторых растительных (невысыхающих) и животных жиров.

Наименование	Уд. в. при 15°	Вязкость при 50°	Омыляемость	Иодное число	$t°_{заст.}$
Растительные жиры:					
Касторовое масло .	0,960—0,974	16,5	176—183	82— 86	От −11° до −17°
Оливковое » .	0,917—0,919	3,8	185—196	79— 88	От 0° до −8°
Сурепное » .	0,911—0,917	5,0	175—179	98—104	Около 0°
Животные жиры:					
Говяжье сало	—	—	193—206	35— 44	33—34°
Свиное сало	—	—	196—197	53— 85	25—26°
Тюлений жир	0,925—0,926	—	189—196	127—152	От −2° до −3°
Дельфиний жир . .	0,926—0,930	—	197—230	99—128	» −3° » +5°

Нек-рые растительные масла при действии воздуха способны, особенно в тонком слое, затвердевать в прозрачную эластич. массу («высыхающие» масла). Такие масла, естественно, не применимы в качестве смазочного материала; для этой цели применяются только невысыхающие М. с. Применение их в качестве М. с., особенно при больших нагрузках, основано на их высокой смазывающей способности, применение же в качестве компаунда—на общем свойстве растительных и животных жиров при действии воды в условиях высокой $t°$ и других благоприятных факторов расщепляться с образованием глицерина и соответствующей органической кислоты; последняя же, будучи примешана к минеральному маслу, сильно повышает его *маслянистость* (см.):

$$\underset{\text{триолеин}}{C_3H_5(C_{18}H_{33}O_2)_3} + \underset{\text{вода}}{3H_2O} = \underset{\text{глицерин}}{C_3H_5(OH)_3} + 3\underset{\text{олеинов. к-та}}{C_{18}H_{34}O_2}.$$

Важнейшие растительные и животные жиры, применяемые в качестве смазочных материалов, следующие.

Касторовое масло. Исключительно хорошее М. с.; употребляется особенно для смазки моторов аэропланов; трудно смешивается с минеральным маслом.

Сурепное масло. Оно должно быть очищено от слизистых веществ, для чего масло обрабатывается серной кислотой с последующей промывкой горячей водой. Масло это темного цвета, смешивается с минеральным маслом во всех пропорциях. Применяется в качестве компаунда (от 10 до 25%)

для изготовления ж.-д. и судовых М. с., а также растворимых и охлаждающих масел.

Оливковое (прованское) масло. Применяется иногда для смазки ткацких станков, так как масляные пятна от него легко смываются. Применение оливкового масла в качестве М. с. в настоящее время сильно упало в виду замены его более дешевыми минеральными и компаундированными маслами.

Животные жиры в нек-рых случаях применяются в качестве смазочного материала в сыром виде (прокатное дело и т. п.), но обычно их предварительно подвергают прессованию. Выжатые жидкие масла подмешивают в количестве 3—15% к минеральному маслу в качестве компаунда. Нек-рые жиры (напр. дельфиний) представляют собою очень ценное М. с. и применяются для смазки самых тонких механизмов (часы и пр.).

Регенерация М. с.

Отработанное М. с. становится загрязненным примесями пыли, грязи, воды и т. п.; в целях очистки отработанных масел от загрязнений и восстановления их смазывающих качеств их подвергают регенерации. В простейшем случае регенерация заключается в отстаивании подогретого до 70° масла, причем вода, песок и прочие загрязнения оседают на дно сосуда, отстоявшееся же масло может быть легко от них отделено. Такое отстаивание протекает однако крайне медленно и имеет ряд других недостатков. Лучшие результаты получаются при применении разного рода фильтров, в к-рых отработанное масло предварительно перемешивается с разного рода реагентами, ускоряющими оседание мелких загрязнений и воды, а затем фильтруется. Наконец за последнее время для регенерации отработанных масел стали применять разного рода сепараторы, устройство к-рых в общем таково же, как молочных сепараторов. Здесь под влиянием центробежной силы разница между уд. в. масла и его загрязнений оказывается уже вполне достаточной для полного и быстрого их отделения. Одним из наиболее распространенных типов подобного рода сепараторов являются сепараторы фирмы Альфа-Лаваль.

Лит.: Осборн У. Ф., Смазка силовых установок, пер. с англ., М.—Л., 1928; Гурвич Л. Г., Научные основы переработки нефти, М.—Л., 1925; Добрянский А. Ф., Анализ нефтяных продуктов, М.—Л., 1925; Попич А. Г. и Лютер К. А., Смазочные материалы, М.—Л., 1929; Сравнит. исследования советских и заграничных нефтепродуктов, под ред. С. С. Наметкина, Москва, 1930; Thomsen T. C., The Practice of Lubrication, N. Y., 1926; Day D., Handbook of the Petroleum Industry, v. 1—2, N. Y., 1922.

С. Наметкин.

МАСЛИЧНЫЕ РАСТЕНИЯ, растения, имеющие техническое значение в смысле эксплоатацион. выгодности извлечения жиров. Растительные жиры—*масла растительные* (см.)—содержатся обычно в зрелых плодах и семенах растений. К числу М. р. относятся: арахис, анис, горчица, китайская редька, клещевина, конопля, кориандр, кунжут (сезам), лен, мадия, мак, олива, подсолнечник, нек-рые сорта пальм, рапс, сурепица, тмин, хлопчатник, фенхель и др. Некоторые виды М. р. разводят не только для получения масличного сырья, но также ради получения из них *волокон прядильных* (см.)—конопля, лен, хлопчатник. См. *Жиры и масла*, *Маслобойное производство*, *Маслоэкстракционное производство*.

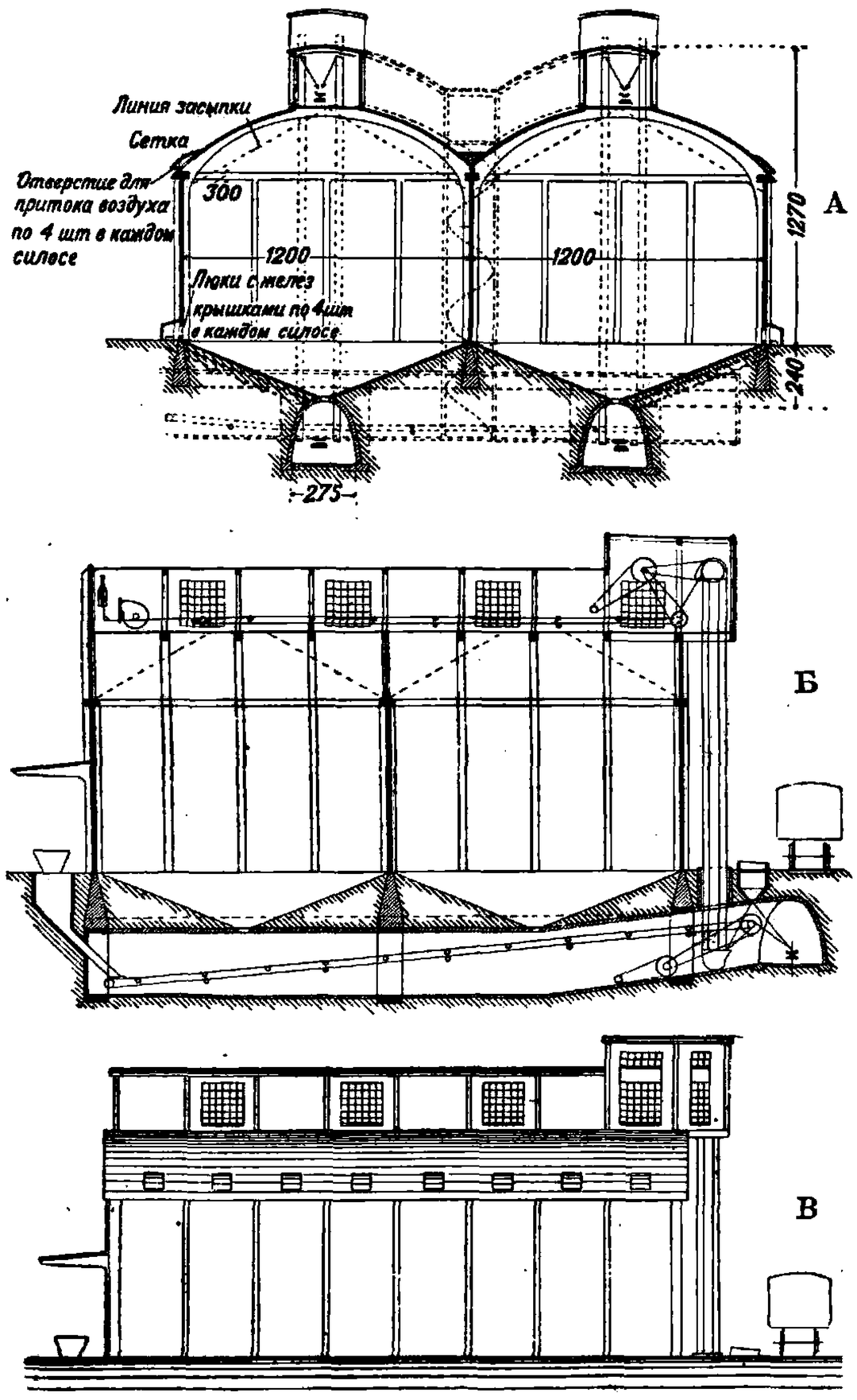
Лит.: Пряшников Д. Н., Частное земледелие, 6 изд., Берлин, 1922; Лялин Л. М., Жиры и масла, 2 изд., Л., 1925.

МАСЛОБОЙНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, см. *Пищевые жиры* и *Технические жиры*.

МАСЛОБОЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, получение жидких и твердых жиров посредством отжима их из семян или плодов растений. Определить годовую мировую продукцию и потребление жиров не представляется возможным; основываясь на душевой норме потребителя в Германии, равной 75 *г* в день (1913 г.), и приняв, что потребление жиров культурн. частью населения составляет 50 *г*, а полукультурной 20 *г*, можно считать, что годовая мировая продукция и потребление составляют ок. 10 000 000 *т*. Уже эта чрезвычайно приближенная цифра указывает на значение жиров в мировой экономике. Главная масса семян и плодов, из к-рых добываются *масла растительные* (см.), в настоящее время является продуктами с. х-ва, и лишь ограниченное количество их произрастает в диком состоянии. В соответствии с этим поступление масличных семян на з-ды носит сезонный характер, а потому чрезвычайно существенной частью каждого промышленного маслобойного завода является зернохранилище.

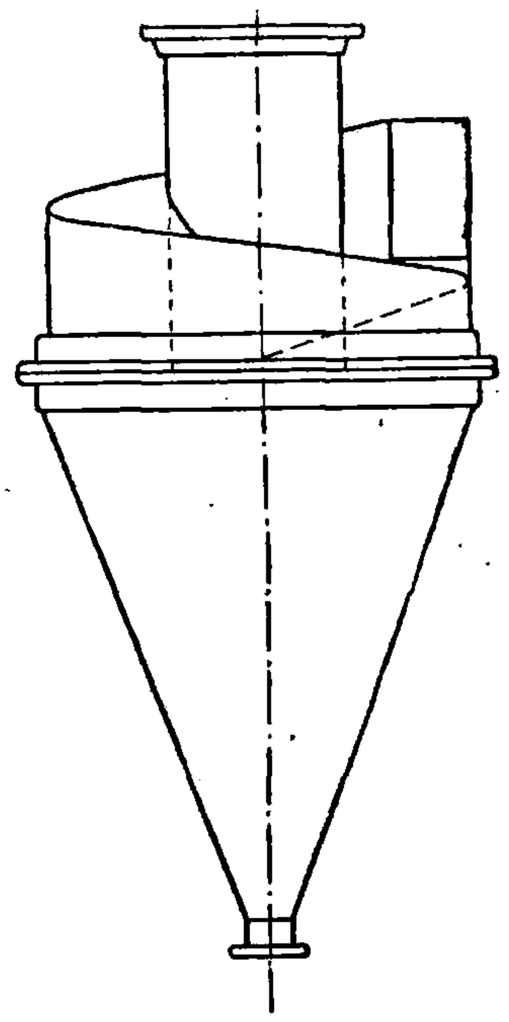
Современные зернохранилища должны удовлетворять трем основным требованиям: 1) семена при хранении не должны подвергаться порче от повышенной $t°$ в зернохранилище, влажности семян и действия света и кислорода воздуха; 2) нагрузка семян в зернохранилище и выгрузка их д. б. механизированы; 3) конструкция зернохранилищ должна в возможно полной мере обеспечивать хранимые семена от порчи их вредителями и быть огнестойкой. Масличные семена поступают на з-ды с различного рода примесями и с различной влажностью в зависимости от климатич. условий местности и метеорологич. явлений, имевших место в момент уборки урожая. Семена засоренные и с влажностью, превышающей 11%, не могут при хранении не портиться, а это в дальнейшем гибельно отражается на технологич. процессе и на качестве продуктов; поэтому перед поступлением в зернохранилища семена д. б. очищены от посторонних примесей и освобождены от излишка влаги. Для очистки семян употребляются различного рода зерноочистительные машины, очищающие зерно как от посторонних зерновых примесей, так и от минерального сора, а также от так наз. мертвого растительного сора (см. *Зерноочистительные машины* и *Очистка зерна*). Для приведения сырья к оптимальной влажности пользуются *зерносушилками* (см.) самых разнообразных конструкций. Подача семян в элеваторы и выгрузка их производятся при помощи транспортеров различных систем, гл. обр. транспортных лент (см. *Конвейер* и *Ленточный транспортер*). В конструктивном отношении зернохранилища представляют собою или простые одно-

этажные амбары различной емкости, или многоэтажные здания, в к-рых семя рассыпается ровным и невысоким слоем, или *элеваторы* (см.) силосного типа. Последние представляют собою систему 4-угольных, 6-угольных или круглых ячеек значительной высоты (фиг. 1, А, Б и В). В последнее



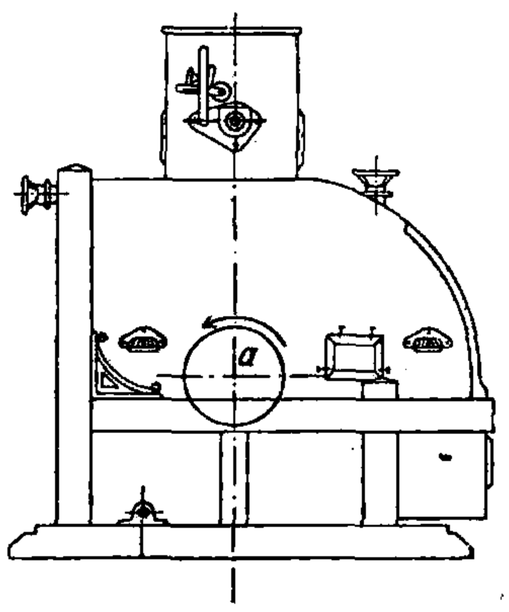
Фиг. 1.

время этот тип зернохранилищ является господствующим. В современных условиях для обеспечения нормальной работы маслобойного завода емкость элеватора должна составлять 50—70% годовой производительности завода. Хотя перед поступлением в элеватор семена подвергают предварительной очистке, но она обычно не настолько совершенна, чтобы семена могли прямо из элеватора поступить в переработку, поэтому семена должны поступить на окончательную очистку, которая осуществляется при помощи различных машин; простейшая из них—плоское сито, с ситами из металлич. проволоки или из металлич. листов, в к-рых пробиты отверстия различной величины и формы. Часто плоские сита снабжают вентиляторами для отсасывания выделяющейся при работе пыли. Для удаления примесей, а также для разделения семян по величине служат бураты—многогранные или круглые барабаны в форме усеченного конуса, поверхности к-рых покрыты ситами с ячейками различной величины. В последнее время для очистки семян от примесей употребляют т. н. *сепараторы* (см.)—системы плоских сит, снабженные вентиляторами и приспособлениями для очистки поверхности сит без остановки машины. Отсасываемая вентиляторами пыль выводится при помощи трубопроводов из помещения и поступает в циклоны (фиг. 2), в к-рых вследствие падения скорости воздуха пыль осаждается в конич. части, а б. или м. чистый воздух выходит в атмосферу. Объем циклона д. б. равен 3-секундной производительности вентиляторов, иначе осаждение пыли происходит неудовлетворительно и она выделяется в атмосферу, загрязняя воздух. Для улавливания металлич. предметов, находимых в семенах, употребляются магнитные аппараты различн. конструкций. Наиболее рациональными являются конструкции с вращающимися электромагнитами и с автоматич. удалением уловленных металлических предметов. Электромагниты устанавливают в нескольких местах в цепи производственного процесса, т. к. в перерабатываемый товар могут попасть металлич. части не только из семян, но и во время переработки на заводе (болты, гайки, гвозди, проволока, заклепки, мелкий инструмент и т. д.).

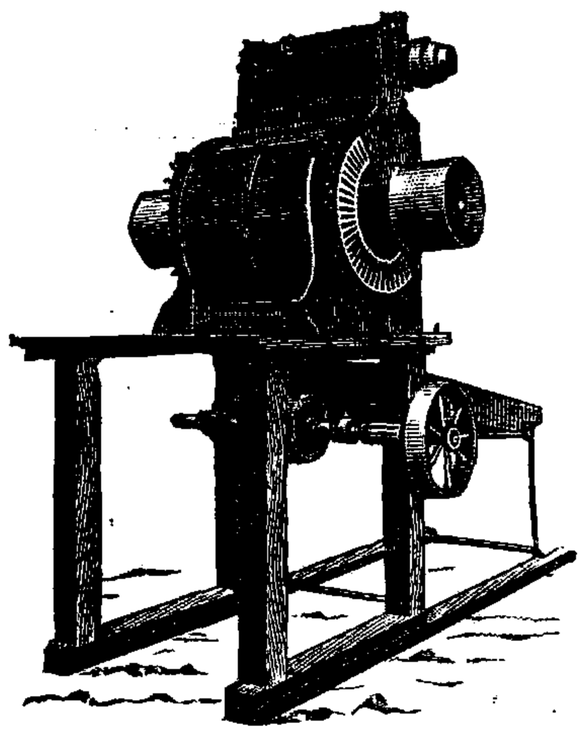


Фиг. 2.

Для взвешивания поступающих семян употребляют автоматич. весы, но они требуют хорошей очистки семян, т. к. в противном случае забиваются пылью и сором и в результате дают неточность взвешивания. Семена, покрытые оболочкой, кожурой, называемой лузгой, или шелухой (хлопок, подсолнечник и др.), подвергаются операции снятия кожуры. Для снятия лузги с подсолнечного семени—обрушивания—служат мельничные жернова той же конструкции, что и для размола ржи, пшеницы



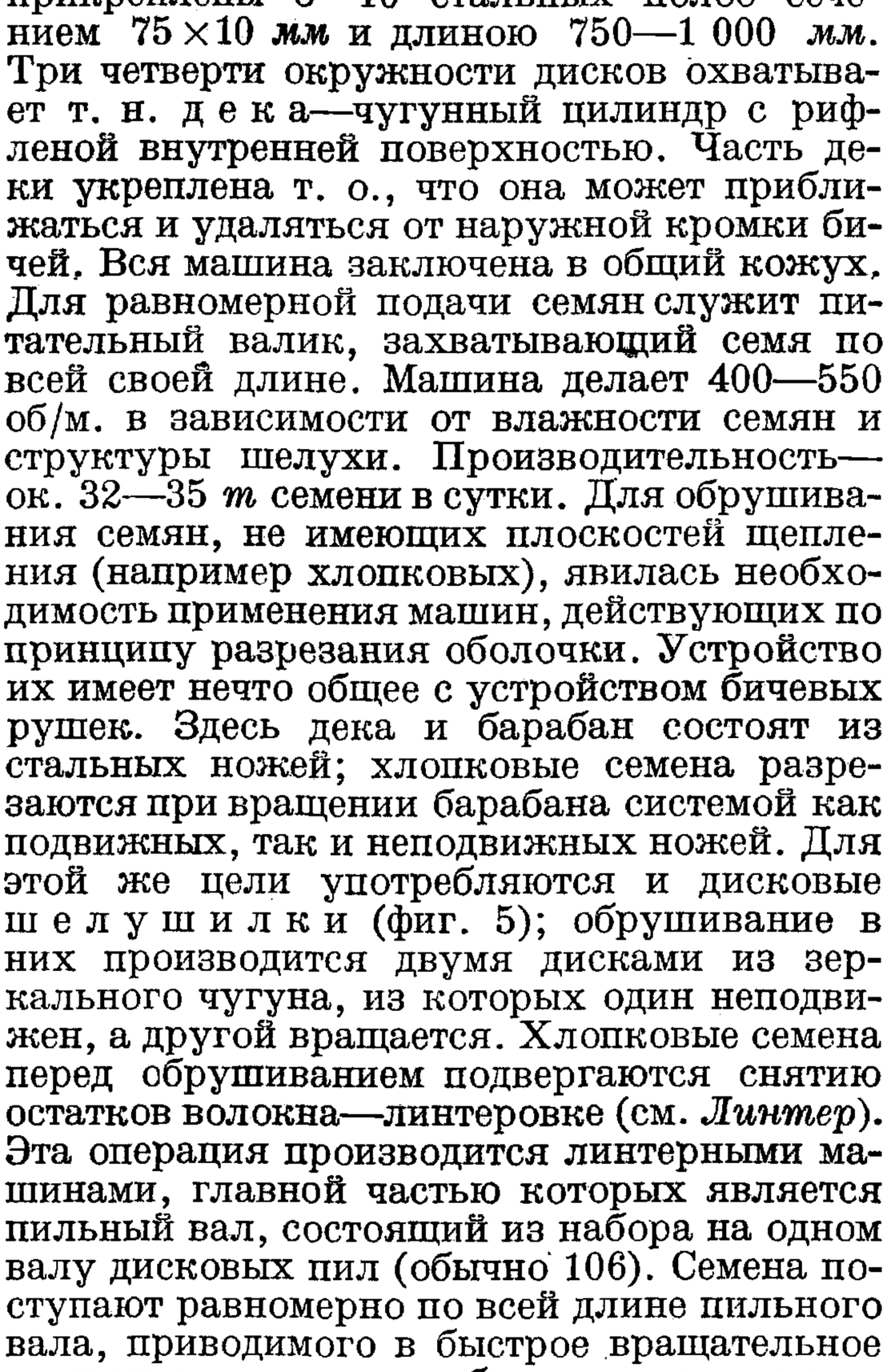
Фиг. 3.



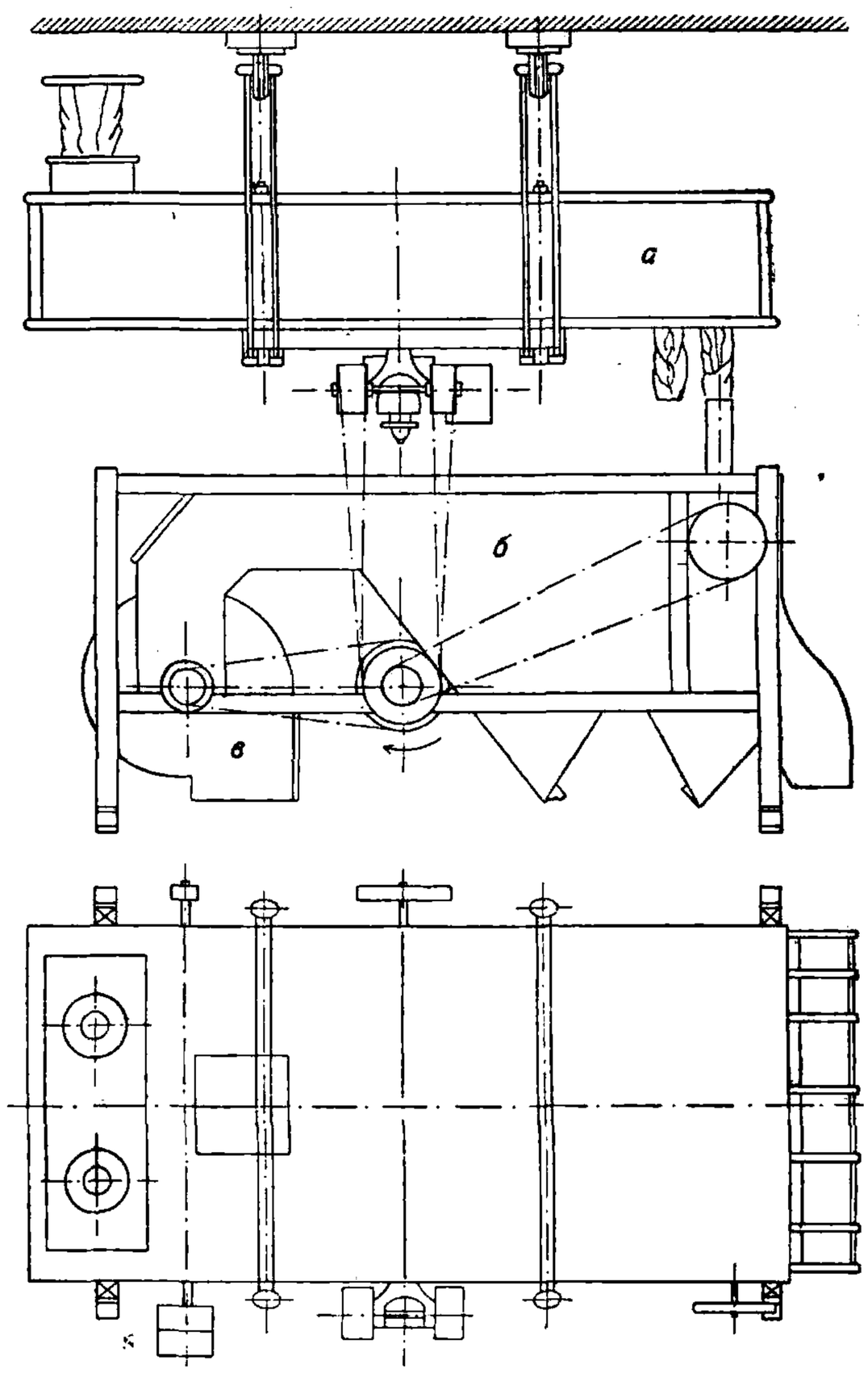
Фиг. 4.

и других злаков, с той лишь разницей, что расстояние между жерновами в случае обрушивания больше, чем при размоле. Вследствие значительного расхода энергии, необходимости частой наковки жерновов и потребности в больших площадях для установки

эти машины почти вышли из употребления и заменены так называемыми б и ч е в ы м и р у ш к а м и, у которых отсутствуют все упомянутые недостатки. Бичевая рушка (фиг. 3 и 4) состоит из 2 чугунных дисков *а*, посаженных на вал. К поверхности дисков прикреплены 8—10 стальных полос сечением 75×10 *мм* и длиною 750—1 000 *мм*. Три четверти окружности дисков охватывает т. н. д е к а—чугунный цилиндр с рифленой внутренней поверхностью. Часть деки укреплена т. о., что она может приближаться и удаляться от наружной кромки бичей. Вся машина заключена в общий кожух. Для равномерной подачи семян служит питательный валик, захватывающий семя по всей своей длине. Машина делает 400—550 об/м. в зависимости от влажности семян и структуры шелухи. Производительность—ок. 32—35 *m* семени в сутки. Для обрушивания семян, не имеющих плоскостей щепления (например хлопковых), явилась необходимость применения машин, действующих по принципу разрезания оболочки. Устройство их имеет нечто общее с устройством бичевых рушек. Здесь дека и барабан состоят из стальных ножей; хлопковые семена разрезаются при вращении барабана системой как подвижных, так и неподвижных ножей. Для этой же цели употребляются и дисковые ш е л у ш и л к и (фиг. 5); обрушивание в них производится двумя дисками из зеркального чугуна, из которых один неподвижен, а другой вращается. Хлопковые семена перед обрушиванием подвергаются снятию остатков волокна—линтеровке (см. *Линтер*). Эта операция производится линтерными машинами, главной частью которых является пильный вал, состоящий из набора на одном валу дисковых пил (обычно 106). Семена поступают равномерно по всей длине пильного вала, приводимого в быстрое вращательное движение, при этом зубья пилы снимают с поверхности семян короткие волоски ваты (основная масса волокна предварительно снимается на хлопкоочистительных заводах). С зубьев пил вата снимается щеточным валом и передается в т. н. к о н д е н с е р, из которого она поступает на упаковку, производимую при помощи гидравлич. пресса. После обрушивания смесь шелухи и ядра поступает на в е й к и—машины, к-рыми производится отделение ядра от шелухи. Вейка новейшего типа (фиг. 6) состоит из системы сит, находящихся в общем ящике: т. н. р о с с е в а *а*, разделительной камеры *б* и вентилятора *в*, при помощи которого в разделительной камере образуется ток воздуха. Камера вертикальными перегородками разделена на участки и в каждый из них поступает из россева смесь из ядра и лузги; смесь эта попадает в струю воздуха и легкие



Фиг. 5.

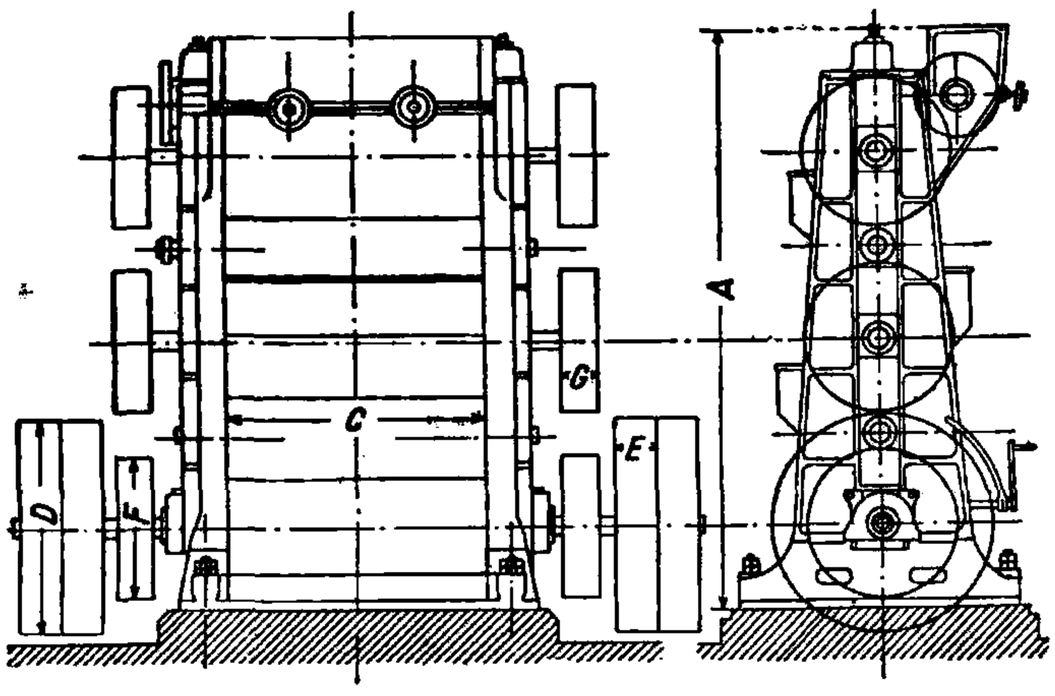


Фиг. 6.

частицы (лузга) относятся дальше, нежели тяжелые (ядро). Как лузга, так и ядро поступают в самостоятельные закрома, из которых выводятся наружу. Производительность вейки составляет около 30 *m* семян в сутки. Отделение ядра от шелухи при переработке хлопковых семян осуществляется посредством просеивания смеси через систему сит.

После очистки от шелухи, причем в ядре всегда остается нек-рое количество шелухи (8—10%), ядро подвергается размолу. На старых з-дах это производилось т. н. фалевкой, или бегунами, но вследствие громоздкости и малой производительности эта машина вышла из употребления и заменена вальцовыми станками. Современ. вальцы (фиг. 7) состоят из пяти чугунных валков, поверхность к-рых очень тверда (закалена особым способом). Размеры валков: диам. 400—450 *мм*, длина 1 060—1 200 *мм*. В самое последнее время строят вальцы с валками диам. 600 *мм*, длиной 1 060 *мм*. Все валки покоятся в станине один над другим. В движение от привода приводится только нижний валок, третий и пятый снизу приводятся от первого, а второй и четвертый от трения о первый, третий и пятый. Производительность нор-

мального вальцового станка (валки 450 × 1 060 *мм*) составляет 40—50 *т* подсолнечных или 20 *т* льняных семян в сутки. Качество (тонкость помола) играет весьма важную роль в экономике маслобойного дела,

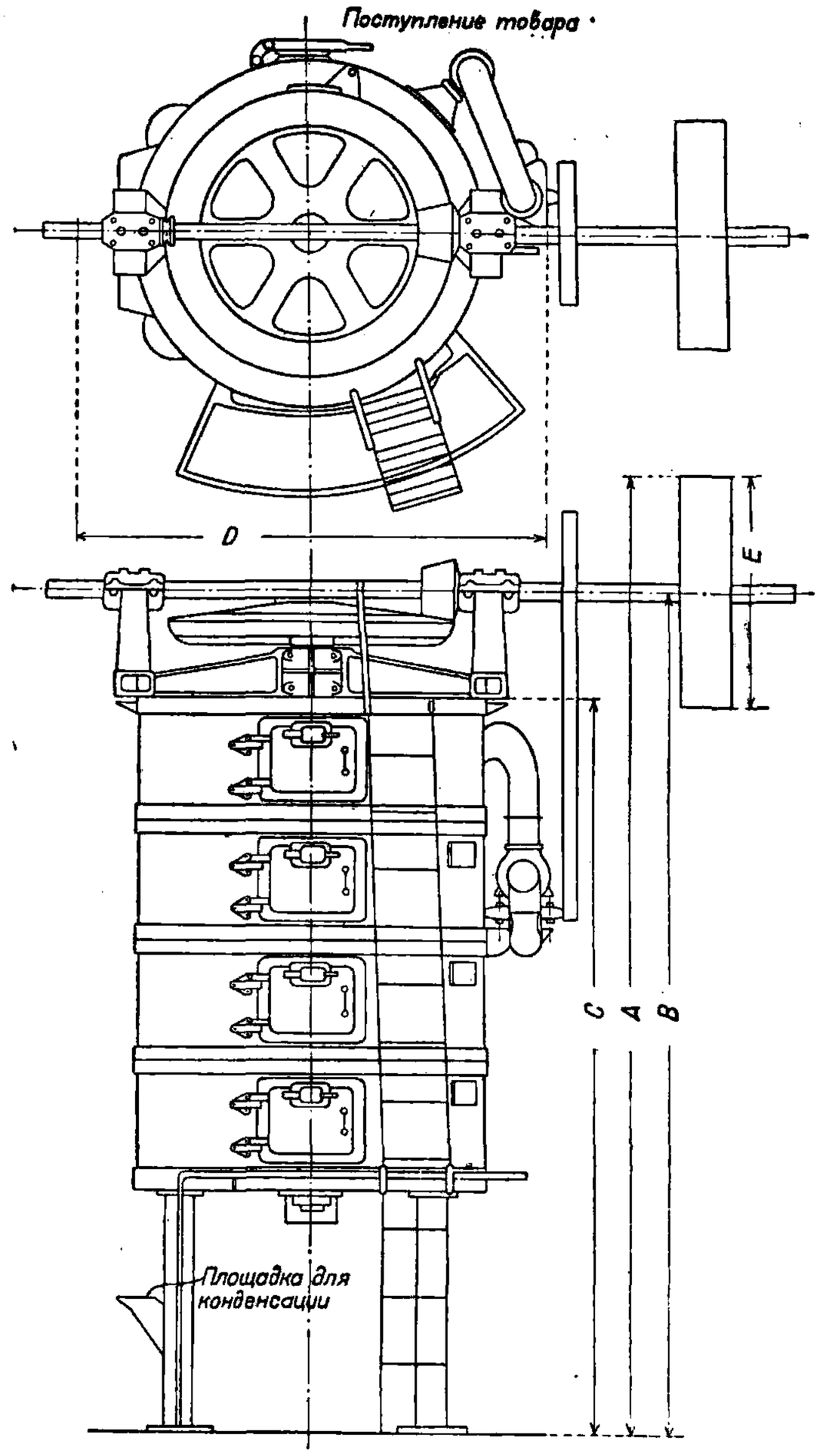


Фиг. 7.

где лишний % выхода масла решает вопрос рентабельности предприятия. Поэтому на работу вальцов, на состояние работающей поверхности д. б. обращено очень серьезное внимание. Наличие запасных хорошо отшлифованных валков, к-рыми м. б. в любой момент заменены старые с износившейся поверхностью, является совершенно необходимым. О материале для валков см. *Вальцовый станок*. Постановка электромагнитных аппаратов над каждым вальцовым станком необходима, т. к. металлич. предметы при прохождении их между валками могут послужить причиной тяжелой аварии вальцов, с одной стороны, а с другой, расплющенные гвозди, проволока особенно опасны при попадании их в жмых, т. к. их острые края и концы наносят при скармливании жмыха серьезные поранения животным.

Если масличную муку подвергнуть прессованию, то выход масла получится незначительный, а процесс прессования осложняется тем, что мука при прессовании расползается. Для того чтобы облегчить выход масла и сделать прессование более удобным и дешевым, муку (м я з г у) подвергают т. н. ж а р е н и ю. Для этой цели служат так наз. ж а р о в н и. Различают два основных типа жаровен: один, в к-ром обогрев осуществляется голым огнем, и другой, когда он производится паром. Первый тип жаровен на современных маслобойных з-дах уже не применяется вследствие огнеопасности и громоздкости. Кроме того масло, получаемое при огневом способе жарения, отличается темным цветом и специфич. запахом. Самая же главная причина—это невозможность применения непрерывности процесса жарения, к чему стремится современная техника и что осуществляется на паровых жаровнях. Жаровня (фиг. 8) состоит из 2, 3, 4, 5, 6, 7 железных двустенных чанов диам. 1 500—2 000 *мм* и высотою 450—700 *мм*. В современных типах чаны располагаются один над другим непосредственно так, что центры их находятся на одной линии, или чаны смещены один против другого в шахматном порядке. Все чаны снабжены мешалками, служащими для энергичного размешивания товара, а также приспособлениями для его увлажнения. Процесс жарения состоит в подогревании товара, его увлажнении и выпаривании избыточной влаги. Под влиянием этих факторов происходят свертывание белков и растительных слизей, заключающихся в семени, разрыв клеток, содержащих масло, и уменьшение вязкости масла, вследствие чего выделение его из поджаренной мязги происходит значительно легче, чем из мязги сырой. Работа жаровни контролируется при помощи самопишущих термометров, манометров, а также указателей уровня товара в жаровнях. В современных машинах перепуск мязги из одного чана в другой осуществляется при помощи приспособлений, действующих или принудительно от специальных механизмов или автоматически. Первым надо отдать преимущество в виду их надежности и простоты. Температура выходящего из жаровни товара 85—110°, влажность 4,5—6,5%. Продолжительность пребывания товара в жаровне 15—20 м.

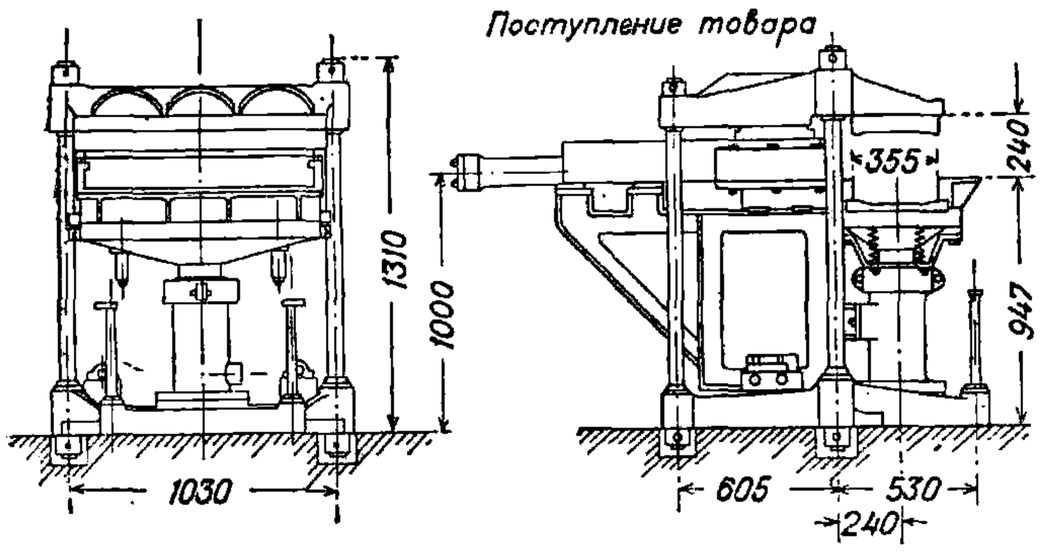
Так как в последнее время для отжатия масла употребляются т. н. открытые англо-американские гидравлич. прессы, то перед закладкой в них жареной мязги последняя



Фиг. 8.

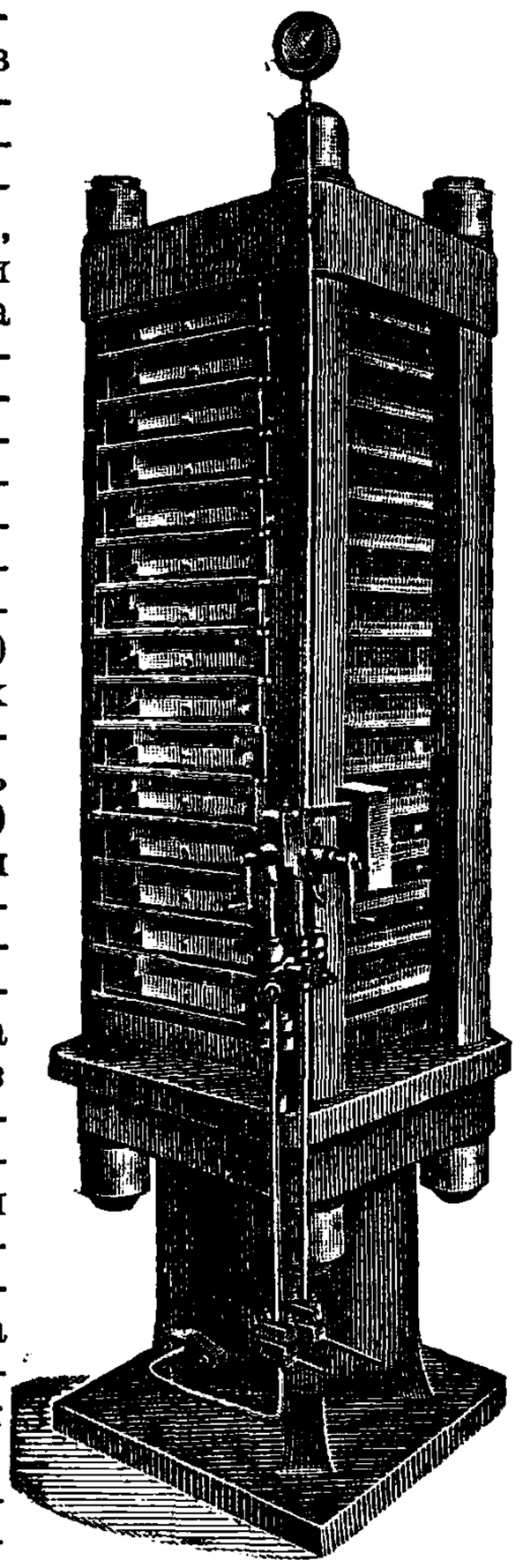
д. б. сформована в пакет, по форме соответствующий форме прессовых плит, между к-рыми помещаются пакеты. Для этой цели употребляются формовочные машины ручные

и автоматические, паровые или гидравлические. Повсеместное распространение получили в настоящее время формовки гидравлические (фиг. 9). Давление жидкости в цилиндре 50 *atm*, работают они от общей напорной системы, обслуживающей и прессы, и только наиболее отсталые в технич. отношении маслобойные заводы применяют для отжима масла прессы, работающие от самостоятельного источника энергии. Сюда д. б. отнесены

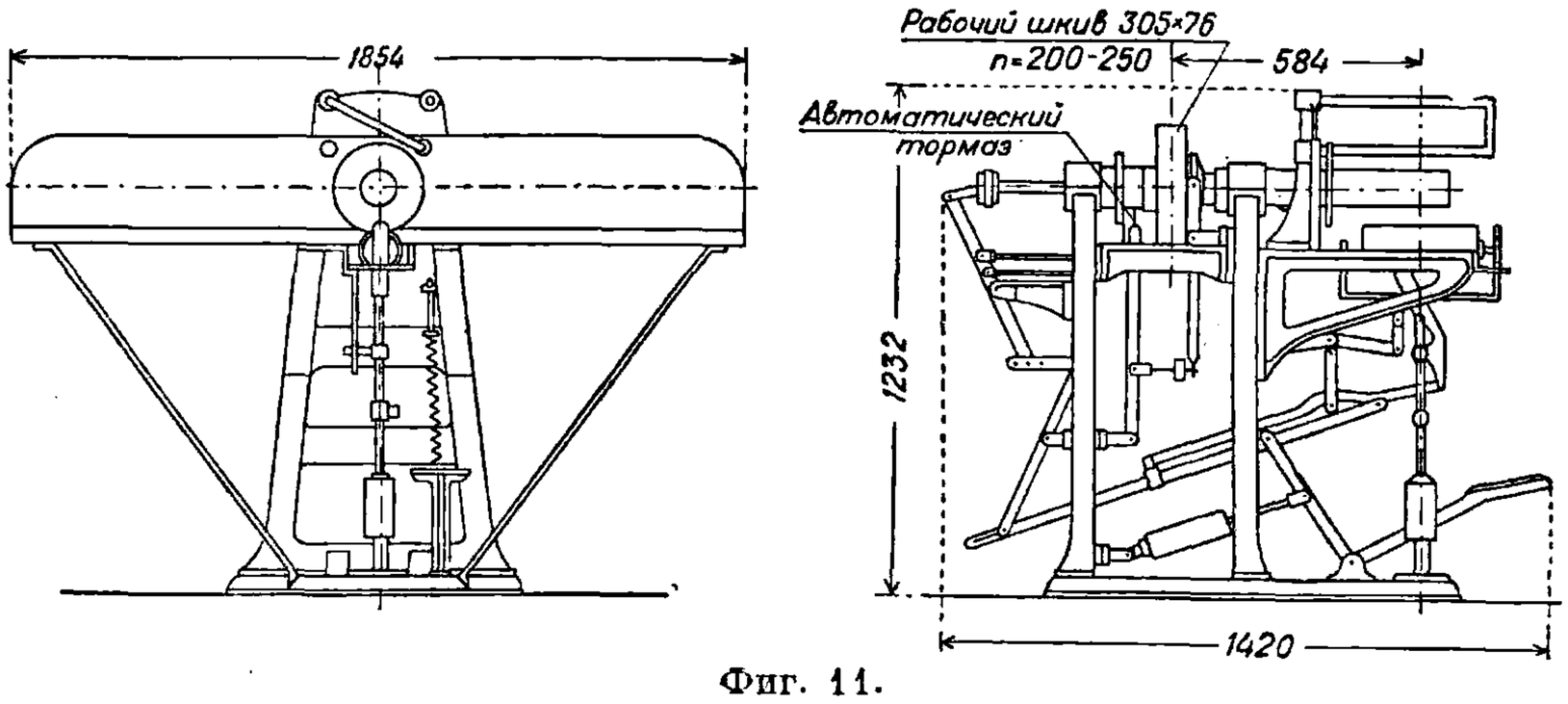


Фиг. 9.

прессы винтовые, клиновые, рычажные. Т. к. с развитием техники являлась необходимость в применении все бо́льших и бо́льших давлений, то были применены гидравлич. прессы, допускавшие весьма высокие давления. Основными применяемыми в настоящее время типами являются *гидравлические прессы* (см.) закрытые и открытые—англо-американские. Давление в цилиндре закрытого пресса д. б. выше, чем у открытого, т. к. трение жмыха о стенки ступ поглощает значительное количество энергии. Вследствие этого давление, применяемое в закрытых прессах типа Кебера (компаунд-прессы), доходит до 600 *atm*, в то время как давление в открытых прессах не превышает 350 *atm*, обычно же составляет 300—320 *atm*. Господствующее положение начинает получать открытый прессс вследствие простоты своего устройства обслуживания и большой эффективности. Остаток масла в жмыхах при работе на открытых прессах на 0,5% ниже, чем при работе на прессах закрытого типа. Производительность открытого пресса нормальной модели (16-плитного) составляет около 10 *m* подсолнечного или 6,5—7,0 *m* льняного семени в сутки. Для переработки хлопкового семени применяются прессы полузакрытые или дренажные (фиг. 10); отличаются они от обычного пресса только конструкцией прокладных плит. В обычных открытых прессах плиты представляют собою стальные пластины с волнистой поверхностью, в то время как у дренажных прессов плиты имеют более сложное устройство. При формовании пакета на формовочной машине он завертывается в шерстяную плотную ткань, т. н. п р е с с о в у ю с а л ф е т к у. Материалом для изготовления салфеток служит верблюжья или овечья шерсть; изредка готовят их так же и из конского волоса. Салфетка служит главным образом дренажной прокладкой для облегчения вытекания масла из жареной мязги. Прессование без применения шерстяных прокладок приводит к значительному увеличению остатка масла в жмыхах. Для создания давления в прессе применяются гидравлические насосы, к-рые работают или непосредственно на пресс или через *аккумуляторы гидравлические* (см.). Насосы применяют обычного поршневого типа и с поршнями, которые дают давления в 50 и 300—320 *atm*. Для закрытых прессов добавляется еще один поршень для давления в 600 *atm*. Аккумуляторы строят для тех же давлений, что и отдельные поршни (скалки) насосов. Подача напорной жидкости в прессы должна производиться постепенно для избежания резких ударов, неблагоприятно отражающихся как на сохранности прессовых салфеток, так и пресса. Медленная подача осуществляется посредством специальных распределителей, работающих автоматически. После того как масло из прессуемого товара перестало выделяться, открывается выпускной кран распределителя, давление в прессе падает до нуля, и под действием тяжести поршня, плит и товара поршень пресса начинает опускаться, вытесняя жидкость (обычно масло тех семян, к-рые перерабатываются) в резервуар гидравлич. насоса. Обезжиренный товар в виде жмыха вынимается из пресса, салфетка снимается вручную или при помощи специальной машины—с а л ф е т к о с н и м а т е л я (фиг. 11). Жмыхи из закрытых прессов выходят с ров-

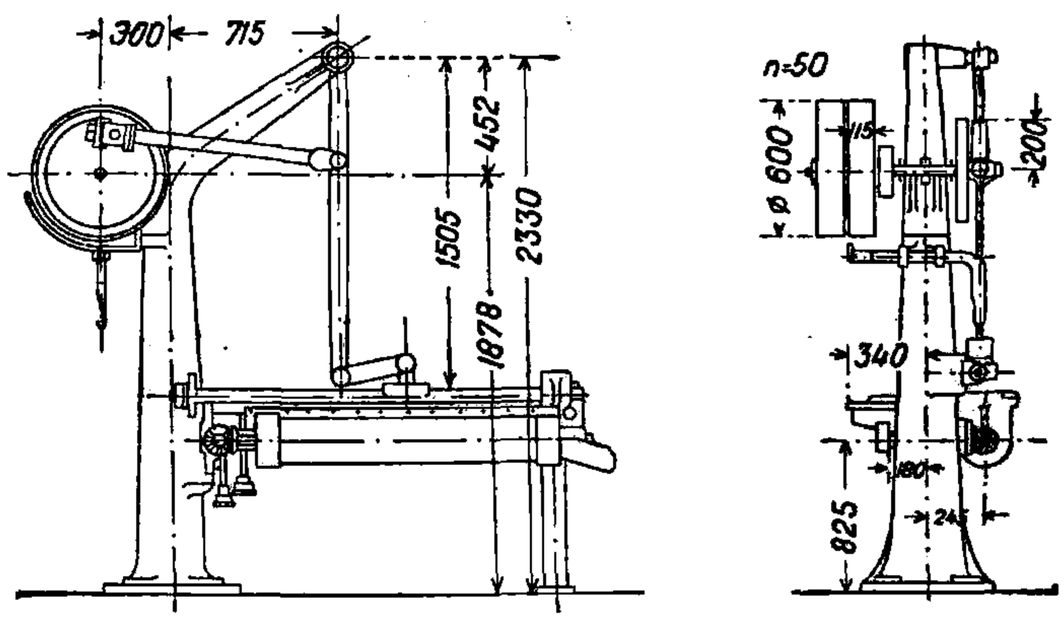


Фиг. 10.



Фиг. 11.

ными и маломасличными краями и являются готовым продуктом. Жмыхи же из открытых или дренажных прессов получаются с неровными, осыпающимися краями (в последнем случае только с торцов). В обоих случаях для получения окончательного вида их подвергают обрезке на специальных машинах — ж м ы х о о б р е з а л к а х (фиг. 12) и только после этого отправляют на склад для хранения. Обрезки жмыха, содержащие значительное количество масла, подвергаются измельчению и поступают обратно в жаровню вместе со свежим товаром. Закрытые прессы хороши тем, что не дают обрезков, благодаря чему отпадает необходимость в повторной переработке довольно значительного количества товара (обрезков



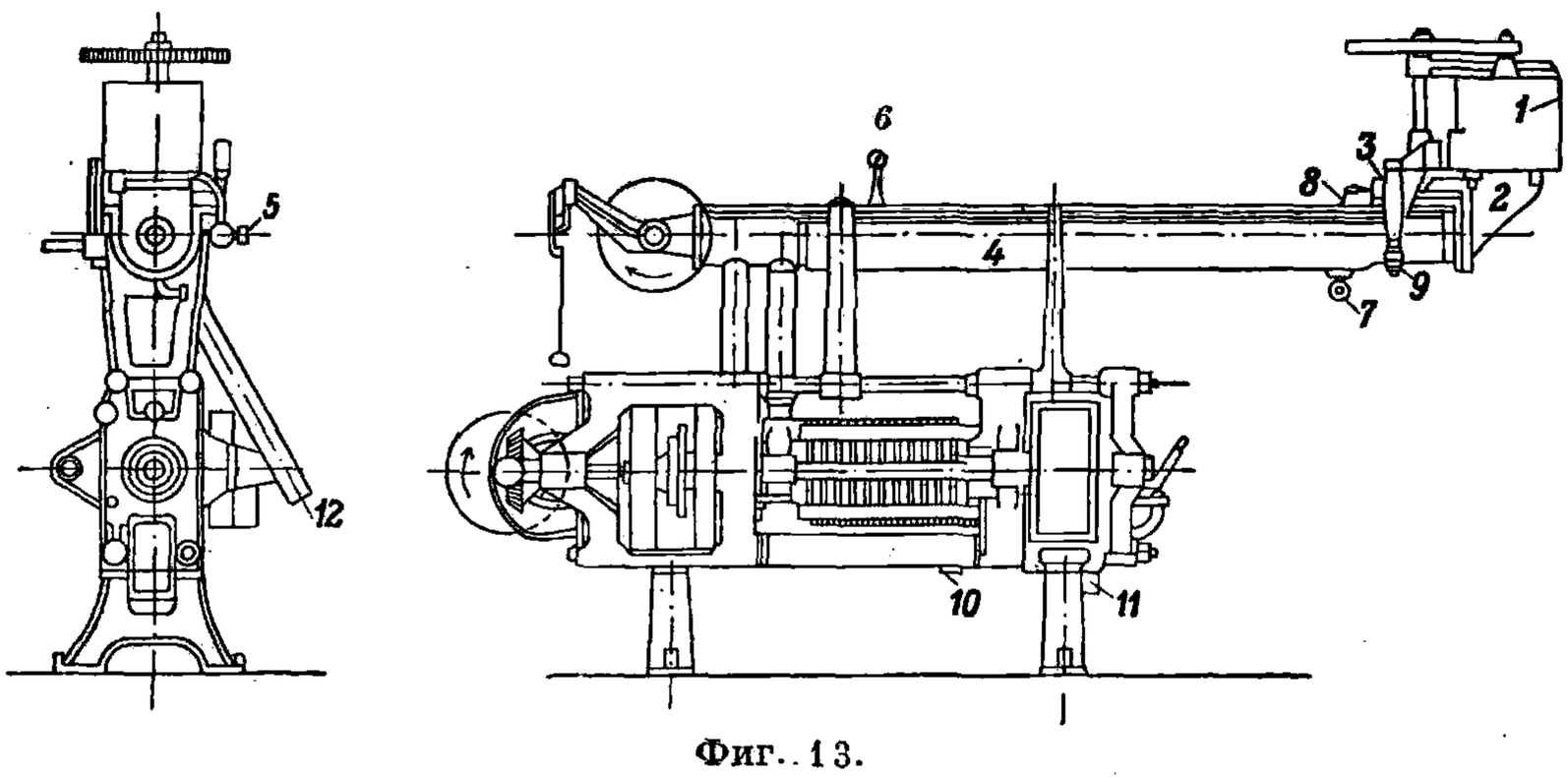
Фиг. 12.

с открытых прессов в среднем бывает около 20%, а при небрежной или неумелой работе и больше), что несомненно отражается на качестве масла. Вытекающее из прессов масло собирается в специальные баки, где оно подвергается предварительному отстою от грубых примесей, увлеченных потоком масла при выпрессовывании. Из сборных баков масло переливается специальными насосами в маслохранилища, где оно окончательно отстаивается. Т. к. для полного отстаивания масла требуется значительное время, а следовательно большое количество баков, то для ускорения очистки масло подвергают фильтрованию через хлопчатобумажную плотную ткань на фильтр-прессах. Более высокого качества масло получится, если его подвергнуть вторичной фильтровке по крайней мере спустя 4—6 дней после первой фильтровки. Обычно после этой операции масло поступает в продажу. Масло, получаемое из испорченных семян, не может быть употребляемо в пищу без специальной обработки— так наз. р а ф и н а ц и и. К этой операции приходится прибегать также и в тех случаях, когда масло бывает окрашено в темный цвет и содержит большое количество смолистых веществ, делающих его для нпотребления в пищу негодным (хлопковое масло). Вообще же надо принять, что почти все масла при употреблении их в пищу в натуральном виде д. б. тщательно рафинированы.

Применение растительных масел чрезвычайно разнообразно. Большинство из них применяется в пищу в натуральном виде. В последнее время чрезвычайно широкое развитие получила гидрогенизация жидких масел. *Гидрогенизация жиров* (см.), т. е. превращение жидких масел в твердое или полутвердое состояние присоединением к ним водорода в присутствии катализатора, еще более усилило значение растительных масел и ворвани, так как позволило развернуть маргариновую промышленность на основе растительных масел. Некоторые масла (льняное, конопляное и друг.) служат для приготовления олиф и лаков и все попытки найти суррогаты этих масел успехом до сих пор не увенчались. *Касторовое масло* (см.) является первоклассным смазочным материалом, особенно для авиационных двигателей. В мыловарении животные жиры вытесняются, а у нас в Союзе уже вытеснены растительными маслами как в жидком, так и отвержденном состоянии. Не менее велико в народном хозяйстве значение и второго продукта—*жмыхов* (см.). Как масличные семена, так и продукты переработки служат предметом международной торговли в весьма обширных размерах.

Все расширяющееся потребление растительных масел заставляет искать, с одной стороны, новые виды масличного сырья, с другой,—рационализировать производство так, чтобы добиться получения бо́льших выходов. Уже давно были сделаны попытки заменить прессовый метод получения масел методом экстрагирования их каким-либо растворителем. В последнее время метод экстрагирования получает весьма широкое распространение при получении самых разнообразных масел и жиров. Однако и прессовый способ удерживается весьма упорно, и в данное время наметились такие мероприятия, к-рые должны увеличить эффективность маслобойных з-дов в весьма значительной степени. Это тем более важно, что первоначальные затраты на постройку маслобойных з-дов не больше затрат на экстракционные заводы (см. *Маслоэкстракционное производство*); то же относится и к стоимости переработки 1 *т* сырья. Как уже было указано выше, на размер выхода масла большое влияние оказывает степень тонкости помола: чем помол тоньше, тем масла получится больше. До сих пор на маслобойн. з-дах размол семени осуществлялся в один проход через вальцовый станок. Для получения более тонкого помола размеры валков все более и более увеличивали и в настоящее время изготовляются вальцы с валками длиной до 1 500 *мм* и диаметром до 600 *мм*. В самое последнее время испытан т. н. д в о й н о й п о м о л, получающийся в результате последовательного пропуска семян через 2 вальцовых станка. Проведенные опыты говорят за то, что этим путем удастся сильно поднять выход масла. Довольно значительное количество видов масличного сырья содержит масла от 40—50% и выше. Семена с особо высокой масличностью давно уже перерабатываются методом двойного прессования, но при переработке массовых видов семян (подсолнечник, хлопчатник, лен, конопля) этот метод до сих пор не применялся. На основании работ, проведенных в Германии С. С. Ильиным по применению двойного прессования подсолнечника, можно сделать заключение, что потери масла будут ниже, нежели при переработке их обычным способом. В ближайшее время двойное прессование будет окончательно испытано и в случае подтверждения

данных предварительных работ оно будет в широких размерах применено на вновь строящихся заводах СССР. Немаловажную роль в деле увеличения эффективности работы маслобойного з-да имеет и введение принципа медленного подъема давления в цилиндре гидравлич. пресса. Подъем давления от 0 до 300—350 *atm* обычно производился на протяжении 2—3 мин. Теперь доказано, что лучшие результаты получаются, если этот промежуток времени увеличить до 8—10 мин. Для этой цели сконструированы специальные приборы-автоматы, допускающие плавную и длительную подачу напорной жидкости в рабочий цилиндр пресса. До момента поступления молотого семени в жаровню все процессы протекают непрерывно; в последнее время начали применять непрерывно действующие жаровни, однако сделать работу гидравлич. прессов непрерывной до сих пор еще не удалось. Т. к. применение



Фиг. 13.

метода непрерывного потока в М. п. сулило очень большие выгоды, то делались и делаются попытки разрешить эту проблему и ввести в работу непрерывно действующие прессы. При разрешении этой задачи пришлось отказаться от применения гидравлич. прессов и заменить их машинами, работающими от привода. Наиболее удачной и нашедшей довольно значительное распространение является конструкция шнековых прессов, *предложенная Андерсеном*. На фиг. 13 изображен пресс Андерсена, где *1*—прием товара; *2*—питательный резервуар; *3*—поступление товара; *4*—нагревательный шнек; *5*—впуск пара; *6*—манометр; *7*—выпуск пара; *8*—паровой впрыск; *9*—выпуск воздуха; *10*—выпуск масла; *11*—выпуск жмыха; *12*—выпуск излишнего товара. Недостаток пресса в малой производительности и относительной сложности устройства. В последнее время строящие эти машины фирмы выпустили прессы большой мощности (до 40 *m* в сутки), значительно улучшив и упростив первоначальную конструкцию. Однако нельзя еще сказать, чтобы имелись серьезные виды на вытеснение этими последними гидравлических прессов, особенно открытых англо-американских.

Лит.: Иванов С., Учение о растит. маслах, М., 1925; Таланцев В., Технология жиров и масел, ч. 1, М., 1925; Handb. d. Chemie u. Technologie d. Öle u. Fette, hrsg. v. L. Ubbelohde u. F. Goldschmidt, 2 Aufl., B. 1, Lpz., 1929; ibid., 2 Aufl., B. 4, Lpz., 1926; Technologie d. Fette u. Öle, hrsg. v. G. Hefter, B., 1921; Holde D., Untersuchungen d. Kohlenwasserstofföle u. Fette, 6 Aufl., B., 1924; Fahrion W., Chemie d. trocknenden Öle, 2 Aufl., B., 1911; Bauer K., Chemische Technologie d. Fette u. Öle, B., 1928; Bauer K., Die trocknenden Öle, Stg., 1928; Glikin W., Chemie d. Fette, Lipoide u. Wachsarten, B. 1—2, B., 1912—13; Lewkowitsch J., Chemical Technology a. Analysis of Oils, Fats a. Waxes, *6 ed., v. 1—3, London, 1921—23*; Bolton E. R. a. Pelly R. C., Oils, Fats, Waxes a. Resins, L., 1924; Fritsch J., Fabrication et raffinage des huiles végétales, P., 1905; Thalmann F., Die Fette, Öle u. Wachsarten, ihre Gewinnung u. Eigenschaften, 4 Aufl., Wien—Leipzig, 1922; Löffl K., Technologie d. Fette u. Öle, Braunschweig, 1926; Grün A., Analyse d. Fette u. Wachse, sowie die Erzeugnisse d. Fettindustrie, B. 1, Methoden, Berlin, 1925; Marcusson J., Die Untersuchung d. Öle u. Fette, Laboratoriumsbücher f. d. chemische u. verwandten Industrien, herausgegeben v. M. Wohlgemuth, 3 Aufl., B. 14, Halle a/S., 1926; Dawidsohn J., Untersuchungsmethoden d. Öle, Fette u. Seifen, Berlin, 1926; Dubowitz H., Chemische Betriebskontrolle in d. Fettindustrie, Berlin, 1925.

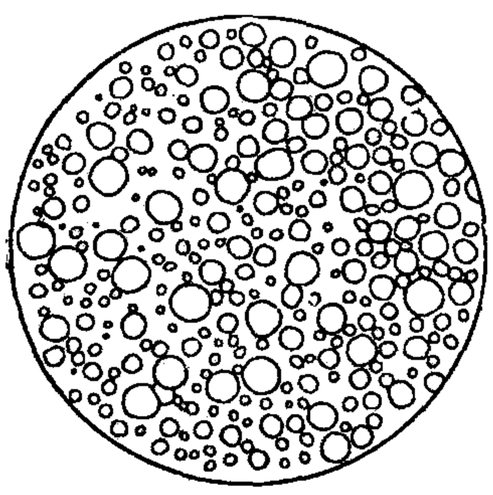
М. Бочаров.

МАСЛОДЕЛИЕ, выработка коровьего масла из молока или сливок посредством сбивания. Молоко содержит молочный жир в виде мельчайших шариков различных размеров, в среднем в 2—3 μ, т. е., иначе говоря, в молоке мы имеем типичную *эмульсию* (см.), где молочный жир находится в крайне мелко раздробленном и притом в переохлажденном виде. Вследствие такого состояния жировые шарики, свободно плавающие в серозной жидкости молока, имея уд. вес, меньший чем окружающая среда, поднимаются к поверхности, образуют *плотный жирный слой*, или сливки, но между собою не сливаются, а остаются в виде тех же свободных шариков. Для того чтобы жировые шарики собрать и соединить в плотную массу—в масло, необходимо нек-рое механич. воздействие, или, как говорят, сбивание их; это последнее, выводя жировые шарики из переохлажденного состояния, делает их способными слипаться между собою и образовывать масло. Но сбивать молоко экономически невыгодно; гораздо меньше требует труда и экономически выгоднее отделять от молока сливки и сбивать их в масло, иначе говоря, сбивать в 5 — 6 раз меньший объем жидкости. Кроме того после отделения сливок получается тощее молоко, которое имеет обширное применение: как непосредственная пища людям и молодым животным, для приготовления тощей простокваши, пищевого творога и *казеина* (см.).

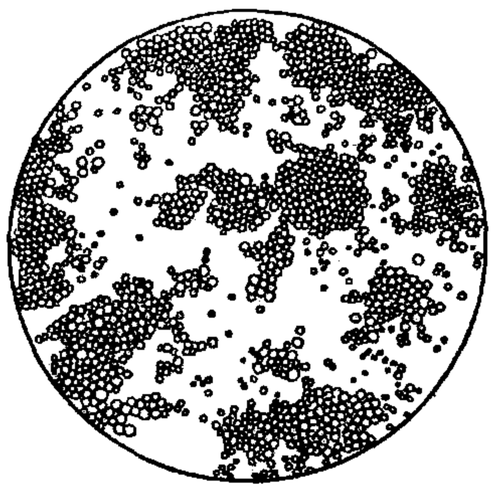
Для М. требуется: 1) предварительное отделение сливок, 2) сбивание в маслобойке, 3) отжим или обработка, имеющая целью удаление из масла излишней влаги, 4) посолка, если требуется соленое масло, 5) формовка или набивание в бочки или ящики, 6) кроме того так наз. кислосливочные масла требуют предварительного заквашивания сливок до известной степени.

Сливкоотделение может производиться либо отстаиванием либо центробежными машинами. Во всех странах с первобытной формой сел. х-ва сливки отстаива-

лись в различной величины и формы сосудах: в глиняных горшках, крынках, лоханках, металлич. (внутри крашеных) тазах, в металлич. луженых ушатах и лоханках и т. п. Все эти способы в настоящее время окончательно отходят в историю и уступают место машинному сливкоотделению, т. к. последнее технически совершеннее и экономически выгоднее. Техническое преимущество видно из следующего сравнения: при отстаивании сливок в горшках, в среднем за зиму и лето, в снятом молоке остается неиспользованным 1% жира, следовательно при ~4% содержания жира в молоке—$^1/_4$-я часть не используется для М.; при отделении сливок лучшим способом отстаивания в металлич. ушатах в ледяной воде (система Шварца) в снятом молоке остается 0,6% жира, или $^1/_7$ часть всего жира молока; при отделении же сливок посредством центробежной машины—*сепаратора* (см.)—в тощем молоке теряется ~0,1%, т. е. $^1/_{40}$ часть всего жира. Экономич. выгодность машинного сливкоотделения вытекает из следующего: средний маслозавод, перерабатывающий 3 000 *ц* молока в год, при отстаивании в крынках в тощем молоке не добирает 30 *ц* жира (или ок. 34 *ц* масла), при отстаивании в шварцевских ушатах—18 *ц* жира (или ок. 20,5 *ц* масла); при отделении же сливок сепаратором теряется лишь 3 *ц* жира (или 3,4 *ц* масла). Этой значительной экономией жира сепаратор в несколько месяцев окупает всю свою стоимость. Кроме



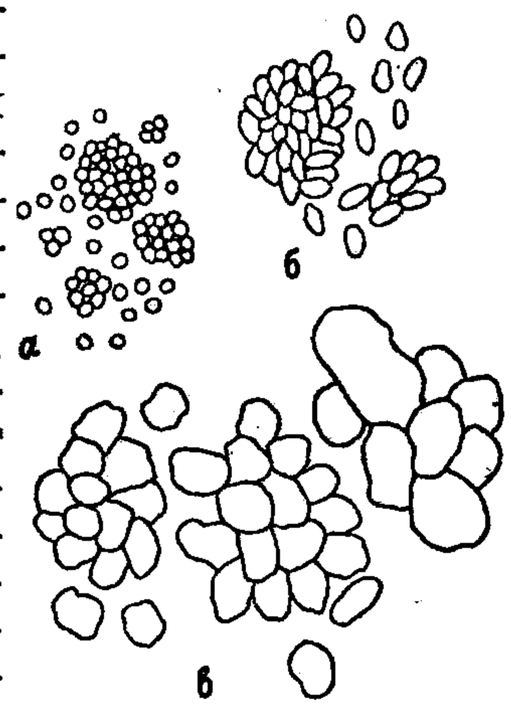
Фиг. 1.



Фиг. 2.

сказанного центробежное сливкоотделение имеет еще ряд преимуществ: оно значительно ускоряет получение сливок, дает более свежие сливки и тощее молоко, требует значительно меньше места в молочной и дает возможность получения сливок любой ж и р н о с т и в зависимости от спроса. Сливки для сбивания масла должны иметь определенную густоту, жирность (% содержания жира), наиболее благоприятную для получения лучшего качества масла и наибольшего его выхода. При очень густых сливках в маслобойке накапливается слишком много масла; частицы масла вследствие этого претерпевают трение между собою и о стенки маслобойки и портятся, дают з а с а л е н н о е, невысококачественное масло, низко оцениваемое на рынке. Слишком жидкие сливки занимают большой объем, требуя излишней работы по сбиванию. И в том и в другом случае выход масла страдает. Опытом найдена наиболее благоприятная густота, или жирность, сливок для М.—содержание в них жира должно быть 20—25%.

П р о ц е с с с б и в а н и я м а с л а есть процесс постепенного собирания жировых шариков в группы. Жировые шарики в сливках представляют ту же картину, что и в молоке, т. е. свободно плавающие капли жира (фиг. 1), но лишь более густо расположенные. Для того чтобы соединить эти шарики, требуется механич. действие на них, удары; эти последние и производятся маслобойками: жировые шарики от действия ударов, выходя из переохлажденного состояния и получая шероховатую поверхность, начинают слипаться по 2, по 4 и т. д. и образовывать все бóльшие и бóльшие группы, пока не дойдут до нужной величины, когда масло считается уже готовым (фиг. 2). В процессе сбивания масла различают следующие стадии: а) момент, когда становятся видимыми на стенках и на крышке маслобойки мелкие пятна, называемый началом сбивания; он начинается минут через 20—25 после начала вращения маслобойки; б) в дальнейшем эти пятна становятся все крупней и крупней и вскоре доходят до величины макового зерна; в) когда зерна становятся величиною с просяное зерно, сбивание считается законченным. Если этот момент не упустить, получается ровное однообразное масляное зерно, совершенно шарообразное и видом напоминающее (фиг. 3а) вареную пшенную кашу;



Фиг. 3.

в противном случае масляные зерна быстро растут и, не выдерживая ударов жидкости, сплющиваются, становятся удлиненными (фиг. 3б); после того они делаются еще более крупными (фиг. 3в) и наконец сбиваются в ком. Масло, зерна которого крупнее просяного зерна, называется п е р е б и т ы м. Для получения вполне доброкачественного—вкусного, ароматного, ценимого на рынке, прочного масла, важно обеспечить однородное, правильно шарообразное зерно. Для этого минут через 20 от начала сбивания через каждые 3—5 минут проверяют содержимое маслобойки и, заметив момент образования видимых на-глаз зернышек, тотчас же, при помощи холодной воды или остуженного снятого молока, охлаждают содержимое маслобойки градуса на 2 ниже первоначальной $t°$. Такое охлаждение имеет большое значение для правильного образования зерна и высокого качества масла. Если во-время не охладить маслобойку, то очень легко п е р е б и т ь масло. Нормально сбитое масло отличается доброкачественностью. Если сбивать масло лишь до образования зерна не крупнее макового зерна, то такое н е д о б и т о е масло хотя и будет вкусным и ароматичным, но, содержа в себе много пахты, будет непрочно, а при резании будет крошиться, что потребителем бракуется.

О к р а с к а масла производится еще в сливках. Для этой цели употребляют специальную краску, приготовляемую из аннато, добываемого из семян бразилианского растения Bixa orellana (сем. Bixaceae) с небольшой прибавкой куркумы. Анилиновые

и другие краски не допускаются и законом запрещены. Летнее масло не подкрашивают, т. к. оно имеет естественный соломенно-желтый цвет; зимнее масло—белое, и т. к. рынок (как наш, так и английский) требует весь год одинаковый товар, то приходится обращаться к краске. Германский рынок нетребователен к окраске зимнего масла. Т. к. цвет зимнего масла зависит от корма, то твердых норм для краски установить невозможно: при сухом корме (сено, солома) масло получается белое, при добавке сильных кормов оно слегка окрашено, при употреблении силоса и в особенности корнеплодов—желтоватое. Количество краски в *см*³ рассчитывают по количеству молока, с к-рого сняты сливки, и вливают в маслобойку перед началом работы.

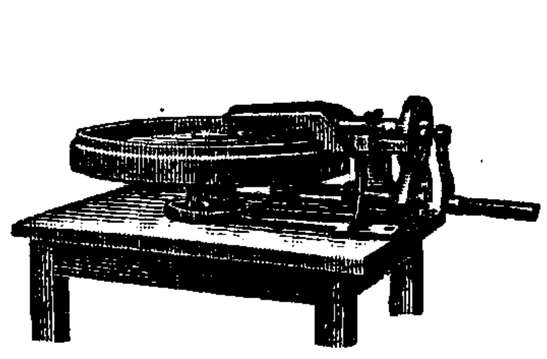
Подготовка маслобойки к работе имеет важное значение: если сливки влить в сухую маслобойку, то масло пристанет к стенкам, размажется, засалится, и получится совершенно негодный рыночный товар. Подготовка заключается в том, что в маслобойку вливают горячую воду и вращают с минуту; от горячей воды стенки маслобойки расширяются и вытесняют из своих пор воздух. Затем, вылив горячую, наливают холодную (ледяную) воду и вращают минуты 2—3; после такой подготовки получается гладкая влажная поверхность маслобойки, к к-рой масло уже не пристает.

Ход сбивания масла таков: в подготовленную маслобойку вливают (через цедилку) сливки, прибавляют (если нужно) краску, плотно закрывают крышку и начинают вращение. При этом сливки разбиваются в пену и выделяют растворенный в них воздух и газы, которых накапливается так много, что они могут выбросить пробку (для спускания пахты) или выдавить наблюдательное стекло; чтобы предупредить это, минуты через 2 после начала вращения останавливают маслобойку, поворачивают ее пробкой кверху и вынимают эту последнюю, причем газы оттуда вырываются с шумом. Закрывши вновь, вращают минуты 3 и вновь открывают пробку, после чего работа продолжается уже до конца.

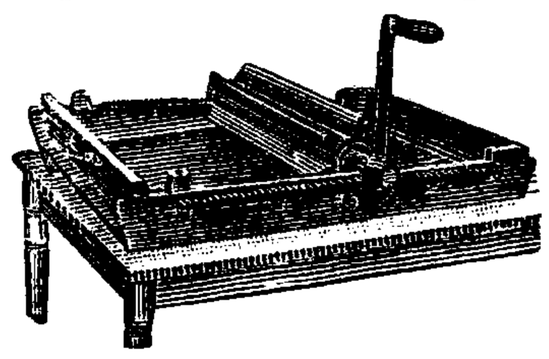
Промывка масла. Когда масло готово, открывают крышку маслобойки и, держа ее наклонно, смывают с нее чистой холодной водой в маслобойку приставшие зерна масла; при этом поливают также и стенки маслобойки. Затем, подставив под пробку ведро, на к-ром установлена цедилка, открывают пробку и выпускают пахтанье (пахту). Пробку закрывают; попавшие в цедилку во время спуска пахты масляные зерна вытряхивают обратно в маслобойку, наливают в нее (столько, сколько слито пахты) холодной воды для промывки масла, крышку маслобойки закрывают и маслобойку приводят во вращение; при этом каждое масляное зерно обмывается начисто. Можно ограничиться одной промывкой, можно и повторить ее: чем меньше промывать, тем больше сохранится аромат масла, но зато оно будет менее прочно; поэтому рекомендуют промывать зимою 1 раз, а летом 2 раза. Само собою разумеется, что вода д. б. безукоризненно чиста. При отсутствии вполне доброкачественной воды следует промывать пастеризованным сепарированным молоком (т. е. сильно нагретым, до 85—90°, и затем охлажденным).

Скорость вращения маслобойки имеет свою норму для каждой системы; напр. для маслобойки марки «Виктория»—ок. 50—60 об/м.; если вращать медленнее, то сливки просто переливаются в маслобойке, не претерпевая ударов, без к-рых сбивание происходить не может. Если вращать слишком быстро, то сливки вследствие центробежной силы прижимаются к днищам маслобойки и, оставаясь неподвижными, не падая и не претерпевая ударов, не сбиваются.

Обработка или отжим масла имеет целью освободить его от излишней влаги, что необходимо как для получения вкусовых качеств, так и для придания маслу большей прочности. Само собою разумеется, что как маслообработник, так и рубчатые бруски и валики, а также лопаточки, одним словом все, что приходит в соприкосновение с маслом, д. б. предварительно ошпарено горячей водой, затем остужено ледяной водой; иначе масло будет приставать и салиться. Обработка должна производиться так, чтобы при работе масло лишь сдавливалось для выжимания из него воды, но ни в коем случае не растиралось. Поэтому при покупке отжималок или маслообработников (фиг. 4 и 5) следует выбирать такие, которые



Фиг. 4.



Фиг. 5.

по своей конструкции устраняли бы возможность растирания, т. е. засаливания. В крупном производстве (кооперативном, колхозном, совхозном хозяйствах) употребляют круглые, вращающиеся маслообработники датской или лефельдовской системы. Масло в зерне, положенное на стол, при вращении подходит под рубчатый вал, сдавливается и проходит дальше; маслодел при помощи лопаточек вновь свертывает вальком пласт масла и подкладывает под вал; это повторяют, пока масло не окажется вполне готовым. Для сладких масел м. б. употреблен и центробежный обработник или маслообсушитель, где вода, находящаяся между масляными зернами, положенными во вращающийся решетчатый барабан, вследствие центробежной силы отбрасывается на стенки и оттуда выбрасывается вон. Здесь освобождение масляных зерен от находящейся между ними воды происходит идеально, но этот аппарат применим только для сладких несоленых масел, так как соленое (уже сдавленное) масло центрифугированием освободить от воды нельзя. Для мелкого производства употребляют простые маслообработники, где масло промытое отжимается подниманием и опусканием бруса, имеющего снизу продольные бороздки. Отжим начинают с середины, подвигаясь к краям; затем при помощи лопаточек пласт масла свертывают трубочкой, кладут опять на середину и вновь отжимают,

что повторяется раз 8—12. Готовность масла определяется по разрезу куска масла деревянной лопаточкой: если разрез ровный, плотный и на поверхности выделяются р о с и н к и (мелкие капли воды), то обработка готова; если выступают крупные капли—масло еще недоработано; если же разрез совершенно сухой или дает очень мелкие капли-росинки, то такое масло переработано, или обсалено.

П о с о л к а м а с л а. Зимою делают обыкновенно сладкое, несоленое масло. Начиная с марта—апреля, в сильный раздой коров, когда на маслозаводы поступают большие партии молока, а условия хранения становятся труднее, начинают масло подсаливать; в летний сезон преимущественно делают соленое масло. Содержание соли в масле колеблется от $^1/_2$ до 5% для внутреннего рынка, для экспорта же допускается лишь до 2—2,5%. Масло солят в неотжатом виде: вынутое из маслобойки масло, положенное на маслообработник, отжимают раза два лишь для того, чтобы соединить между собою масляные зерна. После второго отжима масло посыпают точно отвешенным количеством соли, свертывают его вальком и отжимают еще раза два, чтобы соль смешать и равномерно распределить по всей массе масла. Затем куски масла откладывают в корытце, прикрывая миткалем, и оставляют на несколько часов, в течение к-рых соль растворяется. Затем куски окончательно отжимают и набивают в боченок; при этом отжимают не отдельными кусками, а отрезают от каждого куска по ломтику и отжимают вместе для получения более равномерной массы по вкусу и цвету. Это обычный способ посолки; но практикуется и другой—шведский способ, имеющий своих сторонников: масло солят, как обычно, на маслообработнике, затем отжимают до нормальной сухости и сразу же набивают в боченок. Для шведского способа зерна (кристаллы) соли д. б. мельче, чем для обычного, иначе крупные кристаллы, оставаясь нерастворенными во время обработки, впоследствии дадут пятнистое масло.

В и д ы м а с е л. Масла разделяются на с л и в о ч н о е с л а д к о е, с л и в о ч н о е с о л е н о е, п а р и ж с к о е, п а р и ж с к о е с о л е н о е, г о л ш т и н с к о е, или э к с п о р т н о е. Сладкое сливочное масло приготовляется из сырых сладких (неквашеных) сливок; *сливочное соленое*—то же масло, но посоленное; парижское—масло, приготовленное из сладких сливок, нагретых до $t°$ 87—90° (иногда и выше) и вновь остуженных; парижское соленое—то же масло, но посоленное; голштинское, или экспортное, масло приготовляется из сливок, предварительно заквашенных до известной степени кислотности. Способ приготовления п а р и ж с к о г о масла выработан в СССР (название—случайного происхождения). Сливки для этого масла нагревают в горячей воде при непрерывном помешивании мутовкой так, чтобы нижние слои поднимались кверху. Температура нагревания зависит от требования рынка; дело в том, что чем выше нагревать сливки, тем сильнее проявляется в масле характерный аромат топленых сливок; но не все рынки требуют от масла одинаковой степени аромата: московский напр. рынок всегда требовал более сильного аромата, чем ленинградский. Поэтому, смотря по требованию потребителей, допускается и соответственная $t°$. После нагревания сливки вновь охлаждают (при продолжающемся помешивании), затем их выдерживают несколько часов на леднике и после охлаждения пускают в сбойку. Во всем остальном техника та же, лишь с одним отличием: для очень близкого рынка парижское масло можно вовсе не промывать, для более долгого хранения (не больше 2—3 недель) промывают лишь раз и то предпочтительно пастеризованным, тощим, остуженным молоком. Приготовление г о л ш т и н с к о г о, или э к с п о р т н о г о, масла из квашеных сливок имеет целью придание маслу определенного аромата и прочности. Заквашивание сливок прежде делалось при помощи вполне удавшейся простокваши, затем при помощи тех же квашеных сливок. В настоящее время его производят чистыми культурами молочнокислых бактерий, выпускаемыми специальными лабораториями. Закисание доводится не до состояния сметаны, а лишь до известной степени кислотности. Во всем остальном—в сбивании, промывании, посоле и обработке—приготовление этого масла ничем не отличается от приготовления сливочного соленого.

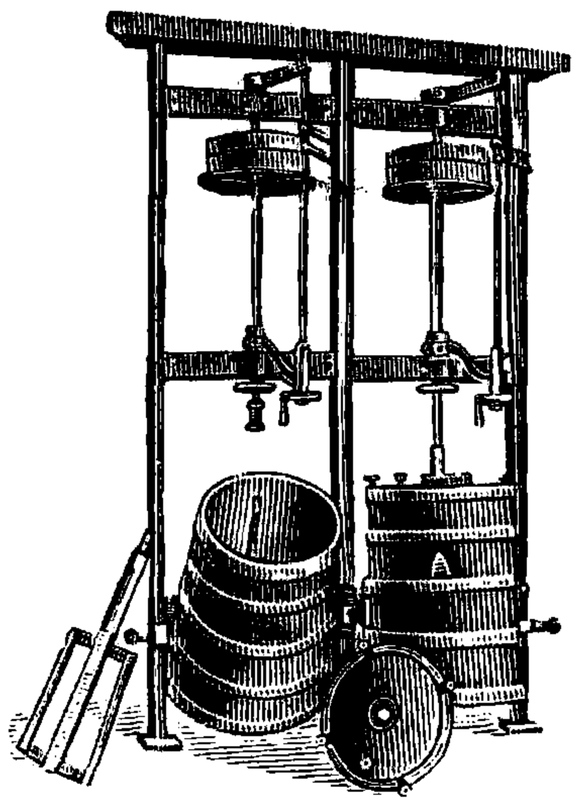
Ф о р м о в к а и у п а к о в к а м а с л а. Сладкое сливочное и парижское масло в продажу выпускают в четырехгранных формах; брусками в 2, 5, 10 *кг*, завернутыми в пергамент и упакованными в ящики по 4—8 брусков и больше в каждом. Для мелкой городской продажи делаются круглые и четырехгранные формы от $^1/_2$ и до 1 *кг* веса. Соленые масла упаковывают в бочки емкостью в $^1/_2$ *ц* (50 *кг*) или в куб. ящики в $^1/_4$ *ц*; для внутреннего рынка употребляются ольховые, а для экспорта буковые бочки. Начинают входить в употребление также кубич. ящики в 25 *кг* емкости, которые лондонский рынок требует для мелкой торговли; они удобны в смысле разрезания масла на правильные четырехгранные куски.

М а с л о б о й к и. Существует много систем маслобоек, но из них лишь нек-рые признаны вполне пригодными. Маслобойка д. б. дешева, проста в своем устройстве, в особенности внутреннем, легка в ходу, иметь *большое входное отверстие для мытья*, всяких работ и проветривания. Из всех встречающихся в настоящее время типов маслобоек особенное распространение получили 3 типа. 1) Маслобойка марки «Виктория» (фиг. 6) для небольших заводов с ручным производством представляет собой пустую бочку, вращающуюся в станке вокруг горизонтальной оси; крышкой здесь служит целое открывающееся днище, дающее широкое отверстие, удобное для всех работ: вынимания масла из маслобойки, мытья ее, проветривания, а следовательно содержания в чистоте—первое условие приготовления доброкачественных молочных продуктов.

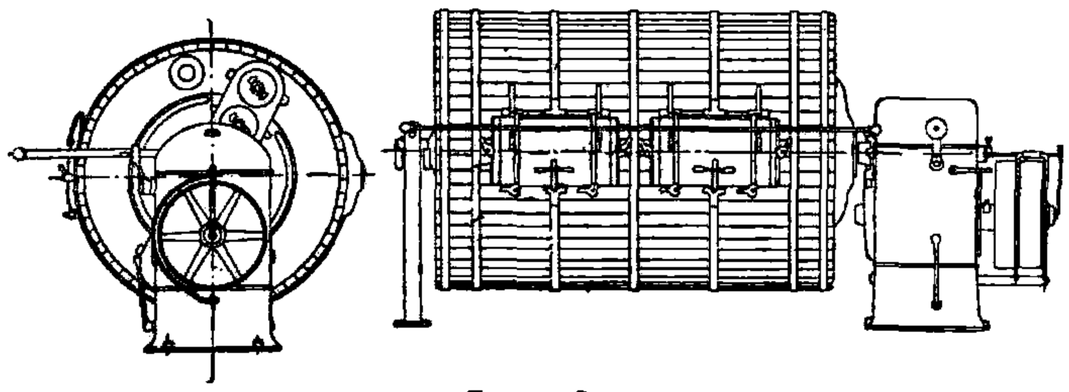


Фиг. 6.

2) В голштинской вертикальной маслобойке (фиг. 7) кадка сама не вращается, но имеет внутри вращающийся вертикальный вал, к к-рому приделана рама, захватывающая и бьющая находящиеся внутри сливки. В работе эта маслобойка удобна и распространена в фермерских хозяйствах. 3) Комбинированные маслобойки (один из образцов на фиг. 8) являются одновременно и маслобойкой и обработником. Вначале бочка вращается и сбивает масло, т. е. бьет сливки о находящиеся внутри маслобойки неподвижные валы. Когда масло готово (нормальные зерна), переводят ось маслобойки на другой шкив; при этом приходят в движение рубчатые валы, на которые медленно вращающаяся маслобойка подбрасывает масло, и так. обр. оно отжимается.



Фиг. 7.



Фиг. 8.

Комбинированные маслобойки употребляются в крупных производствах, где очень экономичны. **А. Калантар.**

Выход масла. Средний химический состав сливочного масла см. *Коровье масло*. Определив %-ное содержание жира в молоке (или сливках) тем или иным способом (см. *Бутирометр*) и зная весовое количество молока, взятого для переработки, легко произвести по готовым расчетным таблицам ориентировочный подсчет выхода масла (табл. 1).

Табл. 1.—Расчетная таблица выхода масла из 100 *кг* молока.

% содержания жира	Выход масла в *кг*	% содержания жира	Выход масла в *кг*
2,5	2,6	3,7	4,0
3,0	3,2	3,8	4,1
3,1	3,3	3,9	4,2
3,2	3,4	4,0	4,3
3,3	3,5	4,5	5,0
3,4	3,6	5,0	5,5
3,5	3,7	5,5	6,1
3,6	3,8	6,0	6,7

Ориентировочный подсчет выхода масла на маслодельном з-де приходится от времени до времени производить для проверки рабочего плана и действительного выхода масла.

Экономика. Шестидесятые годы 19 в. надо считать началом промышленного производства сливочного масла в России. Дальнейшее развитие М. и экспорта масла за границу связано с постройкой Великого сибирского пути. Динамика движения экспорта масла является лучшим показателем развития у нас М. (см. табл. 2).

Табл. 2.—Средние годовые данные экспорта масла.

Годы	В *т*	Годы	В *т*
1871—75	2 730	1910	56 414
1876—80	3 230	1911	76 529
1881—85	3 900	1912	72 926
1886—90	6 200	1913	78 020
1891—95	5 830	1914	53 134
1897	8 800	1915	54 137
1900	19 600	1916	9,3
1901	32 600	1917	19,6
1902	37 800	1918—22	Экспорт отсутствовал
1903	41 100		
1904	39 800	1922/23	4 900
1905	39 466	1923/24	22 467
1906	52 600	1924/25	24 490
1907	59 922	1925/26	27 251
1908	51 240	1926/27	30 295
1909	56 988	1927/28	32 821

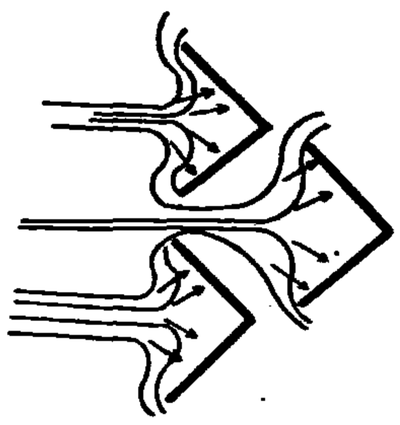
Развитие М. находится в прямой зависимости от состояния молочного стада, а экспорт масла—от оборудования ж.-д. транспорта спец. подвижным составом (см. *Вагоны изотермические*) и стационарными льдохранилищами (см. *Лед*, Склады холодные) на пути следования экспортного масла. На экспорт масла также влияют техника его производства, ухудшение качеств масла при неумелом долговременном хранении, разнородность партий по качеству, тара для его упаковки и пр. Условия долговременного хранения масла требуют охлаждения складов до $t°$ −8° при умеренной вентиляции; при хранении масла в течение 30—60 дней поддерживают $t°$ в складах не выше 2°. В виду того, что сливочное масло восприимчиво к посторонним запахам, следует избегать хранить на масляных складах другие продукты.

Лит.: Калантар А., Общедоступное руководство по молочному хозяйству, 9 изд., М., 1925; Ивашкевич О. И., Молочное хозяйство, 5 изд., М., 1925; Кочергин С. М., Практич. руководство по приготовлению экспортного масла, 4 изд., Омск, 1926; Флейшман В., Молоко и молочное дело, т. 1—2, пер. с нем., Вологда—Москва, 1927; Покровский В. Л., Опыты по охлаждению и отеплению экспортного масла, «Холодильное дело», М., 1926, *2—3*; Справочная книга агронома, под ред. М. И. Лациса и П. Р. Слезкина, т. 1—2, М., 1927; Бородин Н., Кичунов Н., Орлов М. и Рулев В., Хранение и перевозка скоропортящихся продуктов с применением искусств. охлаждения, СПБ, 1913; Петров И. А., Хранение скоропортящихся пищевых продуктов в холодильниках, Москва, 1925; Комаров Н. С., Холод, Москва, 1929; Тулунин Н. Ф., Экспорт масла и сибирские холодильники, «Холод. и боенское дело», Москва, 1924, *1—2*; Тихоцкий К. П., Заводские и станционные маслохранилища, там же, *5—6*. **Н. Ракицкий.**

МАСЛООТДЕЛИТЕЛИ, аппараты, служащие для отделения масла от пара, воздуха или какого-либо иного газа. Такое отделение м. б. осуществлено только в том случае, если масло находится в паре, воздухе во взвешенном состоянии, в виде мельчайших капелек. Если масло находится в паре или воздухе в виде масляных паров, то оно не может быть выделено при помощи М. Поэтому в тех случаях, когда предполагается последующее выделение масла, следует принимать меры к тому, чтобы масло не испарялось. Это достигается подбором соответствующего сорта масла и правильным устройством смазки; например в паровых машинах, работающих высоко перегретым па-

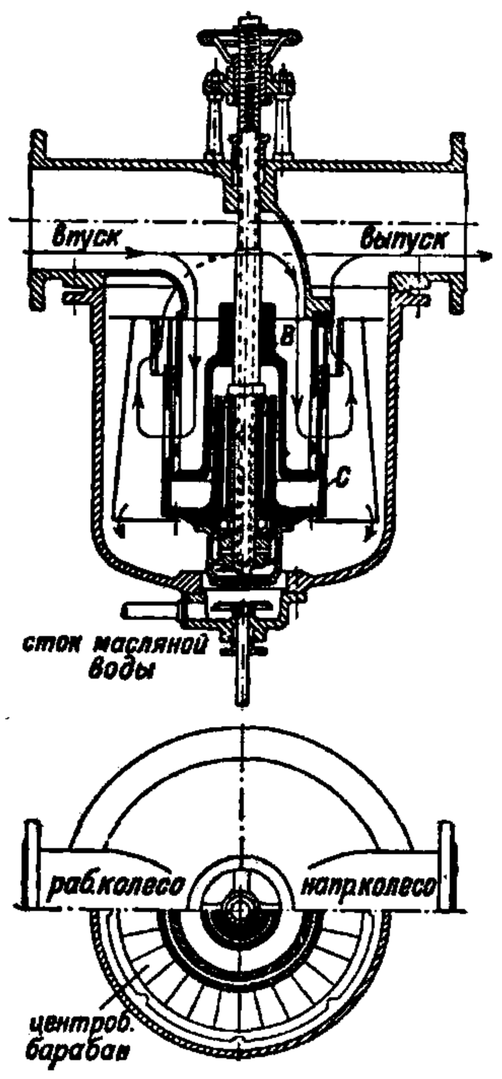
ром, смазку следует вводить в наиболее холодную часть цилиндра. Масла, содержащие свободные жирные кислоты, для работы при высоких темп-рах непригодны, так как свободная жирная кислота начинает испаряться при низких $t°$. Если в очищаемом паре, воздухе или газе можно ожидать наличия масляных паров, то М. нужно ставить там, где температура очищаемого пара, воздуха или газа понизится ниже точки росы для масляных паров.

Действие М. основывается на законах инерции и удара. Пользуясь тем, что уд. в. жидкости, даже такой сравнительно легкой как масло, всегда в несколько сот, а иногда и тысяч раз больше, чем уд. в. пара или газа, можно легко выделить первую из последних, резко изменяя направление движения потока. При этом частицы масла, следуя закону инерции, будут продолжать движение в прежнем направлении, как то показано стрелками на фиг. 1. После этого остается только уничтожить живую силу частиц масла для того, чтобы они окончательно отстали от потока пара. Этого достигают посредством удара, ставя на пути движения частиц масла неподвижные предметы. Потерявшие живую силу частицы масла будут стремиться падать вниз под действием собственного веса. Этим стремлением можно воспользоваться для того, чтобы собрать все частицы масла в одном месте М., из к-рого их можно систематически удалять; при этом д. б. приняты меры к тому, чтобы стекающие в нижнюю часть М. частицы масла не были снова подхвачены потоком пара и газа. Практически хорошее отделение масла достигается только при многократно повторенном изменении направления движения потока и при условии разделения потока на отдельные тонкие струйки. В маслоотделителях системы Киссельбаха

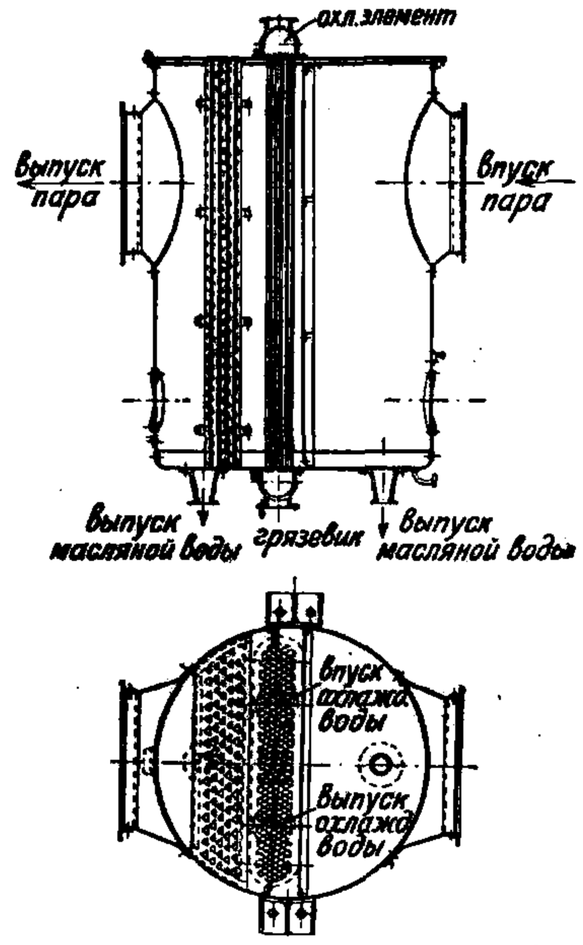


Фиг. 1.

очищаемый пар или газ, разбиваясь на отдельные струи, проходит по трубкам со спиралями. Благодаря спиралям струйки приводятся во вращательное движение, и частицы масла действием центробежной силы отбрасываются к стенкам трубок, по к-рым они стекают вниз и собираются в кожухе М. На фиг. 2 изображен маслоотделитель сист. Шайбе (Германия). Пар или газ вступает через неподвижный направляющий аппарат B в рабочее колесо (турбину) C, которое он и приводит во вращение. Вместе с рабочим колесом приходит в движение барабан центрифуги. Масло отбрасывается на стенки барабана и, так как барабан уширяется книзу, гонится вниз и сливается в коробку М. через отверстия, расположенные по периферии барабана в нижней его части. Чтобы сделать число оборотов центрифуги независимым от колебаний давления проходящего через М. пара или газа, барабан центрифуги приводят в движение от ременной передачи или электромотором. Путем перестановки направляющего аппарата можно регулировать центробежное действие М. и т. о. приспособлять его ко всякому количеству проходящего через него пара или газа. В М. сист. Бальке (фиг. 3) перед ударными угольниками расположен перфорированный железный лист, за которым помещен трубчатый холодильник, предназначенный для конденсации паров масла. Некоторые фирмы снабжают свои М. приспособлением для впрыскивания воды; вода орошает все поверхности внутри М., и частицы масла осаждаются не непосредственно на стенки, а на слой воды, вместе с к-рой и стекают вниз. Такое устройство преследует цель воспрепят-



Фиг. 2.



Фиг. 3.

ствовать пару, омывающему стенки, увлекать с собой частицы масла, осевшие на стенках. Впрыскиваемая вода по пути к М. нагревается до температуры пара, так что конденсации пара благодаря впрыскиванию воды почти не происходит.

Каждый М. оказывает известное сопротивление проходу пара или газа, что д. б. учтено при назначении расчетного противодавления в паровых машинах, к-рые работают с использованием отработанного пара, или компрессорах. М. хорошей конструкции и при правильном подборе размера может дать остаток масла в конденсате очищенного пара не более 10—15 $г$ на 1 $м^3$. Масло из М. удаляется при помощи конденсационного горшка, если в М. имеется достаточно большое (более 0,15 atm) избыточное давление. При небольшом избыточном давлении достаточно бывает гидравлич. затвора со столбом жидкости соответствующей высоты. Из М., стоящего под вакуумом, масло удаляется напором пара, подводимого к сосуду, в котором собирается масло, стекающее из М. Из М. масло обыкновенно направляется в отстойник-фильтр, где оно освобождается от воды и грязи, для того чтобы быть снова пущенным в употребление. Очищать от масла мятый пар из паровых машин следует всегда, даже если машина работает без использования мятого пара, с конденсацией его; этим предотвращается загрязнение маслом водоемов, из к-рых берут воду для конденсации. Помимо этого всегда получается заметная экономия на масле.

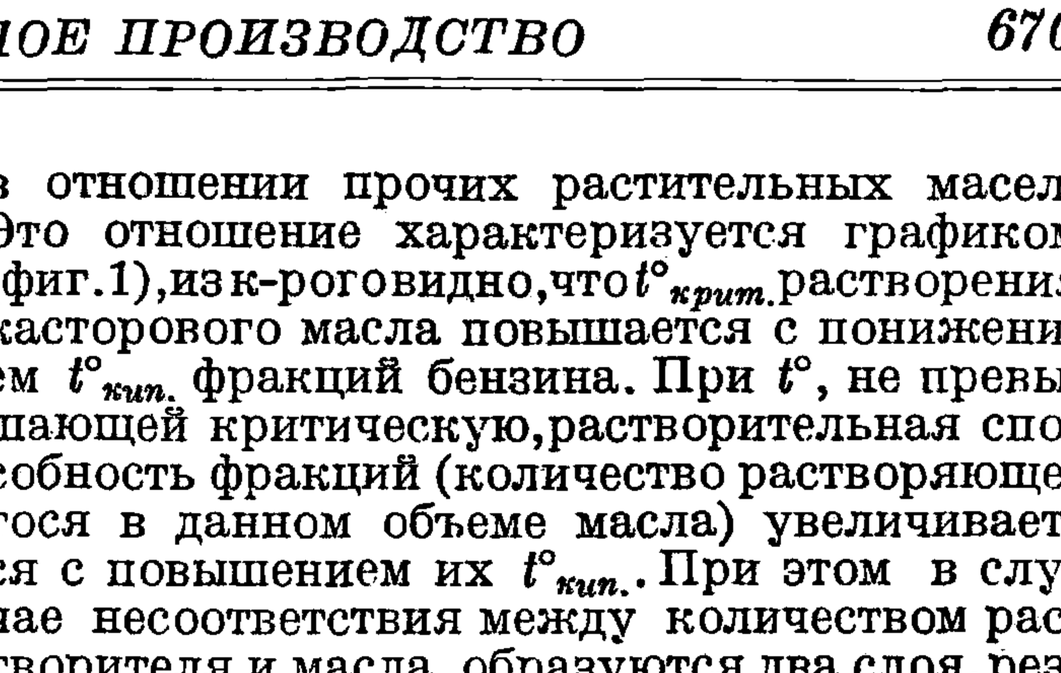
МАСЛОЭКСТРАКЦИОННОЕ ПРОИЗВОДСТВО, получение масла из масличного сырья по экстракционному способу перераб от-

ки. Из всех способов извлечения жира из жироносных тканей растений и животных—маслобойное производство, салотопление, салопрессование и экстракция — последний позволяет получить из каждого данного вида сырья максимальный выход жира. Для наиболее обычных в Советском Союзе видов масличного сырья—льна и подсолнечника—выходы масла при прессовом способе переработки на хорошо оборудованном маслобойном заводе равны соответственно 29,5 и 26%, при экстракционном способе переработки—34 и 29%, что в %-ном отношении дает увеличение количества продукции по сравнению с прессовым способом на 13—15%. Для маломасличного сырья, каким являются бобы сои (масличность к-рых ~ 20%), переработка прессовым способом совсем не имеет смысла, потому что она позволила бы взять только 60—65% того количества масла, какое удается извлечь при экстракционном способе переработки. При затратах на переработку весовой единицы сырья несколько более высоких, чем затраты маслопрессового производства, выгоды применения экстракции, определяемые повышенными выходами масла, остаются несомненными.

Экстракционный метод заключается в извлечении жира из жироносных тканей сырья выщелачиванием при помощи определенных летучих растворителей с последующей отгонкой этих последних. В качестве растворителей были предложены и нашли себе применение на практике раньше всего сероуглерод, а позже четыреххлористый углерод, трихлорэтилен, бензол, спирт, бензин и нек-рые другие. Ни один из этих растворителей не удовлетворяет всем требованиям, какие предъявляются к ним: низкая $t°_{кип.}$ сероуглерода, высокие уд. в. трихлорэтилена и четыреххлористого углерода, корродирующее влияние этого последнего на железную аппаратуру, легкая воспламеняемость одних и высокая цена других ограничивают возможность их применения.

В заводской практике СССР обычно пользуются для целей экстракции жиров только бензином; исключением является экстракция отходов гидрогенизационного производства (каталитического сала), где предполагается употреблять (на новостроящемся в Краснодаре з-де) в качестве растворителя смесь бензола и спирта. Бензин, употребляемый для целей экстракции в Германии, кипит в пределах 70—90°. У нас до настоящего времени не выработано стандарта экстракционного бензина. Из бензинов, которые разновременно применялись для нужд М. п., следует отметить бензин 47—119° (Краснодарский нефтеперегонный з-д Грознефти) как безусловно непригодный: низшие погоны, входящие в состав этой фракции, своей летучестью обусловливают повышенные потери бензина в производстве, высшие требуют повышенного расхода тепла на отгонку, а более длительное пребывание масла в перегонном кубе (дистилляторе) при повышенной $t°$ отрицательно отражается на качестве самого масла. Можно предполагать, что очень высококипящие фракции обладают меньшей растворительной способностью по отношению к нормальным растительным маслам, чем низшие фракции. Специальные бензины 70—95° и 75—106°, вырабатываемые для целей экстракции (Краснодарским нефтеперегонным з-дом), повидимому несущественно разнятся как в смысле растворительной способности, так и в смысле тепловых затрат на отгонку их. Вопрос этот м. б. уточнен дальнейшими опытами. Если до сих пор сделанные наблюдения подтвердятся, очевидно можно будет отдать предпочтение бензину 75—106°, значительно более дешевому, чем бензин 70—95°.

В отношении касторового масла бензины разных фракций ведут себя по иному, чем в отношении прочих растительных масел. Это отношение характеризуется графиком (фиг. 1), из к-рого видно, что $t°_{крит.}$ растворения касторового масла повышается с понижением $t°_{кип.}$ фракций бензина. При $t°$, не превышающей критическую, растворительная способность фракций (количество растворяющегося в данном объеме масла) увеличивается с повышением их $t°_{кип.}$. При этом в случае несоответствия между количеством растворителя и масла образуются два слоя, резко отграниченных один от другого. Верхний слой представляет собой раствор масла в бензине, нижний—раствор бензина в масле. При нагревании, по мере приближения к $t°_{крит.}$ растворения, концентрации обоих растворов, соответственно увеличиваясь, выравниваются, а при достижении $t°_{крит.}$ оба слоя сливаются, как имеющие одну и ту же



Фиг. 1.

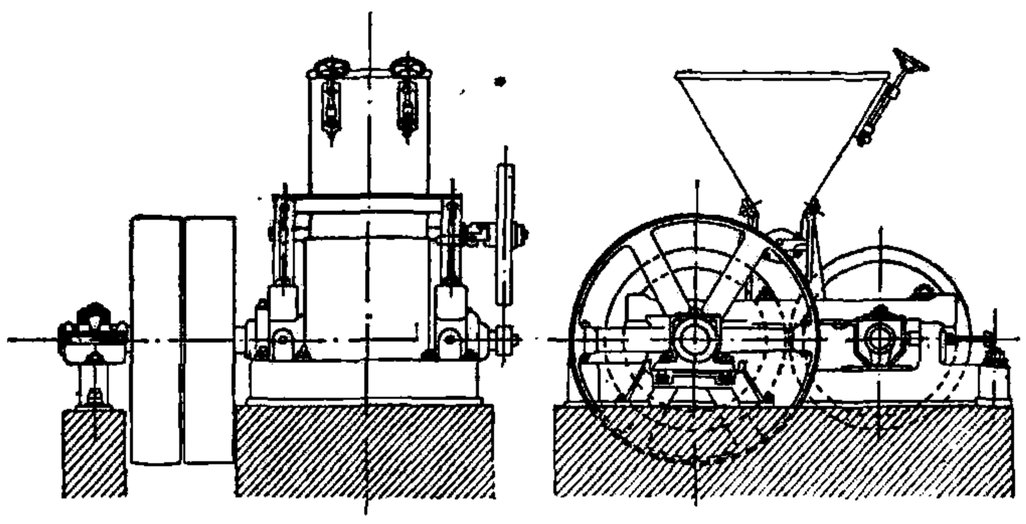
концентрацию и физич. свойства (поверхностное натяжение). Следовательно низкие погоны в деле экстракции клещевины нежелательны из-за их малой растворительной способности по отношению к маслу, а оптимальными являются фракции 70—90° и 90—110°, мало разнящиеся между собою по растворительной способности (М. Р. Бауман). Сделанное указание о повышении растворимости масел с повышением $t°$ относится не только к касторовому, но и к прочим маслам; этим определяется то обстоятельство, что на современных заводах экстракция ведется бензином, нагретым до $t°$, близкой к начальной $t°_{кип.}$ Для тепловых расчетов М. п. здесь полезно еще указать, что скрытая теплота испарения бензина принимается равной 80 Cal, удельная теплоемкость 0,5 Cal. Работающим с бензином надлежит иметь в виду, что смеси паров бензина с воздухом, содержащие 2,5—4,8% бензина, представляют опасность взрыва. Как по этой причине, так и в интересах охраны труда на экстракционных заводах должны приниматься все меры для возможного недопущения проникновения паров бензина в атмосферу помещений (см. *Вентиляция*).

Масличное сырье до экстракции должно пройти через нек-рые подготовительные операции, различные для разных видов сырья. Одни из них соответствуют подготовительным операциям *маслобойного производства* (см.): это—очистка от посторонних примесей для всех видов сырья, обрушивание и отделение лузги в подсолнечномасляном производстве, линтерование в хлопковомасляном производстве, дробление твердого или крупнозернистого материала, как напр. коп-

ры или жмыха маслобойного производства, к-рый иногда еще подвергается дополнительному обезжириванию экстракцией. Специфич. подготовительными операциями М. п. являются сушка маслосемян и вальцевание (хотя сушка применяется часто и в маслобойном деле). В М. п. сушка важна потому, что сильно влажное сырье плохо смачивается бензином и благодая этому плохо экстрагируется. Подсолнечное семя с влажностью 6—10% можно и не подвергать подсушиванию, но то же семя с влажностью свыше 10%, как и бобы сои, обычно имеющие высокую влажность, необходимо подсушивать. Для сушки употребляют сушилки самых разнообразных конструкций: шнеки с паровыми рубашками, сушильные барабаны, шахтные сушилки, в которых семя просыпается сверху вниз, а навстречу ему (противоток) движется предварительно подогретый калорифером воздух и т. д. Подсушивание необходимо вести до некоторого оптимального содержания влаги в семени; пересушивание может оказаться вредным; так, пересушивание подсолнечного семени способствует превращению его при последующей операции вальцевания в тонкую пыль, что является нежелательным. Задача вальцевания заключается в том, чтобы придать семени такую форму, при к-рой оно представляет максимальную свободную поверхность для омывания ее растворителем. Такой формой является форма тонкого лепестка. Семя, превращенное в тонкий лепесток, ложится рыхлой массой в экстракционный аппарат и позволяет свободно проникать растворителю внутрь массы. Большая свободная поверхность омывания способствует быстрому протеканию процесса экстракции. Хотя пылевидная структура помола после вальцов имела бы бо́льшую свободную поверхность, чем лепестковидная, но, благодаря естественному слеживанию и уплотнению пыли в массе, проникновение бензина в такую массу затруднено, и процесс экстракции затягивается, а выщелочить жир настолько полно, как это происходит при лепестковом строении мятки, при пылевидном ее строении не удается. По той же причине слеживания пылевидной мятки затруднена операция удаления из нее бензина путем пропарки после окончания экстрагирования. Для превращения семян в тонкие лепестки употребляются вальцовки (фиг. 2) с короткими, но тяжелыми валами (длина 550 *мм*, диаметр 800 *мм*). Семя подается через воронку при помощи питательного валика и продавливается между двумя валами. Расстояние между валами регулируется нажимными болтами. Оптимальная толщина лепестка для подсолнечного семени 0,22—0,28 *мм*: при меньшей толщине он рассыпается в пыль, при большей—затрудняется диффузия бензина внутрь клеток и отдача масла. Более твердые, чем подсолнечные ядра, семена, как например бобы сои, нуждаются в предварительном до вальцевания раздроблении. Такое раздробление производится на парных рифленых вальцовках.

В отдельных случаях вводятся еще некоторые подготовительные операции: напр. для подсолнечной мятки предлагается ввести перед экстракцией предварительное поджаривание (такое же, как принято в маслобойном производстве), т. к. оно облегчает процесс экстракции. Высокомасличное сырье (копру, земляной орех, клещевину, может быть ту же подсолнечную мятку, содержащую 45—47% масла) целесообразно подвергать предварительному прессованию (форпрессование) при относительно невысоком давлении, что позволяет отобрать около половины масла и тем значительно ускорить потом операцию экстрагирования. Подготовленное тем или иным способом масличное сырье направляют непосредственно или через промежуточные бункеры (загрузочные воронки) в экстракционные аппараты (экстракторы).

Число разновременно предложенных конструкций экстракторов очень велико. По основным признакам они м. б. подразделены на аппараты однокорпусные, аппараты батарейные, или многокорпусные, и аппараты



Фиг. 2.

непрерывного действия и кроме того на аппараты без мешалок, аппараты с мешалками и аппараты вращающиеся. Какой бы конструкции экстрактор ни применялся в каждом отдельном случае, к нему примыкают, образуя с ним единый агрегат, дистиллятор для отгонки растворителя из полученного экстракта (мисцеллы), конденсатор для сжижения паров растворителя и резервуар для растворителя. Из изложенного делается понятной схема многократного использования растворителя.

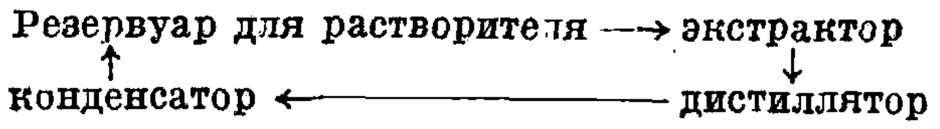
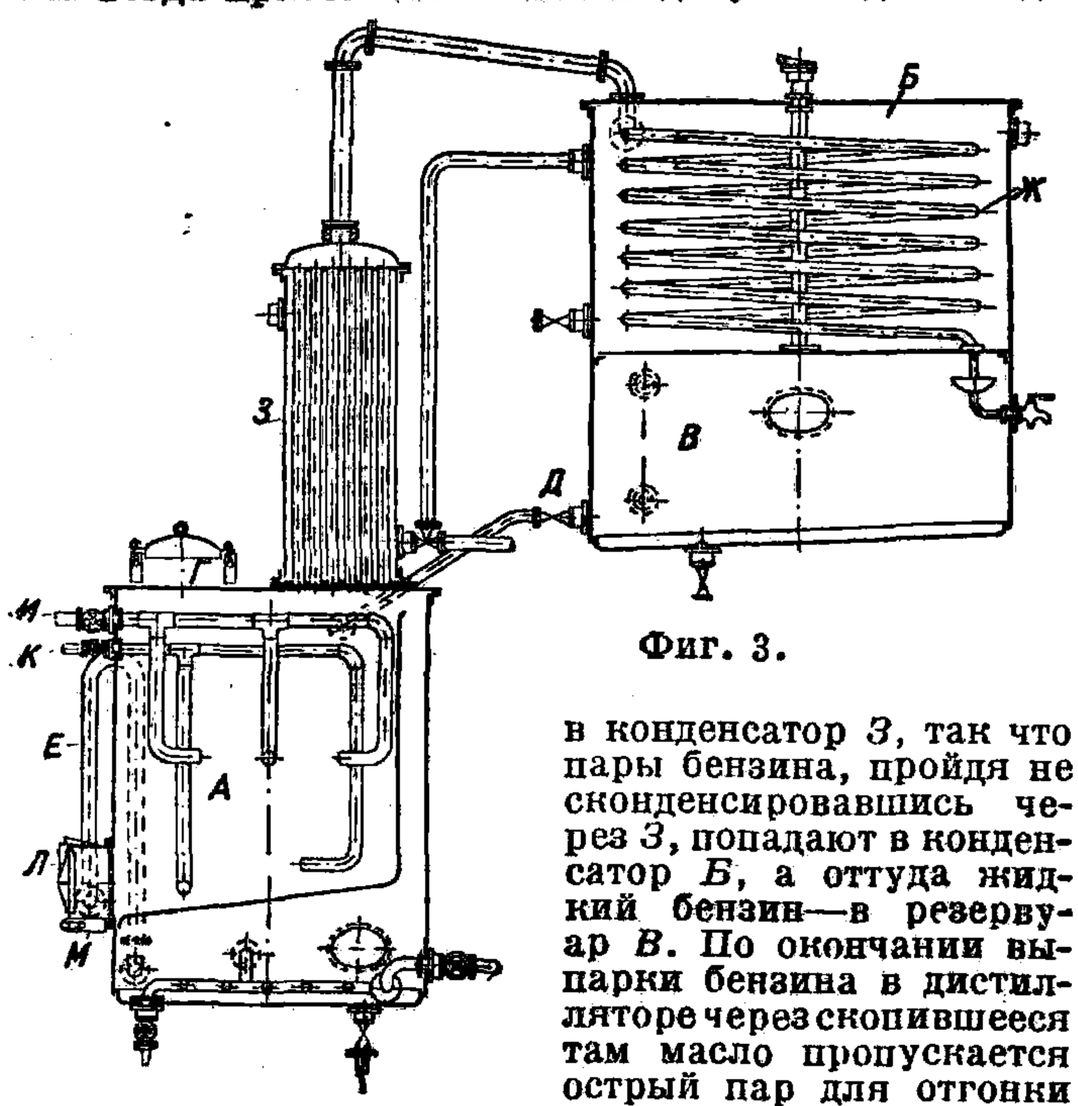


Схема эта, легшая в основу первой экстракционной установки Эд. Дейсса (1856), несмотря на все позднейшие усовершенствования и усложнения аппаратуры, осталась неизменной и по сей день.

Из многочисленных однокорпусных безмешальных аппаратов одним из лучших является аппарат Мерца, который построен по принципу лабораторного экстрактора Сокслета (фиг. 3).

Он состоит из большого цилиндрического клепаного резервуара, внутри которого несколько эксцентрично расположен меньший резервуар *А*. Этот последний и является собственно экстрактором. Пространство под экстрактором является дистиллятором, сосуд *Б*—конденсатором и сосуд *В*—резервуаром для растворителя. В экстрактор загружают масличную мятку через верхний люк *Г*. Люк закрывают, открывают кран *Д* и подают из резервуара *В* бензин до тех пор, пока он не дойдет до перегиба сифонной трубы *Е*. Проходя через мятку, бензин частично растворяет масло. Как только раствор масла в бензине (мисцелла) дойдет до перегиба трубы *Е*, он пересасывается сифоном в дистилляционное пространство. Отсюда бензин отгоняется при помощи парового змеевика *Ж*; пары бензина, поднимаясь по зазору между стенками экстрактора и

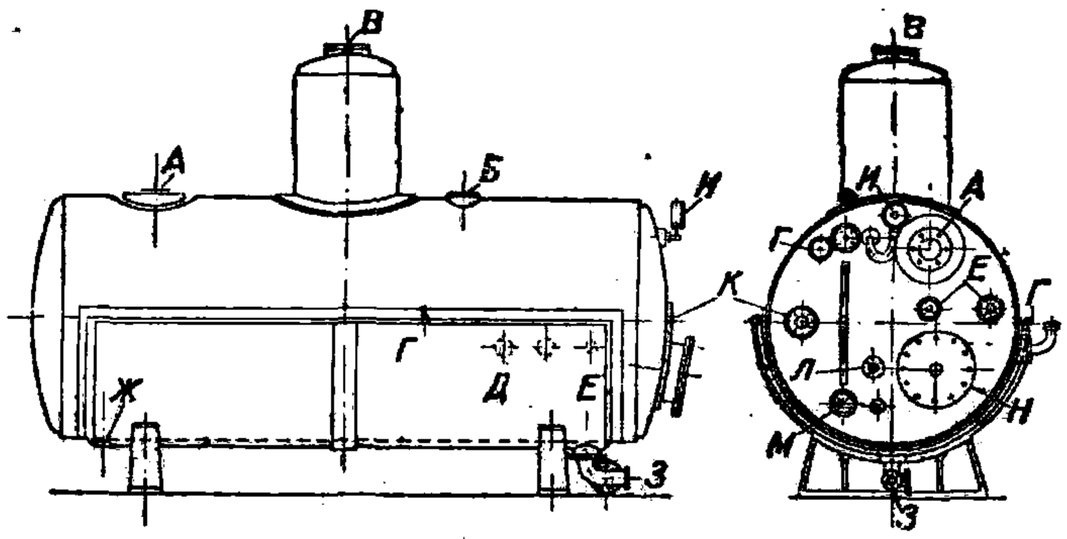
дистиллятора, попадают в конденсаторную насадку *З*, между трубами к-рой проходит холодная вода, и здесь конденсируются, причем бензин стекает вниз на мятку, повторно выщелачивает ее, и так до тех пор, пока проба мисциллы, взятая через пробный краник, не окажется почти совсем свободной от масла: это указывает на то, что почти весь жир из мятки уже выщелочен. Тогда приостанавливают подачу холодной воды



Фиг. 3.

в конденсатор *З*, так что пары бензина, пройдя не сконденсировавшись через *З*, попадают в конденсатор *Б*, а оттуда жидкий бензин—в резервуар *В*. По окончании выпарки бензина в дистилляторе через скопившееся там масло пропускается острый пар для отгонки последних следов растворителя. Точно так же острым паром, который подается по трубам *И* и *К*, отгоняют бензин из проэкстрагированной массы (ш р о т а). Смесь паров воды и бензина из дистиллятора и из экстрактора конденсируется в *Б*, потом проходит через водоотделитель, на чертеже не показанный, где бензин отделяется от воды в силу разницы уд. веса, после чего вода спускается в канализацию, а бензин возвращается в резервуар *В*. По окончании процесса отгонки открывают люк *Л*, вынимают сетку *М* и выгружают шрот.

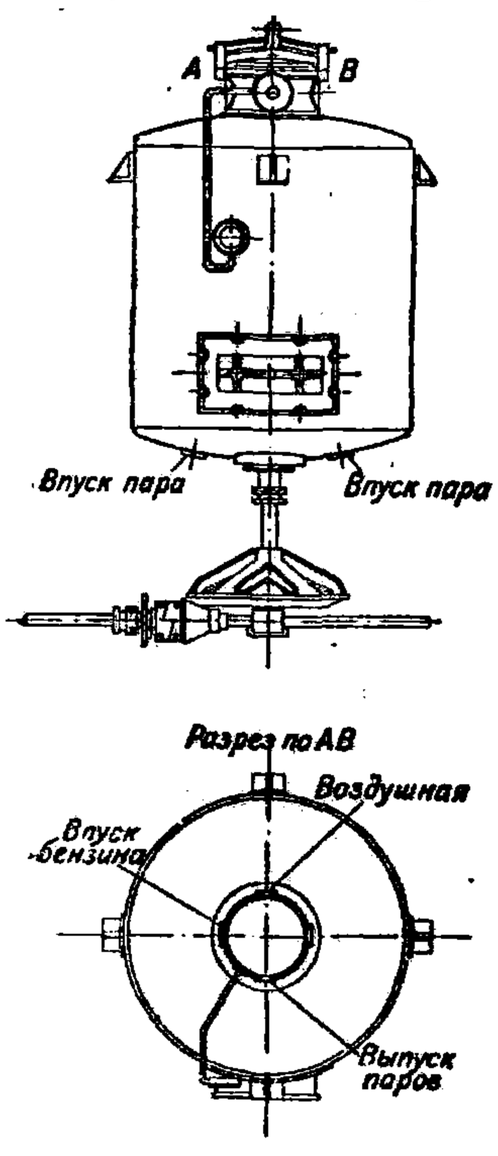
В батарейных, или многокорпусных, аппаратах имеется ряд совершенно одинаковых экстракторов (4—8), образующих в своей совокупности батарею. Такой экстрактор наиболее распространенной конструкции изображен на фиг. 4. Экстрактор имеет верхний загрузочный и нижний разгрузочный люки. Под крышкой верхнего люка после загрузки устанавливается в горловине сетка для устранения проноса частиц шрота во время пропарки его после экстракции. Непосредственно под нижним люком расположено в экстракторе ложное ситчатое дно, к-рое покрывается джутовой тканью или тонкой медной сеткой или соломенным матом. На это дно и ложится мятка. Бензин поступает в экстрактор сверху и при прохождении через мятку обогащается жиром, а мисцелла скопляется под ложным дном и оттуда направляется далее—либо в соседний экстрактор либо в особый приемник для мисцеллы. В условиях переработки подсолнечного семени батарея обычно состоит из восьми экстракторов, из которых пять загружаются мяткой. Бензин из резервуара прокачивается паровым насосом через первый экстрактор, сравнительно слабая по концентрации мисцелла дальше прогоняется через второй, третий и т. д. экстракторы. Из пятого экстрактора получается достаточно концентрированная мисцелла, которая проходит через фильтр для отделения от случайно увлеченных мелких частиц мятки и потом поступает в приемник, а оттуда по мере освобождения дистилляторов поступает в эти последние. На фиг. 5 дан дистиллятор, где *А*—смотровый люк со стеклом, *Б*—лаз, *В*—выход для паров, *Г*—воздушный кран, *Д*—манометр, *Е*—впуск пара, *Ж*—выпуск пара, *З*—труба для спуска масла, *И*—вакуумметр, *К*—вход масла, *Л*—термометр, *М*—указатель уровня, *Н*—люк. В этом дистилляторе производится отгонка бензина сначала глухим паром, циркулирующим в рубашке, а под конец острым паром; при этом дистиллятор через конденсатор присоединяется к вакуум-насосу. Вакуум позволяет произвести отгонку при относительно низких темп-рах тех небольших следов высококипящих погонов, какие обычно при-



Фиг. 5.

сутствуют даже в специальных экстракционных бензинах. Пары воды и бензина проходят через поверхностный конденсатор и систему водоотделителей, после чего бензин возвращается в исходный резервуар. Масло из дистиллятора по окончании отгонки перекачивается в маслохранилища. Первый экстрактор оказывается раньше других обезжиренным. Его выключают из цепи, а в конце цепи включают шестой со свежезагруженной мяткой. По выключении второго таким же порядком включают седьмой и т. д. Таким образом чистый бензин всегда поступает на наиболее истощенную мятку, а на свежую мятку поступает относительно концентрированная мисцелла. Эта работа по принципу противотока позволяет получать значительно более концентрированную мисцеллу, чем при работе в однокорпусных аппаратах, и значительно снизить затраты пара на разгонку мисцеллы. Сравнительные данные приведены в табл. 1 и 2.

Работа на батарейных экстракторах позволяет увеличить концентрацию мисцеллы почти в три раза и уменьшить количество отгоняемого бензина и следовательно затрату пара на отгонку в 3,7 раза. Как уже было указано, из 8 экстракторов батареи при переработке подсолнечника 5 участвуют в самом процессе экстракции, остальные же 3 находятся на пропарке (с целью отгонки бензина из шрота), на разгрузке и загрузке. Сред-



Фиг. 4.

Табл. 1.—Экстракция в однокорпусном аппарате (в *л*).

№ настаиваний	Содержание масла в мятке до настаивания	Извлечено масла экстракцией	Остаток масла после экстракции	Мисцелла
1 настаивание . . .	20	10	10	35
2 » . . .	10	5	5	35
3 » . . .	5	2,5	2,5	35
4 » . . .	2,5	1,25	1,25	35
Итого . . .	—	18,75	—	140

Концентрация мисцеллы—13,4%. Количество бензина, подлежащее отгонке,—121,25 *л*, т. е. на каждый *л* полученного масла приходится 6,46 *л* бензина.

Табл. 2.—Экстракция в четырех корпусах (в *л*).

№ настаиваний	Экстрактор № 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	Извлечено масла	Объем мисцеллы
Настаивание № 1								
Содержание масла до экстракции	2,5	5	10	20	—	—	—	—
Перешло из предыдущего экстрактора	—	1,25	3,12	6,56	—	—	—	—
Общее содержание масла .	2,5	6,25	13,12	26,56	—	—	—	—
Перешло в след. экстрактор	1,25	3,12	6,56	—	—	—	13,28	35
Остаток масла в экстракторе	1,25	3,13	6,56	13,28	—	—	—	—
Настаивание № 2								
Содержание масла до экстракции	Выключен	3,13	6,56	13,28	20	—	—	—
Перешло из предыдущего экстрактора		—	1,56	4,06	8,67	—	—	—
Общее содержание масла .		3,13	8,12	17,34	28,67	—	—	—
Перешло в след. экстрактор		1,56	4,06	8,67	—	—	14,34	35
Остаток масла в экстракторе		1,57	4,06	8,67	14,33	—	—	—
Настаивание № 3								
Содержание масла до экстракции		1,57	4,06	8,67	14,33	—	—	—
Перешло из предыдущего экстрактора		—	0,78	2,42	5,54	—	—	—
Общее содержание масла .		1,57	4,84	11,09	19,87	—	—	—
Перешло в след. экстрактор		0,78	2,42	5,54	—	—	9,94	35
Остаток масла в экстракторе		0,79	2,42	5,55	9,93	—	—	—
Настаивание № 4								
Содержание масла до экстракции	—	Выключен	2,42	5,55	9,93	20	—	—
Перешло из предыдущего экстрактора	—		—	1,21	3,38	6,66	—	—
Общее содержание масла .	—		2,42	6,76	13,31	26,66	—	—
Перешло в след. экстрактор	—		1,21	3,38	6,66	—	13,33	35
Остаток масла в экстракторе	—		1,21	3,38	6,65	13,33	—	—
Итого	—	—	—	—	—	—	50,89	140

Концентрация мисцеллы—36,3%. Количество бензина, подлежащее отгонке, равно 89,11 *л*, т. е. на каждый *л* полученного масла приходится 1,75 *л* бензина.

35 м., пропарка 40 м., разгрузка и очистка экстрактора 30 м.; всего 8 ч.

Схема экстракционной установки в целом дана на фиг. 6. Вне этой схемы остаются решоферы, или подогреватели, для мисцеллы и бензина, обычно включаемые сейчас в экстракционную установку. В трубчатых подогревателях мисцелла подогревается перед дистилляцией за счет тепла паров воды и бензина, идущих из экстракторов к конденсаторам. Таким же путем подогревается бензин почти до $t°_{кип.}$, что в значительной степени повышает его растворительную способность.

Из многочисленных экстракционных аппаратов непрерывного действия ни один не работает настолько безукоризненно, чтобы найти себе применение в заводской практике. В большинстве случаев они построены по принципу шнека, продвигающего мятку в одном направлении, во встречном же направлении движется растворитель. Скорости продвижения мятки и растворителя подбираются т. о., чтобы, пройдя всю длину шнека, мятка вышла по возможности обезжиренной, растворитель же—в форме достаточно концентрированной мисцеллы. Описанный экстрактор сист. Мерца представляет собою аппарат без мешалки, экстрактор системы Harburger Eisen- und Bronzewerke A. G. (фиг. 4) имеет вертикальную мешалку, которую впрочем включают в работу только во время пропарки шрота. Экстрактор системы BAMAG, построенный во всем прочем аналогично экстрактору фиг. 4, снабжен мешалкой системы Тайфун, работающей непрерывно во все время экстракции.

Примером вращающегося экстрактора, обычно предназначаемого для переработки рыбы, жировых отбросов, соапстока, катализаторного сала, отбельных земель и т. д., является экстрактор системы Отто Вильгельма.

Экстрактор этот состоит из горизонтального цилиндра с паровой рубашкой, с четырьмя внутри расположенными фильтрационными трубами, сообщающимися со сборной спускной трубой. К обеим торцовым стенкам приклепаны две пустотелые полуоси, вокруг которых вращается цилиндр при помощи зубчатой передачи. Пар проходит по трубе, проложенной внутри одной полуоси, и поступает т. о. внутрь рубашки. По другой трубе отработанный пар уходит в конденсационный горшок. В экстрактор вводят экстрагируемое сырье и растворитель, приводят его во вращение и нагревают до кипения растворителя. Потом останавливают экстрактор, дают содержимому

няя продолжительность каждой из этих операций, при рабочей емкости каждого экстрактора в 6 $м^3$ (Кропоткинский маслоэкстракц. з-д, Сев. Кавказ), такова: загрузка—10 м., экстракция—6 ч. 5 м. (из них прокачка чистым бензином—1 ч.), слив мисцеллы—

отстояться и отсасывают мисцеллу через фильтрационные трубы. Если обезжиривание неполное, то операцию повторяют со свежей порцией растворителя и так несколько раз до достижения желательной степени обезжиривания. Слабую мисцеллу собирают отдельно и потом снова используют ее для экстракции свежей порции сырья. Дальнейшая обработка шрота и мисцеллы такая же, как описано выше.

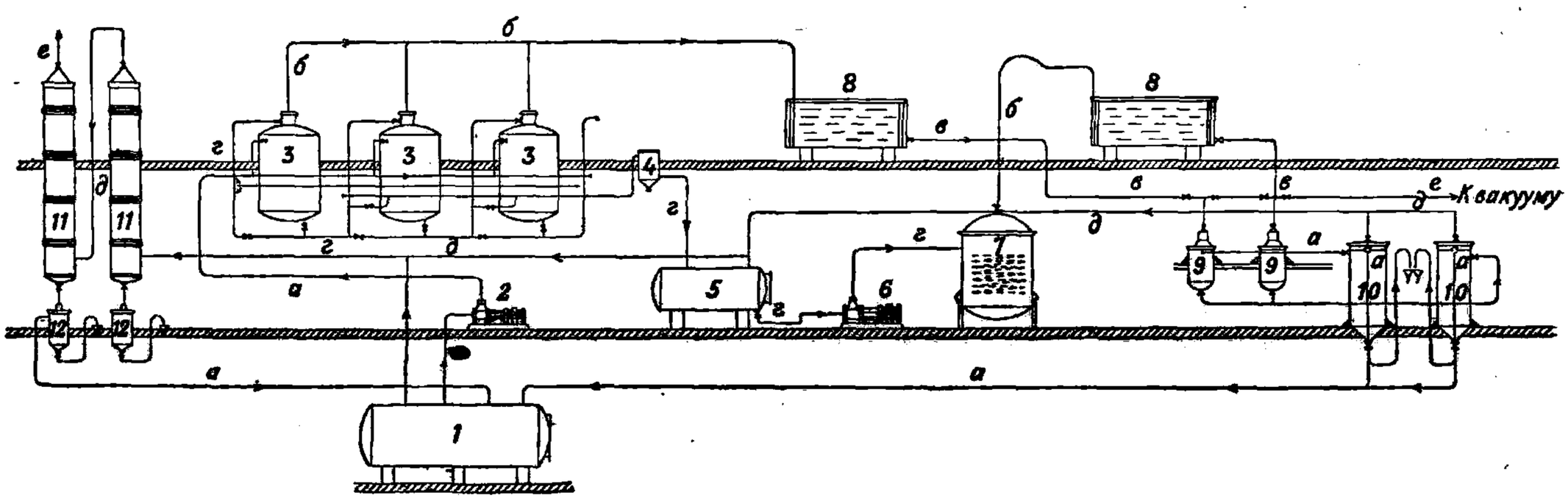
Шрот по выгрузке из экстрактора содержит большое количество (20—30%) влаги; для того чтобы сделать его устойчивым в хранении, его подвергают сушке, обыкновенно—подогретым воздухом в сушильных барабанах. Повидимому не исключена возможность использования для той же цели и шахтных сушилок. Подсушенный до содержания 8—10% влаги шрот иногда подвергается добавочному размолу, иногда же без размола поступает на склад, где хранится в мешках невысокими штабелями. Потребительское достоинство его как кормового продукта не на много ниже жмыха маслобойного производства. Для сравнения приводим аналитические данные для подсолнечного жмыха и шрота (по данным заводов Сев. Кавказа): среднее содержание протеина в жмыхе 39,07%, масла 7,66%, всего 46,73%; содержание протеина в шроте 42,50%, масла 2,75%, всего 45,25%. Подсолнечный шрот нуждается еще в добавочной обработке, имеющей целью устранить содержащуюся в нем лузгу: этого можно будет повидимому достичь рядом последовательных операций размола и отсева. Вопрос наиболее рациональной переработки подсолнечного шрота, рассматриваемый под углом зрения возможности использования его не только для кормовых, но и для пищевых целей, находится в настоящее время (1930 г.) в стадии разработки. Соевый шрот уже и сейчас находит за границей довольно широкое применение в качестве пищевого продукта.

Основные технико-экономич. показатели М. п. на современных заводских установках таковы: расход бензина ~ 1% веса переработанного семени, расход пара—1 *m* на *m* переработанного семени. Нужно отметить, что тепло паров воды и бензина, отходящих из экстракторов и дистилляторов, далеко не достаточно утилизируется даже на лучших из современных установок. Для характеристики эффективности экстракционного способа производства масла по сравнению с прессовым приводятся следующие цифры: выход подсолнечного масла на прессовом заводе 25,4%, на экстракционном заводе 28,57%; для кукурузных ростков выход на прессовом заводе 9,89%, на экстракционном 13,47%.

К М. п. тесно примыкают по методу работы костеэкстракционное и жироэкстракционное: различие только в деталях конструкции аппаратов, всегда приспосабливаемых к особенностям перерабатываемого сырья. Кости экстрагируются после достаточного раздробления, животные туши и рыба экстрагируются иногда в цельном виде, но чаще после измельчения на мясорезных станках. Мясная мука, обезжиренная экстракцией, содержит не свыше 2,5—3% жира в отличие от других сортов ее, содержащих 8—12% жира.

Специфич. условия труда в экстракционном производстве связаны с присутствием нек-рого, хотя бы и незначительного, количества паров бензина в атмосфере рабочих помещений. О физиологич. действии паров бензина см. *Бензин*. Во избежание попадания больших количеств паров бензина в атмосферу при неплотной пригонке трубопровода, бензиновые трубопроводы делаются обязательно сварными. Все аппараты соединяются с рядом последовательно связанных колонн-скрубберов, так что воздух из аппаратов до открытия каждого из них вытесняется через колонны, где обмывается холодной водой и охлаждается водой в рубашках; бензин конденсируется и, после прохождения через водоотделитель, сливается в резервуар. Помещения снабжаются побудительной приточно-вытяжной вентиляцией. Во избежание возможных взрывов при накоплении паров бензина в атмосфере, в собственно экстракционном помещении не устанавливают электромоторов и не укладывают ни силовой ни осветительной проводки, а помещения освещаются извне.

В Союзе ССР работают в настоящее время (1930 г.): маслоэкстракционные з-ды в Кропоткине, в Саратове и небольшие экстракционные отделения при маслобойных заводах в Ленинграде и в Одессе. На очереди к постройке заводы в Краснодаре, Ленинграде, Никольске-Уссурийском и Ката-Кургане.



Фиг. 6: *а*—чистый бензин; *б*—пары бензина и смесь паров бензина и воды; *в*—чистый бензин и смесь бензина и воды (в жидком состоянии); *г*—мисцелла (раствор масла в бензине); *д*—несконденсировавшиеся бензиновые пары; *е*—неконденсирующиеся газы; *1*—резервуар для бензина; *2*—паровой насос; *3*—экстракторы; *4*—фильтр для мисцеллы; *5*—резервуар для мисцеллы; *6*—паровой насос для перекачки мисцелл в дистилляционный куб; *7*—дистилляционный куб; *8*—конденсатор для бензина; *9* и *10*—водоотделители; *11*—дефлегмационная установка; *12*—водоотделитель дефлегмационной установки.

Лит.: Братман М. Л., Экстракция растительных масел за границей и у нас, М., 1925; Шехтерле Э., Экстракционные аппараты, пер. с немецкого, М., 1929; Маркман А., К вопросу об экстракции

растительных масел, «Маслобойно-жировое дело», Москва, 1925, вып. 1—2; Воробьев В., Об экстракции подсолнечного масла, там же, вып. 5; Нагурский А., Непрерывная экстракция масличных, там же, 1926, вып. 17; Родриан В и Маркман А., Маслоэкстракционный завод в Кропоткине, там же, 1927, вып. 28—29; Слащев А., Экстракция клещевины бензином, там же, 1928, вып. 32; Брахман Г., Маслоэкстракционный завод в Никольске-Уссурийском, там же, 1929, выпуск 42; Гавриленко И., Экстрагирование бобов сои на маслоэкстракционном заводе в Кропоткине, там же, вып. 49; Поляков И. и Соколова В., Пробная переработка хлопка экстракционным способом, там же; Геллерштейн С. М., Экстракция растительных масел, «Труды всесоюзной конференции маслобойной промышленности», М., 1925, т. 2; Hefter G., Die Ölgewinnung nach d. Extraktionsverfahren, Handb. d. Technologie d. Fette u. Öle, hrsg. v. G. Hefter, B. 1, B., 1921; Böhm E., Die Fabrikation d. Öle u Fette, Handbuch d. Chemie und Technologie d Öle und Fette, hrsg. v. L. Ubbelohde und F. Goldschmidt, B. 1, 2 Aufl., Leipzig, 1929.

А. Маркман.

МАСЛЯНАЯ КИСЛОТА, $C_3H_7 \cdot COOH$, известна в виде двух изомеров: $CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH$—нормальная М. к., или М. к. брожения, и $\begin{matrix} CH_3 \\ CH_3 \end{matrix}\!\!>\!CH \cdot COOH$—изомасляная к-та. Изомасляная к-та находится в природе в свободном состоянии в эфирном масле арники (Arnica montana) и других растениях в технич. значения не имеет. Нормальная М. к.—бесцветная жидкость с резким запахом, напоминающим в большой концентрации уксусную кислоту, при значительном разведении имеет неприятный запах пота; легко подвижна и перегоняется с водяным паром; при $t°$ —19° застывает в листоватые кристаллы, к-рые плавятся при —7,9°; $t°_{кип.} = 162{,}3°$. М. к. смешивается с водой, спиртом и эфиром во всяких соотношениях. В природе М. к. встречается как в свободном состоянии—в мясном соке и поте, так и в виде глицеридов (бутиринов)—в растительных и животных жирах. Расщеплением бутиринов и выделением свободной М. к. объясняется прогорьклый вкус испорченного сливочного масла. Соли М. к., бутираты, б. ч. легко растворимы в воде; технич. значение имеют соли аммония, натрия и кальция; при гниении белковых веществ (фибрин, казеин) образуется маслянокислый аммоний. При биохимич. процессах возникающая М. к. может иметь троякое происхождение: она образуется, во-первых, при омылении ее глицеридов, во-вторых, при бактериальном распаде белковой молекулы (см. *Гниение*), в процессе дезамидирования аминокислот наряду с уксусной, пропионовой и другими к-тами и, в-третьих, при маслянокислом брожении сахаров и близких к ним тел, как крахмал, клетчатка и проч., а также солей молочной к-ты, под влиянием маслянокислых бактерий.

Маслянокислое брожение в общем виде выражается ур-ием

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} = \underset{\text{масляная к-та}}{C_3H_7 \cdot COOH} + 2H_2 + 2CO_2$$

и по внешнему виду характеризуется оживленным выделением пузырьков газа. Оптимальная $t°$ брожения равна 32—35°.

Маслянокислые бактерии (Bacill. butyricus, Granulobacter, Clostridium) представляются под микроскопом в виде довольно больших и толстых (6÷10)×(0,7÷1,0) μ палочек, иногда соединенных в цепочки и б. ч. обнаруживающих энергичное поступательное и вращательное движение. Они б. или м. строгие анаэробы, т. е. развиваются при отсутствии доступа кислорода; образуют споры, располагающиеся или в середине веретеновидно вздувающегося тела бактерий (клостридий) или на конце его (барабанная палочка, плектридий) в виде блестящего овального тельца. Споры эти очень термостабильны (переносят $t°$ до 100°), вследствие чего маслянокислые бактерии являются опасными вредителями ряда производств.

В технике М. к. получается сбраживанием при 35—40° сахаров или крахмала (к-рый осахаривается деятельностью самих бактерий) в присутствии самых разнообразных источников азотистого питания и мела. Как показал Пастер, брожение идет в две фазы: сначала образуется по преимуществу *молочная кислота* (см.), дающая с мелом Са-соль, к-рая затем дображивает в М. к. В связи с этим Шапошников и Захаров (1928 г.) предложили вести выработку М. к. на остатках от производства молочной к-ты (маточных растворах); хорошим исходным материалом для производства М. к. является также меласса. Накопляющийся в бродильном чане бутират кальция после окончания брожения переводится (обменным разложением с Na_2CO_3 или Na_2SO_4) в натриевую соль, раствор к-рой отфильтровывается от твердых частей и упаривается до $^1/_4$ объема, после чего при разложении ее крепкой серной к-той сырая М. к. всплывает на поверхность (высаливается) в виде маслянистого легко отделяемого слоя.

Во Франции недавно (в 1927 г.) организовано производство М. к. по способу Лефранка из древесных опилок: опилки предварительно обрабатывают водой, высушивают при 100—130°, затем осахаривают действием серной к-ты; сахаристое сусло нейтрализуют и подвергают маслянокислому брожению в присутствии мела и питательных веществ (в качестве последних используется барда сахарных з-дов). Процесс брожения длится около суток; полученную Са-соль разлагают, как указано выше; выход М. к. достигает 15 в. ч. на 100 ч. опилок.

Сахар или другой углевод при маслянокислом брожении не переходит непосредственно в М. к.; предварительной стадией этого процесса, согласно данным Нейберга (1921 г.), является пировиноградная кислота ($CH_3 \cdot CO \cdot COOH$), которая подвергается альдольной конденсации с последующим отщеплением двух молекул углекислого газа, следствием чего и является переход трехчленной цепи пировиноградной (или молочной) к-ты в четырехчленную М. к.:

$$CH_3 \cdot CO \cdot COOH + CH_3 \cdot CO \cdot COOH \rightarrow$$
$$\rightarrow CH_3 \cdot CO \cdot CH(OH) \cdot CH(OH) \cdot CO \cdot COOH \rightarrow$$
$$\rightarrow CH_3 \cdot CH_2 \cdot CH_2 \cdot COOH + 2CO_2.$$

При альдольной конденсации не двух, а большего числа молекул пировиноградной к-ты легко могут получиться к-ты с большим (чем 4) числом звеньев в цепи. И действительно, сырая М. к., полученная брожением, всегда представляет смесь к-т, как это видно из следующего аналитич. состава сырой М. к. (в %):

Муравьиной к-ты	0,16	Масляной к-ты	90,25
Уксусной »	8,07	Валериановой »	0,04
Пропионовой »	Следы	Капроновой »	0,98

В технике М. к. находит незначительное применение в кожевенном производстве при дублении кож; в кондитерском и парфюмерном деле значительное применение имеют ее эфиры, являющиеся ароматич. веществами и служащие для приготовления фруктовых эссенций. Из них наибольшее значение име-

ют: метиловый эфир—бесцветная жидкость, с $t°_{кип.}$ 102,3°, при сильном разведении напоминающая запах ранета; этиловый эфир—подвижная жидкость с $t°_{кип.}$ 119,9°, пахнущая ананасами; изоамиловый эфир—жидкость с $t°_{кип.}$ 178,6, пахнущая грушами. Эфир М. к. с целлюлозой—бутират целлюлозы—предложен как материал для изготовления искусственного шелка и фотопленок. При сухой перегонке маслянокислого кальция (полупродукт производства М. к.) при $t°$ ок. 400° получается смесь кетонов, т. н. к е т о л, состоящая гл. обр. из дипропилкетона, имеющая уд. вес 0,80, $t°_{кип.}$ 88—100° и могущая служить растворителем в производстве лаков, целлулоида, пластич. масс, линолеума и для карбюрации моторного горючего.

Лит.: Ш а п о ш н и к о в В. Н. и З а х а р о в И. П., Маслянокислое брожение лактата кальция, «Труды Научно-химич. фармац. ин-та», Москва, 1927, вып. 18; N e u b e r g C. u. A r i n s t e i n, «Biochem. Ztschr.», B., 1921, B. 117; Wagner A., Die Herstellung von Essigsäure, Gärungessig, Buttersäure, Zitronensäure u. Milchsäure, W.—Lpz., 1926; Фр. П. 566343; см. также *Микробиология техническая*. **В. Шапошников.**

МАСЛЯНИСТОСТЬ, л и п к о с т ь (oiliness), особое свойство смазочных масел, определяющее их смазывающую способность вне зависимости от вязкости. При наличии сплошного смазывающего слоя между трущимися поверхностями М. не оказывает заметного влияния на смазку; ее роль начинается, когда при больших нагрузках и скоростях смазка перестает быть полной и наступает переход к сухому трению (см. *Трение*). Это тот случай, когда масло образует между трущимися поверхностями тончайшую адсорбционную пленку, причем, как показывает опыт, особо важную роль приобретает химич. природа масла или отдельных входящих в него компонентов. Так, давно уже известно, что растительные и животные масла (жиры, глицериды) при больших нагрузках являются лучшими смазками, чем минеральные масла (углеводороды); наблюдения же последних 10 лет показали, что уже ничтожное добавление к минеральному маслу высших к-т жирного ряда (стеариновой, олеиновой—в количестве 0,1—0,5%) резко повышает его М. Ближайшее исследование этих явлений с точки зрения молекулярной физики и рентгенографии привело к выводам, что сущность явления заключается здесь в специальной ориентации по отношению к поверхности металла нек-рых характерных активных химич. групп (напр. карбоксильных, COOH и др.), вследствие чего весь адсорбционный слой приобретает совершенное слоистое строение и, в виду взаимного притяжения между активными группами и металлом, оказывает громадное сопротивление всякой попытке его деформации.

Для определения М. было предложено несколько методов, к-рые дали однако не вполне согласные результаты; наиболее важные из них: 1) с п о с о б Б а х м а н а и Б р и г е р а, основанный на непосредственном определении теплоты смачивания маслом металла; 2) м е т о д в з в е ш е н н ы х к а п е л ь с видоизмененной пипеткой Д о н о н а; 3) м е т о д Д а л ь в и ц-В е г е н е р а, основанный на определении (по краевому углу) поверхностного натяжения, к-рое находится в обратном отношении к М.

Лит.: Г у р в и ч Л. Г., Научные основы переработки нефти, 2 изд., Москва—Ленинград, 1925; П о п и ч А. Г. и Л ю т е р К. А., Смазочные материалы, их производство, свойства, применение и способы испытания, Москва—Ленинград, 1929; О с б о р н У. Ф., Смазка силовых установок, перевод с английского, Москва—Ленинград, 1928; D a l l w i t z-W e g e n e r, Neue Wege zur Untersuchung von Schmiermitteln, «Petroleum», W., 1919; T h o m s e n T. S., The Practice of Lubrication, N. Y., 1926. **С. Наметкин.**

МАСЛЯНЫЕ КРАСКИ, механическ. смесь красящих веществ с *высыхающими маслами* (см.), льняной олифой и масляными лаками. Применяются М. к.: в *малярном деле* (см.) для окраски внутренних и внешних стен, в строительном деле для предохранения железа от ржавления и в художественной живописи (см. *Краски для живописи*). Связывающее и красящее вещества выбирают в зависимости от назначения М. к. Краски для малярных работ должны обладать свойством долго сохраняться и иметь яркость тона. Такие краски растирают на высыхающих маслах, а не на лаке и олифе. Для растирания масляных красок со связывающими веществами имеются специальные машины—краскотерки, при помощи к-рых получается однородная мазь, не содержащая мелких крупинок и твердых частиц (песка); краску предварительно смешивают со связывающим веществом ручным способом, а после того пропускают через краскотерку. Хорошо смешанные краски при окрашивании дают ровный красочный слой и краска ровно сходит с кисти.

К М. к. относятся следующие краски: к белым—кремницкие и цианиновые белила; к желтым—неаполитанские, железный кадмий двух нюансов, светлая охра, золотистая охра, сиенская земля, земля пуццолана; к красным—киноварь, китайская киноварь, краплак, сырая и жженая охра, жженая земля, жженая сиенская земля (тер-де-сиен), жженая и сырая умбра и мумия; к синим—кобальтовая синяя, ультрамарин светлый и темный, парижская голубая; к зеленым—окись хрома, кобальтовая зелень, ярь-медянка; к черным—черная слоновая, черная виноградная и т. д.

Количество масла, потребное для густотертых и готовых красок, приведено в таблице.

Потребное количество масла для красок (в %).

Название красок	Для густотертых красок	Для готовых к употреблению красок
Свинцовые белила	9—12	24—25
Цинковые белила	14—22	33—36
Охра	30—35	40—50
Киноварь ртутная	20—22	30—32
Ультрамарин	25—28	45—56
Сурик железный	17—19	39—44
Сажа	37—40	65—75
Сурик свинцовый	9—11	22—24
Мумия	16—18	32—36
Тер-де-сиен	35—38	45—52

Краски требуют различного количества масла в зависимости от уд. в. красящего вещества, а также в зависимости от того, каково физич. состояние вещества — кристаллическое или аморфное. На прочность красочного слоя имеет большое влияние процесс высыхания красок, зависящий от окисления масла; этот процесс высыхания не заканчивает-

ся с образованием пленки краски, а продолжается далее и служит причиной разрушения красочного слоя; следовательно от скорости окислительного процесса зависит стойкость краски. Особенно характерны эти явления при применении скоровысыхающих олиф или в том случае, когда само красящее вещество способствует окислению масла. Продолжительность службы М. к. различна и зависит от $t°$ и ее колебаний, ветра, сырости, присутствия сероводорода в воздухе и других причин. **С. Михайлов.**

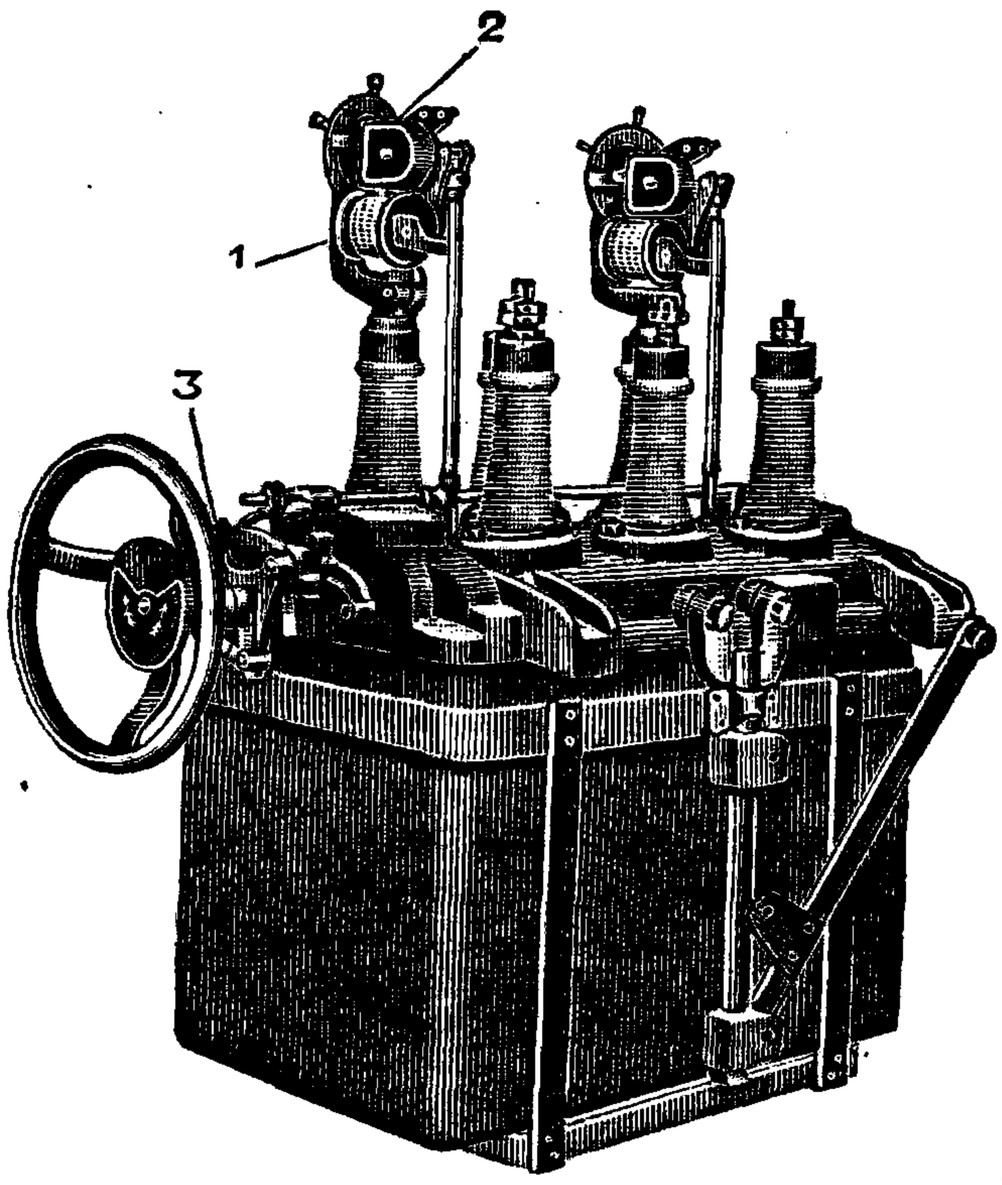
Лит.: см. *Малярное дело* и *Краски минеральные.*

МАСЛЯНЫЕ ЛАКИ, см. *Покровные лаки.*

МАСЛЯНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, прибор для размыкания и замыкания цепи тока, устроенный т. о., что замыкание и окончательный разрыв цепи тока происходят в сосуде, содержащем минеральное масло (см. *Выключатели электрические*).

М. в. применяются главн. обр. при высоких напряжениях в сетях переменного тока. В отличие от *разъединителей* (см.) и *рубильников* (см.) М. в. допускают выключение цепи тока не только при рабочем токе, но также и при силах тока, значительно превышающих рабочую силу тока, вплоть до токов *короткого замыкания* (см.). М. в. устраиваются почти всегда автоматическими, т. е. таким образом, что при каком-либо заранее установленном нарушении режима в работе сети, трансформатора, генератора или электродвигателя М. в. автоматически выключаются и размыкают цепь. С этой целью механизм М. в. устраивают так, что для выключения достаточно бывает освободить защелку, удерживающую М. в. в замкнутом положении, после чего подвижные контактные части под действием пружин или собственного веса отходят от неподвижных контактных частей и производят размыкание цепи. Освобождение защелки происходит под действием электромагнитного механизма, обмотка к-рого соединяется или непосредственно с трансформатором тока (выключающий магнит максимального тока), или с трансформатором напряжения (выключающий магнит нулевого напряжения), или же она питается от независимого источника тока через *реле* (см.), которые установлены отдельно.

В нек-рых случаях максимальный выключающий магнит устанавливается на изоляторе М. в., и обмотка его включается последовательно с М. в. Такие М. в. не требуют для максимальной защиты особых трансформаторов тока. Включение М. в. производится или вручную или же при помощи электромагнитного (соленоидного), электромоторного или пневматического устройства. Ручное включение обычно допускается только для небольших М. в.; при очень больших силах тока короткого замыкания электродинамич. усилия, к-рые возникают в момент касания контактов, могут помешать включению и вызвать аварию. Электромагнитный (соленоидный) механизм обладает тем недостатком, что при работе потребляет довольно большую силу тока (до 400—500 А при мощных М. в.). Электромоторные механизмы устраиваются т. о., что электромотор непосредственно действует на механизм М. в. и производит его включение, или же сначала производится накопление энергии в кинетической или потенциальной форме, к-рая затем расходуется на включение М. в. Непосредственное действие электромотора на механизм М. в. допускается только в небольших М. в. и применяется довольно редко. Механизмы, в к-рых производится предварительное накопление потенциальной энергии, устраиваются т. о., что электромотор производит натяжение или сжатие пружин, а в требуемый момент пружины освобождаются и производят включение. Вместо пружин иногда применяется падающий груз. Механизмы, основанные на предварительном накоплении энергии в кинетич. форме, устраивают



Фиг. 1.

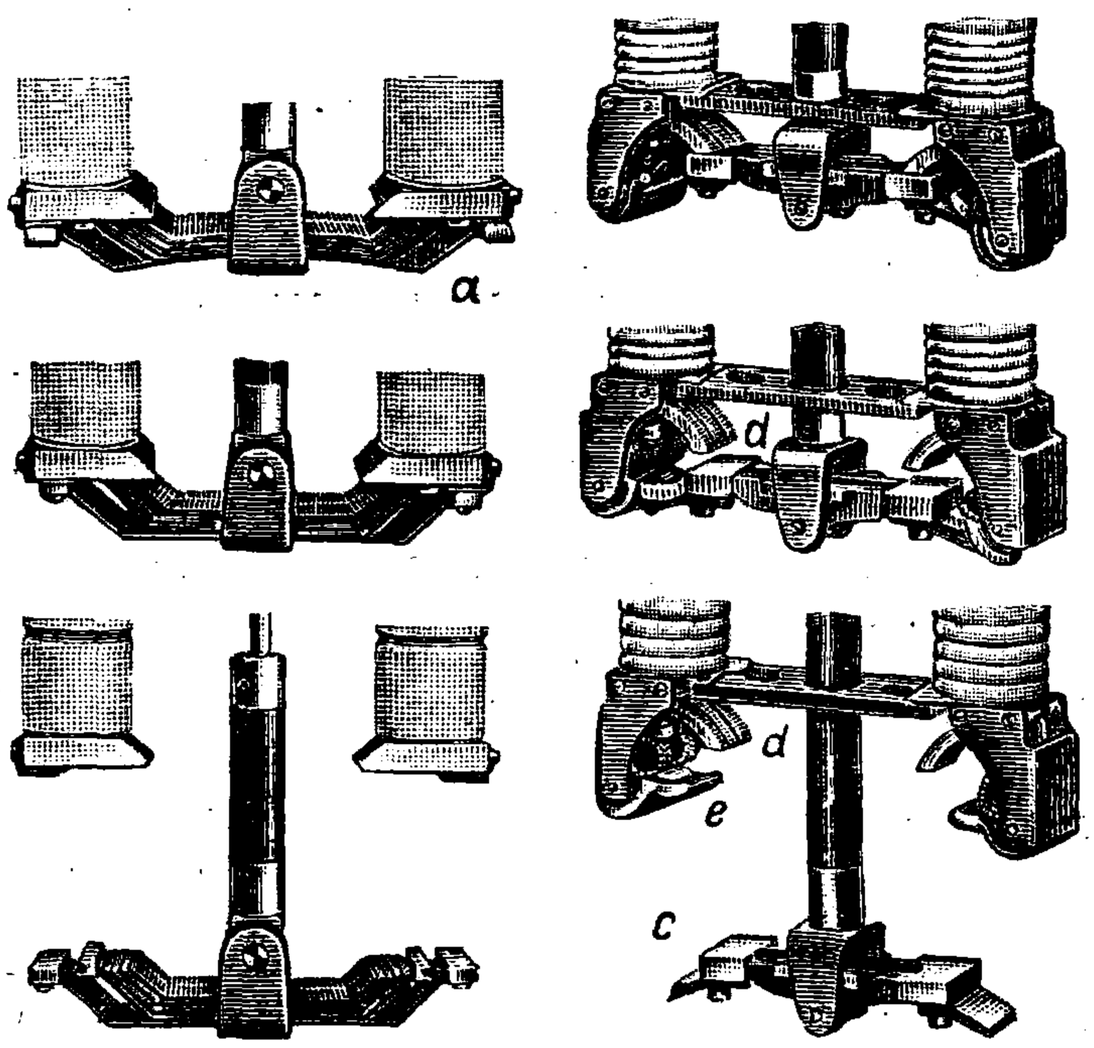
так. обр., что электромотор сообщает достаточную угловую скорость вращающимся массам. Для включения М. в. используют развивающуюся при этом центробежную силу (напр. фирмой General Electric Co. в Америке) или инерцию вращающихся частей (напр. фирмой ASEA в Швеции). На фиг. 1 изображен внешний вид М. в. с ручным управлением и с двумя пристроенными максимальными выключающими катушками с механизмами, допускающими установку на различную степень перегрузки и на различную выдержку времени. На фиг. 1: *1*—выключающий электромагнит, *2*—механизм выдержки времени, *3*—механизм свободного расцепления.

В работе М. в. можно разграничить 4 момента; соответственно каждому из них к М. в. предъявляются особые требования. Эти моменты следующие: выключенное положение М. в., включенное положение его, процесс включения и процесс выключения. а) В выключенном положении М. в. должен удовлетворять только условиям надежности изоляции между фазами, между фазами и землей и между разомкнутыми полюсами каждой фазы. Эта надежность обеспечивается надлежащим выбором расстояний, качеством изолирующего материала и состоя-

нием масла. Надежность изоляции проверяется путем испытания М. в. повышенным напряжением. Величина испытательного напряжения, согласно нормам Главэлектро, утвержденным IX Всесоюзным электротехническим съездом, принимается равной двойному с четвертью линейному напряжению плюс 2 000 V. Однако эти нормы следует рассматривать как минимальные. Для станционных и линейных М. в. в настоящее время требуются повышенные нормы. Германские фирмы и з-ды ВЭО (Всесоюзного электротехнич. объединения) принимают для таких М. в. обычно величину испытательного напряжения равной двойному линейному напряжению плюс 20 000 V. Для выключателей до 60 000 V включительно эти нормы дают бо́льшую величину испытательного напряжения, чем нормы Главэлектро.

б) В о **в к л ю ч е н н о м** п о л о ж е н и и М. в. точно так же должен удовлетворять условиям надежности изоляции и в то же время не должен при номинальном рабочем токе перегреваться выше допустимых норм. Согласно нормам Главэлектро, $t°$ перегрева масла не должна превышать $t°$ окружающей среды более чем на 35°. При коротких замыканиях возможно кратковременное прохождение через М. в. токов очень большой силы, к-рые вызовут значительный перегрев токоведущих частей М. в. и создадут в них появление значительных электродинамических усилий. Кратковременные перегревы от токов короткого замыкания не нормируются. Заводы, изготовляющие М. в. на основании собственных расчетов и опыта, обычно указывают предельный допустимый для данного выключателя ток короткого замыкания и время его прохождения.

в) П р о ц е с с **в к л ю ч е н и я**, в особенности при существующем за М. в. повреждении в сети, когда включение М. в. создает условия внезапного короткого замыкания и вызывает появление очень больших токов, является для М. в. весьма ответственным. Т. к. при этом, в случае неисправности действия включающего механизма, не исключена возможность аварии, процесс включения следует считать не менее ответственным, чем процесс выключения. При включении, в тот момент когда расстояние между подвижными и неподвижными контактами становится малым, происходит пробой слоя масла и возникает дуга. Расстояние между контактами в момент возникновения дуги, при хорошем состоянии масла, бывает очень мало и зависит от величины действующего в цепи напряжения. Если скорость движения контактов в этот момент достаточно велика, то время существования дуги весьма незначительно (порядка 2—3 десятитысячных секунды при 6 600 V), сила тока за этот период времени не успеет возрасти до значительной величины, и появление дуги не повлечет за собой никаких вредных последствий. Начиная от момента касания искрогасительных контактов, сила тока будет продолжать возрастать и вызовет местный нагрев контактов в точках касания. При большой силе тока и при недостаточной скорости включения нагрев контактов м. б. столь значительным, что вызовет их обгорание и даже приваривание. Кроме того при большой силе тока (в десятки тысяч А) возможно появление значительных электродинамич. усилий, стремящихся уменьшить скорость подвижных контактов и препятствующих включению. Поэтому включающий механизм д. б. достаточно силен для того, чтобы противодействующие электродинамич. усилия не смогли уменьшить скорость включения до опасных пределов. Запас кинетич. энергии движущихся частей является в этом случае весьма благоприятным фактором, помогающим преодолевать усилия, препятствующие включению. Следует иметь в виду, что в тех случаях, когда мгновенное значение силы тока короткого замыкания достигает порядка 25—30 000 А, ручное включение является операцией рискованной и должно заменяться включением механическим. Возможность повреждения контактов при включении М. в. на короткое замыкание зависит в значительной степени также от конструкции самих контактов. Их устройство д. б. таково, чтобы действующие на них электродинамич. усилия не отгибали их и не ослабляли силы, прижимающей контакты друг к другу. На фиг. 2 и 3 изображены контакты, применяемые фирмой General Electric Co. для выключателей типа FK-132. Электродинамич. усилия, действующие на подвижную часть контактов, стремятся отогнуть их книзу. Мягкий щеточного типа подвижной контакт *a* (фиг. 2) не в состоянии противостоять большим отгибающим усилиям и поэтому при больших силах тока короткого замыкания заменяется конструкцией, изображенной на фиг. 3. Здесь подвижной контакт *c* является конструкцией совершенно

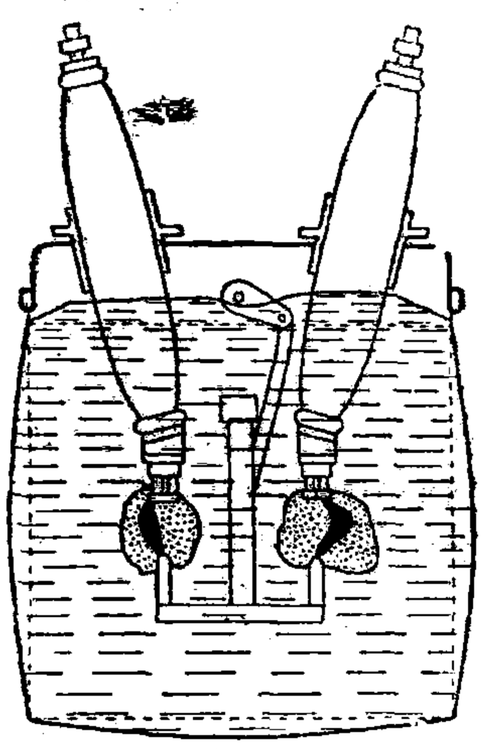


Фиг. 2. Фиг. 3.

жесткой, а щетки *d* перенесены на неподвижную часть. Электродинамич. усилия будут действовать на щетки *d* и на искрогасительные контакты *e* вниз и следовательно будут еще сильнее прижимать их к жесткой подвижной части.

г) П р о ц е с с в ы к л ю ч е н и я наиболее ответственным и тяжелым для М. в. является тогда, когда выключается ток короткого

замыкания. Происходящие при этом явления имеют следующий характер. Первоначально размыкаются главные контакты М. в., и ток продолжает проходить через вспомогательные (искрогасительные) контакты. Через очень небольшой промежуток времени начинается расхождение вспомогательных контактов, и затем процесс образования дуги. Этот период сопровождается усиленным выделением энергии внутри бака М. в. Под влиянием весьма интенсивного испарения и разложения масла, вокруг дуги образуется газовый пузырь, быстро увеличивающийся в объеме и вызывающий повышение давления в баке (фиг. 4). При переходе силы тока через каждые полпериода через нуль дуга гаснет и затем вновь восстанавливается, до тех пор пока расстояние между контактами не увеличится настолько, что дальнейшее восстановление дуги станет невозможным. Осциллографич. картина процесса выключения представлена на фиг. 5. (*I*—сила тока, *e*—напряжение на дуге). Время существования дуги зависит от скорости движения контактов и от их конструкции и в хороших современных М. в. весьма невелико, порядка 0,02—0,05 ск. при 6 600—22 000 V, а при бо́льших напряжениях несколько более. Выделяющаяся при этом в баке М. в. энергия в весьма сильной степени зависит от целого ряда обстоятельств, определяемых конструкцией выключателя и свойствами размыкаемой цепи. По данным литературных источников эта энергия определяется эмпирич. формулой:



Фиг. 4.

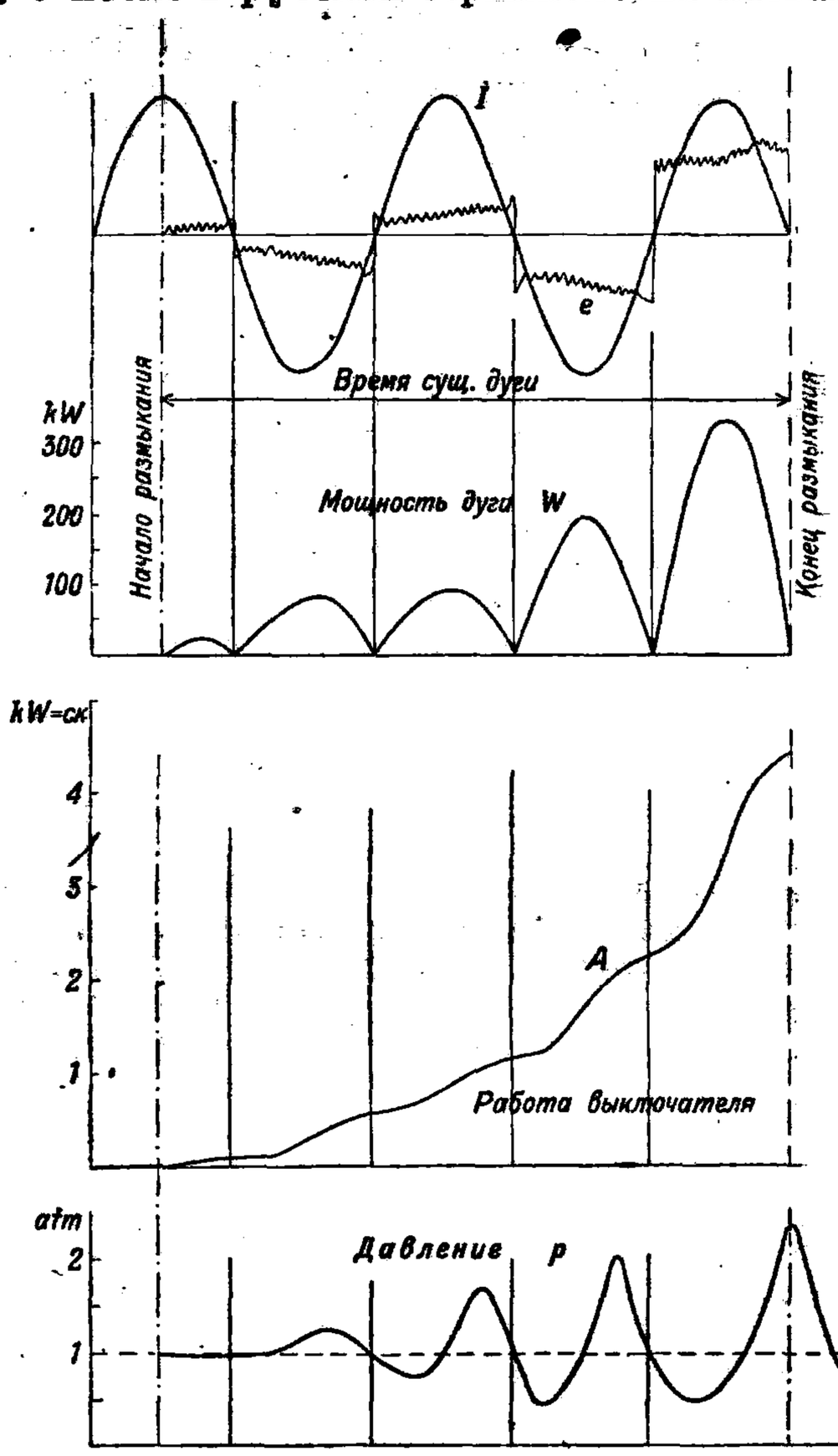
$$A = (0{,}02 \div 0{,}10) \cdot E \cdot I \cdot t \text{ W-ск.}$$

на фазу. Здесь *E*—эффективное значение фазного напряжения, *I*—эффективная сила тока короткого замыкания в момент начала расхождения контактов, *t*—время в ск. На самом деле количество выделившейся в каждой фазе М. в. энергии

$$A = \int_0^t e \cdot i \cdot dt,$$

где *e*—напряжение на контактах М. в., *i*—сила тока, *t*—время прохождения тока короткого замыкания через М. в. (фиг. 5). Количество выделяющихся при этом газообразных продуктов разложения масла—около 500—800 *см*³ (в горячем состоянии) на 1 kW-ск. выделившейся в баке М. в. энергии. По опытам инж. Кессельринга энергия, выделяющаяся в М. в. при выключении им тока короткого замыкания, распределяется след. образом: на деформацию бака—3%, на работу газового пузыря—2%, на испарение и ионизацию масла—90,5%, на нагрев контактов—4,5%. Конечно эти цифры относятся только к какой-то определенной конструкции М. в. и к определенным условиям работы; при других условиях они могут измениться. При нек-рых опытах наблюдалось, что с увеличением силы выключаемого тока время существования дуги и количество выделяющейся энергии уменьшается. Это объясняется электродинамическим действием на дугу более сильных токов, растягивающих и задувающих ее. Скорость движущихся контактов при выключении обычно не превосходит 1,3—1,8 *м/ск.* Скорость увеличения общей длины дуги будет больше во столько раз, сколько имеется мест разрыва; напр. в М. в. с 6-кратным разрывом эта скорость будет порядка 8—9 *м ск.*

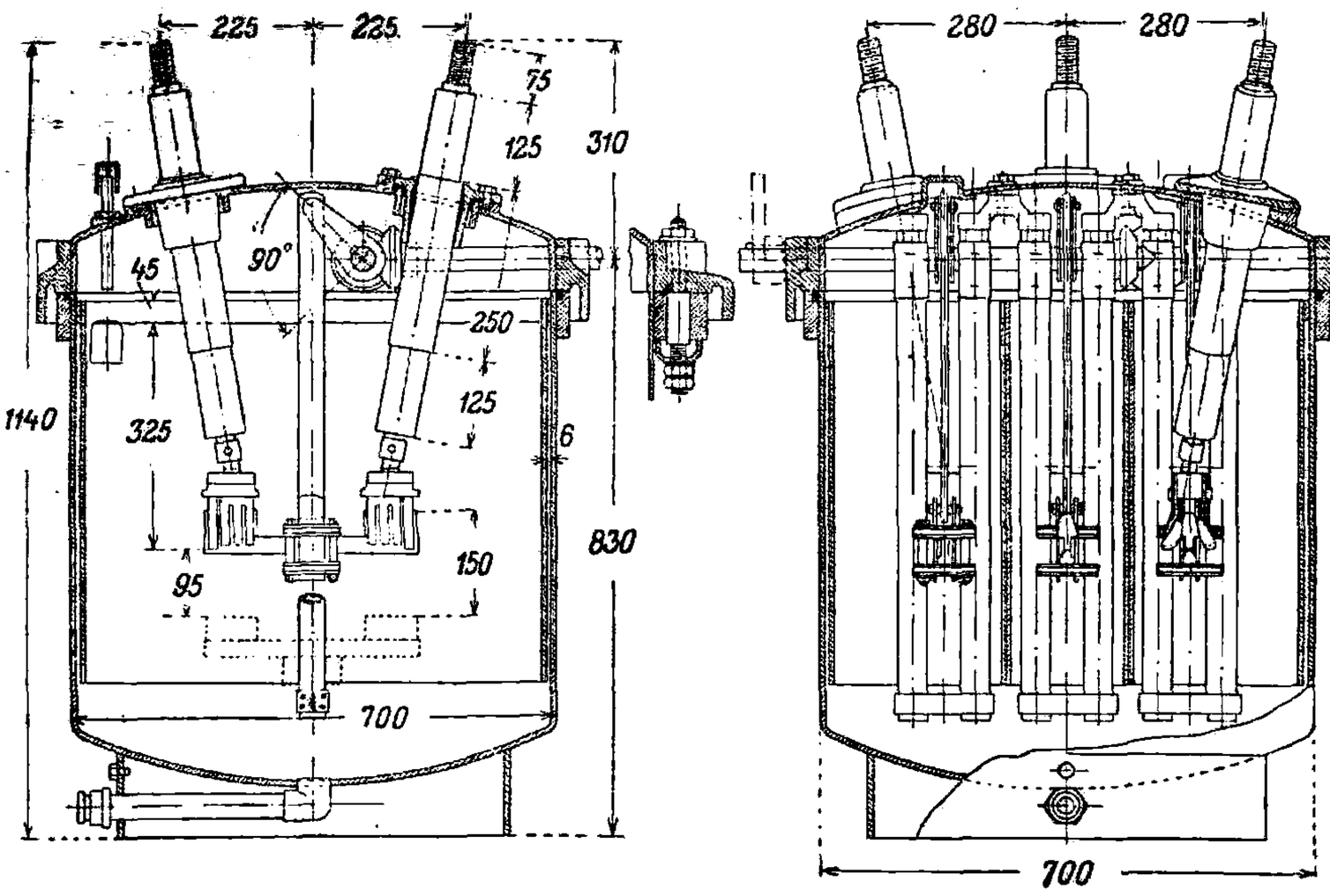
Наибольшая сила тока, к-рую М. в. может разомкнуть при заданном напряжении, носит название р а з р ы в н о й с и л ы т о к а. Разрывная сила тока зависит от напряжения и с увеличением напряжения уменьшается т. о., что произведение разрывной силы тока на напряжение остается приблизительно постоянным или несколько уменьшается с увеличением напряжения. Произведение рабочего напряжения на соответствующую ему разрывную силу тока и на $\sqrt{3}$ носит в русской терминологии название



Фиг. 5.

р а з р ы в н о й м о щ н о с т и. Точного, согласованного определения величины разрывной мощности пока не существует, и в правилах различных стран даются различные определения [1]. Испытания М. в. на их разрывную мощность довольно затруднительны, т. к. для этого требуются весьма мощные источники электрич. энергии. Для этой цели приходится пользоваться сетями

электрических станций, устраивая в них искусственные короткие замыкания. Наиболее крупные электротехнич. фирмы имеют для этой цели специальные испытательные станции, на к-рых устанавливаются особые генераторы мощностью до 100 000 kVA. В настоящее время строят М. в. для разрывной мощности до 2 500 000 kVA.

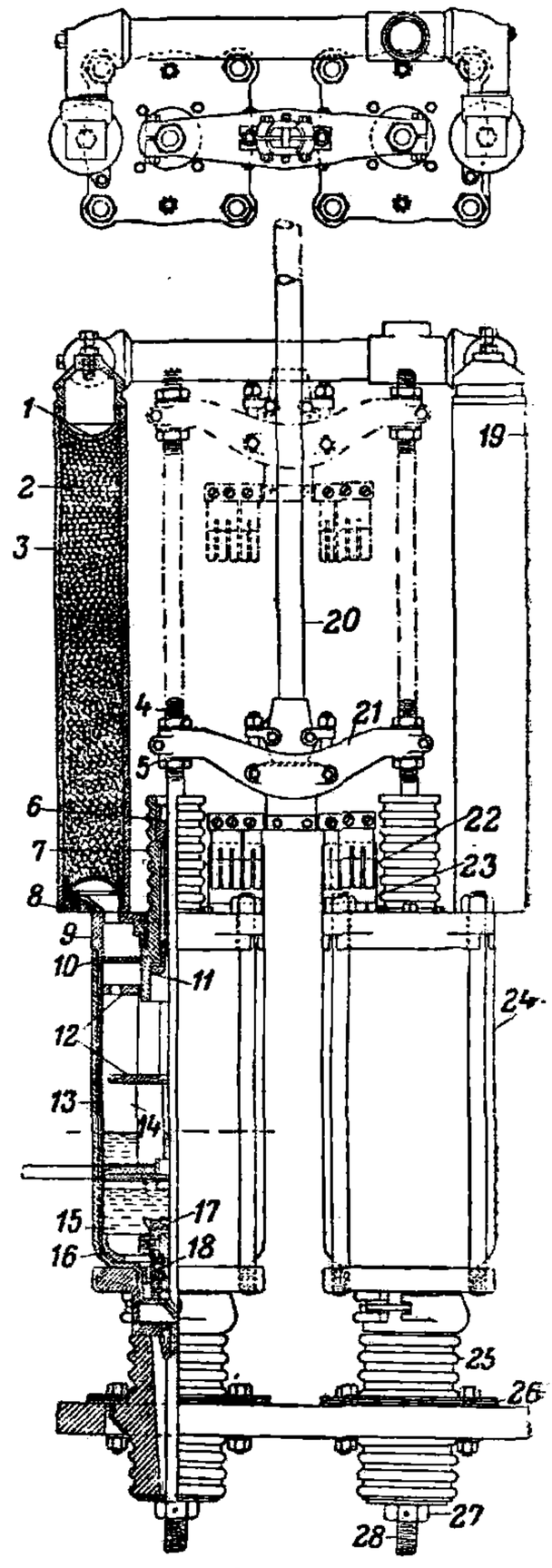


Фиг. 6.

Выбор М. в. должен производиться по следующим его характеристикам: 1) рабочее напряжение, 2) рабочая сила тока, 3) испытательное напряжение, 4) разрывная сила тока, 5) предельная сила тока, определяющая термич. устойчивость М. в. в течение определенного промежутка времени, напр. 1 или 5 ск., 6) предельная сила тока (амплитудное значение), определяющая электродинамич. прочность М. в. и мощность включающего механизма.

Конструкция М. в. отличается большим разнообразием. Форма баков и толщина стенок выбираются с таким расчетом, чтобы бак мог выдержать возникающие в нем давления. Прямоугольные баки применяются при небольших разрывных мощностях, для больших мощностей применяются овальные или круглые баки. При напряжениях свыше 20—30 kV обычно применяется отдельный бак для каждой фазы. В тех случаях когда все три фазы помещаются в одном баке, между ними ставят перегородки из изолирующего материала. На фиг. 6 показан в разрезе М. в. фирмы Сименс-Шукерт (с двукратным разрывом на фазу) с круглым баком для напряжений до 10 000 V, разрывной мощностью ок. 200 000 kVA.

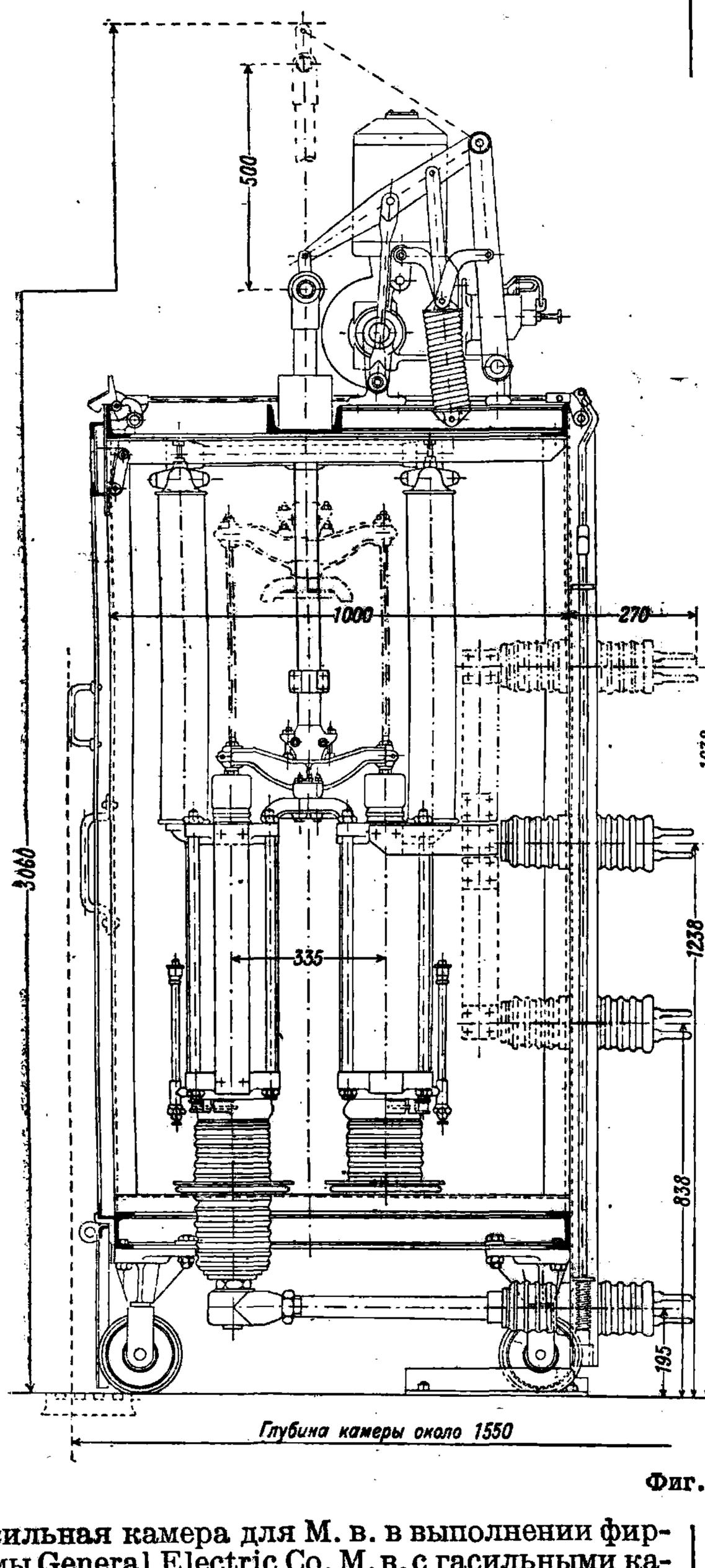
Весьма надежными по конструкции и пользующимися большим распространением в Америке являются 6-баковые М. в. фирмы General Electric Co. Благодаря малому содержанию масла и большой прочности бака эти М. в. не подвергаются опасности взрыва, что иногда случается с М. в. других конструкций. На фиг. 7 показано устройство баков и контактных частей такого М. в. фирмы General Electric Co. для напряжения в 7 500 V, 800 A рабочего тока и 46 000 A разрывного тока. На фиг. 7: *1*—маслоотражатель; *2*—кварцевые камешки; *3*—трубка из изолирующего материала; *4*—подвижной стержневой контакт; *5*—муфта; *6*—лабиринт; *7*—фарфоровый изолятор; *8*—основание; *9*—крыша; *10*—горизонтальная перегородка; *11*—оправа изолятора; *12*—горизонтальн. перегородки; *13*—изолирующие обкладки; *14*—стойки для укрепления горизонтальных перегородок; *15*—взрывная камера; *16*—изолирующее кольцо; *17*—оправа контакта; *18*—неподвижный контакт; *19*—маслоотделитель; *20*—шток из изолирующего материала; *21*—крестовина; *22*—контактные пальцы; *23*—основание контактов; *24*—стальной бак с маслом; *25*—фарфоровый изолятор; *26*—фланец для укрепления изолятора; *27*—контактная гайка; *28*—контактный винт. На фиг. 8 показан чертеж М. в. подобной же конструкции на тележке с электромагнитным включающим механизмом на 6 600 V, 1 000 A, в выполнении завода «Электроаппарат» в Ленинграде.



Фиг. 7.

Для ускорения и облегчения процесса гашения дуги нек-рые фирмы применяют многократный разрыв, устраивая М. в. таким образом, что разрыв контактов происходит одновременно в нескольких местах; общая длина дуги при этом, при той же скорости подвижных контактов, увеличивается быстрее. Однако такое устройство несколько усложняет конструкцию. Устройство это применяется фирмами: Броун-Бовери, Сименс-Шукерт, Atelier des constructions électriques de Delle и др. С той же целью ускорения процесса гашения дуги и уменьшения энергии, выделяющейся в баке М. в. применяют так наз. гасильные камеры, представляющие собою прочный сосуд, надеваемый на неподвижные контакты М. в. и помещающийся в баке с маслом. Основным требованием, предъявляемым к гасильной камере, д. б. ее вполне надежная изолирующая спо-

собность и достаточная механич. прочность. Возникающие внутри камеры при выключении тока короткого замыкания большие давления, достигающие десятков *atm*, нередко бывали причиной разрушения камеры и вызывали аварию М. в. На фиг. 9 изображена га-

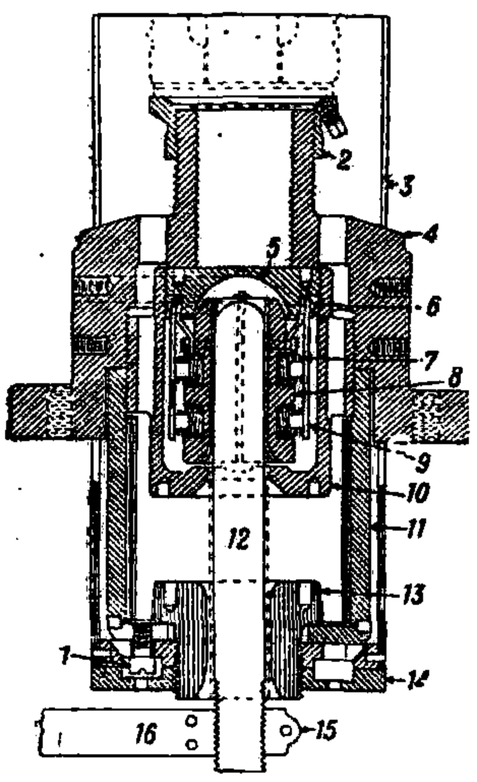


Фиг. 8.

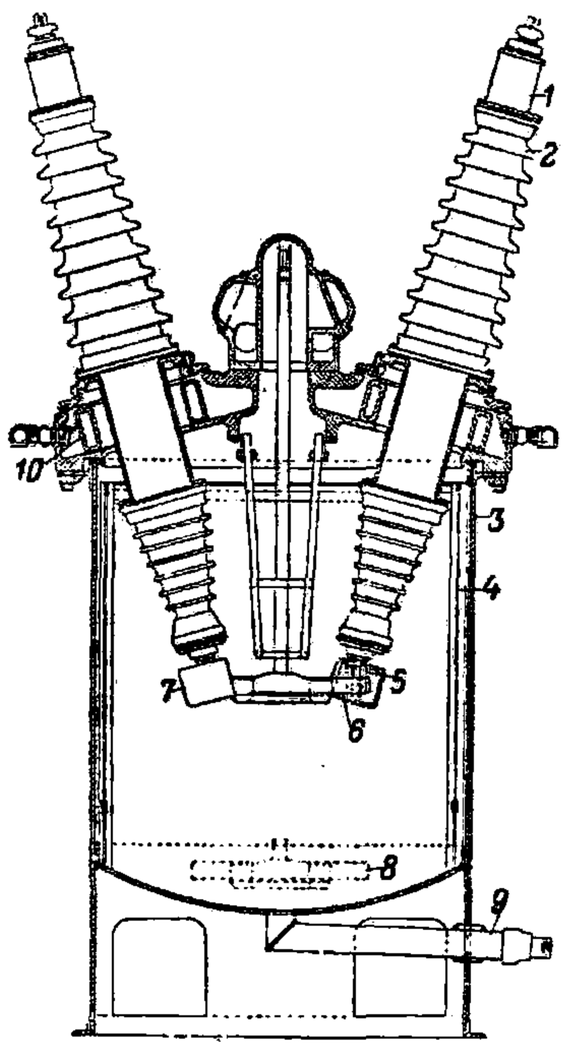
сильная камера для М. в. в выполнении фирмы General Electric Co. М. в. с гасильными камерами строятся фирмами General Electric Co. в Америке, AEG в Германии и другими. На фиг 9: *1*—винт, удерживающий изолирующую покрышку; *2*—обойма; *3*—изолирующая труба; *4*—адаптер; *5*—верхнее днище камеры; *6*—винты; *7*—пружины, прижимающие контакты; *8*—контактные сегменты; *9*—плоская пружина; *10*—контактная коробка; *11*—взрывная камера; *12*—контактный стержень; *13*—горловина из изолирующего материала; *14* — нижнее днище из изолирующего материала; *15* — контактная траверса; *16*—то же.

М. в. очень часто выполняют т. о., что допускается их установка непосредственно под открытым небом (тип Out door). В М. в. на очень большие напряжения, от 60 до 220 kV, весьма существенной частью является проходной изолятор, предназначенный для подвода тока к контактам. Необходимость выдержать достаточно большие расстояния в масле и в воздухе заставляет строить такие М. в. довольно больших размеров. Высота М. в. на 220 kV достигает напр. 7 *м*. На фиг. 10 приведен вид в разрезе М. в. фирмы General Electric Co. для напряжений от 110 до 154 kV. На фиг. 10: *1*—стеклянный стакан для наблюдения за уровнем масла во втулках изоляторов; *2*—фарфоровая оболочка изолятора; *3*—бак; *4*—изолирующая обкладка; *5*—неподвижные пальцевые контакты; *6*—подвижный контактный нож в замкнутом положении; *7*—электростатический экран; *8*—контактный нож в разомкнутом положении; *9*—труба для выпуска масла; *10*—измерительный трансформатор тока. В настоящее время многие

фирмы выполняют М. в. в виде совершенно закрытой конструкции, не имеющей снаружи никаких частей, находящихся под напряжением. Подвод и отвод тока к таким М. в. производится кабелем, через кабельную муфту или через втычные контакты, размыкающиеся при откатывании М. в. Такие бронированного типа М. в. изготовляются фирмами Сименс-Шукерт [2], Фельтен-Гильом, Фойгт и Гефнер в Германии, а также многими англ. и америк. фирмами, например: Metropolitan-Vickers, General Electric Co., Allis Chalmers и друг. Несмотря на значительные успехи в об-



Фиг. 9.



Фиг. 10.

ласти конструирования и постройки М. в., все же продолжаются попытки создать тип мощного выключателя, вовсе не содержащего масла. Делались попытки применить и пустотные выключатели [3]. В последнее время фирма «Вестингауз» разработала тип мощного воздушного выключателя под названием Deion [4].

Лит.: 1) Kopeliovitch J., A propos de la normalisation internationale des interrupteurs dans l'huile, «RGE», 1928, *17*; 2) Gussgekapselte Ölschalter, «Siemens-Ztschr.», B., 1928, H. 12; 3) «JAIEE», 1926, *12*; ibid., 1927, *2*, p. 181; 4) ibid., 1929, *2*.

Лютер Р., Электрич. силовые установки, Распределительные устройства, Л., 1926; Сушкин Н. И. и Глазунов А. А., Центр. электрич. станции и их электр. оборудование, М.—Л., 1927; Поярков М. Ф., Центр. электрич. станции, 2 изд., М.—Л., 1927; Эпштейн Г. Л., Районные трансформаторные подстанции, Киев, 1929; Залесский А. М., Соврем. конструкции масляных выключателей, «Электричество», М., 1922, *2*; Брауде Л. Б., О наилучшем типе масляного выключателя, «Изв. ГЭТ», М., 1927, *8*; его же, Об испытании масляных выключателей, там же, *4*; Воронов Б. А., О требованиях, предъявляемых к масляным выключателям и их выборе, там же, 1929, *2—3*; Акц. об-во Сименс-Шукерт, Бронированные выключатели высокого напряжения, информ. бюллетень «Электроимпорт», 1929, *3*, прилож. к журн. «Электричество», М., 1929, *5—6*; Rüdenberg R., Elektrische Schaltvorgänge, Berlin, 1926 (теоретич. исследование процессов включения и выключения); Biermanns J., Überströme in Hochspannungsanlagen, B., 1926 (явления, связанные с коротким замыканием; довольно много посвящено вопросу о масл. выключателях); Roth A., Hochspannungstechnik, Berlin, 1927 (среди прочего материала уделено внимание вопросам работы масл. выключателей и их конструкции); Kesselring F., Elektrische Schaltgeräte, Anlassen u. Regler, B.—Lpz., 1928; Bauer B., Die Untersuchungen an Ölschaltern, «Bulletin des Schweizer Elektrotechn. Vereins», Zürich, 1915, *8*; Charpentier P., «RGE», 1923, *5*; Biermanns J., Ölschalterversuche, «ETZ», 1927, *32*, *33*; Kesselring F., Beitrag z. Lösung d. Ölschalter-Problems, ibid., *35*, *36*, p. 1277, 1312; Kloninger H., Beitrag z. Ölschalterfrage, «EuM», 1927, H. 20; Bendmann, Löschkammerform u. ihre Wirkung, «ETZ», 1928, *7*, p. 252; Kopeliowitch J., Ölschalterversuche, ibid., *18*, p. 676; McNeill, Oil Circuit Breakers, «JAIEE», 1928, Oct., p. 723; Clerc A., Études des pare-étincelles, «RGE», 1928, t. 24, *6,7* (вопрос о поведении контактов при сильных токах); Schneehage, Gussgekapselte Hochspannungschaltanlagen, «ETZ», 1928, *5*.

Б. Воронов.

МАССА, постоянное для данного тела отношение между силою, действующей на тело, и вызываемым ею ускорением, характеризующее степень динамич. инертности тела. Пусть на нек-рую материальную точку действует сила $\boldsymbol{F}$ и пусть сопутствующее действию силы ускорение точки будет $\boldsymbol{a}$. Экспериментальным путем доказано: 1) что величина силы F прямо пропорциональна величине ускорения a, 2) что направление силы $\boldsymbol{F}$ совпадает с направлением $\boldsymbol{a}$. Обозначая постоянный фактор пропорциональности между F и a через m, имеем:

$$\frac{F}{a} = m, \qquad (1)$$

$$\boldsymbol{F} = m\boldsymbol{a}. \qquad (2)$$

Величина m и есть М. данной материальной точки. Из самого определения видно, что m есть величина скалярная и существенно положительная. В частности, если действующая на материальную точку сила есть сила веса $\boldsymbol{P}$, а сопутствующее этому воздействию ускорение—$\boldsymbol{g}$, то аналогично (1) и (2) имеем:

$$\frac{P}{g} = m, \qquad (1')$$

$$\boldsymbol{P} = m\boldsymbol{g}. \qquad (2')$$

Из (2) и (1′) имеем также:

$$\boldsymbol{F} = \frac{P}{g}\boldsymbol{a}. \qquad (3)$$

Пусть, далее, одна и та же сила $\boldsymbol{F}$ действует последовательно на две различные материальные точки, принимающие под воздействием этой силы ускорения a_1 и a_2. Т. к. из (1) имеем при этом

$$\frac{F}{a_1} = m_1; \quad \frac{F}{a_2} = m_2,$$

где m_1 и m_2—М. соответствующих точек, то

$$m_1 : m_2 = a_2 : a_1, \qquad (4)$$

т. е. чем больше М. точки, тем меньше ее ускорение. Таким образом М. материальной точки есть постоянная для данной точки величина, характеризующая степень ее динамической инертности при воздействии сил на нее, вследствие чего М., определенную вышеприведенным образом, называют также коэфициентом инерции или инертной М., в отличие от тяжелой М., рассматриваемой при наличии напряжения поля тяготения (см. *Относительности теория*). М. тела обладает аддитивными свойствами: М. тела равняется сумме М. его частей независимо от способа разделения тела на части. В частности, М. тела равняется сумме М. всех его материальных точек.

Если материальные точки, заполняющие объем V, имеют общую М. m, то среднею удельною М. объема, или среднею объемною плотностью, $\mu_{ср.}$ называется масса, приходящаяся на ед. объема:

$$\mu_{ср.} = \frac{m}{V}. \qquad (5)$$

Объемной плотностью μ тела в данной его точке A называется предел отношения М. бесконечно малой части тела, окружающей

точку, к объему этой же части при бесконечном приближении последнего к рассматриваемой точке, т. е.

$$\mu = \lim_{\Delta V \to A} \left(\frac{\Delta m}{\Delta V}\right) = \frac{dm}{dV}. \qquad (6)$$

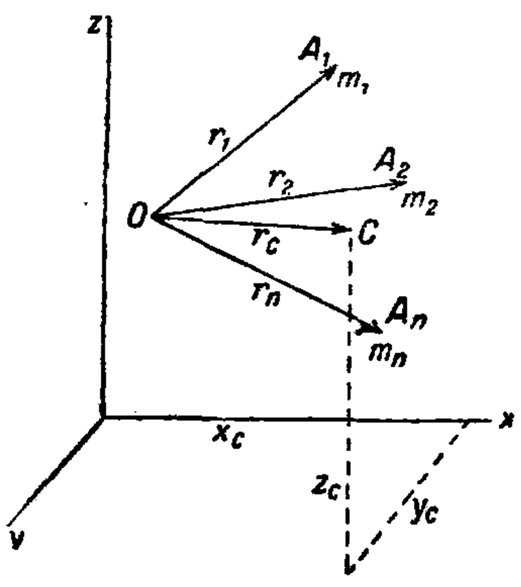
В общем случае μ—нек-рая ф-ия положения точки A в самом теле, т. е. $\mu = \mu(x, y, z)$, где x, y, z—координаты точки A по отношению к системе осей координат, связанных с самим телом. Если, в частности, плотность во всех точках тела одна и та же, то тело называется о д н о р о д н ы м; в противном случае тело н е о д н о р о д н о. В первом случае средняя плотность для любой части тела равняется плотности в любой точке его. Из (6) имеем для общего случая:

$$m = \int_{(V)} \mu(x, y, z) \cdot dV. \qquad (7)$$

Для однородного же тела, т. к. $\mu = \text{Const}$, из (7) имеем:

$$m = \mu V. \qquad (7')$$

Если материальные точки заполняют определенную поверхность или линию, то аналогичным образом определяются средние поверхностная или линейная плотности, а также поверхностная или линейная плотности в данной точке. Пусть имеется система точек $A_1, A_2, \ldots, An$, массы которых равны $m_1, m_2, \ldots, m_n$ и положения которых по отношению к нек-рой системе отсчета с началом O определяются радиусами-векторами $r_1, r_2, \ldots, r_n$ (см. фиг.).



Ц е н т р о м массы или ц е н т р о м и н е р ц и и данной системы точек называется точка C, положение к-рой определяется радиусом-вектором r_c, так что

$$r_c = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i r_i}{m}, \qquad (8)$$

где $m = \sum_{i=1}^{n} m_i$. В декартовых координатах имеем вместо (8)

$$x_c = \frac{\Sigma m_i x_i}{m}; \; y_c = \frac{\Sigma m_i y_i}{m}; \; z_c = \frac{\Sigma m_i z_i}{m}. \qquad (8')$$

О роли центра М. в динамике см. *Механика теоретическая*. Центр М. совпадает с ц. т. системы. Если материальные точки заполняют нек-рый объем V, то вместо (8) имеем:

$$r_c = \frac{\int_{(V)} dm \cdot r}{m}, \qquad (9)$$

где dm—М. какой-либо точки или элемента объема, а r—радиус-вектор, определяющий положение этого элемента. О размерности и единицах измерения М. см. *Абсолютная система мер*.

Лит.: F e l g e n t r a e g e r W., Massenmessung, Handb. d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 2, Berlin, 1926; W e i n s t e i n B., Handb. d. physikalischen Massbestimmungen, B. 2, Berlin, 1888; см. также *Механика теоретическая* и *Относительности теория*.

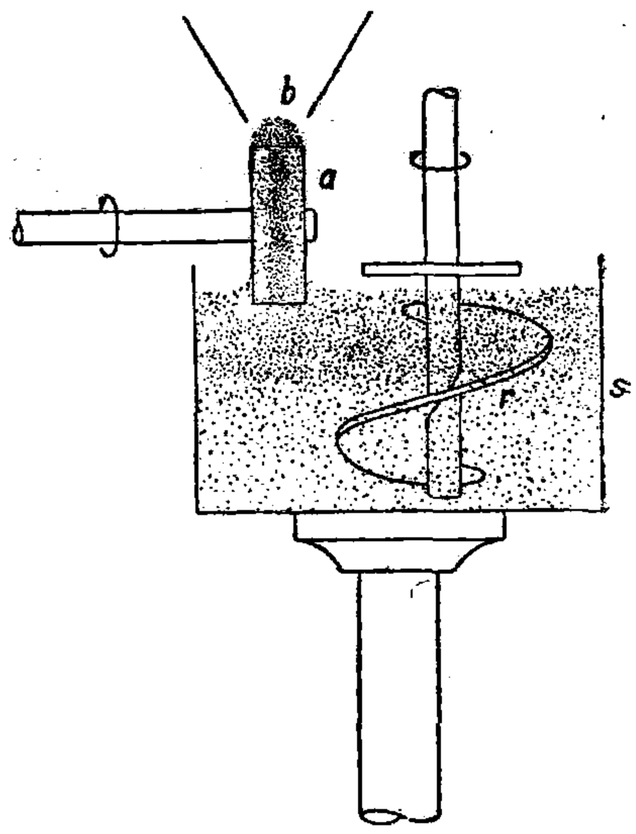
М. Серебренников.

МАССИКОТ, окись свинца, PbO, в виде аморфного видоизменения красновато-желтого цвета, получаемая при окислении металлического свинца плавлением на воздухе при относительно низких $t°$ [при более сильном прокаливании получается кристаллич. окись свинца—т. н. г л е т (см. *Глет свинцовый*)]. Чистый М. растворим в кислотах и щелочах. Применяют М. при приготовлении свинцового сурика. Как самостоятельная краска М. почти не применяется. В керамике М.-применяют для приготовления глазурей, кроме того М. применяют для приготовления замазок, пластырей.

Лит.: см. *Краски минеральные*.

МАССОВОЕ И СЕРИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, см. *Организация производства*.

МАССОВЫЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ, прибор для получения очень коротких электромагнитных волн, лежащих на шкале электромагнитных волн между самыми короткими электромагнитными и самыми длинными тепловыми волнами. Обычный способ получения коротких электромагнитных волн—способ вибратора Герца—при попытках получения этих промежуточных волн оказался технически трудно применимым на практике: отношение длины испускаемой вибратором волны к длине вибратора, равное 2 для длинных волн, возрастает до 4,5 и более при переходе к очень коротким волнам; энергия излучения с уменьшением длины волны падает; длина волны не остается постоянной, т. к. размеры вибратора изменяются от сгорания его под действием искр, возбуждающих колебания. М. и. свободен от этих недостатков. Вместо одного маленького вибратора Герца, укрепленного в твердом диэлектрике, он содержит множество маленьких вибраторов, металлич. опилок, взвешенных в жидком вязком диэлектрике; для защиты вибраторов от сгорания при действии искры эта смесь металлич. опилок и жидкого диэлектрика—вибрационная масса—приводится в постоянное движение, обусловливающее смену одних опилок другими; одновременное действие многих вибраторов дает более интенсивное излучение, чем один вибратор. Устройство М. и. (см. фиг.) таково: s — стеклянный сосуд, содержащий вибрационную массу—смесь латунных или алюминиевых опилок с машинным маслом. Мешалка r приводит эту смесь в движение и превращает ее в однородную кашицеобразную массу. Вращающимся карболитовым колесиком a часть массы захватывается из сосуда и под действием центробежной силы располагается на нем в виде жидкой шины. Через эту шину в b пропускают искры от индуктора. Весь участок b, заключающий места вхождения искр в массу шины и промежуток между



ними, испускает очень короткие электромагнитные—ультрагерцовы—волны различной длины: от нескольких *см* до 0,1 *мм*.

Лит.: Глаголева-Аркадьева А. А., Новый источник электромагнитн. волн ультрагерцовой частоты, «Труды Гос. эксперим. электротехн. ин-та», М., 1924, *2145*; ее же, «ТиТбП», 1924, *23*; Glagolewa-Arkadiewa A., «Zeitschrift für Physik», Brschw.—B., 1924, B. 24, p. 153; Glagolewa-Arkadiewa A., «Nature», L.—N. Y., 1924, May, p. 640.

А. Глаголева-Аркадьева.

МАССОВЫЙ СПЕКТРОГРАФ, прибор Астона для исследования *изотопов* (см.), дающий возможность с большой точностью определять отношение электрического заряда к массе, а следовательно и массу положительно заряженных частиц, образующих каналовые (анодные) лучи (см. *Лучи корпускулярные*). Прибор и метод Астона является основным «микрометодом»—элементарным методом определения *молекулярного веса* (см.), который позволяет измерять массы отдельных заряженных частиц (атомов и их групп).

МАСТИКИ, б. или м. твердые составы на смоляном, битуминозном или смоло-камедном (или иногда серном) основании, способные обратимо плавиться и вновь затвердевать неопределенное число раз и при застывании прочно приставать к поверхностям, на которые они наносятся. Главная технич. функция М. состоит в механич. соединении отдельных твердых тел, вторичная функция в сообщении газо- и жидкостенепроницаемости и третичная функция (возможная в силу вышеуказанного химич. характера М. и их вторичной функции)—в электрич. изоляции. Вследствие нек-рой расплывчатости понятия М., объем его устанавливается различными авторами различно; однако признаки: обратимая плавкость и твердость при комнатной $t°$ и указанный выше химический характер наиболее отвечают исходному понятию о М., согласно названию смолы мастикс, из которой изготовлялись первоначальные М.

Классификация М. может проводиться по их функции (табл.1) и по их химич. составу

Табл. 1.—Функциональная классификация мастик.

- Мастики
  - Склеивающие М.
    - Для фарфора
    - » стекла
    - » керамич. изделий
    - » каменных пород
    - » металла
    - » линолеума
    - кислотоупорные
    - щелочеупорные
  - *Сургучи* (см.)
  - Древесный клей (см. *Восковые составы*)
  - Копытная мастика
  - Смолки для заливки гальванич. элементов и аккумуляторов (см. *Смолки*)
  - Компаунды для кабельных *муфт* (см.)
  - *Водоупорные склеивающие составы* (см.)
  - Основания нек-рых *пластических масс* (см.)
  - Основания дорожного асфальта (см. *Дороги и дорожное дело* и *Асфальт*)

табл. 2), причем в обеих классификациях нек-рые из М. можно лишь условно разграничить с другими родственными составами; возможны и другие классификации, напр. по $t°_{пл.}$, по цвету и т. д., но они не могут получить общего значения. В настоящей статье рассматриваются гл. обр. М. в узком смысле слова—склеивающие.

Общие технич. условия на склеивающие М. состоят в том, что М. должна быть свойственна: 1) хорошая приставаемость при переходе из расплавленного состояния в твердое к поверхности тел, для склеивания к-рых данная М. предназначена; 2) достаточная твердость при комнатной $t°$ или при более высокой рабочей $t°$; 3) достаточное внутреннее сцепление затвердевшей М. при комнатной $t°$ или при более высокой рабочей $t°$; 4) не слишком большая разница теплового коэф-та расширения М. от такового же склеиваемых тел, во избежание отскакивания М. на морозе; 5) неизменяемость М. от времени как в химическом, так и в структурном отношении; 6) стойкость в отношении химич. воздействий, к-рым М. может подвергаться по условиям своей службы; 7) в нек-рых случаях теплостойкость; 8) влагонепроницаемость и негигроскопичность; 9) в нек-рых случаях высокие изоляционные свойства; 10) темп-ра размягчения не ниже определенной границы; 11) $t°_{пл.}$ не выше определенной границы; 12) отчетливый переход между жидким и твердым состоянием; 13) малая вязкость при $t°$, к к-рой М. приводится в процессе нанесения на поверхность; 14) в нек-рых случаях определенный цвет, или прозрачность, или определенная фактура поверхности (блеск, матовость и т. д.); 15) во многих случаях наличие достаточной значительности одних электрич. характеристик—электросопротивления, электрич. крепости—и достаточная малость других, напр. диэлектрич. потерь, причем значение диэлектрич. коэф-та д. б. по возможности определенным; 16) экономич. доступность М., при цене, отвечающей ценам соответственных продуктов наличного рынка; 17) возможность производства М. из сырья, имеющегося на внутреннем рынке страны.

Табл. 2.—Химическая классификация мастик.

- Мастики
  - Битуминозные
    - Из естественного асфальта
    - » нефтяного гудрона
    - » древесного и других пеков
    - » нафтольной смолы
  - Смоляные
    - Из естественных смол
      - Сосновосмольные
      - Канифольные
      - Мастиксовые
      - Шеллаковые
      - Из аммиачной смолы
    - Из искусственных смол
      - Даммаровые
      - Из заменителя шеллака
      - Глипталевые
      - Амидоформальдегидные
  - Камедесмоляные
    - Каучуковые
    - Гуттаперчевые
  - Восковые
    - Из пчелиного воска
    - » растительных восков
    - » церезина или озокерита
  - Серные

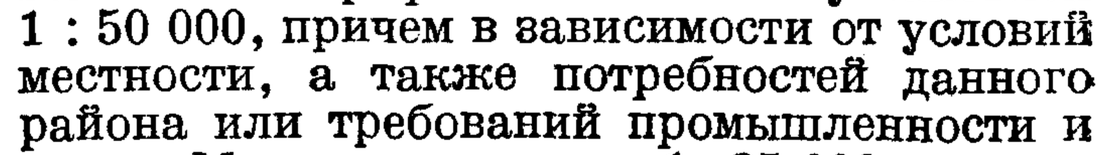
Рецепты М. Из весьма большого числа предлагавшихся М. приводим несколько типичных примеров (в весовых частях). 1) Мастика для склеивания стекла со стеклом: каучука 75, мастикса 15, хлороформа 20. 2) М. для склеивания фарфора и стекла: шеллака в порошке 1, мастикса в порошке 1, перегнанной воды—до получения кашицы; этой массой намазывают места разлома и по высыхании их нагревают до сплавления, прижимая части друг к другу. 3) М. Зингера для склеивания стекла с латунью: сплавляют сосновой смолы 20, воска 4, желтой охры 4, гипса 1. 4) М. для оконных рам: сплавляют канифоли 2, свиного сала 1, мела 10; эта замазка снимается с рам при помощи горячей воды и м. б. применена вто-

рично. 5) М. для прикрепления металлич. букв на стекле: растворяют каучука 5, хлороформа 4, мастикса в порошке 1. 6) М. для фарфоровых пестиков: сплавляют гуттаперчи 1, белого шеллака 1; при употреблении склеиваемые места должны предварительно прогреваться. 7) Мастика для фарфора и глиняной посуды: сплавляют воска пчелиного 1, сосновой смолы 1 и добавляют к горячему составу жженой извести, сколько окажется необходимым. 8) М. для каменных кувшинов: сплавляют серы 1, канифоли 2, порошка камня или кирпича 5. 9) Мастика для статуй и ваз: сплавляют серного цвета 8, воска 35, канифоли 35, окалины 4, мелкого песка 4. 10) М. для камня, цемента и других материалов—зейоделлит: сплавляют серы 19, стекла в мелком порошке 42. 11) Прозрачная М.: растворяют 75 ч. каучука в 60 ч. хлороформа и добавляют мастикса 15. 12) М. для железа и мрамора: сплавляют серного цвета 1, графита 1. 13) М. для аквариумов: сплавляют шеллака в порошке 1, пемзы в порошке 1. 14) М. водоупорная, для аквариумов: сплавляют и раскатывают палочками гуттаперчи 15, черного вара 30, шеллака 1, или: гуттаперчи 10, черного вара 10, с добавкою простого терпентина. 15) М. для керамич. изделий, стойкая против к-т и кислых газов: измельченную каменноугольную золу смешивают с расплавленной серой; или: 16) сплавляют асфальта 80 и каменноугольного дегтя 6, затем добавляют осторожно серного цвета 8 и, по некотором охлаждении, тяжелого шпата 16. 17) М. для укрепления на железе деревянных рукоятей: смешивают порошка шеллака 2 и мела 1; полость наполняют порошком, в который вдавливают нагретую металлическую часть. 18) М. для рукоятей велосипеда: растапливают и смешивают канифоли 200, сосновой смолы 110, терпентина 500, мела 75, скипидара 3. 19) М. для склеивания стекла со стеклом: сплавляют и отливают палочками мастикса 10, лиственничного терпентина 1; склеиваемые места подогревают, натирают палочкой М. и сжимают. 20) М. Уре: растапливают и смешивают сосновой смолы 50, охры 10, гипса 5, льняного масла 3. 21) М. для фарфора: сплавляют серы 6, сосновой смолы 4, шеллака 1, мастикса 2. 22) М. для мрамора: сплавляют белый шеллак и цинковые белила в желательном соотношении. 23) Универсальная мастика: сплавляют асфальта 1, гуттаперчи 1; или: 24) канифоли 1, серы 1, диатомита 1. 25) М. в палочках: сплавляют и раскатывают в палочки шеллака 5, мастикса 5, венецианского терпентина 1. 26) М. для ручек зонтов и тростей: сплавляют шеллак с гипсом или тяжелым шпатом. 27) Мастика для лошадиных копыт: осторожно сплавляют на паровой бане аммиачной смолы 15 и скипидара 5, добавляя постепенно гуттаперчи 30; для придания черного цвета добавляют растертой со скипидаром сажи 1; или: аммиачной смолы 25 и гуттаперчи 40—42. 28) М. для песчаника: смешивают расплавленные порознь серы 1 и смолы 1; к сплаву добавляют просушенную смесь свинцового глета 3, толченого стекла 2; или: 29) смешивают серы 1, каменноугольного пека 1 и воска 0,1, расплавляют и добавляют кирпичной муки 2; при применении М. (28) или (29) заливаемые поверхности д. б. высушены и, если можно, прогреты, а для лучшего приставания смазаны олифой. 30) М. Оствальда: сплавляют на умеренном огне каучука-сырца 2, гашеной извести 1; или: 31) осторожно сплавляют нарезанного мелкими кусочками каучука 150, воска или сала 10 и разминают с суриком 30 и свежегашеной известью в количестве, нужном для желательной консистенции; или: 32) сала 5, каучука 7, сурика 2, извести 2, вводя составные части в указанном порядке. 33) М. для химических приборов: сплавляют воска 1, гуммилака 1 и вводят постепенно гуттаперчи 2. 34) М. для заделки фотографич. ванночек из папье-маше: осторожно сплавляют сирийского асфальта 20, гуттаперчи, нарезанной мелкими кусочками, 5, скипидара 20, льняной олифы 5 и во время растворения добавляют венецианского терпентина 2, канифоли 5. 35) Эластичная М. для закупорки флаконов с крепкими кислотами: расплавляют сала 2, добавляют каучука кусочками 30 и затем каолина в порошке 2. 36) М. для сосудов, содержащих едкие щелочи: просушенного нарезанного кусочками каучука 3 растворяют при 30—40° в бензоле 18, вводят в раствор измельченного парафина 4, и по растворении выпаривают бензола 0,5, а затем добавляют тяжелого шпата и каолина в количестве, необходимом для желаемой консистенции. 37) Упругая мастика для склейки стекла, металла, слоновой кости, фарфора и в нек-рых случаях для примазки стекол: сплавляют при помешивании сапожного вара 10 и гуттаперчи 5; смесь выливают в холодную воду и раскатывают палочками. 38) М. для укрепления жести на дереве: при помешивании растворяют гуттаперчи 2 в расплавленном желтом воске 1 и затем вводят шеллака 2 и льняной олифы 0,1; массу раскатывают в палочки; при употреблении склейка происходит через 24 ч. 39) М. для заделки стеклянных крышек у сосудов с анатомич. препаратами: гуттаперчи 1 расплавляют в кипящем парафине 2; наносят на поверхность предварительно подогретую. 40) М. для эбонита, рога, коралла, слоновой кости, фарфора и стекла: в расплавленной чистой (сорта WW) канифоли 12 растворяют гуттаперчи 10, повышая $t°$ в прикрытом котелке до 150°; при применении опускают во вновь расплавленный состав склеиваемые края предмета и затем сжимают их. 41) М. для стеклянных крыш [1]: к нагретой каменноугольной смоле добавляют небольшими порциями просеянного мела. 42) М. для крыш: каменноугольную смолу смешивают с порошкообразным животным углем; или, по В. Торнеру, 43)—с древесными опилками, после чего смесь упаривают до желаемой консистенции. 44) М. для склейки картона на крышах [2]: хорошо промешанную смесь обезвоженной каменноугольной смолы и хорошо просушенного измельченного мела прогревают до 110—140°. 45) Защитная от ржавчины М. для заделки углов и соединений железных устройств: смешивают выпаренной газовой смолы 100 и цемента 500. 46) М. для конопачения судов: расплавляют пека, получающегося при обжиге угля, 100 и, сняв с огня, добавляют каменноугольной смолы 40.

Лит.: 1) Г. П. 59244; 2) Г. П. 90094.—К л и п г е А., Замазки, цементы и склеивающие вещества, 5 издание, Ленинград, 1928; F r i t s c h J., Colles et mastics d'après les procédés les plus récents, Paris, 1925.

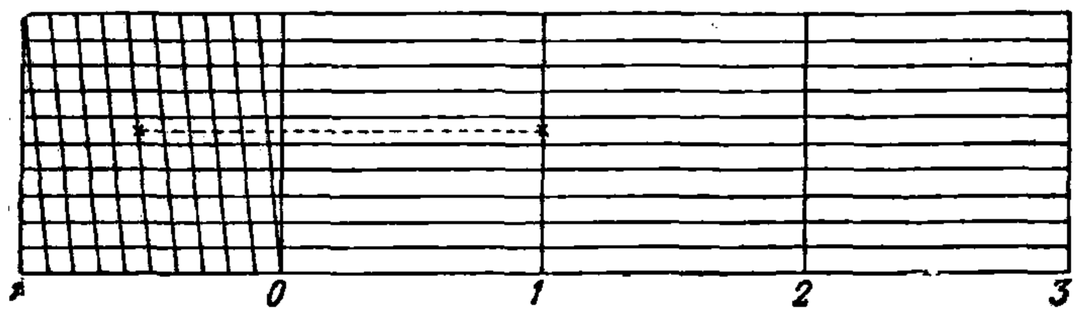
П. Флоренский.

МАСШТАБ, отношение численного значения длины нек-рого определенного отрезка на чертеже или диаграмме к численному значению изображаемой этим отрезком величины; в частности—отношение длин на чертеже к соответств. им длинам в натуре. М.—дробь, числитель к-рого единица, а знаменатель—число, непосредственно указывающее степень линейного уменьшения линий чертежа по сравнению с натурой. Такое соотношение называется ч и с л е н н ы м М. Кроме того на таких чертежах обычно вычерчивается еще и л и н е й н ы й М., в виде линейной шкалы, по к-рой можно при помощи циркуля получить из чертежа длину линии в натуре и, обратно, по длине линии в натуре отложить ее на чертеже. В тех случаях, когда необходимо по одной из осей координат чертежа выделить детали изображаемого объекта, М. берут различные для каждой оси координат: обычно один в 10 или в иное число раз больше другого; это применяется напр. при построении профиля поверхности земли по линии продольного или поперечного нивелирования для большей его выразительности. Основным М. государственных топографических съемок установлен 1 : 50 000, причем в зависимости от условий местности, а также потребностей данного района или требований промышленности и с. х-ва М. укрупняется до 1 : 25 000 или, наоборот, берется мельче, до 1 : 100 000. В некоторых съемках специального назначения применяются на государственных работах М. 1 : 10 000 и 1 : 5 000. В городских съемках применяются М. 1 : 2 000, 1 : 1 000 и даже 1 : 500. На топографич. планах М. указывается как численный, так и линейный (фиг. 1). Основанием линейного М. служит отрезок в 2 *см*, к-рому на местности соответствуют: при М. 1 : 10 000—200 *м*, 1 : 25 000—500 *м*, 1 : 50 000—1 *км*, 1 : 100 000—2 *км*. Левый отрезок — основание М.— делится непосредственно на 10 или 5 частей. При полевых топографич. съемках применяют линейный М., сопровождая его более сложным постро-



Фиг. 1.

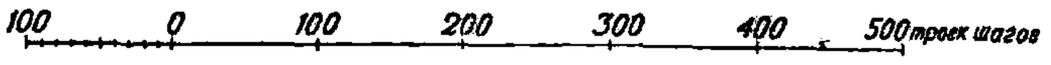
нием, к-рое называется п о п е р е ч н ы м М. (фиг. 2). Основание для него также берут в 2 *см* и крайний левый отрезок делят на 10 или 5 равных частей. Далее сочетанием 10 горизонтальных, проведенных через равные промежутки, линий и 10 или 5 наклонных прямых создается на левом отрезке построение, по к-рому при помощи циркуля можно брать 0,01 или 0,02 основания, т. е. 0,2 или 0,4 *мм*. Эта величина наименьшего



Фиг. 2.

деления масштаба называется п р е д е л ь н о ю т о ч н о с т ь ю п о п е р е ч н о г о М. В зависимости от уменьшения самого плана наименьшее деление М. соответствует 2,5, 10 и 20 *м* при разделении отрезка на 10 частей и при указанных выше М. государственных съемок. Приведенные цифры называются п р е д е л ь н ы м и т о ч н о с т я м и м а с ш т а б а п л а н а, на том основании, что линейные расстояния, меньшие указанных, невозможно отложить на плане циркулем. Однако при известной опытности, переходя на поперечном М. с циркулем от одной горизонтальной черты к другой, можно взять 0,001 основания, оценивая промежутки на-глаз, особенно если описанное построение достаточно крупно и выгравировано на медной линейке, что обычно и практикуется. Описанный способ пользования поперечным М. общеизвестен и его легко проследить по чертежу, приняв в расчет простые геометрич. соотношения, вытекающие из подобия треугольников. Крестиками на фиг. 2 обозначено расстояние, которое составит: 311,0 *м* для масштаба 1 : 10 000; 777,5 *м*—1 : 25 000; 1 555,0 *м* — 1 : 50 000 и т. д.

В практике полевых топографич. измерений применяются также М. ш а г о в (фиг. 3)



Фиг. 3.

и М. в р е м е н и. Если расстояние на местности измеряется шагами, то их считают парами, а еще лучше тройками, к чему очень легко привыкнуть. Положим, что в 1 *км* у данного производителя работ при опытном измерении оказалось 450 троек шагов. Чтобы найти М., удобный для плана 1 : 25 000, составляют пропорцию, по которой получают величину основания для М. в *см* для круглого числа троек шагов, напр. для 100 троек:

$$\frac{1\,000\ м \times 100\ тр. \times 2\ см}{450\ тр. \times 500\ м} = {}^{8}/_{9} = 0{,}89\ см.$$

На полученном основании в 0,89 *см*, соответствующем 100 тройкам шагов, строят простой линейный масштаб для плана 1:25 000. Точно таким же путем строят М. времени, если расстояния измеряются по времени передвижения, отмечаемому по часам. Положим, что *км* расстояния производитель работ проходит верхом на лошади в 6 мин. Для М. плана 1 : 50 000 для 10 мин. времени основание М. получится из пропорции:

$$\frac{2 \times 10 \times 1\,000}{6 \times 1\,000} = 3{,}33\ см.$$

Далее строят линейный М. на основании в 3,33 *см* согласно предыдущему. Такого рода построения весьма употребительны в топографии, так как упрощают работу и избавляют съемщика от утомительных вычислений.

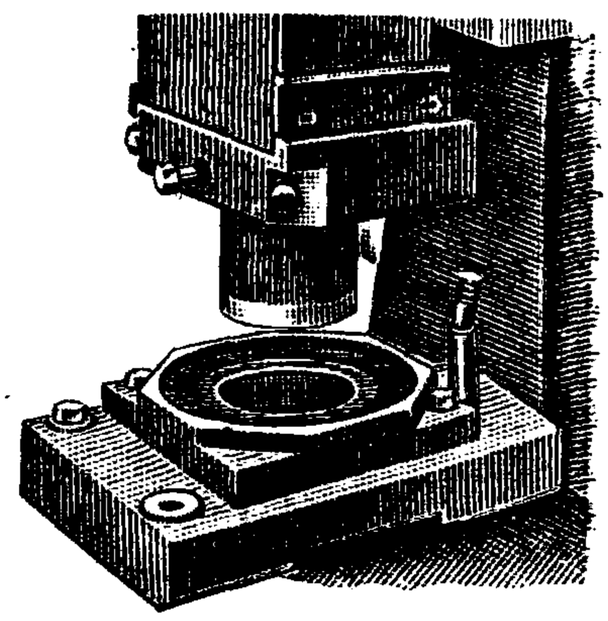
В настоящее время в СССР принята и укоренилась метрич. система мер, к-рая вошла и в построение планов. До революции же планы составлялись в сж., причем за основание М. принимали 1 англ. дм. Отсюда получились М. 1 : 8 400, 1 : 21 000, 1 : 42 000 и 1 : 84 000. В перечисленных М. имеются готовые планы прежних съемок, охватывающие значительные площади, и ими приходится пользоваться. Имея в виду, что 1 сж. равна 84 дм. и вместе с тем равна 2,134 *м*, легко получить основание М. в *см* с тем, чтобы по старому плану можно было брать циркулем расстояния непосредственно в *м*. Напр. для плана в М. 1:21 000 из пропорции

$$\frac{1\ дм. \times 500}{250 \times 2{,}134} = 0{,}93\ дм.$$

находим, что 0,93 дм. плана соответствуют 500 *м* на местности. На полученном основании в 0,93 дм. строят затем М. для того, чтобы с плана брать длины линий в *м*.

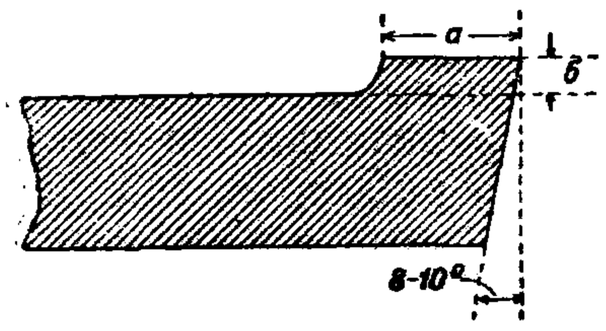
Применение М. к картам в зависимости от проекции их несколько изменяется. Этот вопрос подробно разбирается при рассмотрении картографич. проекций, где учитываются все изменения М. в различных частях каждой данной проекции и карты. Основные же принципы применения М. остаются те же, что и на планах. Для графическ. определения разности высот двух точек при мензульной или тахеометрической съемке применяется номограмма, которая носит название масштаба в ы с о т (см. *Съемки*). Применение М. в других отраслях техники см. *Логарифмические диаграммы* и *Номография*. **О. Дитц.**

МАТРИЦА, снабженная вырезом часть инструмента, служащего для обрезки заусенца у штампованных изделий (фиг. 1). Для холодной обрезки матрица изготовляется из обычной углеродистой стали (~0,6% С), для горячей обрезки часто применяется специальная сталь, к-рая не теряет твердости режущего края при нагреве до 300—400° (0,35±0,05% С; 3,5±±0,3% Cr или: 0,35±±0,05% С; 3,5±0,3% Cr; 10,0±0,5% W). Металл для изготовления М. должен хорошо сопротивляться удару. Режущий край М. имеет вид, изображенный на фиг. 2; размеры выступа: $a = 5 \div 10$ *мм*, $б = 2 \div 3$ *мм*. Эта форма удобна для заточки режущего лезвия М., т. к. при этом обрабатывается узкая полоса, а не вся поверхность ее. Выступ *а* необходим для лучшего размещения обрезываемого изделия в вырезе М. Для сохранения

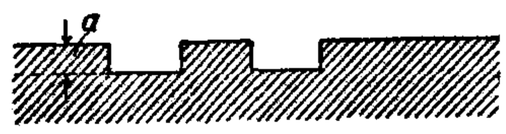


Фиг. 1.

прочности режущего лезвия М. часто изготовляют ее из обыкновенной стали (0,3—0,5% С) и на лезвие наплавляют стеллит (белая полоска на фиг. 1—наплавленный стеллит).

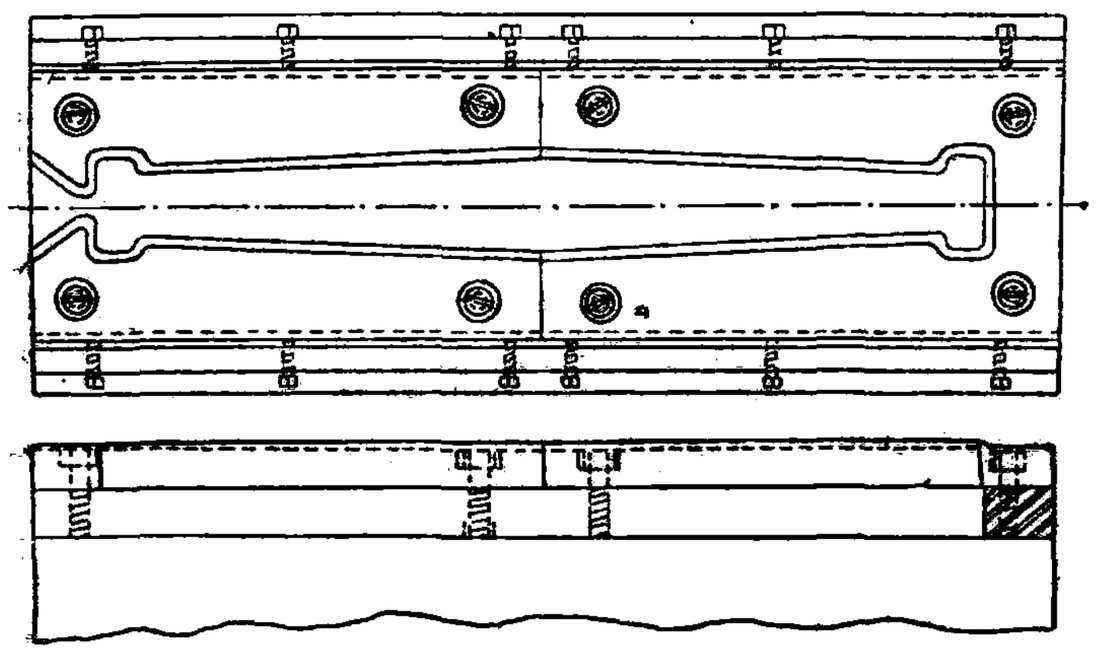


Фиг. 2.

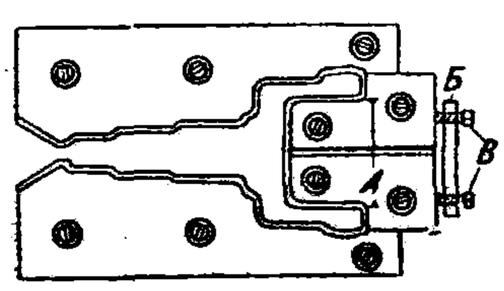


Фиг. 3.

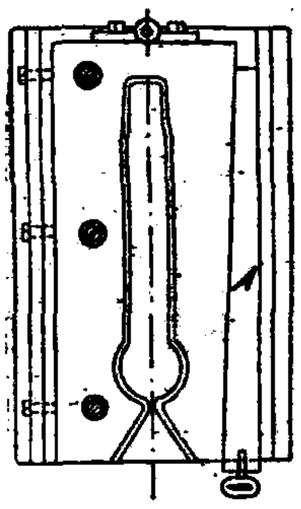
В этом случае особенно удобно присутствие выступа на ребре М. Так как усилие, необходимое для среза заусенца, прямо пропорционально периметру режущего края М., то для уменьшения мощности применяемого пресса делают режущее лезвие (фиг. 3) не лежащим в одной плоскости, а уступами; глубина уступа *а* делается не меньше толщины заусенца, т. е. ок. 1—4 *мм*, смотря по изделию и толщине заусенца. Обычно обрезка совершается при помощи специального штемпеля, образующего с М. комплект обрезного инструмента (см. *Обрезка*), устанавливаемого в обрезной пресс или иногда в молот. М. бывает цельной и составной; на фиг. 1 показана М. из одного куска; большие или сложные М. бывают составными из нескольких кусков. На фиг. 4 приведен образец М. из 4 частей; в таком случае дыры для винтов, к-рыми укрепляются части М., делают овальными, чтобы иметь возможность



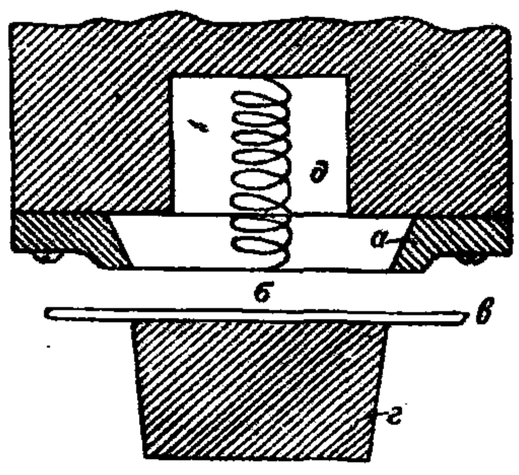
Фиг. 4.



Фиг. 5.



Фиг. 6.



Фиг. 7.

при подточке ребра точно установить режущий край. На фиг. 5 показана М., применяемая, когда надо обрезать размер *А* очень точно. Вследствие износа М. этот размер уменьшается, и для сохранения его ставят более толстую прокладку; планка *Б* и установочные винты *В* воспринимают давление на передвижную часть М. при штамповке. На фиг. 6 показана другая установка при помощи клина *А*, затягиваемого винтом. В некоторых случаях матрица устанавливается не на нижней плите обрезного пресса, а на верхней, что придает обрезке вид, изображенный на фиг. 7, где *а*—матрица, *б*—изделие, *в*—заусенец, *г*—штемпель пуансона, *д*—пружина. В таком случае М. носит название обращенной М. (reversed).

К. Грачев.

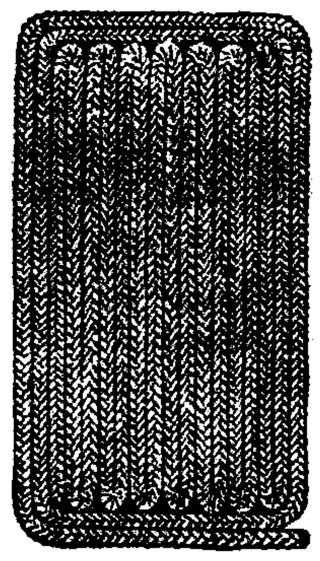
М. в математике, см. *Определители*.

М. в полиграфии, см. *Печатные машины*.

МАТЫ, половики, цыновки, употребляют для различных целей, например для обтирки ног, прикрытия парников или рассады от холода, солнца и ветра и т. п. Производством М. занимается главным обр. кустарная промышленность и в тех районах, где имеется для этого подходящий материал. Изготовление М. как по материалу, так и по способу плетения очень разнообразно. Наиболее пригодным материалом для изготовления М. служат **пеньковые очесы, затем солома, мочала, хмель, тростник** и его разновидности, наприм. ситник. Для плетения М. пенька считается самым прочным и в то же время дорогим материалом. Для этого из самого плохого сорта пеньки скручивают шнуры. Работа по изготовлению М. очень проста и заключается в следующем. Прежде чем приступить к изготовлению матов, выбранный материал (солому, ситник или пеньковые шнуры) смачивают водой для получения мягкости и гибкости, затем приступают к плетению длинных (24—35 *м*) тройных плетников (фиг. 1). Из готовых плетников вырабатывают М., для чего изгибают их в зависимости от формы (прямоугольной, полукруглой, круглой или овальной) и размера М. и сшивают поперек рядами тонкой бечевкой (фиг. 2). М. соломенные изготовляют и другим способом: пучки соломы последовательно перевязывают в нескольких местах друг с другом бечевкой или проволокой.



Фиг. 1.



Фиг. 2.

Маты строительные, см. *Деревянные маты*.

С. Молчанов.

МАУЕРЛАТ, деревянный брус, укладываемый вдоль каменной стены с целью восприятия давления, передаваемого на стену балками или стропилами. Непосредственное назначение М.—достижение равномерного распределения сосредоточенного давления от конца балки или реакции опоры стропильной фермы на бо́льшую площадь каменной кладки. М. не д. б. втоплен в камен. кладку во избежание загнивания, а потому как правило он укладывается на обрезе стены. При поддержании висячих стропил на М. опирается конец затяжки. В этом случае М. воспринимает лишь вертикальную реакцию опоры. При поддержании наслонных стропил в М. врубается стропильная нога и

т. о. через посредство М. каменной кладке передается также и распор. В виду этого, особенно в крутых крышах башенного типа, является необходимость создать из М. опорное кольцо, причем отдельные брусья, из к-рых состоит М., обычно соединяются друг с другом косым зубом. В мостостроении, при укладке прогонов или ферм деревянных мостов на каменные устои, также применяются М. В этих случаях М. состоит из двух или трех брусьев, б. ч. дубовых. Располагаются эти брусья так, чтобы реакция опоры пролетного строения моста действовала по возможности симметрично по отношению к М.

Лит.: Ш и ш к о Л. П., Части зданий, М.—Л., 1928; О п и т ц К., Плотничные работы, пер. с нем., Берлин—Рига, 1924; С е р к Л. А., Удешевление конструкций жилых зданий, сб. «Удешевленное строительство», М., 1925; С т а ц е н к о В., Части зданий, П., 1923; Р о ш е ф о р Н. И., Иллюстр. Урочное пол., изд. 11, М., 1928; D a u b H., Hochbaukunde, 4 Aufl., B. 1—2, Leipzig—Wien, 1922; S o e d e r H., Holzwerk d. Kleinhauses auf wirtschaftlichen Grundlage, Berlin, 1923.

М. Фридман.

МАХОВОЕ КОЛЕСО, связанная с вращающимся валом какой-либо машины деталь, имеющая форму тела вращения, задача которой состоит в аккумулировании кинетической энергии в периоды ускорения движения и отдачи ее в периоды замедления; специальной целью устройства М. к. является повышение равномерности вращения машины, реже (напр. в винтовых прессах) аккумулированная энергия используется непосредственно. М. к. со времен Дж. Уатта составляет почти неотъемлемую принадлежность поршневых двигателей, в к-рых оно служит для достижения равномерного вращения и для преодоления мертвых точек; исключение представляют нек-рые специальные конструкции безмаховиковых насосов для жидкостей (насосы Вортингтона, донки, камероны) и для газов (паровозные компрессоры Вестингауза). Многие рабочие машины, машины-орудия с периодически переменным сопротивлением на коренном валу также снабжаются маховым колесом, которое накопляет кинетическую энергию в периоды, когда затрата работы незначительна, а затем отдает накопленный запас в периоды совершения значительной полезной работы; это позволяет рассчитывать двигатель или трансмиссию по средней передаваемой мощности; примеры: дыропробивные прессы, прокатные станы, ножницы и пр. [1].

В поршневых двигателях и рабочих машинах с кривошипно-шатунным механизмом вследствие периодически повторяющегося неравенства между движущей силой и сопротивлением М. к. вращается с периодически изменяющейся угловой скоростью, с чередующимися максимумами и минимумами скорости. На основании диференциального уравнения вращения М. к. легко показать, что максимумы и минимумы угловой скорости соответствуют моментам равенства движущей силы и сопротивления, причем после минимума движущая сила больше сопротивления, а после максимума сопротивление больше движущей силы. Если в течение одного оборота (или вообще периода) наибольшее значение угловой скорости равно ω_{max}, а наименьшее ω_{min}, то коэфициентом неравномерности δ называют отношение разности $\omega_{max} - \omega_{min}$ к средней угловой скорости ω_m, т. е.

$$\delta = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_m} = \frac{v_{max} - v_{min}}{v_m}, \qquad (1)$$

где буквой v обозначены величины линейной скорости какой-либо точки обода М. к. в те же моменты. Величина δ—отвлеченная и не должна выходить из определенных пределов, зависящих от назначения машины; обычно значения δ для различных машин принимаются следующими:

	Значения δ
Для насосов и лесопильных рам	$^1/_{20} \div ^1/_{30}$
» приводов мастерских	$^1/_{35} \div ^1/_{40}$
» ткацких и бумагоделательн. станков	$^1/_{40}$
» прядильных, грубых номеров пряжи	$^1/_{50}$
» » тонких » »	$^1/_{60}$
» осветительных динамомашин постоянного тока	$^1/_{150}$
Для осветительных генераторов переменного тока	$^1/_{300}$

Для достижения требуемого коэф-та неравномерности δ обод М. к. должен иметь определенный вес G *кг*, к-рый определяется расчетом. Ориентировочный расчет веса G производится по ф-ле:

$$G = c \frac{N}{\delta n v^2}, \qquad (2)$$

где c—постоянная, зависящая от избытков и недостатков работы в течение рабочего цикла; N—мощность машины в HP; δ—допустимый коэф. неравномерности; n—среднее число оборотов колеса в мин.; v—средняя скорость движения центра тяжести обода М. к. в *м/ск*. Электротехники вместо расчета веса G определяют GD^2 в *кг·м²*, т. н. маховой момент (Schwungmoment), который представляет собою учетверенный момент инерции массы G, распределенной на бесконечно тонком кольце диаметра D *м*; из уравнения (2) получаем:

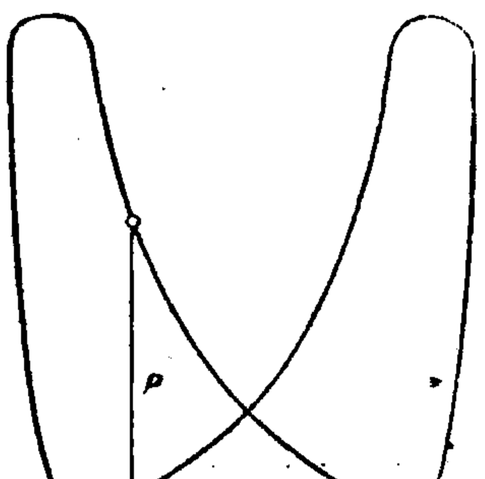
$$GD^2 = C \frac{N}{\delta n^3}, \qquad (3)$$

где $C = 364{,}75\ c$. Коэф-ты c и C зависят от степени непостоянства движущей силы или сопротивления. Пусть средняя работа движущей силы или сопротивления за период равна L *кгм*, а L_u.—наибольшая избыточная или недостаточная работа за тот же период, которая д. б. поглощена или отдана маховым колесом; тогда, если обозначим через k коэф. избытка (или недостатка) работы за период, $k = \frac{L_u}{L}$, то нетрудно доказать, что

$$c = 44\,145\,k,$$
$$C = 16\,102\,000\,k.$$

Коэф. избытка k м. б. определен аналитически или графически. Аналитическим методом пользуются, когда избыток или недостаток работы легко вычислить, как напр. для некоторых рабочих машин. При расчете М. к. поршневых двигателей пользуются графическими методами [2]. Наиболее распространен и общеизвестен г р а ф и ч е с к и й м е т о д М о р е н а - Р а д и н г е р а, излагаемый во всех курсах паровых машин; по индикаторной диаграмме строится диаграмма результативных давлений на поршень P (фиг. 1, на к-рой изображены теоретич. индикаторн. диаграммы для обеих сторон цилиндра паровой машины при наполнении 1 : 6), затем вычитается или прибавляется сила инерции

возвратно движущихся масс (поршня, штока, ползуна и доли шатуна) в предположении, что коренной вал вращается с постоянной средней ткоростью (P_1, фиг. 2,*А*); после этого графическим построением определяют эквивалентную касательную силу T, приложенную к пальцу кривошипа (фиг. 2, *Б*). На фиг. 3 изображена диаграмма касательных усилий в функции угла поворота вала при $n = 0$ (пунктирная линия), $n = 120$ (жирная линия) и $n = 200$ об/м. (тонкая линия). Планиметрирование диаграммы касательных сил (фиг. 3) позволяет определить работу L в течение целого периода, а также среднюю касательную силу; установившееся движение машины возможно только в случае, когда сумма работы всех сопротивлений за период также равна L; тогда каждый последующий период будет начинаться с той же скоростью, как и предыдущий; если силы сопротивления, приведенные к кривошипу, постоянны, то из равенства работ следует, что сумма приведенных сил сопротивления равна найденной средней



Фиг. 1.

касательной силе. Планиметрируя площадки избытков и недостатков касательной силы, можем определить все избытки и недостатки работы для нахождения наибольшего из них—расчетной величины $L_м$., а затем и коэф-та k [3]. Для определения веса М. к. четырехтактных одноцилиндровых двигателей внутреннего сгорания простого действия Г. Гюльднер дал ф-лу:

$$c = 88\,290\,(0{,}75 + \varrho),$$

где $\varrho = p_c : p_i$—отношение среднего индикаторного давления сжатия к общему среднему индикаторному давлению. Значения ϱ следующие: для двигателей, работающих на светильном газе, 0,25—0,35; на генераторном газе 0,35—0,45; на керосине 0,30—0,40; на бензине 0,10—0,20; для дизелей 0,48—0,52. Для коэф-та C в ур-ии (3) найдем:

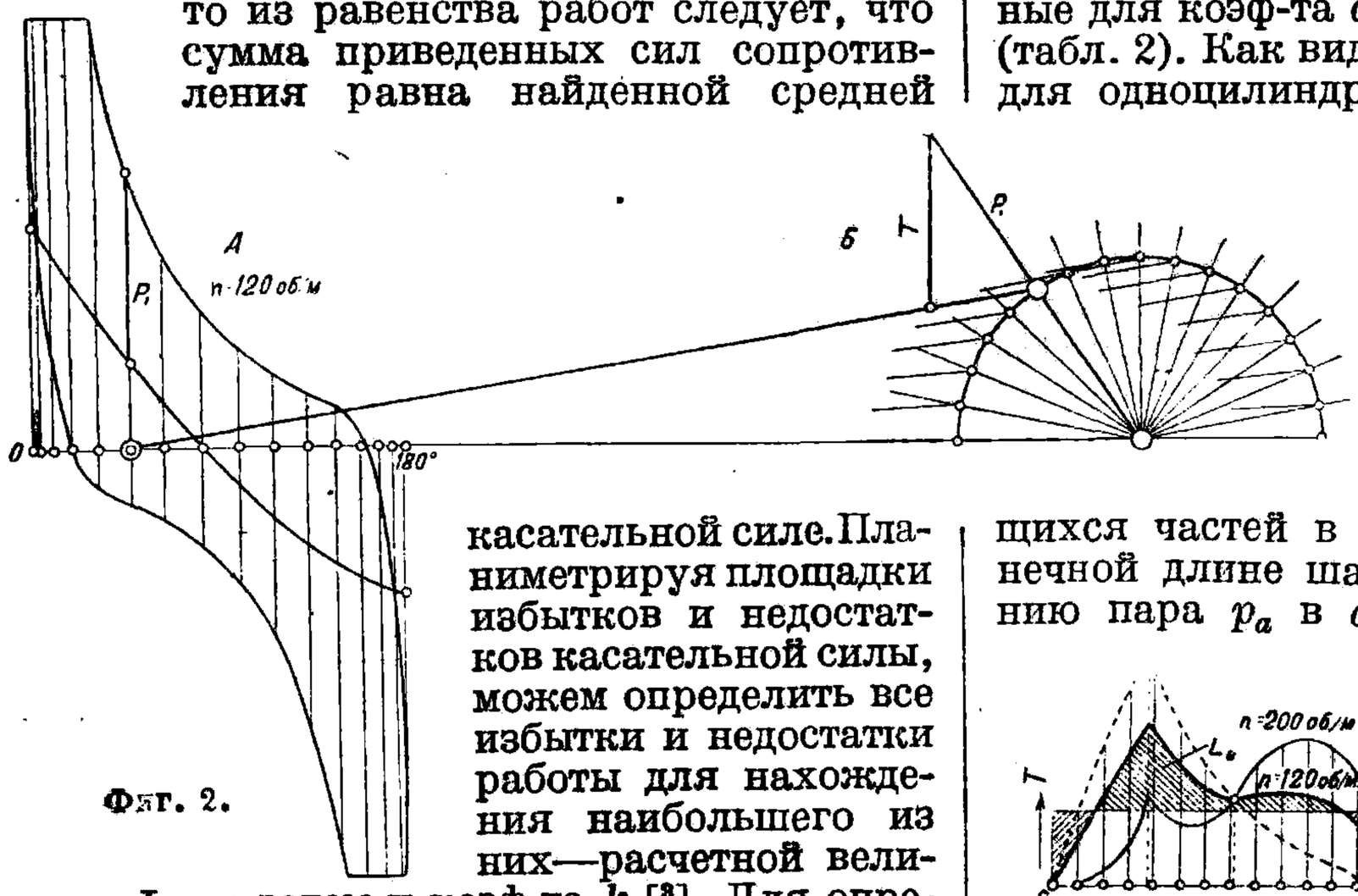
$$C = 32\,200\,000\,(0{,}75 + \varrho).$$

Если двигатель двойного действия, или двухтактный, или многоцилиндровый, то М. к. делают меньше, нежели для четырехтактного одноцилиндрового двигателя. Если принять коэфициенты c и C для четырехтактного одноцилиндрового двигателя простого действия за единицу, то для иных расположений и типов цилиндров найдем новые c и C умножением прежних на дробные множители, указанные в табл. 1.

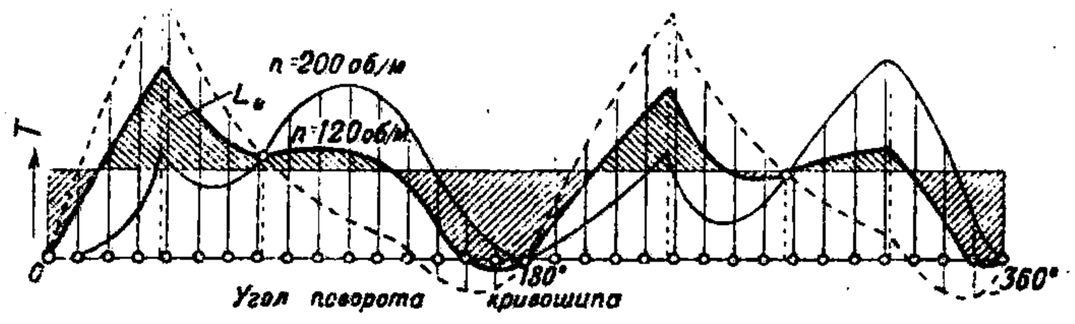
Табл. 1.—Дополнительные множители.

Расположение цилиндров	Число цилиндров	Угол между кривошипами	Четырехтактные		Двухтактные	
			Угол между запалами	Множитель	Угол между запалами	Множитель
Простого действия	1	—	720°	1	360°	0,40
Простого действия, цилиндры рядом	2	0°	360°	0,425	—	—
То же	2	180°	180° или 540°	0,60	180°	0,063
Двойного действия	1	—	180° или 540°	0,60	180°	0,06
Двойного действия, цилиндры рядом	2	0°	180°	0,155	90°	0,03
То же тендем	2	—	180°	0,08	180°	0,07
Двойного действия, 2 тендем	4	90°	90°	0,035	90°	0,025

В случае, если число цилиндров больше указанного в табл. 1, размеры М. к. следует определять путем более сложного расчета, причем кроме степени неравномерности вращения за 1 оборот д. б. приняты во внимание возможность параллельной работы генераторов переменного тока, устойчивость регулирования двигателя и др.; см. [4]. Для паровых машин наиболее подробные данные для коэф-та c в ур-ии (2) дает М. Толле (табл. 2). Как видно из таблицы, величины c для одноцилиндровых машин, с конденсацией и без конденсации, со сжатием и без сжатия, зависят от наполнения и от сил инерции. Влияние сил инерции выражено величиной $b = \frac{p_b}{p_a}$ отношения силы инерции приведенных к 1 $см^2$ площади поршня p_b возвратно движущихся частей в мертвой точке при бесконечной длине шатуна к начальному давлению пара p_a в atm абс. Для вычисления



Фиг. 2.



Фиг. 3.

$p_b = q\frac{r\omega^2}{g}$ д. б. известны след. величины: q (в $кг/см^2$)—приведенный вес возвратно движущихся частей (поршня, штока, ползуна

Табл. 2.—Постоянная c для паровых машин, по Толле (для различных наполнений, сил инерции и сжатий).

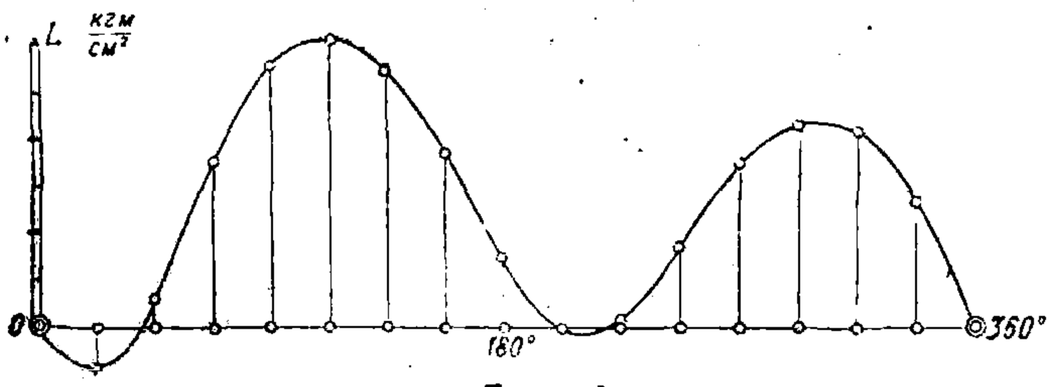
Наполнение	Сжатие	Значения b					
		0,05	1,0	0,2	0,3	0,4	0,5
Одноцилиндровые паровые машины без конденсации							
1/6	Сж.	9 600	8 700	7 200	6 100	5 500	5 300
	без	8 600	7 700	6 300	5 200	4 500	4 200
1/4	Сж.	9 000	8 300	7 200	6 300	6 000	6 000
	без	8 500	7 900	6 800	5 800	5 300	5 400
1/3	Сж.	8 500	8 100	7 100	6 500	6 300	6 300
	без	8 300	7 800	6 900	6 300	6 100	6 000
1/2	Сж.	7 800	7 500	7 000	6 900	—	—
	без	7 600	7 400	7 000	7 000	—	—
Одноцилиндровые паровые машины с конденсацией							
1/10	Сж.	10 000	9 100	7 500	6 400	5 700	5 300
	без	7 600	6 700	5 100	4 500	4 600	5 400
1/8	Сж.	9 700	8 800	7 400	6 500	6 000	5 700
	без	7 500	6 800	5 400	4 800	4 600	4 900
1/6	Сж.	8 900	8 300	7 100	6 400	6 100	—
	без	7 500	7 000	5 800	5 000	4 900	—
1/5	Сж.	8 500	8 100	7 200	6 400	6 100	—
	без	7 500	7 100	6 200	5 400	5 000	—
1/4	Сж.	8 000	7 800	7 400	7 000	6 600	6 200
	без	7 300	7 000	6 600	6 200	5 900	5 600
1/3	Сж.	7 500	7 400	7 000	6 900	6 900	6 800
	без	7 100	6 800	6 700	6 600	6 500	6 400

Сдвоенные паровые машины; угол между кривошипами = 90°

	Наполнение			
	1/6	1/4	1/3	1/2
Сжатие до p_a	2 900	2 400	2 000	1 500
Без сжатия	2 500	2 300	2 100	1 500

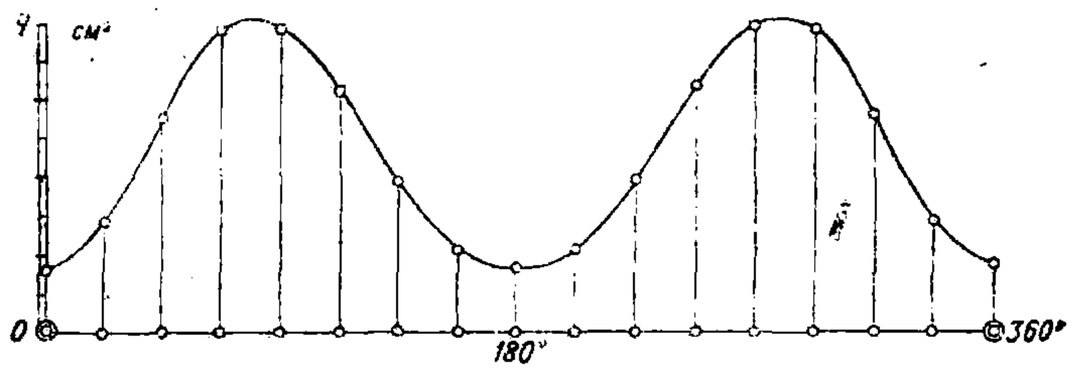
Трехкривошипная паровая машина $c = 1\,400$

и около половины веса шатуна), приходящийся на 1 $см^2$ площади поршня; r—радиус кривошипа, равный 0,5 S (S—ход поршня в $м$); $\omega = \frac{\pi n}{30}\frac{1}{\text{сек.}}$—угловая скорость коренного вала; $g = 9{,}81$ $м/сек^2$. Для машин без конденсации противодавление было принято равным 1,15 atm абс., а для машин с



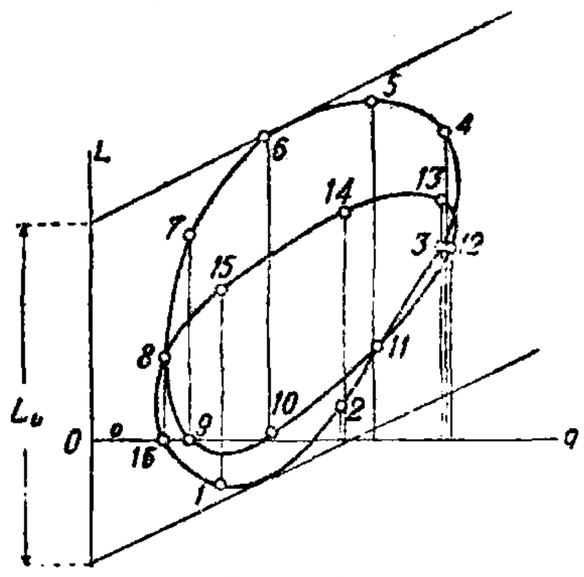
Фиг. 4.

конденсацией—0,2 atm абс. В одноцилиндровых машинах со сжатием давление в конце сжатия было принято равным $0{,}7 \cdot p_a$. Для сдвоенных машин с кривошипами под углом 90° давление в конце сжатия было принято равным p_a. Для менее значительных сжатий нетрудно интерполировать c между крайними значениями или брать бо́льшую величину c за основу [5]. Несколько иначе определяются величины k и c по методу Ф. Виттенбауера. По индикаторной диаграмме давлений и противодавлений строится графически интегральная кривая работ, по которой легко определяется индикаторная работа для любого угла поворота машины. Если полезное сопротивление постоянно, то затрата работы на его преодоление пропорциональна углу поворота машины (если сопротивление не постоянно, то надо построить диаграмму работ сопротивления). Задавшись различными углами поворота машины, находим для каждого из них избыточную (или недостаточную) работу как алгебраическ. разность работ движущей силы и сопротивления (фиг. 4). После этого строится диаграмма приведенных масс механизма из условия: кинетическая энергия приведенной массы д. б. равна кинетич. энергии всех масс механизма в данном его положении;



Фиг. 5.

приведенная масса определяется сначала отдельно для каждого звена механизма, а потом берется их сумма. Для каждого положения механизма приведенная масса, вообще говоря, получается другой величины, т. е. приведенная масса переменна (фиг. 5). Откладывая для каждого угла поворота машины приведенную массу по оси абсцисс, а избыточную работу по оси ординат, получаем диаграмму масс и работ (Massenwuchtdiagramm, фиг. 6), по которой и находим графически наибольшую избыточную работу L_u., воспринимаемую М. к. Кроме того по диаграмме масс и работ легко м. б. построена диаграмма изменений угловой скорости машины [6]. При аналитич. исследовании периодич. неравномерности вращения касательное усилие машины выражают рядом Фурье (см. *Гармонический анализ*) и после интегрирования находят ряд, выражающий мгновенную угловую скорость. Во многих случаях аналитич. исследование периодической неравномерности вращения машин позволяет определить: а) наивыгоднейшие углы заклинивания или запала для многокривошипных двигателей; б) наивыгоднейший вес возвратно движущихся частей; в) наивыгоднейшее число оборотов машины. Вследствие необходимости принимать во внимание также другие обстоятельства, обусловливающие спокойный ход машины, результаты исследования можно применять только по всестороннем их рассмотрении. Для уменьшения необходимого веса М. к. можно увеличивать его диаметр и его окружную скорость. Однако вместе с диаметром увеличивается и вес ручек относительно веса обода, что невыгодно: К. А. Владимиров, в резуль-



Фиг. 6.

тате изучения этого вопроса на двух примерах, пришел к выводу, что наивыгоднейший диаметр маховика лежит около 4 *м* [7]. С целью уменьшения веса М. к. предложено несколько конструкций с перемещающимися внутри колеса гирями, причем механизм, управляющий движением их, устроен т. о., что при ω_{min} расстояние гири до оси вращения равно r_{min}, а при ω_{max} равно r_{max}. При этих условиях гиря веса P аккумулирует в течение одного размаха кинетическую энергию

$$L = \frac{P}{2g}(r^2_{max}\,\omega^2_{max} - r^2_{min}\,\omega^2_{min}),$$

к-рая больше, нежели в случае неподвижной гири при r_{max}. Такие М. к. системы Раффара, Рериха, Керштейна и др. могут быть названы изохронными М. к., так как они могут дать совершенно равномерное движение; расчет их несколько сложнее, нежели обыкновенного М. к. В промышленности они не нашли применения по той причине, что экономия в весе чугуна не всегда окупает удорожание колеса вследствие усложнения его конструкции [8]. Предыдущее изложение касается периодической неравномерности самого М. к., а не тех машин, станков, генераторов электрич. энергии и т. п., которые приводятся в движение от этого М. к. при помощи соответственных трансмиссий; при этом существенным является вопрос, оказывают ли промежуточные трансмиссии какое-либо влияние на коэфициент неравномерности вращения. Если бы части трансмиссий были абсолютно жестки и совершенно не деформировались под действием передаваемых сил, то на поставленный вопрос надо было бы ответить отрицательно, т. е. бесконечно жесткая трансмиссия не влияет на неравномерность вращения. В действительности же всякая правильно рассчитанная трансмиссия обладает весьма ценным свойством упругости, смягчающим возможные удары. Податливая, упругая трансмиссия, как например стальной вал, даже не особенно значительной длины, ремень, трансмиссионный канат и т. п., изменяет коэфициент неравномерности вращения приводимых машин, причем это влияние в одних случаях ухудшает, в других улучшает коэфициент неравномерности. Это изменение коэф-та неравномерности в простейшем случае, когда в движении принимают участие только две значительные массы (напр. М. к. двигателя и массивный ротор генератора электрич. энергии), соединенные упругой трансмиссией (стальным валом, ременной или канатной передачей), обусловливается четырьмя величинами: 1) степенью жесткости трансмиссии M в *кгм*, под которой будем подразумевать момент той силы, какую необходимо приложить к одной из масс для того, чтобы повернуть ее на один радиан, удерживая другую массу неподвижно; если передаточное число между обеими массами равно не единице, а k, то угол поворота д. б. равен k радианам; 2) моментом инерции первой массы I_1 относительно ее оси вращения; 3) моментом инерции I_2 второй массы; 4) периодом T_i каждой гармонической составляющей вращающей силы, приводящей всю систему в движение. Если средняя угловая скорость машины равна ω, то

$$T_i = \frac{2\pi}{i\omega}, \qquad (4)$$

где i—ряд целых чисел 1, 2, 3, 4 и т. д.; для четырехтактных двигателей кроме того надо найти наибольший период, положив $i = 0{,}5$. Зная эти основные величины, находим период свободных колебаний системы

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{M}{I_1} + \frac{M}{kI_2}}}.$$

Если для всех значений i в ур-ии (4) отношение $T : T_i > 1{,}11$, то упругая трансмиссия улучшает равномерность вращения; если же хотя для одного T_i это отношение окажется близким к единице, то надо ожидать ухудшения равномерности вращения. Кроме этого аналитич. метода исследования имеется графич. метод, предложенный Gümbel'ем (см. [8] и книгу Tolle [1], стр. 200—257). В книге К. Э. Рериха [1] аналитически исследованы две и три массы, связанные упруго, и предложено ставить генератор у самого двигателя, а маховик связывать с генератором при помощи упругой связи, рассчитанной таким образом, чтобы обеспечить генератору более равномерное вращение (упругий маховик) [9]. Наиболее употребительным прибором для измерения коэфициента неравномерности вращения машин является тахограф системы Горна (Лейпциг) (см. *Тахометр*).

Первые экспериментальные определения коэф-та неравномерности машин (Ренсом, Френцель, Бауер, Гёпель) были произведены при помощи камертона, период колебаний к-рого наперед известен и к-рый приводится электромагнитным возбудителем в непрерывные колебания; эти колебания записываются например на закопченном цилиндре, который вращается вместе с исследуемым валом; затем измеряют длину десяти волн в последовательном порядке и находят среднюю, наибольшую и наименьшую длины десяти волн; коэф-т неравномерности машины определяется как разность наибольшей и наименьшей длин, разделенная на среднюю длину десяти волн. Кроме того для измерения коэфициента неравномерности были предложены еще 1) стробоскопич. метод, требующий отличной фотографич. техники, и 2) несколько электротехнич. методов, из которых необходимо отметить метод, предложенный Римом [10]. При параллельной работе генераторов переменного тока требуются особенно низкий коэф. неравномерности и особенно тяжелые М. к., так как неравномерное вращение генераторов вызывает вынужденные колебания в магнитном поле, которые в случае резонанса могут нарушить равномерность вращения машин и сбить их с фазы (см. также *Генератор переменного тока*, параллельная работа). Для параллельной работы двигателей внутреннего сгорания Г. Гюльднер рекомендует выбирать удельный маховой момент на 1 эффективную ℍP т. о., чтобы он был больше критич. удельного махового момента. Если число периодов переменного тока, как обыкновенно, равно 50, то заданному числу

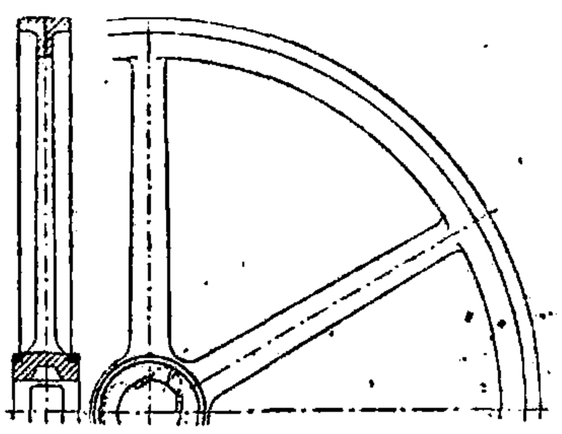
оборотов машины в минуту соответствует совершенно определенное число пар полюсов генератора, и Гюльднер дает следующую таблицу критич. удельных маховых моментов (табл. 3).

Табл. 3.—Критические удельные маховые моменты.

Число об/м.	300	250	214	188	166	150	125	107	94	83	75
Число пар полюсов	10	12	14	16	18	20	24	28	32	36	40
Критич. удельный маховой момент в $\frac{кг \cdot м^2}{kVA}$	3,33	6,92	12,8	21,6	35,5	53,2	111	206	344	568	852

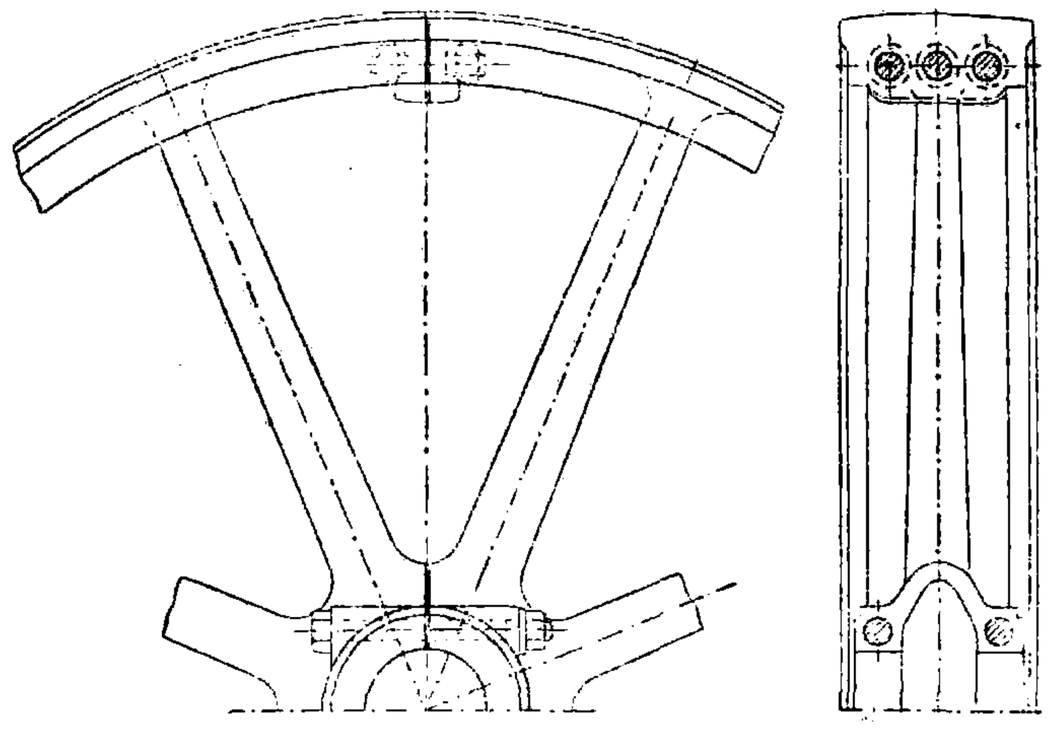
Пользуясь уравнением (3) и задавшись механич. кпд двигателя 0,75 и коэф-том неравномерности $\delta = 1 : 300$, найдем, что критич. удельным маховым моментам соответствуют постоянные C от 400 000 до 1 600 000 [11].

Конструкция М. к. чрезвычайно проста: оно представляет собой тяжелый обод, соединенный прямыми спицами со втулкой, заклиненной на коренном валу. Материалом служит обыкновенно самый дешевый металл—чугун для скоростей до 30—40 *м/ск*; при окружных скоростях выше 50 *м/ск*, до 150 *м/ск* (напр. для электрических мотор-генераторов системы Ильгнера) применяются стальные литые маховики, при окружных скоростях до 75 *м/ск*—со спицами, а при более высоких скоростях—в форме сплошных стальных литых дисков. Тяжелые М. к. прокатных станов имеют обычно чугунный составной обод, спицы из толстого полосового железа и чугунную втулку. При диаметре чугунного колеса < 2—3 *м* его можно делать цельным из одной отливки; при $\varnothing > 2$—3 *м* обязательно колесо делать свертным из двух половин, соединяемых железными или стальными частями; в разъемном колесе значительно уменьшаются литейные напряжения и кроме того облегчается перевозка колеса; для уменьшения литейных напряжений в больших колесах делается разъемной также и втулка так. образ., чтобы концы каждой спицы у втулки были отделены друг от друга плоскостями, проходящими через ось коренного вала; при помощи болтов, стальных фланцев и колец, надетых в горячем состоянии, концы спиц соединяются затем в одно целое.



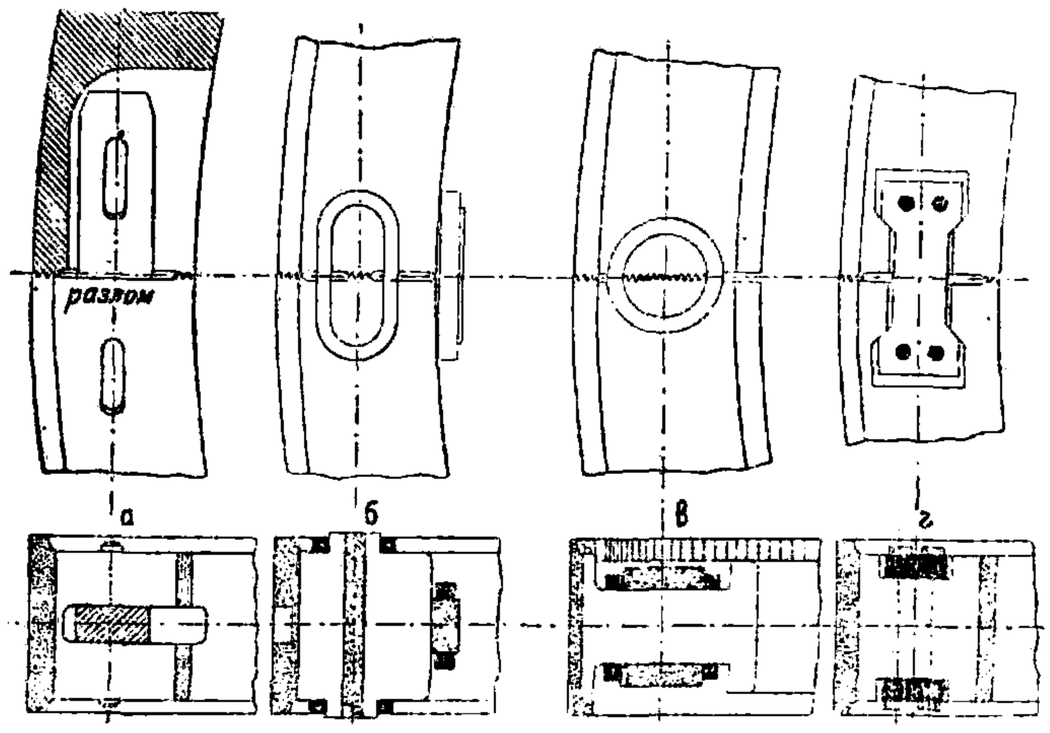
Фиг. 7.

При окружной скорости в 25 *м/ск* напряжение в чугунном ободе от центробежной силы достигает 46,2 *кг/см²*; от стягивающего обод действия спиц и от касательных сил инерции это напряжение увеличивается в 2—3 раза, так что максимальное напряжение не превосходит 150 *кг/см²*. При более высоких скоростях необходимо производить более сложный расчет махового колеса, принимая во внимание стягивающее и изгибающее действие спиц (см. *Шкивы*). В основу расчета, предложенного М. Толле, положено допущение, что поперечные сечения обода и ручек остаются при деформациях плоскими. Еще проще допустить, что напряжения распределены в поперечных сечениях по линейному закону (метод Гёбеля). Подробное исследование, основанное на общих основных уравнениях теории упругости и произведенное К. Рейнгардтом, показало, что если толщина обода невелика по сравнению с радиусом колеса (отношение внутреннего радиуса обода к наружному равно 0,9, 0,95 и 0,98), то результаты приближенных расчетов по Толле и Гёбелю весьма близки к точному (особенно расчет по методу Толле). При более значительных толщинах обода приближенные расчеты также дают довольно



Фиг. 8.

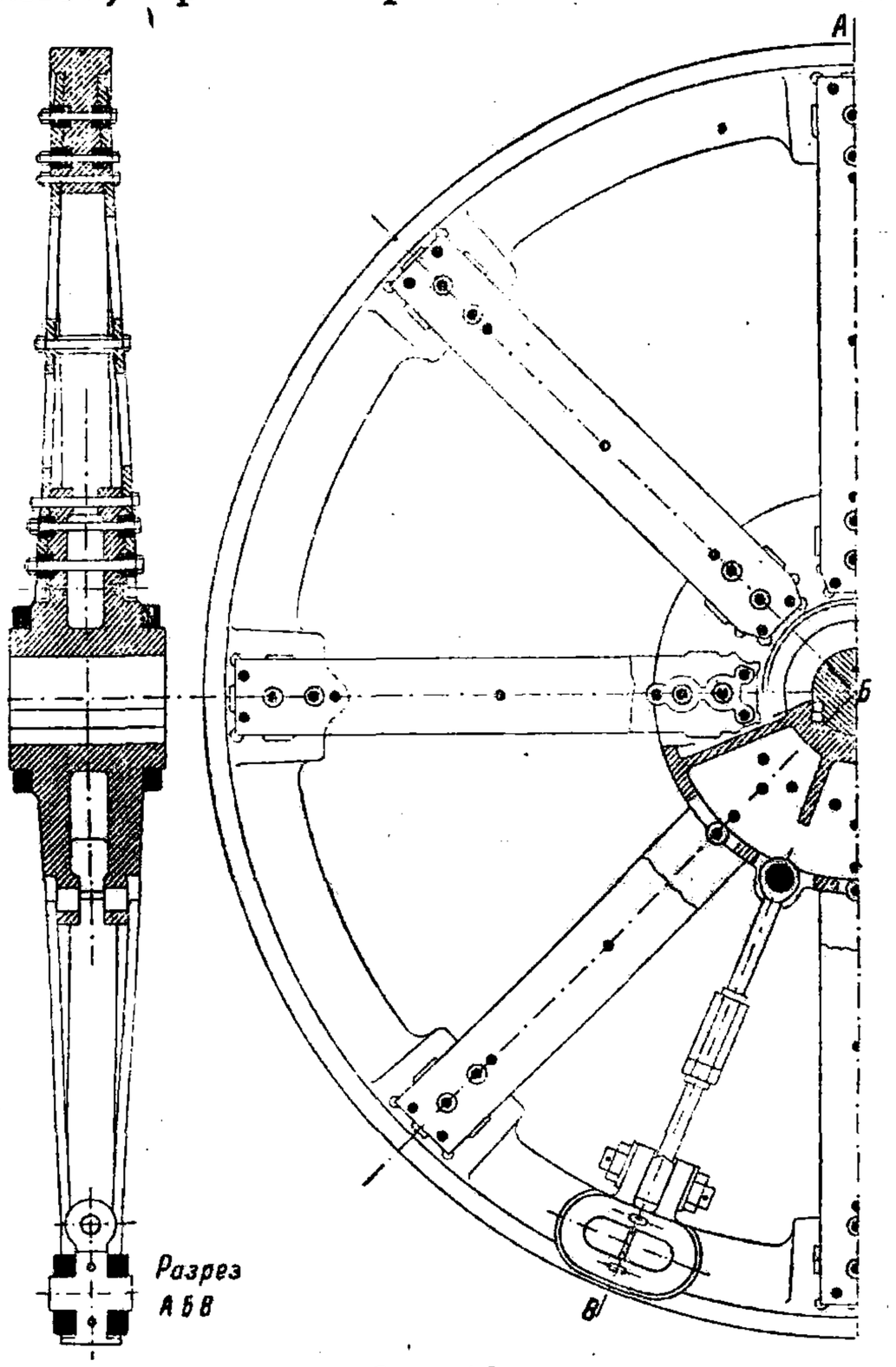
точные значения, причем в большинстве случаев относительная погрешность не превосходит 25%. Только в случае слишком тонких спиц напряжение на внутренней поверхности обода от стягивающей силы спиц может оказаться в 2—3 раза больше, нежели рассчитанное по методу Толле. Но так как это напряжение составляет в этом



Фиг. 9.

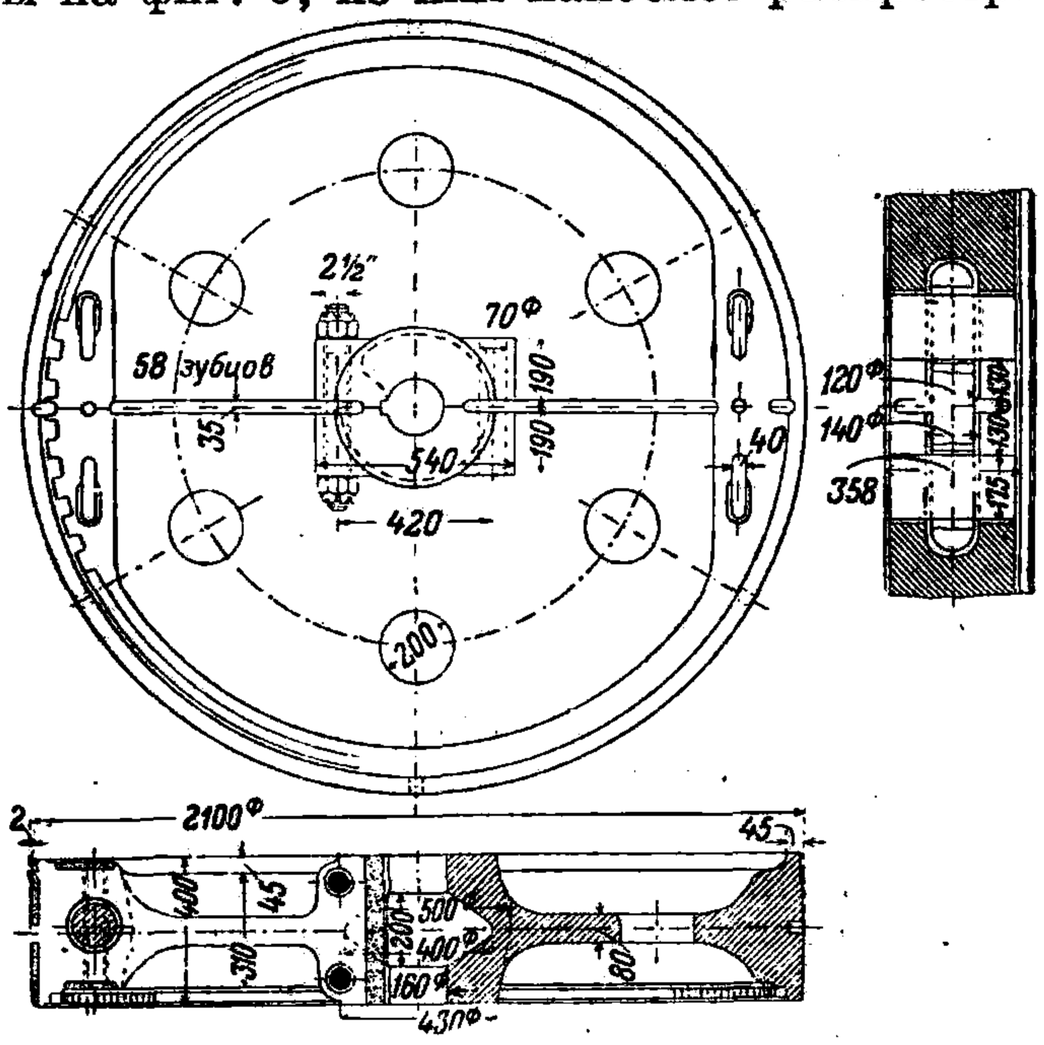
случае лишь 21% от расчетного, то перенапряжение в этом месте обода не превосходит 63%. На этом основании можно заключить, что метод расчета прочности М. к. по Толле пригоден даже для очень толстых маховиков (толщина обода которых составляет 30% наружного радиуса), если только допустимое напряжение на внутренней поверхности маховика взять в 1,5 раза меньше нормального. На фиг. 7 изображена конструкция легкого неразъемного М. к. с раз-

резной втулкой, стянутой после остывания колеса при помощи стяжных колец. На фиг. 8 изображено разъемное М. к. с плоскостью раздела, лежащей между спицами; соединение обода выполнено при помощи болтов, причем коробчатое сечение обода



Фиг. 10.

облегчает задачу уменьшения плеча изгибающего момента, действующего на обод в плоскости разъема. Несколько различных способов соединения обода М. к. изображены на фиг. 9; из них наиболее распростра-



Фиг. 11.

ненным является клиновое (а), а также при помощи стяжных колец (б и в), тогда как анкеры (г) применяются сравнительно редко. Для больших скоростей делают М. к. составными (фиг. 10) из обода (обычно из стального литья), спиц (на фиг.—из полосовой стали) и втулки; для уменьшения изгибающего момента, вызываемого центробежной силой стыка, последний притянут к втулке при помощи винтовой стяжки. Пример М. к. без спиц со сплошным диском изображен на фиг. 11; эти М. к. пригодны в особенности для больших скоростей.

Лит.: [1]) О б щ а я: Т о л л е М., Регулирование двигателей, пер. с нем., СПБ, 1910; Р е р и х К. Э., Теория регулирования машин, ч. 1—Маховое колесо и периодич. неравномерность вращения машин, П., 1916; П р о с к у р а Г. Ф., Регулирование хода машин-двигателей, часть 1, Установившиеся движения машин, маховые колеса, их расчет и конструкция, «Изв. Харьковск. технологич. ин-та», Харьков, 1908, т. 4, стр. 3—77 (отдельные оттиски были в продаже); T o l l e M., Regelung d. Kfaftmaschinen, 3 Aufl., B., 1921.—[2]) Д и а г р а м м а к а с а т е л ь н ы х с и л M o r i n A., Leçons de mécanique pratique à l'usage etc., partie 3, p. 312—368, P., 1846; «CR», 1843, t. 17, p. 857—859; R a d i n g e r J., Über Dampfmaschinen mit grosser Kolbengeschwindigkeit, «Ztschr. d. Österreichischen Ingenieur- u. Architektenvereins», W., 1860, B. 21; R a d i n g e r J., Über Dampfmaschinen mit hoher Kolbengeschwindigkeit, 3 Auflage. Wien, 1892; Р а д и н г е р Г., Паровые машины с большой скоростью поршней, пер. с нем., СПБ, 1895.—[3]) О р и е н т и р о в о ч н а я ф о р м у л а д л я д в и г а т е л е й в н у т р е н н е г о с г о р а н и я: G ü l d n e r H., Berechnung des Schwungradgewichtes der Verbrennungsmotoren, «Z. d. VDI», 1901, p. 365—373 u. 409—415; несколько иные данные в книге G ü l d n e r H., Das Entwerfen u. Berechnen d. Verbrennungskraftmaschinen u. Kraftgasanlagen, 3 Aufl., B., 1922; Г ю л ь д н е р Г., Двигатели внутр. сгорания, их работа, конструкция и проектирование, пер. с нем., М., 1927.—[4]) S c h m i d t, Schwungräder für Grossdieselmotoren, «Ztschr. für technische Mechanik u. Thermodynamik», B., 1930, *1*, p. 22 (извлечение в «Z. d. VDI». 1930, *8*, p. 230).—[5]) Д и а г р а м м а м а с с и р а б о т: W i t t e n b a u e r F., Graphische Dynamik d. Getriebe, «Ztschr. für Mathematik und Physik», Lpz., 1904, B. 50, p. 57—97 (сокращенно в «Z. d. VDI», 1905, p. 471—477); В и т т е н б а у е р, Графич. определение веса махового колеса, Дополн. к графич. динамике, пер. с нем., М., 1908; см. также T o l l e M. (см. выше).—[6]) Р е р и х К. Э. (см. выше); В л а д и м и р о в К. А., Расчет маховых колес с наименьшим весом, «Вестник инженеров», 1925, стр. 464—482.—[7]) И з о х р о н н ы е М. к.: L e c o r n u L., Sur les volants élastiques, «Journ. de l'école polytechnique», 1912, p. 9—27; Р е р и х К. Э. (см. выше).—[8]) В л и я н и е у п р у г о с т и: G ü m b e l L., Verdrehungsschwingungen eines Stabes mit fester Drehachse u. beliebiger zur Drehachse symmetrischer Massenverteilung, «Z. d. VDI», 1912, p. 1025 und 1085; G ü m b e l L., Verdrehungsschwingungen und ihre Dämpfung, ibid., 1922, p. 252 u. 281; Аналитический метод—см. Рерих К. Э. (см. выше).—[9]) И з м е р е н и е н е р а в н о м е р н о с т и: «Z. d. VDI», 1912, p. 220; R i e h m W., Über die experimentelle Bestimmung des Ungleichförmigkeitsgrades», «Mitt. Forsch.», 1913, H. 137, p. 17—18; G e i g e r, Der Torsiograph, ein neues Instrument zur Untersuchung von Wellen, «Z. d. VDI», 1916, p. 811; G ö p e l, Die Bestimmung d. Ungleichförmigkeitsgrades rotierender Maschinen durch das Stimmgabelverfahren, ibid., 1900, p. 1359 u. 1431; W a g n e r G., Apparat zur strobographischen Aufzeichnung von Pendeldiagrammen, «Mitt. Forsch.», 1906, H. 33, p. 1—30; M a d e r, Der Resonanz-Undograph, ein Mittel zur Messung d. Winkelabweichungen, «Dingl.», 1909, B. 224, p. 529, 549, 567, 581 u. 597; сокращенное изложение работы—R i e h m, «Z. d. VDI», 1913, p. 1101 и «Вестник общества технологов», Петербург, 1913, стр. 891.—[10]) П а р а л л е л ь н а я р а б о т а: C z e i j a, Was kann der Elektriker, der Maschinenbauer u. der Betriebsleiter zur Erreichung störungsfreien Parallelebetriebes beitragen, «ETZ», 1912, p. 177, 212; P u n g a, Über das Parallelarbeiten von Drehstromdynamos, ibid., 1914, p. 668; см. также лит. к ст. *Генератор переменного тока*.—[11]) T o l l e M., Regelung der Kraftmaschinen, 3 Auflage, p. 270—324, B., 1921; G ö b e l J., Über Schwungradexplosionen, «Z. d. VDI», 1898, p. 353; R e i n h a r d t K., Festigkeitsberechnung d. Schwungräder mit rechteckigem Kranzquerschnitte auf Beanspruchung durch die Fliehkräfte, zugleich eine Berechnung des geschlossenen Kreisbogenträgers mit rechteckigem Querschnitte unter achsensymmetrischer und unter periodischer Belastung nach drei verschiedenen Voraussetzungen, «Mitt. Forsch.», 1920, H. 226.

К. Рерих.

МАХОРКА, см. *Табак*.

МАЦЕРАЦИЯ, настаивание, инфузия, способ получения душистых веществ из цветов, представляющий по существу экстракцию нелетучими растворителями. Мацерация применяется в тех случаях, когда эфирные масла, содержащиеся в цветах, не выдерживают перегонки с водяным паром и когда они имеются в цветке в готовом виде, а не в форме глюкозида. По сравнению с твердыми *цветочными маслами* (см.), получаемыми экстракцией легко летучими растворителями, М. дает продукты более нежного запаха. В качестве растворителей при М. применяются те же жиры, что и при *анфлераже* (см.), т. е. смесь говяжьего и свиного сала в соотношениях, зависящих от условий работы—б. ч. в отношении 2:3. Подготовка жиров ведется таким же образом, как и при анфлераже. Помимо животных жиров для М. применяется иногда легкоплавкий парафин, при употреблении к-рого получается продукт, лучше выдерживающий хранение при высокой температуре; поэтому мацерация парафином производится для продуктов, которые предназначаются к экспорту в тропические страны.

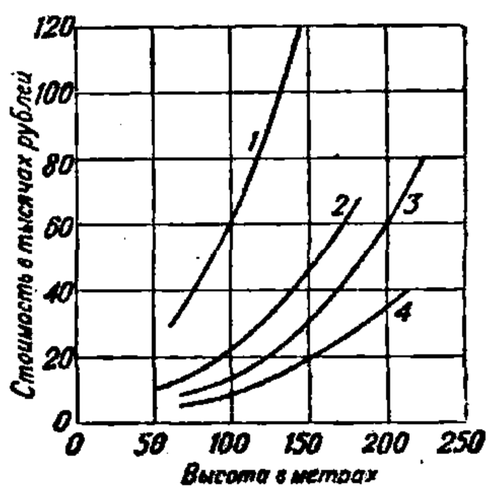
Основу процесса М. составляет настаивание цветов с расплавленными жирами в течение б. или м. продолжительного времени в зависимости от характера цветка (от нескольких часов до двух суток). Для полного насыщения жиров душистыми веществами порцию жиров обычно насыщают несколькими загрузками цветов, повторяемыми до 15 раз, в среднем 6—8 раз. Аппаратура старого типа состоит из медных котлов, обогреваемых б. ч. глухим паром, в которые загружают жир, подогреваемый до 50—70°, и цветы в марлевых или иных мешках. Вынутые из котлов цветы поступают на гидравлич. прессы, на которых отжимаются остатки жиров, стекающие вместе с водной жидкостью (соком) в отстойники. Оставшиеся в котле жиры (носящие, так же как и при анфлераже, название п о м а д), отделенные прессованием и отстаиванием, подвергаются осушке при помощи безводного сернокислого натрия. Помады для транспортирования сливают в расплавленном виде в жестянки. По новому способу стремятся сократить число нужных рабочих рук на загрузку жиров, размешивание во время настаивания и прессование. С этой целью применяют для настаивания аппараты, снабженные паровым кожухом, мешалкой, широкими загрузным и выгрузным люками. В эти аппараты загружают цветы, а затем при помощи разрежения засасываются предварительно расплавленные в отдельном аппарате жиры. По окончании настаивания всю загрузку спускают в центрифугу, и отделенные жиры снова засасываются в аппарат, в к-ром находится свежая загрузка цветов. Потери жиров при этом способе не выше, чем в старом.

Переработке при помощи М. подвергаются фиалка, роза, цветы горького померанца, мимозы и некоторые др. Помады, получаемые при помощи М., поступают непосредственно на парфюмерные фабрики, где настаиванием со спиртом из них получают тинктуры, служащие для производства духов.

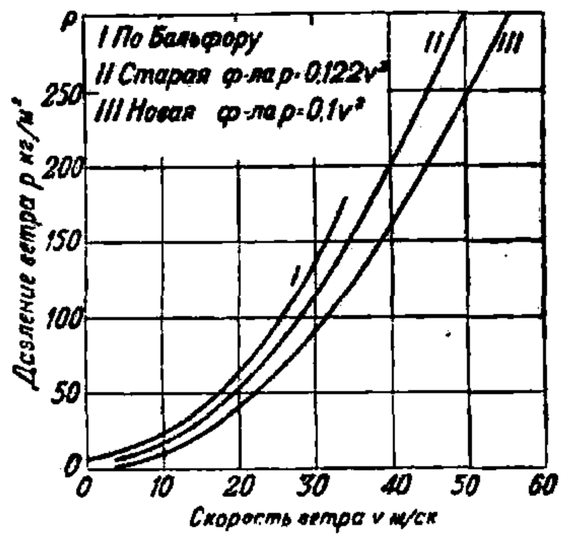
Лит.: G i l d e m e i s t e r E. u. H o f f m a n F., Die ätherischen Öle, 3 Aufl., B. 1, Lpz., 1928; J e a n c a r d P., Les parfums, P., 1927; см. также *Цветочные масла*.

Б. Рутовский.

МАЧТА АНТЕННАЯ, сетевая опора, сооружение, воздвигаемое для натягивания и поддерживания проводов *антенн* (см.), применяемых в радиотехнической практике. Существуют два главные типа М. а.: свободностоящие и на оттяжках. С в о б о д н о с т о я щ и е М. а. (башни) обычно делают из железа как материала долговечного, но их можно строить также и из дерева. Железные антенные мачты очень тяжелы, дороги, но зато они не требуют за собой никакого ухода (кроме окраски) и занимают сравнительно немного места. М. а. н а о т т я ж к а х строятся как из железа, так и из дерева. Они сооружаются быстрее и легче, и первоначальная стоимость их меньше; к недостаткам их относится то, что они требуют: 1) больше места, 2) более крупных фундаментов, 3) постоянного надзора (лишний штат такелажников), 4) в нек-рых странах (Америка) периодич. смены всех тросов через 5—7 лет. Последнее обстоятельство уничтожает все преимущества первоначальной низкой стоимости, так как после первой смены тросов стоимость этих М. а. становится приблизительно равной стоимости М. а. башенного типа. М. а. на оттяжках бывают жесткого типа, когда отношение длины L всей мачты к радиусу инерции r_i всего сечения $L : r_i = 120 \div 150$, а $l : r_i = 10 \div 12$, где l—длина участка между ближайшими точками прикрепления тросов. Гибкий тип этих мачт будет при $l : r_i \cong 80 \div 200$. М. а. жесткие



Фиг. 1.



Фиг. 2.

выполняются обычно в виде решетчатой фермы. Приблизительную стоимость М. а. можно определить по графику фиг. 1. Из него видно, что напр. при высоте 100 *м* железные мачты на оттяжках *3* в полтора раза, трехопорные *2*—в два, шуховские *1* — в шесть раз дороже деревянных *4*. Стоимость деревянных мачт при каждом увеличении их высоты на 25 *м* (начиная от 40 *м*) увеличивается примерно в 1,4—1,5 раза.

Н а г р у з к а о т в е т р а. Помимо полезной нагрузки (натяжение антенны) мачта должна выдерживать давление ветра. Давление ветра в *кг/м²* дано в графической форме на фиг. 2. Кривая *III*, удовлетворяющая ур-ию $p = 0{,}1\ v^2$, может быть признана наиболее верной. Для центральной полосы СССР скорости наиболее сильных ветров заключаются в пределах 30—40 *м/сек*, под тропиками они доходят до 60 *м/сек*. Пользуясь этими скоростями, легко определить верхний предел давления ветра на М. а. Однако практич. нормы, принятые в раз-

личных государствах, довольно резко разнятся между собою. Это различие наблюдается не только в области максимального давления, но и во взглядах на то, как меняется скорость ветра с высотою. Метеорологией с несомненностью установлено, что скорость ветра с высотою увеличивается. Однако это касается только слабых, а также средних ветров. При сильных ветрах уже на сравнительно небольшой высоте скорость ветра такая же, как и на весьма значительных высотах, вследствие чего давление ветра должно быть принято равномерным снизу и доверху. Расчетная норма, принятая теперь в СССР, $p=250$ *кг/м²*. Такая же норма принята и для расчета под тропиками. Для наших широт она конечно велика и безопасно могла бы быть принята в 200 *кг/м²* или даже еще ниже, в особенности для мачт высотою в 100 *м* и ниже, для к-рых уверенно можно допустить $p=150$ *кг/м²*. Для мачт не выше 40 *м*, если они применяются на радиостанциях не первостепенной важности, можно было бы принять $p=75$ *кг/м²*, что соответствует буре, граничащей со штормом. Давление ветра на неплоские и несплошные поверхности учитывается введением особого коэфициента обтекания. На него надо помножить величину давления, приходящегося на проекцию внешнего контура поверхности М. а. на плоскость, нормальную направлению ветра. Напр. на круглый цилиндр высотою h, диаметром d давлением ветра P определяется ф-лой:

$$P=f\cdot p\cdot d\cdot h,$$

где f—коэф. обтекания, p—выбранная норма давления в *кг/м²* поверхности, нормальной к ветру, а dh—проекция цилиндрич. поверхности на эту нормальную плоскость. В зависимости от d величина f будет меняться, заметно возрастая при малых d. Для $d>0{,}5$ *м* можно принимать $f=0{,}5$, для $d<0{,}5$ *м* берут $f=0{,}66$; для проводов $f=0{,}9$.

Нагрузка проводов от гололеда. Обледенение может покрывать М. а. тем больше, чем выше над землей находится то место, где происходит осадка этого обледенения. Поэтому верхушка мачты нагружается гололедом сильнее. Кроме того для различных географических мест размеры гололеда различны. Точно разработанных норм не имеется. Принимают, что мачта равномерно покрывается со всех сторон коркою льда толщиною 2 *см*, полагая уд. вес гололеда равным 0,9 и давление ветра $\geqslant 36$ *кг/м²*. Для проводов с диам. d принимается следующая норма: при $d\leqslant 4$ *мм* толщина корки льда берется 2 *см*, при $d<4$ *мм* внешний диаметр гололеда $D=4\,d$.

Натяжение проводов и тросов. Нагрузка тела мачты от веса антенны, равно как и нагрузка его оттяжками (в случае мачт на оттяжках) д. б. определена отдельно из условия крепости проводов и тросов. Провода и тросы рассматриваются как гибкие упругие нити. Будучи подвешены за две точки (напр. на одной высоте над горизонтом), они располагаются по т. н. цепной линии (фиг. 3); ур-ие к-рой

$$y=\frac{c}{2}\left(e^{\frac{x}{c}}+e^{-\frac{x}{c}}\right)=c\,\mathrm{ch}\,\frac{x}{c}. \qquad (1)$$

Параметр c, входящий в ур-ие (1), определяется чисто механич. данными:

$$c=\frac{T_0}{w},$$

где T_0—натяжение нити в точке O' а w—вес *п. м.* нити. Чем сильнее натянута нить, тем больше c. Из свойств цепной линии следует, что натяжение в какой-либо точке x

$$T_x=wy,$$

откуда

$$T_{max}-T_0=w\,(y_{max}-y_{min})=fw; \qquad (2)$$

т. о. разница в натяжениях в наинизшей точке и в точке привеса равна весу провода, имеющего длину, равную стреле провеса f. Максимальное натяжение T_{max} можно определить также и по ф-ле:

$$T_{max}=\sqrt{T_0^2+(sw)^2},$$

где s—длина провода между точками O' и B. Угол α определяется по ф-ле:

$$\mathrm{tg}\,\alpha=\frac{s}{c}=\frac{sw}{T_0}=\frac{Q}{T_0},\ \text{или}\ \cos\alpha=\frac{c}{y}, \qquad (3)$$

где $2Q$—вес всего провода.
Длина дуги s определяется из ф-лы:

$$s=\frac{c}{2}\left(e^{\frac{x}{c}}-e^{-\frac{x}{c}}\right)=c\,\mathrm{sh}\,\frac{x}{c}. \qquad (4)$$

Разлагая в ур-ии (1) $\mathrm{ch}\,\frac{x}{c}$ в ряд, получим:

$$y=c\left[1+\frac{1}{2!}\left(\frac{x}{c}\right)^2+\frac{1}{4!}\left(\frac{x}{c}\right)^4+\frac{1}{6!}\left(\frac{x}{c}\right)^6+\ldots\right],$$

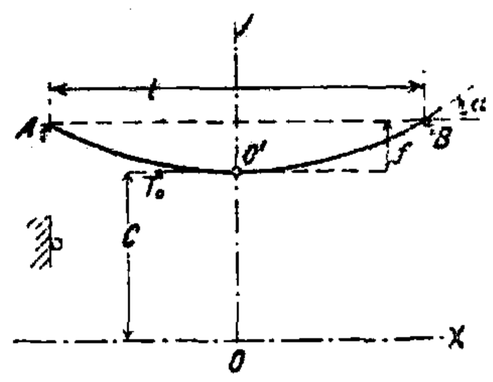
откуда легко определить провес какой-нибудь точки x:

$$f_x=y-c=\frac{x^2}{2c}\left[1+\frac{2}{4!}\left(\frac{x}{c}\right)^2+\frac{2}{6!}\left(\frac{x}{c}\right)^4+\ldots\right].$$

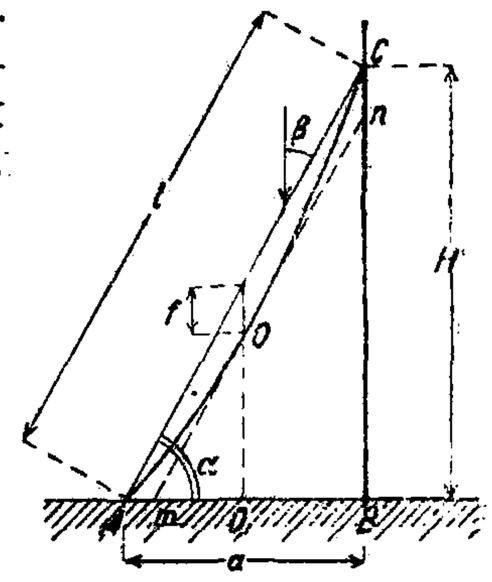
Максимальный провес при $x=\frac{l}{2}$, где l—пролет,

$$f=\frac{wl^2}{8T_0}\left[1+\frac{2}{4!}\left(\frac{l}{2c}\right)^2+\frac{2}{6!}\left(\frac{l}{2c}\right)^4+\ldots\right]. \qquad (5)$$

В электротехнике вообще и в частности в радиотехнике стремятся провода натянуть с напряжением, возможно более близким к z—допустимому. Принимая для меди $z=20$ *кг/м²*,



Фиг. 3.



Фиг. 4.

найдем, что например при нагрузке собственным весом $w=\gamma\cdot F$, где F—сечение провода, а γ—единичная нагрузка $=0{,}009$ *кг/м*, т. е. вес *п. м.* провода, приходящийся на 1 *мм²* поперечного сечения,

$$c=\frac{T_0}{w}=\frac{z\cdot F}{\gamma\cdot F}=\frac{20}{0{,}009}=2\,222\ м.$$

В этом случае даже для больших пролетов ($l=300$ *м*, $l:c=300:2\,222=0{,}135$):

$$f=5{,}06\,[1+3{,}8\cdot 10^{-4}+5{,}8\cdot 10^{-8}+\ldots].$$

Весь ряд в скобках в ур-ии (5) можно принять за единицу и считать, что стрела про-

веса f определяется всегда только первым множителем

$$f = \frac{w \cdot l^2}{8T_0}. \qquad (6)$$

Легко заметить, что отношение $l : c$ равноценно отношению $f : l$. Следовательно замена ряда единицей возможна всегда, когда $f : l$ величина малая. Замена ур-ия (5) ур-ием (6) по существу обозначает, что вес провода считается пропорциональным не длине дуги, по которой он располагается, а ее проекции на ось X, или иначе, что вес провода пропорционален длине пролета, над которым он натянут. Это допущение приводит к тому, что цепная линия заменяется параболой. Из ур-ия (6) следует, что

$$\frac{f}{l} = \frac{w}{8T_0} l = \frac{\gamma}{8z} l,$$

т. е. допустимая стрела провеса, при которой провод не перегружается, выраженная в долях пролета, не есть константа, как это часто на практике принимают, но увеличивается пропорционально пролету. Таким же приемом, разлагая ур-ие (4) и умножив его на 2, получим S—полную длину провода из формулы:

$$S = l + \frac{1}{24}\frac{l^3}{c^2}\left[1 + \frac{1}{80}\left(\frac{l}{c}\right)^2 + \ldots\right].$$

Принимая ряд в скобках за единицу, получим:

$$S = l\left[1 + \frac{1}{24}\left(\frac{l}{c}\right)^2\right] = l + \frac{l}{24}\left(\frac{Q}{T_0}\right)^2. \qquad (7)$$

Второй член дает величину, указывающую, насколько провод длиннее своего пролета. Он вообще мал при всех рассматриваемых случаях, благодаря чему $S \cong l$, и следовательно провод будет нагружаться не только от поперечной нагрузки wl, но и от колебаний $t°$.

Если провод при темп-ре t_1 подвешен к двум точкам, расстояние между к-рыми l, с нек-рой стрелой провеса, соответствующей его поперечной нагрузке и напряжению z_1, каким провод в этот момент обладает, то можно вычислить новое напряжение провода z_2, когда изменяются одновременно t, l и поперечная нагрузка. Перечислим обозначения: w—поперечная погонная нагрузка, к-рая слагается из собственного веса, веса гололеда и давления ветра; $Q = wl$—полное поперечное усилие, действующее на весь провод; $q = \frac{Q}{F}$—полная поперечная нагрузка единичного провода; $z = \frac{T}{F}$—напряжение провода; E—модуль упругости провода (но не материала его); α—коэфициент линейного расширения (для меди $\alpha = 1{,}68 \cdot 10^{-5}$). Пользуясь этими обозначениями, можно показать, что самое полное соотношение для определения напряжения при изменении условий будет:

$$z_2 - \frac{q_2^2 E}{24 z_2^2} = z_1 - \frac{q_1^2 E}{24 z_1^2} + \frac{\Delta l E}{l} - \alpha E (t_2 - t_1); \qquad (8)$$

здесь t_2 и t_1—температуры в °C, Δl—удлинение пролета, вызванное например отклонением точки провеса (отклонение вершины мачты). Из этого соотношения, зная начальные z_1, q_1, t_1 и l_1, можно определить новое z_2 при новых t_2, q_2 и l_2. Определив z_2, находим по ур-ию (6) новую стрелу провеса. Для определения, когда провод сильнее будет нагружен—при изменении $t°$ или при изменении поперечной нагрузки, вводят понятие к р и т и ч е с к о г о п р о л е т а. Если взятый пролет меньше критического, расчет надо вести по изменению $t°$, если же больше—по изменению q. Величина $l_{кр.}$—критического пролета—определяется следующим соотношением:

$$l_{кр.} = z_{доп.} \sqrt{24 \Delta t \frac{\alpha}{\gamma^2_{max} - \gamma^2_{min}}}, \qquad (9)$$

где Δt—разность между $t°$ при гололеде (равной −5°) при γ_{max} и $t°$ наибольшего холода (−30°).

Если провод несет посредине сосредоточенную нагрузку P, то горизонтальная составляющая натяжения провода определится из формулы:

$$T_0 = \frac{wl^2}{8f} + \frac{Pl}{4f}.$$

Наибольшее натяжение провода T_{max} будет у точки привеса и определится из ф-лы:

$$T_{max} = \sqrt{T_0^2 + \left(\frac{P+Q}{2}\right)^2}.$$

В соответствии с нормами нагрузка провода определяется ф-лами (d, F и D приведены в *мм*):
при $d < 4$ *мм*

$$\gamma_{г.} = \frac{0{,}0568\,(d+20)}{F}\ кг/м \cdot мм^2;$$

при $d < 4$ *мм*

$$\gamma_{г.} = 0{,}135\ кг/м \cdot мм^2.$$

Давление ветра (без гололеда на проводах):

$$\gamma_{в.} = 0{,}18\,\frac{d}{F};$$

давление ветра при гололеде:

$$\gamma_{в.г.} = 0{,}0235\,\frac{D}{F}.$$

Результирующая нагрузка при ветре без гололеда:

$$\gamma_{рез.} = \sqrt{\gamma_{сб.} + \gamma^2_{в.}};$$

при гололеде же:

$$\gamma_{рез.} = \sqrt{(\gamma_{сб.} + \gamma_{г.})^2 + \gamma^2_{г.в.}}.$$

Поперечную нагрузку получим, умножив γ на длину пролета l, так как $q = \gamma l$.

Схема расчета антенных проводов сводится к следующему. Предварительно выясняют величину критич. пролета по ур-ию (9) для заданных $z_{доп.}$, $\gamma_{сб.}$, $\gamma_{рез.}$ при гололеде и ветре и $t_1 = -5°$ и $t_2 = -30°$. Его величина укажет, что́ для провода будет опасным—охлаждение или поперечная нагрузка. Узнав опасные условия, по назначенному уже допустимому напряжению z (запас прочности обыкновенно выше 3 не берут) и по ур-ию (8) вычисляют то напряжение z_0, с которым провод должен быть подвешен. По z_0 вычисляем стрелу провеса f_0 (с которой ставится в момент подвешивания провод), пользуясь ур-ием (6), придав ему вид:

$$f_0 = \frac{\gamma_{сб.} l^2}{8 z_0}. \qquad (10)$$

При обычных в практике длинах антенны для обычно применяемых антенных канатиков расчетной нагрузкой является почти всегда гололед или ветер, а не температурное сокращение проводов.

М а ч т а н а о т т я ж к а х. Оттяжка (фиг. 4) является тросом, подвешенным не

горизонтально, как то было для антенны, а наклонно. Пролетом здесь будет $AB = a$, т. е. проекция троса на плоскость, перпендикулярную к действующим на него силам. Основное уравнение напряжения такого троса:

$$z_2 - \frac{q_2^2 \cos^2 \alpha_2 E}{24 z_2^3} = z_1 - \frac{q_1^2 \cos^2 \alpha_1 E}{24 z_1^3} + \frac{\Delta l E}{l}.$$

Угол α есть дополнение к углу β между оттяжкой и действующей на нее силой; остальные обозначения те же, что и для горизонтального провода. Так как $q \cos \alpha$—слагающая, действующая поперек провода, то смысл этого ур-ия тождествен с ур-ием для горизонтального провода. Эта поперечная нагрузка определяется как произведение величины a на величину погонной результирующей нагрузки на трос. Трос располагается по параболе. Наибольший провес f у него будет посредине пролета—в точке O. Для этой точки имеем следующие выражения, определяющие: $T_{гор.}$—горизонтальную составляющую, $P_{верт.}$—вертикальную составляющую и $T_{полн.}$—полное натяжение:

$$T_{гор.} = a \frac{Q}{8f} \cdot \quad P_{верт.} = H \frac{Q}{8f} \cdot \quad T_{полн.} = l \frac{Q}{8f}.$$

Касательная в точке O параллельна линии AC, соединяющей точки привеса. Заметим, что такими же ф-лами будут определяться натяжение и его составляющие Т-образной антенны в середине ее полупролета. Величиною $P_{верт.}$ будет тогда половина веса снижающихся проводов $P_{с.}$ и $^1/_4$ веса горизонтальной части Q, расположенной над всем пролетом l между точками привеса. Стрела провеса антенны определится ф-лой:

$$f = \frac{Ql}{8T_0} + \frac{P_{с.} l}{4T_0}.$$

Если вдоль мачты действует усилие $P_{м.}$, то для сохранения ею прямолинейной формы необходимо, чтобы тросы были натянуты с напряжением z, к-рое удовлетворяет следующему условию:

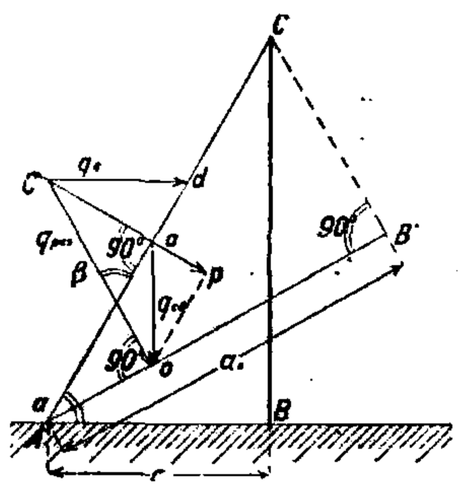
$$z < \sqrt[3]{\frac{\gamma^2 a^2 E}{12\left(\frac{EFh\cos^2\alpha}{2P_{м.}a} - 1\right)}},$$

где h обозначает расстояние вдоль по мачте между точками прикрепления оттяжек (между узлами). Основное ур-ие для троса показывает, что при больших напряжениях провес перестает играть заметную роль и сложная (кубическая) зависимость напряжения троса от перемещения Δ точки привеса приближается к зависимости линейной. Наличие прямолинейной части графика позволяет сделать заключение, что здесь трос работает как стержень, у к-рого сечение равно сечению троса с весьма плавно меняющимся модулем упругости $E_{ф.}$, величина к-рого определяется из ур-ия:

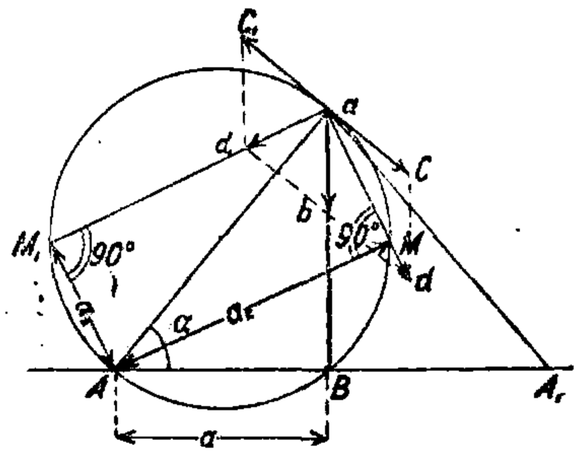
$$E_{ф.} = \frac{1}{1 + \frac{(q\cos\alpha)^2 E}{12 z^3}} \cdot E,$$

где $q \cos \alpha$—величина поперечной нагрузки, E—модуль упругости троса (без поперечной нагрузки) и z—напряжение, при к-ром определяется $E_{ф.}$. Из этого ур-ия следует, что выгоднее брать возможно тонкий трос и ставить его с возможно большим напряжением, так как при этом скорее достигается работа на прямолинейной части и $E_{ф.}$ будет больше (мачта не будет качаться из-за наличия «слабины» в тросах). Можно показать, что член $\frac{(q\cos\alpha)^2 E}{12 z^3}$ увеличивается приблизительно пропорционально d^4, где d—диаметр троса.

Поперечная нагрузка для наклонно повешенных тросов при изменении ветра меняется весьма значительно. На фиг. 5 показан способ нахождения новой поперечной нагрузки. Первоначальная погонная нагрузка $q_{об.}$, поперечная от нее ap, $q_{в.}$—погонная нагрузка от ветра; очевидно, что $q_{в.} = p \sin \alpha$, где p—принятая норма погонного давления на провод, подвешенный нормально к ветру. На наш провод действует лишь нормальная слагающая ac. Полная результирующая нагрузка $q_{рез.}$ и поперечная $cp = ca + ap$. Пролет, под к-рым теперь располагается провод, уже не a, но a_x; при этом a_x берется под прямым углом к $q_{рез.}$. Очевидно, что $cp \cdot l = q_{рез.} a_x$. Одну из оттяжек ветер будет нагружать, другую разгружать. На фиг. 6, как и раньше, aB—мачта, aA и aA_1—оттяжки; $ab = q_{об.}$, ac—нормальное к оттяжке давление ветра $= p_0 \sin^2 \alpha$. Результирующая нагрузка $q_{рез.} = ad$. При обратном движении



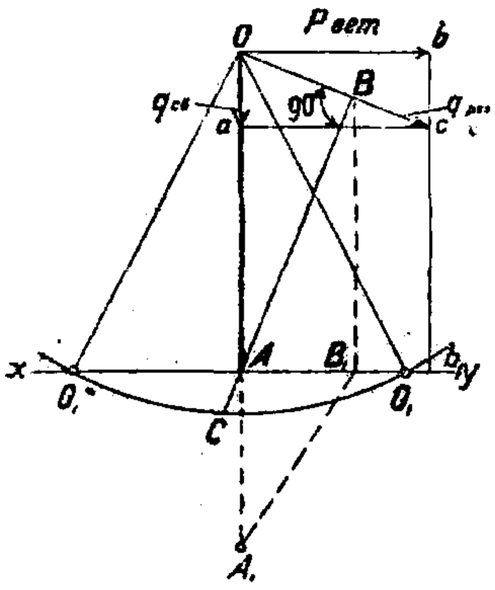
Фиг. 5.



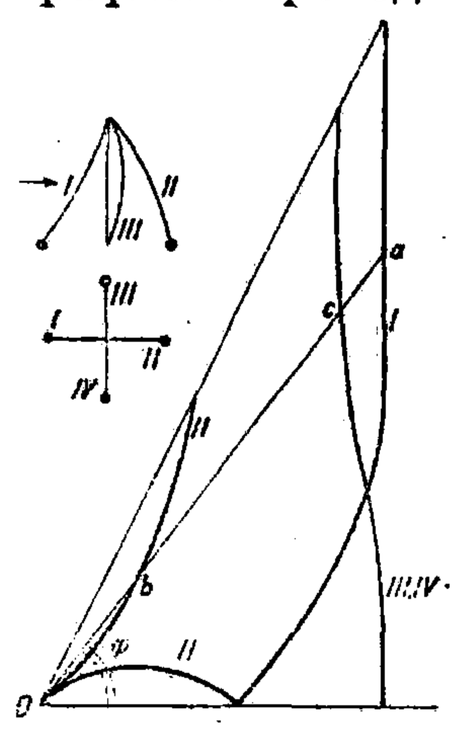
Фиг. 6.

ветра $q_{рез.} = ad_1$. Описав окружность на оттяжке, как на диаметре, найдем новый пролет для нагруженной оттяжки AM, а для разгруженной AM_1. Поперечная нагрузка будет для первого троса $AM \cdot ad$, а для второго $AM_1 \cdot ad_1$. Так определяется поперечная нагрузка для тросов продольных, т. е. лежащих в плоскости ветра. Определение поперечной нагрузки для тросов поперечных, т. е. лежащих в плоскости, перпендикулярной к направлению ветра, дано на фиг. 7 методом начертательной геометрии, как наиболее быстро приводящим к цели. Здесь xy линия пересечения плоскостей проекций, OA—вертикальная и AA_1—горизонтальная проекции поперечной оттяжки. Движение ветра—вдоль по оси XY. Oa—вертикальная проекция погонного собственного веса (проектируется без сокращений); горизонтальная его проекция—точка A. Проекции погонного давления ветра $p_{в.}$ даны отрезками Ob и Ab_1. Так как провод перпендикулярен направлению ветра, то $p_{в.}$ равно принятой норме давления ветра на провода. Проекции результирующей—Oc и Ab_1. Чтобы найти новый пролет, из нижней точки крепления оттяжки, из точки AA_1 опускаем перпендикуляры на результирующую Oc—Ab_1. Проекции его будут AB и A_1B_1. Проведя окружность из центра O, радиусом OO_1, равным истинной длине оттяжки, найдем истинную длину A_1B_1 перпендикуляра AB,

к-рая выразится отрезком CB; он и выражает величину нового расчетного пролета. Поперечная нагрузка будет определяться как $CB \cdot Oc$. Аналогичными методами определяется поперечная нагрузка для случая, когда ветер дует по направлению между оттяжками. Для примера на фиг. 8 даны полярные диаграммы поперечной нагрузки для оттяжек из железного телеграфного провода $d = 1/4$ дм. Стрелкой показано направление ветра. Если тросы подвешены под углом φ к горизонту, поперечная нагрузка первого троса выразится отрезком Oa, второго—Ob и третьего—Oc. Соответственно этому натяжение тросов будет велико у I, III и IV и слабо у II. Напряжение каждого из этих тросов определяется по основному ур-ию. Фиг. 9 дает ход изменения напряжения любого из этих тросов с изменением поперечной нагрузки, если тросы подвешивать с различным первоначальным напряжением z_1 при начальной поперечной нагрузке 0,16.



Фиг. 7.



Фиг. 8.

Выбор тросов для М. а. ведется по ур-иям, связывающим прогиб мачты с натяжением оттяжек и с горизонтальным усилием в рассматриваемом узле мачты, где крепятся эти тросы. Горизонтальные усилия Q создаются давлением ветра как на самую мачту—$Q_{м.}$, так и на тросы $Q_{тр.}$; $Q_{м.}$—давление, действующее на мачту вблизи узла O, на длине, равной половине расстояния до смежного узла (в каждую сторону от узла O); $Q_{тр.}$—половина всего давления на тросы, прикрепленные к узлу O. В самом верхнем узле, где крепится антенна, действует еще горизонтальное усилие от нее. Слагая (геометрически) все эти усилия, найдем их сумму, которую разложим на две составляющие: по мачте—Q_1 и нормально к ней—Q_0. Усилие Q_0 воспринимается соответствующей парой тросов. Запас прочности тросов берется ~ 3 (для неответственных М. а. можно брать 2,5 и даже 2). Первоначально сечение троса определяют приближенно, задавшись размерами мачты и определив примерно величину Q_0. Тогда сечение троса определится из ф-лы:

$$F \cong \frac{Q_0}{(Z_{доп.} - 3)\cos\alpha}.$$

Проверив и исправив величину Q_0, переходят к более точному расчету. Легко видеть (фиг. 10), что

$$T_1 \cos\alpha - T_2 \cos\alpha = Q_0,$$

или

$$\Delta T = T_1 - T_2 = \frac{Q_0}{\cos\alpha} = Q_0 \frac{l}{a}.$$

Величина $Q_0 \frac{l}{a}$ известна всегда, когда известны размеры мачты и троса (известно Q_0). Отклонение мачты Δa связано с удлинением расстояния AC между точками привеса троса следующим образом:

$$\Delta a = \frac{\Delta l}{\cos\alpha} = \Delta l \frac{l}{a}.$$

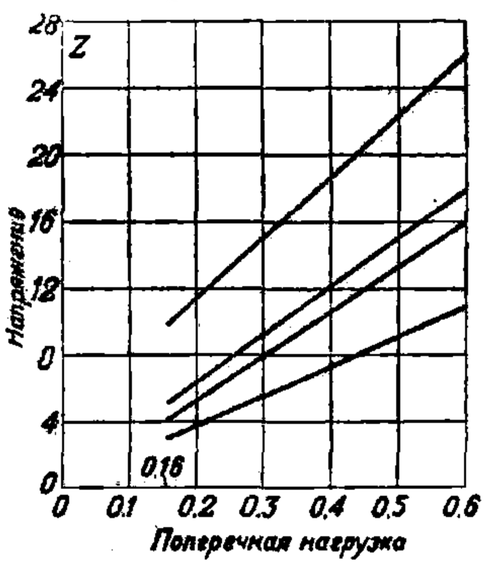
Величиною Δa задаются. От правильного выбора ее зависит по существу то давление, которое будет испытывать мачта от тросов: чем Δa больше, тем давление меньше. Величину Δa обыкновенно берут 1—2% от высоты h; ее следует в расчетах уменьшать для тех узлов, которые лежат ниже, так чтобы ось мачты была прямой линией. Правильнее было бы однако ось мачты располагать по окружности, т. к. мачта обычно защемлена у основания, переносить же весь прогиб книзу—значит увеличивать напряжение в наиболее опасном месте. Брать Δa большим не следует, так как мачта получается «жидкой» и, несмотря на свою гибкость, все же может получить чрезмерные напряжения, тем более, что давление ветра вдоль мачты, хотя и сохраняет в среднем свою величину, но в каждый момент времени м. б. различно в различных точках. Поэтому лучше брать Δa ближе к $0{,}01 \div 0{,}0125\ h$. Необходимые для расчета величины связаны следующими соотношениями:

$$\Delta z = z_1 - z_2 = \frac{T_1 - T_2}{F} = \frac{Q_0 l}{a}; \qquad (11)$$

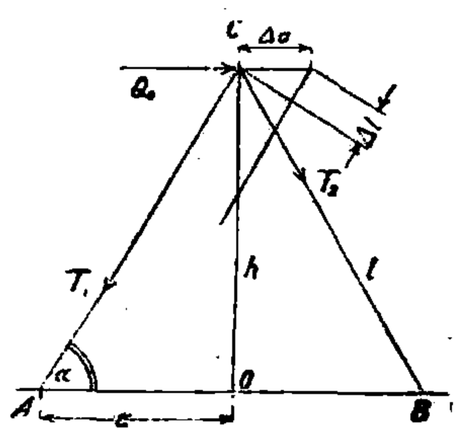
$$z_1 - \frac{q_1^2 E}{24 z_1^2} = z_0 - \frac{q_0^2 E}{24 z_0^2} + \frac{\Delta l E}{l}; \qquad (12)$$

$$z_2 - \frac{q_2^2 E}{24 z_2^2} = z_0 - \frac{q_0^2 E}{24 z_0^2} - \frac{\Delta l E}{l}. \qquad (13)$$

Здесь z_0 и q_0—напряжение и поперечная нагрузка тросов до появления ветра и возникновения усилия q_0; z_1 и q_1—те же величины при ветре для нагруженного троса, а z_2 и q_2 для разгруженного. В этих ур-иях, (11), (12) и (13), имеются величины z_0, z_1, z_2, Δz и Δl. Задаваясь двумя из них, определяют три остальных. Наилучшим решением было бы то, которое дает наибольшее z_1, равное допустимому $z_{доп.}$. При тяжелых тросах это однако обходится довольно дорого, т. к. мачта получается наиболее жесткая, а потому и тяжелая. Поэтому тросы с большим запасом прочности ставить не следует.



Фиг. 9.



Фиг. 10.

Рассмотрим три наиболее существенных случая. 1) Наиболее жесткая мачта. Это будет при наибольшем напряжении наветренного троса, так как прогиб мачты будет наименьшим. Поэтому допускаем для работы этого троса максимальное z_{max}, следовательно $z_1 = z_{доп.}$; $\Delta z = \frac{\Delta T}{F} = \frac{Ql}{Fa}$. Ищем z_2,

z_0 и Δl. Определяем натяжение z_2 подветренного троса:

$$z_2 = z_1 - \Delta z.$$

Складывая и вычитая ур-ия (12) и (13), получим:

$$z_0 - \frac{q_0^2 E}{24 z_0} = \frac{z_1 + z_2}{2} - \frac{1}{2}\left(\frac{q_1^2 E}{24 z_1^2} + \frac{q_2^2 E}{24 z_2^2}\right); \qquad (14)$$

$$\frac{\Delta l}{l} E = \frac{z_1 - z_2}{2} - \frac{1}{2}\left(\frac{q_1^2 E}{24 z_1^2} - \frac{q_2^2 E}{24 z_2^2}\right). \qquad (15)$$

Правые части этих уравнений известны, так как z_1 и z_2 уже определены. Поэтому легко определяются начальное напряжение z_0 и Δl, а по ней отклонение мачты Δa. Так как все тросы (поперечные и продольные) ставят с одинаковым начальным напряжением z_0 (иначе мачта не будет прямолинейна), то легко найти напряжение z_3 поперечных тросов при ветре. Для этого пользуемся уравнением (8), полагая в нем $\Delta l = t_1 - t_2 = 0$ и беря z_0 из ур-ия (14):

$$z_3 - \frac{q_3^2 E}{24 z_3^2} = z_0 - \frac{q_0^2 E}{24 z_0^2}. \qquad (16)$$

Зная напряжение всех тросов, определяем слагающую вдоль по мачте. 2) **Проверка троса на предельную нагрузку** Q_0. Дано (выбираем): $z_1 = z_{доп.}$; Δa равно максимальной допустимой величине. Вычисляем: по Δa величину $\Delta l = \Delta a \cdot \frac{a}{l}$. Зная Δl и z_1, по ур-ию (15) определяем z_2. Зная z_1 и z_2, определяем предельное горизонтальное усилие, Q_0, которое м. б. воспринято тросами при прогибе мачты, не превосходящем допустимой величины:

$$Q = \frac{a}{l}\Delta T = \frac{a}{l} F (z_1 - z_2).$$

z_0 находим по ур-ию (14) и z_3 по ур-ию (16). 3) **Точный выбор рабочих напряжений тросов.** Дано Δa и $\Delta z = \frac{Ql}{Fa}$. Тогда определяем $z_1 = \Delta z + z_2$ и $\frac{z_1 - z_2}{2} = \frac{\Delta z}{2}$. Подставляя эти значения в уравнение (15), получаем:

$$\frac{a}{z_2^2} - \frac{b}{z_1^2} = c. \qquad (17)$$

Решая его совместно с ур-ием $z_2 - z_1 = \Delta z$, находим z_1 и z_2. Задача эта решается значительно быстрее приближенным способом с точностью, более чем достаточной для практики. Для этого обратим внимание, что член $\frac{b}{z_1^2}$ ур-ия (17) изменяется весьма медленно по сравнению с другим членом. Задавая ему наиболее вероятное значение, превращаем ур-ие (17) в квадратное, к-рое легко решается.

Расчет тела мачт. Выяснив нагрузки на тело мачты, можно подобрать нужные его размеры, пользуясь ф-лами строительной механики. Отметим здесь лишь следующее. С достаточной для практики точностью расчет М. а. можно вести, считая, что в местах прикрепления оттяжек имеется шарнир. Обозначив расстояние между узлами через h, для расчета пользуемся ф-лой Тетмайера, к-рая дает величину критич. напряжения в виде

$$k_{кр.} = K_0 - D\frac{h}{r_i}$$

и приложима, пока $10 < \frac{h}{r_i} < (100 \div 105)$. Здесь r_i—радиус инерции всего сечения мачты, K_0—временное сопротивление на сжатие (для железа $K_0 = 3\,100$ *кг/см²*, $D = 11,4$; для дерева $K_0 = 293$ *кг/см²* и $D = 1,97$). Разрушающая нагрузка будет

$$P_{кр.} = F \cdot k_{кр.} = F\left(K_0 - D\frac{h}{r_i}\right),$$

где F—площадь поперечного сечения мачты. По сравнению с простым сжатием критическая нагрузка уменьшается в отношении

$$\frac{K_0 - D\frac{h}{r_i}}{K_0}.$$

При изломе мачта выпучивается, и, если она состоит из отдельных предельных стержней, связанных между собою, стержни будут нагружаться уже неравномерно вследствие получившегося эксцентриситета. Тогда критич. нагрузка еще уменьшится. Если длину стержня между узлами обозначить через h' и радиус инерции его сечений через r_i', то критич. нагрузка уменьшится еще и будет

$$P_{кр.} = \left(\frac{K_0 - D\frac{h}{r_i}}{K_0}\right)\left(\frac{K_0 - D\frac{h'}{r_i'}}{K_0}\right).$$

Необходимо считаться с эксцентриситетом, получающимся от неравномерного подведения нагрузок. Т. к. тросы при ветре натянуты неодинаково, то нагрузка мачте передается с эксцентриситетом, к-рый при изломе увеличивается еще больше. Расчет связей (прокладок или решеток) делается на общих основаниях.

Расчет фундаментов и фундаментных кольев. Допускаемое напряжение грунта σ_x увеличивается с глубиной по ф-ле (в $m/м^2$):

$$\sigma_x = \Gamma \operatorname{tg}^2\left(45 + \frac{\delta}{2}\right) = kx,$$

где Γ—вес земли в $m/м^3$, δ—угол естествен. откоса, x—высота засыпки до рассматриваемого сечения в $м$, k—фактор пропорциональности. Величина реакции от грунта (при выворачивании) $P_{ф.}$ определяется по ф-ле:

$$P_{ф.} = \frac{akx_0^3}{6},$$

где $x_0 = \frac{2h}{3}$, h — глубина погружения фундамента (или кола), a—ширина фундамента (или кола). Момент, действующий на фундамент (или кол) со стороны грунта, M определится из ф-лы:

$$M = \frac{akh^3}{24} = \frac{9}{16} h P_{ф.}.$$

Зная M, можно узнать силу P_x, больше которой нельзя передать фундаменту:

$$P_x = \frac{M}{x_0 + y},$$

где $x_0 + y$—плечо силы P_x. Ширина фундамента a связана с выворачивающим моментом соотношением:

$$a = \frac{M}{\frac{kh^3}{24}}.$$

Если учитывать расширение сдвигающихся слоев, то новый момент M_g определится из уравнения:

$$M_g = \psi M,$$

где

$$\psi = \frac{2(10 + 12\beta h + 3\beta^2 h^2)}{5(4 + 3\beta h)},$$

$$\beta = \frac{\operatorname{tg}\left(45 + \frac{\delta}{2}\right)}{4a}.$$

Следовательно

$$P_x = \frac{\psi M}{x_0 + y},$$

где

$$x_0 = \frac{4h + 3\beta h^2}{2(3 + 2\beta h)},$$

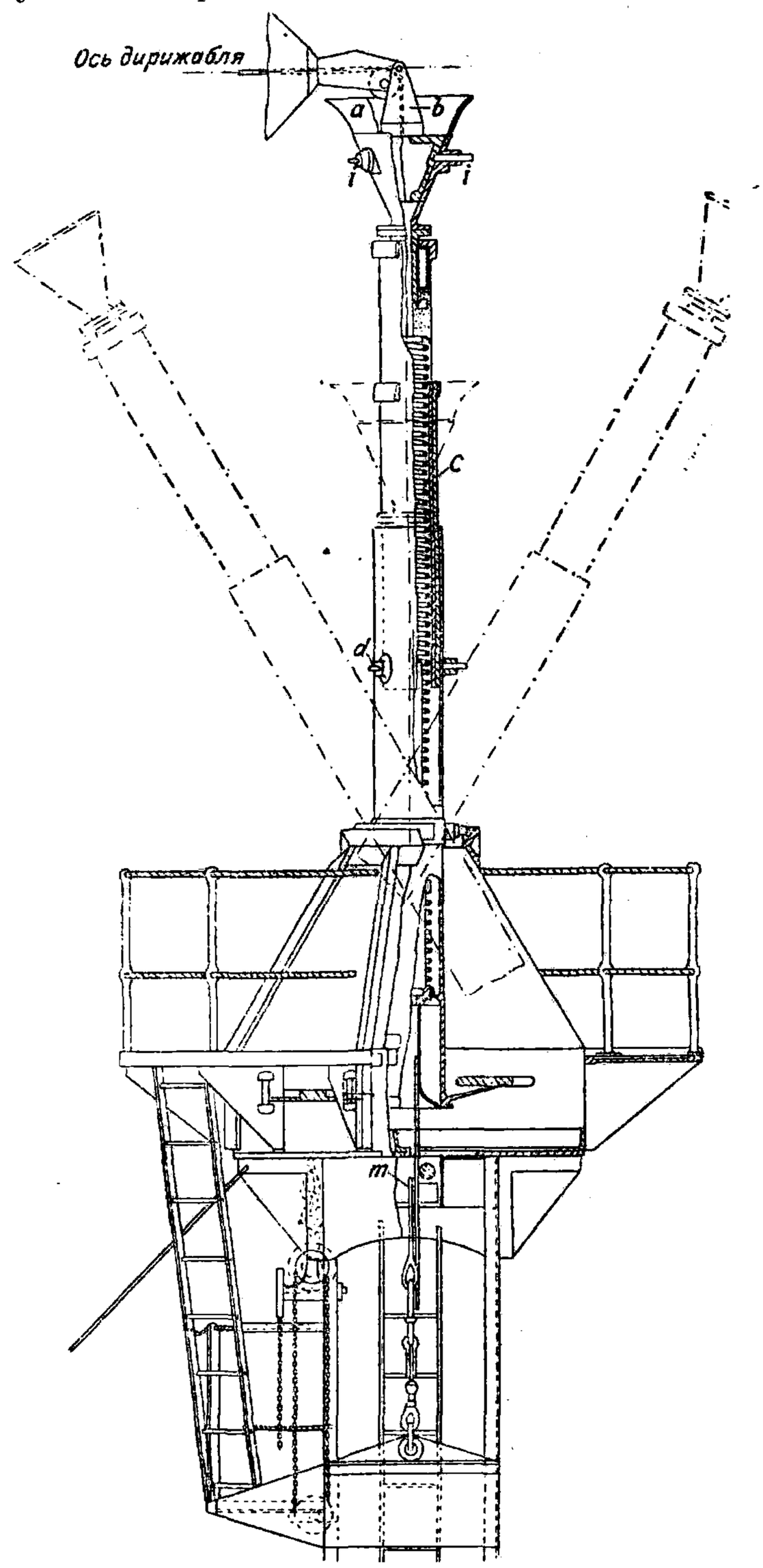
y—высота точки приложения P_x над землей.

Лит.: Турлыгин С. Я., «ТиТбП», 1922, *13*, стр. 266, 1925, *28*, стр. 33; Виноградов Н. П., «Технико-экономический вестник», М.—П., 1922, *3*, стр. 273; Тимофеев-Радзивилл В. Н., «ТиТбП», 1922, *15*, стр. 489; его же, «Жизнь и техника связи», Москва, 1924, *11*; Weagant R. A., «Proc. of the Inst. of Radio Eng.», N. Y., 1915, v. 3, p. 135; Elwell C. F., ibid., v. 3, p. 161, 1920, v. 8, p. 193; Davis G. S., ibidem, 1915, v. 3, p. 171; Millener Fr. H., ibidem, 1918, v. 6, p. 192; Buel A. W., ibid., 1924, v. 12, p. 29; Micehiardi B. and Pession, ibid., v. 8, p. 156; Bourseire M., «GC», 1923, 4 août; «Journal of the Institution of the Electrical Engineers», 1929, v. 67, p. 229. Приводимая библиография касается лишь мачт на оттяжках или специфических условий работы свободностоящих башен. **С. Турлыгин.**

МАЧТЫ (опоры в высоковольтных линиях передачи), см. *Сети* электрические.

МАЧТЫ ПРИЧАЛЬНЫЕ для воздушных кораблей, сооружения для стоянки на причале под открытым небом воздушных кораблей в «пловучем» их состоянии. Возникновение М. п. вызвано дороговизной элингов и опасностью использования их для ввода и вывода воздушных кораблей при скорости ветра свыше 6—8 *м/сек.* М. п. впервые была построена в Англии в 1918—19 гг. Идея М. п.—дать воздушному кораблю надежную опорную точку в воздухе. М. п. должны иметь соответствующее оборудование, допускающее производство необходимых технических и транспортных операций с воздушными кораблями во время их стоянки, как то: осмотр кораблей, их питание и мелкий ремонт, погрузочные операции и т. п.

Основные требования, предъявляемые к М. п.: 1) высота мачты д. б. такова, чтобы причаленный воздушный корабль при возможных вертикальных колебаниях не мог притти в соприкосновение с землей; 2) причаленный воздушный корабль должен иметь полную свободу горизонтальных движений вокруг мачты и движений около продольной оси корабля; 3) деталь воздушного корабля, осуществляющая связь его с М. п., должна быть возможно более коротка и жестка (не гибка); для уменьшения величины ударных нагрузок от движения дирижабля, М. п. должна иметь причальное приспособление, позволяющее быстро и безопасно производить операцию причаливания с наименьшим количеством обслуживающего персонала. Т. к. воздушный корабль на причале будет всегда стремиться стать по ветру, то причальное приспособление должно поворачиваться вокруг своей вертикальной оси на угол 360°. Максимальный возможный угол вертикальных колебаний корабля берется $\alpha = \pm 15°$ и т. о. высота мачты отнюдь не должна превышать величины $h = L \sin \alpha$, где L—длина воздушного корабля. Практика допускает пользование мачтами, имеющими высоту $h = 0{,}18 \div 0{,}25\ L$. М. п. должна иметь: 1) посадочную площадку для погрузки пассажиров и грузов на воздушный корабль; 2) лестницу и подъемные машины для доставки грузов и пассажиров на посадочную площадку и для обслуживающего персонала, а также и для осмотра и ремонта М. п.; 3) для питания воздушного корабля газо-бензино-масло-водо-

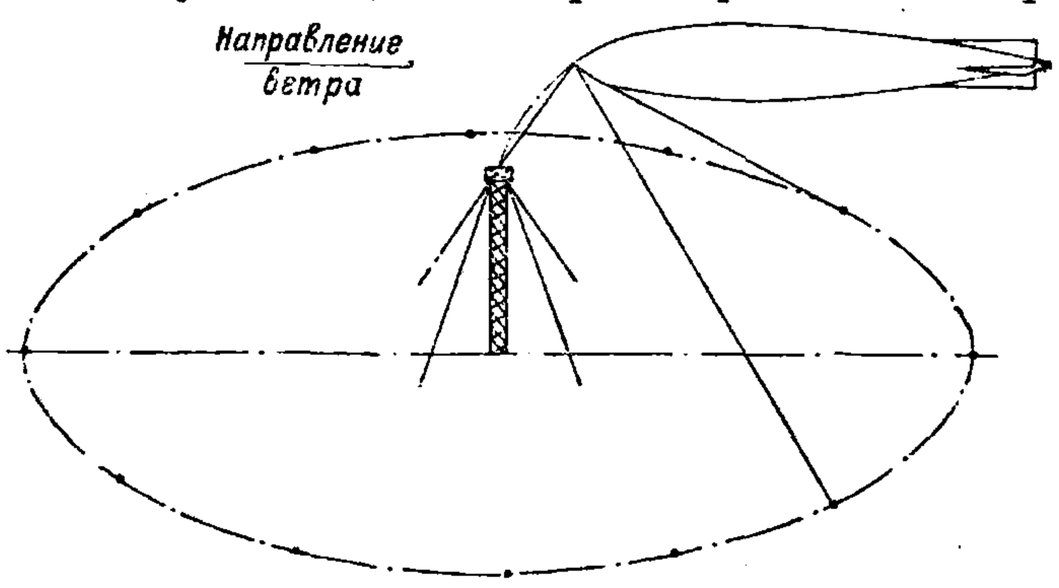


Фиг. 1.

проводы такой мощности, чтобы за 1—2 ч. стоянки корабля на причале можно было пополнить его расход горючего, балласта и газа на 48 ч. полета; 4) прожекторную и силовые установки для освещения, отопления, сигнальных огней, насосов и т. п. Материалом для постройки М. п. могут служить: железо, железобетон и дерево. В настоящее время применяются металлич. мачты решетчатой конструкции, представляющие собою пространственные фермы. М. п. могут быть расчаленными и свободностоя-

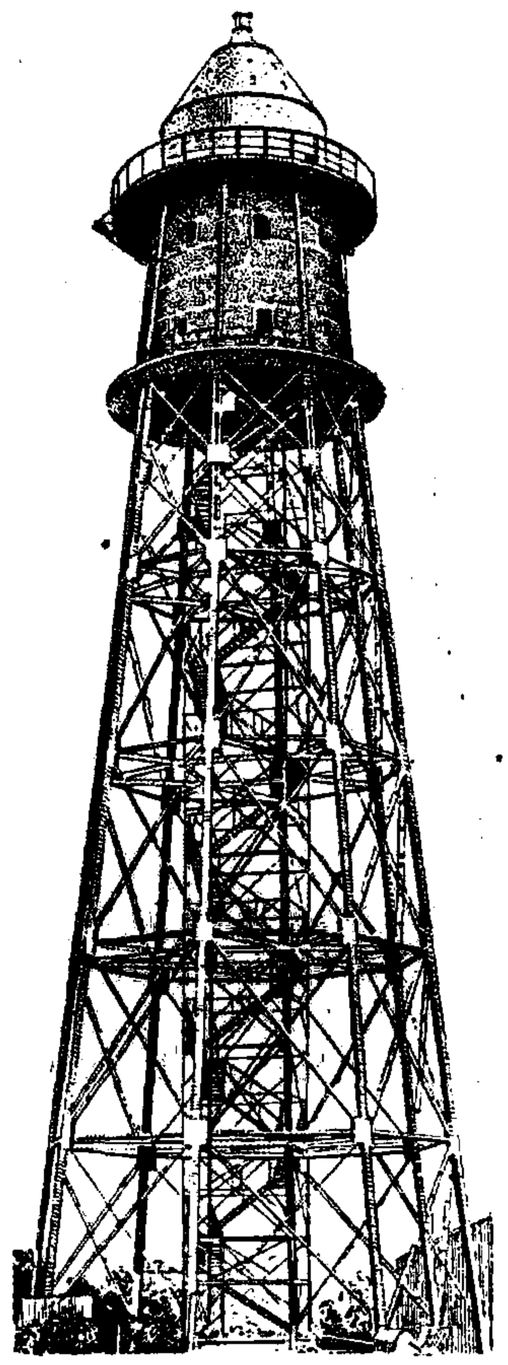
щими; постоянными и переносимыми (разборными); сухопутными и морскими (на кораблях).

Типом расчаленной мачты является М. п. в Пульгейме, первая из построенных в Англии. Эта М. п. является раскосной фермовой балкой квадратного сечения со стороной в 0,9 *м*. Высота ее 36,5 *м*. М. п. покоится на бетонном фундаменте и расчалена металлич. тросами, к-рые крепятся к М. п. у вершины ее и в расстоянии $^3/_5$ высоты мачты от ее основания. Внутри М. п. идет лестница, ведущая на посадочную площадку, к-рая расположена на вершине мачты. С посадочной площадки по трапу можно проникнуть на воздушный корабль через его носовой люк. Причальное приспособление этой мачты представляет собою двухколенную раздвижную трубу (фиг. 1), оканчивающуюся причальной воронкой *a*, служащей для приема причального конуса *b* воздушного корабля, и могущую вращаться вокруг своей вертикальной оси благодаря системе опор и упорных подшипников, расположенных в верхнем конце трубы. Труба расположена в центре посадочной площадки и благодаря наличию кардана в месте ее крепления к мачте, расположенном в расстоянии ок. 1 *м* от нижнего конца трубы, может вращаться в горизонтальной плоскости на 360° и отклоняться от вертикальной на 30°. Длина основного колена трубы 3 *м*; длина выдвижного колена 1,5 *м*. Под действием находящейся внутри трубы мощной стальной пружины *c* выдвижное колено стремится выдвинуться наружу. Выдвижное колено и пружина, повышая точку причала над посадочной площадкой и амортизируя удар при соприкосновении носа воздушного корабля с причальной воронкой, способствуют безопасности причаливания. После причала труба м. б. приведена в вертикальное положение при помощи системы канатов, идущих от нижнего конца трубы через ряд блоков на специальную лебедку. Выдвижное колено м. б. фиксировано внутри основного колена тремя замками *d*. На земле у основания мачты расположена лебедка для выбирания главного причального троса, идущего от причального конуса на носу воздушного корабля через причальную воронку мачты на эту лебедку. Лебедка выбирает причальный трос



Фиг. 2.

до момента, когда причальный конус воздушного корабля войдет в причальную воронку мачты и будет в ней закреплен замками *i*, после чего вспомогательный трос *m*, идущий также от причального конуса, крепится к мачте, а главный причальный трос м. б. смотан с лебедки и передан на корабль. На земле вокруг мачты по окружности радиуса $r = 150$ *м* расположены 12 постоянных якорей (бетонные сваи с кольцами). Их назначение—прием двух вспомогательных швартовых тросов с воздушного корабля (фиг. 2), которые выбираются во время причаливания передвижными лебедками, устанавливаемыми при подходе корабля у соответствующих якорей. Труба причального приспособления благодаря возможности отклоняться от вертикали (до 30°) занимает при причаливании положение касательной к кривой, описываемой носом воздушного корабля, когда последний, будучи фиксирован на постоянных якорях двумя вспомогательными швартовыми тросами, подтягивается к мачте главным причальным тросом, который идет от причального конуса воздушного корабля. Внутри мачты расположены трубопроводы для газа, горючего и балласта (вода).



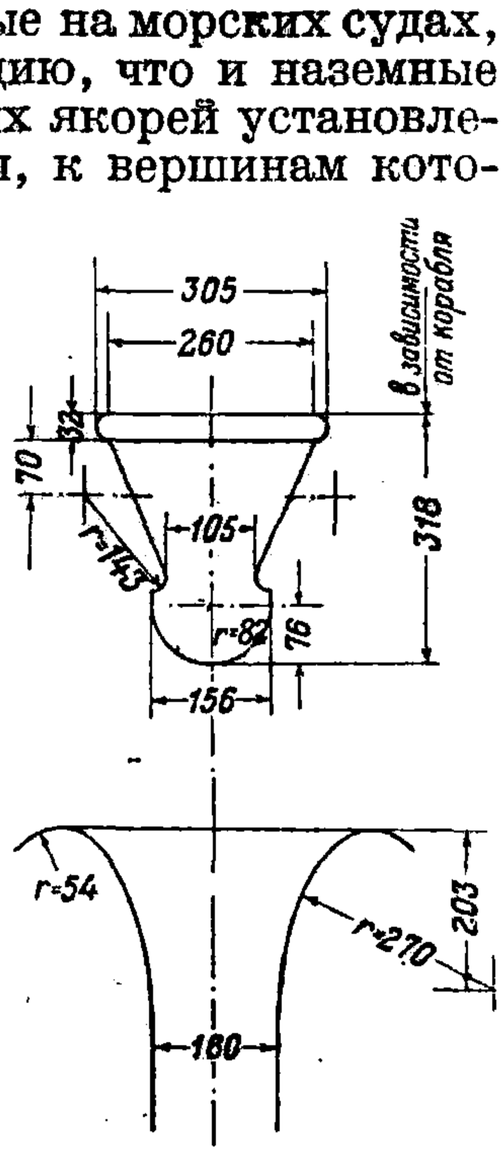
Фиг. 3.

Типом свободностоящей мачты может служить М. п. в Кардингтоне (фиг. 3). Она представляет собою восьмигранную металлическую фермовую пирамиду, опирающуюся на бетонный фундамент. Высота М. п. 61 *м*; конструкция ее в противоположность Пульгеймской является жесткой и она имеет причальное приспособление того же типа, что и Пульгеймская мачта, но несколько видоизмененной конструкции. Питание воздушного корабля, а также производство с ним эксплоатационных операций, когда он стоит на причале в воздухе, представляют трудности и требуют для выполнения большого промежутка времени. Для устранения этого Форд в Дирборне (США, штат Мичиган) построил М. п. (свободностоящую металлическую фермовую трехгранную пирамиду), имеющую вертикальный рельс, соединенный с причальным приспособлением и вместе с ним могущий свободно вращаться вокруг вертикальной оси мачты. Причаленный к этой мачте воздушный корабль м. б. спущен по этому рельсу до земли и после совершения необходимых работ опять поднят в воздух и оставлен на причале. В Германии предложены к постройке М. п. небольшой высоты—16—20 *м*. Причаленный к ним воздушный корабль почти касается своей нижней частью земной поверхности, в силу чего на земле вокруг мачты проложено несколько круговых рельсов, по к-рым ходят специальные тележки. К этим последним и крепится после причала воздушный корабль. Причальное приспособление этих мачт также имеет возможность вращаться в гори-

зонтальной плоскости на 360°, что вместе с круговыми рельсовыми путями, снабженными тележками, позволяет воздушному кораблю устанавливаться по ветру. Столь низкое расположение воздушного корабля на причале должно на много облегчать его обслуживание.

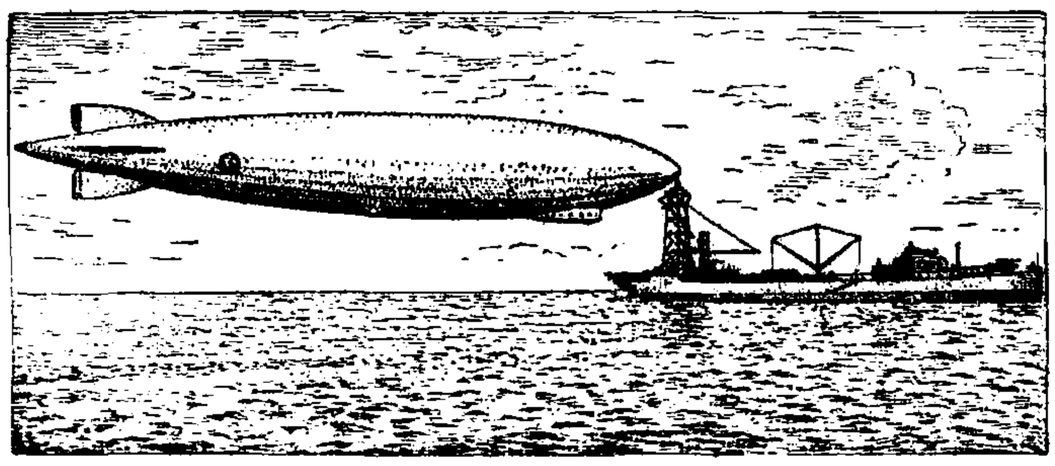
В 1922 г. в Англии была созвана специальная конференция по вопросу о выработке стандартов для М. п. и воздушных кораблей. В числе прочих постановлений были приняты диаметры трубопроводов М. п.—для газа 300 *мм*, для бензина 40 *мм*, для воды 75 *мм*, а также размеры и форма причального конуса и габарит причальной воронки, показанные на фиг. 4.

М. п., устанавливаемые на морских судах, имеют ту же конструкцию, что и наземные М. п.; вместо постоянных якорей установлены специальные стрелы, к вершинам которых крепятся при причале вспомогательные швартовые тросы (фиг. 5). М. п. для воздушных кораблей мягкой системы могут иметь специальную вилку (фиг. 6), вращающуюся в горизонтальной плоскости и позволяющую распределить напряжение на оболочку причаленного корабля.



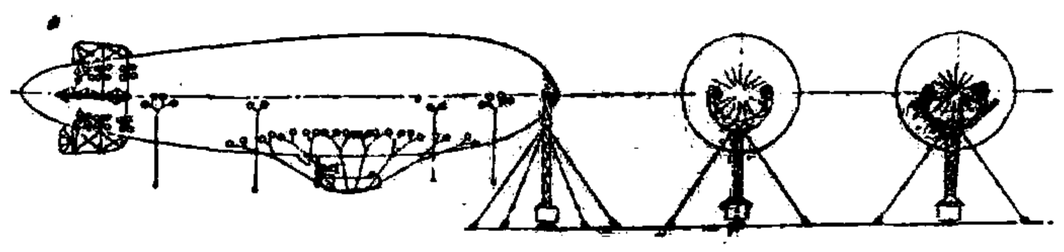
Фиг. 4.

При проектировании М. п. должны быть учтены следующие нагрузки: 1) нагрузка от собственного веса мачты, 2) нагрузка от веса операционных и служебных помещений и оборудования, расположенных в мачте с переменными и постоянными грузами, 3) горизонтальная и вертикальная составляющие давления от причаленного к вершине мачты воздушного корабля, 4) давление ветра на тело мачты, 5) напряжения от причального троса, выбираемого лебедкой во время причала, 6) температурные напряжения. Следует отметить, что трехгранные М. п. наименее выгодны в смысле использования в них внутреннего пространства под оборудование. Продувки моделей М. п. сплошных и фермовых—цилиндрических,



Фиг. 5.

конусообразных, трех- и четырехгранных пирамид показали выгодность четырехгранных фермовых пирамидальных мачт, для к-рых коэф-т лобового сопротивления получился равным $R_x = \frac{Q}{v^2} = 0{,}00092$, где Q—сила лобового сопротивления, а v—скорость потока воздуха в *м/ск*, в то время как для конусообразной сплошной модели коэф-т оказался



Фиг. 6.

равным 0,0016, для сплошного цилиндра 0,0018, а для фермового цилиндра 0,0015. Продувки производились при скорости потока $v = 20$ *м/ск*.

Лит.: Engberding D., Luftschiff u. Luftschiffahrt, B., 1926; «Engineering», L., 1921; «Giornale dei Genio Civile», Roma, 1917; «OZEM», 1928, *18*; «JC», 1929, *15*.

М. Соколов.

МАЧТЫ СУДОВЫЕ, вертикальные части рангоута, используемые по своему прямому назначению (несение парусов) только на парусных судах и спортивных яхтах. Обыкновенно М. с. служат для подъема сигналов, установки антенны, грузовых стрел, постов наблюдения, а на военных судах — постов управления артиллерийским огнем и прожекторов. Количество М. с. (обычно от 1 до 4) определяется на парусных судах тоннажем судна и его парусным вооружением (см. *Парусные суда*), доходя до 7; на грузовых судах—количеством и расположением люков. Размещение М. с. на парусных судах зависит от длины и вооружения последних и определяется по опытным данным таблицы Миддендорфа или путем испытания модели продувкой; на прочих судах—зависит от положения люков, надстроек, дымовых труб и мостиков или диктуется специальными требованиями. Высота М. с. зависит от требуемой высоты центра *парусности* (см.) над ватерлинией и достигает 50—60 *м*; поэтому для удобства изготовления и установки судовые мачты делают из двух, трех частей, соединенных друг с другом (см. *Парусное вооружение*). В целях удобства укрепления М. дают наклон в корму, а именно (у больших судов): для фок-мачты 3—4°, для грот-мачты 4—5°, бизань-мачты 5—6°. На военных судах М. с. устанавливают без наклона. Кроме обычных М. с., удерживаемых вантами и штангами, на военных судах устраивают многоопорные М. с. с несколькими ногами, подкрепляющими М. с. у марса и разносящими вес последнего. Применяются также прутковые М. с., имеющие форму однополого гиперболоида.

М. с. изготовляются из цельнотянутых стальных труб или листов, М. с. больших диаметров—из клепаных труб, лишь на небольших судах—из дерева; стеньги—стальные или сосновые, брам-стеньги—еловые. Диаметр стальных М. с. по высоте различен: у степса 0,3—0,7 *м*, у пяртнерса 0,4—0,9 *м*, у салинга 0,3—0,8 *м*, у топа 0,25—0,6 *м*. Толщина листов 5—15 *мм*. М. с. склепываются (внакрой) или свариваются по окружности из 2—4 листов в зависимости от высоты; стыки склепываются на накладках снаружи или на накладках, устанавливаемых с внутренней стороны. В наиболее напряженных частях (у степса, пяртнерса и лонгсалинга) к М. с. приклепывают второй

слой; внутри, при надобности, устанавливают вдоль М. с. уголки жесткости. Пустотелая М. с. служит хорошим вытяжным вентилятором, для чего топ ее закрывают грибом, оставляющим проход для воздуха.

На М. с. парусных судов действуют следующие внешние силы: 1) давление ветра на паруса и на М. с., 2) собственный вес, 3) силы инерции и 4) натяжение такелажа; эти силы вызывают изгиб, сжатие и кручение М. с.; на М. с. коммерческих парусных судов кроме этих сил действует еще вес поднимаемого на стреле груза. Так как расчет М. с. осложняется вследствие невозможности точно учесть внешние силы, то для парусных судов обычно пользуются данными опыта, сведенными в таблицы правил классификационных обществ; М. с. военных судов, наоборот, рассчитывают. Расчет производят: 1) на наибольший из изгибающих моментов при боковой или килевой качке, 2) на продольное сжатие от собственного веса и наибольшей составляющей по длине М. с. сил инерции от боковой или килевой качки. М. с. разбивают по длине на участки с постоянным весом погонной единицы и производят расчет последовательно для каждого участка, начиная с верхнего, № 1. Задавшись: весом (т. е. размерами) участка № 1 на единицу длины—p'_1 и давлением ветра на единицу длины—q'_1, определяют величину изгибающего момента для наиболее невыгодного случая и из ур-ия прочности определяют размеры М. с. (диаметр и толщину стенок) на участке № 1; проверив их на устойчивость, вычисляют величины p'_1 и q'_1, которые примут новые значения: p''_1 и q''_1, и повторяют расчет сначала, пока величины

$$p_1^{(n+1)} - p_1^{(n)} = \alpha,$$
$$q_1^{(n+1)} - q_1^{(n)} = \beta$$

не окажутся пренебрежимо малыми; обычно бывает достаточно второго приближения. Далее переходят к расчету участка № 2, в расчетные ур-ия к-рого войдут уже точные величины p_1 и q_1 и предполагаемые значения величин p_2 и q_2—p'_2 и q'_2. Далее переходят к участку № 3 и т. д. Расчетный изгибающий момент определяют по ф-ле:

$$M = M_1 + M_2 + M_3,$$

где M_1, M_2 и M_3—изгибающие моменты от сил инерции при качке, собственного веса и давления ветра или груза. Сами величины моментов определяются, напр. для M_1, для мачты, не укрепленной с боков вантами, при боковой качке следующим образом: если H—полная высота М. с. от ц. т. корабля, то на высоте z_0 от ц. т. будет действовать изгибающий момент

$$M_1 = \int_{z_0}^{H} (z - z_0)\, dF, \qquad (1)$$

где dF—составляющая силы инерции от качки, перпендикулярная диаметральной плоскости для элемента М. с. dz в расстоянии z от ц. т., равная для боковой качки

$$dF = \frac{p\,dz}{g} A_y;$$

здесь p—вес единицы длины участка dz, g—ускорение силы тяжести и A_y—ускорение силы инерции, к-рое для боковой качки будет

$$A_y = \frac{2\pi^2 2r}{\tau^2} \cos\vartheta_{max} + \frac{4\pi^2}{T^2}(\vartheta_{max} + \alpha)z,$$

где $2r$—высота волны, τ—период ее, ϑ_{max}—наибольший угол крена, T—период качаний корабля на тихой воде, α—угол волнового склона. Для участка № 1 интеграл (1) будет

$$M_{1\,max} = \int_{H_1}^{H} (z - H_1)\, dF_1,$$

где H_1—высота границы участка № 1 над ц. т. Для участка № 2 интеграл (1) распадается на два:

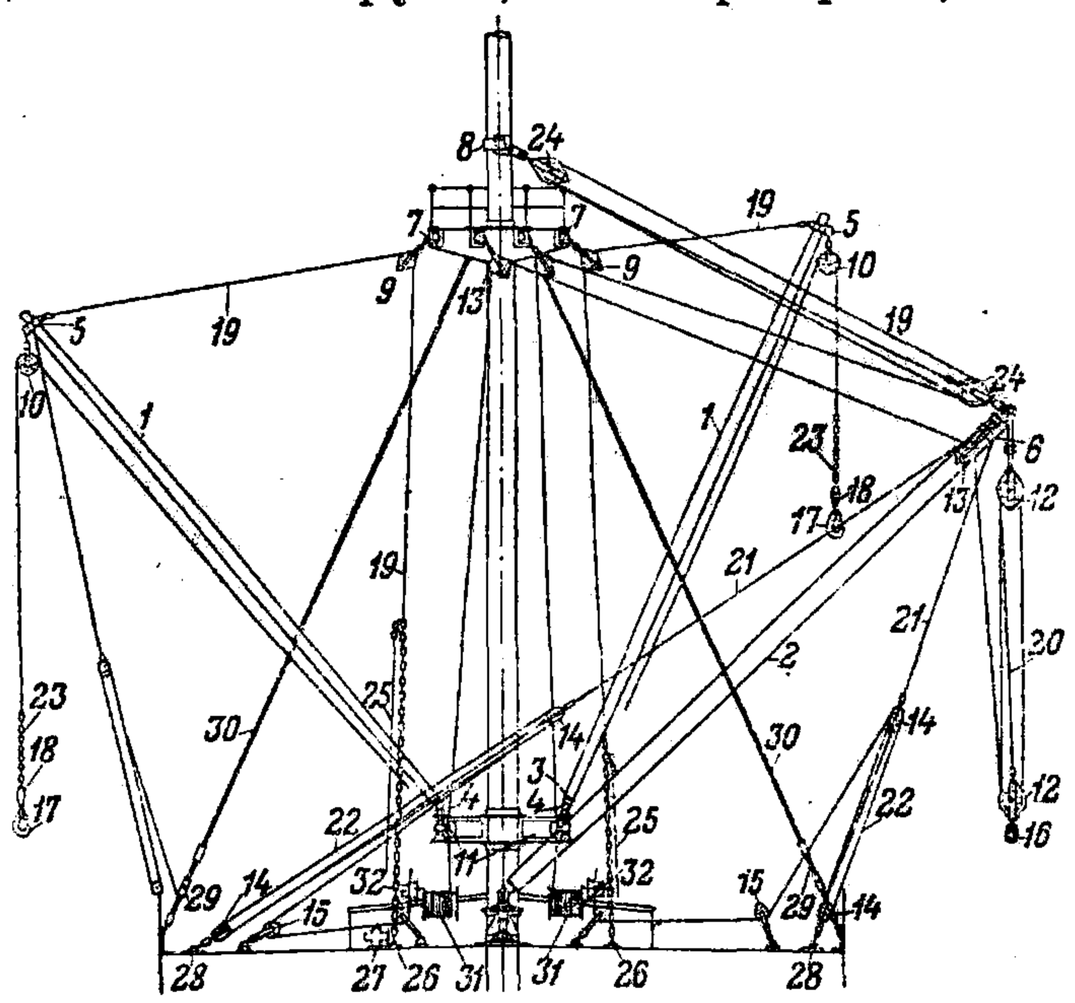
$$M_{1\,max} = \int_{H_1}^{H} (z - H_1)\, dF_1 + \int_{H_2}^{H} (z - H_2)\, dF_2,$$

где величины dF_1 и dF_2 будут различаться значениями p: соответственно p_1 и p_2. По окончании расчета на изгиб проверяют прочность М. с. на сжатие. При этом следует учесть натяжение такелажа (стоячего), к-рое сжимает М. с. с силой

$$Z = \frac{M \cdot h^2 \cdot \sin\delta \cdot \cos\delta \cdot s \cdot E_1}{3 \cdot I \cdot l \cdot E_2},$$

где M—момент в точке крепления такелажа на высоте h, l—приведенная длина такелажа, s—приведенное поперечное сечение его, δ—угол наклона такелажа к М. с., I—момент инерции М. с. на высоте h; E_1, E_2—модули упругости материала такелажа и М. с.

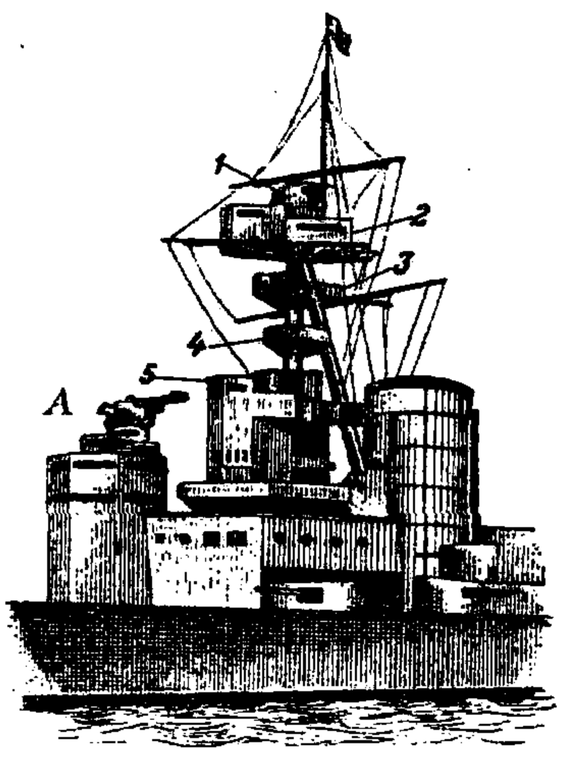
На М. с. торговых судов укрепляют грузовое устройство, общая схема к-рого дана на фиг. 1, где *1*—грузовая стрела; *2*—стрела для тяжелых грузов; *3*—шпор стрелы; *4*—



Фиг. 1.

вертлюжный штырь с башмаками; *5*—ноковый бугель стрелы; *6*—оковка нока усиленной стрелы; *7*—рымы для канифас-блоков; *8*—канифас-бугель для усиленной стрелы; *9*—канифас-блоки; *10*—грузовые блоки; *11*—направляющие блоки; *12*—грузовые блоки талей усиленной стрелы; *13*—блок, отводящий ходовой конец подъемных талей усиленной стрелы; *14*—блок эрнст-талей; *15*—блок, отводящий ходовой конец эрнст-талей;

16—грузовая петля; *17*—грузовой гак; *18*—вертлюг; *19*—топреп; *20*—подъемные тали; *21*—эрнст-штаг; *22*—эрнст-тали; *23*—шкентели; *24*—гордень; *25*—рым топрепа; *26*—кнехт крестовый; *27*—барабан лебедки; *28*—выносной барабан; *29*—талреп; *30*—ванты. Детали грузового устройства в СССР стандартизованы.



Фиг. 2.

Устройство М.с. военного корабля (см. *Военные суда*) дано на фиг. 2; спереди расположена боевая рубка с дальномерным постом *A*; у топа М. с.: дальномерный пост—*1*, пост управления артиллерийским огнем—*2*, пост связи—*3*, прожекторная площадка—*4*, командные посты на походе—*5*, ниже М. с. переходит в рубки, сверху задраивается стеньгой и сигнальным реем.

Лит.: Миддендорф Ф., Рангоут и такелаж судов, СПБ, 1905; Johow-Foerster, Hilfsbuch für d. Schiffbau, 5 Aufl., B. 1, B., 1928. **Р. Тишбейн.**

МАШИНА, механизм, предназначенный для преобразования энергии в определенную полезную работу. В соответствии с этим определением каждая М. может быть рассматриваема с трех различных точек зрения, а именно—кинематической, динамической и конструктивной. При изучении М. с кинематич. точки зрения исследуются элементы движения различных частей М., а также взаимоотношения, существующие между этими элементами, т. е. рассматриваются траектории различных точек М., скорости и ускорения их при различных положениях и в различные моменты времени. Исследованием М. со стороны кинематич. явлений занимается «теория механизмов», или «прикладная кинематика». При исследовании М. с динамич. точки зрения рассматриваются вопросы, связанные с действием сил на различные части ее либо со стороны источников сил, находящихся вне самой М., либо со стороны других частей ее. Сюда относятся напр. вопросы, связанные с пуском и остановкой М., с действием сил и их работой во время хода М., проблемы регулирования хода М. при помощи тормозов, регуляторов, маховиков и т. п. Исследование М. со стороны динамич. явлений составляет предмет изучения «общей теории М.». Но так как при кинематич. исследовании М. рассматривают пространственные свойства тел, присовокупляя лишь элемент времени, а при динамич. исследовании рассматривают лишь одно физич. свойство реальных тел, а именно свойство инерции их (масса), то при созидании реальной М. следует принять во внимание не только кинематические и динамические законы, но и все прочие физические свойства тел, из которых машина конструируется, а также внешние условия ее работы.

Наиболее существенным кинематическим свойством М. является то, что части М. совершают желаемые определенные движения лишь при помощи взаимного стеснения, т. е., другими словами, М. состоит из определенного количества кинематических пар. Если М. состоит из одной кинематической пары, то она называется простой М. (например винтовой пресс). В зависимости от трех основных видов кинематич. пары, а именно—поступательной, вращательной и винтовой, имеем три вида простой М.: 1) ползун, 2) рычаг, вращающийся около неподвижной точки, 3) винт с неподвижной гайкой. Все же другие машины можно рассматривать как совокупность простых М., вследствие чего они называются сложными М. Характер взаимного стеснения частей М., определяющий совокупность возможных движений ее, зависит от геометрич. свойств, очертаний, размеров и расположения тех поверхностей, по к-рым части М. взаимно соприкасаются и толкают друг друга. Остальные же части поверхностей никакой роли не играют. Из определенности движений различных частей М. вытекает также и то, что все точки М. по отношению к системе отсчета, к-рую полагают прикрепленной к самой М., совершают замкнутые траектории. С точки зрения динамической М. состоит из следующих основных частей: приемника, орудия и передаточного механизма. Приемник есть та часть М., к которой непосредственно приложены внешние силы. Орудие—та часть М., которая приходит в соприкосновение с обрабатываемой или вообще с преодолеваемой средой. Передаточный механизм—часть, промежуточная между приемником и орудием, служащая для передачи работы и определенного движения от первого к последнему. Во многих случаях один и тот же приемник воздействует на целый ряд разнообразных орудий. На основании этого М. подразделяются также на М.-приемники и М.-орудия. В зависимости от характера приложенных внешних сил М.-приемники подразделяются на следующие группы: 1) М.-двигатели, приводящиеся в движение мускульной силой живых существ, 2) ветряные двигатели, приводящиеся в движение силой ветра, 3) гидравлические двигатели, на к-рые воздействует сила напора воды, 4) термич. двигатели (паровые, газовые, керосиновые и т. п.), 5) электрич. двигатели, приводящиеся в движение электрич. током. Так как работа М.-орудия состоит либо в пространственном перемещении определенных тел либо в изменении форм последних, то М.-орудия подразделяются на М. транспортирующие и М. трансформирующие. К первым принадлежат напр. краны, подъемные М., элеваторы, насосы и т. п. Ко вторым относятся станки для обработки металлов, дерева, хлопка, шерсти, льна, бумаги и т. п.

Гениальное определение М. с точки зрения социально-экономич. взаимоотношений дал К. Маркс в 13 гл. I тома «Капитала».

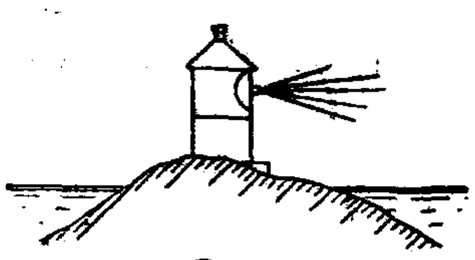
Лит.: Маркс К., Капитал, Критика политич. экономии, т. I, кн. 1, пер. с нем., 4 изд., М.—Л., 1930; Бессонов С. А., Развитие машин, М.—Л., 1926; Рузский Д., Общая теория машин, Москва—Петроград, 1924; его же, Кинематика машин, Л., 1924; Левинсон Л. Б., Кинематика механизмов, М., 1923; его же, Общая теория машин, Статика и динамика машин, П., 1923; Радциг А., Прикладная механика, М.—П., 1923; Грамберг А., Технич.

измерения при испытании машин и контроле их в производстве, пер. с нем., Москва, 1927; Виреницус Н., Работа машин, трение и краткий обзор механизмов, Кронштадт, 1913; Зернов Д., Прикладная механика, Л., 1925; Янковский П., Общие начала машиностроения, П., 1916; Липшиц Я., Курс машиноведения, М., 1909; Мерцалов Н., Кинематика механизмов, М., 1916; Meyer K., Die Technologie d. Maschinentechnikers, B., 1911; Reuleaux F., Theoretische Kinematik, Brschw., 1875—1900; Hoyer E., Handbuch d. Maschinenkunde, Mch., 1898; Weissbach J., Jahrbuch d. Ingenieur u. Maschinen-Mechanik, T. 2, Brschw., 1882—87. **М. Серебренников.**

МАШИННОЕ МАСЛО, см. *Масла смазочные.*

МАЯК, хорошо видимый знак на побережьи или на подходах к нему, освещаемый ночью и служащий для ориентировки судов при их приближении к берегу, указания курса судам и для предостережения их от опасности. Развитие авиации и установление регулярных ночных полетов привели к дальнейшему расширению этого понятия, и в данное время имеются М. и на материке, бросающие свои лучи вверх и показывающие в ночное время направление воздушного пути. Находясь в открытом море, судно определяет свое положение при помощи астрономических наблюдений, радиопеленгов, судового компаса и лага (см. *Навигация*). При подходе к берегу его положение должно определяться более точно в виду опасности, к-рой судно подвергается вследствие появления отмелей, подводных скал и необходимости прохода в порт узким и часто извилистым фарватером. Для определения точного положения судна в этих условиях, на берегу, островах, на отмелях и подводных скалах устанавливают хорошо видимые днем и ночью знаки. Беря на них засечки, пеленгуя или идя по створам, судно находит правильный курс. Эти знаки судоходной обстановки классифицируются по назначению на указательные и предостерегательные; по характеру действия—на одиночные и створные, оптические и звуковые; по времени действия—на дневные, ночные и туманные.

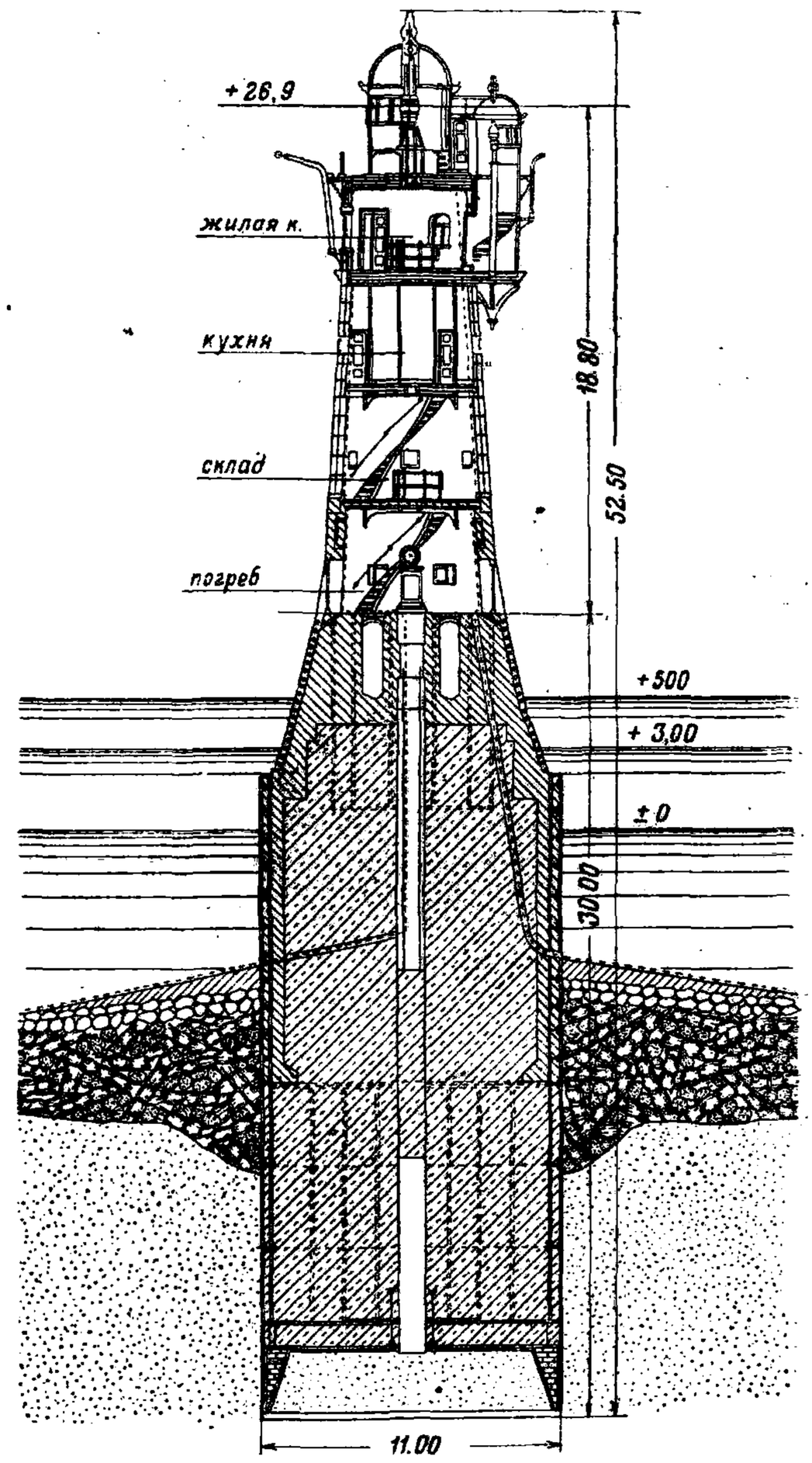
Простейшими неосвещенными знаками являются вехи, бакены, створы (см. *Береговые знаки, Буи*). Все они отличаются яркой, характерной для каждого знака, раскраской. К освещаемым знакам относятся портовые и шхерные огни, М. и некоторые из бакенов и створов. Огнем (фиг. 1) называют источник света, помещенный в небольшой будке на высоте берега. Собственно маяк представляет собой источник света, помещенный на высоте в специальной башне, для улучшения видимости и увеличения дальности действия. Географическая дальность видимости маяка в *м* определяется по следующей формуле:



Фиг. 1.

$$D = \sqrt{2R}\,(\sqrt{h} + \sqrt{h'}) = 3\,569\,(\sqrt{h} + \sqrt{h'}),$$

где D—географическая дальность; R—радиус земли (6 367 000 *м*); h—высота маяка или, точнее, источника света на нем, считая от уровня моря во время прилива; h'—возвышение над уровнем моря глаза наблюдателя, которое принимается обычно равным 4,58 *м* при вычислениях для морских карт. Земная рефракция увеличивает расстояние D в среднем на ~10%. Высота главных М. должна быть ≮ 30 *м*. Оптич. дальность видимости М. определяется силой его огня и состоянием



Фиг. 2.

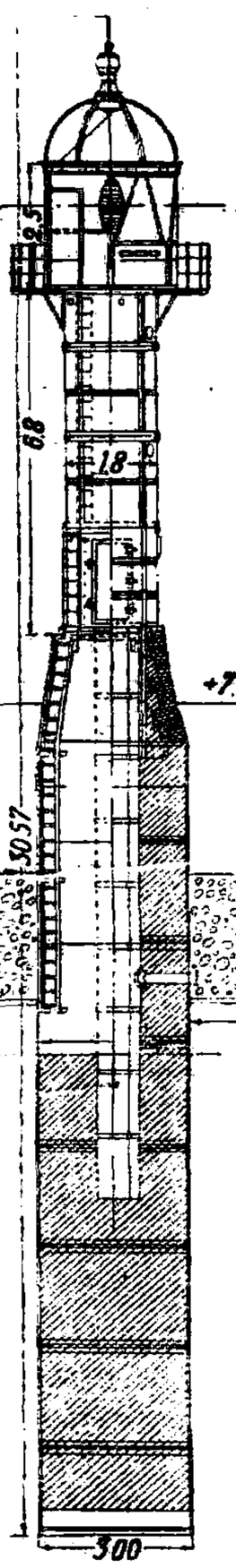
атмосферы. Для повышения силы света путем концентрации его на определенной площади по всему горизонту или в пределах определенного сектора применяют специальные оптич. устройства (см. *Освещение маяков*). Для отличия одного М. от другого пользуются: 1) огнями различного цвета и 2) различной продолжительностью освещения. Цветные огни получаются путем введения в оптическую систему цветных трубок или плоских стекол. Обычно применяются огни: белые, красные и зеленые; последние два цвета—б. ч. или для указания цветными секторами опасных для судоходства мест или в узкостях. По продолжительности освещения огни маяка делятся на следующие главные типы: постоянные, затмевающиеся (с короткими периодически повторяющимися затмениями) и проблесковые. Дальнейшее деление дает типы: групповопроблесковый, постоянный с проблесками, мигающий и т. д.

Источником света первоначально служили керосинокалильные горелки; за последнее время они вытесняются ацетиленом и блаугазом, а там, где есть электричество, особыми лампами накаливания. Сила источника света характеризуется следующими

данными. Фитильная лампа дает 2—9 свечей на *см*² светящейся поверхности, керосинокалильное освещение 20—24 св. на *см*², газокалильное освещение до 50 св. на *см*², лампа Osram Nitra в 750 W при 110 V от 200 до 225 св. на *см*². Огни и бакены обычно оборудованы газокалильной системой освещения, причем запаса газа (5—10 *м*³) под давлением 8—10 *atm* хватает на 3—5 мес. непрерывного горения. На створах, когда ими не служат М., как требующих меньшей дальности, применяются обычно судовые фонари. Электрические лампы накаливания, благодаря полной возможности давать какие угодно краткие проблески, применяются для М. мелких и средних размеров; для больших же М. преимущественно применяется электрич. дуговое освещение. Дальность видимости освещенного знака зависит не только от географического его расположения и высоты, но также и от предельного расстояния, на которое лучи этого источника могут прорезать мглу. Если J—сила света в св., l—предельная дальность видения в *км*, то

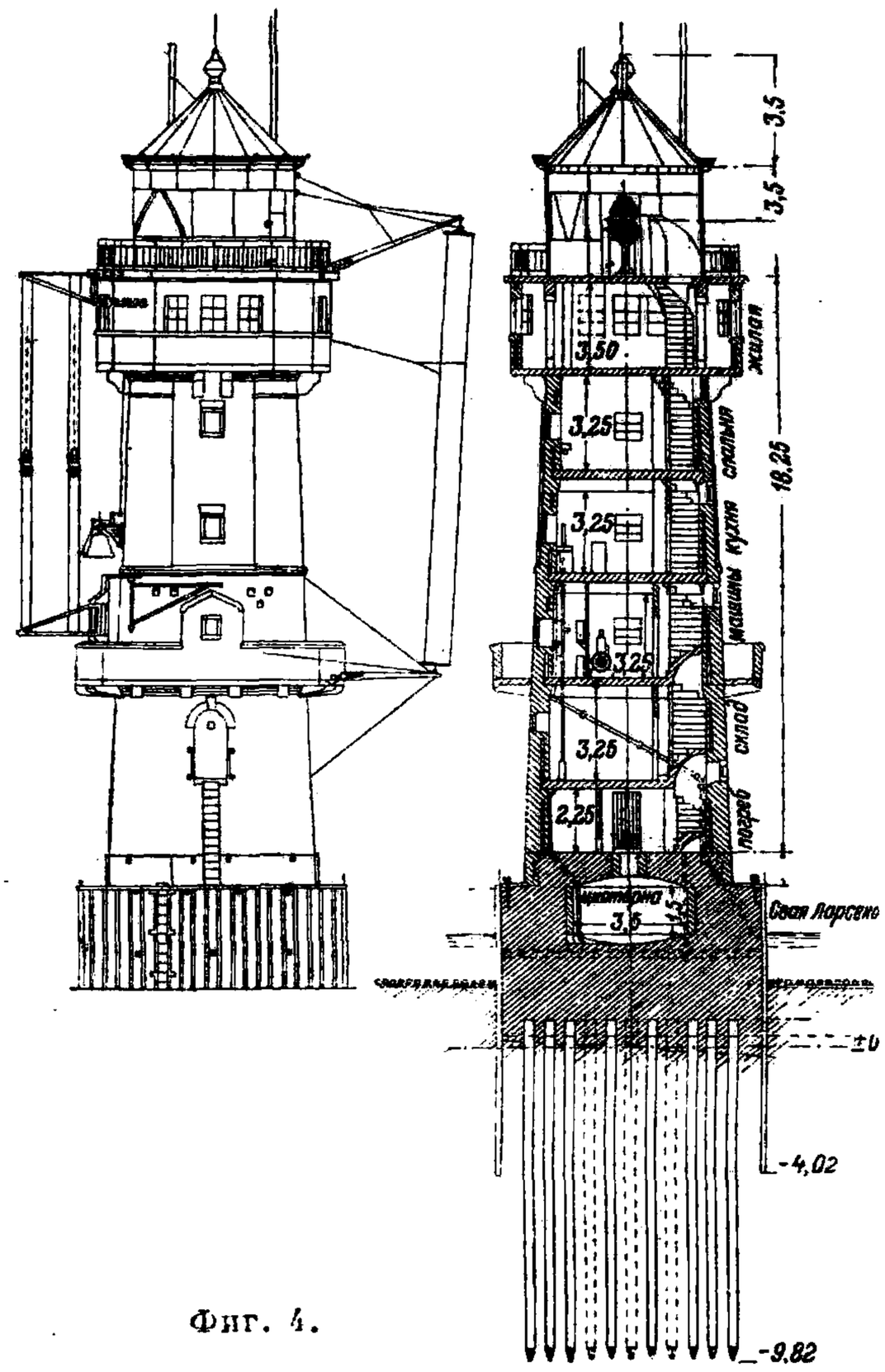
$$J = 0{,}35 l^2 \cdot \sigma^{-l},$$

где σ есть некоторый коэф. (для ясной погоды $\sigma = 0{,}8$, для пыльной погоды $\sigma = 0{,}6$). Для главных маячных огней применяются источники света не менее 300 000 св., в нек-рых случаях сила света достигает 60 000 000 св. и даже выше. При помощи цветных стекол свет фонаря получает ту или другую окраску, при этом однако теряется значительная доля силы света—при красных стеклах до 75%, при зеленом свете до 83%.



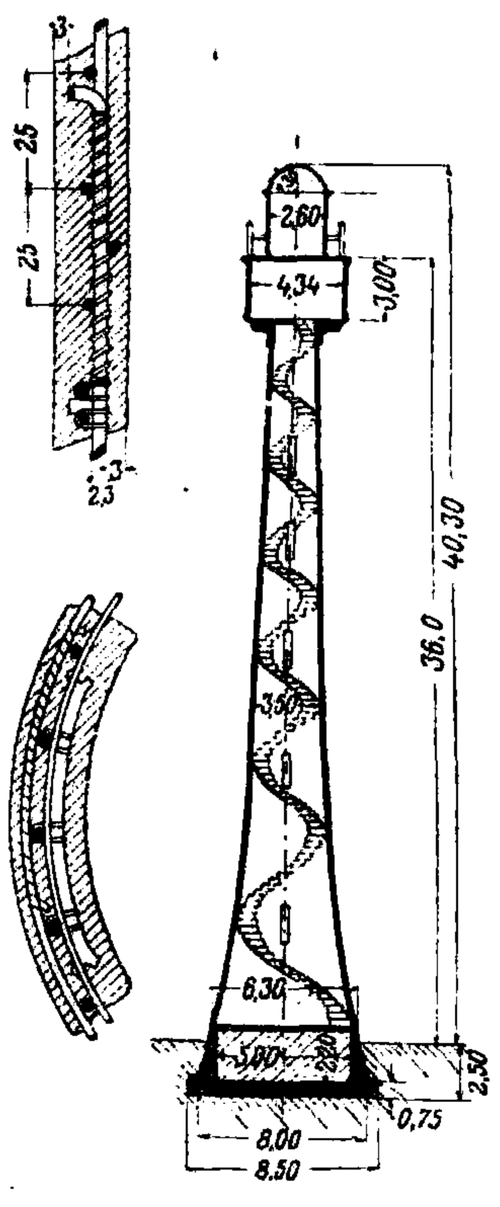
Фиг. 3.

Необходимость строить маячные башни большой высоты на местах, подверженных удару волн и размыву, выработала своеобразные формы конструкций и методы производства работ. Маячные башни бывают деревянные, каменные, бетонные, металлические — сегментные и решетчатой конструкции. При всех конструкциях основной задачей является устройство достаточно прочного основания. Применяется устройство опускных колодцев, с последующим заполнением их бетоном. В некоторых случаях устраивается один общий колодец (фиг. 2 и 3), при меньших нагрузках возможно применение четырех колодцев, с последующим устройством фундаментной плиты. Нагрузки на грунт получаются порядка 1,6 *кг/см*². Применяется также следующая система основания: ограждение всей площади шпунтовой стенкой (предпочтительно металлической типа Ларсен) и затем забивка свайного ростверка (фиг. 4). Нагрузка от ветра принимается 276 *кг/м*², причем для расчета принимают площадь, равную $^2/_3$ диаметрального сечения. Коэфициент устойчивости на опрокидывание принимается равным пяти. Сила



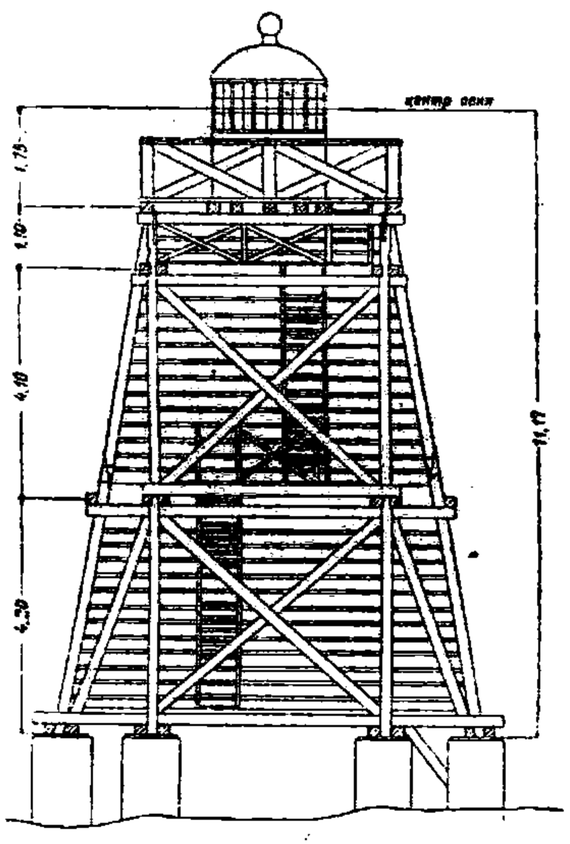
Фиг. 4.

удара волны на нижнюю часть М. принимается от 15 *т* на *м*² для морей и до 30 *т* на *м*² для океанов. При устройстве каменной кладки необходимо помимо прочности учитывать также возможность промерзания стен и промокания от дождя и волн. От первого можно оградиться достаточной толщиной, устройством воздушных прослоек или подшивкой композиционных плит (торфолинеум и др.); от сырости предохраняют цементовой штукатуркой и флюатированием наружной поверхности, а также окрашивают железобетон железным и свинцовым суриком, нейтрализованной смолой и иными битуминозными материалами. Особое внимание обращают на водонепроницаемость окон и дверей. Наружные переплеты делают металлические и остекляют особо прочным стеклом. Двери делают из металла, с резиновой прослойкой для герметичности. Железобетонные М., при отлич-



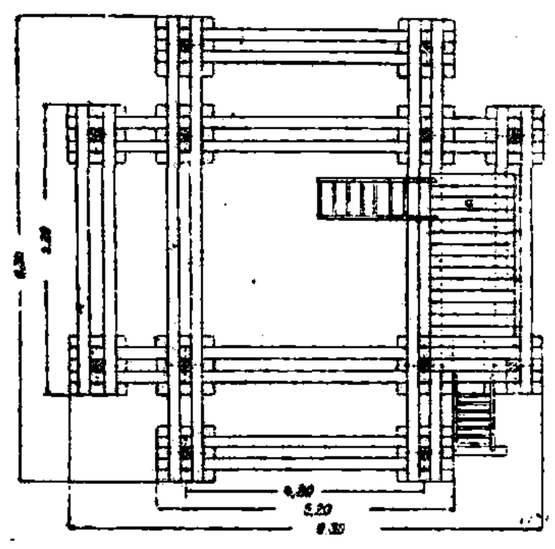
Фиг. 5.

ных конструктивных свойствах, в северном климате требуют сложных работ по отеплению. Метод их армирования показан на фиг. 5. Деревянные маячные башни (фиг. 6а и 6б) особенно характерны для нашего Севера, где лес является единственным подручным материалом. Башни обычно бывают небольшой высоты (от 18 до 20 *м*), для жилья служит отдельный дом; такие М. в виду их малой прочности строятся вне досягаемости ударов морских волн. Основательная оковка всех соединений обязательна так же, как и прочное скрепление с грунтом. Основным недостатком является легкая воспламеняемость. Металлич. М. (фиг. 3) из чугунных сегментов, сбалчиваемых при сборке, применяют за границей; они страдают крупными недостатками: дороговизной и слабой теплоизоляцией; достаточное утепление их путем внутренней обделки очень затруднительно. Рамные конструкции применимы там, где жилье расположено отдельно и где климат не особенно суров и позволяет пользоваться для обслуживания огня открытой лестницей; они хороши для М. с электрическим освещением. При планировании жил. помещений учитывают необходимость хранения на М. больших запасов продовольствия как для обслуживающего персонала, так и для помощи пострадавшим от кораблекрушения. Обычно в основании маяка предусматривается место для цистерны для питьевой воды. Метод работ по сооружению маячных построек в случае расположения их в открытом море на труднедоступных скалах совершенно своеобразен и обычно носит экспедиционный характер. Это крайне затрудняет предварительные расчеты стоимости и во много раз повышает обычно принятые расценки (простои из-за погоды, проезд по морю в оба конца, доставка материалов).



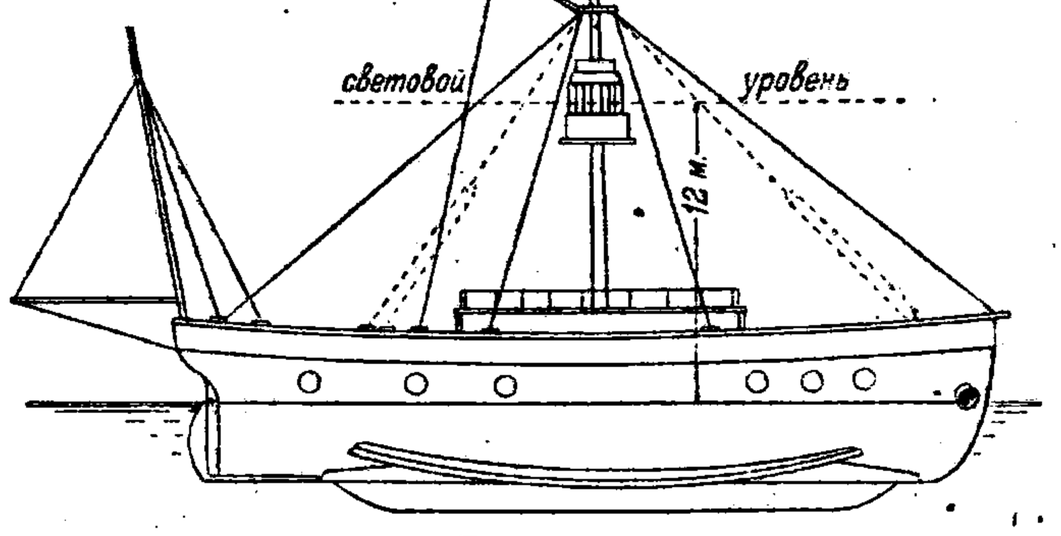
Фиг. 6а.

Дороговизна эксплоатации маячных огней, стоящих изолированно и вдали от населенных мест, побуждает переходить на автоматическ. аппараты освещения, не требующие постоянного присутствия команды, обслуживающей М. Необслуживаемые М. имеют как газовые, ацетиленовые, так и электрич. источники света с автоматич. приборами для зажигания, пуска в ход моторов и смены перегоревших колпачков или лампочек накаливания. Однако опыт показывает, что полной автоматичности, при наличии больших температурных колебаний и тяжелых климатических условий, достигнуть нельзя. Требуется надзор для борьбы с отпотеванием, заносом стекол снегом и т. д.

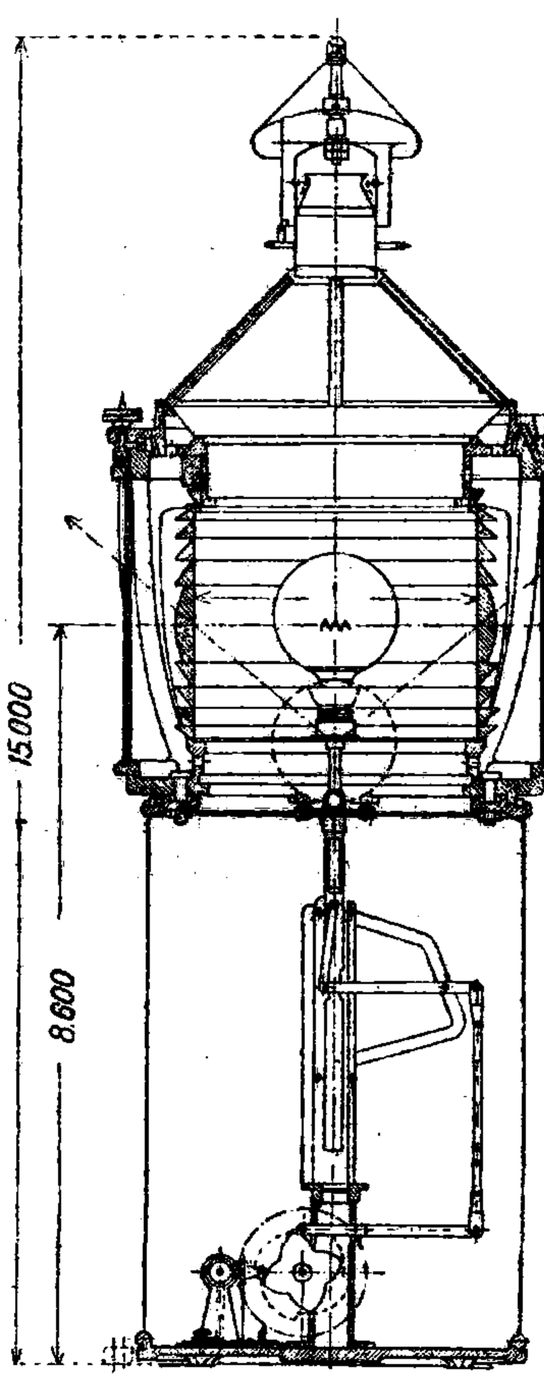


Фиг. 6б.

Кроме М., построенных на берегу, островах или отмелях, часто, по условиям навигации на глубинах, не допускающих устройства маячной башни, приходится устанавливать плавучие маяки (фиг. 7). Они представляют собою специальные суда водоизмещением в 150—500 *т*, на к-рых оборудовано помещение для команды, склады для продовольствия и горючего и устроена осветительная установка. Источник света выносится на мачту и подвешивается так, чтобы оптическая система при качке по возможности сохраняла свое положение относительно горизонта, т.е. чтобы свет распространялся в одном и том же направлении в вертикальной плоскости. Для отличия от друг. судов им придают обыкновенно яркую окраску, белую или красную, с характерными для данного М. полосами. Нахождение в открытом море ставит судно под угрозу сильного волнения, при к-ром пребывание на нем становится весьма затруднительным. Некоторое улучшение создается боковыми килями, которые уменьшают качку. Плавучие М. не могут давать створного освещения, т. к. они всегда немного перемещаются.



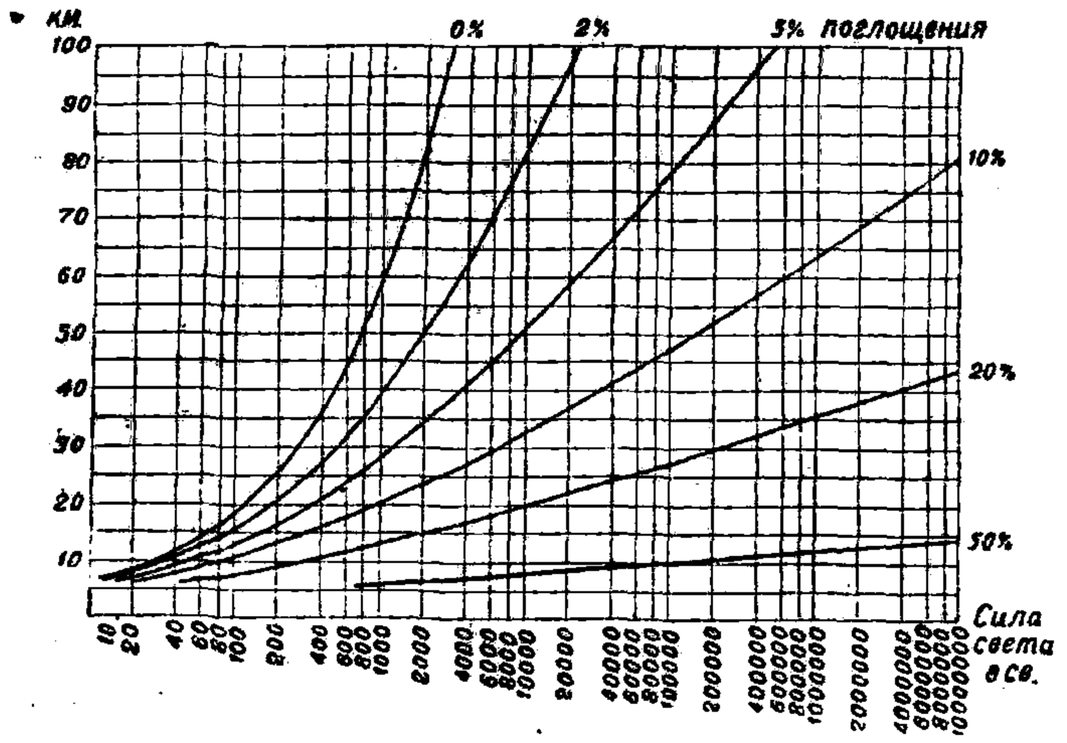
Фиг. 7.



Фиг. 8.

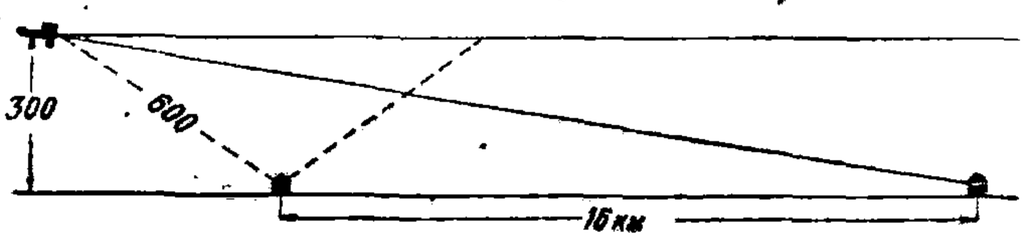
В туманную погоду действительность всех световых сигналов на маяке сводится на-нет, и для предупреждения судна об угрожающей ему опасности приходится прибегать к звуковым сигналам. Они делятся на надводные—сигнал пушкой (пороховой или ацетиленовой), колоколом, диафоном (сиреной) и наутофоном, и подводные—сигнал при помощи воздушных колоколов и осцилляторов. Сигна-

лы пушкой подаются через равномерные промежутки времени, характерные для данного М. Сигналы колоколом подаются тоже в определенном порядке, слышимость их



Фиг. 9.

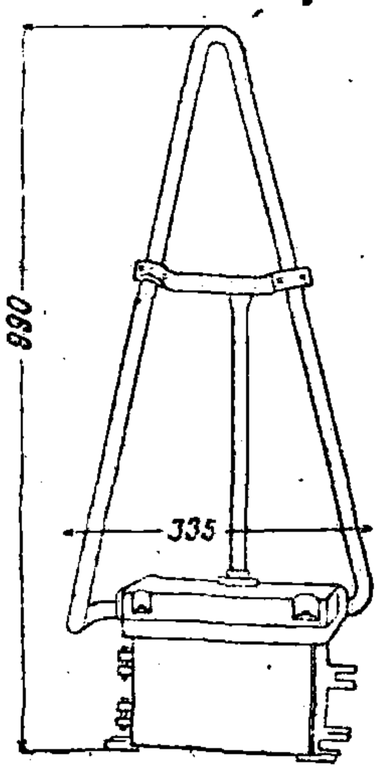
против ветра 1,8 *км*, по ветру 14,8—18,5 *км*, а в среднем 5,5—7,4 *км*. Диафоны (сирены) действуют при помощи сжатого воздуха, получаемого на маяке от специального компрессора. В эксплоатации они относительно дороги и в последнее время вытесняются наутофонами, издающими звук при помощи мембраны, колеблемой электромагнитом. Частота колебаний—порядка 525 в ск. (см. *Звук*, подводная акустика). Развитие



Фиг. 10.

радиотелеграфии и передачи и приема радиоволн в определенном направлении позволило применить ее и для подачи сигналов с М., определяющих местонахождение судна. Этот способ носит название радиопеленгования. Диапазон длины волн для этих целей—950—1 050 *м* (см. *Радиомаяк*).

Развитие авиации, перешедшей в США и Европе на ночную работу, потребовало развития М., бросающих свой свет не только в горизонтальном направлении, но и в направлении небесного свода и определяющих направление полета. Опыт морских маяков был при этом полностью использован, и типы осветительных установок, применявшиеся на побережьи: керосино- и газокалильных и электрических, стали применяться и для освещения воздушных путей. Освещение воздушных путей достигается переменным опусканием источника света из положения, дающего горизонтальный луч, до более низкой точки (фиг. 8). Значительная частота этих колебаний действует на глаз летчика как проблеск и содействует хорошей видимости (см. *Аэромаяк*). Приведенная выше диаграмма характеризует зависимость дальности



Фиг. 11.

освещения от силы света (фиг. 9). Для освещения воздушных маршрутов применяется комбинированная система освещения, причем основные М. с силой света до 5 000 св. ставятся на расстоянии 16 *км* один от другого, обусловленном видимостью с воздуха (фиг. 10). Промежуток между ними освещается более слабыми огнями, в 120—150 св. Для возможности ориентирования в туманную погоду применяются источники света с инфракрасными лучами, а также устанавливаются неоновые лампы (см. *Лампы электрические*), дающие красный свет, чрезвычайно далеко видимый в тумане (фиг. 11). До последнего времени нет единой установки в вопросах как воздушной, так и морской маячной службы. Конференция 8 июля 1929 г. в Лондоне наметила основные тезисы, подлежащие разработке, для упорядочения этого вопроса.

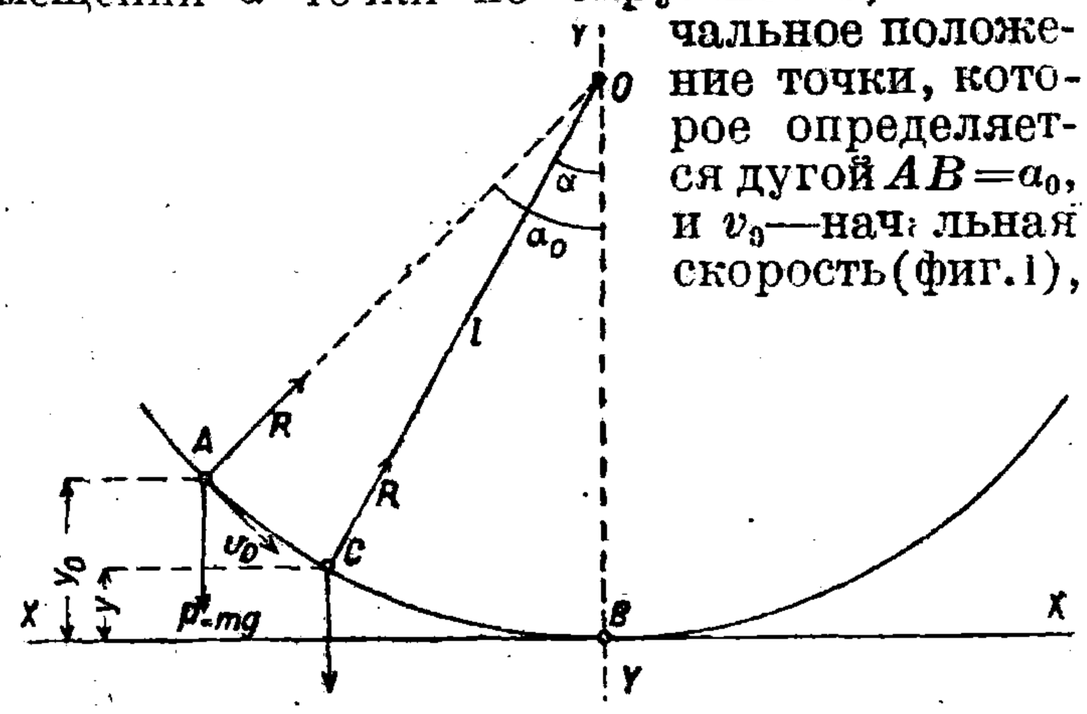
Лит.: Башмаков П. И., Маячное дело и его историческое развитие, Ленинград, 1925; Лященкий В. Е., Курс морских и речных портов, М.—Л., 1926; Rifière C., Phares et signaux maritimes, P., 1908; «Die Bautechnik», B., 1926, *26*; Proetel S., Seehavenbau, B., 1921.

А. Сухинич.

МАЯТНИК, твердое тело, качающееся около горизонтальной оси под действием силы тяжести. Различают М.: математический (или простой) и физический.

I. М. математический, или простой,— материальная точка, вынужденная перемещаться без трения по окружности, расположенной в вертикальной плоскости. В частности, это вынужденное движение могло бы быть осуществлено при помощи невесомой нити, один конец которой укреплен в неподвижной точке, а к другому концу подвешена тяжелая материальная точка.

Если O—центр окружности, по которой перемещается точка, l—радиус окружности (длина нити), OB—вертикаль, проходящая через O, B—начало отсчета дуговых перемещений a точки по окружности, A—начальное положение точки, которое определяется дугой $AB=a_0$, и v_0—начальная скорость (фиг. 1),



Фиг. 1.

то уравнение движения точки, выражающее функциональную зависимость параметра a от времени t, будет:

$$\frac{d^2a}{dt^2}+\frac{g}{l}\sin a=0 \qquad (1)$$

[см. *Колебательное движение*, ф-ла (17)]. Во время движения точки на нее действуют сила веса $\boldsymbol{P}=m\boldsymbol{g}$ и сила реакции связи $\boldsymbol{R}$; причем, т. к. последняя нормальна к траектории в любой ее точке, то работа силы $\boldsymbol{R}$ равна нулю, так что работу совершает только сила $\boldsymbol{P}$. Применяя к рассматриваемому

случаю теорему живых сил (см. *Механика теоретическая*), имеем:

$$d\left(\frac{nv^2}{2}\right) = dT = Y\,dy = -P\,dy = -mg\,dy \quad (2)$$

или

$$d(v^2) = -2g\,dy. \quad (3)$$

Интегрируя (3), имеем следовательно:

$$v^2 = -2gy + \text{Const}. \quad (4)$$

Если в начальном положении A точки, определяемом y_0, скорость равнялась v_0, то

$$\text{Const} = v_0^2 + 2gy_0, \quad (5)$$

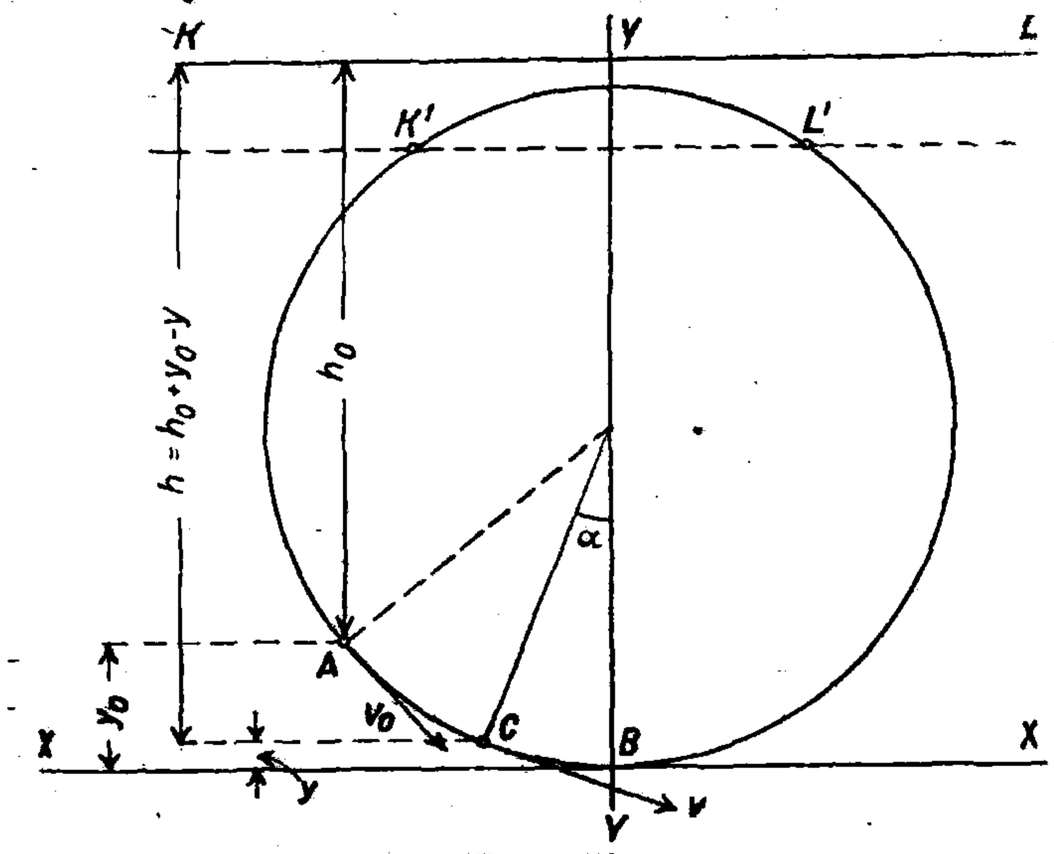
так что имеем из (4):

$$v^2 = -2gy + v_0^2 + 2gy_0 = 2g(h_0 + y_0 - y), \quad (6)$$

где h_0—высота, на которую поднялась бы точка, брошенная вертикально вверх со скоростью v_0 из положения A, так как высота h_0 определяется из равенства $h_0 = \frac{v_0^2}{2g}$. Проведя на расстоянии h_0 от A прямую KL, параллельную XX (фиг. 2), получим, что в положении C точка находится от KL на расстоянии $h = h_0 + y_0 - y$, так что из формулы (6) имеем:

$$v^2 = 2gh. \quad (6')$$

Т. о. при своем движении по окружности точка будет иметь в любом своем положении



Фиг. 2.

такую линейную скорость, к-рую она имела бы при свободном падении от прямой KL до этого же положения. Отсюда следует притти к следующим заключениям. 1) Если прямая KL не пересекает данную окружность, то h ни в каком положении точки не равно нулю, вследствие чего и скорость точки на основании (6′) не может стать равной нулю, т. е. точка будет двигаться по окружности все в одну и ту же сторону, совершая так назыв. прогрессивное движение. 2) Если KL пересекает окружность в точках K' и L', то, т. к. в этих точках $h=0$, при достижении движущейся точкой этих положений скорость ее становится равной нулю, меняя в дальнейшем свой знак на обратный. Точка в этом случае следовательно совершает колебательное движение. 3) Если KL касается окружности, то движение будет асимптотическое. Обычно, когда говорят о математическом М. в узком смысле слова, то подразумевают наличие условий, при к-рых имеет место колебательное движение. Для определения полупериода $\frac{T}{2}$ колебательного движения, т. е. промежутка времени, истекшего между двумя крайними положениями точки, имеем из (1):

$$\frac{d\alpha}{dt} = -\sqrt{\frac{2g}{l}}\sqrt{\cos\alpha - \cos\alpha_0}, \quad (7)$$

$$dt = -\sqrt{\frac{l}{2g}}\frac{d\alpha}{\sqrt{\cos\alpha - \cos\alpha_0}},$$

откуда, если t_0 —промежуток времени от начальн. положения A до положения B, имеем

$$\frac{T}{2} = 2\int_0^{t_0} dt = \sqrt{\frac{2l}{g}}\int_0^{\alpha_0}\frac{d\alpha}{\sqrt{\cos\alpha - \cos\alpha_0}}. \quad (8)$$

Интеграл в правой части (8) м. б. преобразован еще и следующим образом. Заменим переменное α переменным u, связанным с α соотношением:

$$\sin\frac{\alpha}{2} = u\sin\frac{\alpha_0}{2}. \quad (9)$$

Диференцируя последнее равенство, получаем:

$$\frac{1}{2}\cos\frac{\alpha}{2}\,d\alpha = \sin\frac{\alpha_0}{2}\,du = k\,du, \quad (10)$$

где $k = \sin\frac{\alpha_0}{2}$. Кроме того имеем:

$$\cos\alpha - \cos\alpha_0 = 2\left(k^2 - \sin^2\frac{\alpha}{2}\right) = 2(k^2 - u^2k^2), \quad (11)$$

и

$$\cos\frac{\alpha}{2} = \sqrt{1 - u^2k^2}. \quad (12)$$

Принимая во внимание равенства (10), (11) и (12), а также и то, что при изменении α от α_0 до 0 переменное u изменяется от 1 до 0, имеем из (8):

$$\frac{T}{2} = 2\sqrt{\frac{l}{g}}\int_0^1 \frac{du}{\sqrt{(1-u^2)(1-k^2u^2)}}. \quad (13)$$

Интеграл правой части (13) представляет собой эллиптич. интеграл 1-го рода. Разлагая $\frac{1}{\sqrt{1-k^2u^2}}$ в ряд по биному Ньютона, имеем:

$$(1-k^2u^2)^{-\frac{1}{2}} = \sum_{n=0}^{\infty} C_n k^{2n} u^{2n}, \quad (14)$$

где

$$C_0 = 1;\ C_n = \frac{1\cdot 3\cdot 5\ldots(2n-1)}{2\cdot 4\cdot 6\ldots 2n} \quad (n>0).$$

Подставляя (14) в (13), получаем:

$$\frac{T}{2} = 2\sqrt{\frac{l}{g}}\sum_{n=0}^{\infty} C_n k^{2n}\int_0^1 \frac{u^{2n}du}{\sqrt{1-u^2}} \quad (15)$$

и так как интеграл правой части (15) равен $C_n\cdot\frac{\pi}{2}$, то следовательно имеем:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\sum_{n=0}^{\infty} C_n^2 k^{2n}, \quad (16)$$

или, в развернутом виде:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\left\{1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2\sin^2\frac{\alpha_0}{2} + \left(\frac{1\cdot 3}{2\cdot 4}\right)^2\sin^4\frac{\alpha_0}{2} + \right.$$
$$\left. + \ldots + \left(\frac{1\cdot 3\ldots(2n-1)}{2\cdot 4\ldots 2n}\right)^2\sin^{2n}\frac{\alpha_0}{2} + \ldots\right\}. \quad (17)$$

При достаточно малых значениях α_0 все члены последнего ряда за исключением первого ничтожно малы, так что в этом случае имеем:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}. \quad (18)$$

В последнем случае очевидно период T М. не зависит от величины начального угла отклонения α_0 (аномалии, амплитуды). Такого рода движение М. называется изохронным. В общем случае, как видно из (17), движение М. не будет изохронным. При $\alpha_0 < 22°$ ошибка при пользовании ф-лою (18) менее 1%. Практически можно пользоваться для определения величины T следующей формулой, дающей ошибку менее 1% при $\alpha_0 < 70°$:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}\left[1 + 0{,}0019\left(\frac{\alpha_0}{10}\right)^2\right]. \qquad (19)$$

Все приведенные выше ф-лы были выведены в предположении отсутствия сопротивляющейся среды. Если же точка движется в среде, оказывающей противодействие, прямо пропорциональное линейной скорости v точки, то, так как угловая скорость $\omega = \frac{d\alpha}{dt}$ пропорциональна v, аналогично такому же случаю прямолинейного движения [см. *Колебательное движение*, формула (32)] нужно будет к левой части ур-ия (1) прибавить член $2n\frac{d\alpha}{dt}$, так что ур-ие движения примет вид:

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + 2n\frac{d\alpha}{dt} + k^2 \sin\alpha = 0, \qquad (20)$$

где $k = \sqrt{\frac{g}{l}}$. При достаточно малых колебаниях ур-ие (20) м. б. заменено ур-нем:

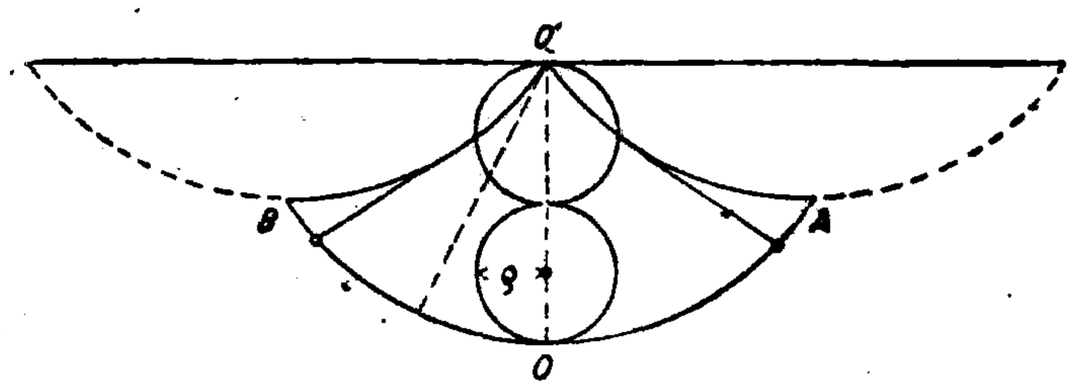
$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + 2n\frac{d\alpha}{dt} + k^2\alpha = 0. \qquad (21)$$

В последнем случае период колебания

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{k^2 - n^2}}. \qquad (22)$$

Аналогично случаю прямолинейного движения последовательные амплитуды α_0 будут составлять убывающую геометрич. прогрессию со знаменателем, равным $e^{-\frac{\pi n}{\sqrt{k^2-n^2}}}$, так что колебательное движение М. будет затухающим.

Если находящаяся в вертикальной плоскости кривая, по которой вынуждена перемещаться точка, представляет собой циклоиду, то М. называется циклоидальным. Так как кривая циклоиды представлена ур-ием



Фиг. 3.

$$s^2 = 8\varrho y, \qquad (23)$$

где ϱ—радиус круга, образующего циклоиду (фиг. 3), то имеем:

$$\frac{dy}{ds} = \frac{s}{4\varrho} = \cos\gamma, \qquad (24)$$

где γ есть угол, образованный вертикалью с касательной, проведенной к циклоиде в сторону возрастающих дуг. Проектируя обе силы P и R на направление касательной, имеем по основной ф-ле динамики и принимая во внимание (24):

$$mg\cos\gamma = -m\frac{d^2s}{dt^2}$$

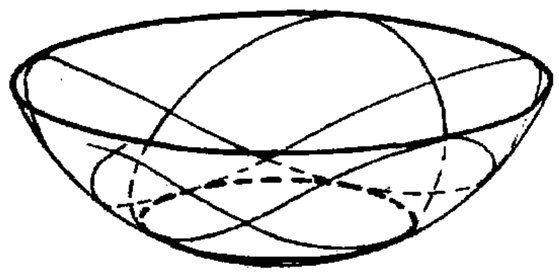
или

$$\frac{d^2s}{dt^2} = -\frac{g}{4\varrho}\cdot s = -k^2 s, \qquad (25)$$

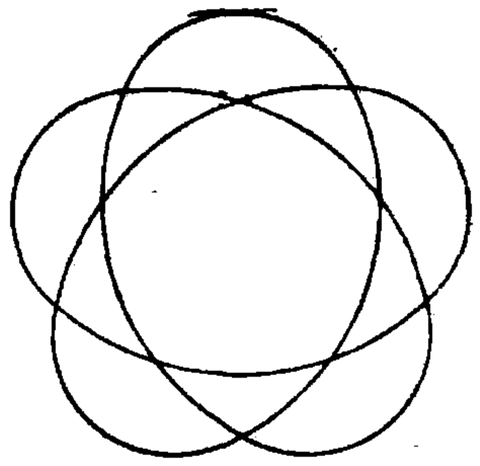
откуда имеем для периода колебания:

$$T = \frac{2\pi}{k} = 4\pi\sqrt{\frac{\varrho}{g}}. \qquad (26)$$

Из последнего равенства видно, что период колебания циклоидального М. не зависит от начальной аномалии α_0, вследствие чего он называется М. изохронным или таутохронным. Известно, что развертка AOB циклоиды $AO'B$ есть также циклоида,



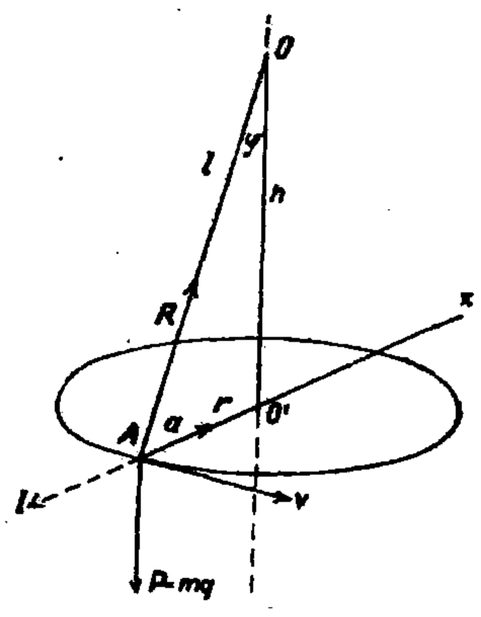
Фиг. 4.



Фиг. 5.

равная данной. Пользуясь этим, можно осуществить изохронный М. длиною $l = 4\varrho$, заставив гибкий стержень $O'O$ при своем качании около точки O' огибать поочередно две ветви циклоиды AO' и BO'. Точки направляющих ветвей циклоиды являются мгновенными центрами вращения при качании маятника. Попытки практического применения циклоидальных М. для часов положительных результатов не дали.

Сферический маятник — материальная точка, вынужденная перемещаться по шаровой поверхности. Если точка в начальный момент начинает свое движение в горизонтальном направлении, то она движется по шаровой поверхности внутри нек-рого пояса, ограниченного двумя окружностями, лежащими в двух горизонтальных плоскостях, отстоящих от наинизшей точки сферы на расстояниях z_2 и z_1 ($z_2 > z_1$). Траектория точки, в общем незамкнутая, периодически касается то верхней то нижней пограничной окружности и симметрична по отношению к любой вертикальной плоскости, которая проходит через точки касания траектории с пограничными окружностями (фиг. 4). Нижняя пограничная окружность лежит всегда в нижней полусфере. Проекция траектории на горизонтальную плоскость имеет вид, представленный на фиг. 5. В частности можно придать сферич. маятнику начальную горизонтальную скорость такой величины, что точка будет перемещаться равномерно по окружности, лежащей в горизонтальной плоскости. В этом случае маятник называется коническим.



Фиг. 6.

Пусть будет радиус сферы $OA = l$ (фиг. 6); радиус окружности, по которой точка пере-

мещается, $O'A=r$; φ—угол, образованный радиусом сферы OA, проходящим через данное положение A точки, и вертикалью. Т. к. точка движется по окружности равномерно, то полное ускорение $\boldsymbol{a}$ все время направлено по радиусу к центру окружности (см. *Механика теоретическая*); вследствие этого сила инерции $\boldsymbol{I}$ точки при ее движении также направлена по радиусу, но в сторону, противоположную $\boldsymbol{a}$. Во время движения точки на нее действуют сила веса $\boldsymbol{P}=m\boldsymbol{g}$ и сила реакции связи $\boldsymbol{R}$. Если бы к этим силам прибавить силу инерции $\boldsymbol{I}=-m\frac{v^2}{r}\boldsymbol{a}_1$, то точка находилась бы в равновесии. Проектируя все эти три силы на прямые AO и OO', мы следовательно имеем:

$$R\sin\varphi-\frac{mv^2}{r}=0, \qquad (27)$$

$$R\cos\varphi-mg=0. \qquad (28)$$

Исключив R из двух последних равенств, мы получаем:

$$\frac{mv^2}{r}=mg\operatorname{tg}\varphi,$$

откуда имеем:

$$v=\sqrt{gr\operatorname{tg}\varphi}=r\sqrt{\frac{g}{h}}, \qquad (29)$$

где $h=OO'$. Угловая скорость, с к-рой точка перемещается по окружности, будет равна

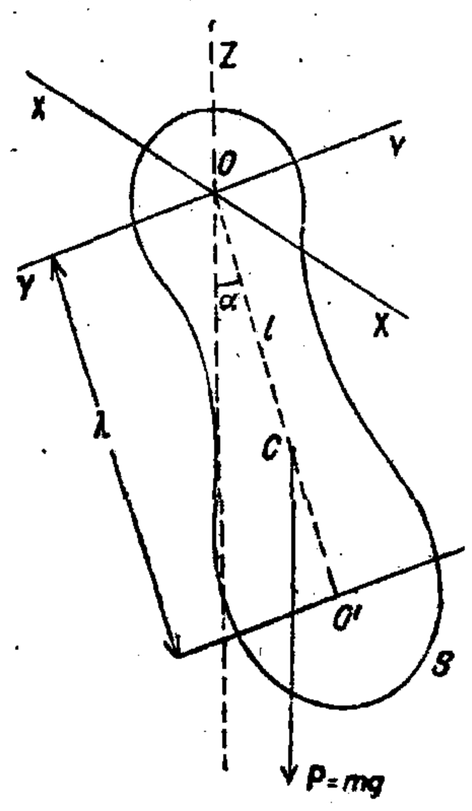
$$\omega=\frac{v}{r}=\sqrt{\frac{g}{h}}=\sqrt{\frac{g}{l\cos\varphi}}. \qquad (30)$$

Так. обр. для того, чтобы точка A равномерно перемещалась по горизонтальной окружности сферы, необходимо ей сообщить начальную горизонтальную скорость, равную $r\sqrt{\frac{g}{h}}$. Из (30) видно, что каждому определенному значению ω соответствует определенная величина угла φ, причем с увеличением ω увеличивается и φ. Для того чтобы $\varphi=90°$, следовало бы придать точке угловую скорость $\omega=\infty$. Если, отклонив маятник на угол φ, придать ему угловую скорость $\omega<\sqrt{\frac{g}{l}}$, то равенство (30) не может иметь места, так как в этом случае получаем, что $\cos\varphi>1$. Т. о. при таком значении угловой скорости угол φ не может сохранить постоянной величины и М. при своем вращении будет также качаться около точки привеса по закону движения сферич. М., установленному выше. Период полного оборота М. очевидно равен

$$T=\frac{2\pi}{\omega}=2\pi\sqrt{\frac{l\cos\varphi}{g}}=2\pi\sqrt{\frac{h}{g}}. \qquad (31)$$

Конич. маятники имеют большое технич. применение в т. н. *регуляторах* (см.), применяемых для того, чтобы известная часть машины сохраняла во все время работы некоторую постоянную и необходимую для данных условий работы скорость (центробежные регуляторы Ватта, Портера, Фарко, Гроссмана и пр.).

2. Физический маятник—твердое тело, свободно качающееся около горизонтальной оси под действием силы тяжести. Так как осуществить математический М. со всей строгостью невозможно, то в действительности существуют лишь физич. М. Пусть имеем тело S массы m, подвешенное к горизонтальной оси YY, не проходящей через ц. т. тела (фиг. 7). Координатная плоскость XOZ пусть проходит через центр тяжести C тела. Если отвести тело на некоторый угол α_0 в сторону от положения равновесия и предоставить его самому себе, то тело начнет колебаться около оси, причем имеет место равенство (см. *Механика теоретическая*):



Фиг. 7.

$$\varepsilon I_y=M_y, \qquad (32)$$

где ε—угловое ускорение, I_y—момент инерции тела относительно оси вращения Y, M_y—сумма моментов относительно оси Y всех внешних сил, к-рые действуют на тело. Внешними силами, действующими на тело, являются в данном случае сила веса тела $\boldsymbol{P}=m\boldsymbol{g}$ и силы реакции оси. Так как момент последней силы относительно оси равен нулю, а момент первой силы в положении тела, определяемом углом α, равен $Pl\sin\alpha$, где l—расстояние от C до оси Y, то из (32) имеем:

$$\varepsilon I_y=mgl\sin\alpha, \qquad (33)$$

откуда получаем:

$$\varepsilon=\frac{d\omega}{dt}=\frac{mgl\sin\alpha}{I_y}. \qquad (33')$$

Найдем далее длину λ такого математич. маятника, к-рый качался бы точно так же, как и данный физич. маятник, т. е. который имел бы в положении, определяемом углом α, такое же угловое ускорение, как и тело. Аналогично (33) имеем:

$$\varepsilon m\lambda^2=mg\lambda\sin\alpha, \qquad (34)$$

где m—масса математического маятника. Из (33) и (34) имеем:

$$\lambda=\frac{I_y}{ml}. \qquad (35)$$

Длина λ называется приведенной длиной физич. М. Отложив на прямой OC от точки O отрезок $OO'=\lambda$ в сторону C, получим т. н. центр качания физич. М. Прямая, проходящая через центр качания маятника параллельно оси вращения, называется осью качания. Пусть I_c—момент инерции тела относительно центральной оси. Тогда на основании теоремы Гюйгенса (см. *Момент инерции*) имеем:

$$I_y=I_c+ml^2. \qquad (36)$$

Из (35) и (36) имеем далее:

$$\lambda=\frac{I_c+ml^2}{ml}=\frac{I_c}{ml}+l. \qquad (37)$$

Так как $\frac{I_c}{ml}>0$, то $\lambda>l$, т. е. приведенная длина физич. М. больше, чем расстояние от оси привеса до центра тяжести М. Нетрудно доказать, что если ось качания сделать осью вращения М., то прежняя ось вращения станет осью качания. Это свойство физич. М. послужило для устройства т. н. оборотного М., впервые предложенного Катером (фиг. 8) для более точного определения ускорения g силы тяжести.— При помощи соответствующего регулирования достигают того, что периоды качания

М. около двух осей OO и $O'O'$ равны между собой. Расстояние между осями дает тогда приведенную длину λ физич. М. Зная же период качания и приведенную длину λ, определяют g из (18).

Свойствами физич. М. пользуются в технике при практич. определении моментов инерции тел методом качания (см. *Момент инерции*). Качания физич. М., состоящего из тяжелого шара, подвешенного на длинной нити, послужили Фуко для доказательства суточного вращения земли около своей оси. Плоскость качания М., сохраняя неизменным свое положение по отношению к звездному пространству, меняет однако это положение по отношению к земной поверхности. Угол поворота плоскости качания в течение суток равняется $2\pi \sin \varphi$, где φ—географическая широта данного места. На полюсе следовательно в течение суток эта плоскость сделает полный оборот, а на экваторе она останется неизменной. Для тех же целей маятник Фуко был усовершенствован впоследствии Камерлинг-Оннесом. Маятником в виде шарика, подвешенного на нити, пользуются также для определения величины ускорения движущегося тела, к которому М. для этой цели и подвешивается (маятник Дедуи). Если подвесить напр. в вагоне поезда М., то при неравномерном движении поезда М. отклонится в сторону, противоположную направлению ускорения. При этом на шарик действуют сила $\boldsymbol{R}$ натяжения нити и сила веса его $\boldsymbol{P}$. Если приложить силу инерции $\boldsymbol{I} = -m\boldsymbol{a}$, где $\boldsymbol{a}$—ускорение поезда (фиг. 9), то все эти силы, по началу Даламбера (см. *Механика теоретическая*), должны взаимно уравновеситься, вследствие чего равнодействующая сил $\boldsymbol{I}$ и $\boldsymbol{P}$ должна иметь направление, совпадающее с направлением нити М. Если нить отклонена от вертикали на угол α, то мы следовательно имеем:



Фиг. 8.

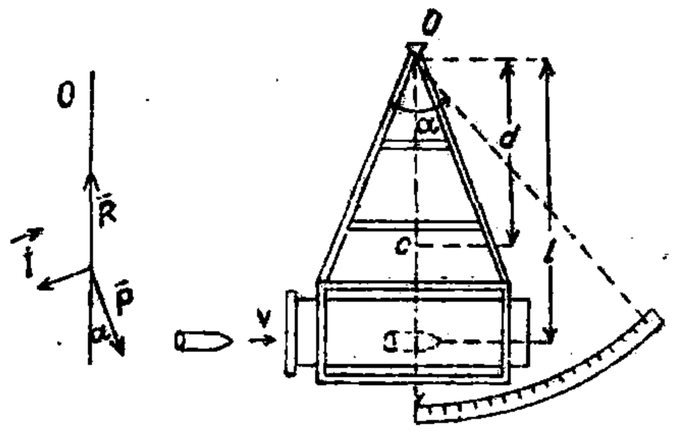
$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{I}{P} = \frac{ma}{mg} = \frac{a}{g},$$

откуда получаем $a = g \operatorname{tg}\alpha$. Так. обр., измерив угол отклонения α и зная величину g, можно определить и величину ускорения a.

Баллистический М., служащий для измерения скорости снаряда, состоит из металлич. цилиндра, наполненного землей или песком и открытого с одного конца. Цилиндр помещается в раме, могущей качаться на призме O (фиг. 10) около горизонтальной оси. Для измерения скорости v снаряда последний направляют так. обр., чтобы он попал в цилиндр в горизонтальном направлении и там застрял. Измеряя угол отклонения α всей системы от положения ее равновесия при ударе снаряда, можно определить величину v следующим образом. В течение очень короткого, но конечного промежутка удара снаряда о баллистич. М. можно пренебречь всеми внешними силами (весом тела, реакцией опоры и т. п.) по сравнению с силами внутренними (см. *Удар*). Обозначая расстояние от центра тяжести снаряда до оси вращения O через l, а моменты инерции снаряда и цилиндра относительно той же оси через I и I', имеем, применяя ко всей системе теорему о моменте количества движения (см. *Механика теоретическая*) и принимая во внимание, что сумма моментов внутренних сил равна нулю:

$$\omega I + \omega I' - mvl = 0, \qquad (38)$$

где $\omega\,(I+I')$—сумма моментов количества движения в конце удара, ω—угловая скорость вращения всей системы в этот же момент, mvl—момент количества движения вначале удара и m—масса снаряда. Для определения величины ω, входящей в уравнение (38), применим теорему живых сил. В начале движения всей системы (в конце удара) общая живая сила равна $\frac{\omega^2}{2}(I+I')$, а в конце движения равна нулю. Работа внешних сил, т. е. сил тяжести снаряда и маятника равняется



Фиг. 9.

Фиг. 10.

$$Mgd\,(\cos\alpha - 1) + mgl\,(\cos\alpha - 1),$$

где M—масса М., d—расстояние от ц. т. его до оси O. Приравнивая приращение живой силы системы работе внешних сил, имеем:

$$-\frac{\omega^2}{2}(I+I') = Mgd(\cos\alpha - 1) + mgl(\cos\alpha - 1), \qquad (39)$$

откуда

$$\omega = 2\sin\frac{\alpha}{2}\sqrt{\frac{g(Md+ml)}{I+I'}}. \qquad (40)$$

Подставляя значение (40) в (38), получаем:

$$v = \frac{2\sin\frac{\alpha}{2}}{ml}\sqrt{g\,(Md+ml)\,(I+I')}. \qquad (41)$$

Для измерений, не требующих особой точности, можно снаряд принять за материальную точку, так что в этом случае $I' = ml^2$. Величину I можно предварительно измерить упомянутым выше методом качания.

М., длительность полного размаха которого (полупериод) равняется 1 ск., называется секундным. Длина λ математического секундного М. определяется из уравнения (18), приняв $t = 1$:

$$\lambda = \frac{g}{4\pi^2}. \qquad (42)$$

Так как ускорение силы тяжести g зависит от географической широты φ места, то и λ есть функция φ. Наблюдениями установлена следующая функциональная зависимость λ от величины φ:

$$\lambda_\varphi = \lambda_{45^\circ} - 0{,}002536\cos 2\varphi = 0{,}991026 + 0{,}0050719\sin^2\varphi, \qquad (43)$$

где λ_φ—длина секундного математич. М. в метрах на широте φ. Таким образом имеем: $\lambda_{0^\circ} = 99{,}103$ *см* (на экваторе), $\lambda_{45^\circ} = 99{,}3563$ *см*, $\lambda_{90^\circ} = 99{,}610$ *см* (на полюсе). О конструкции и роли часовых маятников см. *Часы*. Горизонтальный маятник см. *Сейсмические приборы* и *Колебательное движение*. См. также *Гравиметрия*.

Лит.: см. *Механика теоретическая*; Эйхенвальд А. А., Теоретическая физика, ч. 2, Москва, 1930; Galilei G., Discorsi, Leiden, 1638; немецкий пер. «Ostwalds Klassiker d. exakt. Wissenschaft», Lpz., *11*, p. 75—83; Huygens Ch., Horologium oscillatorium, P., 1673; Euler L., Mechanica sine motus scientia, СПБ, 1736; Newton I., Philosophiae naturalis principia mathematica, 1687; «Enzykl. der mathem. Wiss.», B.—Lpz., 1901—08, B. 4, T. 1, Abt. 1, Heft 4, p. 504 (с библиографич. сведениями); Gray A., Treatise on gyrostatics and rotational motion, Theory a. Applications, L., 1918; Moulton F. R., «Rendiconti dei circolo mathematico di Palermo», Palermo, 1911, *33*, p. 338; Webster A., The Dynamics of particles, B.—Lpz., 1925; Grammel R., Die mechanischen Beweise für die Bewegung der Erde, Berlin, 1922; Foucault L., Recueil des travaux scientifiques, Paris, 1878; Hagen I., La rotation de la terre, Rome, 1911; Giebel K., Das Pendel, Halle, 1928.

М. Серебренников.

МАЯТНИКОВЫЙ РЕГУЛЯТОР, см. *Регулятор*.

МГНОВЕННАЯ ОСЬ вращения-скольжения, прямая, вокруг к-рой твердое тело, находящееся в состоянии произвольного движения, в данный момент совершает бесконечно малое вращение, одновременно перемещаясь поступательно на бесконечно малое расстояние вдоль этой же оси; вследствие чего М. о. вращения-скольжения называется также **осью мгновенного винтового движения тела** (см. *Механика теоретическая* и *Винт* в теоретической механике). Пусть мгновенная угловая скорость вращения винтового движения будет ω, а скорость поступательного движения v. В каждый момент ω и v будут в общем менять как свою величину, так и направление, причем направления их очевидно в каждый момент либо совпадают либо противоположны. Обозначая через $\mathfrak{B}_n$ «длину» и через $\mathfrak{B}$ «раскрытие» мо́тора $\mathfrak{M}$, нетрудно видеть, что совокупность векторов v и ω м. б. представлена как нек-рый мо́тор $\mathfrak{M}$, у которого

$$\left.\begin{aligned}\mathfrak{B}_n &= v\\ \mathfrak{B} &= \omega\end{aligned}\right\}.$$

Вследствие этого обстоятельства действия над мгновенными винтовыми движениями м. б. сведены к действиям над мо́торами (см. *Мо́торное исчисление*).

Всякое конечное движение твердого тела м. б. рассматриваемо как совокупность бесконечного множества непрерывно следующих друг за другом элементарных винтовых движений с осями, меняющимися как внутри самого тела, так и в пространстве по отношению к нек-рой системе отсчета, не связанной с данным телом. Геометрич. место первых осей образует **подвижную аксоиду**, а вторых осей—**неподвижную аксоиду**. Обе аксоиды в каждый момент касаются друг друга по нек-рой прямой, представляющей М. о. скольжения-вращения в данный момент. При движении тела подвижная аксоида как бы катится по неподвижной, скользя в то же время вдоль общей образующей. Положение мгновенной винтовой оси a по отношению к данной системе осей X, Y, Z с началом координат O определяется четырьмя величинами, напр. четырьмя координатами, определяющими точки пересечения оси a с плоскостями XY и YZ. Для определения же мгновенного винтового движения д. б. кроме того известны величины ω и v. Т. о. видно, что для определения элементарного винтового движения необходимо иметь в наличии 6 величин. Мгновенное вращение ω, происходящее вокруг оси a, может быть заменено вращением ω' около другой оси a', параллельной a, но проходящей через начало O, причем $\omega' = \omega$. Однако при этой замене необходимо прибавить поступательное движение со скоростью v', перпендикулярной к плоскости aa' (см. *Механика теоретическая*). Т. о. вместо первоначального мгновенного винтового движения около оси a мы имеем мгновенное вращение ω' около оси a' и два поступательных движения с мгновенными скоростями v и v', к-рые, складываясь, дают нек-рую поступательную скорость $v'' = v + v'$, направление к-рой в общем не совпадает с a'. Разлагая векторы ω' и v'' на их компоненты по осям координат p', q', r', v''_x, v''_y, v''_z, видим, что данное мгновенное винтовое движение м. б. представлено также как совокупность трех мгновенных вращений около осей координат и трех мгновенных поступательных движений вдоль этих же осей или как совокупность трех мгновенных винтовых движений с мгновенными осями скольжения-вращения, совпадающими с осями координат.

М. Серебренников.

Лит.: см. *Механика теоретическая*.

МЕБЕЛЬ служит для внутреннего оборудования как общественных, так и жилых помещений. Основными требованиями, предъявляемыми к мебели, являются удобство, гигиеничность, простота конструкции, прочность и соответственное внешнее оформление. М. прежде всего д. б. удобна и гигиенична, для чего она должна вполне удовлетворять своему назначению и в зависимости от этого иметь соответственные размеры. Столы и стулья по своим размерам должны соответствовать среднему росту человека, шкафы не д. б. слишком высоки и глубоки; спинки стульев должны иметь надлежащий наклон и высоту, чтобы ими удобно было пользоваться. Сиденья не д. б. слишком узкими. Письменные столы должны давать возможность легко пользоваться выдвижными ящиками и свободно работать. Углы М. не д. б. слишком острыми и т. д. Кроме того М. по своей конструкции не должна являться источником для скопления пыли. Простота конструкции мебели должна давать возможность массового изготовления ее, а тем самым удешевления и приближения к массовому потребителю, но простота конструкции не должна достигаться в ущерб прочности и внешнему оформлению. Прочность М. зависит от качества материала, правильной конструкции и тщательности пригонки отдельных деталей. Соответственное внешнее оформление придает М. красоту и изящество и зависит от общей композиции, пропорциональности частей, гармонии линий контура и деталей, соответственного подбора и окраски материала, характера украшений, отделки и т. д. В М. необходимо различать форму и конструкцию. Одно диктует другое, причем техническая конструкция должна соответствовать художественному оформлению. Для М. имеет

громадное значение материал, к-рый диктует форму и конструкцию, и, наоборот, определенная форма и конструкция требуют соответственного материала. М. изготовляется гл. обр. из дерева, но в последнее время за границей весьма часто применяется металл, стекло и другие материалы. Для изготовления М. применяются преимущественно твердые и ценные породы леса, как то: дуб, ясень, каштан, клен, бук, карельская береза, груша, орех, красное дерево и т. п., а также привозные экзотич. породы: амарант, палисандр, макагони, черное дерево, розовое и др. Кроме того применяются всевозможные наплывы (наросты на дереве), как то: березовый кап, птичий глаз (кленовый наплыв), ореховый наплыв и др. Большое применение для изготовления М. имеет фанера, в особенности твердых и ценных пород, как однослойная, так и многослойная.

По признаку применения М. классифицируется следующим образом: а) М. для сиденья: сюда относятся стулья, кресла, скамьи, табуретки; б) М. для лежанья, как то: кровати, кушетки, диваны и т. п.; в) столы; г) шкафы; д) так называемая ящичная М. (комоды, буфеты, серванты и др.); е) М. специального назначения, как то: школьная, детская, садовая, больничная, клубная, театральная, библиотечная, вокзальная и т. д. Кроме того различается М. стационарная, т. е. составляющая неразрывное целое с данным помещением, как например: М. откидная, вделанная в стены или в ниши в стенах домов. За последнее время архитектура стремится сделать мебель неотъемлемою частью внутреннего оборудования жилищ, что в свою очередь вызывает необходимость создания соответственной конструкции и формы. В отношении же технич. конструкции и внешнего оформления различают М. а) простую, б) изящную, или стильную, в) шведско-американскую и г) гнутую, или венскую. К простой М. относятся такие изделия, которые для своего изготовления не нуждаются в особо тщательной внешней отделке и предназначаются для помещений, не требующих изящной обстановки за счет удобства или прочности, как то: для общежитий, школ, больниц и т. п. общественных учреждений. Сюда же относится современная стандартная М., предназначенная для массового потребления и в первую очередь для рабочих жилищ, общежитий, домов-коммун и т. п. Вообще же М. по своей конструкции и внешнему оформлению должна полностью соответствовать современным условиям быта и по своей цене должна быть доступной массовому потребителю.

Основные принципы конструкции М. массового изготовления следующие. Прежде всего мебель массового изготовления по своей конструкции и внешнему оформлению должна давать возможность массового изготовления фабрично-заводским путем, что удешевляет само производство. Во-вторых, она должна состоять из отдельных основных элементов с тем, чтобы путем комбинирования этих элементов была возможность получать по желанию, в зависимости от потребности, различные предметы домашнего обихода. Затем она д. б. транспортабельна, т. е. удобна для перевозки в разобранном виде—отдельными элементами. Наконец М. массового изготовления дает возможность максимального применения в мебельном деле типизации и стандартизации, причем главное внимание д. б. обращено на рациональное применение соответственных материалов. В результате массовое изготовление стандартной М. приближает ее к массовому потребителю-рабочему. Потребность в более изящной обстановке создала более изящную, или стильную, М., где внешнее оформление часто превалирует над прочностью и удобством и зависит всецело от соответственной соразмерности форм, деталей и отделки. Особенности внешнего оформления в отношении украшений и отделки в М. и составляют отличительные признаки того или иного стиля. Стиль М., это—совокупность отличительных и наиболее характерных черт в отношении конструкции и внешнего оформления, характеризующих данную эпоху. Если проследить историч. развитие стилей М., то их можно расположить в хронологич. порядке примерно след. образом: ассиро-вавилонский, египетский, греческий, византийский, романский, готический, древненемецкий, ренессанс, или стиль возрождения, барокко, рококо, или стиль Людовика XV, стиль Людовика XVI, ампир, модерн и наконец стиль современной М. применительно к нашим бытовым условиям. Наряду с этим можно также отметить древнерусский стиль М., довольно своеобразный в смысле своей массивности и резьбы, однако находившийся под сильным влиянием византийского стиля. Кроме того имела довольно широкое применение так наз. турецкая М., сплошь задрапированная материей из ковров, шелка, атласа, плюша и т. п.

Нормальные размеры М. обусловливаются функциональностью, т. е. назначением отдельных предметов и пропорциональностью отдельных частей, что в свою очередь диктуется архитектоникой мебели, т. е. конструкцией и внешним оформлением. Существующие размеры М. и пропорции отдельных частей до сих пор обычно вырабатывались практикой, однако для того, чтобы они могли лечь в основу конструктивного проектирования мебели, необходимо, чтобы они имели вполне научное обоснование. Наиболее употребительные нормальные размеры мебели, выработанные практикой следующие. Письменные столы: нормальная высота колеблется в пределах 75—80 *см*, средняя—78 *см*, соотношение длины к ширине примерно 2 : 1. Обеденные столы: высота в пределах 73—78 *см*, средняя 75 *см*; ширина места для каждого сидящего за столом 60—70 *см*; ширина стола обычно на 35 *см* меньше длины в нераздвинутом виде. Чайные столики: высота 70—75 *см*; длина и ширина обычно одинаковы и колеблются в пределах 35—60 *см*. Самоварные столики: высота 70—75 *см*; длина 50—75 *см*; соотношение длины к ширине 3 : 2. Туалетные столики: высота 73—77 *см*, средняя 75 *см*; длина 90 *см*; соотношение длины к ширине 2 : 1. Школьные столы (парты): размеры д. б. согласованы с ростом учащихся. Нормальные размеры (в *см*) примерно следующие:

Рост учащихся . . .	150	152	154	156	158	160
Высота сиденья от пола	31	43,5	44	44,5	45	45,5
Высота от сиденья до верхней крышки.	30	30	31	31	32	32

Длина скамеек зависит от числа сидящих и определяется из расчета 50—60 *см* на каждого. Книжные шкафы: высота одноярусных шкафов до карниза ~ 1,7—1,9 *м*; нормальное соотношение ширины к высоте в двухстворных шкафах 1 : 1,5 до 1 : 2 и в одностворных 1:2; глубина в среднем ~28—30 *см*, а для двойного ряда книг ~40 *см*; высота двухъярусных шкафов до 2,8 *м*; высота нижнего яруса ~80—90 *см*; глубина верхнего яруса 27—36 *см*, нижнего 45—54 *см*. Книжные полки: глубина полок для книг ≤ 20 *см*, для журналов ≤30 *см*; ширина клетки (расстояние между перегородками и стойками) 70—80 *см*; высота клетки (расстояние между полками) для книг 28 *см* и для журналов 38 *см*. Платяные шкафы: а) одностворные—высота 195—200 *см*, ширина 85—100 *см*, глубина 50—65 *см*; б) двухстворные—высота до 215 *см*, ширина 105—140 *см*, глубина 50—65 *см*; в) трехстворные (для платья и белья)—высота средней части до 220 *см*, боковики—либо той же высоты либо несколько ниже, ширина шкафа с боковиками 190—210 *см*, глубина 50—65 *см*; средняя часть иногда выдается вперед на 5—10 *см* и поэтому становится глубже. Стулья, кресла и диваны; высота для твердого сиденья 40 *см* и для мягкого 35 *см*; глубина сиденья 58 *см*; высота спинки для сиденья 53 *см* и от пола 89 *см*. Кровати: внутренняя длина 170—200 *см*; внешняя, в зависимости от материала и конструкции, несколько больше; ширина односпальных 75—95 *см* и двуспальных 135—160 *см*; высота без матраца 30—35 *см* и с матрацем 50—60 *см*. Все указанные выше основные размеры мебели выработаны практикой и нуждаются в научном обосновании, какого в полной мере в нашем мебельном производстве мы еще не имеем.

Необходимо еще указать на гарнитуры различных видов М.: канцелярские, библиотечные, кабинетные, гостиные, столовые, спальни и т. д. Каждый гарнитур включает в себе комплект М., необходимой для обслуживания определен. помещения, и по конструкции и внешнему оформлению он д. б. однороден. **К. Робер.**

МЕГАВАТТ, единица измерения электрич. мощности, равная 1 млн. *ватт* (см.). Сокращенное обозначение: MW, или мгвт.

МЕГАЦИКЛ (точнее: мегацикл в ск. или цикл в микросекунду), млн. циклов (*периодов*, см.) в ск., тысяча килоциклов в ск. Обозначение—Мс, или русское мгц.; введен гл. образом для удобства исчислений частоты при ультракоротких волнах (при частоте $f >$ 30 000 кц., или $f > 30$ мгц.). См. *Килоцикл*.

МЕГАэРГ, единица измерения работы, равная 1 млн. *эрг* (см.). Особого обозначения не имеет. На практике предполагают применить в качестве единицы измерения работы *джоуль* (см.), равный 10 М.

МЕГОМ, единица измерения электрического сопротивления, равная 10^6 *ом* (см.). Сокращенное обозначение MΩ.

МЕД, сахаристое ароматич. натуральное вещество, получающееся из нектара растений, собранного и переработанного определенными насекомыми в их организме. Из всех видов насекомых, собирающих нектар и питающихся им, только пчелы собирают его в огромных количествах; поэтому производство М. тесно связано с *пчеловодством* (см.). Нектар образуется в особых частях растений, т. н. нектарниках, находящихся на лепестках, тычинках венчика, а иногда и на зеленых частях растений. Количество и качество нектара у различных растений бывают различны; даже у одного и того же растения в разное время года, в разные часы дня и при разной погоде количество выделяемого нектара меняется. Нектар, являющийся источником М., отличается от последнего бо́льшим содержанием воды (до 75—95%); он содержит в растворенном виде тростниковый сахар, глюкозу, фруктозу, декстрин, камедь, дубильное вещество, незначительные количества органич. к-т (яблочной, щавелевой, винной), ароматич. и минеральных веществ (и иногда следы белковых веществ). Ароматич. вещества нектара состоят из *эфирных масел* (см.). Превращение нектара в М. происходит в медовом желудочке (зобе) пчелы. При этом нектар подвергается следующим изменениям: 1) часть воды всасывается стенками желудочка, 2) в М. переходят некоторые энзимы, вырабатываемые организмом пчелы, 3) тростниковый сахар (сахароза) М. под влиянием энзимов переходит в инвертный сахар (смесь d-глюкозы и d-фруктозы) и т. д. Такой полупереработанный нектар, сложенный пчелами в ульях, после того как значительно загустеет вследствие испарения воды, запечатывается пчелами в сотах. Во время дальнейшего «созревания» М. в нем м. б. обнаружено присутствие ряда энзимов (инвертаза, каталаза, диастаза, амилаза); содержание сахарозы значительно падает (в нек-рых образцах М. она даже отсутствует); иногда увеличивается и количество декстриновых соединений; количество же инвертного сахара сильно возрастает. Вообще состав М. зависит от состава нектара, из которого он получен.

Различают несколько сортов М. в зависимости от того, с каких растений преимущественно собран нектар; этим определяются также окраска, запах и вкусовые качества М. К светлому М. относятся липовый, клеверный, люцерновый, кипрейный и др., к темным—т. н. цветочные М. (гречишный, васильковый, вересковый и пр.).

М. из сотов выделяют двумя способами: пчелобойным и отборным. Первый способ применяют при выделении М. из колод. При этом все содержимое колоды—М., пчелу и детву—после окуривания серой выгребают в ушат и М. вытапливают в банях (в сосудах с дырчатым дном). Получают банный мед—грязный и темный. При втором способе отбирают только избыток М., оставляя пчелам достаточный запас его на зимовку. Отборный М. отделяют от сотов либо самотеком (М.-подцед) либо на центрифуге (центробежный М.). Для получения М.-подцеда измятые соты кладут на волосяные сита, подставив под них ушаты, и выставляют на солнце или ставят в теплое место (напр. в баню). Центробежный М. получают выделением из рамочного сотового М. на центрифугах (центробежках).

По своим физич. свойствам М.—густая, вязкая жидкость, уд. веса 1,42—1,49, цвета от водянисто-белого до темного (почти черного), с различною степенью ароматичности. Уд. вращение—обычно отрицательно (вращает влево), но для различных сортов М. (америк.) меняется в пределах от −17,72 до +9,43. Если М. вполне созрел, т. е. содержит воды не более 20—25%, то он может сохраняться неопределенно долгое время не портясь. Обычно при хранении М. густеет; при этом глюкоза кристаллизуется, а фруктоза, оставаясь в растворе, обволакивает тонким слоем кристаллы глюкозы. Такая кристаллизация называется садкой М.; при этом М. приобретает полутвердую консистенцию, становясь похожим на топленое коровье масло. Различают два рода садки—крупнозернистую и мелкозернистую. Причина той или иной формы зависит от числа первичных кристаллов, находящихся в М., когда он еще имеет жидкую форму: чем меньше число кристаллов, тем меньше центров кристаллизации и больше простора для роста отдельных кристаллов (крупная садка); наоборот, при большом числе первичных кристаллов получается мелкозернистая форма. Сорта М., содержащие большой процент фруктозы, садятся труднее, а некоторые из них совершенно не кристаллизуются (например некоторые виды М. из Северной Америки).

Химич. состав М. из различных стран колеблется весьма значительно. Средние данные и колебания состава европейских, русских и американских сортов М. приведены в табл. 1 и 2.

Иногда М. содержит повышенное (до 20%) количество сахарозы (тростникового сахара), что имеет место, когда пчел подкармливают раствором тростникового сахара. М. из районов более сухих содержит меньше воды, чем из районов более влажных: так, в районах, где средняя влажность воздуха 51%, М. содержал ок. 15,6% воды; из райо-

Табл. 1.—Состав европейского (Эрленмейер, Зибенлени и др.) и американского М. (Броун, 1911 г.) в %.

Составные части	Европейский М.		Американский М.	
	пределы	среднее	пределы	среднее
Вода	10—33	20,60	12,42—26,68	17,59
Инвертный сахар	—	—	62,23—83,36	74,41
d-глюкоза	23—43	34,48	—	34,02
d-фруктоза	30—49	38,65	—	40,50
Сахароза	0—13	1,68	—	—
Зола	0,02—0,68	0,25	—	0,22
Декстрины	—	—	0—12,95	2,09
Примеси (цветочная пыльца, крупинки воска и пр.)	—	—	—	3,70

Табл. 2.—Состав русского М. в %.

Составные части	По Вилларету *1		По Зарину *2	
	пределы	среднее	пределы	среднее
Вода	19—31	23,34	15—22	16,39
d-глюкоза	34—55	41,71	65—79	75
d-фруктоза	21—37	29,40		
Сахароза	0—12	2,03	0,5—5,0	1,9
Зола	—	0,134	0,03—4,0	0,18
Декстрины	—	—	1—13	5,2

*1 Исследовано (1892 г.) 48 образцов меда из различных местностей Европейской и Азиатской России.

*2 Исследовано (1910 г.) 65 образцов.

нов со средней влажностью в 76% М. содержал ок. 19% воды. Химич. состав М. от различных растений бывает также различным. М. с люцерны содержит мало декстринов и больше сахарозы. Малое содержание декстринов, хотя и более высокое, чем с люцерны, наблюдается у М. с других бобовых растений, а также с яблони и малины. В гречишном М. почти отсутствует сахароза, но в нем имеются дубильные вещества. Липовый М. сравнительно богат декстрином, а в М. мяты его еще больше. Декстринов много в М., собранном с тополя, осины, дуба; в нем часто содержится медвяная роса (см. ниже); содержание золы в нем повышенное (0,8%). В М. с хмеля содержатся дубильные вещества. Пчелы собирают сладкий сок не только с цветков, но и с других частей растений, используя не только нектар, но и медвяную росу (растительного и животного происхождения). Растительная медвяная роса—сладкий сок, появляющийся иногда на листьях или других зеленых частях нек-рых растений (дуб, ясень, липа, клен, тополь, береза, орешник, ежевика и барбарис) в виде мелких капель, часто после жаркого дня; обильное выделение растительной медвяной росы наблюдается при продолжительной сухой погоде. Медвяная роса животного происхождения, т. н. падь,—представляет собою экскременты травяных тлей, выделяемые последними в виде густой сладковатой жидкости. М., отложенный пчелами из медвяной росы, отличается тем, что в нем сравнительно много декстринов, белковых и минеральных веществ; кроме того он менее ароматен, чем мед из нектара, вреден для питания пчел и не годится для зимнего подкорма их. Существуют виды М. горькие и вредные, собранные с ядовитых растений—белены (Hyoscyamus niger), дурмана (Datura stramonium), багульника (Ledum palustre) и др. Ядовитый («пьяный») М. известен в Закавказьи (Аджаристан); предполагают, что пчелы его собирают с рододендронов и азалий. Этот М. красно-бурого цвета и при употреблении в пищу вызывает головные боли. Согласно последним данным сотовый М. содержит некоторое количество растворимого в жирах витамина А, и возможно, что почти все сорта меда содержат небольшие количества витамина В; витамин С в меде не обнаружен.

В торговле М. часто фальсифицируется путем прибавления патоки, картофельной и гречишной муки, крахмального сахара, мела, сахарного песка и пр. Часто прибегают также к производству меда искусственного—различных суррогатов натурального М. Производство искусственного М. и фальсификация наиболее распространены в Зап. Европе и Америке. По данным Генера, герм. искусственный М. состоял из равных частей d-глюкозы и d-фруктозы, смешанных с тростниковым сахаром, фруктовыми эфирами и красящими веществами; искусственный америк. М. состоит гл. обр. из осахаренного маисового крахмала; голландский «бисквитный мед» имеет следующий состав: 29% воды, 0,5% соды, 0,5% песка и древесных частиц, 30,0% олеомаргарина, 29,0% тростникового сахара, 4,0% виноградного сахара, 7,0% декстрина. Дешевые сорта продажного М. часто совсем не содержат натурального М., а представляют суррогат, изготовляемый из картофельной патоки и сахара с мукой; иногда добавляется также мука из древесных опилок. Производство искусственного М. было сильно развито в России в довоенное время (Уфа, Саратов, Воронеж, Самара).

Применение. По своим вкусовым питательным качествам М. занимает первое место среди натуральных сладостей. Кроме непосредственного употребления в пищу М. (особенно его дешевые, темные сорта) служит для приготовления медовых пряников, печенья, пастилы, нек-рых сортов варенья, конфет и сладких кушаний; в кондитерском производстве М. расходуется в значительных количествах. Довольно широкое применение М. находит также при изготовлении нек-рых алкогольных напитков (напр. меды польские) и в плодово-ягодном виноделии. Иногда М. применяется при изготовлении *красок* для живописи (см.), некоторых сортов клея (напр. клей для реставрационных художественных работ, составляемый из рыбьего клея и меда в пропорции 1 : 2). Из М. готовят высококачественный столовый уксус. Применяют М. и в медицине.

Экономические данные и способы медоотгонки см. *Пчеловодство*.

Оценка М. Производить оценку М. по вкусу возможно только при условии отсутствия в нем подмесей. Для определения в М. воды навеску М. смешивают с песком и

высушивают в вакуум-сушилке либо вычисляют колпчество сухих веществ по таблице Виндиша (по уд. в.). Уд. в. определяют пикнометром или на весах Мора-Вестфаля. В виду высокой вязкости М. при определении его уд. в. пользуются раствором М. в воде (1 : 2), причем уд. в. этого раствора д. б. не менее 1,11. Содержание золы в М. определяют обычным способом—озолением (сжиганием) навески М. Прибавка к натуральному М. сахара уменьшает % золы, прибавка патоки (рафинадной и свекловичной)—увеличивает его.

Испытание М. Присутствие в М. муки и крахмала определяют иодной реакцией. Примесь желатины определяется по хлопьевидному осадку, образующемуся при добавлении к раствору М. конц. раствора таннина, или по запаху жженого рога при озолении М., или по запаху аммиака при нагревании раствора М. с едкой щелочью. Так как натуральный М. обычно вращает плоскость поляризации влево (как и инвертный сахар) и только М., собранный с хвойных деревьев или с примесью пади, вращает вправо, то определение вращательной способности М. дает нек-рые основания для распознавания фальсификации М. Кроме того существует разработанная система испытаний М. на содержание углеводов (сахарозы, мальтозы, инвертного сахара) и энзимов (инвертазы, диастаза, каталазы и пептазы).

Лит.: Виллларет В. Л., О химическом составе пчелиного меда и способах распознания фальсификации его, М., 1891; Зарин Э. Я., Соврем. состояние методики исследования пчелиного меда, «Труды с.-х. бактериологич. лаборатории», СПБ, 1910, т. 2, *2*; его же, Материалы к вопросу о составе меда в различных районах России, там же, СПБ, 1911, т. 3, *10*; его же, Мед и методы его исследования, там же, СПБ, 1912, т. 4, *1*; его же, К вопросу о составе и значении евкалиптового меда, там же, 1914, т. 5, *20*; его же, Материалы к вопросу об образовании и созревании меда, там же, 1917, т. 6, *7*; Каблуков И. А., Мед, Петроград, 1920; его же, О меде, воске, пчелином клее и их подмесях, М.—Л., 1927; Ильин Н. И., Мед, воск и прополис, Л., 1926; Рут А., Энциклопедия пчеловодства, пер. с англ., М.—Л., 1927; Скориков А., Переработка меда в другие продукты, М.—Л., 1928; Hugh, Bryan A., Chemical Analysis and Composition of Imported Honey from Cuba, Mexica a. Haiti, U. S. Dep. of Agr., Bureau of Chemistry, Bull. 154, Washington, 1911; Browne C. A., Chemical Analysis and Composition of American Honeys, ibid., Bull. 110, Washington, 1908; Fehlmann C., Beiträge zur mikroskopischen Untersuchung des Honigs mit spezieller Berücksichtigung d. Schweize Honigs u. der in d. Schweiz eingeführten fremden Honige, Bern, 1911; «Gleanings in Bee Culture», Medina, Ohio, 1928.

И. Наблуков и А. Фольц.

МЕДИ СОЕДИНЕНИЯ. Являясь элементом I группы периодической системы, медь в то же время составляет переход от элементов VIII группы (Ni, Pd, Pt) к элементам II группы (Zn, Cd, Hg) и потому в химич. отношении обнаруживает сходство как с теми, так и с другими. Известны соединения одно- и двувалентной меди; вещества последнего типа более многочисленны, разнообразны и имеют гораздо более широкую область технич. применения. Для меди известны два окисла нормального типа: закись, Cu_2O, и окись, CuO, дающие соответствующие гидраты, CuOH и $Cu(OH)_2$, основного характера (допускается также существование высших форм окисления, отвечающих типам CuO_2 и CuO_3). Соответственно двоякой валентности меди существуют и два ряда ее солей, дающие в растворах 2 вида атомионов: соли одновалентной, или закисной, меди образуют бесцветный катион $Cu^{\cdot}$; соли двувалентной, или окисной, меди—синий катион $Cu^{\cdot\cdot}$. В твердом виде соли $Cu^{\cdot}$ бесцветны и очень мало растворимы в воде; соли $Cu^{\cdot\cdot}$—по б. ч. синего, голубого или зеленого цвета и отличаются богатством кристаллогидратных форм. Двувалентная медь образует наиболее устойчивые соли с кислородными кислотами; соли бескислородных кислот менее стойки и при нагревании, а иногда и при обыкновенной $t°$, переходят в соли $Cu^{\cdot}$. Напротив, для одновалентной меди достаточно устойчивы лишь соли бескислородных кислот, соли же кислородных к-т почти неизвестны. Медь в М. с. отличается чрезвычайной склонностью к образованию основных солей и комплексных соединений. Из них наиболее характерны комплексные соли, содержащие циан-группу, и соединения с аммиаком—т. наз. аммиакаты, или аммин-соединения; в первых Cu входит в состав сложного аниона, например $[Cu(CN)_2]'$, в последних же—в состав катиона, например $[Cu(NH_3)]^{\cdot}$, $[Cu(NH_3)_3]^{\cdot}$, $[Cu(NH_3)_4]^{\cdot\cdot}$. На образовании аммиакатов основана характерная для М. с. способность растворяться в водном аммиаке с интенсивно синим окрашиванием. Из растворов М. с. ион $Cu^{\cdot\cdot}$ количественно осаждается сероводородом; если же Cu входит в состав комплексного аниона, то H_2S ее обычно не осаждает. Все растворимые соли Cu ядовиты.

Соединения одновалентной меди. Закись меди, Cu_2O. Природные разновидности ее—минералы куприт, халькотрихит, красная медная руда и другие. Искусственно полученная Cu_2O—кристаллический порошок красного цвета, уд. вес 5,75—5,88; при $t°$ красного каления сплавляется; $t°_{кип.}$ выше 1 230°. Нерастворима в воде; в водном аммиаке дает бесцветный раствор, на воздухе синеющий; при действии HCl образует CuCl; разбавленными серной и азотной кислотами переводится в соответствующую соль $Cu^{\cdot\cdot}$ + металлич. Cu. В расплавленной меди Cu_2O растворяется в значительных количествах; при застывании образуется твердый раствор, обусловливающий хрупкость металла; растворяясь в стекле, Cu_2O сообщает ему яркокрасный цвет (авантюриновое стекло). Технически Cu_2O получают обыкновенно сухим путем: а) сплавлением в умеренном жару CuCl (5 ч.) с кальцинированной содой (3 ч.) по ур-ию:

$$2CuCl + Na_2CO_3 = Cu_2O + 2NaCl + CO_2,$$

после чего выщелачивают NaCl водой, либо б) прокаливанием смеси медных опилок (4 ч.) с окисью меди (5 ч.) в закрытом тигле, либо в) умеренным накаливанием рулонов листовой меди в печах при ограниченном доступе воздуха. Медная окалина, получаемая при горячей прокатке меди, состоит примерно из 75% Cu_2O и 25% CuO. Для получения чистого препарата Cu_2O м. б. применен мокрый способ—восстановление фелинговой жидкости глюкозой: для этого растворяют 1 ч. глюкозы в 30 ч. воды, прибавляют 3 ч. сегнетовой соли или винной кислоты и избыток (~20 ч.) раствора NaOH, затем туда же вливают раствор медного купороса (1 ч. в 30 ч. воды); смесь нагре-

вают на водяной бане до обесцвечения; выпавшую Cu_2O промывают водой, спиртом и эфиром. Вместо глюкозы восстановителем может быть взят гидросульфит натрия. Коллоидальную Cu_2O получают по методу Паала—путем восстановления $CuSO_4$ в растворе гидроксиламином или гидразином в присутствии защитных коллоидов—протальбиново- или лизальбиновокислого натрия (лучше первого). Cu_2O является промежуточным продуктом в металлургическ. процессе (маннесированная черная медь до рафинировки содержит до 10% Cu_2O); в виде медной окалины она идет на производство медного купороса, а также служит для окрашивания стекла и эмалей в красный цвет; чистая Cu_2O применяется в гальваностегии для покрытия медью (приготовление электролита для цианистых ванн) и в ряде органических синтезов как катализатор.

Гидрат закиси меди, CuOH, образуется при действии едких щелочей на CuCl (на холоду) в виде осадка желтого цвета. Нерастворим в воде, растворяется в NH_4OH. Очень непрочен и быстро разлагается, переходя сначала в $(4Cu_2O)\cdot H_2O$, а при нагревании и в безводную Cu_2O.

Полусернистая медь, сульфид закисной меди, Cu_2S,—аморфный черный порошок или кристаллы тетрагональной системы; уд. вес 5,78, $t°_{пл.}$ 1 135°; природная Cu_2S—медный блеск, или халькозин, кристаллизуется в ромбич. системе. Нерастворима в воде и в холодной конц. HCl; азотной к-той окисляется; с конц. серной к-той образует CuS, $CuSO_4$ и SO_2. К нагреванию без доступа воздуха Cu_2S устойчива; при накаливании на воздухе окисляется, давая CuO, $CuSO_4$ и SO_2. Лабораторный препарат Cu_2S получается лучше всего восстановлением CuS с помощью арсенита натрия (при совместном их нагревании). Сплав Cu_2S и CuS получается при накаливании металлич. меди с пиритом (FeS_2); поэтому он всегда образуется при плавке сульфидных медных руд и содержится в большом количестве в медном штейне (см. *Медь*, металлургия). Из смеси Cu_2S+CuS чистая Cu_2S м. б. получена нагреванием в вакууме до $t°_{пл.}$; Cu_2O употребляется как сырье для производства медного купороса, а также для изготовления термоэлементов и светящихся составов.

Хлористая медь, полухлористая, однохлористая медь, CuCl,—белые мелкие тетраэдры или кубы, во влажном воздухе быстро зеленеющие, далее чернеющие; уд. вес 3,53—3,62; $t°_{пл.}$ около 420°; кипит при $t°$ ок. 1 000°. Очень мало растворима в воде (1,5 : 100 при 25°) и разбавленных кислотах; растворяется в конц. HCl, в растворах NaCl, KCl и гипосульфита, в аммиаке и пиридине, образуя с этими веществами ряд комплексных соединений. При нагревании с водой гидролизуется, переходя в Cu_2O. В растворах CuCl действует как энергичный восстановитель; растворы обладают способностью поглощать кислород, а также окись углерода и ацетилен. Техническое получение CuCl производят по одному из следующих способов: а) нагревают медные обрезки с раствором хлорной меди ($CuCl_2$) в слегка разведенной HCl при 100° до обесцвечения раствора, разбавляют водой, промывают выпавшую CuCl слабой серной к-той и спиртом и быстро сушат; б) раствор медного купороса с опилками или порошком меди и с соляной к-той нагревают до обесцвечения и выливают в воду, подкисленную уксусной к-той; в) пропускают SO_2 в смесь насыщенных растворов медного купороса и поваренной соли и выпавший осадок CuCl промывают разведенной сернистой или уксусной кислотой. Последний способ наиболее экономичен и удобен. CuCl применяется для очистки ацетилена, в органич. синтезе, напр. при замещении диазогруппы хлором; по Зандмейеру (как катализатор), и предлагалась как средство для денитрации искусственного шелка. Растворы CuCl в аммиаке и конц. HCl используются в газовом анализе для связывания окиси углерода.

Бромистая медь, полубромистая медь, CuBr,—бесцветна; во влажном состоянии постепенно зеленеет, а на солнечном свету синеет. Уд. вес 4,72; $t°_{пл.}$ 480°; $t°_{кип.}$ около 900°. Нерастворима в воде, растворяется в конц. HCl, HBr и NH_4OH. Получается пропусканием SO_2 в горячий разбавленный раствор $CuSO_4+NaBr$ или KBr. Применяется как катализатор гл. обр. для замены диазогруппы на бром, по Зандмейеру.

Иодистая медь, CuJ. Белый или коричневатый мелкокристаллич. порошок, в сильно нагретом состоянии принимающий, смотря по $t°$, красный, коричневый и почти черный цвет, при охлаждении же снова делающийся бесцветным. Уд. вес 5,63; $t°_{пл.}$ ок. 600°; $t°_{кип.}$ ок. 770°. CuJ нерастворима в воде и разбавленных к-тах, растворяется (слабо) в NH_4OH, лучше—в растворе KJ; легко поглощает газообразный аммиак. Для получения CuJ исходят из раствора медного купороса, который смешивают с $FeSO_4$ либо насыщают сернистым газом, после чего осаждают раствором KJ. Этот метод служит иногда для извлечения иода (в виде CuJ) из маточных щелоков при очистке чилийской селитры. Двойная соль CuJ с HgJ_2, благодаря способности менять окраску при нагревании, применяется как термоскоп.

Цианистая медь, CuCN,—белый порошок или моноклинич. призмы, устойчивые на воздухе; $t°_{пл.}$ около 475°; при более сильном нагревании разлагается. CuCN нерастворима в воде, в разбавленной H_2SO_4 и холодной разбавленной HCl; в NH_4OH дает бесцветный раствор, на воздухе быстро синеющий; растворяется также в KCN и в NaCN, образуя комплексные соли, например $KCu(CN)_2$ и $K_3Cu(CN)_4$, которые м. б. выделены в кристаллич. виде. Для получения CuCN раствор медного купороса насыщают SO_2 (или смешивают с сульфитом Na) и осаждают раствором KCN или синильной к-той. В отсутствии восстановителей (SO_2, сульфит) образуется первоначально цианид двувалентной меди, $Cu(CN)_2$, который тотчас же разлагается, переходя в CuCN и выделяя половину CN в виде дициана. Цианистая медь и ее двойные соли применяются в гальваностегии для медных ванн; кроме того цианистая медь служит катализатором при введении циангруппы (на место диазогруппы) в ароматические соединения.

Р о д а н и д м е д и, роданистая медь, CuCNS,—белый или желтоватый порошок; уд. вес 2,3; при накаливании на воздухе воспламеняется. Нерастворим в воде, растворяется в NH_4OH и в растворе KCNS; с конц. H_2SO_4 дает $CuSO_4$ и SO_2. Получается осаждением из солей $Cu^{\cdot\cdot}$ раствором KCNS или NH_4CNS в присутствии восстановителей (SO_2, NH_4HSO_3, $FeSO_4$). Применяется иногда в ситцепечатании; в органич. синтезе служит для замещения диазогруппы родангруппой (CNS).

С у л ь ф а т з а к и с н о й м е д и, Cu_2SO_4, чрезвычайно непрочен и разлагается даже водой. В виде раствора он м. б. получен встряхиванием коллоидальной Cu_2O с конц. H_2SO_4. Такой раствор, стабилизованный прибавлением β-нафтола, применяют в газовом анализе для поглощения окиси углерода.

К а р б и д м е д и, ацетиленистая медь, Cu_2C_2,—см. *Ацетилен*.

Г и д р и д м е д и, водородистая медь, CuH, н и т р и д м е д и, Cu_3N, и ф о с ф и д м е д и, Cu_5P (и Cu_6P) технического значения пока не имеют.

Соединения двувалентной меди. О к и с ь м е д и, CuO,—порошок или пористая зернистая масса черного или темнокоричневого цвета; уд. вес 6,40; $t°_{пл.} > 1\,148°$; природная CuO (минерал тенорит) кристаллична. В воде CuO нерастворима; CuO растворяется в NH_4OH, образуя синий раствор. Легко восстанавливается в металлическую медь водородом (при 250°), окисью углерода (при 100—160°), парами CH_3OH и других органических веществ. Порошок CuO несколько гигроскопичен и обладает способностью адсорбировать большие количества азота (до 650 *г* N_2 на 1 *л* CuO). CuO вместе с Cu_2O входит в состав медной окалины. В технике CuO обыкновенно получают продолжительным накаливанием медных стружек, обрезков, опилок, проволоки и т. п. при хорошем доступе воздуха или же прокаливанием $CuNO_3$; препарат CuO для медицинских целей чаще готовят прокаливанием свежеосажденного карбоната меди. Иногда практикуется получение окиси меди мокрым путем: к горячему раствору $CuSO_4$ приливают разбавленный раствор каустической соды до щелочной реакции и жидкость с выпавшим осадком $Cu(OH)_2$ кипятят до полного почернения последнего; после этого многократно промывают CuO горячей водой и сушат. Для нек-рых специальных целей CuO м. б. приготовлена в коллоидальном состоянии, напр. осаждением из солей $Cu^{\cdot\cdot}$, по Паалю, в присутствии защитного коллоида (см. выше закись меди); такая CuO, будучи высушена, образует черные чешуйки, легко вновь растворяющиеся в воде с образованием бурого коллоидного раствора. CuO применяется в производстве цветного стекла, эмалей, а также имитаций драгоценных камней (для придания им зеленой или синей окраски), а вместе с SnO—для получения рубинового стекла; служит также для изготовления электродов, гальванич. элементов, для очистки нефти от сернистых соединений, для покрытия алюминия медью и как фунгисид для борьбы с картофельным грибком. Весьма разнообразно применение CuO в качестве катализатора, например при переработке хромистого железняка, получении сульфата натрия, при гидрировании, дегидрировании и окислении органич. соединений, при синтезе метилового спирта из водяного газа, формальдегида из метана, в противогазах для защиты от окиси углерода (в составе гопкалита) и т. д. В лабораториях CuO находит применение при количественном органическом анализе и для очистки водорода. В медицине CuO употребляется как наружное (в мазях) и внутреннее терапевтич. средство.

Г и д р а т о к и с и м е д и, $Cu(OH)_2$, выпадает при действии едких щелочей на растворы солей $Cu^{\cdot\cdot}$ в виде голубого студенистого осадка, в высушенном виде представляющего рыхлый порошок или аморфную хрупкую массу зеленовато-голубого цвета; уд. вес 3,37; в особых условиях он м. б. получен в прозрачных голубых кристаллах, а также в коллоидальном состоянии. $Cu(OH)_2$ нерастворим в воде, но легко растворяется в к-тах и водном аммиаке, а в присутствии оксикислот (напр. винной), глицерина или глюкозы—также и в едких щелочах: поэтому упомянутые органич. вещества препятствуют осаждению $Cu(OH)_2$ щелочами (раствор только синеет). Осажденный $Cu(OH)_2$ при нагревании (даже под водой) легко разлагается и чернеет, переходя постепенно в менее водные гидраты и далее в CuO. При растворении свежеосажденного $Cu(OH)_2$ в водном аммиаке получается т. н. р е а к т и в Ш в е й ц е р а, или аммиачная окись меди,—темносиняя жидкость, содержащая аммиакат состава $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$ (тетрамин-купри-дигидроксид). Для технических целей реактив Швейцера чаще всего готовят след. обр.: медные стружки или опилки обливают 20%-ным аммиаком в автоклаве, нагнетают воздух до 2 *atm* и охлаждают до 0° или ниже; при стоянии образуется раствор, содержащий ок. 45 *г* Cu в 1 *л*; при +5° из него начинает выпадать $Cu(OH)_2$. Для повышения концентрации Cu раствор иногда подвергают диализу; с той же целью к нему при изготовлении часто добавляют кислый тартрат калия и щелочь, а также некоторые другие вещества: глюкозу, мелассу или персульфат с глицерином, ацетоном, гликолевой к-той и т. п. Реактив Швейцера обладает способностью растворять клетчатку; в виду этого он применяется при получении искусственного шелка (медноаммиачный шелк) и для обработки оберточной бумаги, строительного картона и других целлюлозных материалов с целью придать им бóльшую прочность, газонепроницаемость и водоупорность. Кроме приготовления реактива Швейцера $Cu(OH)_2$ применяется как основа некоторых медных красок.

С е р н и с т а я м е д ь, сульфид окисной меди, CuS, получается из солей $Cu^{\cdot\cdot}$ осаждением сероводородом или сульфидами щелочных металлов. Осажденная CuS—аморфный черный порошок, уд. вес 4,66; осадок имеет непостоянный состав, приблизительно отвечающий формуле Cu_4S_3 (или $Cu_2S \cdot 2\,CuS$); в совершенно чистой воде легко образует бурые коллоидные растворы. Нагреванием металлич. меди с избытком серы при $t°_{пл.}$ последней, CuS м. б. получена также в не-

прозрачных синих или фиолетовых кристаллах гексагональной системы с металлич. блеском; в природе CuS встречается в виде минерала ковеллина. CuS нерастворима в воде и в разбавленной H_2SO_4; медленно растворяется в горячей концентрированной HCl, легко—в HNO_3 при нагревании; щелочи на CuS не действуют; многосернистый аммоний отчасти растворяет (темнокоричневый раствор содержит NH_4CuS_4). В присутствии влаги CuS постепенно окисляется на воздухе, переходя в сульфат $CuSO_4$; при сильном прокаливании теряет половину серы и переходит в Cu_2S. Получение CuS сухим путем практикуется в производстве медных красок. CuS применяется при печатании черным анилином.

Хлорная медь, двухлористая медь, $CuCl_2 \cdot 2H_2O$—зеленые кристаллы (ромбич. призмы), уд. в. 2,5, хорошо растворимые как в холодной, так и в горячей воде. Цвет растворов зависит от их концентрации: разбавленные растворы—голубого цвета (истинный цвет $Cu^{\cdot\cdot}$-иона), более концентрированные—зеленого, переходящего в бурый. Двухводная соль гигроскопична; при нагревании до 100° плавится в кристаллизационной воде. Обезвоживанием ее в токе сухого HCl при 120—150° получается безводная $CuCl_2$, желто-бурая легко расплывающаяся аморфная масса, растворимая в воде, спирте, ацетоне и пиридине; удельный вес 3,05, $t°_{пл.}$ 498°. В технике $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ получают растворением окиси меди или основного карбоната меди в 25%-ной HCl и выпариванием до кристаллизации, либо же взаимодействием растворов $CuSO_4$ и $BaCl_2$, либо растворением меди в царской водке при нагревании. Твердая соль энергично поглощает аммиак (6 мол. NH_3 на 1 мол. $CuCl_2$); раствор $CuCl_2$ при действии аммиака и щелочей дает аммиакаты и хлорокиси (основные соли) меди различного состава. Хлорная медь применяется для электролитического покрытия металлов медью, для получения хромата меди, при печатании тканей, как катализатор (в производстве хлора по Дикону, при получении метилвиолета, черного анилина на ткани и т. д.); в меньших размерах $CuCl_2$ используется как инсекто-фунгисид и в медицине.

Бромная медь, $CuBr_2$, кристаллизуется с 2 и 4 молекулами H_2O; зеленые иглы, легко растворимые в воде. Безводная $CuBr_2$—гигроскопич. кристаллы черного цвета, растворимые в тех же растворителях, что и $CuCl_2$. При накаливании $CuBr_2$ разлагается на CuBr и Br. Готовится растворением окиси меди либо карбоната меди в водной HBr и выпариванием раствора. Применяется в фотографии в качестве усилителя и в органическом синтезе для замещения J на Br.

Иодная медь, CuJ_2, очень неустойчива и при осаждении из растворов (например $CuSO_4 + 2KJ$) тотчас же разлагается, переходя в CuJ.

Дицианид меди, $Cu(CN)_2$, также отличается крайней непрочностью. Распадаясь с отщеплением свободного дициана, C_2N_2, дицианид меди переходит сначала в смешанную соль $Cu(CN)_2 \cdot 2CuCN$, а затем в CuCN (см. выше цианистая медь).

Дироданид меди, родановая медь, $Cu(CNS_2)$, получается при действии KCNS на $CuSO_4$ в виде черного осадка, постепенно переходящего в белый роданид CuCNS (см. выше). Аммиакат этой соли, диаммин-купри-дироданид, $[Cu(NH_3)_2](CNS)_2$, получаемый обработкой свежеосажденного дироданида водным аммиаком, сильно взрывчат и предлагался (в смеси с $KClO_4$) для замены гремучей ртути в капсюлях-детонаторах.

Азотнокислая медь, $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$, синего цвета, устойчива на воздухе, получается кристаллизацией из растворов при $t°$ выше 26°; уд. вес 2,05, $t°_{пл.}$ 114,5°. При более низких темп-рах выкристаллизовывается $Cu(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, плавящаяся при 26,4° с переходом в трехводную соль; безводная $Cu(NO_3)_2$ бесцветна. Растворимость в 100 ч. воды: при 10°—82 ч., при 80°—208 ч. безводной $Cu(NO_3)_2$; соль хорошо растворима также и в спирте. Сильный окислитель; при прокаливании дает сначала мало растворимые основные соли, $Cu(NO_3)_2 \cdot 2Cu(OH)_2$ и $Cu(NO_3)_2 \cdot 3Cu(OH)_2$, затем уже CuO. Для технич. получения соли растворяют окись меди или медную окалину в несколько разбавленной (25%-ной) HNO_3 и раствор выпаривают в медных котлах. $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$ применяется для получения чистой окиси меди, в производстве красителей, в крашении и печатании тканей, для воронения стали, чернения меди, изготовления эмалей и чернил для писания на жести. Соединение азотнокислой меди с аммиаком—тетрамминкупри-динитрат, $[Cu(NH_3)_4](NO_3)_2$, получается растворением $Cu(NO_3)_2$ в избытке NH_4OH; темносиние иглы, легко растворимы в воде; при нагревании взрывает; применяется в крашении и при изготовлении фейерверков.

Медный купорос, сульфат меди, сернокислая медь, синий купорос, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$—наиболее важная из всех солей меди. В природе встречается в виде минерала халькантита и в т. н. цементных водах медных рудников; рыночный продукт получается искусственным путем по способам, описанным ниже. Крупные синие прозрачные кристаллы триклинич. системы, уд. в. 2,29, на воздухе медленно выветривающиеся. При нагревании до 100° теряет 4 молекулы воды, образуя $CuSO_4 \cdot H_2O$; при 180° удаляется $4^3/_4$ молекулы H_2O; вполне безводный $CuSO_4$ получается лишь при нагревании до 233°. Безводный медный купорос, $CuSO_4$,—белый порошок, уд. в. 3,6; из конц. H_2SO_4 кристаллизуется в призмах; при смачивании водой синеет, переходя в $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ с разогреванием; при сильном накаливании разлагается на CuO, SO_2 и кислород. Растворы $CuSO_4$ имеют чисто голубой цвет (сильная ионизация) и кислую реакцию (гидролиз); в конц. соляной кислоте $CuSO_4$ образует зеленый раствор. Растворимость в 100 ч. воды:

Температура	0°	20°	40°	60°	80°	100°
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	31,61	42,31	56,90	77,39	118,03	203,32
В пересчете на $CuSO_4$.	18,20	25,55	30,29	38,83	53,15	75,35

Растворимость в спирте очень мала (0,025%). При действии аммиака на водный раствор $CuSO_4$ выпадает серо-зеленый осадок основной соли, который растворяется в избытке NH_4OH с интенсивно синим окрашиванием (образование аммиаката—см. ниже). С сульфатами щелочных металлов $CuSO_4$ образует двойные соли типа $CuSO_4 \cdot Me_2SO_4 \cdot 6\,H_2O$ (Me—одновалентный металл); аналогичные соли, но более разнообразного состава, получаются с сульфатами Mg, Zn, Mn и Fe.

А. Получение. Медный купорос образуется при растворении меди, ее окиси, гидрата окиси и сульфида в H_2SO_4, а также при окислительном (сульфатизирующем) обжиге сернистой меди, по уравнению:

$$CuS + 2O_2 = CuSO_4.$$

На перечисленных реакциях основаны технич. способы получения $CuSO_4$. Производство этой соли может исходить из след. видов сырья: а) металлич. медь (отбросы), б) окись меди, в) медная окалина, г) черная медь (сырой продукт), д) медный штейн (полупродукт металлургическ. производства), е) медистые колчеданные огарки, ж) цементные воды, з) отработанная электролитная жидкость рафинировочных з-дов и и) медные руды (окисленные, сульфидные и смешанные). Это производство ставится обычно на сернокислотных (работающих на медистых пиритах), металлургических, медно-рафинировочных и сульфитно-целлюлозных з-дах. 1) Из металлич. меди (медный лом, обрезки и другие отбросы) купорос готовится в значительных количествах, т. к. этот способ дает наиболее чистый продукт. Прямое растворение меди в серной кислоте почти не применяется, так как при этом 50% употребленной кислоты теряется вследствие образования SO_2. Обычно медь прокаливают в пламенных печах для превращения в CuO и затем растворяют последнюю в разбавленной H_2SO_4; раствор упаривают до крепости 40° Bé и оставляют медленно кристаллизоваться. Аналогично перерабатывается и медная окалина (отходы при горячей обработке меди); во избежание раскисления H_2SO_4 здесь растворение ведется при обильном доступе воздуха и при перемешивании. 2) Для получения купороса из черной меди последнюю зернят в пористые куски не крупнее ореха, что достигается выливанием расплавленной меди тонкой струей в воду. Зерненая медь обрабатывается нагретым раствором H_2SO_4 10—15° Bé (обычно более крепкую к-ту разбавляют маточным щелоком от кристаллизации $CuSO_4$) при продувании воздухом; в этих условиях окисление Cu идет за счет кислорода воздуха по следующему уравнению:

$$2Cu + 2H_2SO_4 + O_2 = 2CuSO_4 + 2H_2O.$$

Для растворения применяются деревянные сосуды с двойным дном, покрытые изнутри рольным свинцом и выложенные по дну хворостом или стружками, поверх которых насыпается медь; воздух подается через опущенную до дна свинцовую трубку. Ряд таких сосудов соединяется в батарею, проходя через которую раствор обогащается купоросом до насыщения. 1 вес. ч. меди дает около 4 ч. сырого купороса, который для выпуска в продажу перекристаллизовывается из воды. 3) Медный штейн (содержащий главн. обр. Cu_2S) для переработки в купорос измельчают и подвергают сульфатизирующему обжигу. Темп-ру обжига регулируют т. о., чтобы вся закисная Cu превратилась в окисную, $FeSO_4$ перешло в Fe_2O_3, а $CuSO_4$ не разложился. Обожженный штейн снова перемалывают и извлекают горячей 3%-ной H_2SO_4. Раствор фильтруют, сливают в деревянные чаны, выложенные свинцом, и продувают через него воздух, одновременно добавляя штейн и нагревая; т. о. удаляется бóльшая часть Fe:

$$4FeSO_4 + 4CuO + O_2 = 4CuSO_4 + 2Fe_2O_3.$$

После отстаивания раствор сливается со шлама, фильтруется и поступает на кристаллизацию. Остающийся шлам поступает на извлечение серебра. 4) Из медистых колчеданных огарков купорос получают след. обр.: огарки окисляют продолжительным выветриванием на воздухе, выщелачивают сильно разведенной H_2SO_4 и щелок обрабатывают железными стружками, причем высаживается цементная медь. Последнюю промывают слабой H_2SO_4, окисляют в CuO (обжигом в отражательных печах), растворяют в разбавленной H_2SO_4, а затем кристаллизуют. Купорос, полученный из цементной меди, содержит до 2% $FeSO_4$, что ограничивает область его применения. 5) Цементные воды—как извлекаемые из рудничных шахт, так и получаемые при выщелачивании водой окисливших медистых огарков,—содержат $CuSO_4$ и могут служить для его получения. Собранные воды концентрируют выпариванием и далее перерабатывают так, как указано в (4). Непосредственным выпариванием цементных вод либо прибавлением железного купороса (из огарков) к богатым $CuSO_4$ маточным щелокам и последующей кристаллизацией получают так наз. двойной, или смешанный, купорос—смесь $CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$ и $FeSO_4 \cdot 7\,H_2O$ в неопределенных соотношениях, также поступающий в продажу. 6) Изношенные растворы из электролитных ванн для рафинирования меди, вследствие накопления посторонних металлов ставшие негодными для электролиза, перерабатываются на $CuSO_4$, для чего нейтрализуют в них свободную к-ту прибавлением меди и концентрируют выпариванием до кристаллизации. 7) Окисленные медные руды (природные сульфаты меди), как халькантит и брошантит, для получения купороса непосредственно растворяют в разбавленной холодной H_2SO_4, фильтруют и кристаллизуют. Сульфидные и смешанные руды выщелачивают серной к-той обычно после предварительного сульфатизирующего обжига.—В СССР для производства медного купороса используются гл. обр. отбросы металлич. меди и латуни и отчасти колчеданные огарки сернокислотных з-дов. Переработка латунных отбросов (стружек, обрезков и патронных гильз) применяется в следующих вариантах: 1) прямое растворение латуни в чугунных котлах в 75%-ной H_2SO_4, с выпариванием досуха, после чего остаток извлекается водой, щелок концентрируется и идет на кристаллизацию; 2) окислительный обжиг латуни в

пламенных печах, растворение полученной окалины (CuO + ZnO) в H_2SO_4, выделение из раствора цементной меди (железом, цинком или латунным ломом), повторное растворение ее в H_2SO_4, кристаллизация; 3) растворение латуни в H_2SO_4 (приблизительно 30%-ной) с одновременным окислением путем продувки горячего воздуха; раствор по достижении крепости около 40° Bé поступает на кристаллизацию ($CuSO_4$ кристаллизуется раньше, чем $ZnSO_4$); 4) выщелачивание латунной стружки нагретой серной кислотой без доступа воздуха в течение 12—15 суток, причем извлекается только цинк; оставшуюся медь растворяют в H_2SO_4 при продувке воздухом; 5) окисленная обжигом в печах латунь растворяется в HCl; кислый раствор $CuCl_2+ZnCl_2$ обрабатывается металлич. цинком или латунным ломом, причем медь выпадает в форме CuCl; влажный осадок CuCl при смешении с мелкими цинковыми стружками постепенно восстанавливается в металлич. медь, которая далее может быть переработана на купорос обычными путями. Выработка медного купороса в России перед войной 1914—18 гг. достигала 1 200 *m*, при импорте его в количестве 650—850 *m* в год.

Б. Очистка. Постоянной примесью в техническом медном купоросе является Fe (в виде $FeSO_4$); часто присутствуют также и сульфаты Zn и Ni, нерастворимые землистые примеси и другие загрязнения. Для очистки от Fe купорос растворяют в воде, прибавляют HNO_3 и выпаривают досуха: при этом $Fe^{\cdot\cdot}$ почти целиком окисляется в нерастворимую Fe_2O_3. Сухой остаток извлекают водой, раствор фильтруют и кипятят с добавлением свежеосажденного $Cu(OH)_2$, причем Fe удаляется окончательно; далее жидкость подкисляют серной кислотой (для перевода образовавшегося основного сульфата в средний) и упаривают до кристаллизации. Наиболее чистый препарат $CuSO_4$ для аналитич. и медицинских целей готовят фильтрацией насыщенной при 100° водного раствора соли в 3—4-кратный объем спирта.

В. Испытание продажного медного купороса производится обычно при помощи так назыв. аммиачной пробы. 1) Растворяют 0,5 *г* соли в 20 *см*³ дистиллированной воды, прибавляют несколько капель HCl, осаждают Cu сероводородом и фильтруют; фильтрат при добавлении NH_4OH не должен давать темной (Fe, Ni) или белой (Zn) мути, а при выпаривании досуха и прокаливании должен оставлять только минимальное количество нелетучего остатка. 2) Проба соли должна целиком растворяться в избытке аммиака, оставляя лишь незначительную муть, состоящую главным образом из $Fe(OH)_3$.

Г. Применение. Главная часть производимого медного купороса потребляется в с. х-ве для борьбы с вредителями и болезнями растительных культур (самостоятельно и в составе различных смесей для опрыскивания), а также и для протравливания семян. Значительные количества $CuSO_4$ расходуются в производстве медных красок и большинства других М. с., в гальваностегии, для консервирующей пропитки дерева, для окрашивания цветных металлов (меди, латуни, бронзы, цинка) в черный или коричневый цвет и как электролит в гальванич. элементах (Мейдингера, Калло и др.) для телеграфных батарей. Далее $CuSO_4$ применяется в производстве нек-рых красителей, при крашении и печатании тканей (для изменения оттенков выкраски на волокне и для повышения прочности окраски), при крашении кожи, для придания огнестойкости технич. тканям, для дезинфекции сточных вод (вместо хлорной извести), для уничтожения водорослей в водохранилищах и водопроводах, для окраски (мраморизации) искусственного камня, подкраски овощных консервов, для получения фелинговой жидкости (реактив для анализа сахаристых веществ), при флотационном обогащении руд и в медицине (как наружное и как внутреннее средство). В технологии брожения $CuSO_4$ используется как вещество, которое парализует деятельность энзимов маслянокислого и молочнокислого брожения и не препятствует в то же время ферментативному действию дрожжей. Наконец $CuSO_4$ употребляется как катализатор в ряде синтезов, напр. при замещении диазогруппы гидроксилом, галоида—сульфогруппой, при окислении нафталина во фталевый ангидрид (при производстве индиго), диметиланилина—в метиловый фиолетовый, солей анилина—в черный анилин и т. д. Безводный $CuSO_4$ (готовится из водного купороса нагреванием выше 200° в токе воздуха или в вакууме) применяется для получения абсолютного спирта (как осушитель), для обнаружения примеси воды в органич. жидкостях (спирты, эфиры) и при получении сложных эфиров некоторых органич. к-т (янтарной, фталевой).

Аммиачный медный купорос, тетрамин-купри-сульфат, $[Cu(NH_3)_4]SO_4 \cdot H_2O$,—темносиние ромбич. призмы, на воздухе выветривающиеся; в полуторакратном количестве воды дает прозрачный раствор, избытком же воды разлагается; при нагревании распадается на $CuSO_4$, NH_3 и воду. Получается он пропусканием NH_3 в хорошо охлаждаемый раствор $CuSO_4$, причем аммиакат выпадает количественно, или же растворяют 1 ч. $CuSO_4$ в 3 ч. конц. NH_4OH и высаживают продукт приливанием 6 ч. спирта. Нечистый раствор этого соединения, получаемый прибавлением NaOH или известкового молока к смеси растворов $CuSO_4$ и $(NH_4)_2SO_4$, употребляется как фунгисид.

Основные сульфаты меди встречаются в природе, напр. в виде минерала брошантита, $CuSO_4 \cdot 3\,Cu(OH)_2$, и могут быть различного состава. Содержатся в некоторых инсектисидных препаратах (бордосская жидкость).

Карбонаты меди. Известны только основные карбонаты, довольно распространенные в природе, например малахит, $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$, медная лазурь, или азурит, $2\,CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$, и другие; они используются как ценные руды, как поделочные камни (для художественных изделий), а в молотом виде в качестве минеральных красок. Карбонат состава $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ получают искусственно осаждением раствора $CuSO_4$ содой; он также может быть получен электролизом раствора Na_2SO_4 с растворимым

анодом из меди и нерастворимым железным катодом; при пропускании CO_2 в электролит на аноде образуется $CuSO_4$, к-рый под действием выделяющегося на катоде NaOH переходит в $Cu(OH)_2$, а последний дает карбонат с CO_2. Соль имеет уд. в. 3,5, нерастворима в воде, растворяется в KCN и в углекислом аммонии, при кипячении с водой разлагается. Суспензия ее применяется для борьбы с вредителями растений и для чернения латуни. Соответствующий аммиакат, $[Cu(NH_3)_2]CO_3$, легко растворимый в воде, применяется для терапевтич. целей и предлагался как растворитель целлюлозы при фабрикации искусственного шелка.

Хромат меди, $CuCrO_4$. Безводный $CuCrO_4$ (черный) применяется как краска, водный (желто-бурый)—в органич. анализе. Двойную хромовокислую соль меди и аммония готовят осаждением из кипящего раствора $K_2Cr_2O_7$ раствором $CuSO_4$ в присутствии соды и растворением промытого осадка в аммиаке; раствор (25° Bé) применяется в смесях с растительными экстрактами для окрашивания хлопчатобумажного волокна в оливковые тона.

Борат меди применяется изредка как медная краска. Суспензия бората, получаемая смешением растворов $CuSO_4$ и буры, употребляется для опрыскивания растений как фунгисид.

Фосфаты меди. Средний ортофосфат меди, $Cu_3(PO_4)_2 \cdot 3\,H_2O$,—зеленовато-голубой микрокристаллический порошок, очень мало растворимый в воде и растворяющийся в к-тах. Получается осаждением из растворов $CuSO_4$ и Na_2HPO_4; при избытке последнего образуется кислый фосфат, $CuHPO_4$. Основные фосфаты меди известны в виде минералов: либетенит, $Cu_3(PO_4)_2 \cdot Cu(OH)_2$, тагилит, псевдомалахит и др. Суспензия осажденного фосфата Cu в воде применяется как средство против хлебной ржавчины.

Арсенаты меди (основные) встречаются среди минералов, например оливенит, $Cu_3(AsO_4)_2 \cdot Cu(OH)_2$, эйхроит и др. Арсенит меди, мышьяковисто-медная соль, зелень Шееле, $CuHAsO_3$,—см. *Мышьяковые краски*.

Ацетаты меди. Средний ацетат меди, уксуснокислая медь, ярь-медянка, $Cu(CH_3 \cdot COO)_2 \cdot H_2O$,—сине-зеленые выветривающиеся кристаллы, уд. в. 1,88, растворимые в воде (от 7,7 до 20 ч. в 100 ч. H_2O в пределах 0—100°) и в кипящем спирте (7:100); хорошо растворяется в уксусной кислоте и пиридине; при 100° теряет воду и переходит в белую безводную соль. Применяется для получения медных красок, в крашении и печатании тканей и в медицине; 1%-ный раствор употребляют для борьбы с вредителями винограда. Получение — см. *Ярь-медянка*. Двухводная соль, $Cu(C_2H_3O_2)_2 \cdot 2\,H_2O$,—см. *Венецейская ярь-медянка*. Основные ацетаты: *голубая медянка* (см.), $Cu(C_2H_3O_2)_2 \cdot Cu(OH)_2 \cdot 5\,H_2O$, и зеленая ярь-медянка $2\,Cu(C_2H_3O_2)_2 \cdot 2\,Cu(OH)_2 \cdot 5\,H_2O$ с примесью $Cu(C_2H_3O_2)_2 \cdot Cu(OH)_2 \cdot H_2O$. Двойные уксусно-мышьяковистокислые соли меди—парижская зелень, $Cu(CH_3 \cdot COO)_2 \cdot Cu_3(AsO_3)_2$, и швейнфуртская зелень, $Cu(CH_3 \cdot COO)_2 \cdot 3\,Cu(AsO_2)_2$,—применяются как краски и инсекто-фунгисиды; о получении последних см. *Мышьяковые краски*.

Аналитич. определение Cu в М. с. А. Качественные реакции. Анализируемое М. с. предварительно переводится в растворимую соль двувалентной меди. Наиболее употребительными реакциями на ион $Cu^{\bullet\bullet}$ являются следующие: 1) аммиак, прибавленный в избытке, дает синее окрашивание (чувствительность, относимая к 1 *см*³ раствора,—0,4 *мг* Cu); 2) галоидные соли Cu окрашивают пламя горелки в зеленый цвет; 3) $K_4Fe(CN)_6$ в нейтральном или слабокислом растворе дает красно-бурый осадок или бурое окрашивание (чувствительность 0,005 *мг* Cu); 4) пирогаллол, $C_6H_3(OH)_3$, в насыщенном на холоду растворе Na_2SO_3 дает с раствором соли $Cu^{\bullet\bullet}$ яркое кроваво-красное окрашивание; 5) ксантогенат калия, $C_2H_5O \cdot CS \cdot SK$, дает желтый кристаллич. осадок (чувствительность 0,001 *мг* Cu); 6) сплавленный перл буры в окислительном пламени окрашивается следами меди в зеленый цвет, а в присутствии олова и в восстановительном пламени—в красный (реакция, пригодная для всех М. с., в том числе и нерастворимых). За последние годы начинают входить в практику анализа также следующие реакции: 7) раствор α-аминокапроновой кислоты (~0,7 *N*) в присутствии $CH_3 \cdot COONa$ дает голубовато-серый осадок (чувствительность 0,004 *мг* Cu); 8) хинозол (α-оксихинолинсульфоновокислый калий) образует в аммиачных растворах солей $Cu^{\bullet\bullet}$ желтый микрокристаллич. осадок; 9) дициандиамидин в аммиачном растворе дает розовый осадок или фиолетовое окрашивание; 10) бензоиноксим («купрон»), $C_6H_5 \cdot C(:N \cdot OH) \cdot CH(OH) \cdot C_6H_5$, в аммиачном растворе—темнозеленый осадок; 11) пиридин в нейтральном растворе, в присутствии KCNS—зеленый осадок (чувствительность 0,001 *мг* Cu); 12) рубеановый водород, $(CS \cdot NH_2)_2$, дает нерастворимый черный осадок (чувствительность наивысшая—менее 0,001 *мг*); 13) кроме перечисленных, реактивами на $Cu^{\bullet\bullet}$ являются все ацил-иноксимы, содержащие группировку—C(:N·OH)—C(OH)<, сурьмяная сульфосоль Na—Na_3SbS_4, дитиокарбаминат аммония $NH_2CS \cdot S \cdot NH_4$, динитрозорезорцин, $C_6H_2(:O)_2(:N \cdot OH)_2$, оксихинолин, $C_9H_6N(OH)$, и др. Общую сводку важнейших реакций на Cu и их чувствительность см. [1]. 14) Новым весьма чувствительным и вполне специфическим реактивом на Cu (годным также и для количественного ее определения) является салицилальдоксим,

$$C_6H_4\begin{cases}OH\\CH:N\cdot OH,\end{cases}$$

дающий с солями меди нерастворимую комплексную Cu-соль (Ф. Эфраим, 1930).

Б. Количественное определение Cu. Весовые методы: 1) определение в виде окиси меди, CuO (ион $Cu^{\bullet\bullet}$ осаждают щелочью, выпавший гидрат окиси отмывают от солей и прокаливают); 2) в виде полусернистой меди, Cu_2S (осаждают CuS сероводородом, затем прокаливанием в струе водорода переводят в Cu_2S); 3) осаждение в виде роданистой меди, CuCNS (осаждают роданистым аммонием в кипящем растворе), и определение в виде CuO (после прокаливания); 4) осаждение и определение в виде Cu-соли дициандиамидина (осаждают из горячего концентрированного раствора избытком реактива в присутствии аммиака и едкого натра); 5) то же—в виде осадка $CuPyr_2(CNS)_2$ (Pyr—пиридин, C_5H_5N; условия осаждения см. в качественных реакциях); 6) количественное осаждение $Cu^{\bullet\bullet}$-иона «купферроном» [аммонийная соль нитрозофенилгидроксиламина, $C_6H_5 \cdot N(NO) \cdot ONH_4$]; 7) определение в виде металлич. меди, осаждаемой электролитич. путем (ускоренный метод—в горячем электролите и с вращающимся катодом). Объемные методы: 8) иодометрич. определение, основанное на том, что ион $Cu^{\bullet\bullet}$ выделяет J из KJ, по уравнению:

$$CuSO_4 + 2\,KJ = K_2SO_4 + CuJ + J$$

или

$$Cu^{\bullet\bullet} + 2\,J' = CuJ + J;$$

выделившийся иод титруют 0,1 *N* раствором $Na_2S_2O_3$; только предварительно необходимо удалить ионы $Fe^{\bullet\bullet}$; 9) вариант предыдущего метода, предложенный Фразером: титруют в присутствии Fe гипосульфитом (в растворе KJ), предварительно переведя Fe в FeF_3 (метод годен и для анализа медных сплавов). Об определении минимальных количеств примесей в металлической меди см. [2].

Лит.: [1]) Woeber A., «Österr. Chemiker Ztg», Wien, 1918, B. 21, 2, p. 105; [2]) Woodcock, «The Analyst», Cambridge, 1918, v. 43, p. 88.—Менделеев Д. И., Основы химии, 9 изд., т. 2, гл. 24 и дополн. к ней, М.—Л., 1928; Ост Г., Химич. технология, вып. 2, пер. с нем., Л., 1927; Handb. d. anorg. Chemie, hrsg. v. R. Abegg u. Fr. Auerbach, B. 2, Abt. 1, Lpz., 1908; Friend J. N., A Textbook of Inorganic

Chemistry, 2 ed., v. 9, part 1, London, 1922; Ullm. Enz., B. 7; Chemische Technologie d. Neuzeit, herausgegeben von O. Dammer u. F. Peters, 2 Auflage, B. 1, Stg., 1925. **В. Янковский.**

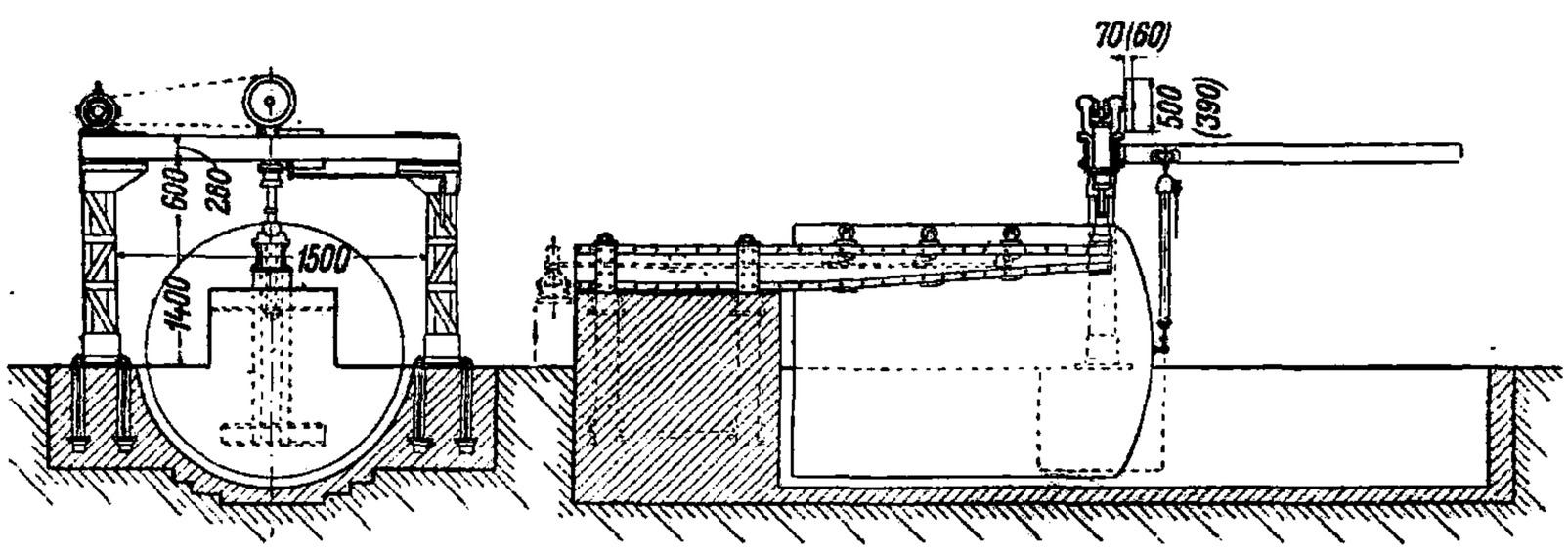
МЕДНИЦКОЕ ДЕЛО, совокупность работ по изготовлению различных изделий из листовой красной меди и латуни всех сортов проката путем холодной и горячей обработки их. Различают красную медь торговую и твердовальцованную (или гартованную) листовую медь, которая отличается от первой чисто прокатанной гладкой блестящей поверхностью; она не нуждается в дополнительной правке и прогладке. Твердость (по Бринелю) торговой меди 45—50, гартованной 70—75. Временное сопротивление на разрыв торговой красной меди, применяемой в М.д., 22—24 *кг/мм*² и разрывное удлинение 32—34%. Красная медь, удовлетворяющая всем условиям фасонной обработки, не должна иметь примесей более 0,1%. Для изделий простых форм (напр. цилиндр, конус), где вытягивания меди не производят, содержание красной меди м. б. 99,3—99,4%. Гартованную красную медь выгодно применять там, где звено изготовляемого аппарата не требует специальной медницкой обработки—вытяжки, высадки и т. п. фасонных обработок. Нормальные размеры листов красной меди 710 × × 1 410 *мм* (1 *м*²) и 1 000 × 2 000 *мм* (2 *м*²) при толщине до 10 *мм*. Заводы, изготовляющие специальные аппараты из меди, обычно заказывают листовой материал размером соответственно разверткам (прямоугольным) отдельных звеньев аппаратов (вакуум-аппарат, котел и т. п.). К размеру развертки прибавляется припуск 5 *мм* (с каждой стороны) для возможной обрубки или же строжки кромок листа, кроме обыкновенных допусков на длины листов для прокатных заводов. Там, где звено из красной меди будет впоследствии разглаживаться под молотами и вытягиваться в размер, величину заказываемого листа можно принять равной наибольшим размерам развертки.

Для соединения двух кусков меди методом плавления металла (паяния) применяют припои. Различают твердый припой и мягкий припой. Твердый припой—сплав красной меди с цинком; содержание в нем Cu и Zn колеблется в зависимости от назначения следующим образом (в %):

Припои	Cu	Zn
Для пайки красной меди	50	50
» » латуни	43	57
» » железа	66	34

Прочность шва, паянного припоем, близка к 80—90% прочности целого места. Эластичность пайки весьма невелика; $t°_{пл.}$ припоя около 750—850°. В продажу припой поступает в виде зерен и прутков. Размеры зерен припоя колеблются от 1 до 5 *мм*; диаметр прутков от 3 до 6 *мм*. Зернистый припой широко применяют при паянии на горнах. Припой в прутках применяют при паянии автогенной горелкой. Зернистый припой можно изготовить сплавлением определенного количества красной меди и цинка и сливанием сплава в сосуд с холодной водой через пучок веток или обыкновенную метлу, передвигаемые перпендикулярно струе металла. Мягкий припой служит главным образом для создания плотности шва и применяется в соединениях, где механич. прочность не требуется. Состав мягкого припоя (третника): 30% Sn, 70% Pb; его $t°_{пл.}$ 257°. Чистое олово для пайки не годится, так как при остывании на швах образуются трещины. Третник поступает в продажу в виде длинных прутков. Хорошего качества третник при изгибе издает характерный треск. При изготовлении припоя во время плавления его отбирают пробу. В зависимости от конфигурации рисунка на поверхности слитого сплава судят о качестве. При отливке третника надлежит избегать его пережога и не доводить сплав до красного цвета.

Технологич. процесс в М. д. состоит из следующих операций. 1) Красная медь поступает в производство в виде рулонов; перед разметкой материала ее надлежит развернуть и расправить. Производится эта операция вручную. 2) Правка листов из меди торгового качества, гл. обр. при изготовлении сосудов с плоскими стенками, производится как вручную, так и на машинах (см. *Правильные и загибочные машины*). Лист пропускают в обе стороны между двумя рядами валков, из которых 7 валков ведут правку, а 2 поддерживают лист. Операция правки



Фиг. 1.

м. б. заменена прогладкой под приводным молотом типа, изображенного на фиг. 1. В этом случае правке подвергают уже спаянную обечайку во время отделочной операции. Прогладка под молотами преследует не только цели правки листа, но создает твердую наклепанную поверхность и тем самым бо́льшую жесткость стенок изготовляемого сосуда. Благодаря прогладке торговая медь по качеству не уступает гартованной. Прогладку производят в один или два прохода всей проглаживаемой поверхности под молотами. Число проходов зависит от чистоты поверхности и требуемой точности диаметра изготовляемой детали. Рабочее движение производит молот, движение подачи придают обрабатываемому предмету. Подача, как видно из фиг. 1, м. б. произведена от мотора посредством червячной передачи и роликов. Прогладку детали делают обычно по направлению образующей цилиндра. Один удар молотка обрабатывает поверхность ок. 2—4 *см*². При направлении прогладки вдоль обрабатываемого звена диаметр его увели-

чивается; при прогладке же по окружности звено удлиняется, причем диаметр его остается почти без изменения; при прогладке по спирали происходит изменение и диаметра и длины обрабатываемой детали, однако незначительное. Учитывая это увеличение диаметра детали при обработке меди, следует как правило при подсчете длины развернутого звена перед закроем металла вычитать величину отрицательного припуска на разгладку. В таком случае

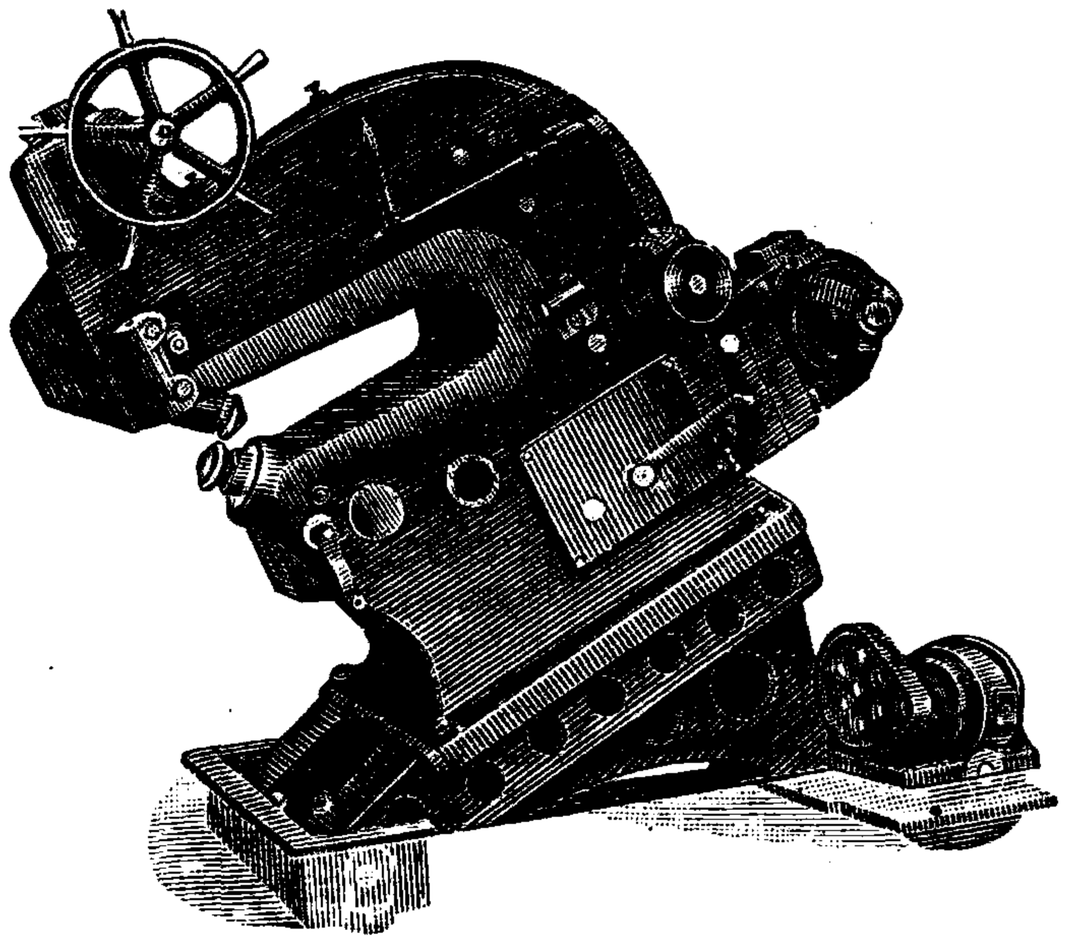
$$L = \pi (D + S) - \delta,$$

где L—длина окружности медного барабана, D—его диаметр, S—толщина листа, δ—припуск на разгладку. В табл. 1 приведены размеры припуска на разгладку для различных диаметров цилиндрич. барабанов. Данные таблицы взяты из практики.

Табл. 1.—Припуск для прогладки красномедных цилиндрических барабанов (в *мм*).

D \ S	1,25 – 1,83	2,1— 2,77	3,05— 4,57	5,16— 6,38	7,2— 7,6
500	20	15	10	5	0
1 000	35	30	20	10	5
1 500	50	40	30	20	10
2 000	65	55	40	30	20
2 500	75	65	50	40	25

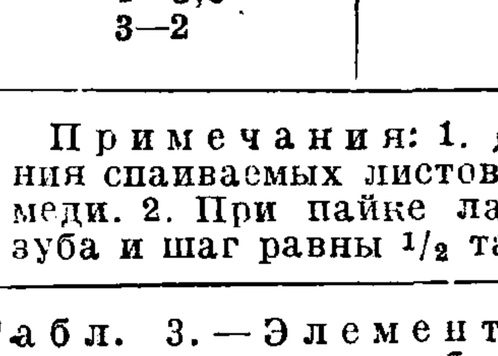
Для случаев, когда прогладка ведется в два или три приема, припуск увеличивают для каждого последующего прохода на 50% против величины, указанной в табл. 1. При изготовлении изделий из гартованной меди учитывать припуск не приходится, т. к. прогладка поверхности отпадает. 3) На расправленном листе вычерчивается развертка отдельной детали. 4) Закройка металла производится на *ножницах* (см.). Рекомендуемый тип приводных ножниц приведен на фиг. 2.



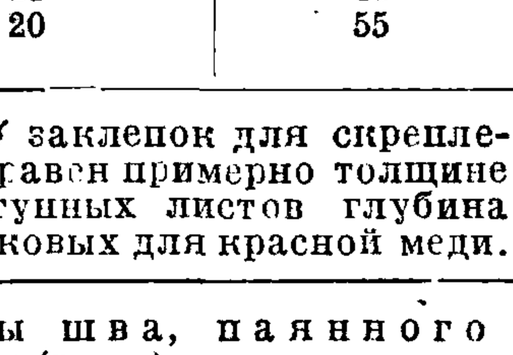
Фиг. 2.

Круглые ножи позволяют производить резку как по прямой, так и по кривой (для фасонных деталей). Последующие операции над медным листом различны в зависимости от характера шва (паянный твердым припоем внахлестку или в зубец, клепаный и опаянный для плотности третником, клепанный заклепками—котельный).

а) Шов, паянный твердым припоем внахлестку (фиг. 3), применяют гл. обр. для листовой меди толщиной от 3 *мм* и выше; для жесткости шов через определенный шаг проклепывают луженными заклепками. При паянии на горнах шов внахлестку



Фиг. 3.



Фиг. 4.

часто заменяют швом в зубец (фиг. 4) в виду меньшего коробления такого шва. Шов в зубец с успехом применяется для всех размеров меди. В табл. 2 приведены элементы шва, паянного внахлестку, в табл. 3—шва, паянного в зубец.

Табл. 2.—Элементы шва, паянного внахлестку (в *мм*).

Толщина меди	Размеры перекрытия	Шаг заклепок
8—6	35	100
6—4	30	85
4—3,5	25	65
3—2	20	55

Примечания: 1. ⌀ заклепок для скрепления спаиваемых листов равен примерно толщине меди. 2. При пайке латунных листов глубина зуба и шаг равны 1/2 таковых для красной меди.

Табл. 3.—Элементы шва, паянного в зубец (в *мм*).

Толщина меди	Глубина зуба (величина на перекрытие)		Шаг (ширина) зуба
	до оттяжки	после оттяжки	
8—6	25	35	100
6—4	20	30	85
4—3,5	17	25	65
3—2	13	20	55
2—1	10	16	50—45
1—0,9	8	11	30
0,8—0,5	4—3	6	20

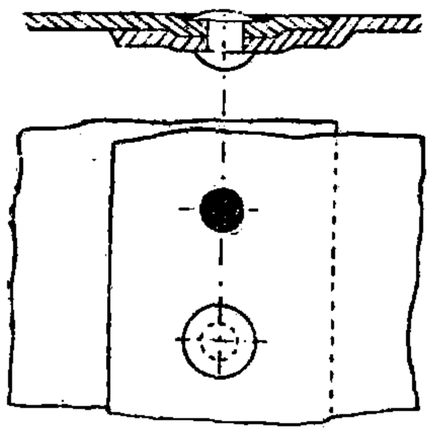
Ниже приведен расход припоя на 1 *п. м* шва:

Толщ. меди в *мм*	Колич. припоя в *кг*	Толщ. меди в *мм*	Колич. припоя в *кг*
8—7	0,95	3,8—3,5	0,45
6,5—6	0,75	3—2,8	0,27
5,5—5	0,55	2,4—2	0,15
4,5—4	0,50	1,8—1,6	0,10

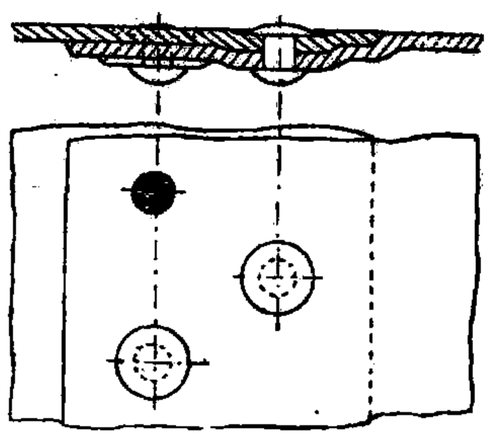
Расход буры равен примерно 10% от веса припоя. 5а) По размеченному шву рубят лист с торца для образования зубцов. 6а) Обе кромки шва в обеих конструкциях паяных швов вытягивают и заостряют под молотом. 7а) Обе кромки до паяния отжигают нагреванием на горне до 800° и очищают от окалины. 8а) Шов соединяют так: заводят цельную кромку между разогнутыми зубцами второй кромки, проглаживают и скрепляют шов заклепками. 9а) Паяние ведут на открытом горне типа кузнечного или при помощи автогенной горелки. В последнем случае шов подогревают передвижной печью и расплавляют припой горелкой (автогенной). До паяния шов промывают водой и смазывают бурой. Припой в зернах также промывают водой и смешивают с бурой до жидкой кон-

систенции. Смесь припоя с бурой накладывают на шов и разогревают медь докрасна, расплавляя буру. Припой плавится и заполняет все промежутки между обеими кромками шва. 10а) Запаянный шов зачищается стальными скребками и напильниками. 11а) Шов отжигают на горне или в печи и проглаживают на молотах; рубить неровности шва не следует во избежание неплотности его. 12а) Прогладку шва, равно как и всей детали, ведут на молотах (фиг. 1) и доводят размер детали до требуемой величины путем разглаживания.

б) Клепаные и опаянные швы. На фиг. 5 и 6 изображены однорядный и двухрядный швы, применяемые для сосудов из листовой меди толщ. 1—6 *мм*. Заклепки в этих швах имеют своим назначением создать лишь механическую прочность шва. Плотность создается опаиванием шва третником. В результате получают шов совершенно плотный, могущий выдерживать небольшие давления и по прочности своей



Фиг. 5.



Фиг. 6.

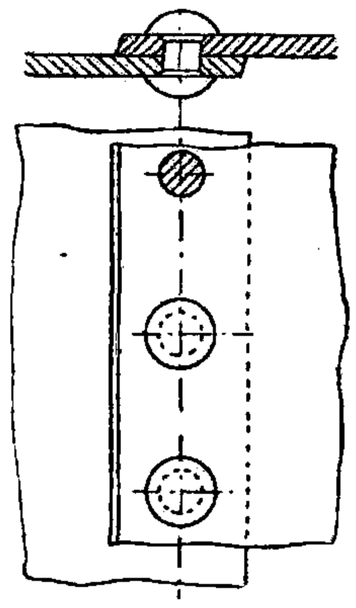
близкий к целому месту изделия. Ниже приведены размеры в *мм* элементов указанных швов (ширина однорядного шва 40÷50 *мм*, двухрядного—50÷60 *мм*):

Толщина меди	1	2	3	4	5	6
⌀ заклепки	4	4	5	6	7	8
Шаг	30	35	40	45	50	50

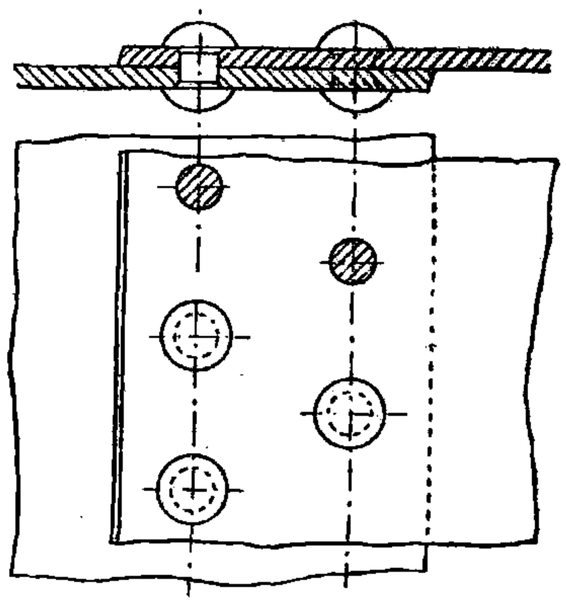
Для склепывания применяют специальные заклепки с овальными, плоскими и полупотайными головками (см. *Заклепки*). Ниже в табл. 4 приведены нормальные размеры (в *мм*) заклепок, употребляемых в М. д.

5б) Листы, вырезанные на приводных ножницах, подвергаются после разметки шва продавке дыр или сверловке в зависимости от технич. условий заказа. 6б) Кромки швов опаивают третником или оловом. 7б) Клепка производится ручными инструментами или пневматич. клепальными молотками. 8б) Шов опаивают третником. Подогревание шва производят паяльной лампой. Третник, соприкасаясь нагретым местом, плавится и заполняет шов.

в) Котельные швы. Сюда относятся швы, которые не опаиваются. Плотность и прочность достигается заклепками и последующей чеканкой кромки шва и головок заклепок. Обработка меди в этом случае ничем не отличается от обработки котельных железных листов. На фиг. 7 и 8 изображены



Фиг. 7.



Фиг. 8.

клепальные котельные швы для меди. Эта конструкция применяется для меди толщиной от 6—7 *мм* и выше. В табл. 5 и 6 приведены данные одно- и двухрядного швов. Гартованную медь до ее спайки вальцуют в цилиндр на вальцовках.

В М. д. в целях получения той или иной специальной формы изделия (шар, конус, сфера, полусфера и т. п.) прибегают к вытягиванию меди под молотом в холодном или горячем состоянии. Черновая обработка меди для придания первичной формы изделию производится обыкновенно горячим способом. Нагрев ведут до 850°. Во избежание пережога выше этой $t°$ итти не следует. При выколачивании меди необходимо соблюдать особую осторожность, так как с повышением $t°$ временное сопротивление на разрыв красной меди неуклонно понижается. При холодном вытягивании необходимо от времени до времени производить отжиг меди (охлаждение в воде). Несоблюдение условий нагрева, отжига и постепенности в вытягивании меди вызывает трещины.

Выбивание медных чаш. В пр-во медь поступает в виде болванок прямоугольной формы разм. 450×450×80 *мм*.

Табл. 4.—Размеры заклепок для изделий из цветных металлов (в *мм*).

⌀ стержня для всех фасонов	Предельн. длина*1 для стержня всех фасонов		Полукруглая головка (котельная)		Плоская головка		Овальная головка (саксонская)		Полупотайная головка	
	наим.	наиб.	⌀	h*2	⌀	h	⌀	h	⌀	h
1,5	4	15	4	1,25	4,0	1,00	3,5	0,75	4,0	0,75
2,0	5	15	4	1,5	4,5	1,00	4.0	0,75	5,5	0,75
2,5	5	15	5	2,0	5,5	1,25	5,0	1,00	7,0	1,00
3,0	5	15	6	2,5	6,5	1,25	6,0	1,20	7,5	1,25
3,5	5	20	7	2,75	7,5	1,25	7,0	1,25	8,0	1,25
4,0	6	20	8	3,0	8,5	1,50	8,0	1,50	9,0	1,50
4,5	6	40	9,5	3,5	9,5	1,50	9,5	1,75	10,0	1,60
6,5	8	40	12,5	4,75	12,5	1,75	13,5	2,60	14,5	2,50
8,0	8	40	14,5	6,0	15,5	2,00	16,0	3,00	18,5	3,75
9,5	10	40	17,5	7,5	19,0	2,25	19,0	4,00	20,5	4,00

*1 Нормальными длинами стержня заклепок считаются: 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20 и 40 *мм*. *2 Через *h* обозначена высота головки.

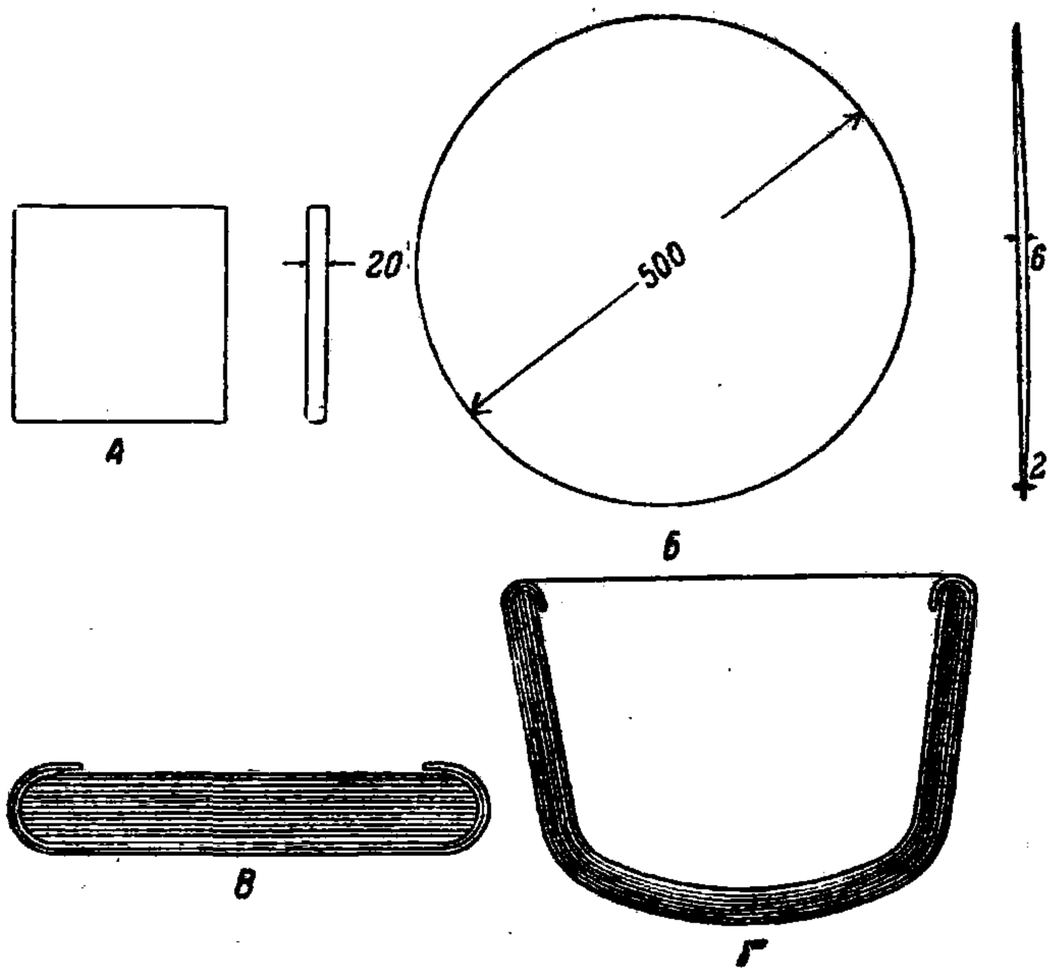
Табл. 5.—Данные однорядного котельного шва (к фиг. 7).

Толщ. меди s в *мм*	⌀ заклепки d в *мм*	Шаг t в *мм*	Ширина шва b в *мм*	Сопротивл. 1 заклепки в *кг*	Коэф. прочн. шва	Длина заклепки l в *мм*	Вес 2 головок заклепки в *кг*	Число закл. на 1 *п. м*	Вес 1 *п.м* в *кг*
5	11	30,0	33	380	0,60	32	0,017	33,3	2,05
6	13	35,0	39	528	0,62	38	0,025	28,6	2,83
7	15	40,0	45	644	0,62	44	0,037	25,0	3.76
8	16	41,0	48	804	0,61	48	0,045	24,4	4,55
9	17	42,0	51	904	0,60	52	0,055	23,8	5,45
10	18	43,0	54	1 016	0,58	56	0,064	23,0	6,54
11	19	45,0	57	1 132	0,57	60	0,074	22,2	7,27
12	20	46,0	60	1 256	0,56	64	0,086	21,8	8,28
13	21	48,0	63	1 374	0,55	68	0,100	20,4	9,47
14	22	50,0	66	1 520	0,55	72	0,120	20,0	10,72
15	23	51,0	69	1 660	0,54	76	0,130	19,6	12,95
16	24	52,0	72	1 808	0,54	80	0,145	19,25	14,28
17	25	54,0	75	1 960	0,53	84	0,160	18,5	15,72
18	26	55,5	78	2 180	0,53	88	0,175	18,0	17,19
19	27	58,0	81	2 288	0,52	92	0,196	17,25	18,80

Табл. 6.—Данные двухрядного котельного шва (к фиг. 8).

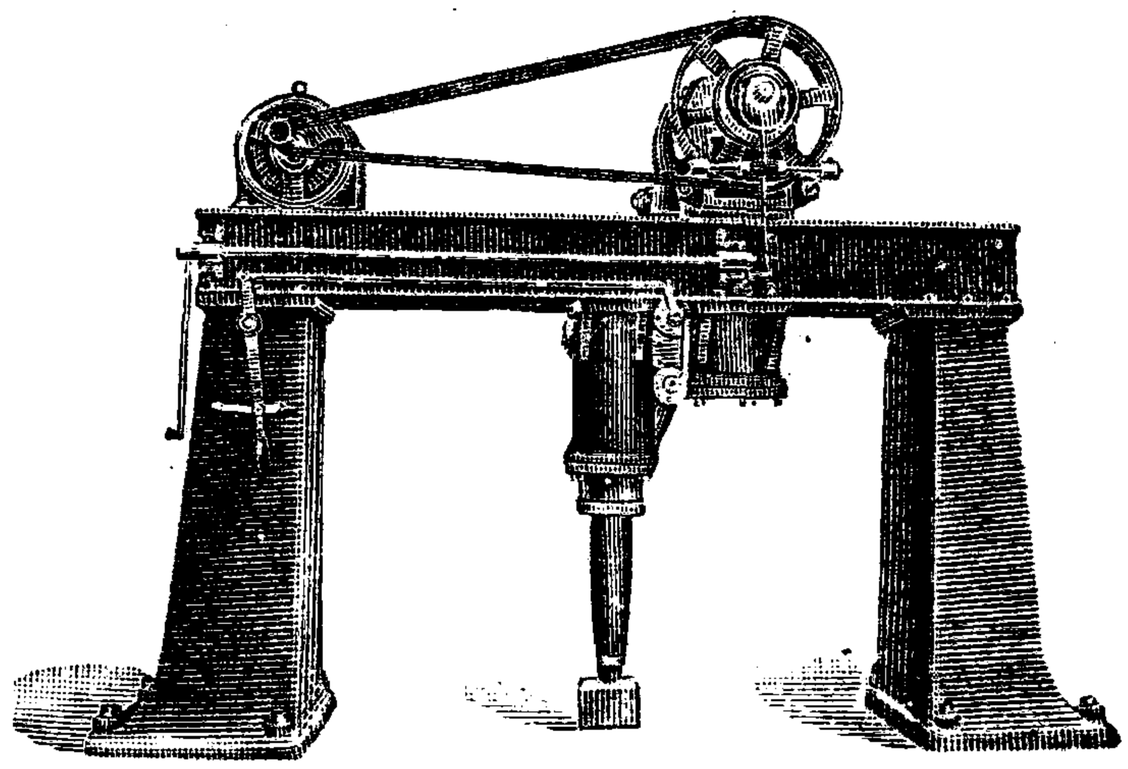
Толщ. меди s t в *мм*	⌀ заклепки d в *мм*	Шаг в *мм*	Ширина шва b в *мм*	Расстояние между рядами заклепок в *мм*	Сопрот. 1 заклепки в *кг*	Коэф. прочн. шва	Длина заклепки l в *мм*	Вес 2 головок заклепки в *кг*	Число заклепок на 1 *п. м*	Вес 1 *п. м* в *кг*
5	10	37,0	47	17	314	0,73	30	0,015	54,0	2,93
6	12	45,0	57	21	452	0,73	36	0,024	44,4	4,14
7	14	52,5	67	25	616	0,73	42	0,032	38,1	5,44
8	15	53,5	75	30	716	0,72	46	0,037	37,4	6,78
9	16	55,0	79	31	804	0,71	50	0,045	36,4	8,03
10	17	56,5	83	32	904	0,70	54	0,055	35,4	10,21
11	18	58,5	87	33	1 016	0,71	58	0,064	34,2	10,78
12	19	60,5	91	34	1 132	0,68	62	0,074	33,2	12,27
13	20	62,0	95	35	1 256	0,67	66	0,086	32,3	13,88
14	21	64,0	99	36	1 374	0,65	70	0,100	31,3	15,61
15	22	66,0	103	37	1 590	0,66	74	0,120	30,3	17,50
16	23	68,0	107	38	1 660	0,66	78	0,130	29,5	19,30
17	24	70,0	111	39	1 808	0,65	82	0,145	28,6	21,13
18	25	72,0	116	40	1 960	0,65	84	0,160	27,7	23,22
19	26	74,5	120	42	2 180	0,65	90	0,175	26,8	26,05
20	27	77,0	125	44	2 288	0,65	94	0,196	26,0	27,90

Медь употребляется электролитическая, с содержанием 99,9% Cu; вес болванки около 80 *кг*. В зависимости от веса изготовляемого котла или (чаши) болванку разрезают



Фиг. 9.

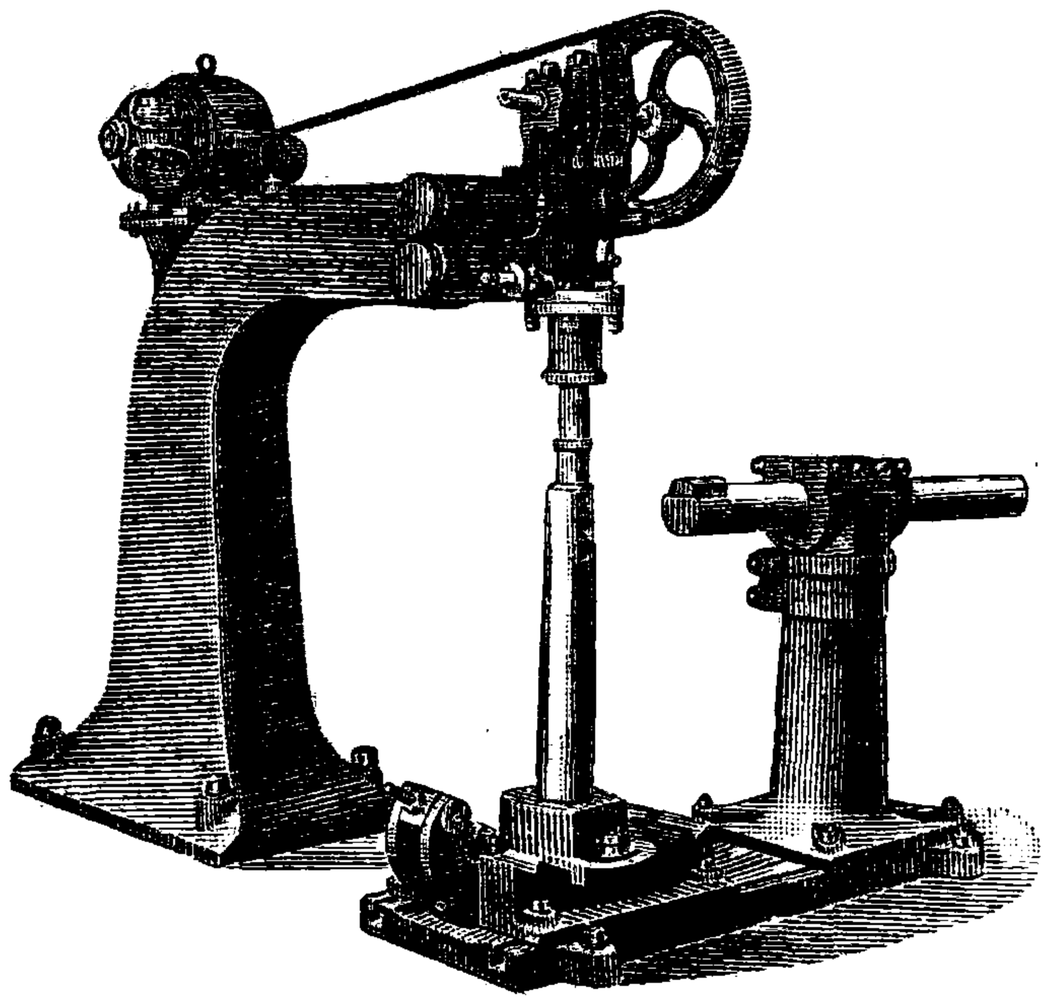
в горячем состоянии при темп-ре 750—800° на приводных ножницах на отдельные куски, равные весу котла +5%. Отрезанные куски меди A (фиг. 9) в два-три нагрева проковывают пневматич. молотом с весом бабы в 275 *кг* до получения круга формы $Б$. Каждый кружок поступает на круглые ножницы для обрезки кромок, после чего 12—15 кружков укладывают в пакет типа B. Нагретый пакет B поступает под молот (фиг. 10) с ве-



Фиг. 10.

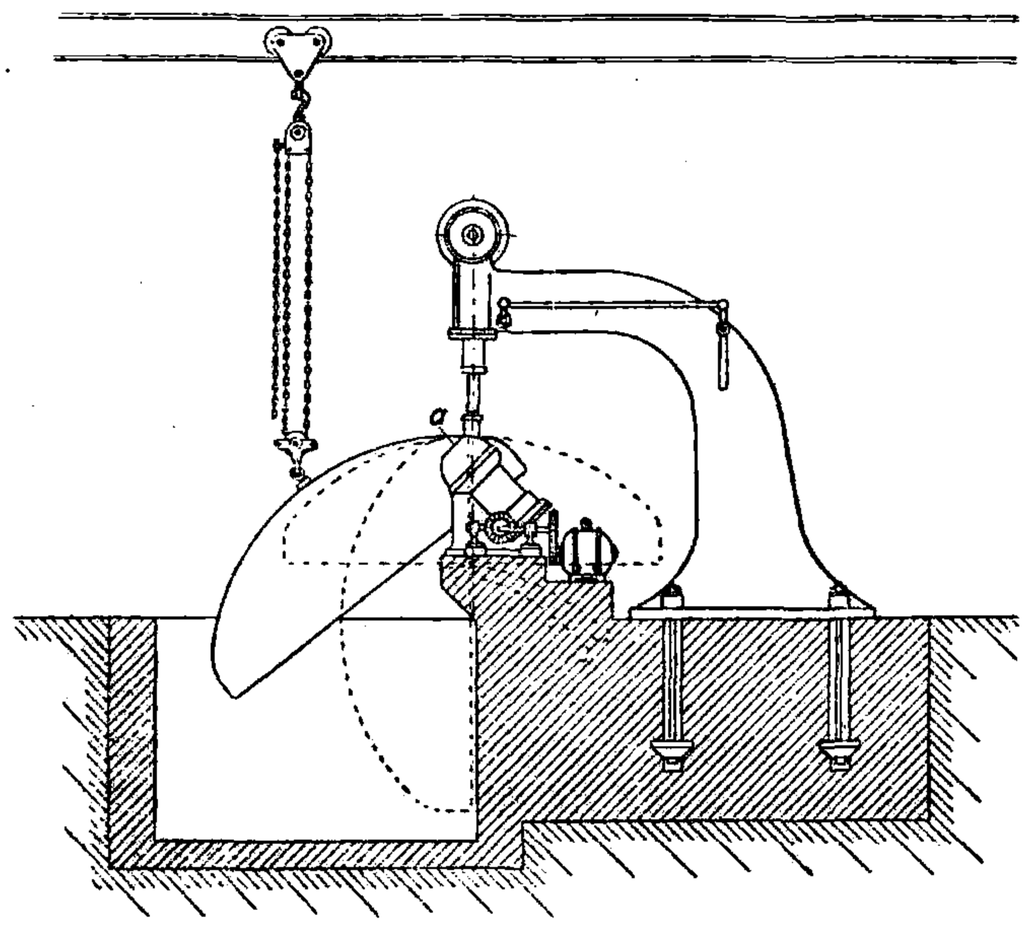
сом бабы в 230—300 *кг*. Здесь происходит вытягивание меди до получения законченной формы чаши. В результате поковка принимает вид $Г$ (фиг. 9). После обрезки кромки пакета получаются откованные чаши. Для

окончательной обработки откованные чаши поступают под молот (фиг. 11), где происходит прогладка чаши и создается жесткость ее стенок. Бригада рабочих в 6 чел. в 8-час.



Фиг. 11.

рабочий день изготовляет два пакета чаш (⌀ чаши 700 *мм*, высота 500 *мм*) по 12 шт. в пакете. Толщина стенок готовой чаши 1,1 *мм*, толщина днища 1,3 *мм*; необходимый кружок меди для изготовления этих чаш до проковки всего пакета должен иметь ⌀ 540 *мм* и толщину в центре 5 *мм*. Описанным способом изготовляют чаши толщиной до 2—2,5 *мм*. Сферич. днища и чаши со стенками толщиной выше 2,5—3 *мм* изготовляют порознь. Их проковку в холодном виде и прогладку, равно как и прогладку после горячей проковки производят на приводных



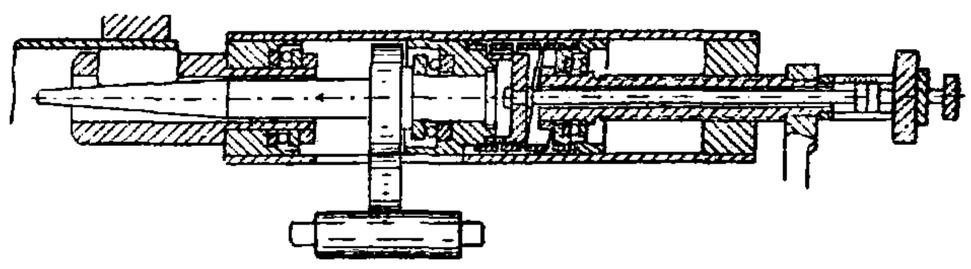
Фиг. 12.

молотах с вращающимся амбусом *a* (наковальней), чем создается механизированная подача предмета обработки (фиг. 12).

В М. д., имеющем большое приложение в химич. аппаратостроении, весьма часто объектом обработки являются различного рода змеевики. Змеевики изготовляют б. ч. из цельнотянутых медных, латунных и железных труб. Основная производственная операция заключается в изгибании труб по заданным радиусам изгиба. Опасность смятия труб в местах загиба устраняется наполнением труб каким-либо сыпучим веществом с закупоркой труб с обоих концов пробками (деревянными). Железные трубы наполняют песком, красномедные и латунные—расплавленной канифолью. Изгибание обычно ведут после нагревания трубы на горнах. На небольших заводах эту операцию производят вручную; в правильно организованных производствах—машинным способом в холодном состоянии, без набивки сыпучим телом. Один рабочий в 8-час. рабочий день, работая на гибочной машине, загибает 150 труб ⌀ 34/42 *мм* при радиусе изгиба в 80 *мм*.

Вальцевание труб часто применяется на медницких з-дах при изготовлении трубчатых аппаратов. При вальцевании необходимо соблюдать следующие условия: 1) ⌀ отверстия для трубы в решетке, в к-рой закрепляется труба, не должен превышать ⌀ трубы больше чем на 0,5 *мм*; 2) стенки трубы у отверстия д. б. абсолютно чисты от масла; 3) конец трубы д. б. тщательно опилен от окалины. Вальцевание производят при помощи электрических моторных вальцовок (фиг. 13).

Техника безопасности работ в медницких цехах требует устройства приточно-вытяжной вентиляции в паяльных, травильных и



Фиг. 13.

лудильных отделах цехов, где наблюдается чрезвычайно обильное выделение паров цинка и серы.

Лит.: Hausbrand E., Hilfsbuch für d. Apparatebau, 3 Aufl., B., 1924; Hönnicke G., Handbuch zum Dampffass- und Apparatebau, B., 1924; Maetzigs-Kupferschmied-Kalender, B., 1930. **Е. Кузмак.**

МЕДНЫЕ КРАСКИ вырабатываются из хлористых и сернокислых соединений меди, к-рые дают большое количество разнообразных по цвету минеральных красок: зеленых, синих, коричневых, фиолетовых и черных.

К зеленым краскам относятся: брауншвейгская зелень, искусственная горная, швейнфуртская зелень, зелень Шееле (см. *Мышьяковые краски*), зелень Гентеле, зелень Эльснера, зелень Кассельмана, зелень Кульмана, известковая зелень, борнокислая окись меди, горная зелень, *яръ-медянка* (см.). Зелень Гентеле, оловянную зелень, станнат меди, приготовляют из смеси 59 ч. хлорного олова и 125 ч. медного купороса; смесь обрабатывают раствором едкой щелочи; полученный осадок сушат и для яркости тона прокаливают. Зелень Эльснера приготовляют из 100 ч. медного купороса, к-рый смешивают с вытяжкой желтого дерева и 10—14 ч. оловянной соли. Смесь осаждают раствором медного купороса до полного извлечения оловянной соли, после чего прибавляют едкой щелочи. Осадок сушат при темп-ре 30°. Зелень Эльснера употребляется как масляная и в особенности как лаковая краска. Зелень Кассельмана, основной суль-

фат меди, приготовляют осаждением 4 частей медного купороса с 3 частями уксуснонатриевой соли при темп-ре 100°. Осадок тщательно промывают водой, затем слабым раствором щелочи и сушат. Зелень Кульмана, основная хлорная медь, получается из 3 ч. хлорной меди действием раствора 2 ч. извести. По тону эта краска имеет сходство с брауншвейгской зеленью. Производство ее очень дешево, поэтому она весьма распространена как масляная и клеевая краска. Известковая зелень—см. *Известковые краски.* Борнокислая окись меди, CuB_2O_4, получается осаждением 2 ч. раствора медного купороса с 3 ч. борной к-ты. Осадок сушат при умеренной $t°$. Применяется как масляная краска. Горная зелень вырабатывается измельчением и отмучиванием природного *малахита* (см.). Применяется как масляная и акварельная краска. От сероводорода чернеет.

К синим краскам относятся: бременская синяя, известковая синяя, горная голубая, синяя масляная и египетская синяя. Бременская синяя, гидрат окиси меди, $Cu(OH)_2$, получается из концентр. раствора $CuSO_4$, нагретого до 30°, приливанием слабого раствора KOH. Осадок на фильтре промывают и сушат. Краска непостоянна и чернеет от сероводорода; применяется как клеевая и известковая краска. Известковая синяя—см. *Известковые краски.* Горная голубая—см. *Голубец.* Египетская синяя, медный силикат, приготовляется плавлением смеси 70 частей белого кварцевого песка, 15 частей окиси меди, 25 ч. мела и 6 ч. соды. Расплавленную массу выливают в воду и после застывания размалывают на шаровых мельницах; получается весьма красивая по тону и постоянная к атмосферным влияниям краска.

К красным краскам относится *Ван-Дейка красная* (см.).

К коричневым краскам относятся медная коричневая и коричневая Гатшета. Медная коричневая, смесь окиси меди и окиси магния, получается из смеси 2 частей медн. купороса и 1 части сульфата магния; к смеси приливают раствор поташа до полного выделения осадка, который сушат и прокаливают. В торговле медная коричневая носит название «бреславльской коричневой». Коричневая Гатшета получается из раствора железистосинеродистого калия и медного купороса, причем первую соль берут в избытке; применяется в живописи как масляная краска, а также для окраски дерева.

К фиолетовым краскам принадлежит фиолетовая медная; получается она из раствора медноаммониевой соли действием раствора железистосинеродистого калия. Осадок сушат и прокаливают в фарфоровом тигле при 170°, т. к. при 200° получается голубоватый цвет, а при 250° осадок принимает зеленый цвет. Краска постоянна и очень укрывиста.

К черным краскам относится медная черная, которую вырабатывают из хромовокислого калия и хлористой меди. После высыхания осадок получает черный цвет; применяется в живописи по фарфору и фаянсу. **С. Михайлов.**

Лит.: см. *Краски минеральные.*

МЕДНЫЕ РУДЫ, минеральные вещества, содержащие медь в количестве не ниже некоторого минимума, определяемого особенностями данного месторождения, масштабом добычи, методом обработки, географич. положением и экономич. конъюнктурой. В США этот минимум несколько выше 1%; в Центральной Африке в настоящее время 8—10%; для условий СССР этот минимум может считаться в 1,5—2%. Пустой породой в М. р. являются обычно кварц, барит, кальций и др. В зависимости от оруденяющего вещества руды бывают с самородной медью, сульфидные, окисленные и смешанные, представляющие комбинации двух последних видов. В табл. 1 приведен список минералов, содержащих медь. Для экономич. оценки меднорудных месторождений важно не только содержание самородной меди в них, но также и то, насколько медесодержащие руды могут подвергаться обогащению. Последнее обстоятельство особенно важно, т. к. по мере совершенствования техники обогащения возрастает возможность извлечения меди даже из т. н. бедных руд.

Месторождения М. р. Самородная медь встречается в месторождениях промышленного значения лишь у Верхнего озера (С. Америка), в Чили (Ю. Америка) и в Австралии. В СССР наиболее известные месторождения самородной меди находятся: на Урале—Меднорудянское (Нижний Тагил) и Турьинское; в Казакской АССР—Каркаралинский окр.; в Дальневосточном крае—Сретенский окр. (по рр. Аге и Курунзулаю); на о-вах Медвежьем (Белое море) и Медном (Восточное море); на Алтае—рудники: Чудак, Таковский, Николаевский и др.; на Кавказе известны Кедабекские рудники. Промышленно важное месторождение самородной меди находится в Ферганском окр.—Супетау, близ Коканда. Окисленные медные руды,—куприт, тенорит, малахит, медная лазурь встречаются в Америке (Новая Мексика, Аризона, Чили, Колумбия) и в Австралии. В СССР куприт (красная медная руда) встречается довольно часто и почти в тех же местах, где и самородная медь: на Урале—Уфимский район, в Казакской АССР—Тургайский район; на Южном Алтае, в Сибири, в б. Туркестане, на Кавказе и т. д. Однако большого значения как руда он не имеет, т. к. обычно встречается лишь в верхних зонах жил. Тенорит (черная окись меди) в значительных количествах встречается очень редко. Богатые месторождения малахита известны на Урале (Меднорудянск); кроме того малахит находится на Алтае и в Казакской АССР (Семипалатинский и Акмолинский окр., Тургайский район). Очень много малахита, или «медной зелени» (примазки и вкрапления), встречается в пермских медистых песчаниках, отложения которых охватывают огромное пространство (Пермский, Оренбургский, Самарский, Вятский, Вологодский округа, Уфимский кантон и Татарская АССР). Медная лазурь, или «медная синь», встречается обычно совместно с малахитом. Наиболее важной рудой, из

Табл. 1.—Медесодержащие минералы.

	Крист. сист.	Состав	% Cu	Твердость	Уд. вес
Медь (самородная)	Куб.	Cu	92,0—99,7	2,5—3,0	8,5—8,9
Медный блеск (халькозин)	Ромб.	Cu_2S	79,8	2,5—3,0	5,5—5,8
Серебряномедный блеск (стромейерит)	»	$Cu_2S \cdot Ag_2S$	31,0	2,5—3,0	6,2—6,3
Купреин	Гекс.	Cu_2S	79,8	2,0—3,0	5,5—5,6
Дигенит	—	Cu_6S_5	70,2	2,2—5,0	4,5—4,7
Селенистая медь (берцелианит)	—	Cu_2Se	61,6	2,5—3,0	6,7—6,9
Эвкайрит	—	CuAgSe	43,1	2,5	7,5
Ялпаит	Куб.	$3\,Ag_2S \cdot Cu_2S$	14,0	2,5	6,8—6,9
Медное индиго (ковеллин)	Монокл.	CuS	66,4	1,5—2,0	4—6
Оловянный колчедан (станнит)	Тетр.	$Cu_2S \cdot FeS \cdot SnS$	29,0	4,0	4,3—4,5
Мышьяковистая медь (домейкит)	Гекс.	Cu_3As	71,7	3,0—3,5	6,8—7,0
Альгодонит	—	Cu_6As	83,5	4,0	7,6
Медный колчедан (халькопирит)	Тетр.	$CuS \cdot FeS$	34,5	3,5—4,0	4,1—4,3
Пестрая медная руда (борнит)	Куб.	$CuS \cdot 2\,Cu_2S \cdot FeS$	63,0	3,0	4,9—5,1
Бернгардтит	—	$2\,Cu_2S \cdot Fe_2S_3$	47,5	3,5	4,5
Гомихлин	Тетр.	$Cu_2S \cdot CuS \cdot 2\,FeS$	43,8	4,0—5,0	4,5
Кубанит	Ромб.	$CuS \cdot Fe_2S_3$	21,0	4,0	4,0—4,2
Купроблюмит	Куб.	$2\,PbS \cdot Cu_2S$	12,9	2,5	6,4
Карролит	»	$CuS \cdot Co_2S_3$	20,5	5,5	4,6
Гуейарит	Ромб.	$Cu_2S \cdot 2\,Sb_2S_3$	15,5	3,5	5,0
Эмплектит	»	$Cu_2S \cdot Bi_2S_3$	18,9	2,0	6,2—6,4
Сурьмяномедный блеск (вольфсбергит)	»	$Cu_2S \cdot Sb_2S_3$	25,6	3,5	4,7—5,0
Клапротит	»	$3\,Cu_2S \cdot 2\,Bi_2S_3$	25,3	2,5	4,6
Биннит	Куб.	$3\,Cu_2S \cdot 2\,As_2S_3$	39,2	2—3	4,4—4,7
Виттихенит	Ромб.	$5\,Cu_2S \cdot 2\,Bi_2S_3$	38,4	2,5	4,3—4,5
Бурнонит	»	$Cu_2S\ 2\,PbS\ Sb_2S_3$	13,0	2,5—3	5,7—5,9
Патринит (игольчатая руда)	»	$Cu_2S \cdot 2\,PbS \cdot Bi_2S_3$	11,0	2,5	6,7—6,8
Стилотипит	—	$3\,Cu_2S \cdot Sb_2S_3$	28,0	3,0	4,8
Юлианит	Куб.	$3\,Cu_2S \cdot As_2S_3$	52,6	—	5,1
Фальэрц (блеклая руда тетраэдрит; разновидности: теннантит, фрейбергит, шватцит)	»	$4\,MS \cdot R_2S_3$ *1	33—52	3,0—4,0	4,3—5,4
Энаргит (разновидн.—кларит)	»	$3\,Cu_2S \cdot As_2S_5$	48,3	3,0	4,3—4,5
Фаматинит	Ромб.	$3\,Cu_2S \cdot Sb_2S_5$	43,6	3,5	4,6
Эпигенит	»	$4\,CuS \cdot 3\,FeS \cdot As_2S_5$	40,7	3,5	—
Нантокит	Куб.	CuCl	64,0	2,0—2,5	3,9
Марзит	»	CuJ	33,2	—	—
Болеит	Тетр.	$2\,PbCuCl_2(OH)_2 \cdot {}^1/_3 AgCl$	14,5	3,0—3,5	5,0—5,1
Атакамит	Ромб.	$3\,CuO \cdot CuCl_2 \cdot 3\,H_2O$	59,4	3,0—3,5	3,7
Персилит	Куб.	$CuCl_2 \cdot PbO \cdot H_2O$	88,0	2,5	—
Красн. медная руда (куприт)	»	Cu_2O	88,8	3,5—4,0	5,7—6,0
Тенорит	»	CuO	79,8	3,0	6,2
Креднерит	—	$3\,CuO \cdot 2\,Mn_2O_3$	34,4	4,5—5,0	4,9—5,7
Марганцовомедная руда	Аморфн.	$2\,CuO\ 2\,MnO_2 \cdot 3\,H_2O$	11,3—14,5	3,5	3,1—3,2
Медная чернь	»	$x\,MnO_3CuO \cdot Fe_2O_3 \cdot m\,H_2O$	ок. 9,2	3,5	—
Рабдионит	—	$RO \cdot R_2O_3 \cdot 2\,H_2O$ *2	10,5	—	2,8
Медная лазурь (азурит)	Монокл.	$3\,CuO \cdot 2\,CO_2 \cdot H_2O$	55,2	3,5—4,0	3,7—3,8
Малахит	»	$2\,CuO \cdot CO_2 \cdot H_2O$	57,4	3,5—4,0	3,7—4,1
Аурихальцит	»	$2\,RCO_3 \cdot 3\,R(OH)_2$ *3	13—26	2,0	3,5—3,6
Халькоменит	»	$CuO \cdot SeO_2 \cdot 2\,H_2O$	31,1	—	3,7
Трипюкеит	Тетр.	$CuO \cdot As_2O_3$	22,8	—	—
Медный купорос (халькантит)	Трикл.	$CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$	25,4	2,5	2,2—2,3
Бротантит	Ромб.	$4\,CuO \cdot SO_3 \cdot 3\,H_2O$	56,0	3,5—4,0	3,8—3,9
Лангит	»	$4\,CuO \cdot SO_3 \cdot 4\,H_2O$	52,0	2,3	3,5
Варрингтонит	»	$4\,CuO \cdot SO_3 \cdot 4\,H_2O$	52,0	3,0—3,5	3,4
Герренгрундит (урфелгюит)	Монокл.	$4\,CuO \cdot CaO \cdot 2\,SO_3 \cdot 6\,H_2O$	40,0	2,5	3,1
Кренкит	»	$CuSO_4 \cdot Na_2SO_4 \cdot 2\,H_2O$	18,8	2,5	2,0
Летсомит	Ромб.	$4\,CuO \cdot Al_2O_3 \cdot SO_3 \cdot 8\,H_2O$	39,2	—	—
Линарит	Монокл.	$CuO \cdot PbO \cdot SO_3 \cdot H_2O$	15,8	2,5—3,0	5,3—5,5
Каледонит	Ромб.	$5\,PbSO_4 \cdot 2\,Pb(OH)_2 \cdot 3\,Cu(OH)_2$	8,1	2,5—3,0	6,4
Лаксманнит	Монокл.	$(Pb,Cu)_3 \cdot (PO_4)_2 \cdot (Pb,Cu)_3Cr_2O_9$	8,9	3,0	5,8
Либетенит	Ромб.	$4\,CuO \cdot P_2O_5 \cdot H_2O$	52,9	4,0	3,6—3,8
Оливенит	»	$4\,CuO \cdot As_2O_5 \cdot H_2O$	44,8	3,0	4,2—4,6
Весцелиит	Трикл.	$9\,CuO \cdot 6\,ZnO \cdot (P,As)_2O_5 \cdot 18H_2O$	29	3,5—4,0	3,5
Фольбортит	Гекс.	$(Cu,Ca)(CuOH)VO_4$	32	3,0	3,5
Тагилит	Монокл.	$4\,CuO \cdot P_2O_5 \cdot 3\,H_2O$	49,4	3,0	4,0—4,1
Эйхроит	Ромб.	$4\,CuO \cdot As_2O_5 \cdot 7\,H_2O$	37,6	3,5—4,0	3,3—3,4
Эфинит	»	$5\,CuO \cdot As_2O_5 \cdot H_2O$	47,7	4,5—5,0	4,0—4,1
Дигидрит	Монокл.	$5\,CuO \cdot Pb_2O_5 \cdot 2\,H_2O$	55,0	4,5—5,0	4,0—4,4
Моттрамит	»	$5\,(Cu,Pb)O \cdot V_2O_5 \cdot 2\,H_2O$	16,2	3,0	5,9
Фосфорохальцит	—	$6\,CuO \cdot P_2O_5 \cdot 3\,H_2O$	56,2	4,0—5,0	4,1—4,3
Эйлит	Ромб.	$5\,CuO \cdot P_2O_5 \cdot 3\,H_2O$	53,5	1,5—2,0	3,8—4,3
Корнваллит	—	$5\,CuO \cdot As_2O_5 \cdot 8\,H_2O$	44—47	4,5	4,2
Медная пенка (тиролит)	Ромб.	$5\,CuO \cdot As_2O_5 \cdot 9\,H_2O$	40,0	1,5—2,0	2,0—3,1
Лучистая руда (абихит, клиноклаз или клиноклазит)	Монокл.	$6\,CuO \cdot As_2O_5 \cdot 3\,H_2O$	50,0	2,5—3,0	2,5—4,4
Миксит	—	$20\,CuO \cdot Bi_2O_3 \cdot 5\,As_2O_5 \cdot 22\,H_2O$	35,2	3,0—4,0	2,66
Лироконит (чечевидная руда)	Монокл.	$18\,CuO \cdot 4Al_2O_3 \cdot 5\,As_2O_5 \cdot 55\,H_2O$	30,4	2,0—2,5	2,8—2,9
Медная слюда (халькофиллит)	Гекс.	$7\,CuO \cdot As_2O_5 \cdot 14\,H_2O$	35—42	2,0	2,4—2,7
Диоптаз	»	$CuO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$	40,2	5,0	3,3—3,4
Шлаковатая медная руда (хризокол)	»	$CuO \cdot SiO_2 \cdot 2\,H_2O$	36,0	2,0—3,0	2,0—2,3
Асперолит	»	$CuO \cdot SiO_2\ 3\,H_2O$	30,5	2,5	2,3

*1 M=Cu_2, Fe, Zn, Ag_2, Hg, Co, Ni; R=Sb, As. *2 R=Cu, Mn, Co; R_2=Fe_2, Mn_2, Al_2. *3 R=Cu, Zn.

к-рой выплавляется медь, является медный колчедан. Известнейшие месторождения медного колчедана находятся: в Сев. Америке, Канаде, на о-ве Куба, в Ю. Америке, Мексике, Австралии (Виктория, Тасмания, Нов. Юж. Уэлс), в Африке; в Западной Европе: Испания (Рио-Тинто, Тарсис), в Португалии, Венгрии, Англии (Корнваллис), Германии (Мансфельд), в Швеции (Фалун). В СССР медный колчедан очень распространен на Урале, на Кавказе, в Карельской АССР, на Алтае, в б. Туркестане и в Зап.-Сибирском и Дальневосточном крае. Медный блеск встречается реже, чем колчедан, и по большей части вместе с другими соединениями меди. Только в С. Америке, в Монтане, а также в Нов. Мексике, Техасе, Аризоне эта руда является достаточно богатой по содержанию меди и встречается в значительных количествах. В СССР известны месторождения на Урале (Турьинское, Меднорудянское), на Алтае (Чудак, Зыряновское). Пестрая М. р. встречается в значительных количествах в Америке (Чили, Канада, Монтана), в Западной Европе (Мансфельд, Корнваллис, Тоскана, Саксония и др.); в СССР эта руда известна на Урале и на Алтае, а также в оставленном ныне руднике Воицком (на севере РСФСР). Медное индиго является наиболее редкой рудой; только в Чили известны довольно значительные месторождения ее. Бурнонит, энаргит и блеклые М. р. встречаются б. ч. в смеси с другими рудами, причем месторождения их редки. Энаргит находится в небольших количествах в Перу (Америка). Блеклые руды вместе с другими медными и свинцовыми рудами находятся в З. Европе (Германия, Венгрия) и в С. Америке (Колорадо). Соединения меди с серной к-той, хлором и кремнекислотой, как напр. медный купорос, атакамит, шлаковатая М. р., встречаются довольно часто. Медный купорос, растворенный в рудничных водах («цементных»), находится у нас в СССР на Урале (Богословский рудник), на Кавказе (Кедабекский рудник), на Алтае (Суготовский). Атакамит и шлаковатая М. р. находятся на Урале (Турьинские, Меднорудянские рудники) и на Алтае (Змеиногорск).

Мировые запасы, по последним данным, представляются в следующем виде. Наиболее крупными запасами обладает Америка (ок. $^3/_4$ мировых запасов), причем на первом месте стоят США, где запасы М. р. исчислены Federal Trade Commission в 1 588 000 000 *m*, из них в Аризоне 39%, в Юте 25% и в Мичигане 11%. На втором месте по богатству месторождений стоит Чили, где запасы только трех наиболее крупных месторождений (Чукикамата, Тениенте, Потрерильос) исчисляются в 977 000 000 *m*. Канада благодаря открытию новых богатых месторождений (Онтарио, Квебек и Манитоба) выдвигается на 3-е место после США и Чили. Крупными запасами меди обладают африканские месторождения—Родезия и Бельгийское Конго. В Сев. Родезии известно месторождение N'Changa с разведанным запасом в 1 000 000 *m* и с возможным запасом в 100—150 млн. *m*. Общий запас руд (до глубины 100 *м*) обследованных районов в Ю. Родезии определен в 19 000 000 *m*. Довольно значительные запасы имеются в Испании, Португалии, Японии, Мексике, Перу.

В СССР наиболее мощные месторождения М. р. находятся на Урале. Самым крупным районом по выплавке меди здесь является в данное время Богомоловский район, где последние разведочные работы установили значительное увеличение запасов руды; отмечено также увеличение запасов в районах Калаты и Тагила. Главнейшими месторождениями Богомоловского района являются Компанейское и Ново-Левинское, с общим запасом, действительным и вероятным, в 5 522 237 *m*. Запасы М. р. месторождений Калатинского комбината (куда вошли рудники: III Интернационала, Ольховский, Левихинский, Карпушинский, Калатинский, Обновленный и Белореченский) исчисляются в общем в 2 006 000 *m*. Одним из наиболее крупных производителей меди является Карабашский район, куда входят рудники: Конюховский, Рыковский, Первомайский, Сталинский, Ивановский и Южно-Кузнечихинский. Запасы исчислены в 2 424 880 *m*. В Башкирской АССР имеются два месторождения—Вознесенское и Таналыко-Баймакское, причем первое еще нуждается в геологич. разведке. Запасы б. или м. разведанного Таналыко-Баймакского района, куда входят месторождения Тубинское, Юлалинское, Сибаевское, Бакр-Узякское западное, Бакр-Узякское восточное, Увряжское, Бакр-тау, Юлукское, Таналыкское, Семеновское, исчисляются в 690 900 *m* руды с 22 900 *m* меди. Табл. 2 дает представление о запасах меди в рудах Урала.

Табл. 2.—Запасы меди в рудах Урала (по данным Геол. ком.) в *m*.

Районы	Действительный запас		Вероятный запас		Действительный и вероятный запасы	
	31/XII—23	1/X—27	31/XII—26	1/X—27	31/XII—26	1/X—27
Группы Турьинских рудников	2 600	2 600	1 300	1 300	3 900	3 900
Богомоловский	1 456	114 991*1	64 946	18 228*1	66 402	133 219*1
Калатинский и Тагильский	15 300	25 191	29 142	36 776	44 442	61 967
Пышминско-Ключевский	—	—	8 120	8 120	8 120	8 120
Сысертско-Ревдинский	2 274	2 274	126 082	126 082	128 356	128 356
Карабашский	9 330	10 230	45 003	43 074	54 333	53 304
Таналыко-Баймакский	8 244	8 274*2	11 398	9 770*2	19 642	18 044*2
Всего	39 204	163 560	285 991	243 350	325 195	406 910

*1 На 1 января 1928 г.; цифры, проверенные Особой комиссией по запасам. *2 По данным трестов.

На С. Кавказе также есть несколько месторождений, но промышленное значение имеют Архызское и Мамиссонское. В этой же области расположены месторождения Джимаринское (запас 450 *m* меди) и Даргавское. В Армянской ССР наиболее значительны рудники Шамблугский (запас 47 650 *m*) и Аллавердский. Из двух групп Зангезурского уезда—Ленинской и Шаумяна—определены запасы месторождений Ленинской группы в 7 300 *m* меди; месторождения второй группы переведены Комиссией Главметалла в разряд разведочных. В Казакской АССР наиболее значительными являются месторождения в округах Семипалатинском и Акмолинском (Джезказганское, Успенско-Спасское, Коктас-Джалинское, Коктас-Джартасское и Баян-аульское). Возможные запасы Джезказганского месторождения определяются в 175 000 *m* металлич. меди (ориентировочно). Разведанный запас меди в Успенском руднике определяется около 23 000 *m*; в месторождении Кайракты запасы руд исчисляются в 138 000 *m*. Запасы руд по всему Успенско-Спасскому месторождению исчисляются в 275 250 *m*. По месторождениям Коктас-Джартас и Коктас-Джал запас руд округленно исчисляется в 8 900 000 *m*. В Баян-аульском месторождении вероятные запасы руды определены в 144 000 *m*. Из месторождений Узбекской ССР наиболее известны Наукат и Чимбай Салук. Запасы их еще не разведаны.

Необходимо указать, что наиболее богатый медью район—Урал м. б. еще усилен устройством обогатительных заводов для «убогих» руд. На Кавказе наиболее значительные перспективы обещают Зангезурские месторождения. Что касается Казакской АССР, быв. Туркестана и Минусинского округа Сибирского края, есть основания полагать, что с расширением геолого-разведочных работ и здесь будут обнаружены запасы меди. По последним сообщениям, разведкой Геологического комитета найдено месторождение Коунард (Казакская АССР), с запасами, по предварительным подсчетам, в 20 млн. *m*. В табл. 3 приведены данные (по материалам Особого совещания по воспроизводству основного капитала при президиуме ВСНХ СССР) о запасах медных руд в СССР. В данных табл. 3 не учтено количество медных руд из медно-цинковых месторождений Алтая; не вошли также в подсчет месторождения С. Кавказа (напр. Девдорак), б. Туркестана, а также ряд месторождений Урала в виду малой их разведанности и полной неопределенности относительно их промышленной ценности.

Мировая добыча меди (по данным Mineral Industry) указана в табл. 5, а движение цен на медь за 1913—27 гг.—в табл. 4.

Табл. 3.—Запасы медных руд в СССР (в тыс. *m*).

Наименование областей и предприятий	Действительные	Вероятные	Возможные	Всего
Уральская область				
А. Существ. з-ды				
1. Уралмедь				
а) Калатинск. комб. .	585	1 152	751	2 488
б) Карабашский комб.	835	1 386	1 169	3 390
Б. Новые з-ды		разв.		
2. Богомоловск. комб. .	—	5 180	1 380	6 560
3. Сандонатовский з-д .	—	500	1 470	1 970
4. Пермский з-д (на медистых пермских песчаниках)	—	—	—	—
5. Концессионный з-д Сысертский (Дегтяринское и Зюзельск. месторождения) . .	—	5 000	2 433	7 433
Всего по Уралу . .	1 420	13 218	7 203	21 841
Башкирская АССР				
А. Существ. з-д				
Башгортрест	150	—	466 235	616 235
ЗСФСР				
А. Существ. з-ды				
а) Аллаверды	240	—	—	240
б) Зангезуры	—	—	500	500
Всего по ЗСФСР . .	240	—	500	740
Казакская АССР				
Атбасарский трест . . .	—	—	—	—
А. Существ. з-д				
а) Спасский комбинат	—	280	—	280
Б. Новые з-ды				
б) Атбасарский	100	300	200	600
в) Баян-аульский . .	—	3 390	Весьма велики	3 390*
Всего по Казакст.	100	3 970	200	4 270
Сибирский край				
Минусинский окр. . .	—	100*	300*	400*
По всему СССР запасов	1 910	17 283	8 670	27 868

* Вероятно значительно больше.

Табл. 4.—Цены на медь.

Годы	Нью Иорк (в центах за англ. фунт)	Лондон (в фн. ст. за длинную тонну)	
	Электролитич.	Электролитич.	Стандартн.
1913	15,269	—	68,335
1923	14,421	72,291	65,840
1924	13,024	68,062	63,149
1925	14,173	67,014	61,920
1926	13 580	65,472	57,971
1927	12,920	62,064	55,653

Табл. 5.—Мировая добыча меди в *m* (по данным Mineral Industry).

Страны	1913 г.	1922 г.	1923 г.	1924 г.	1925 г.	1926 г.	1927 г.	1928 г.
Австралия	47 200	12 478	18 139	14 253	12 318	10 200	11 612	11 654
Австрия	4 100	4 581	4 833	4 051	3 325	3 719	3 600	3 300
Африка	23 300	52 816	72 948	104 055	107 657	97 987	112 012	128 034
Боливия	900	9 212	10 654	7 439	6 804	6 441	7 122	6 804
Великобритания	400	104	89	125	97	110	180	—
Германия	26 900	17 000	17 000	19 500	22 000	24 000	28 600	24 000
Испания и Португалия	44 900	36 500	51 815	55 079	58 000	58 000	54 750	53 912
Италия	2 100	319	184	200	578	420	450	—
Канада	34 900	22 952	36 496	46 274	51 020	58 173	64 137	87 666
Куба	3 400	10 694	10 853	11 560	11 910	11 824	14 096	17 118
Мексика	52 800	27 073	54 920	44 589	53 636	56 521	57 843	65 844
Норвегия	2 700	9 615	8 000	9 000	12 500	12 500	12 000	13 132
Перу	27 800	36 408	44 166	34 923	37 358	43 842	47 805	52 463
СССР	29 700	2 000	2 000	3 300	6 578	10 835	12 000	13 000
США	555 400	431 040	650 912	741 283	774 749	796 522	768 779	848 413
Чили	42 300	129 575	182 384	190 380	189 503	202 319	239 720	289 895
Швеция	4 200	61	4 700	2 800	2 268	—	—	907
Югославия	6 400	5 222	6 837	8 154	7 301	9 700	12 900	15 086
Япония	66 500	54 126	63 790	62 910	65 692	67 365	66 871	66 041
Другие страны	9 900	5 000	5 000	6 000	11 400	11 153	11 409	11 380
Всего	985 800	866 776	1 245 720	1 365 905	1 434 694	1 481 631	1 525 886	1 708 649

Лит.: Алексеев В. Д., Баланс цветных металлов на 1926/27 г., «Металл», Москва, 1927, *7—8*, стр. 116—129; Агеенков В. Г., Металлургич. предприятия Башкирии, «МС», 1928, *5*, стр. 356—389; Анисимов С. М., Аллавердский медеплавильный завод, там же, *4*, стр. 277—297; Берлинг Н. И., Роль вторичного металла в промышленности цветных металлов на примере Соединенных Штатов Северной Америки, «Труды II Всесоюзного совещания по цветным металлам», М., 1927, т. 1, вып. 2, стр. 678—705; Богданович К. И., Рудные месторождения, т. 1, Петербург, 1912; Гончаров П. В., Уралмедь, «Труды II Всесоюзного совещания по цветным металлам», М., 1927, т. 3, стр. 71—87, 490—491; Генеральный план хозяйства Урала и перспективы первого пятилетия, Свердловск, 1927; Григорович К. П., Перспективы медеобрабатывающей промышленности треста Госпромцветмет, «Труды II Всес. совещания по цветн. мет.», М., 1927, т. 2, вып. 3, стр. 3—15, т. 3, стр. 135—153; Замятин П. М., Колчеданные месторождения района Богомоловских рудников на Урале, «МС», 1927, *5—6*, стр. 323—345; его же, Строительство Богомоловского медеплавильного предприятия, там же, 1928, *1*, стр. 57—71; Захаров Е. Е., Колчеданистые месторождения восточного склона Урала, там же, 1927, *2*, стр. 83—97; Закандин В., Закавказская промышл. в свете индустриализации, «ПХ», 1927, *7*; Иванов А. П., О переработке медных вкрапленных руд, «Труды II Всес. совещания по цветным металлам», М., 1927, т. 1, вып. 2, стр. 435—445; Кассин Н. Г., Заметка о медных месторождениях Коджан-Чадского и Джамбулдыйского районов Киргизской степи, «Изв. Геол. ком.», Л., 1927, т. 46, *8*, стр. 793—816; Кисельников В. В. и Бублейников Ф. Д., Запасы руд цветных и белых металлов в наших месторождениях и добыча их до 1927 г., «Труды II Всес. совещ. по цветн. мет.», М., 1927, т. 1, вып. 2, стр. 86—104; Конюшевский Л. К., Месторождения сурьмяных, мышьяковых и медных руд в бассейне р. Чвешуры, «МС», 1927, *10*, стр. 611—621; Любимов А. Л., Перспективы рынка цветных металлов, «Металл», М., 1927, *6*, стр. 82—90; Мурашов Д. Ф., О составе Богомоловской руды, «Вестник Геол. ком.», 1927, *6*, стр. 19—21; Никитин В. В., Геологич. исслед. центр. группы дач Верхне-Исетского з-да, «Труды Геол. ком.», нов. сер., Л., 1927, вып. 22; Нечаев А. В., Казанский и Уфимский ярусы пермской системы, «Геол. вестник», П., 1915, *1*; Ортин М. Ф., О разделении медистых сульфидов селективной флотацией, «Труды II Всес. совещ. по цветн. мет.», 1927, т. 3, стр. 234—237, 276—307; Скерский К. В., Строительство заводов цветной металлургии, «Металл», М., 1927, *7—8*, стр. 82—90; Танатар И. И., О месторождениях меди по рекам Замаилу и Сиси-су, «МС», 1927, *9*, стр. 531—538; Торгашев В. П., Горная продукция и ресурсы Д. Востока, стр. 444, Харбин, 1927; Чайковский Ф., Медь, Годовой обзор минеральных ресурсов СССР за 1926/27 г., Л., 1928 (библиогр.); Ball S. H., Belgian Congo Grows in Mining World, «Eng. a. Min. Journ.», N. Y., 1928, v. 125, *5*, p. 197—200; Frick C., Über d. Reaktionen zwischen Cuprosulfid u. metallischem Blei, Zinn u. insbesondere Zink in d. Schmelztemperaturen, «Metall u. Erz», Halle a/S., 1927, *19*, p. 465—472; Fritsche C. N., Modern American Copper Mining Methodes and Costs, «Min. Journ.», L., 1927, v. 64, *4809*, p. 884, *4810*, p. 920; Harding J., Ore Deposits of Chile, «Eng. a. Min. Journ.», N. Y., 1927, v. 124, *4*, p. 126—130, *5*, p. 175—180; Hentze E., Grenzen d. Brennstoffverbrauches u. d. Wirtschaftlichkeit beim pyritischen Kupferschmelzen, «Metall u. Erz», Halle a/S., 1927, *12*, p. 278—285; Hoppe G., Kupfergewinnung auf nassem Wege nach dem Zementationsverfahren im Distrikt von Huelva in Südspanien, ibid., 1928, *9*, p. 197—204; Lovering T. S., Organic Precipitation of Metallic Copper, «U. S. Geolog. Surv. Bull.», Washington, 1927, *795*, p. 45—52; Schott A. S., Die Ammoniaklaugung von Kupfererzen, «Metall u. Erz», Halle a/S., 1927, *14*, p. 331—338; Waehlert M., Die Kupferraffination (Die Metallhüttenpraxis in Einzeldarstellungen), 1927, B. 2, p. 140; Walker G. L., The Great Copper District in Northern Rhodesia, «Eng. a. Min. Journal», New York, 1927, v. 123, *17*, p. 693—694; Wolfson T., Copper, ibid., 1928, v. 125, *3*, p. 88—89.

Н. Федоровский.

МЕДНЫЕ СПЛАВЫ, важнейшая группа сплавов, к-рая имеет самое разнообразное применение в технике; содержит в основе медь в комбинации с рядом металлов как в виде двойных сплавов, так и тройных, четверных и т. д. Количество их весьма значительно (так, в сводке комиссии В-2 Америк. об-ва испытания материалов, опубликованной в 1924 г., число их достигает 500) и непрерывно возрастает. Сплавы носят самые разнообразные названия, связанные с наименованием авторов, фирм, их изготовляющих, специфич. свойствами и т. д. Рациональной общепринятой классификации М. с. не существует. Она м. б. построена по принципу химич. состава, физич., механич., технологич. свойств и т. д. Наиболее установившаяся классификация—по химич. составу, причем каждая группа носит специфич. названия, сложившиеся исторически (сплавы меди и олова—«бронза», меди и цинка—«латунь» и т. д.), или же классификация устанавливается по признакам основных свойств сплавов: сплавы сопротивления, антикоррозионные и т. п. Полные сведения о М. с. приведены в *Спр. ТЭ*, т. II, список сплавов на стр. 96—130, 151 и 152; физич. свойства—стр. 215—256; технологич. свойства—стр. 404—445; там же—исчерпывающая литература.

Е. Доречей.

МЕДНЫЙ КУПОРОС, см. *Меди соединения.*

МЕДОНОСНЫЕ РАСТЕНИЯ, растения, имеющие в пчеловодстве значение с точки зрения сбора меда. Пчелы собирают в цветах: 1) т. н. нектар (цветочный мед) и 2) пыльцу, дающую пергу, необходимую для питания пчелиной молоди. Часто в цветах имеется то и другое, но в одних случаях выступает на передний план нектар, в других, наоборот, возможен только преимущественно или исключительно сбор пыльцы. Для пчеловодства особенный интерес представляет сбор нектара как источника собственно меда.

Для оценки того или другого растения с точки зрения медоносности необходимо иметь ясное представление о связи медоносности с строением и жизнью растения. Пчелы, как и другие насекомые, посещая цветы и пользуясь ими как источником пищи, в то же время являются для них часто посредниками в опылении, необходимом для образования плодов и семян. Цветы, опыляемые насекомыми и опыляемые ветром, с точки зрения пчеловодственного значения имеют неодинаковую ценность. Последние являются исключительно пыльцевыми медоносами, т. к. они совершенно лишены нектара. Только цветы, опыляемые насекомыми, дают нектар, хотя и среди них имеются исключительно пыльцевые медоносы (напр. мак). Выделение нектара происходит из особых железок—нектарников.

Растения, опыляемые насекомыми, легко узнаются в виду наличия в их цветах приспособлений к приманке насекомых издалека: ярко окрашенных лепестков или запаха. Наоборот. цветы, опыляемые ветром, имеют невзрачный вид, б. или м. зеленую окраску и лишены запаха. Однако далеко не каждое растение, посещаемое насекомыми, имеет пчеловодственную ценность. Цветы разных растений приспособлены к посещению различными насекомыми. У пчел хоботок имеет длину в среднем ок. 6—6,5 *мм* (не превышая 7 *мм*). Следовательно нектар, лежащий на большей глубине, для пчел недоступен, а посетителями цветов в таких случаях являются шмели и бабочки. Пчелы неохотно посещают цветы с нектаром, хотя и доступным, но лежащим тонким слоем на поверхности; в этих случаях посетителями цветов являются гл. обр. мухи, осы и жуки. Пчелы, как показывают экспериментальные наблюдения, особенно тяготеют к синим и сине-фиолетовым цветам.

Практич. ценность медоноса определяется не только доступностью нектара, но и количеством его. В отдельном цветке оно не превышает нескольких десятых *мг* (обычно же—значительно меньше), сахара же часто содержится всего около 2—3%. Поэтому пчелы для отложения запасов меда должны посетить громадное число цветов. Хорошими медоносами являются только те растения, с к-рых благодаря большому количеству цветов или массовому росту растения является возможным быстрый сбор.

Количество меда, выделяемого одним и тем же растением, зависит от многих условий: $t°$ и влажности воздуха и почвы, возраста цветка и др. Резко неблагоприятное влияние на количество нектара оказывает засуха (сухость). Лучшим временем сбора меда считаются утренние часы и в меньшей степени—вечерние. Медоносная ценность того или другого растения м. б. неодинакова в разных местностях и в разные годы.

Существующие взгляды на медоносность отдельных растений опираются обыкновенно на мало точные наблюдения практиков и часто разноречивы. Задачей правильно организованного пчеловодства является научное определение количества нектара, доступного пчелам. Нек-рые растения имеют общепризнанную славу прекрасных медоносов, что частично проверено точными измерениями. Таковы: ивы (дают пыльцу и нектар), гречиха, рапс, сурепка, малина, косточковые породы, клевер ползучий и шведский, белая акация, желтая акация, эспарцет, липа, синяк, огуречная трава (оба из сем. бурачниковых, с синими цветами, грубоопушенные), фацелия и др. Злаки (рожь, пшеница, ячмень, овес, кукуруза, тимофеевка и пр.) могут давать только пыльцу и вообще не имеют ценности в пчеловодстве. Красный (луговой) клевер, хотя и богат нектаром, но вследствие глубокого его залегания мало пригоден как М. р. Относительно подсолнечника отмечается, что он может косвенно способствовать переходу на пчел паразитов. Лесные деревья, образующие массивы (кроме липы), дают только одну пыльцу, но на листьях их пчелы нередко собирают так называемую медвяную росу—продукт выделения тлей (травяных вшей), дающий мед низкого качества.

Лит.: Талиев В. И., Научные основы учения о медоносах, в связи с их районизацией, Москва—Ленинград, 1927.

В. Талиев.

МЕДЬ, Cu, химич. элемент, ат. вес 63,57, порядковый номер 29; принадлежит к I группе периодич. системы, аналогами ее являются Ag и Au. М.—металл характерного красноватого цвета, тягучий и мягкий. плющится в тонкие листочки и вытягивается в тонкие проволоки; твердость (по Мосу) 3; кристаллизуется в кубич. системе; уд. вес 8,8—8,9; $t°_{пл.}$ 1 083°; $t°_{кип.}$ 2 310°; уд. теплоемкость при 17° 0,0911; скрытая теплота плавления 43,3 cal; теплопроводность при 20° 0,92 cal *см/см²* ск.°С; коэф. линейного расширения при 20° $0{,}162 \cdot 10^{-4}$; усадка при застывании 4,2%; уд. сопротивление М. при 20° 0,017241 Ω *мм²/м*; электропроводность при 0° $64{,}1 \cdot 10^{4}$ мо; $t°$-ный коэф. сопротивления в интервале $0° \div 100°$ $(426 \div 433) \cdot 10^{-5}$. Почти все примеси, особенно As, P, Al, Sb и Sn, понижают электропроводность М.; по отношению к нормальному раствору сульфата М. имеет разность потенциалов +0,262 V; уд. магнитная восприимчивость $-0{,}085 \cdot 10^{-6}$. В механическом отношении медь характеризуется следующими свойствами: $НВ_r$ 50; сопротивление на разрыв 20—24 *кг/мм²*; удлинение >38%, поперечное сжатие >50%; модуль упругости 12 100 — 12 300 *кг/мм²*. В химическом отношении М. характеризуется следующими свойствами: при обычной $t°$ не поддается действию воздуха и влаги в отсутствии CO_2, под действием CO_2 во влажном воздухе покрывается зеленым налетом

основной углекислой соли, при накаливании на воздухе выше 185° начинает окисляться, покрываясь слоем вначале Cu_2O, а после того—окиси меди (м е д н а я о к а л и н а); в H_2SO_4 (с выделением SO_2) и в HNO_3 (с выделением NO) растворяется при нагревании, в HCl не изменяется, в аммиаке растворяется, предварительно окисляясь, и дает синий раствор; в расплавленном виде поглощает O_2, SO_2 и другие газы; примеси (Mn, Ni, Zn, Sn), к-рые дают с М. твердые растворы, делают М. более твердой, уменьшают ее вязкость, но увеличивают ковкость и способность к прокатке; примеси, мало или же вовсе нерастворимые (Bi, Pb, Sb), уменьшают вязкость и ковкость и весьма вредны при горячей обработке М. В природе М. встречается в следующих видах: 1) самородная М. в виде кристаллов, отдельных зерен, дендритов, а также в виде больших самородков, иногда громадными глыбами, подобных к-рым между другими самородными металлами не встречается; 2) в виде *медных руд* (см.).

Р ы н о ч н ы е с о р т а М. На мировом рынке медь продается чаще всего в форме в а й е р б а р о в—штыков, предназначенных для прокатки на проволоку, или и н г о т о в—штыков, предназначенных для приготовления сплавов. Значительное количество М. продается в форме к а т о д о в—пластин электролитич. М., полученных непосредственно путем электролиза в ваннах. По степени чистоты различают: э л е к т р о л и т и ч е с к у ю М. (99,9% М.), идущую на провода и ответственные сплавы, и к р а с н у ю М. (99,6—99,9%), идущую на изготовление медных топок, листов, труб и на менее ответственные сплавы. Цены на М. подвержены значительным колебаниям. Так, средняя цена М. на нью-иоркской бирже в 1926, 1927 и 1928 гг. равнялась соответственно 13,795, 12,920 и 14,570 центов за 1 англ. фн. Цена на М. в СССР ок. 1 000 руб. за *т*.

Металлургия М. В некоторых случаях бывает возможна непосредственная металлургическая обработка медных руд с целью извлечения меди, но чаще всего, в особенности для сернистых руд, применяется предварительное обогащение, т. е. отделение пустой породы. В этом случае металлургической переработке подвергают продукт обогащения—к о н ц е н т р а т. Для извлечения меди из руд или из концентратов пользуются пирометаллургич., гидрометаллургич. или электрометаллургическими процессами или их комбинацией, выбор зависит от характера руд и общих условий. Вообще же для сульфидных руд или концентратов обычно применяется плавка, для бедных окисленных руд—чаще всего выщелачивание, нередко комбинирующееся с электролитич. процессами. Проблема переработки смешанных руд не вполне еще разрешена и к ним применяются комбинированные процессы, включающие обычно обогащение. Наконец электроплавка до настоящего времени широкого применения не получила. Для руд, содержащих М. в самородном виде, процессы обогащения приводят к получению концентратов, представляющих металлич. М. Металлургич. переработка таких руд сводится к простой переплавке М., к-рая обычно проводится в небольших отражательных печах. Х в о с т ы от обогащения, содержащие самородную М., обрабатываются гидрометаллургич. методами. Наибольшее количество выплавляемой М. получается из сульфидных руд и концентратов. В зависимости от количества сульфидов Fe и пустой породы содержание М. в них колеблется в широких пределах—от $1^1/_2$—2% до 30—40%. Весьма полное удаление пустой породы методами обогащения значительно повышает % меди в материалах, поступающих в плавку. Но лишь за последние 5—6 лет с развитием селективной *флотации* (см.) оказалось также возможным отделять большее количество сульфидов Fe, что повело к дальнейшему увеличению содержания М. в концентратах, а также дало возможность подвергать обогащению массивные колчеданистые руды—медистые пириты. Несколько лет тому назад содержание М. в концентратах колебалось в пределах 10—15%, теперь оно удвоилось; прежде з-ды вынуждены были проплавлять колчеданистые руды, содержавшие 2% М., теперь они могут рассчитывать на концентрат от обогащения этих руд, в 5—10 раз более богатый. Практич. результатом применения метода флотации было радикальное изменение характера и размеров металлургич. з-дов: при той же производительности стало возможным проплавлять меньшее количество, но более богатых концентратов, к-рые допускают перевозку на значительное расстояние и дают возможность сосредоточить плавку на з-дах, не связанных непосредственно с тем или иным месторождением медных руд; с другой стороны, крупнокусковая руда, к-рую раньше приходилось проплавлять в больших количествах, теперь либо совсем не поступает на з-ды либо поступает на них в относительно небольших количествах, что изменило характер металлургических устройств. Вновь строящиеся и проектируемые в СССР з-ды будут работать преимущественно на концентратах.

Пирометаллургия М. Плавка сернистых медных руд имеет целью: удаление пустой породы, которая подбором соответствующих флюсов переводится в шлак, удаление сульфидов Fe и удаление S, с к-рой связана М. Ошлакование пустой породы при правильно подобранной шихте не представляет затруднений, удаление же Fe и S более сложно. Сульфид М., Cu_2S, весьма устойчивое соединение, при плавке руд легко образует с сернистым железом так наз. ш т е й н—сплав, плавящийся при $t°$ ~1 100°. Содержание меди в штейне может колебаться от 0% (чистое сернистое Fe) до 79,8% (чистый сульфид меди). Благодаря более высокому (по сравнению с Fe) сродству меди к S можно быть уверенным, что при плавке медных руд, если наряду с М. присутствует и некоторое количество сернистого железа, вся М., содержавшаяся в шихте в виде сульфидов или соединений с кислородом, перейдет в штейн. Чем больше в шихте S и Fe по сравнению с М., тем меньше будет содержание М. в штейне. При плавке медных руд получаются т. о. два продукта: штейн, в к-рый переходит вся М., и шлак. Оба эти продукта в жидком виде практически нерастворимы

друг в друге, а так как уд. в. штейна больше, то он отделяется от шлака в отдельный слой, что дает возможность эти два продукта выпускать из плавильных устройств порознь. Руды с большим содержанием S и Fe и малым содержанием М. при плавке дадут большое количество бедного штейна. Т. к. штейн является промежуточным продуктом плавки и подлежит дальнейшей переработке, то эта переработка будет тем дороже, чем беднее полученный штейн. С другой стороны, чем богаче штейн, тем больше меди теряется в шлаках в силу того, что нек-рая часть штейна всегда запутывается в шлаке в виде мельчайших капель или растворяется в нем и т. о. часть М. оказывается ошлакованной. При попытке выплавить из руды непосредственно М., удалив предварительно до плавки всю серу, получаются чрезмерные потери М. и малый выход ее. По этой же причине экономически невозможна непосредственная плавка окисленных руд на медь, за исключением весьма редких случаев, когда имеются особо благоприятные условия и богатые руды, как напр. в Центр. Африке. В то же время в процессе дальнейшей переработки штейна потери М. весьма невелики; поэтому при медной плавке стремятся получить вначале промежуточный продукт—штейн. Это обстоятельство дает основание рассматривать медную плавку как своего рода процесс обогащения. Чтобы сделать этот процесс выгодным, необходимо регулировать количество получаемого штейна и его состав—путем сокращения количества сернистого железа, переходящего при плавке в штейн. Это достигается, как было указано выше, путем предварительного обогащения руд селективной флотацией, причем сульфиды Fe отходят в хвосты. Этого же можно достигнуть и при плавке путем удаления из шихты большего или меньшего количества S, причем остающееся Fe должно будет в виде окислов перейти в шлак. Удаление части S из шихты возможно двумя путями: 1) путем предварительного обжига руды при доступе воздуха и 2) путем окисления во время плавки руды. Если имеем дело с мелкой рудой или концентратами, применяется первый процесс; если руда крупнокусковая, то более выгодна обычно окислительная плавка.

Обжиг концентратов осуществляется в настоящее время почти исключительно в многоподовых печах с механич. перегребанием, чаще всего системы Веджа (см. *Веджа печь*). Такая печь имеет 6—10 круглых подов, на которых расположена тонким слоем мелкая руда. При помощи гребков, укрепленных на центральной вращающейся оси, руда непрерывно перегребается и пересыпается с верхних подов на нижние—навстречу движущимся вверх газам. Т. к. реакция окисления сульфидов, особенно пирита, связана с выделением большого количества тепла, то обжиг идет без затраты горючего. Регулируя скорость прохождения руды через печь, можно понизить содержание S до любого желательного предела, например с 35—40 до 5—6%. S уходит в виде сернистого газа и последний м. б. использован для получения серной к-ты. Плавка в шахтных печах—наиболее подходящий процесс для окислительного плавления крупнокусковых руд. В настоящее время для этой цели применяются исключительно *ватер-жакеты* (см.). Производительность печи определяется площадью горизонтального сечения в поясе фурм, через к-рые в печь подается воздух. На 1 $м^2$ сечения печи проплавляют 50—70 *m* шихты в сутки. Для малой производительности выбирают печи с круглым сечением, а для большой—с прямоугольным. Шихта (смесь руды, оборотных продуктов, флюсов и топлива—кокса) загружается сверху и наполняет печь; сходя вниз к зоне плавления, которая сосредоточена несколько выше пояса фурм, руда начинает постепенно нагреваться. При $t°$ около 700° пирит, содержащийся в руде, диссоциирует, теряя один атом серы:

$$FeS_2 = FeS + S;$$

S возгоняется вверх и уносится с газами в газоход, сгорая за счет О воздуха, засасываемого через колошник. При температуре выше 1 000° сульфиды начинают плавиться и стекают вниз через слой ранее загруженной шихты (из которой сульфиды уже ликвировали), встречая на своем пути поднимающиеся вверх газы. В зоне плавления жидкие сульфиды встречаются с кислородом дутья, причем энергично окисляется FeS, образуя сернистый газ и FeO; последняя тут же, реагируя с SiO_2, образует силикат, растворяющийся в расплавленной шихте:

$$2FeS + 3O_2 = 2FeO + 2SO_2;$$
$$2FeO + SiO_2 = 2FeO \cdot SiO_2.$$

Сернистый газ, поднимаясь вверх, встречается с коксом и сжигает его, образуя серу и углекислоту:

$$C + SO_2 = S + CO_2.$$

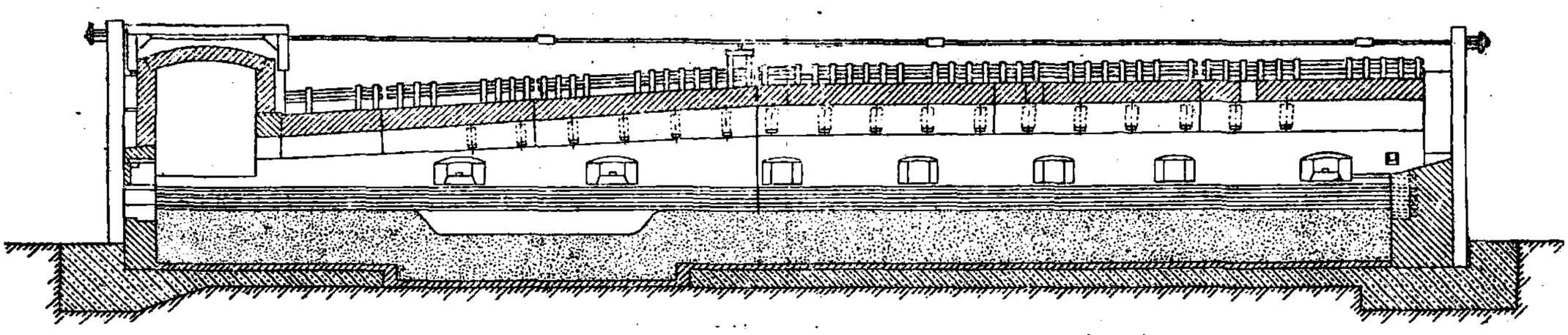
За счет теплоты сгорания сульфидов, шлакования FeO и окисления кокса поддерживается необходимая $t°$. При достаточном содержании в шихте сульфидов (при плавке медистых пиритов) расход кокса составляет $1^1/_2$—2%. Такого рода плавка носит название пиритной и позволяет проплавлять с выгодой весьма бедные руды, содержащие всего 1,5% М. Пиритная плавка применялась в СССР на Карабашском и Калатинском заводах. За границей она сохранилась как исключение—за исчерпанием запасов массивных колчеданов и в виду большей выгодности обогащения. Для пиритной плавки необходим в качестве флюса хороший чистый кварц, обеспечивающий шлакование FeO, образующейся в большом количестве. FeO частично окисляется до Fe_3O_4, распределяющейся частью в штейне, частью в шлаке. Если сульфидов недостаточно, то развиваемого за счет их окисления тепла нехватает для поддержания нужной $t°$, и приходится вводить большое количество кокса, который теперь уже доходит до зоны плавления и начинает окисляться также за счет кислорода дутья. Чем больше вводится топлива, тем меньшее количество сульфидов будет окисляться. Такая плавка с расходом до 12—15% кокса называется полупиритной. При весьма малом содержании S или полном отсутствии ее в шихте получается типичная восстановительная плавка, продуктом которой являются черная М. и небольшое

количество богатого штейна либо только черная М. Регулируя количество топлива, подачу воздуха и состав шихты, можно достигнуть большей или меньшей десульфуризации в печи и получать штейны желаемого состава. Впрочем при пиритной плавке трудно рассчитывать на получение штейна с содержанием выше 20—25% М. При плавке на стенках печи, охлаждаемых циркулирующей водой, нарастает слой полуплавленной шихты, т. н. гарнисаж, предохраняющий кессоны от износа, а плавильное пространство печи от чрезмерного охлаждения. Это является важной особенностью плавки в ватер-жакетах. Продукты плавки (шлак и штейн) стекают вниз на лещадь печи и непрерывно вытекают наружу через выпускное отверстие и выпускной жолоб, образующий род гидравлич. затвора. Газы отводятся через напыльник в трубу. Газы пиритной плавки богаты SO_2 и м. б. использованы для получения H_2SO_4. С газами уносится большее или меньшее количество пыли, к-рая отделяется по пути в трубу в пылевых камерах или электрофильтрами. Вытекающая из печи смесь шлака и штейна поступает в приемник, или передний горн,—выложенный огнеупорным кирпичом железный кожух глубиной 1,2—1,5 *м* и диам. 4—8 *м*. В переднем горне продукты плавки выдерживаются, и происходит отстаивание штейна от шлака. Сверху непрерывно стекает шлак, который подвергается грануляции водой и в таком виде в особых ковшах, установленных на вагонетки, отвозится на отвал. Штейн накапливается в переднем горне и от времени до времени через шпур, закрытый обычно глиняной пробкой (с ломиком), выпускается в ковш для дальнейшего передела. Благодаря непрерывному притоку горячего расплавленного материала и корке шлака, образующейся поверх горна, $t°$ в переднем горне, если размеры его подобраны правильно, достаточна, чтобы обеспечить хорошее отстаивание продуктов плавки.

Плавка в отражательных печах применяется для мелких руд, концентратов и пыли. Современная отражательная печь Карсакпайского з-да (фиг. 1) представляет под, покоящийся на массивном основании, окруженный стенками из динаса и перекрытый сводом. Производительность печи определяется площадью пода и составляет 3—4 *т* шихты на $м^2$. Так как ширина печи ограничена возможностью перекрыть ее достаточно прочным сводом и не превышает 8—9 *м*, то должная производительность обеспечивается достаточной длиной пода, которая достигает 30—39 *м*. Отражательные печи отапливаются пылевидным топливом (или нефтью), вдуваемым через форсунки в торцевой стенке печи; на 1 *т* топлива, сжигаемого в печи, проплавляют 5—7,5 *т* шихты. Газы отводятся из печи с противоположного конца при $t°$ около 1 200°; теплота их используется паровыми котлами, располагаемыми непосредственно около печи и развивающими около 2 HP на 1 *т* проплавляемой шихты. Загрузка шихты производится через свод—либо через отверстия у топочного конца печи либо (что чаще) через ряд отверстий, расположенных по длине печи по обеим сторонам свода. Последний способ имеет существенное преимущество, так как дает возможность вести загрузку почти непрерывно; шихта располагается по стенкам печи и предохраняет их от разъедающего действия шлака, а сама она прогревается легко и быстро; непрерывная загрузка устраняет резкие колебания $t°$ в печи, что делает плавку более скорой и следовательно экономной. Наивыгоднейшие условия сжигания топлива достигаются при минимальном избытке воздуха, что создает в печи нейтральную (без избытка кислорода) атмосферу. Поэтому при плавке не приходится рассчитывать на окисление больших количеств серы и руда д. б. подвергнута предварительному обжигу. Как правило флюсы, пыль и другие оборотные материалы добавляются перед обжигом и проходят через обжигательные печи вместе с рудой и концентратами. Благодаря этому достигаются хорошее перемешивание составных частей шихты и подогрев их за счет тепла, развивающегося при обжиге. Готовая шихта непосредственно из обжигательных печей доставляется на загрузочную площадку над отражательными печами и распределяется по желобам, от которых отходят рукава, направляющие шихту в печь через отверстия в своде. Образующиеся по мере плавления шихты штейн и шлак в самой печи разделяются на два слоя. Штейн не разъедает огнеупорного материала печи и предохраняет под от действия шлаков. В противоположном топке конце печи шлак непрерывно вытекает из печи и убирается так же, как и при шахтной плавке. Штейн от времени до времени выпускается через шпур, располагаемый по длинной стороне печи. В печи всегда остается запас расплавленного штейна, к-рый аккумулирует в себе теплоту и обеспечивает более ровный $t°$-ный режим. При плавке нек-рое количество сульфидов окисляется гл. обр. за счет окиси железа, образующейся при обжиге, к-рая восстанавливается сульфидами до закиси, затем шлакующейся:

$$3Fe_2O_3 + FeS = 7FeO + SO_2.$$

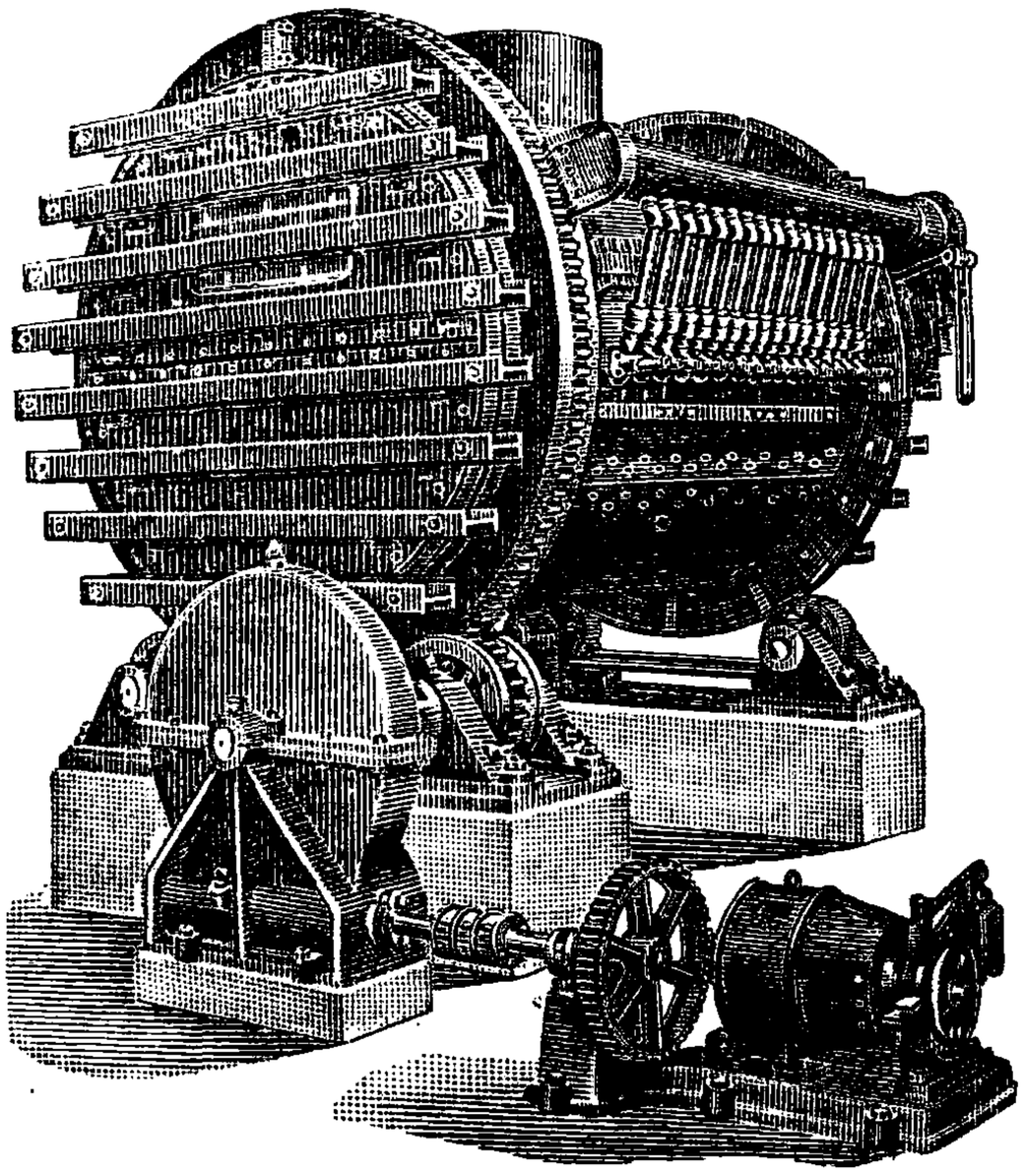
Десульфуризация достигает от 20 до 30%.



Фиг. 1.

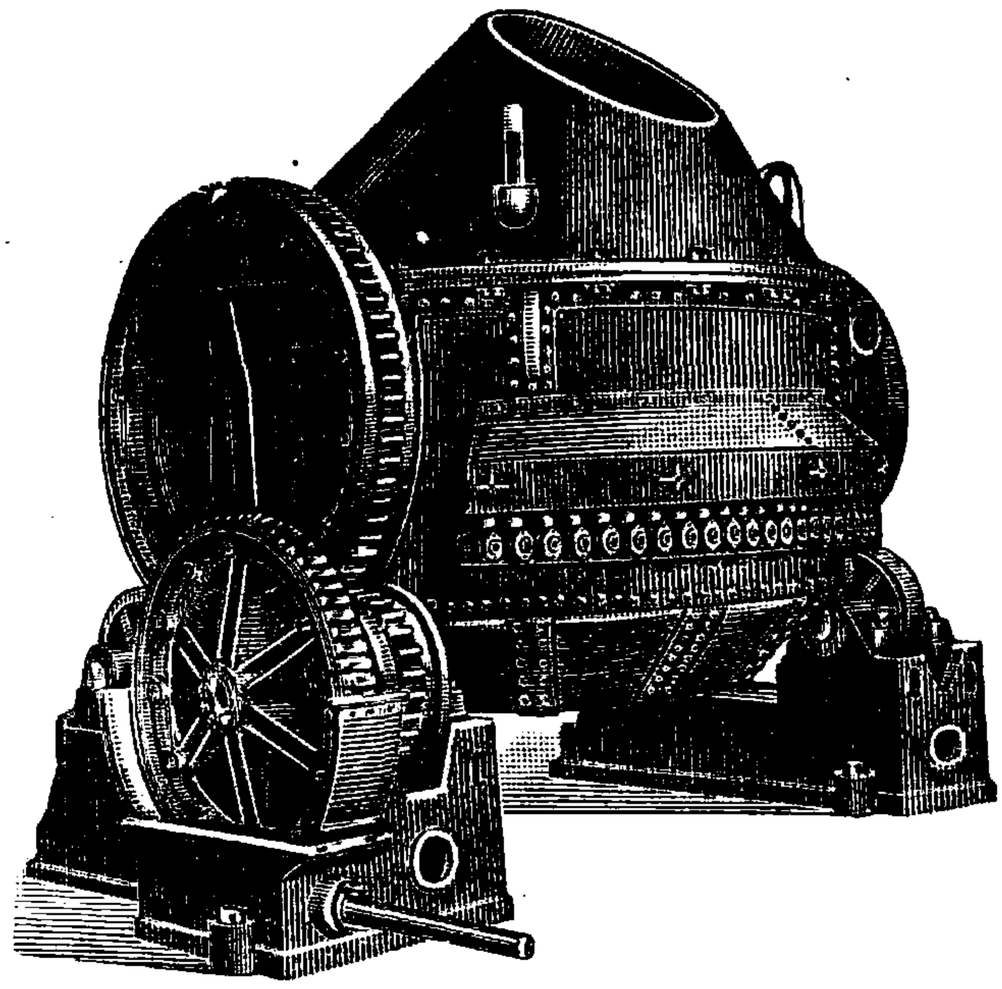
В последнее время, в связи с повышением содержания М. в концентратах, стали загружать в печь непосредственно влажные сырые концентраты. Это понижает производительность печей примерно в 2 раза. В последнее время шахтные печи для плавки медных руд выходят из употребления, что объясняется, как отмечено выше, тем, что почти все руды теперь подвергаются предварительному обогащению, а также простотой и дешевизной работы отражательных печей. В нек-рых случаях считают выгодным крупнокусковые руды измельчать до кусков размером 0,6 *см* и плавить в отражательных печах.

Бессемерование, или конвертирование, представляет собой дальнейшую стадию окисления сульфидов, получаемых при плавке в форме жидкого штейна, и заключается в продувке воздуха через слой жидкого штейна. При этом в первую очередь окисляется сульфид Fe, образуя вначале FeO и SO_2. FeO должна по мере образования ошлаковываться вводимым кварцем, образуя конвертерный шлак. При этом развивается значительное количество тепла, к-рое не только поддерживает $t°$, необходимую для процесса, но и перегревает штейн. Процесс проводится в конвертере (фиг. 2а и 2б), представляющем железный (клепаный или сварной) барабан, футерованный внутри магнезитовым кирпичом. Конвертер имеет горловину, через которую в него заливается штейн и выливаются шлак и медь и через которую в напыльник отводятся газы. Сбоку по образующей при горизонтальных конвертерах (фиг. 2а) или по дуге окружности сечения при конвертерах вертикальных



Фиг. 2а.

(фиг. 2б) подводится через ряд фурм дутье. Конвертер имеет поворотный механизм, который позволяет наклонять горловину для выпуска шлака или меди. Кварц в дробленом и обычно в подогретом виде загружается через горловину совком, а при горизонтальных конвертерах—через отверстие в торцевой стенке при помощи пневматической пушки. Последнее приспособление применяется в настоящее время часто для загрузки в конвертер концентратов, которые плавятся за счет избытка тепла, получаемого при продувке штейна. Если кварца недостаточно, то FeO, образующаяся при продувке штейна, окисляется до Fe_3O_4, к-рая частью растворяется в шлаке, делая



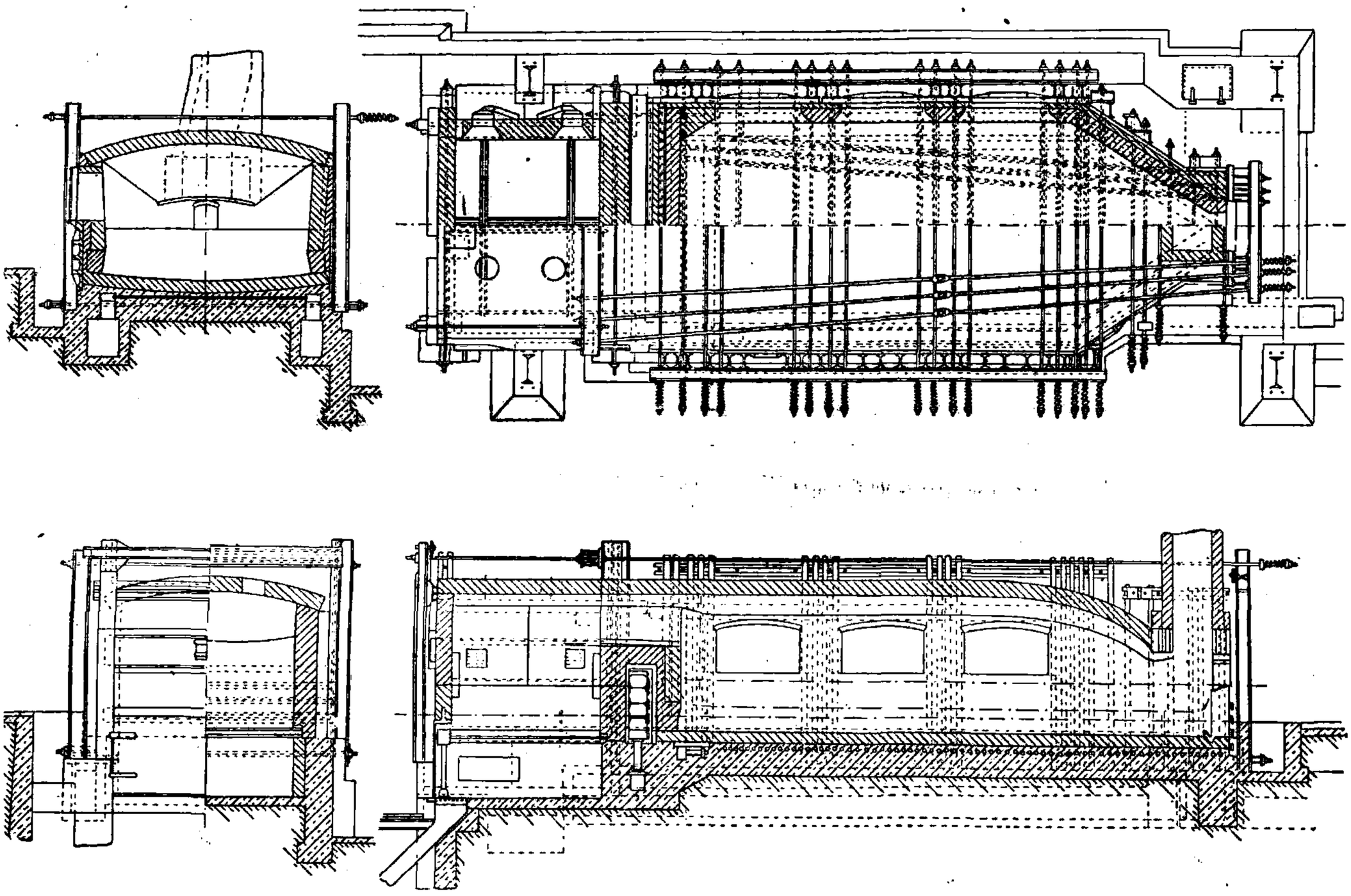
Фиг. 2б.

его тугоплавким, а частью может выделяться в твердом виде, образуя на стенках конвертера слой т. н. настыли. Последняя предохраняет магнезитовую футеровку от разъедания шлаками и поэтому нарочито наращивается при прекращении подачи в конвертер кварца. По мере изнашивания этого слоя он наращивается вновь, что во много раз увеличивает срок службы магнезитовой футеровки. По мере образования шлака его сливают в ковши. Шлак содержит всегда в среднем 2—5% М. и является оборотным продуктом. Чаще всего этот шлак заливают в отражательную печь через отверстия в стенках последней по жолобу. По мере выгорания S и шлакования Fe содержание М. в штейне повышается, а Fe уменьшается. Наконец наступает момент, когда в конвертере оказывается в расплавленном виде чистый сульфид М. с содержанием ок. 80% М.—белый штейн, названный так по стально-серому характерному цвету излома. При дальнейшей продувке белый штейн окисляется с выделением металлической М. по следующим реакциям:

$$Cu_2S + 3O = Cu_2O + SO_2;$$
$$Cu_2S + 2Cu_2O = 6Cu + SO_2.$$

М. не растворима в сульфиде, имеет больший уд. в. и выделяется в виде отдельного слоя на дне конвертера, что заставляет располагать фурмы сбоку, а не снизу, как в конвертере для бессемерования чугуна. При расположении фурм снизу холодный воздух, проходя через М., весьма быстро охладил бы ее, что повело бы к образованию в конвертере козла. При продувке белого штейна выделяется значительно меньше тепла. Чтобы довести процесс до конца, необходимо, во-первых, белый штейн перегреть, а во-вторых, иметь его в достаточном количестве. Поэтому обычно операцию продувки штейна не доводят до конца, а приливают

по временам свежие порции штейна, накапливая в конвертере белый штейн в достаточном количестве, чтобы затем сразу его продуть на металл. Из конвертера М. обычно разливается в штыки. Полученная т. о. черная М. содержит в себе ряд примесей и большое количество растворенных газов, что делает штыки металла пузыристыми; поэтому черная М. подвергается в дальнейшем рафинированию сухим путем (см. ниже), представляющему последнюю стадию ряда окислительных процессов медной плавки.



Фиг. 3.

Обычно в черной М. содержится до 99% М. Продолжительность бессемерования зависит от содержания М. в штейне, от количества штейна и интенсивности продувки. На Карабашском з-де в горизонтальных конвертерах длиной ок. 8 *м* и диаметром 3 *м* при содержании в штейне 20% М. продолжительность операции составляет 36 ч., причем получается сразу до 30 *т* черной меди.

Рафинирование М. имеет целью удаление из металла примесей, делающих его непригодным для технич. целей. Из примесей доминирующее значение имеют: Fe, S, O, а также Ni, Pb, Sb, As, Bi и др. Обычно медь содержит в себе большее или меньшее количество Ag и Au, переходящих в процессе плавки руд целиком в штейн и затем из него в М. Ag и Au мало влияют на качества металла, но представляют собой самостоятельную и иногда значительную ценность. Часть примесей, напр. Fe, S, Pb, легко удаляется путем окисления расплавленной М.; другие примеси (As, Sb, Bi, Ni) удаляются в этих условиях лишь частично; благородные же металлы вовсе не м. б. отделены таким путем. Поэтому для получения М. высокой чистоты и выделения из нее благородных металлов необходим дополнительный процесс—электролитич. рафинирование.

а) Рафинирование с у х и м п у т е м производится в отражательных печах, имеющих некоторое сходство с отражательными печами для плавки медных руд. Размеры печи определяются суточной производительностью. В настоящее время строят рафинировочные печи, вмещающие до 250 *т* М., хотя на небольших предприятиях и медеобрабатывающих з-дах имеются печи на 5—10 *т*. Естественно, что при столь большом различии в производительности весьма различны конструкции, применяемые при сооружении рафинировочных печей. На фиг. 3 представлена типичная рафинировочная печь. Под у больших печей обычно делают из динаса, а у меньших—набивным из крупного кварцевого песка с примесью небольшого количества рафинировочных шлаков или медной окалины. Под охлаждается проходящим по каналам воздухом. Стенки и свод делают из динаса или магнезита. Топливом служит нефть или пылевидный уголь, который не должен содержать золы и серы свыше определенного процента. Небольшие печи работают на дровах или на каменном угле, сжигаемом на колосниковой решетке. Расход топлива колеблется в зависимости от размеров печи, рода топлива и способа его сжигания: нефти расходуют 10%, каменного угля 12—20% по весу металла. Топочные газы покидают печь при $t°$ в 1 100—1 200° и обычно используются для обогрева паровых котлов. На одной из длинных сторон имеется одно или два загрузочных окна. В торцевой части печи имеется окно для разлива М. либо летка, если металл выпускается из печи. Чаще всего металл загружают в печь холодным. Иногда на крупных з-дах при наличии *миксера* (см.) жидкая М. из конвертера сливается в последний и из него в рафинировочную печь. В этом случае металл заливают

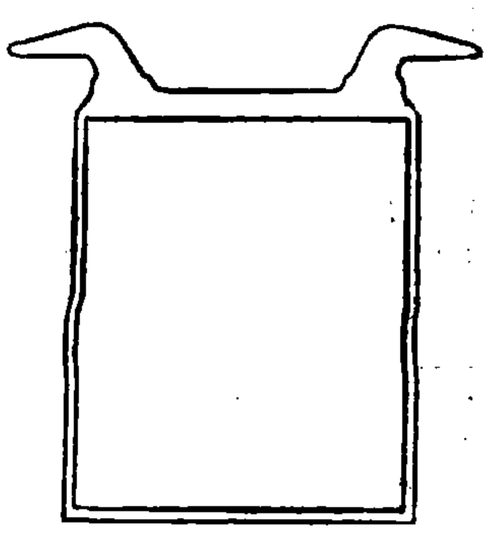
ковшами через свод. При малых печах загрузка производится вручную, а при больших—загрузочными машинами обычного для мартеновских мастерских типа. Медь, загруженная в предварительно разогретую печь, благодаря высокой теплопроводности быстро прогревается и начинает плавиться. Во время плавления медь окисляется избытком кислорода в газах. Окисление начинается с поверхности ванны расплавленного металла, но это окисление недостаточно быстро. Для ускорения его медь продувают воздухом через одну или несколько железных труб $\varnothing$ 25 *мм*, соединенных гибкими рукавами с воздухопроводом и погруженных концами в ванну жидкого металла. При $t°$, превышающей $t°_{пл.}$ М., единственным устойчивым окислом М. является закись М., Cu_2O. Подобно ряду других металлов расплавленная медь растворяет Cu_2O в количестве до 6%, что отвечает 0,67% кислорода. Поэтому вскоре металл оказывается насыщенным кислородом, равномерно распределяющимся вследствие энергичного перемешивания ванны под действием дутья. Кислород б. или м. легко реагирует с примесями, содержащимися в М., с образованием соответствующих окислов, практически нерастворимых в М. Так например:

$$2Cu_2O + Cu_2S = 6Cu + SO_2;$$
$$Cu_2O + Fe = 2Cu + FeO.$$

Бóльшая часть окислов всплывает на поверхность вместе с избытком Cu_2O, к-рая вследствие ограниченности растворимости по мере образования отделяется от металла, образуя жидкий шлак; в нем растворяется также некоторое количество кремнезема из набойки печи, если набойка была кислая. Другие окислы, как PbO, As_2O_3, Sb_2O_3 и в первую очередь SO_2, улетучиваются. Скорость и порядок выгорания примесей зависят от их характера, количественного соотношения, условий работы. Обычно продувка продолжается от 2 до 6 часов и заканчивается, когда проба, взятая ложкой из печи, перестанет вздуваться выделяющимся из жидкого металла по мере его застывания SO_2, нерастворимым в твердой М. Вторым признаком окончания продувки являются характерный матовый кирпично-красный грубый излом пробы металла и значительная «утяжка». Образующиеся шлаки по временам удаляют вручную, чаще всего через окно при помощи полена, насаженного на длинный крючок. Нормальная черная М. дает около 3—4% (по весу металла) шлаков, содержащих 40—50% М. Шлаки эти поступают в оборот: их в виде холодной добавки вводят в конвертер либо проплавляют в небольшой шахтной печи на черную М. Шлаки этой плавки проплавляют повторно или же направляют в плавку с рудами.

Следующей стадией рафинирования является восстановление металла. Начисто освобожденную от шлака поверхность М. покрывают тонким слоем древесного угля, а затем в ванну погружают комлем сырую жердь—так наз. д р а з н и л к у. Влага и продукты сухой перегонки дерева, выделяясь, энергично перемешивают металл и восстанавливают его. За ходом восстановления следят по характеру излома пробы; его структура и цвет изменяются постепенно: структура становится шелковистой, а цвет розовым. Такой металл готов к разливу, во время которого металл держат покрытым древесным углем и иногда от времени до времени вводят дразнилку. Разлив М. из малых печей производят и в настоящее время весьма часто вручную—посредством ложек или ковша на длинной рукоятке, подвешенной на цепи к потолку. Через разливное окно М. зачерпывают ковшом, вынимают из печи и затем разливают в изложницы, расположенные по сторонам. У больших печей в передней стенке печи оставляют летку (шириной в $^1/_4$ кирпича) высотой от уровня нижней части пода и на 5—10 *см* выше нормального уровня расплавленной М. Летку перед загрузкой прочищают и заполняют смесью сырой глины с песком и древесным углем, оставляя сверху глазок. Готовый металл струей желаемой толщины постепенно выпускают через летку по мере того, как сверху расчищают закрывающую ее массу. В последнее время в практику начинают входить качающиеся печи. Струя металла из печи через промежуточный небольшой ковш поступает в изложницы разливочной машины. Обычно изложницы отлиты из рафинированной М. и охлаждаются водой. Эти изложницы укрепляются на разливочной машине карусельного или ленточного типа. В машине карусельного типа изложницы расположены по кругу, который медленно движется в горизонтальной плоскости; в машине ленточного типа изложницы движутся подобно ленте транспортера. Изложницы поочередно наполняют из ковша М.; на дальнейшем пути М. застывает, охлаждаемая брызгалами, и выгружается либо опрокидыванием изложниц либо поднниманием отливки; в первом случае отливки падают в воду и из нее поднимаются самотаской на вагонетки; во втором—отливку подхватывают к о ш к о й и помещают в чан с водой, а оттуда в вагонетку.

б) Если М. предназначена для последующего э л е к т р о л и т и ч е с к о г о р а ф и н и р о в а н и я, ее отливают в форме а н о д о в — пластин весом 150—270 *кг* (фиг. 4). Электролитическое рафинирование меди имеет целью: 1) получение меди наивысшей степени чистоты, с высокой электропроводностью и свободной от *примесей*, ухудшающих механич. свойства как самого металла, так и сплавов, в которые он входит составною частью; 2) извлечение из меди благородных металлов, представляющих самостоятельную ценность. Если сухим путем удается рафинировать медь настолько, что ее механич. качества оказываются удовлетворительными, то полностью удалить примеси, понижающие электропроводность, особенно мышьяк, чрезвычайно трудно. Извлечение благородных металлов сухим путем является вообще неосуществимым. Если загрязненную медь погрузить в электролит—раствор 12—16%-ного медного купороса



Фиг. 4.

$CuSO_4 \cdot 5\ H_2O$ в разбавленной серной кислоте (10—16%-ной) и соединить ее с положительным полюсом источника постоянного тока, то медь (анод) начнет растворяться. В то же время чистая М. будет осаждаться на листе чистого металла, соединен. с отрицательным полюсом. Примеси, содержащиеся в анодной М., принято делить на четыре класса. К первому относятся металлы, являющиеся менее благородными, чем М., или, другими словами, требующие для своего выделения из раствора значительно большей разности потенциалов, чем М. Если в растворе имеется достаточное количество М., то М., выделяющаяся при более низком напряжении, не дает возможности возрастать напряжению аналогично тому, как при разгонке смеси двух жидкостей, кипящих при разных $t°$, $t°$ до тех пор не возрастает, пока присутствует достаточно жидкости более летучей. К таким примесям относятся Ni, Co, Fe, Mn, Zn, Pb, Sn, а также H, ионы которого всегда присутствуют в кислых растворах. Pb, а отчасти Sn образуют нерастворимые сульфаты, выпадающие по мере образования в осадок на дно ванны. Частично в осадок уходит и Ni в виде трудно растворимой закиси. Остальные примеси этого класса остаются в растворе. As, Sb и Bi образуют группу примесей, по своему электрохимич. характеру приближающихся к М., т. е. они могут осаждаться в кислых растворах одновременно с медью, если разность потенциалов по тем или иным причинам увеличится. Бо́льшая часть Bi и Sb выпадает из раствора в виде тех или иных трудно растворимых соединений, в то время как As преимущественно остается в растворе. Третью группу примесей составляют благородные металлы (Ag, Au, а иногда Pt), к-рые остаются нерастворимыми в виде мельчайших частиц, остающихся после растворения кристаллов М. Наконец к четвертой группе относят ряд нерастворимых соединений, присутствующих в М., как например Cu_2S, Cu_2Se, Cu_2Fe, Cu_2O, As_2Se и др.

По мере растворения М. на поверхности анодов образуется из нерастворимых соединений рыхлый осадок, т. наз. **анодный шлам**, к-рый, постепенно осаждаясь, накапливается на дне ванны. Количество анодного шлама колеблется в пределах 0,3—3% по весу анодов. В зависимости от содержания в анодах благородных металлов шлам может содержать большее или меньшее количество последних. Так, на Кыштымском з-де шлам содержит около 3% Au и 30% Ag. Благородные металлы извлекают при переработке шлама, и реализация их составляет наиболее существенную статью прибыли электролитного з-да. Попутно могут извлекаться в виде побочных продуктов переработки шламов Se, Te, Bi, Sb, As и др. Бо́льшая часть Se, расходуемого мировой промышленностью, получается из этого источника.

Чаще всего для электролиза пользуются деревянными ваннами, обшитыми изнутри свинцом, которые устанавливают на изоляторах на высоких опорах, позволяющих свободно проходить под ваннами. Обычные размеры ванн: длина 3—4 *м*, ширина и глубина около 1 *м*. Величина ванны зависит от числа анодов и катодов, к-рые подвешивают поперек ванны. Аноды имеют длину 900—1 000 *мм* и ширину 610—915 *мм* при толщине 40—60 *мм*. Катоды имеют поверхность на 10—12% бо́льшую при начальной толщине около 1,5 *мм*. Число анодов и катодов в ванне определяется силой тока, проходящего через нее, и плотностью тока (А/$м^2$ общей поверхности катодов). Плотность тока характеризует интенсивность электролиза. По закону Фарадея 1 А в течение 1 ч. переносит с анода на катод 1,118 *г* меди, при полном использовании тока; на практике количество М., осевшей на катодах, составляет 90—95% от теоретически возможного по количеству Ah, прошедших через ванну, т. к. часть тока теряется через короткие замыкания и утечку. На практике применяют обычно плотность тока от 150 до 250 А/$м^2$ катодной поверхности. Чем больше плотность тока, тем скорее идет растворение анодов и наращивание катодов, но при больших плотностях тока возрастает напряжение, при котором работает ванна, увеличивается опасность коротких замыканий и требуется более интенсивное перемешивание для предупреждения расслаивания электролита. С другой стороны, на электролитных з-дах общая сила постоянного тока, посылаемого в ванны, обычно не превышает 10 000 А и чаще всего колеблется в пределах 5 000—7 000 А, т. к. при этих условиях применимы нормальные преобразователи тока—обычно умформеры. Такой силы ток подводится к ванне при помощи медной шины. Непосредственно на шине, проходящей вдоль ванны, располагаются уши анодов, по которым ток распределяется параллельно. Естественно, что при больших плотностях, а следовательно и большой силе тока требуются шины большого сечения, чтобы обеспечить подачу тока без излишнего нагревания шин или потери энергии, и поэтому требуется задалживание большого капитала в виде меди. Так. обр. выбор плотности тока определяется совокупностью технич. и экономич. факторов. В зависимости от силы и плотности тока на одну ванну приходится от 10 до 30 анодов. Число катодов обычно на единицу больше. Напряжение между анодом и катодом зависит от расстояния между ними (обычно 4 *см*), от $t°$ и состава электролита и составляет 0,2—0,25 V. Соответственно этому напряжение всей ванны будет того же порядка. Ванны включают в цепь последовательно, в количестве, обеспечивающем общее напряжение в цепи порядка 110—220 V. Весьма важно расположить ванны так, чтобы расходовать минимум меди на шины. Чаще всего применяется расположение по системе Уокера. При этой системе от 5 до 20 ванн устанавливают так, что длинные стороны их оказываются общими. Шины проложены по длинной стороне одной ванны на изолирующей прокладке. На них покоятся уши анодов. Катоды подвешены на двух петлях из катодной жести на медных ломиках, опирающихся одним концом на край ванны. Через эти ломики ток передается на легкую треугольную медную промежуточную шину, на к-рой покоятся концы ломиков. На ту же шину опираются аноды следующей ванны и т. д. По наруж-

ному краю последней ванны проходит опять массивная шина, на к-рую посредством катодных ломиков передается ток, прошедший последовательно все ванны данного ряда. После этого шина переходит на край следующего блока ванн, отдавая ток на аноды, и т. д. Так. обр. ток обходит ряды ванн зигзагом и возвращается от последней ванны к распределительной доске. Возможно включение электродов в ваннах последовательно, но эта система электролиза, применяемая иногда, выходит из практики. Для поддержания однородности состава и $t°$ электролита поддерживают непрерывную циркуляцию его через ванны, к-рые часто располагают каскадом, т. е. один блок ванн выше другого на 10—15 *см*. Чаще всего в каскаде 2—3 блока.

Электролит из напорного бака разводится трубами по ваннам и, пройдя через них, спускается по желобам в сборники, откуда перекачивается обратно насосами или воздушными подъемниками. Электролит подогревается паром или в сборниках или в напорных баках. Ежедневно часть электролита выводится из оборота, чтобы предупредить накопление в нем примесей, особенно As, количество к-рого не должно превышать 1% во избежание загрязнения катодов. Этот электролит иногда перерабатывается на $CuSO_4$, если на последний имеется спрос. Иногде же из него выделяется М. электролизом в ваннах со свинцовыми анодами, а затем раствор идет на выпарку для выделения солей никеля и регенерации H_2SO_4. Осаждаемая М. не чиста и представляет рыхлый осадок, содержащий As, Sb и ряд других примесей. Иногда эту М. подвергают обжигу, причем отгоняется As, улавливаемый в виде окиси, идущей затем в продажу. После этого М. поступает в анодные печи для переплавки в аноды. Электролитный цех обслуживается мостовыми кранами, при помощи к-рых одновременно загружают в данную ванну все аноды и производят ее разгрузку—вынимают анодный скрап и готовые катоды. Аноды растворяются обычно в течение месяца, а катоды наращиваются ок. 2 недель. При обычных условиях за сутки нарастает на каждом катоде 8—10 *кг*. Для изготовления катодных листов в ванны с особо чистым электролитом подвешивают в качестве катодов листы из прокатанной М., тщательно отполированные и смазанные тонким слоем сала. Через сутки на маточных листах с обеих сторон нарастают тонкие листы (к а т о д н а я ж е с т ь) М., которые легко отделяются ножом; их обрезывают и прикрепляют к ним петли, нарезанные из такой же М. Полученные т. о. катодные листы подвешивают на медных ломиках в ваннах. Для более легкого снимания катодной жести маточные листы, особенно новые, иногда покрывают Hg, после чего смазывают салом и загружают в ванны. Достаточно тяжелые катоды вынимают из ванн и заменяют новыми листами. За месяц с анода растворяется 80—85% металла. Остатки (а н о д н ы й с к р а п) выгружают краном и пускают в переплавку. Разгруженная ванна опоражнивается. Находящийся на дне шлам спускают по желобам в сборник или вычерпывают, после чего ванна вновь готова к работе. Шлам отделяют промывкой через сито и гидравлич. классификацией от частиц металлич. М.—кусочков анодов или катодных осадков и «разваривают» в серной к-те для удаления остальной М., затем шлам подвергают обжигу и плавке. Se и As при этом удаляются с газами и м. б. уловлены. В шлаках концентрируются Te, Bi, Sb и Pb. Основным продуктом плавки является сплав Ag и Au (Д о р е), который после переплавки обычно сдают на аффинажные з-ды для разделения благородных металлов. Шлаки поступают в оборот. Иногда попутно извлекают из них указанные выше составные части. Катоды после промывки идут частью непосредственно в продажу и применяются как шихта для изготовления сплавов либо подвергаются плавке в рафинировочных печах и разливаются в формы на разливочной машине. Чаще всего катодная М. отливается в форме вайербаров.

Гидрометаллургия М. Как уже было отмечено, к рудам, не поддающимся по технич. или экономич. причинам обогащению, применяются гидрометаллургич. методы извлечения М. Наиболее простым методом такого рода является извлечение М. из руд, находящихся в месторождении, когда дальнейшая рентабельная добыча этих руд горными работами невозможна. Наиболее благоприятные условия имеются тогда, когда месторождение выходит на поверхность, образуя окисленную нарушенную зону, и когда оно подсечено в нижних горизонтах штольней с развитой системой горных выработок в верхних горизонтах. Распределяемые по поверхности воды дренируются через толщу руды и стекают в конце-концов в нижнюю штольню. Под действием воды и воздуха, увлекаемого водой или циркулирующего в горных выработках, усиливаются естественные процессы выветривания, к-рые приводят к растворению содержащейся в руде М. в форме сульфата. Медистые растворы подвергают ц е м е н т а ц и и, т. е. осаждению М. железным ломом или старой жестью, для чего железо помещают в желоба или чаны, по которым направляют растворы. От времени до времени цементную М. смывают, сушат, иногда брикетируют и направляют в плавку. При благоприятных условиях рудник может давать значительные количества М. по весьма дешевой цене. Цементная М. содержит обычно от 60 до 80% металла. На 1 ч. М. при цементации расходуют 1 ч. Fe. На действующих рудниках таким же путем могут извлекаться значительные количества меди из рудничных вод, выкачиваемых на поверхность. Процесс выветривания руды в том случае, если руда добыта открытыми горными работами, протекает значительно быстрее, и М. извлекается полнее. В этом случае руду располагают в виде кучи, вмещающей несколько сот *т*, на площадке с уклоном и систематически орошают водой. Дренирующийся через кучу раствор собирается в жолобе и отводится на цементацию обычным путем. Растворы после осаждения часто перекачивают обратно, и таким способом за 3—5 лет удается извлечь до 90% М., содержащейся в рудах. Для ускорения процесса в прежнее время смесь окисленной

и сернистой руд подвергали совместно сульфатизирующему обжигу в кучах, после чего следовало выщелачивание описанным способом. Выщелачивание в кучах — процесс в достаточной степени медленный и несовершенный, так как связан с задалживанием на большой срок руды в процессе и с потерями растворов, дренирующихся в почву и уходящих мимо осадительных желобов. Часто таким путем извлекают М. из отвалов хвостов от обогащения или из пустой породы, вынимаемой при очистных работах из рудника и содержащей обычно некоторое количество М.

Более полно и неизмеримо скорее извлечение меди можно осуществить, применяя перколяционный процесс—выщелачивание путем фильтрования растворов через руду, загруженную в чан и измельченную до зерен размером 4—5 *мм*. Чаще всего такой процесс применяют для окисленных медных руд с кислой пустой породой. В этом случае наиболее подходящим растворителем для М. являются слабые растворы H_2SO_4 (3—5%). Для выщелачивания применяют чаны, вместимость которых отвечает суточной производительности завода. При больших нагрузках (5—10 тыс. *т*) наиболее подходящими являются железобетонные чаны прямоугольной формы, выложенные изнутри кислотоупорным материалом—свинцом, асфальтом или же сплавом серы с песком. Такие чаны снабжены ложным дном, на котором помещается загруженная руда. В случае руд илистого характера материал подвергают промывке и обрабатывают «илá» отдельно, применяя выщелачивание посредством агитации пульпы с растворителем, с последующим отделением хвостов декантацией с противотоком или же фильтрацией. Загрузка и выгрузка чанов большой емкости должна быть механизирована и обычно осуществляется портальными кранами, движущимися вдоль чанов. Загружаемая руда располагается в чане на ложном дне по возможности равномерным слоем толщиной 3—5 *м*, после чего через чан снизу начинают пропускать раствор, постепенно стекающий сверху. Накачивание растворов снизу обеспечивает более равномерное выщелачивание руды. Выщелачивание обычно проводится по системе противотока; каждый день в цикл процесса поступает чан со свежей нагрузкой и ежедневно один чан разгружается; наиболее крепкий по содержанию кислоты раствор заливают в чан с наиболее «старой» рудой, и он постепенно и последовательно проходит через весь ряд чанов, число которых отвечает продолжительности обработки. Пройдя наиболее свежую руду, раствор, ставший нейтральным и содержащий максимум М., поступает на осаждение. Наоборот, наиболее выщелоченная руда после обработки наиболее кислым раствором не содержит практически растворимой М. и нуждается лишь в промывке. Для промывки применяют обычно 3 или 4 промывные воды, начиная промывку с руды, наиболее богатой М. Эти промывные воды, пройдя руду, поступают при дальнейшем ходе выщелачивания в качестве кислого раствора в цикл процесса. Следующая промывка, пройдя через руду, обогащается несколько М. и идет в качестве первой промывки на другой день для вновь поспевшего к промывке чана, и т. д. Промытая руда выгружается в отвал обычно при помощи крана.

Богатые медью растворы поступают на осаждение. Чаще всего для осаждения пользуются электролизом, но в этом случае растворы д. б. достаточно чистыми и, главное, не содержать окисного Fe, т. к. присутствие его понижает выход М. по току. По этой причине в тех случаях, когда растворы содержат Fe, их подвергают предварительному восстановлению SO_2, получаемым при обжиге сульфидных руд. SO_2 восстанавливает окисное Fe до закисного, окисляясь сам в H_2SO_4. Естественно, что при последующем электролизе процесс следует вести с нерастворимыми анодами, к-рые делают из сурьмянистого свинца или из сплава М. с Si, Pb и Mn, причем напряжение между анодом и катодом д. б. не меньше 2—2,5 V. В остальном электролиз существенно не отличается от установки для рафинирования М. При этом процессе необходимо получать катоды хорошего качества, пригодные для ответственных отливок, что возможно в том случае, если растворы не будут содержать слишком мало меди. Поэтому осаждение растворов ведут не до конца, а ограничиваются понижением концентрации примерно с 3 до 2,5%. При электролизе регенерируется H_2SO_4 в количестве, отвечающем количеству осажденной меди. Поэтому растворы после электролиза возвращаются в качестве кислого раствора на выщелачивание и подкрепляются, если нужно, свежей кислотой. Применение для выщелачивания растворов с относительно высоким содержанием М. требует особенно тщательной промывки. Для предупреждения накапливания в растворе загрязнений, которые вредно влияют на осаждение М., часть их выпускают из цикла процесса на цементацию. В некоторых случаях руда наряду с окисными минералами меди, легко растворимыми в H_2SO_4, содержит еще сульфиды М. В этих случаях возможно эти сульфиды извлечь, подвергая хвосты флотационному обогащению. Но возможно также извлечь эту М. выщелачиванием при помощи растворов $Fe_2(SO_4)_3$. Эта соль—весьма активный растворитель для минералов, содержащих медь, и в том числе для сульфидов меди. Поэтому промытые хвосты после выщелачивания окисной М. подвергают выщелачиванию растворами после цементации, содержащими всегда много железа и в том числе некоторое количество окисного. Эти растворы выщелачивают сульфидную М. и поступают вновь на цементацию. Такая повторная циркуляция железистого раствора продолжается до тех пор, пока М. не будет извлечена достаточно полно. Для смешанных руд неоднократно предлагался процесс выщелачивания измельченной руды агитацией слабой H_2SO_4, после чего к пульпе добавлялось губчатое железо, полученное восстановлением мелкой железной руды генераторным газом. Осажденная в толще пульпы цементная М. при дальнейшей флотации пульпы всплывает вместе с сульфидами. Если пустая порода—основного харак-

тера, то извлечение М. из такой руды серной к-той невозможно. В этом случае применим аммиачный процесс, основанный на легкой растворимости окисленных медных минералов, а также самородной М. в аммиаке или в растворах углекислого аммония. В этом процессе для выщелачивания применяют чаны из железа, снабженные герметич. крышками. Через нагрузку пропускают аммиачные растворы и, когда выщелачивание закончено, пропускают через руду пар; последний, частично конденсируясь, вымывает из руды оставшуюся растворенную М. и отгоняет аммиак, благодаря чему отпадает необходимость применения больших объемов промывки и исключается возможность больших потерь аммиака. Аммиачные растворы М. поступают в выпарной аппарат, обогреваемый паром. Аммиак и углекислота отгоняются и конденсируются в холодильнике, образуя вновь аммиачный раствор углекислого аммония, возвращаемый обратно на выщелачивание. Медь осаждается в форме окиси М., к-рая отфильтровывается, сушится и поступает в восстановительную плавку в отражательных печах, давая чистую М.

Лит.: Брейтерман А., Медная промышленность СССР и за границей, ч. 3, Л., 1930; Шахмурадов А. С., Цветная металлопромышленность США за последние годы, М., 1930; Медеплавильные з-ды Америки, «Научно-исследов. работы Гипромеза», Л., 1928, вып. 3; Смирнов В. И., Современное состояние металлургии меди в США, «Минер. сырье и цветн. мет.», М., 1929, 4; его же, Отражательные печи и работа на них, М., 1930; Велерт, Рафинировка меди, М., 1930; Баймаков Ю. В., Электролитич. рафинирование меди, П., 1920; Hofman H. O., Metallurgy of Copper, 2 ed., N. Y., 1924; Borchers W., Kupfer, Metallhüttenbetriebe, hrsg. v. W. Borchers, B. 1, Halle a/S., 1915; Tafel V., Lehrbuch d. Metallhüttenkunde, B. 1, Lpz., 1927. **В. Пазухин.**

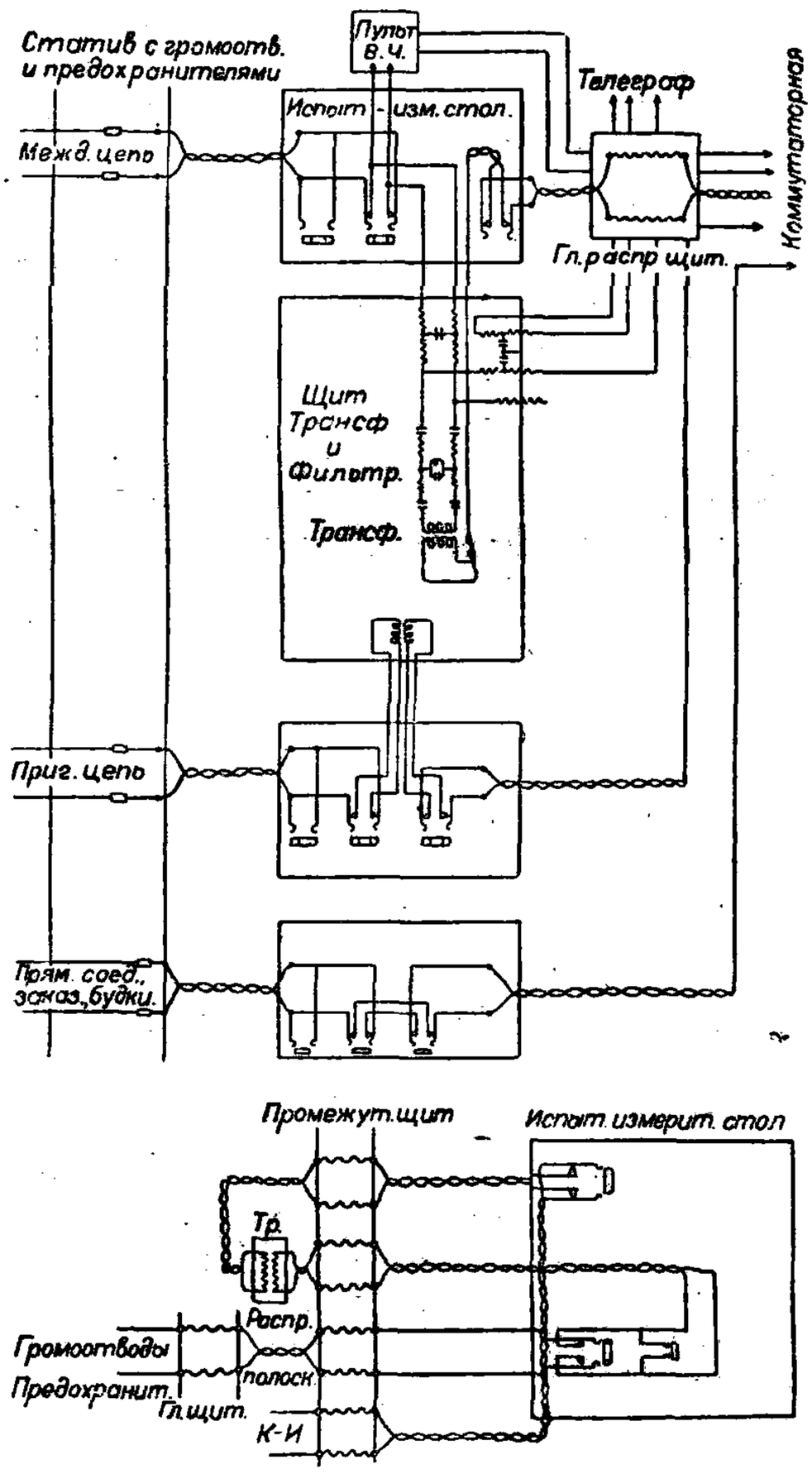
МЕЖДУГОРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СТАНЦИИ, объединяют в себе устройства и приспособления, к-рые необходимы для установления телефонной связи между абонентами городских телефонных станций (см. *Телефонные станции городские*) различных городов. Необходимость постройки специальных М. т. с. вытекает из эксплоатационных особенностей междугородной связи. Большая стоимость постройки и содержания междугородных линий ограничивает их количество между населенными пунктами и вызывает необходимость введения оплаты за предоставление сообщения соответственно расстоянию и времени занятия линии. Помимо того отсутствие достаточного числа линий на данном сообщении при большом количестве одновременных требований на разговоры приводит к необходимости установления очередности предоставления данной связи абонентам. Только в США подавляющее большинство междугородных сообщений предоставляется абонентам сразу, не отходя от телефона, во всех же остальных странах абонентам приходится ждать, т. к. процесс получения междугородного разговора распадается на две стадии—заказ переговора и предоставление возможности вести переговор, причем вызов абонента производится уже со стороны М. т. с.

В соответствии с особенностями эксплоатации междугородных линий обслуживание их на коммутаторах городской станции совершенно нецелесообразно и требует применения специально приспособленных к особенностям обмена междугородных коммутаторов. Современное использование междугородных бронзовых магистралей для одновременной работы несколькими телеграфными и телефонными цепями путем подразделения всего спектра частот на отдельные группы (подтональное телеграфирование и телефонирование токами высокой частоты) со своей стороны ввело в оборудование междугородной связи целый ряд сложных технич. установок. Развитие радиовещания, а в частности получившие большое распространение радиопереклички и радиосообщения поставили перед междугородными станциями задачу осуществления требований радиовещания, что привело к появлению в оборудовании станций специальных трансляционных узлов. Так. обр. междугородная станция представляет собой сложный технич. узел, состоящий из следующих основных частей: кросс—место ввода проводов, их распределения и испытания; помещение для установки комплектов многократного телефонирования высокой частоты, подтонального телеграфирования и радиовещания; коммутаторный зал, содержащий все необходимое оборудование для эксплоатационного обслуживания цепей; переговорная станция, предназначенная для приходящих абонентов, генераторная—заключающая все необходимые источники тока для питания различного оборудования станции.

В зависимости от размеров междугородной станции она размещается или в самостоятельном здании, или совместно с почтово-телеграфными учреждениями, или вместе с городской телефонной станцией. Во всех случаях помещения обслуживания междугородных станций обособлены за исключением маленьких станций, где возможно полное объединение. В тех случаях, когда для М. т. с. строится специальное здание, решающими факторами в выборе места ее расположения являются положение в отношении городской телефонной сети и удобство подводки междугородных проводов.

Кросс. Функции кросса можно свести к двум основным группам: 1) наблюдение за состоянием цепей, испытание и измерение их и определение места повреждений и 2) распределение цепей по отдельным службам станции как постоянное, так и при временных заменах. Соответственно сказанному конструируется и оборудование кросса. Все междугородные и пригородные цепи после их ввода в станцию и ограждения защитными приборами от перенапряжений включаются в линейный коммутатор, где легко м. б. взяты для испытания. В большинстве наших М. т. с. таким коммутатором служит однопроводный ламельный коммутатор, так наз. швейцарский, где все необходимые переключения производятся перестановкой штепселей. Заграничная практика отошла от применения швейцарских *коммутаторов* (см.), и теперь там исключительно применяется тип двухпроводного гнездового коммутатора. В этом последнем, при нормальном включении цепей, штепсели отсутствуют, и только при испытании или замене для необходимых переключений вставляется штепсель шнуро-

вых пар. Первоначальное (грубое) испытание цепей обычно производится на слух, почему всегда наряду со специальными измерительными приборами (универсальный гальванометр Сименса, мегометр и др.) кросс снабжается микротелефоном и приспособлением для посылки и приема вызова (весьма часто применяется обычный аппарат МБ). Появление в СССР в эксплоатации междугородных и международных линий большого протяжения (до 3 500 *км*), а также кабельных линий, имеющих в своем составе несколько промежуточных усилителей, вызвало необходи-



Фиг. 1.

мость оборудования кросса прибором для измерения уровня передачи. После линейного коммутатора линии поступают на щит переключений, где происходит их включение в коммутаторное оборудование. Включение выполняется летучим проводом или «под винт» или чаще «пайкой». Ответвление на приборы многократного телефонирования подтонального телеграфа делается до включения в щит переключений, чтобы, с одной стороны, связать оборудование только с линейной стороной кросса, а с другой,—с целью выделить линии специальной проводкой. Фиг. 1 показывает схему включения различной аппаратуры в кроссе.

Прежде чем перейти к рассмотрению оборудования коммутаторного зала, необходимо проследить весь процесс соединения абонента при междугородном сообще-

нии, и тогда выяснятся основные требования к данному оборудованию и его типы. Абонент городской сети, желая получить соединение с абонентом другого города, прежде всего должен дать соответствующий заказ М. т. с. Почти на всех М. т. с. прием заказов производится особыми телефонистками т. н. заказного стола. Для облегчения вызова заказного стола городскими абонентами гнезда заказных линий, исходящих от мультипля городской станции, обычно взяты подряд (серией), и телефонистки выполняют соединения по вызову без №, а прямо по требованию «Междугородная станция». На столе заказов на каждый заказываемый переговор выписывается квитанция, так наз. ярлык, и после соответствующего контроля передается для обработки на междугородный коммутатор, обслуживающий данное сообщение. Телефонистка междугородного коммутатора в зависимости от категории ярлыка устанавливает очередность разговора и выполняет операцию соединения абонента, для чего 1) передает содержание ярлыка телефонистке противоположной станции; 2) получив соединение с требуемым абонентом, вызывает своего абонента через передаточный стол городской станции и 3) соединяет абонентов между собой. В целях увеличения коэф-та использования междугородных линий разработан ряд мероприятий, обусловивших собой как схему, так и конструкции междугородных коммутаторов. Поскольку главное внимание уделяется использованию дорогостоящих магистралей, где каждая минута разговора исчисляется в рублях, вопрос использования телефонистки стоит на втором плане, так как одна минута разговора, полученная за счет более рационального использования линий, окупает стоимость работы телефонистки в течение одного часа. Нижеприводимые данные показывают пропускную способность линий (в зависимости от методов обслуживания), где k—коэфициент использования линий; t_1—время, затрачиваемое телефонисткой на одно соединение при 4—6 линиях на рабочем месте (чрезмерная нагрузка); t_2—время при нормальной нагрузке (2—3 линии на рабочем месте); t_3—время при рационализированном обслуживании, где телефонистка 100 ск. затрачивает на подготовку абонента еще при занятых проводах (метод предварительной подготовки) и только 45 ск. на фактическое соединение при освобожденной междугородной линии. Считая время, необходимое телефонистке для осуществления соединения, и прини-

k	t_1=190 ск.	t_2=145 ск.	t_3=45 ск.	Примечание
80%	6,3	7,0	9,25	При средней продолжительности разговора—4,5 мин.
95%	7,4	8,2	10,8	

мая коэф-т использования $\alpha = 0{,}6$, получим для пропускной способности телефонистки 15—16 соединений в час. Отсюда очевидно, что включение на рабочее место нескольких проводов снижает их пропускную способность, так как телефонистка не успевает их обслуживать. В силу указанных причин, хотя емкость рабочего места междугородного

коммутатора строится на 4—8 междугородных линий, средняя величина задействованной емкости колеблется в пределах 2—3 линий на рабочее место. Избыток емкости служит частично для резерва, частично для концентрации проводов в часы слабой нагрузки. Кривая суточной нагрузки М. т. с. указывает на резкое снижение работы в вечернее, ночное и утреннее время, что приводит к необходимости концентрировать обслуживание цепей на меньшем числе рабочих мест. Обычно применяют следующий порядок концентрации цепей: 1) увеличивают нагрузку нек-рых рабочих мест до пределов их емкости, освобождая известное количество коммутаторов; 2) объединяют обслуживание двух соседних рабочих мест; 3) переводят нагрузку на специальные междугородные коммутаторы с большой линейной емкостью, т. н. ночные столы. Увеличение количества цепей на рабочем месте осуществляют путем использования резервной емкости коммутаторов; для этой цели применяются т. наз. шнуровые переключатели. В целях увеличения пропускной способности линии за счет уменьшения времени, затрачиваемого телефонисткой на передачу заказа противоположной станции, применяется телеграфная передача заказа. Связь устанавливается или по системе Пикара или же по резервным телеграфным проводам и обслуживается специальными телеграфистками. В случае обслуживания междугородными телефонистками только одного провода (при международных сообщениях) устанавливается зуммерная телеграфная связь непосредственно между телефонистками. Развивающийся за последнее время транзитный обмен (напр. Ленинград с Харьковом через Москву и т. д.) поставил перед М. т. с. новую задачу быстрого соединения двух междугородных линий. Возникшие затруднения в части организационной и технической были разрешены введением в оборудование М. т. с. нового типа аппаратуры—транзитного коммутатора. В организации обмена была поставлена цель подчинения второстепенной цепи главной, чтобы уменьшить потери на более дорогих цепях, а в технич. части очень важно было получить возможность соединения цепей в случае необходимости через усилитель, что выполнено применением включенных в шнуры коммутатора двухсторонних промежуточных усилителей.

Относительная сложность пользования междугородным сообщением, принимая во внимание тарифную систему, очередность разговоров и т. п. создает необходимость организации специального справочного стола. Исключительное внимание, к-рое должно уделяться рациональной эксплоатации линий и правильности работы телефонисток, привело к созданию контрольных столов, где старший персонал коммутаторной может проконтролировать работу любого участка станции. Таково содержание оборудования большой М. т. с.; в более мелких часть оборудования отпадает, т. к. невыгодно диференцировать обслуживание на различных рабочих местах, и т. о. имеет место постепенное объединение всех функций М. т. с. на меньшем количестве типов оборудования.

М. т. с. могут быть разделены на 3 группы: 1) маленькие станции без диференцированного обслуживания, т. е. где применяется только 1 тип коммутаторов и все обслуживание ведется междугородными телефонистками; 2) средние по емкости с диференцированным обслуживанием, т. е. с применением специальных коммутаторов для приема заказов, справок, транзитного обмена; 3) большие по емкости с диференцированным обслуживанием и с выделенным обслуживанием пригородных связей. Станции 1-й группы, самые многочисленные, по своему выполнению весьма различны в зависимости от местных условий и технич. ресурсов. Часть их представляет собой выделенные рабочие места на городской станции, отличающиеся от других мест только количеством линий, включенных в местное поле. Другая часть имеет специальные коммутаторы, установленные иногда в отдельном помещении, и в этом случае связь с городской станцией осуществляется двояким способом: 1) междугородные коммутаторы имеют многократное поле городской станции, и междугородная телефонистка берет нужного ей абонента, непосредственно пользуясь общим сигналом занятости, и 2) обе станции связываются специальными служебными и соединительными линиями по довольно простым схемам. Несомненно, что самыми удобными в обслуживании являются станции второй группы и с многократным полем городской станции на междугородном коммутаторе, т. к. здесь получается значительное ускорение в процессе подготовки абонента, благодаря отсутствию промежуточной инстанции — передаточного стола городской станции. Затраты на оборудование конечно значительно выше, чем при оборудовании соединительными линиями, но абсолютная их величина не велика и вполне окупается эксплоатационными удобствами. Германская практика применяет многократное поле городской станции в междугородных коммутаторах при городских сетях до 3 000 абонентов. Наиболее распространенным типом междугородного коммутатора для маленьких станций является коммутатор т. н. земского типа. В настоящее время ВЭО выпускает такие коммутаторы под названием междугородных. Предельная емкость этого коммутатора: 12 междугородных линий, 100 местных номеров и многократное поле на 200 номеров. Все оборудование коммутатора монтируется секциями, и т. о. емкость коммутатора м. б. изменена. Хотя коммутатор по своему габариту рассчитан на 1 рабочее место, но может обслуживаться одной или двумя телефонистками, т. к. имеет две гарнитуры и специальные кнопки для объединения всех шнуров на одно или на два рабочих места. Линейные трансформаторы находятся непосредственно в коммутаторах, а искусственные цепи выведены на гнезда. При отсутствии искусственной линии каждая цепь м. б. взята до трансформатора, т. к. имеет два линейных гнезда. Никаких особенных приспособлений, обусловливаемых специфичностью работы М. т. с., этот коммутатор не имеет, что вызывает неудо-

влетворительное обслуживание станции; поэтому в новом типе аналогичного коммутатора за счет сокращения предельной емкости устанавливаются счетчики, ящик для ярлыков и т. п.

М. т. с. средней емкости всегда располагаются в специальном помещении, отдельном от городской станции, т. к. размещение вместе большого числа коммутаторов создает большой шум в зале, затрудняя работу телефонисток, а каких-либо существенных технических или экономич. причин, требующих такого объединения, нет. В состав такой станции входит один или несколько коммутаторов для приема заказов, причем весьма часто эти коммутаторы располагаются в непосредственной близости к залу переговорной станции и телефонистка принимает кроме заказов по телефону и личные заказы от абонентов, пришедших на переговорную станцию. Взаимное расположение столов заказа и междугородных коммутаторов должно обеспечивать наиболее быструю и удобную передачу ярлыков заказов по рабочим местам междугородных коммутаторов, причем передача эта должна быть механизирована; для этого обычно применяется устройство, сделанное по типу непрерывной ленты.

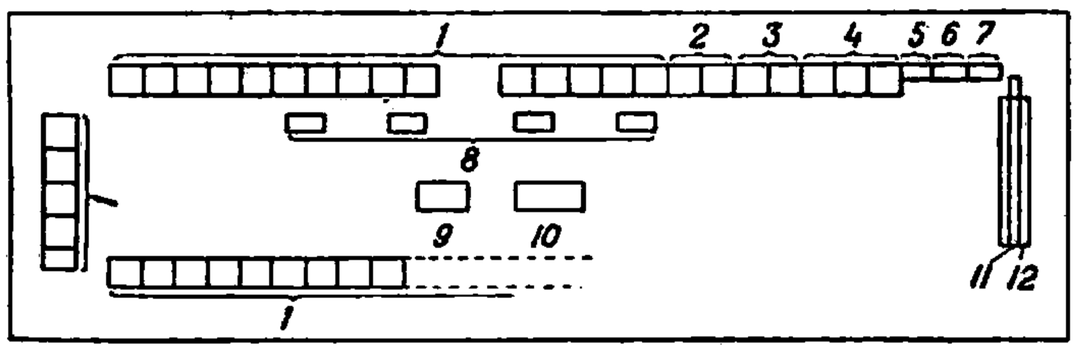
Междугородные коммутаторы в большинстве наших станций применяются того же типа, что и в малых станциях, но с соответствующим изменением в монтированной емкости. В настоящее время предположено строить междугородные коммутаторы нового типа, главными отличительными чертами которого являются: 1) корпус, специально приспособленный к условиям междугородного обмена, т. е. с более широким столом, помещениями для ярлыков, удобным размещением счетчиков и т. д.; 2) исключительно ламповая сигнализация во всех частях схемы; 3) осуществление возможности двухсторонней подготовки разговора как со стороны междугородной линии, так и городского абонента; 4) правильное построение схемы вызова и отбоя в сторону городской станции; 5) защита телефонистки от грозовых разрядов и перенапряжений. Кроме того оборудование коммутатора предусматривает целый ряд служебных связей со всеми другими частями станций, напр. транзитный стол, справочный стол, стол старшей. Транзитный стол включает поле всех междугородных и пригородных линий и осуществляет их соединение между собой как при помощи нормальных шнуровых пар, так и шнуровых пар с усилителями. Управление работой усилителя производится непосредственно с транзитного коммутатора.

Процесс обслуживания транзитного соединения заключается в следующем: телефонистка междугородного коммутатора, получив заказ на транзитный разговор, передает его на транзитный стол, так как в данный момент нужная линия м. б. занята; поэтому телефонистка транзитного стола прежде всего должна, выяснив, свободны ли необходимые линии, иметь возможность их занять. С этой целью каждая линия в многократном поле имеет два гнезда: параллельное для подготовки сообщения и последовательное для производства соединения. Состояние линий (свободных или занятых) контролируется специальной ламповой сигнализацией. Эксплоатационно очень трудно выбрать момент для осуществления транзитного разговора т. о., чтобы были свободны обе нужные линии. Поэтому как правило применяют следующий прием: сначала занимают линию второстепенного значения и ее задерживают до освобождения линии главного сообщения, после чего и производят транзитное соединение. В целях достижения наилучшего использования линий и рабочих мест путем быстрого перераспределения нагрузки по междугородным коммутаторам устанавливается т. н. шнуровой переключатель. Этот коммутатор имеет поле всех линий, причем каждая линия имеет два гнезда, соединенных внутренними пружинами. В одно гнездо включается линия, а в другое станция. Нормально в поле не д. б. ни одного шнура, но в тот момент, когда является необходимость произвести перераспределение линий по рабочим местам вставлением 1 штепселя шнуровой пары, линейная сторона данной цепи отключается от станции, а вставлением второго штепселя этого шнура в соответствующее гнездо станционной стороны линия м. б. переключена на нужное рабочее место. Количество шнуров составляет 25% от общего числа линий, включенных в станцию. Установка шнурового переключателя в коммутаторном зале делается с целью дать возможность производить перераспределение линий непосредственно старшему персоналу коммутаторной (старшей телефонистке). При переключении линий с одного места на другое нумерация их в поле транзитного коммутатора не изменяется, что обусловливает постоянство манипуляций на транзитном столе. Наличие в междугородных коммутаторах резервной монтированной емкости позволяет при помощи шнурового переключателя легко производить концентрацию линий в часы малой нагрузки на нескольких рабочих местах. Так напр., при двух линиях, включенных на рабочее место, и при 8 линиях, монтированных в коммутаторе, можно на 1 рабочем месте объединить работу 4 коммутаторов.

Следующей ступенью концентрации является передача линий на ночной стол, к-рый на небольших станциях конструктивно объединяется с транзитным столом. Все станции средней емкости оборудуются контрольным столом для осуществления наблюдения за работой телефонисток и междугородных линий. Контрольный прибор должен иметь такое устройство, чтобы включение его не ослабляло слышимости и не оказывало мешающего влияния на контролируемую линию.

М. т. с. больших узлов междугородных сообщений в настоящее время строятся двух систем; ручной и полуавтоматической. К первым относятся все станции наши и заграничные за исключением М. т. с. в Мангейме и Берлине, в основу к-рых положен принцип полуавтоматич. системы. Основное различие между этими системами заключается в том, что первая имеет в междугородных коммутаторах многократное поле и все необходимые переключения производятся телефонистками при помощи шнуров, вторая система многократного поля и шнуров не имеет, а все

соединения выполняются телефонисткой при помощи искателей типа *автоматических телефонных станций* (см.) и кнопок или ключей. В качестве примера ручной М. т. с. достаточно рассмотреть оборудование двух станций—Московской и Ленинградской. План расположения коммутаторного зала московской М. т. с. представлен на фиг. 2, где



Фиг. 2.

1—междугородные коммутаторы, *2*—шнуровой переключатель, *3*—ножные столы, *4*—транзитные столы, *5*—распределительный стол, *6*—пневматическая почта, *7*—контроль, *8*—телеграфные столы, *9*—стол старшей, *10*—справочный стол, *11*—транспортер, *12*—заказные столы. Заказные столы ременным транспортером соединены с контрольным и распределительным столом, поэтому заполненный ярлык без задержки отправляется с заказного стола на междугородные. От распределительного стола начинает свой путь т. н. электрокурьер для разноски ярлыков по соотв. междугород. коммутаторам. Над всеми коммутаторами проложен рельсовый путь и по нему идет тележка электрокурьера. Каждые 2—3 рабочих места имеют приемную трубу с воронкой в верхнем конце. В эти воронки электрокурьер сбрасывает свернутые в трубочку ярлыки, причем скидывание происходит автоматически благодаря работе реле электрокурьера, включающихся от пружинных контактов, установленных возле воронок. Пуск в ход электрокурьера производится одной кнопкой, вся же остальная работа и возвращение на место происходят автоматически, причем электрокурьер немедленно возвращается обратно, как только сброшены все ярлыки, вне зависимости от того, пройден ли весь путь или же только часть его.

Справочный стол поставлен в центре коммутаторного зала, а телеграфные столы расположены возле тех междугородных коммутаторов, где находятся обслуживаемые ими сообщения. Применявшаяся ранее электрич. схема стола заказов—ламповый вызов и ответ шнуром без ключа—затрудняла нормальную работу при большом количестве рабочих мест, и в настоящее время схема видоизменена следующим образом: ламповый сигнал загорается только на свободном рабочем месте; если же все рабочие места заняты, сигнал вызова появляется на всех рабочих местах и у старшей телефонистки. Во избежание попадания вызывного тока в телефон телефонистки преждевременно, так что последняя ответит, не дожидаясь прекращения вызова, появление сигнала происходит только после окончания посылки вызова. Для передачи прямых абонентов на справочный стол шнуры заказного стола дополнены вторым штепселем и следовательно представляют собой нормальную шнуровую пару. Конструкция заказных столов двухсторонняя с транспортирующей лентой посредине. Заполненные ярлыки ленточным транспортером доставляются контрольному столу и после обработки другим транспортером передаются на распределительный пункт. Сюда же по пневматич. почте доставляются ярлыки заказов из переговорной станции, расположенной в этом же здании. Дежурная распределительного пункта рассортировывает ярлыки и рассылает их по соответствующим рабочим местам. Расположение коммутаторов следующее: первыми стоят т. наз. головные коммутаторы, а именно—транзитный стол, ночной стол и шнуровой переключатель, за ними идет ряд совершенно однотипных междугородных коммутаторов.

Схема междугородного коммутатора московской станции в части включения междугородной линии представляет собой следующее: линия оканчивается гнездом, плечом и штепселем, и т. о. ответ по междугородной линии возможен непосредственно по ключу без предварительных манипуляций. Заблаговременная подготовка абонентов возможна только путем использования запасных пар, причем в этом случае при выполнении соединения используется линейное гнездо. Выключение основного шнура происходит автоматически в линейном гнезде. В настоящее время эта схема видоизменяется т. о., что каждая линия оканчивается двумя шнурами, разделенными кнопкой. Следовательно в то время как по одному шнуру идет разговор, по другому шнуру м. б. подготовлено следующее соединение и процесс включения на междугородную линию нового абонента осуществляется весьма быстро нажатием или вытягиванием кнопки. Междугородные коммутаторы, имеющие включенными не более 2 линий на каждое рабочее место, получают по 4 шнура, и т. о. является возможность предварительной подготовки 3 абонентов на одно сообщение. Связь с городской станцией осуществляется через передаточный стол (установленный в одном из зал городской телефонной ручной станции) или через столы, установленные в узле городских автоматич. телефонных станций, и через соединительные кабельные линии, связывающие М. т. с. с городской телефонной станцией. Соединительные линии оканчиваются в гнездах многократного поля каждого междугородного коммутатора. Для служебной связи с транзитным столом и старшей телефонисткой междугородный коммутатор оборудован специальными кнопками с ламповой сигнализацией. Емкость междугородного коммутатора рассчитана на 4 линии, 8 шнуровых пар и 300 соединительных линий. 2 соседних рабочих места м. б. объединены для обслуживания 1 телефонисткой нажатием специальной кнопки.

Транзитный стол монтирован на 2 рабочих места, из к-рых каждое имеет по 2 шнуровых пары с усилителем и по 4 шнуровых пары без усилителя. Многократное поле междугородных цепей—общее для обоих рабочих мест. При подготовке нужного соединения транзитная телефонистка пользуется специальными подготовочными шнурами (по 4 на рабочее место) и о состоянии линии судят

по сигнальным лампам, соответствующим шнурам. В случае соединения через усилитель транзитная телефонистка производит необходимые включения и настройку, пользуясь балансными линиями, удлинителями, реостатами усиления и разными переключателями, расположенными частично в горизонтальной, частично в вертикальной плоскостях коммутатора. Транзитный стол имеет служебную связь со всеми междугородными коммутаторами, старшим персоналом и техником, обслуживающим усилители.

Ночной стол монтирован в трех коммутаторах. Первый из них представляет собой кнопочный коммутатор, предназначенный исключительно для переключения линий на два других коммутатора, представляющих собой рабочие места. Поле междугородных линий с ламповыми сигналами—общее для обоих рабочих мест, равно как и многократное поле соединительных линий и прямых абонентов. Кроме того на ночном столе монтированы рамки с гнездами и ламповыми сигналами для переключения на них части заказных линий при закрытии работы заказного стола. На каждом коммутаторе монтировано по 10 шнуровых пар нормальной схемы и одному шнуру для приема заказов. Шнуровой переключатель на два рабочих места имеет поле, соответствующее по емкости количеству гнезд междугородных коммутаторов, причем каждая линия имеет 3 гнезда: два для переключения цепей по рабочим местам междугородных коммутаторов и одно для подслушивания. Поле—общее на оба рабочих места. На каждом рабочем месте монтировано по 12 шнуровых пар для переключения линий, шнуров для передачи линий на радиовещательную установку, двумя шнурами для контроля непосредственно с шнурового переключателя и шнуром для передачи цепи на контрольный стол старшей телефонистки. Каждое рабочее место оборудовано служебной связью с кроссом, установкой радиовещания и высокой частоты.

Справочный стол монтирован на 4 рабочих места при 9 входящих линиях, оканчивающихся на каждом рабочем месте кнопкой и вызывной лампой. Нормально вызов загорается только у свободной телефонистки, но если все они заняты, то одновременно загорается на всех рабочих местах и тогда ответ возможен со стороны любой телефонистки. Для исходящей связи с городской станцией каждое рабочее место имеет самостоятельную линию и кроме того при помощи индукторной кнопки может быть послан вызов и по любой входящей линии.

Контрольный стол старшей телефонистки имеет связь со всеми рабочими местами коммутаторного зала. Каждое рабочее место оканчивается гнездом и лампой и т. о. осуществляется двухсторонняя связь с дежурными телефонистками и возможность контроля через подслушивание. Кроме того каждое рабочее место имеет на контрольном столе лампу, дублирующую работу его общевызывной лампы. Далее, контрольный стол имеет лампы, показывающие перегрузку на рабочих местах стола заказов и справочного, загорающихся в том случае, когда все телефонистки заняты и поступил еще один вызов. Оборудование автоматического распределения служебных линий имеет на контрольном столе сигнализацию, показывающую количество телефонисток на передаточном столе городской станции и перегрузку служебных линий по принципу, аналогичному столу заказов. Кроме того контрольный стол имеет служебную связь с технич. персоналом кросса и высокой частоты. Установка комплектов высокой частоты, приборов подтонального телеграфирования и усилителей радиовещательного узла произведена в одном зале.

Современные требования в пользовании телефонными магистралями для передачи программ радиовещания, проведения радиоперекличек и радиособраний предъявили большие требования к гибкости управления включением и переключением цепей в радиовещательном узле и возможной централизации управления. Эта задача разрешена применением 25 контактн. искателей вращательного типа, управляемых с пульта узла.

Ленинградская М.т. с., построенная ВЭО, имеет нек-рые характерные особенности. Например междугородные и пригородные линии имеют различн. схемы: междугородные линии прикреплены к определенным рабочим местам и не имеют многократного поля, а пригородные линии, разделенные на входящие и исходящие, имеют автоматич. распределение по свободным местам и многократное поле. При вызове со стороны входящей пригородной линии срабатывает искатель и передает линию на шнур свободного в данный момент рабочего места. В случае необходимости нажатием специальных кнопок входящие пригородные линии м. б. распределены и прикреплены к определенным рабочим местам. Любая входящая линия м. б. сделана исходящей. Многократное поле пригородных линий имеет гнезда с сигналами з а н я т о. Транзитные соединения без усилителя осуществляются междугородными телефонистками при помощи специальных соединительных линий. Особо оборудованный стол предупреждений для сообщений абонентам о наступающей очереди и закрепления абонентов за городской станцией в связи с введением обслуживания, построенного на применении метода предварительной подготовки абонента междугородной телефонисткой, не употребляется. Прямые абоненты М. т. с., расположенные в черте города, работают по системе центральной батареи (Ц. Б.). Обслуживание абонентов местной переговорной станции производится на специальном коммутаторе будок, установленном в коммутаторном зале. Связь с каждой переговорной станцией производится по служебным линиям. Конструкция коммутаторов не приспособлена к междугородному обслуживанию, а в расположении всей аппаратуры зала отсутствует определенная система, основанная на взаимной связи коммутаторов между собой. Кросс ленинградской М. т. с. имеет проверочные гнезда в чистой линии и оборудован сигнализацией поврежденных линий и измерительным столом для испытания линий. Остальные М. т. с. СССР имеют случайное оборудование и рассмотрение их не представляет технического интереса.

Из иностранных систем М. т. с. представляет интерес так назыв. мангеймская система. В процессе предварительного проектирования берлинской М. т. с., емкостью на 2 000 линий, были обнаружены, с одной стороны, большие технические трудности в оборудовании такой станции прежними методами, с другой стороны, возбуждала сомнение экономичность их применения в больших масштабах. Произведенные исследования привели к заключению, что многократное включение всех соединительных и междугородных линий по рабочим местам было бы весьма трудно выполнимо при современных требованиях к качеству речи, т. к. вносило большое затухание и кроме того совершенно неэкономично. Путь к устранению указанных недостатков наметился в применении искателей (системы АТС) и к детальной разработке новой системы были привлечены соответствующие группы почтово-телеграфного управления и фирмы Сименс и Гальске и Цвитуш. В качестве опытной постройки была намечена М. т. с. в Мангейме, к-рая была закончена осенью 1926 года. Берлинская М. т. с. закончена постройкой в 1929 г. и за небольшими исключениями повторяет мангеймскую схему, только в большем масштабе. Как уже было указано выше, предварительное проектирование берлинской М. т. с. выявило, с одной стороны, технич. трудности оборудования многократным полем большого количества рабочих мест, гл. обр. в части потерь на качестве разговора, и, с другой стороны, громадную стоимость монтажа многократного поля. Единственным решением обоих вопросов оказалось применение искателей, причем необходимость введения в схему станций искателей естественно привела к требованию выполнения всех соединений при помощи искателей, освободив рабочее место от штепселей и шнуров. Управление работой искателей производится посредством нормальных номерных дисков, установленных на рабочих местах. Отсутствие многократного поля позволило отказаться от обычного типа коммутатора в виде шкафа и разработать междугородные коммутаторы в виде несколько наклонных столов, где все управление сосредоточено только в горизонтальной плоскости.

Стоимость сооружения М. т. с. по мангеймской системе будет выше обычной станции с многократным полем, если количество рабочих мест менее 170, причем главные расходы падают на искатели. При числе рабочих мест больше 170 мангеймская система будет дешевле, т. к. в обычной станции сильно возрастают расходы на многократное поле и коммутаторы, к-рые дороже мангеймских столов. Эксплоатационные расходы на содержание М. т. с. по майнгеймской системе ниже, т. к. производительность труда благодаря упрощению обслуживания выше обычной.

Лит.: Heldmach, Das neue Fernamt, «Europäischer Fernsprecherdienst», Berlin, 1929, H. 12—13; Kruckow A., Neue Wege beim Bau grosser Fernämter, «Telegraphen Fernsprecher Technik», B., 1929, *10*; Bock, Neuezeitliche Fernämter, ibidem, 1927, *7—9*; Dawidson, Toll Switchboard, «Bell System Technical Journal», N. Y., 1927, v. 6, *1*; Schreiber, Der Bau neuer Fernämter, «Telegraphen Praxis», Lübeck, 1925, *22*; Handwächerbuch d. elektrischen Fernmeldwesens, hrsg. v. E. Feyerabend, H. Heidecker, F. Breisig, B. 1—2, Berlin, 1929; Chamberlin, Advance Planning of the Telephon Toll Plant, «JAIEE», 1927, v. 46, *10*.

М. Насимов.

МЕЖЕННИЕ ВОДЫ, воды потоков в том состоянии, когда они питаются главн. обр. грунтовыми водами и запасами воды из болот и озер, а также небольшим количеством атмосферных осадков от обыкновенных дождей. Состояние реки, ручья и т. п., когда они несут только М. в., называется меженним состоянием, или меженью. М. в. характеризуются меженним горизонтом и меженним расходом. Под первым разумеют низкое положение уровня воды, соответствующее меженнему состоянию реки, отмечаемое по рейке водомерного поста. Меженним расходом называется расход в каком-либо сечении потока в единицу времени, соответствующий меженнему ее состоянию. Горизонт и расход М. в. зависят от условий речного питания, величины бассейна реки, рельефа местности, свойства почвы, климатич. и метеорологич. условий местности, от величины, количества и взаимного расстояния притоков, многоводности рек, продольного профиля и от ряда других факторов, влияющих на поверхностный и внутренний сток. У большинства рек Европ. части Союза меженние горизонты воды начинаются с июня или июля и продолжаются до осени, изредка прерываясь непродолжительными и невысокими подъемами уровня при паводках. Величина расхода М. в. весьма неодинакова для разных рек и в разных местах одной и той же реки. Обычно в практике гидротехнического строительства при характеристике рек и в частности меженнего расхода приводят отношение между наинизшим (меженним) и наивысшим расходом. Это отношение бывает меньшим для рек больших, протекающих по равнине, возрастает для малых рек и бывает наибольшим для горных рек; например на р. Волге, на участке ниже впадения р. Шексны, оно равняется 1 : 28; на участке ниже впадения р. Оки 1 : 21; на участке ниже впадения р. Камы 1 : 15; на р. Днепре, у Днепропетровска 1 : 50. От меженнего горизонта (м. г.) следует отличать обыкновенный, бытовой, горизонт (б. г.) и промышленный (п. г.). Под обыкновенным горизонтом разумеют горизонт, длительность которого составляет 50% всего времени рассматриваемого периода, под бытовым—самый продолжительный из низких (меженних) стояний воды на одном уровне, под промышленным—уровень воды, ниже к-рого вода движется не более 10 дней в году.

Лит.: Кандиба Б. Н., Регулирование рек, Л., 1927; Глушков В. Г., К вопросу о характеристике режима рек вообще и уровня их в частности, П., 1915.

А. Каабугин.

МЕЗДРЕНИЕ, см. *Кожевенное производство*.

МЕЛ, землистая, мягкая, рыхлая разность одного из наиболее распространенных в земной коре минералов—кальцита. Цвет М. снежнобелый, сероватый или желтоватый. По своему химич. составу М. представляет почти чистую углекислую известь ($CaCO_3$). В микроскопическом строении М. главную роль играют скорлупки корненожек и мельчайшие кокколиты (в форме зерен), а также

иглы кремневых губок, скелеты радиолярий и скорлупки диатомовых водорослей; кроме того М. содержит зерна кварца, полевого шпата и других минералов. Отличительной особенностью белого М. являются кремневые стяжения, рассеянные в нем. Многие из окаменелостей, находимых в М., подтверждают глубоководное его происхождение. М. образует в природе мощные массы, отличающиеся отсутствием слоистости.

М. встречается во многих местах в Сев. Германии, Сев. Франции и Англии, в Сирии, Аравии, Ливийской пустыне. В СССР наиболее известны меловые горы под Белгородом (по С. Донцу); славятся своей красотой т. н. «Святые горы», недалеко от г. Изюма, и «Дивные горы» у ст. Лиски, при впадении р. Тихой Сосны в Дон. На юго-западе в Волынском округе М. особенно богат желваками кремния. По Волге белый М. образует верхние части береговых возвышенностей у Симбирска, между Криушами и Сенгилеем, у Хвалынска, у Саратова. М. развит по юго-восточному склону Общего Сырта (доходит до Уральска и истоков р. Самары), в области р. Эмбы и Усть-Урта, к северу от Орска и по р. Аяту (приток Тобола).

Применение М. довольно разнообразно. Как пишущий материал М. применяется в кусках; он должен иметь совершенно белый цвет, без желтизны; все твердые части, содержащиеся в нем, удаляются отмучиванием. При приготовлении минеральных вод М. применяется для газирования их. Очищенный порошок М. идет для приготовления зубного порошка; для замазки применяют тонкий порошок М. совершенно белого цвета, причем мел с содержанием $CaCO_3$ в 95% считается вполне удовлетворительным, не допускаются только примеси посторонних органических веществ. В малярном деле М. употребляется при клеевой окраске внутренних помещений, для побелки потолков, подгрунтовки под все колера и для разбела прочих окрасок, а также для приготовления шпаклевок. Оконная замазка приготовляется из М. с олифой, подмазочным лаком или жидким клеем и употребляется для выравнивания поверхности под окраску.

Лит.: Богданович К., Каменностроительные материалы, СПБ, 1913; Заварицкий А., Описательная петрография, ч. 2—Осадочные породы, Л., 1926; Терлецкий Б., Залежи белого мела в Слуцком и других округах БССР, Минск, 1925; Федоровский Н. М., Минералы в промышленности и сел. х-ве, 2 изд., Л., 1927; Химико-технич. справ. Ископаемое сырье, ч. 1, вып. 2—Ископаемое сырье по экон. обл. СССР, Л., 1925; Howe J. A., The Geol. of Building Stones, L., 1910; Hermann O., Steinbruchindustrie u. Steinbruchgeologie, 2 Aufl., B., 1916; Ladoo K., Non Metallic Minerals, N. Y., 1925; Spurr J. E. a. Wormser F., Marketing of Metals a. Minerals, N. Y., 1925. **Н. Федоровский.**

МЕЛАССА, см. *Патока* и *Сахарное производство*.

МЕЛИНИТ, см. *Пикриновая кислота*.

МЕЛИОРАЦИЯ, всякого рода земельные улучшения, так или иначе связанные с изменением природных условий ведения с. х. Сюда относятся: а) искусственное орошение засушливых земель; б) осушение земель чрезмерно влажных и заболоченных; в) регулирование рек для впуска в них осушительных канав или для защиты от наводнений; г) обвалование и улучшение плавневых земель в поймах рек; д) закрепление действующих оврагов; е) закрепление сыпучих песков; ж) последующие после гидротехнических мероприятий приемы культуртехническ. работ (корчевание пней, оборот пласта и проч.), окончательно подготовляющие мелиорированные земли к сел.-хоз. эксплоатации, и з) сельское водоснабжение, или обводнение, дающее возможность вести хозяйство на землях, лишенных естественной влаги для питания человека и сел.-хоз. животных. Мелиоративные работы по сравнению с другими с.-х. работами имеют значительные особенности. Прежде всего они обходятся гораздо дороже обыкновенных с.-х. работ, затраты на них окупаются только по истечении ряда лет, результаты их остаются на многие годы, производить их приходится сразу на больших площадях с затратой крупных средств и кроме того они обыкновенно затрагивают интересы многих хозяйств. Поэтому в мелиоративных работах обыкновенно бывают заинтересованы не только отдельные хозяйства, но и б. или м. значительные группы их, целые районы и даже государства. В виду вышесказанного мелиоративные работы м. б. разделены на три группы: 1) производимые единичными силами отдельных лиц в пределах одного хозяйства; 2) производимые совокупными усилиями групп земледельцев известной местности при прямом или косвенном содействии государства; 3) производимые в видах общественного блага самим государством или по его принуждению.

Мелиоративное дело с давних времен интересовало наиболее культурные страны и привлекало внимание их правительств. В первую пору мелиоративной деятельности правительства большинства з.-европ. государств брали выполнение М. на себя, но с половины 19 в., по мере развития кооперации, деятельность правительств в деле с.-х. М. начинает уступать деятельности самого кооперированного населения, роль же правительств сводится к принятию мер для создания дешевого кредита, организации кооперативных объединений (мелиоративных товариществ) и пр. В результате мелиоративное дело почти во всех зап.-европ. государствах получило чрезвычайно широкое развитие. В США, где мелиоративное дело развилось еще более значительно, эти работы первоначально организовывались самими земледельцами, товариществами их, частными компаниями и муниципальными организациями. Только с 1902 г. мелиоративные работы в США (главн. обр. оросительные) стало производить само правительство. Это было вызвано необходимостью колонизировать обширные пространства пустынных государственных земель в зап. части страны, для М. к-рых требуются крупные технич. сооружения и затраты. После колонизации все заведывание мелиоративными системами переходит в руки кооперативных организаций—водных товариществ и товариществ водопользователей. В результате в США к 1920 г. было мелиорировано 14 807 564 *га* при помощи оросительных работ и 26 656 480 *га*—при помощи работ осушительных. Наиболее важное значение в развитии мелио-

ративного дела за границей получил мелиоративный кредит, организованный как правительственными кредитными учреждениями, так и частными банками.

К мелиоративным работам в России впервые было приступлено в окрестностях СПБ для осушения болот с санитарными целями в 1818 г. В 1850 г. возник вопрос об осушении больших пространств заболоченных лугов. В 1870 г. правительством были организованы две экспедиции для осушения болот—«западная» и «северная». Несколько позднее была образована экспедиция «по орошению на юге России и Кавказе». Наиболее продуктивными оказались работы экспедиций осушительных. За 28 лет их существования было осушено 1 036 820 *га* болот, причем все эти осушительные работы оказались в высшей степени рентабельными. Можно считать, что за время с 1873 по 1916 г. в России было мелиорировано (осушено и орошено) в общей сложности ок. $1^1/_2$ млн. *га* земель, не считая произведенных многочисленных изысканий и исследований. Одной из главных причин такого относительно слабого развития мелиоративного дела в дореволюционной России являлось отсутствие в русском законодательстве принципа кооперирования населения для производства мелиоративных работ.

Мелиоративные потребности СССР чрезвычайно велики. Они вызываются, во-первых, климатическ. и другими естественными особенностями земель, а во-вторых, наследием неблагоприятных бытовых условий ведения с. х. в старой России. Прежде всего необходимо отметить засушливость климата большей части земель СССР, вследствие чего на первом месте стоит потребность в искусственном орошении, или *ирригации* (см.). Орошение является полной необходимостью для ведения с. х. в среднеазиатских республиках (бывш. Туркестан), в ю. части Казакстана, в Азербайджане и Армении и в предгорных частях Сев. Кавказа и Крыма. В Ср. Азии и Закавказьи работами местного населения до революции было орошено около 5 млн. *га*, т. е. лишь 1,8% общей площади земель этих стран. Представляется возможным оросить здесь еще не менее 7 млн. *га* лучших хлопковых земель, могущих снабжать все текстильные фабрики Союза необходимым волокном. Средняя стоимость устройства искусственного орошения в этих местностях составляет 200—300 руб. на *га*; насколько быстро эта затрата окупается, видно из того, что 1 *га* орошенной земли даже при самых отсталых способах обработки земли дает в среднем 982 *кг* сырцового волокна, расцениваемого в настоящее время по 30 к. за *кг*. Желательно искусственное орошение также в полузасушливых степях Поволжья, восточной части Сев. Кавказа, на юге Украины, в большей части Казакстана и в нек-рых местах Зап. Сибири. На этих землях требуется орошение не сплошное, а отдельными небольшими оазисами для культур особенно влаголюбивых, каковы: овощи, картофель, кормовые травы и фруктовые сады. Такое орошение дает разнообразие культур и является гарантийным в те засушливые годы, когда основные культуры—зерновые хлеба, выращиваемые при помощи сухого земледелия,—не удаются. В то время как в Средней Азии или Азербайджане орошение осуществляется путем вывода воды самотеком из рек, здесь оно в большинстве случаев требует различных водоподъемных приспособлений в виде *насосов* (см.), *чигирей* (см.), *норий* (см.), ветряков (см. *Ветряные двигатели*) и проч.

Осушительные М. требуются в следующих местностях Союза: в зап., сев.-зап. и центральных районах РСФСР, в сев. районах Украины и в Белоруссии. Значительные заболоченные пространства этих местностей представляют собою т. н. низинные травяные *болота* (см.), к-рые м. б. обращены в высокоценные сел.-хоз. угодья—луга и пашни, легко дающие до 5 500 *кг* сена и до 1 900 *кг* зерна с 1 *га*. Таких болот в первую очередь требуется мелиорировать более 3 400 000 *га*. Другие из болотных массивов (болота высокие, или моховые) представляют собою огромную ценность в смысле горючего материала—торфа, запасов которого в Европейской части СССР около 60 млрд. *т*. Для осуществления осушительных работ необходимо прежде всего хорошее состояние «водоприемников», т. е. речек и рек, в к-рые м. б. спущены излишние воды с осушаемых угодий. Между тем в громадном большинстве случаев реки и речки во влажных и лесистых местностях Союза не только не подготовлены для приема осупительных вод, но вследствие своей засоренности и неурегулированности часто сами являются причинами заболачивания. Так. обр. для осуществления больших осушительных работ прежде всего необходимо производство работ по расчистке и урегулированию водоприемников. Такие работы важны не только для мелиоративных целей,—они чрезвычайно важны также для возможности использования речек и рек для сплава леса, являющегося главным богатством сев. и сев.-зап. местностей Союза. Объем этих М. определяется примерно в 4 500 *км* рек, требующих урегулирования. Заболоченные пространства встречаются не только в местностях достаточного увлажнения, их не мало также и в засушливых южных местностях, главн. обр. в низовьях больших рек (плавни, гирла). Так, плавневые земли дельты Волги занимают площадь более 1 млн. *га*, Кубани—сотни тысяч *га*. Много плавневых земель имеется также в низовьях Днепра, Дона, Терека и других рек. Плавневые земли требуют особой мелиорации, заключающейся в защите их от разливов рек (обвалование), осушении и, если климат засушлив, в искусственном орошении. Стоимость плавневых М. составляет обыкновенно от 100 до 200 руб. на 1 *га*, что вполне окупается рентабельностью таких мелиорированных земель, могущих быть использованными в южн. местностях под огороды, фруктовые сады, рисовые посевы и пр.

Помимо земель засушливых и болотистых СССР обладает обширными площадями земель овражистых и песчаных, требующих оврагоукрепительных и пескоукрепительных работ. Овраги укрепляются частью при помощи устройства лотков и запруд, регулирующих сток воды и препятствующих раз-

мывам, а частью при помощи лесных посадок, укрепляющих почву оврагов. Всего в первую очередь необходимо закрепить в Европейской части Союза не менее 22 000 оврагов. Борьба с песками заключается главным образом в остановке их летучести путем посадки шелюги и др. ивовых пород, после чего переходят к посадке сосны, разведению виноградников и фруктовых садов. В засушливых местностях к этому присоединяется искусственное орошение, а если имеется источник мутной воды, то и кольматаж, т. е. заиление песков, превращение их в более плотную почву. Всего песков в Европейской части Союза числится около 10 млн. *га*, причем площадь их постепенно увеличивается.

Кроме перечисленных мелиоративных вопросов чрезвычайно большое значение для СССР имеет вопрос сельского водоснабжения, к-рое в с.-х. местностях находится в самом плохом состоянии, вызывая чрезмерную заболеваемость и смертность населения и малую доходность хозяйства. К работам по сельскому водоснабжению прежде всего относятся розыск воды при помощи гидрогеологич. обследований и бурения, устройство копаных и трубчатых колодцев и, в том случае когда подземной воды найти не удается, устройство прудов, собирающих снеговую воду.

Основной мелиоративной политикой советского правительства является производство мелиоративных работ для крупных советских хозяйств (совхозов) на государственные средства и наивозможно широкое привлечение к работам по мелиорации самого населения при помощи коллективизации (колхозы) и организации его в кооперативы—мелиоративные товарищества. До революции в России мелиоративных товариществ, столь развитых в Западной Европе и в США, не было совершенно, как не было и законодательства, поощряющего их образование. Впервые соответствующие правила для образования таких товариществ были изданы в 1919 г. В общей сложности всех мелиоративных работ, выполненных мелиоративными товариществами, вместе с работами государственными за 5 лет (1920—25 гг.) было произведено: осушено 235 400 *га*, орошено 143 000 *га* и обводнено (устроено водоснабжение) 11 400 000 *га*. Т. к. кооперативные организации и колхозы м. б. заинтересованы в производстве М. только непосредственно на землях, находящихся в пользовании их членов, то государству приходится брать на себя производство нек-рых общих, часто весьма обширных работ, подготовляющих и облегчающих работы населения. К работам, производимым на средства государства, относятся: научно-опытные исследовательские работы, производство всякого рода изысканий на обширных площадях, работы по регулированию водоприемников, проведение магистральных каналов, возведение больших плотин и других сооружений и пр. Особенно крупные средства приходится затрачивать государству по линии М. в среднеазиатских республиках и Закавказьи на производство ирригационных работ в целях развития хлопководства. За минувшее пятилетие 1923—28 гг. на ирригационные работы в Ср. Азии было затрачено одних государственных средств, не считая труда населения в виде натуральной повинности, ок. 92 млн. руб., из к-рых 42 млн.—на строительство, 16 млн.—на изыскания и исследования, 16 млн.—на административные расходы и содержание аппарата, 8,6 млн.—на эксплоатацию, 4,6 млн.—на научные, исследовательские и опытные работы и 5,2 млн.—на прочие расходы. В результате этих затрат, а также и общего народнохозяйственного подъема страны общая поливная площадь среднеазиатских республик, сократившаяся во время гражданской войны и хозяйственной разрухи почти на 50%, к 1928 году составила 85% довоенной, хлопковая же площадь, сократившаяся почти в 10 раз, уже превзошла довоенную.

Лит.: Каценельбаум З. О., Мелиорации, мелиоративные товарищества и мелиоративный кредит, Москва, 1923; Костяков А. Н., Перспективы мелиорации в СССР, М., 1925; его же, Основы мелиорации, Москва, 1927; Скорняков Е. Е. и Железнов М. М., Анализ статистич. данных по искусств. орошению и осушительным работам в США, М., 1925.

МЕЛЬНИЦА, специальное оборудование для раздробления и измельчения в порошкообразное состояние того или иного материала. Мельничные оборудования м. б. чрезвычайно разнообразны—от простой ручной машинки (напр. кофейная М.) до комплекса б. или м. сложных машин (напр. паровая мукомольная М.). В промышленности применение мельничных установок разносторонне. См. *Ветряная мельница, Водяная мельница, Вальцовые станки, Дезинтегратор, Коллоидные мельницы, Мукомольная мельница, Топливо* пылевидное, *Шаровая мельница.*

МЕЛЬХИОР, сплав меди, цинка и никеля с незначительными примесями железа, олова и свинца (67—65% Cu; 13,5% Zn; 13—19% Ni; 0,5—3,2% Fe); одна из разновидностей *нейзильбера* (см.).

МЕМБРАНА, диафрагма, очень тонкая и совершенно гибкая пленка, растянутая между какими-нибудь опорами. М. может быть закреплена по некоторой замкнутой пространственной или плоской кривой, или частично по некоторым линиям, или в нескольких точках (минимум трех). Натяжение τ М. на 1 $см^2$ м. б. различно в различных точках. Практически интересен и особенно полно разработан случай плоской М. с равномерным натяжением τ повсей поверхности (см. статью *Граммофон*; натяжение там обозначено p и названо модулем упругости). В противоположность мембране, под пластинкой подразумевается плоское тело произвольного контура и некоторой толщины d, обладающее некоторой жесткостью, т. е. сопротивляющееся изгибу. Коэф-т жесткости пластинки $N=\frac{Ed^3}{12s(1-\mu^2)}$, где E—модуль Юнга, s—плотность и μ—коэф-т Пуассона.

Практически М. и пластинку трудно разграничить, ибо существует довольно постепенный переход от совершенных М. (мыльный пузырь, резиновая пленка) через М. с малой жесткостью (бумага, кожа, ткани, тонкие листки металла) к пластинкам в буквальном смысле слова (металлические и де-

ревянные пластинки, как то: деки музыкальных инструментов, гонги, «мембраны» электроакустических излучателей). Общепринятое название «мембрана» телефона, микрофона или граммофона, строго говоря, не точно, т. к. здесь мы имеем дело с пластинками довольно значительной жесткости. Закрепление пластинок м. б. различных родов: 1) неподвижное закрепление по замкнутой кривой, ограничивающей пластинку (напр. прочный зажим по окружности), или неподвижное же закрепление, но частичное по нек-рым незамкнутым линиям (напр. две стороны прямоугольника); 2) закрепление, подобное первому, но оставляющее свободу вращения около граничных линий (свободно опертые пластинки); 3) закрепление в одной или нескольких точках или областях конечной площади и наконец 4) совершенно свободная пластинка (практически трудно осуществимый случай).

Уравнение колебаний М. [1]. Большой практический интерес представляют поперечные колебания М., находящейся под действием равномерного натяжения τ на 1 $см^2$. Если через w обозначить смещение М. от плоскости равновесия (x, y), а через $\psi(x, y, t)$ вынуждающую силу на 1 $см^2$ поверхности М., то для случая малых колебаний зависимость смещения w от x, y и времени t определится диференциальным уравнением:

$$s' \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \tau \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) + \psi(x, y, t), \qquad (1)$$

где s'—масса 1 $см^2$ поверхности М. Силы трения в этом уравнении не учтены. Величина $c = \sqrt{\frac{\tau}{s'}}$ определяет скорость распространения поперечных волн по М. Для случая собственных периодических колебаний М. (с круговой частотой ω) получается, полагая $\psi(x, y, t) = 0$, уравнение:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \varkappa^2 w = 0, \qquad (2)$$

где $\varkappa = \frac{\omega}{c}$. В полярных координатах (r и φ) уравнение это примет вид:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 w}{\partial \varphi^2} + \varkappa^2 w = 0. \qquad (3)$$

Для случая статической нагрузки М. мы получим диференциальное уравнение упругой поверхности, полагая $\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0$:

$$\tau \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) + \psi(x, y) = 0 \qquad (4)$$

или в полярных координатах для случая равномерной нагрузки P на 1 $см^2$:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial w}{\partial r} = \frac{P}{\tau}. \qquad (5)$$

Прямоугольная и квадратная М. [1]. Общее решение ур-ия (2) для собственных колебаний прямоугольной мембраны со сторонами: a по оси x и b по оси y имеет вид:

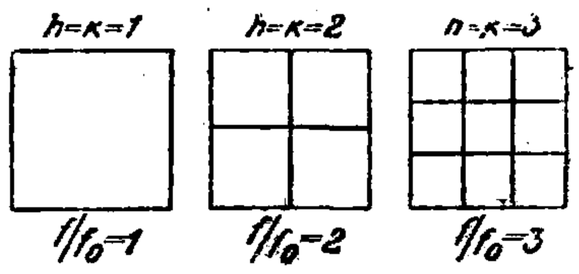
$$w = \sum_{h=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} (A_{hk} \cos \omega_{hk} t + B_{hk} \sin \omega_{hk} t) \sin \frac{h\pi x}{a} \cdot \sin \frac{k\pi y}{b}. \qquad (6)$$

Круговая частота ω_{hk} обертона порядка h, k выражается следующей формулой:

$$\omega_{hk} = c\pi \sqrt{\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2}}. \qquad (7)$$

Суммирование производится два раза, а именно при каждом данном h производится суммирование по k от 1 до ∞ и затем все эти выражения суммируются при значениях h от 1 до ∞. Постоянные A и B определяются из начальной формы М. при $t = 0$ и из пограничных условий.

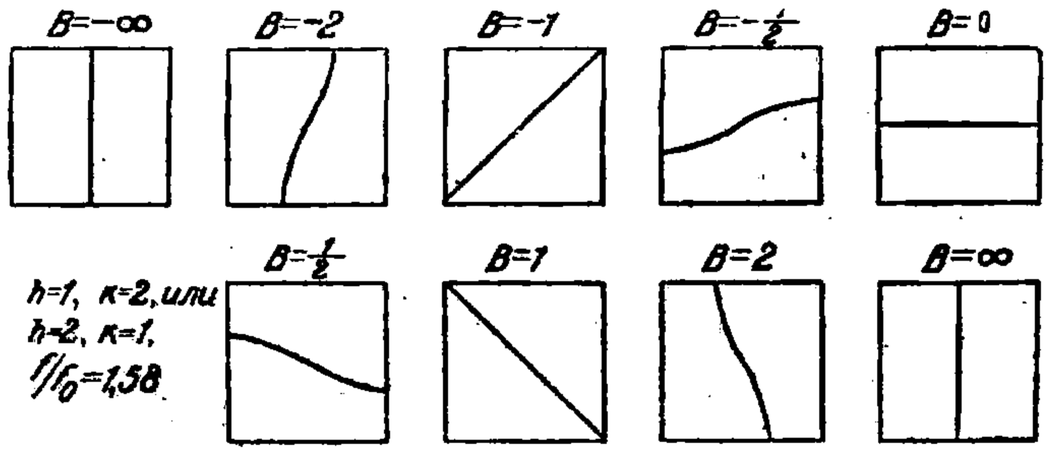
Если стороны a и b несоизмеримы, то при данных h и k каждый из множителей $\sin \frac{h\pi x}{a}$ и $\sin \frac{k\pi y}{b}$ обращается в нуль при значениях координаты $x = a \cdot \frac{n}{h}$ $(n = 1, 2, \ldots, h)$ или $y = b \cdot \frac{n}{k}$ $(n = 1, 2, \ldots, k)$. При этих значениях x и y получаются линии покоя, или узловые линии, параллельные сторонам прямоугольника. Если a и b соизмеримы, то могут возникать узловые линии более сложной формы. Этот случай резко выступает при $a = b$, т. е. в квадратной мембране. В случае квадрата



Фиг. 1. Фиг. 2. Фиг. 3.

$$\omega_{hk} = \frac{\pi c}{a} \sqrt{h^2 + k^2}, \qquad (7')$$

откуда очевидно, что частота не меняется при перестановке чисел h и k; однако для решения w_{hk} и w_{kh} получаются два различных выражения, налагающихся друг на друга. Подобные тоны М. носят название двойных тонов. Форма узловых линий для случая $h = k = 1$; $h = k = 2$; $h = k = 3$ дана на фиг. 1, 2 и 3; в этих случаях h и k показывают число стоячих полуволн в направлении оси x и оси y. Для случая $h = 1$, $k = 2$ или $h = 2$, $k = 1$ получается одинаковая частота: $\omega_{12} = \omega_{21} = \frac{\pi c}{a} \sqrt{5}$, в $\sqrt{\frac{5}{2}}$ раз бо́льшая, чем для основного тона ω_{11}. В этом случае две серии колебаний ω_{12} и ω_{21} налагаются друг на друга и выражение для w при частоте ω_{12} м. б. приведено к виду:

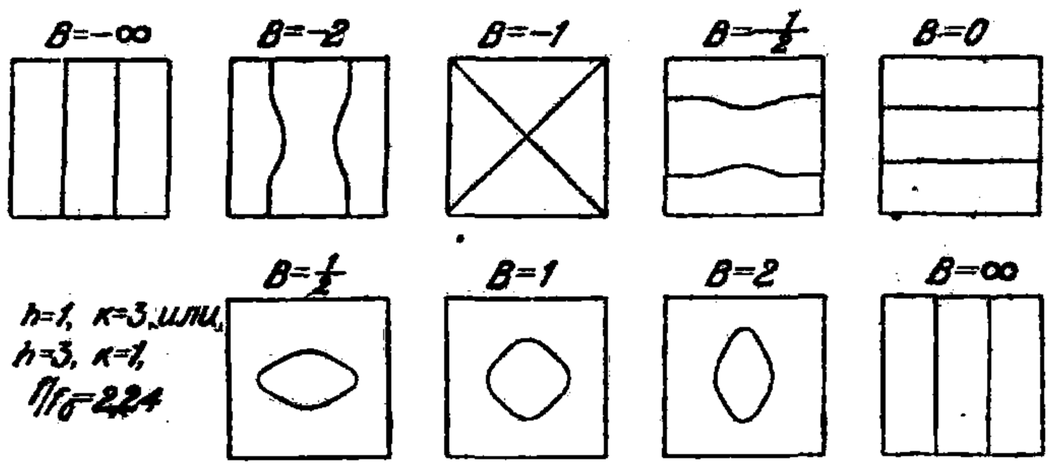


Фиг. 4.

$$w = A \sin \frac{\pi x}{a} \cdot \sin \frac{\pi y}{a} [\sin (\omega_{12} t + \vartheta_{12}) + B \sin (\omega_{12} + \vartheta_{21})], \qquad (8)$$

где B—отношение амплитуд колебаний $\frac{A_{21}}{A_{12}}$. Уравнение узловой линии получим, приравнивая нулю выражение в скобках. Только при $\vartheta_{21} = \vartheta_{12}$ или $\vartheta_{21} = \vartheta_{12} + \pi$ ур-ие узловой линии не содержит время t и получаются устойчивые узловые линии (фиг. 4 и 5).

В общем же случае узловая линия в течение периода изменяет свой вид, проходя через все формы, указанные на фиг. 4, и единственной точкой покоя (узел) является центр. Картина узловых линий для



Фиг. 5.

двойного тона, при $h=1$ и при $k=3$ или при $h=3$ и $k=1$, дана на фиг. 5. В табл. 1 дается сводка [4] обертонов квадратной М. в первых трех октавах, принимая высоту основного тона за 1.

Табл. 1.—Обертоны квадратной М. в первых трех (I, II, III) октавах.

I	II		III			
1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	6,000	7,000
1,581	2,236	3,162	4,123	5,099	6,042	7,071
	2,550	3,536	4,301	5,148	6,083	7,106
		3,606	4,472	5,385	6,325	7,211
		3,808	4,528	5,523	6,403	7,280
			4,743	5,701	6,519	7,382
				5,831	6,671	7,517
					6,708	7,616
					6,964	7,649
						7,810
						7,906

Круглая М. Отдельные члены решения ур-ия (3) для круглой М. (см. *Граммофон*) [1] даются выражением:

$$w = A_h \sin(h\varphi + \varphi_0)\,[I_h(\varkappa r) + \lambda_h N_h(\varkappa r)] \sin(\varkappa c t + \vartheta), \qquad (9)$$

где I_h и N_h—бесселева и нейманова цилиндрические ф-ии порядка h. Общее решение представится суммой членов типа (9). Члены, содержащие функцию N_h, могут входить только для случая кольцевой М.; для круговой М. параметр λ д. б. равен нулю. Постоянные A_p, λ_p, $\varkappa$ и φ_0 определяются из граничных условий и начальной формы М.; число h определяет число узловых диаметров (см. *Граммофон*, фиг. 10); при данном h параметр частоты $\varkappa$ может иметь целый ряд значений в зависимости от числа (внутренних) узловых кругов p. Важный практич. случай колебания М., зажатой по окружности радиуса R и не имеющей узловых диаметров, соответствует $h=0$, $\lambda=0$, и ур-ие колебаний принимает вид:

$$w = \sum_{\varkappa} A I_0(\varkappa r) \sin(\varkappa c t + \vartheta), \qquad (10)$$

причем $\varkappa$ принимает следующий ряд значений [2]:

$$\varkappa_1 = \frac{2{,}405}{R};\ \varkappa_2 = \frac{5{,}52}{R};\ \varkappa_3 = \frac{8{,}65}{R} \text{ и т. д.}$$

Форма М. при колебаниях (при трех первых значениях параметра $\varkappa$) приведена на фиг. 6. Колебание при основном тоне ($\varkappa_1$), как видно из чертежа, очень близко к форме упругой поверхности М. при статической равномерной нагрузке P на 1 $см^2$; в этом последнем случае из ур-ия (5) получается ур-ие упругой поверхности:

$$w = A\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right), \qquad (11)$$

где

$$A = \frac{PR^2}{4\tau}.$$

Период основного колебания круглой М. равен

$$f_1 = \frac{\varkappa_1}{2\pi c} = \frac{\varkappa_1}{2\pi}\sqrt{\frac{\tau}{s'}} = \frac{1{,}20}{\pi R}\sqrt{\frac{\tau}{s'}}. \qquad (12)$$

При наличии коэф-та трения δ (на 1 $см^2$) высота основного тона

$$f_1 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{\varkappa_1^2\tau}{s'} - \left(\frac{\delta}{2s'}\right)^2}. \qquad (12')$$

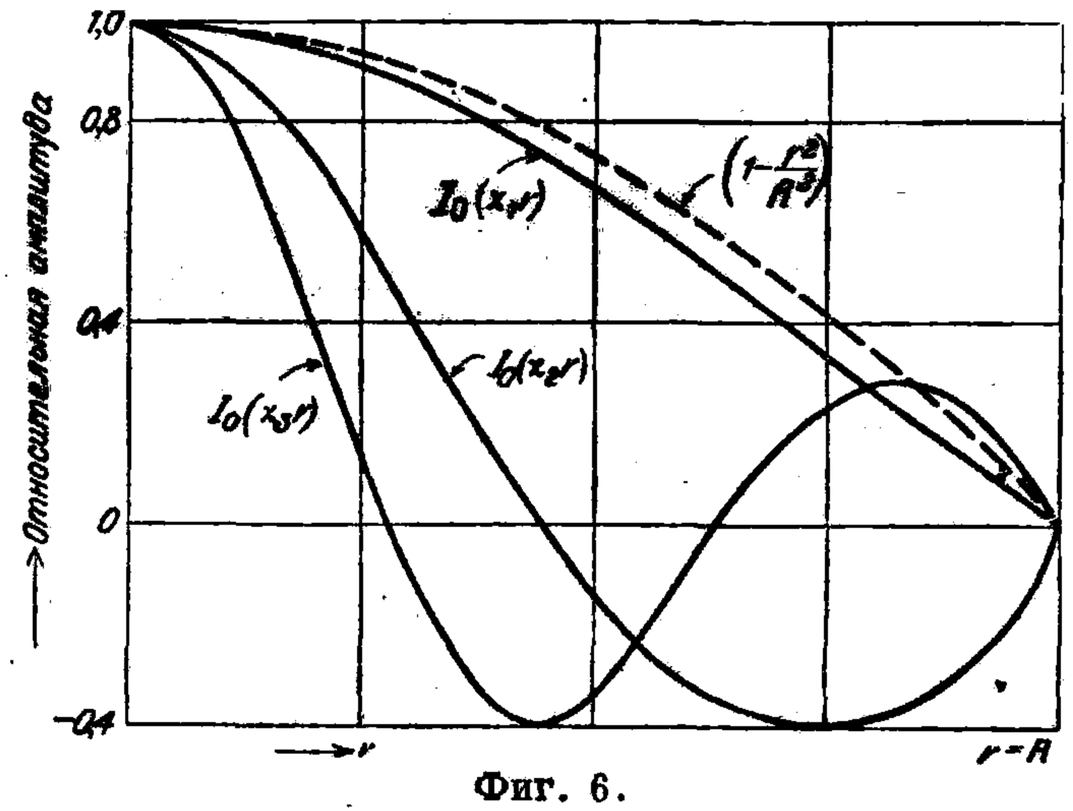
Высоты обертонов в первых трех октавах даны в табл. 2, причем высота основного тона принята за 1.

Табл. 2.—Высоты собств. тонов круглой М. в первых трех октавах (I, II, III).

I	II		III			
1,00	2,13	3,15	4,06	5,07	6,02	7,06
1,58	2,29	3,50	4,15	5,12	6,15	7,18
	2,65	3,60	4,22	5,42	6,154	7,31
	2,92	3,65	4,60	5,53	6,21	7,40
			4,61	5,54	6,48	7,46
			4,83	5,66	6,52	7,50
			4,90	5,97	6,67	7,60
					6,74	7,66
					6,83	7,86
					6,94	7,89

Плоские М. более сложной формы. Имеются теоретич. исследования М. кольцевых, эллиптических, параболических, секторовидных [3]. Гельмгольц применил теорию секторовидной М. к исследованию колебаний «основной» М. лабиринта уха [4].

Применения М. Благодаря легкости М. обладают большим коэф-том затухания,



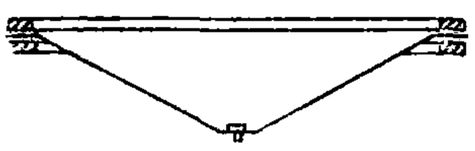
Фиг. 6.

что обусловливает размытость резонансной кривой. При частотах значительно ниже основного тона М. дают относительно одинаковую амплитуду под действием вынуждающей силы любой частоты. Для конденсаторного *микрофона* (см.), сконструированного Венте [5], применяется напр. М., настроенная выше 16 000 колебаний в ск., и поэтому все частоты в области речи и музыки передаются микрофоном почти без искажения. М. применяются в целом ряде звукоприемников,

например: фонодейк Миллера [6], мембраны военных звукометрических станций и др. В музыкальных инструментах М. применяется в барабане (кожа). Барабанная перепонка уха есть М., близкая к конической форме, причем натяжение ее неравномерно, в виду чего законы ее колебания весьма сложны [4].

Поршневая М. [7]. Под этим названием подразумевают плоский, совершенно негибкий поршень, колебания к-рого происходят в направлении нормали к его поверхности, причем он движется весь как одно целое. Такого типа М. очень важна теоретически, т. к. для нее легко рассчитать излучаемую мощность. Практические М. и пластинки разных типов в отношении излучения стремятся свести к эквивалентной поршневой М. (см. *Звук*). М. поршневого типа применяются в новых типах громкоговорителей (Blatthaller—Сименса и Гальске). В телефонах типа Брауна поршневая мембрана имеет вид конуса, сделанного из очень тонкого алюминия; в центре она возбуждается электромагнитным способом, края ее соединены при помощи тонкого бумажного кольца с круглой оправой; весь конус колеблется как одно целое.

Конические М. (фиг. 7) очень распространены в различных типах громкоговорителей; чаще всего их делают из толстой бумаги (тип «Рекорд» и другие) и они имеют диаметр наружного отверстия в несколько десятков *см*. Конич. мембрана может колебаться как одно целое только при самых низких частотах, при более высоких на ней образуются стоячие волны, затухающие от центра к окружности [8].



Фиг. 7.

Пластинка [1]. Диференциальное уравнение колебаний плоской пластинки для случая малых колебаний (при отсутствии затухания) будет 4-го порядка:

$$sd\frac{\partial^2 w}{\partial t^2}+N\left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}+2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2\partial y^2}+\frac{\partial^4 w}{\partial y^4}\right)=\psi(x,y,t), \quad (13)$$

где s—плотность, d—толщина пластинки, N—коэфициент жесткости и $\psi(x, y, t)$—вынуждающая сила на 1 *см*² поверхности пластинки. Собственные колебания подчиняются уравнению:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial t^2}+a^4\left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}+2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2\partial y^2}+\frac{\partial^4 w}{\partial y^4}\right)=0, \quad (14)$$

где

$$a^4=\frac{N}{sd}=\frac{Ed^2}{12s(1-\mu^2)}. \quad (15)$$

Для случая периодических колебаний круговой частоты ω уравнение (14) распадается на два уравнения 2-го порядка:

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}+\varkappa^2 w=0\\ \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}-\varkappa^2 w=0\end{aligned}\right\}, \text{ где } \varkappa^2=\frac{\omega}{a^2}. \quad (16)$$

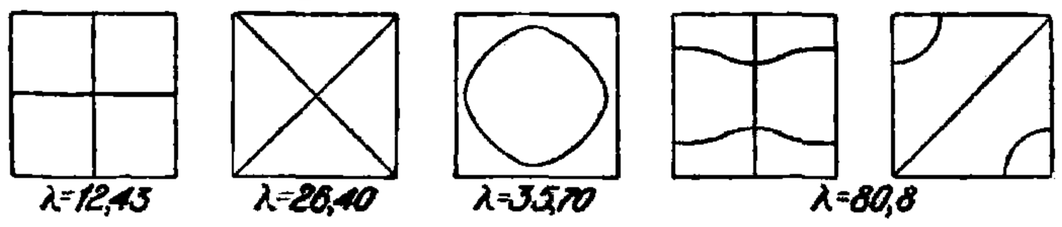
Первое из них тождественно с ур-нем М. [2], второе разнится от него знаком при $\varkappa^2$, т. е. интеграл его получится из интеграла ур-ия (2) заменой $\varkappa$ через $i\varkappa$, где $i=\sqrt{-1}$. Полный интеграл уравнения (16) составится из суммы отдельных решений, умноженных каждое на произвольную постоянную. Строгое решение ур-ий (16) м. б. проведено только для круглой пластинки [1]. Для собственных колебаний круглой пластинки получится из (16) в полярных координатах два ур-ия:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\cdot\frac{\partial w}{\partial r}+\frac{1}{r^2}\cdot\frac{\partial^2 w}{\partial\varphi^2}\pm\varkappa^2 w=0. \quad (17)$$

Ур-ие упругой поверхности при статич. нагрузке пластинки определится из диференциального ур-ия:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}+2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2\partial y^2}+\frac{\partial^4 w}{\partial y^4}=\frac{\psi(x, y, t)}{N}. \quad (18)$$

Квадратная пластинка. Удовлетворительное решение уравнений (16) для квадратной пластинки получено Ритцем в 1909 г. [9] при помощи рядов. Это решение, гораздо более сложное, чем для М., исследовано Ритцем для случая совершенно свободной (незакрепленной) квадратной пластинки. Форма узловых линий для простейших обертонов дана на фиг. 8. 4-й по



Фиг. 8.

высоте обертон является двойным тоном (см. выше—квадратная М.) и для него узловые линии меняют свою форму в течение периода; на фиг. 8 даны для этого случая узловые линии в два разных момента периода. Высоты собственных тонов квадратной пластинки определяются из формулы:

$$f=\frac{d\sqrt{\lambda}}{4\pi}\sqrt{\frac{E}{3s(1-\mu^2)}}. \quad (19)$$

Значения λ для 4-х первых обертонов (для $\mu=0{,}225$) даны на чертеже. Изучение колебаний квадратной пластинки имеет гл. обр. теоретический интерес и практич. применений не имеет. Опытное исследование колебания пластинки произведено Хладни [10]; по его имени именуются сложные фигуры узловых линий, получающиеся при колебаниях пластинки. Упругая линия прямоугольной пластинки, нагруженной равномерным давлением P и свободно опертой по краям [решение уравнения (18)], выражается сложным рядом, первое приближение которого (практически достаточно точное) [11]:

$$w=\frac{Pa^4}{N\pi^5}\left[4+\frac{2\frac{\pi y}{a}}{\operatorname{ch}\frac{\pi b}{2a}}\cdot\operatorname{sh}\frac{\pi y}{a}-\frac{4+\pi\frac{b}{a}\operatorname{th}\frac{\pi y}{2a}}{\operatorname{ch}\frac{\pi b}{2a}}\operatorname{ch}\frac{\pi y}{a}\right]\sin\frac{\pi x}{a}. \quad (20)$$

Круглая пластинка [1]. Для этого важного практически случая уравнение собственных колебаний (17) решается вполне строго при помощи цилиндрич. ф-ий:

$$w=A\sin(h\varphi+\varphi_0)[I_h(\varkappa r)+\lambda I_h(i\varkappa r)+$$
$$+\lambda' N_h(\varkappa r)+\lambda'' N_h(i\varkappa r)]\sin(\varkappa^2 a^2 t+\vartheta). \quad (21)$$

Так как функции $N_h(0)$ при любом h обращаются в ∞, то для круглых пластинок следует положить $\lambda'=\lambda''=0$. Для кольцевых пластинок λ' и λ'' конечны. Для совершенно свободной круглой пластинки [12] основной тон соответствует колебаниям с образованием двух узловых диаметров ($h=2$, $p=0$). Два более низких тона, соответствующие

$\lambda = 0$ и $h = 1$, при $p = 0$ возникнуть не могут. Более высокие обертоны образуют такого же вида узловые линии, как и для М. (см. *Граммофон*, фиг. 10). Высота тона обертонов определяется по формуле:

$$f = \frac{(\varkappa R)^2 d}{4\pi R^2}\sqrt{\frac{E}{3s(1-\mu^2)}}. \qquad (22)$$

Для очень высоких обертонов получается приближенно [1] (Калене):

$$\varkappa R = (h + 2p)\frac{\pi}{2}.$$

Для первых обертонов значения $\left(\frac{\varkappa R}{2}\right)^2$ (1-я горизонтальная строчка) и относительную высоту тонов (2-я горизонтальная строчка) дает табл. 3 (μ при вычислении принято равным 0,25).

Табл. 3—Значения $\left(\frac{\varkappa R}{2}\right)^2$ и относительная высота тонов для совершенно свободной круглой пластинки.

p \ h	0		2	3	4	5
0	— —	— —	1,38 1,00	3,187 2,31	5,58 4,05	8,54 6,20
1	2,222 1,613	5,102 3,70	8,22 6,40	13,29 9,64	18,45 13,39	24,29 17,63
2	9,584 6,96	14,93 10,84	21,09 15,31	28,00 20,33	— —	— —
3	21,91 15,90	— —	— —	— —	— —	— —

Радиусы узловых кругов (отличны от таковых же для круглой мембраны) даны в табл. 4 (а также и для $\mu = 0{,}25$). Для круглой пластинки, закрепленной в центре, возможны все виды колебаний

Табл. 4.—Радиусы узловых кругов для совершенно свободной круглой пластинки.

p \ h	0	1	2	3	4	5
1	0,609	0,781	0,821	0,845	0,861	0,873
2	0,391 0,842	0,498 0,871	0,560 0,887	0,604 0,899	— —	— —
3	0,257 0,591 0,894	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —

с любым числом узловых колец p и диаметров h. Соутвелл [13] вычисляет параметр частоты ($\varkappa R$) для случая различных радиусов (b) внутреннего зажимающего круга; для $b = 0$ параметр $\varkappa R$ дан в табл. 5. Частоты

Табл. 5.—Значения параметра $\varkappa R$.

p \ h	0	1	2	p \ h	0
0 1	1,937 4,573	(0—1,2) —	2,35 —	2 3	7,79 10,94

обертонов вычисляются по ф-ле (22) (сталь, $\mu = 0{,}3$). Случай пластинки, закрепленной в центре, интересен практически для изучения колебаний в турбинах, прядильных машинах и т. п.

Круглая пластинка с зажатым наружным краем имеет большое практическое значение в электроакустике. Диференциальное уравнение (17) колебаний имеет для нее решение [14]:

$$w = A\sin(h\varphi + \varphi_0)\,[I_h(\varkappa r) + \lambda I_h(i\varkappa r)]\sin(\varkappa^2 a^2 t + \vartheta). \qquad (23)$$

Параметр частоты $(\varkappa R) = z$ определится из трансцендентного ур-ия, получаемого из граничных условий $w_{r\ R} = 0$ и $\left(\frac{dw}{dr}\right)_{r=R} = 0$:

$$I_h(z)\cdot\frac{dI_h(iz)}{dz} = I_h(iz)\frac{dI_h(z)}{dz}. \qquad (24)$$

Частота f_{hp} находится по ур-ию (22). Значение параметра частоты $z = \varkappa R$ (1-я горизонтальная строчка) и относительные частоты (2-я строчка) для круглой пластинки, зажатой по окружности, приведены в табл. 6 [15]; в скобках даны соответственные значения для круглой М.

Табл. 6.—Значения параметра z и относительной частоты для круглой пластинки с зажатым наружным краем.

p \ h	0	1	2	3
0	3,196 1,00 (1,00)	4,611 2,08 (1,59)	5,906 3,41 (2,13)	7,143 5,00 (2,65)
1	6,306 3,90 (2,29)	7,799 5,96 (2,92)	9,197 8,30 (3,50)	10,537 10,87 (4,06)
2	9,439 8,72 (3,60)	10,958 11,74 (4,22)	12,402 15,03 (4,83)	13,795 18,70 (5,42)
3	12,577 15,50 (4,90)	14,108 19,50 (5,53)	15,579 23,70 (6,15)	—

Для обертонов высших порядков параметр z приближенно вычисляется по ф-ле: $z = [h + 2(p+1)]\frac{\pi}{2}$. Радиусы узловых кругов даны в табл. 7 (в скобках те же радиусы для М.).

Табл. 7.—Величины радиусов узловых кругов.

p \ h	0	1	2	p \ h	0
1	0,38 (0,44)	0,49 (0,55)	0,54 (0,61)	3	0,19
2	0,26 (0,28) 0,58 (0,64)	0,35 0,64	— —		0,44 0,68

Высота основного тона круглой пластинки, закрепленной по краям ($h = 0$, $p = 0$),

$$f_{0,0} = 0{,}47\frac{d}{R^2}\sqrt{\frac{E}{s(1-\mu^2)}}. \qquad (25)$$

Для железной пластинки ($E = 2\cdot 10^{12}\ \frac{\text{дин}}{\text{см}^2}$; $\mu = 0{,}28$; $s = 7{,}8$)

$$f_{0,0} = 0{,}25\cdot 10^6\frac{d}{R^2} = 10^6\frac{d}{D^2}$$

(*D*—диаметр пластинки, *d*—толщина пластинки). Опытное исследование колебаний круглых пластинок сделано Шульце [16].

Пластинки сложной формы. Плоские пластинки прямоугольной формы по методу Ритца, а также пластинки ромбические, трехугольные и эллиптические исследовали Е. Гольдман [17], Шуллер [18] и Терада [19].

Криволинейные пластинки. Релеем разработана теория цилиндрич. и шаровых пластинок [1]. Много исследований посвящено колебаниям колоколов. В колоколах при колебаниях образуются узловые линии двух типов: одни—сечением плоскостями, проходящими через ось, другие—перпендикулярно оси. Колокола применяются для получения сильных звуков в воздухе и под водой [20].

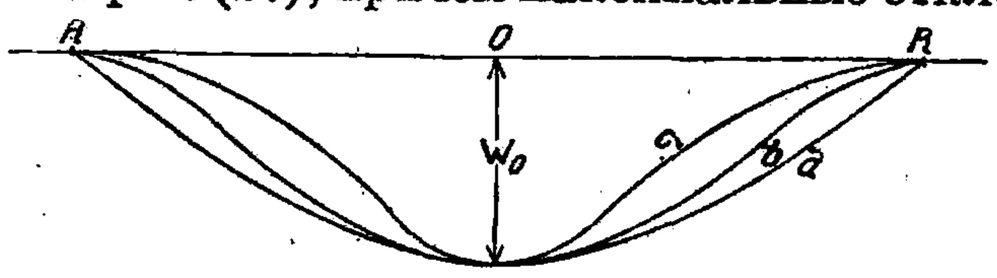
Статическая нагрузка круглой пластинки, зажатой на краях. Ур-ие упругой линии для статической нагрузки (18) имеет для случая равномерной нагрузки P *г/см*^{2} решение:

$$w = \frac{PR^4}{64N}\left(1-\frac{r^2}{R^2}\right)^2; \qquad (26)$$

для случая точечной нагрузки P в центре пластинки [21]:

$$w = \frac{PR^2}{16\pi N}\left(1-\frac{r^2}{R^2}-2\frac{r^2}{R^2}\ln\frac{R}{r}\right). \qquad (27)$$

Форма упругой линии для статич. нагрузки дана на фиг. 9; *b*—вычислено по ф-ле (26), *c*—по ф-ле (27), причем максимальные отклонения в центре w_0 (стрела прогиба) приняты равными. Для сравнения приведена форма упругой линии для М. (*a*).



Фиг. 9.

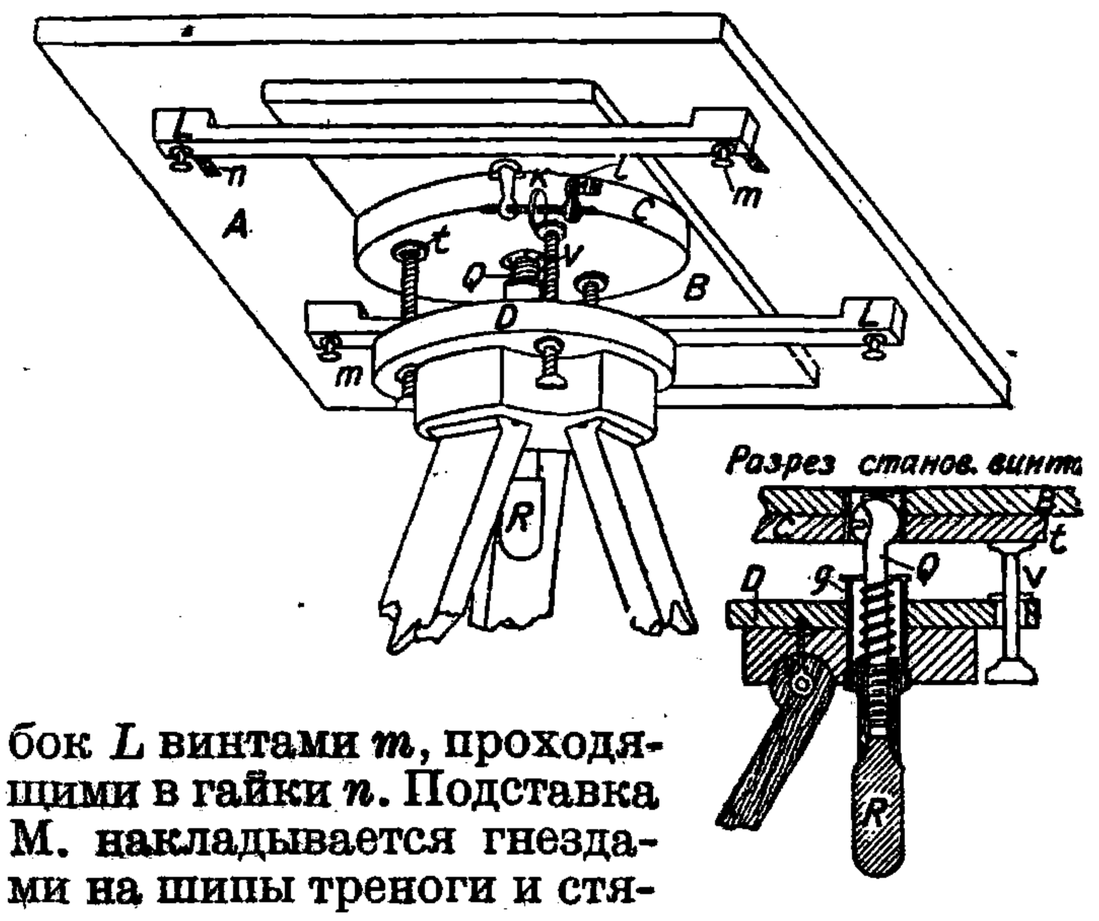
Вынужденные колебания пластинки исследованы для круглых пластинок Дебаем [22] и Франке [23]; случай мембраны телефона изучен Кеннели и Тэйлором [24] и Крэндаллом [25]. Теоретически этот вопрос чрезвычайно сложен. Для случая возбуждения с частотою значительно ниже основного тона задача решается с удовлетворительным приближением при помощи ур-ий для статич. нагрузки (26), (27), и амплитуды различных точек пластинки при колебаниях соответствуют фиг. 9. Колебания кристаллических пластинок исследованы Фохтом [26].

Лит.: 1) Rayleigh, Theory of Sound, 3 ed., v. 1, chapt. 9 и 10, L., 1929; Kalähne A., Handbuch d. Physik, hrsg. v. H. Geiger u. K. Scheel, B. 8, p. 216—250, B., 1927; Müller-Pouillets, Lehrbuch d. Physik, 11 Aufl., B. 1, T. 3, p. 186—206, Brschw., 1929; 2) Crandall, Theory of Vibrating Systems a. Sound, v. 1, L., 1927; 3) Voigt W., «Götting. Nachrichten», Göttingen, 1907, p. 171 u. 341; Mathieu E., «Liouvilles Journ.», P., 1868, p. 137; Reinstein F., «Ann. d. Phys.», Lpz., 1911, Folge 4, B. 35, p. 109; 4) Helmholtz H., Die Lehre von den Tonempfindungen, 6 Aufl., Braunschweig, 1913; 5) Wente E., «Phys. Rev.», N. Y., 1922, series 2, v. 19, p. 498; 6) Miller D., Science of Musical Sounds, p. 78, N. Y., 1922; 7) Aigner F., Unterwasserschalltechnik, p. 114, B., 1922; 8) Wagner K., Wiss. Grundlagen d. Rundfunkempfang, p. 136—139, B., 1927; 9) Rietz, «Ann. d. Phys»., Lpz., 1909, B. 28, p. 737; 10) Chladni, Akustik, Lpz., 1802; 11) Nádai A., Elastische Platten, B., 1925; 12) Kirchhoff G., «Journ. f. reine u. angew. Mathematik» (Crelles Journal), B., 1850, B. 40, p. 51; 13) Southwell R., «Proc. of the Royal Soc. of London», L., 1922, 111 A., p. 133; 14) Rayleigh, Theory of Sound, v. 1, § 221a, L., 1929; 15) Carrington, «The Phil. Magazine a. Journ. of Science», L., 1925, ser. 6, p. 1261; 16) Schulze F., «Ann. d. Phys.», Lpz., 1907, B. 24, Folge 4, p. 785; 17) Goldmann E., Inaugural-Diss., Breslau, 1918; 18) Schuller A., «Ann. d. Phys.», Lpz., 1908, B. 32, p. 245; 19) Terada T., ibid., p. 509; 20) Aigner F., Unterwasserschalltechnik, p. 1, 6, 8, 44, 146, 265, Berlin, 1922; 21) Nádai A., Elastische Platten, B., 1925, p. 56 u. 61; 22) Debye, «Ann. d. Phys.», Lpz., 1908, B. 25, Folge 4, p. 849; 23) Franke G., «Ann. d. Phys.», Lpz., 1929, Folge 5, B. 2, p. 649; 24) Kennely a. Taylor, «Proc. of the Amer. Philos. Soc.», Philadelphia, 1905, v. 44, p. 96; 25) Crandall, «Journ. of the Amer. Inst. Electr. Eng.», N. Y., 1921, v. 40, p. 791; 26) Voigt W., «Gött. Nachr.», Göttingen, 1915, p. 345; 27) Giebe E. u. Scheibe A., «Jahrbuch d. drahtlosen Telegr. u. Teleph.», B., 1930, B. 35, p. 165.

С. Ржевкин.

МЕНЗУЛА, геодезич. инструмент, служащий для производства съемок (см. *Съемка мензульная*) углоначертательным способом, при к-ром горизонтальные углы между предметами наносятся на план графически без предварительного их измерения и все подробности наносятся на план непосредственно в поле, а не дома. М. состоит из трех главных частей: 1) планшета или доски, на к-рую наклеивается бумага для нанесения на ней всех подробностей, 2) штатива с тремя складными ножками, посредством которых планшет всегда м. б. установлен на удобную для работы высоту, и 3) подставки М., или промежуточной части, в к-рой имеются соответствующие приспособления для поворачивания планшета в разные стороны и для приведения его в горизонтальное положение. Так как при мензульной съемке приходится иногда ориентироваться по буссоли, то ни одна из частей М. не д. б. железною или стальною, а все из меди и дерева.

Планшет *A* (фиг.) прикрепляется к подставке М. при помощи двух деревянных скобок *L* винтами *m*, проходящими в гайки *n*. Подставка М. накладывается гнездами на шипы треноги и стягивается пропущенным сквозь нее становым винтом *Q* с навинченной на него рукояткой *R*, при закреплении к-рой вся система получает прочное сцепление. Становой винт *Q*, как показано на разрезе, служит в то же время осью вращения М.



Подставка М. состоит из трех отдельных деревянных досок: прямоугольной *B*, к к-рой скобками прижимается планшет, и круглых *C* и *D*. Круг *C* можно вращать около ста-

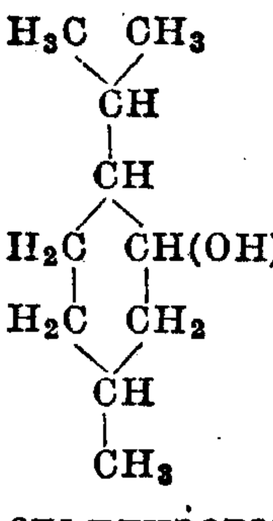
нового винта Q и поднимать или опускать подъемными винтами V. Эти последние оканчиваются тарелочками t, к-рые благодаря некоторому собственному движению всегда плотно прилегают к деревянному кругу C. Становой винт Q заканчивается яблоком, которое помещается в гнезде, находящемся внутри круга C и доски B (см. разрез станового винта); во избежание хлябания становой винт распирается сверху пружинкой, а чтобы он не крутился вместе с рукояткою, он снабжен с одной стороны вырезом, в который пропущен болтик, ввинченный в гнездо. Чтобы по ослаблении станового винта все три доски B, C и D не расходились, придела*на втулка g с сильною спиральною пружи*ною, которая, допуская плавные движения частей, в то же время притягивает эти доски к головке штатива. Верхняя прямоугольная доска B и средняя круглая C лежат одна на другой и кроме центральной оси соединены между собою микрометренным винтом k, проходящим через две стойки l с навинтованными отверстиями. Одна стойка прикреплена к прямоугольной доске B, а другая к кругу C. Для ускорения вращения микрометренный винт от своей шляпки к концам нарезан в разных направлениях. Такое устройство М. допускает выполнение центрирования, приведения в горизонтальное положение и ориентирования; каждая из этих установок предварительно производится грубо, на-глаз, а затем уже, медленными передвижениями соответствующих частей, окончательно. Все деревянные части М. делаются из дуба, а медным частям придаются для прочности крупные размеры, поэтому описанная М. довольно прочна и устойчива, но зато тяжела.

Если снимаемый участок невелик, то можно с успехом пользоваться облегченной М., к-рая по своим размерам меньше тяжелой и сделана вся из меди, за исключением планшета и ножек штатива. Облегченная М. хотя и удобнее для переноски, так как она легче, но зато не так устойчива и не столь прочна, как тяжелая.

Принадлежности М. Для центрирования, нивелирования и ориентирования планшета М. недостаточно бокового, подъемного и вращательного движений; необходимо иметь приборы для суждения о правильности установки планшета. Этими приборами, к-рые называются принадлежностями М., являются вилка с *отвесом* (см.) для центрирования, *уровень* (см.) для нивелирования и *ориентир-буссоль* (см.) для ориентирования планшета, к-рая отличается от обыкновенной отсутствием диоптров и некоторыми друг. особенностями. Кроме перечисленных принадлежностей, необходимых для установки планшета, при каждой М. д. б. *визирный прибор* (см.): *алидада* (см.) с *диоптрами* (см.) или *кипрегель* (см.). Из перечисленных выше принадлежностей мензулы уровень не составляет самостоятельного прибора, а укрепляется на алидадной линейке или на линейке кипрегеля. О поверке М. см. *Поверка геодезических приборов*.

Лит.: Витковский В., Топография, 3 изд., Москва, 1928; Никифоров В., Основы топографии, П., 1917; Соловьев С. М., Основной курс низшей геодезии, М., 1923. **В. Никифоров.**

МЕНТОЛ, *n*-ментанол-3, или 1-метил-4-изопропил-циклогексанол-3, $C_{10}H_{20}O$, насыщенный циклический спирт, производное ментана (см. *Терпены*).



Природный М., встречающийся в эфирном масле перечной мяты (см. *Мятное масло*), является левовращающей формой. Главным источником получения природного М. до самого последнего времени было японское мятное масло, содержащее его до 80% и выше, из к-рого ментол выкристаллизовывался при незначительном охлаждении. В остаточном после этой операции масле содержание ментола в среднем равняется 50%. Другие сорта мятного масла содержат б. ч. ок. 50—65% свободного М. и его эфиров с кислотами жирного ряда. Выделение М. из этих сортов масла сопряжено с рядом дополнительных операций, из которых чаще всего применяется разгонка масла в вакууме и последующее вымораживание. Однако этим способом не удается выделить М. полностью, т. к. при фракционировании и последующем вымораживании в соответствующих фракциях накопляется м е н т о н (соответственный М. кетон), к-рый дает при определенных соотношениях некристаллизующиеся даже при сильном охлаждении смеси. Для извлечения М. из масел, содержащих его ок. 50—60% или одновременно содержащих значительные количества ментона, прибегают к промежуточному получению труднолетучих эфиров, например бензойных, борных, или эфиров фталевой к-ты.

Природный М. обладает характерным запахом мяты и охлаждающим вкусом, кристаллизуется в блестящих бесцветных призмах, достигающих иногда длины в несколько *см*, с $t°_{пл.}$ 43°, $t°_{кип.}$ 215°, уд. в. D^{20} 0,890, и имеет уд. вращение $[\alpha]_D = -49{,}8°$ [в зависимости от $t°$-ных условий кристаллизации получаются еще три изомерные формы М. (и з о м е н т о л, н е о м е н т о л и н е о и з о м е н т о л) с $t°_{пл.}$ 31,5°, 33,5° и 35,5°]. М. легко растворяется во всех органич. растворителях и в конц. соляной к-те; в воде растворим мало. Существование изомерных форм М. основано на цис- и трансрасположении метильной, изопропильной и гидроксильной групп. Из этих изомеров в природных продуктах обнаружен только правовращающий неоментол в японском мятном масле.

Синтетич. путем М. получают, восстановляя ряд циклических кетонов, содержащихся в эфирных маслах. При восстановлении l-ментона, составляющего около 50% масла, добываемого в Америке из Hedeoma pulegoides, получается l-М. и немного d-изо-М. (если применять в качестве восстановителя натрий) или l-М. (если восстанавливать водородом в присутствии никеля). Другим сырьем для получения М. является п у л е г о н (см. *Терпены*), встречающийся в маслах Mentha pulegium, Hedeoma pulegoides и др. и дающий при восстановлении М. Наконец п и п е р и т о н, составляющий значительную долю масла Eucalyptus dives, при восстановлении также дает изо-М. Синтетич. инактивный М., т и м о м е н т о л, с $t°_{пл.}$ 34°, получается из *тимола* (см.) каталитическим восстанов-

лением водородом в присутствии никеля, причем первоначально получается смесь М. и нео-М. Будучи вторичным спиртом, М. легко окисляется в соответствующий кетон—ментон (и изоментон). Водоотнимающие средства переводят его в Δ^3-ментен. При пропускании паров М. над восстановленной медью при 230° получается тимол.

Помимо применения М. в косметич. изделиях, в особенности предназначаемых для ухода за зубами и ртом, он находит применение в медицине (ментоловые карандаши), а также в кондитерском производстве. Из эфиров М., имеющих применение, необходимо указать на изовалериановый эфир—валидол, применяемый в качестве успокаивающего и болеутоляющего средства; меньшее значение имеют эфиры: этилгликолевой к-ты—корифин, салициловой—салиментол, ацетилсалициловой—ментоспирин, борной—эсторал; все они являются медицинскими препаратами.

Главным производителем М. является Япония, которая вывезла его в 1926 г. 320 *m*, в 1927 г.—286 *m*. Сокращение вывоза обусловлено появлением на рынке синтетического М., по преимуществу германского производства. К этому вывозу необходимо прибавить еще около 200 000 дюжин ментоловых карандашей. В СССР производство М. существует с 1929 г., когда пущен в ход з-д Укрмедторга в Киеве с продукцией 3 *m* М. в год. Ежегодная потребность СССР в М. выражается в настоящее время приблизительно в 5 *m*.

Лит.: Gildemeister E. und Hoffmann Fr., Die ätherischen Öle, 3 Aufl., B. 1, Lpz., 1928; Cohn G., Die Riechstoffe, 2 Aufl., Brschw., 1924; см. также *Душистые вещества*. **Б. Рутовский.**

МЕРГЕЛЬ, глинистый известняк, является одной из разновидностей *известняков* (см.); он содержит наряду с $CaCO_3$ мельчайшие частицы окислов Al, Si и Fe, алюмосиликаты и силикаты. Мергели относятся к морским осадкам и очень широко распространены в отложениях всех систем. Цвет их самый разнообразный: голубой, серый, желтый, красный, бурый, фиолетовый, черный. Содержанием механических примесей мергели очень богаты; наиболее распространены в них кристаллики кальцита, доломита, гипса, пирита и друг.; часто встречаются зерна кварца, листочки слюды, железные окислы. От большего или меньшего количества примесей зависит и название породы: мергелистые доломиты, доломитизированные мергели, слюдистые, гипсовые мергели и т. д.

Из месторождений мергеля известны во Франции—Тейльское месторождение (кантоны Viviers и Bédoule), в Германии—Омгебирге и др. В СССР М. встречаются почти всюду. В Ленинградском округе по берегам рек встречаются многочисленные мягкие М., которые носят местное наименование г а ж и. В Псковском окр. имеются мергелистые известняки (б. Холмский уезд). На нижнем течении рр. Онеги и С. Двины идут узкой полосой девонские М. По р. Сухоне залегают пермские М. В Нижегородском крае встречаются доломитизированные М. В Западной области (на реке Вазузе) имеются плотные мергелистые известняки. В районе Средне-Днепровской впадины М. находятся в виде коренных меловых отложений. В Клинцовском округе (Западной области)—в районе Суража и деревни Марковки Стародубского района имеются высококачественные М. В Московской обл. М. широко распространены; в частности московские М. перерабатывались в цемент на Подольском заводе. В Тверском округе (Торжок), в Ржевском (Зубцов), Рязанском, Калужском округах и в Нижегородском крае встречаются значительные залежи М. В ЦЧО большие залежи М. находятся в Курском и Воронежском окр. Известны мергелистые породы в Татреспублике; в Ульяновском окр. Средне-Волжского края лежат кремнистые М. В Пензенском окр. (б. Инсарский уезд) встречаются оолитовые М.; в районе Наровчата имеются мощные залежи М. Много М. также в районе Волыни и Подолии, где третичные М. известны по всей области. В Одесском округе находятся значительные месторождения мергелистых известняков. В районе Донбасса встречаются меловые М. (река Грушевка), в районе города Славянска и особенно возле станции Амвросиевка меловые М., представляющие природные цементы, имеются в огромном количестве. Всесоюзное значение имеет Новороссийское месторождение, представляющее собой залежи природного портланд-цемента. Есть незначительное количество М. в районе оз. Баскунчак и Эльтон, на Урале, в б. Туркестане, в Сибирском и Дальневосточном крае.

М. применяется гл. обр. для производства цемента, причем для производства т. н. роман-цемента идет сильно доломитизированный М. или искусственная смесь магнезиальных известняков или доломитов с глинистыми материалами. Для портланд-цемента употребляется естественный М. или же смесь глины или М. с мелом и известняком. Месторождения такого естественного М. редко встречаются в природе. Добыча мергеля в СССР в 1926/27 г. равнялась 1 242 101 *m*, причем на Северо-Кавказский край падает 697 319 *m*, на Урал—489 159 *m* и на Приволжье—55 623 *m*.

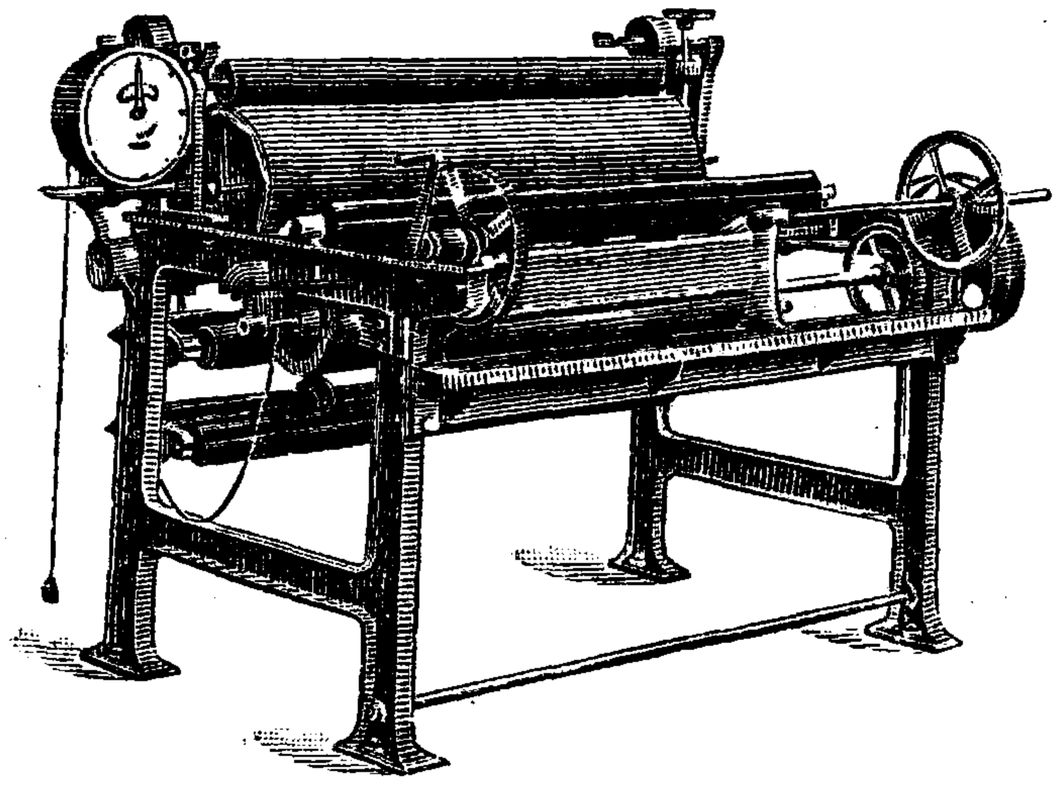
Лит.: Гинзбург И., Григорьев П., Малюков Н. и другие, Известняки и мергель, «Годовой обзор минер. ресурсов СССР за 1926/27 г.», Л., 1928, стр. 401—435 (указана лит.); Добрынина М., Известняк (мел, мергель), «НИ», т. 1, стр. 401—436 (указана лит.). **Н. Федоровский.**

МЕРИДИАННЫЙ КРУГ, основной астрономич. инструмент, служит для определения прямого восхождения и склонения светил и представляет собою соединение пассажного инструмента с вертикальным кругом. Зрительная труба М. к. всегда лежит в плоскости меридиана и вращается около горизонтальной оси, к-рая направлена с В. на З. и своими концами опирается на массивные каменные столбы. Ось несет большой и точно разделенный круг, по к-рому отсчитываются склонения при помощи двух или четырех микроскопов с микрометрами. Прямое восхождение определяется как звездное время в момент кульминации; для этой цели в фокусе трубы натянута сетка нитей, из которых средняя теоретически должна совпадать с меридианом. Моменты прохождения светила через нити регистрируются или по методу «глаз и ухо» или при помощи клавиши, дающей сигнал на хронограф, а в современных инструментах употребляется для этой цели безличный микрометр с автоматич. записью моментов на хронографе. Положение полюса на круге определяют из наблюдения звезд в верхней и нижней кульминации. Для ослабления ярких звезд и исключения систематич. ошибки, зависящей от яркости звезды (т. н. уравнение яркости), перед объективом М. к. помещают проволочные сетки различной густоты. Главнейшие инструментальные ошибки: наклонность оси вращения, коллимация и азимут. Наклонность определяется при помощи уровня, коллимация—перекладкой инструмента в лагерах; обе ошибки исследуются также при помощи надирного ртутного зеркала. Для контроля коллимации употребляются еще так назыв. коллиматоры—две неподвижные горизонтальные трубы, установленные к С. и

Ю. от инструмента на прочных столбах и направленные объективами к центру М. к. Азимут определяется из наблюдения полярных звезд в верхней и нижней кульминации. Для наблюдения за азимутом устанавливают на некотором расстоянии неподвижные метки в виде светящихся точек, называемые мирами. М. к. требует неизменной и прочной установки, почему употребляется только в качестве постоянного инструмента на астрономич. обсерваториях.

Лит.: Chauvenet W., A Manual of Spherical a. Practical Astronomy, v. 2, 5 ed., Philadelphia, 1891.—Описание М. к.: Repsold J., Zur Geschichte der astronomischen Messwerkzeuge, B. 1—2, Lpz., 1908—1914; Ambronn L., Handbuch der astronomischen Instrumentenkunde, B. 2, B., 1899.—Теория и практика наблюдений: Valentiner W., Handwörterbuch der Astronomie, B. 3, Breslau, 1899; Boquet F., Les observations méridiennes. Théorie et pratique, v. 1—2. P., 1909. **А. Михайлов.**

МЕРИЛЬНАЯ МАШИНА, машина, служащая для промеривания отделанных тканей перед окончательным просмотром их в «складальном» отделении. Конструкция М. м. обусловливается рядом обстоятельств, из которых существенное значение имеют ручной или механич. приемы работы. Широкие сорта тканей перед отмериванием сдваивают предварительно на дублирной машине в два, а иногда и в три раза параллельно кромкам; иногда дублирная машина составляет часть мерильно-дублирной машины. Ручное размеривание тканей производится с достаточной точностью на ректометрах накалыванием петель товара на иглы, прикрепленные к медным пластинкам, навешенным на два стержня, расстояние между к-рыми соответствует длине петель. Наколотый товар освобождается поворотом на нек-рый угол одного из стержней



с пластинками. Длина ткани определяется наиболее простым образом посредством мерильных колес, снабженных иглами на окружности и соединенных посредством червячной передачи со стрелкой циферблата счетчика. Ткань под некоторым натяжением протягивается под мерильным колесом, причем степень натяжения ткани д. б. постоянной. Необходимость последнего избегнута на М. м., состоящих из нескольких расправляющих ткань рифленых реек или роликов и мерильного вала, обтянутого сукном или резиной для предупреждения скольжения по нем ткани, с возможно большим углом охвата тканью и длиной окружности, соответствующей определенной мере длины. Ткань навертывается на принудительно вращающийся валик или доску (см. фиг.) и приводит во вращение мерильный вал, связанный со счетчиком. При таком способе измерения точность промера зависит от толщины ткани. Обычно промеривание ткани производится одновременно со складыванием ее в стопки петлями определенной длины. Для контроля длины кусков часто внутрь кусков вставляют мерильные ленты или М. м. снабжают кромочным клеймильным устройством, отпечатывающим по проходе определенных отрезков ткани штамп с указанием длины отмеренного отрезка.

М. м. в кожевенном деле, см. *Кожевенное производство.*

Лит.: Петров П., Викторов П. и Малютин Н., Химич. технология волокнистых веществ, стр. 406—410, Ив.-Вознесенск, 1928; Холл А. Д., Аппаратура для беления, крашения, печатания и отделки в текстильн. промышленности, пер. с англ., стр. 188—191, М., 1929; Rohn G., Neue mechanische Technologie d. Textilindustrie, B. 3, Die Ausrüstung d. textilen Waren, p. 222—224, B., 1918. **Э. Фукс.**

МЕРИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ И ПРИБОРЫ, см. *Производственные измерения.*

МЕРКАПТАНЫ, тиоспирты, органические соединения общей формулы R·SH (R—углеводородный радикал). Большинство М.—жидкости, растворимые в спирте и в эфире и очень мало растворимые в воде; характерным их свойством является отталкивающий запах, ощутимый даже при ничтожных концентрациях их паров в воздухе. В небольших количествах М. содержатся в природных нефтях, в продуктах пиролиза битумов и каменных углей и в сульфитных щелоках (целлюлозных ф-к). Синтетически М. могут быть получены из соответствующих спиртов, действием P_2S_5 при нагревании, а также восстановлением сульфокислот или их хлорангидридов водородом in statu nascendi; но эти реакции на практике мало удобны. Практически М. получают следующими способами: 1) действием сульфгидрата калия на галоидные (лучше иодистые) алкилы при нагревании в спиртовом растворе:

$$CH_3J + KSH = KJ + CH_3 \cdot SH;$$

2) перегонкой крепкого водного раствора щелочного сульфгидрата с солью алкилсерной кислоты:

$$RO \cdot SO_2 \cdot OK + KSH = K_2SO_4 + R \cdot SH;$$

3) из алкил-тиосульфата калия (калиевой соли. алкилсерноватистой кислоты)—действием HCl в спиртовом растворе [1]; 4) каталитич. путем—пропусканием паров спирта в смеси с сероводородом над ThO_2 при $t°$ 300—350° [2]:

$$R \cdot OH + H_2S = H_2O + R \cdot SH.$$

В химич. отношении М. обладают характером слабых кислот. Водород сульфгидрильной группы (—SH) в М. способен замещаться металлами, давая солеподобные производные — так называемые меркаптиды. Меркаптиды щелочных металлов образуются при действии металла на меркаптаны или при растворении М. в едких щелочах; они растворимы в воде и легко разлагаются кислотами. Меркаптиды тяжелых металлов (Hg, Cu, Ag, Pb, Bi) более прочны, в

воде нерастворимы, но б. ч. растворяются в спирте; образование их в виде бесцветных или желтых (для Pb и Cu) кристаллических осадков при взаимодействии М. с солями или окисями этих металлов является для М. характерной реакцией. При окислении М. дают ряд производных, последовательность образования к-рых определяется следующей схемой:

$$2R\cdot SH \rightarrow R\cdot S\cdot S\cdot R \rightarrow R\cdot SO\cdot SO\cdot R \rightarrow 2R\cdot SO_3H.$$

меркаптан дисульфид дисульфоксид сульфокислота

Каталитич. разложение М. в присутствии CdS при 320—340° приводит к образованию сульфидов R·S·R; при более высоких $t°$ получаются этиленовые углеводороды и H_2S. Практическое применение находит способность М. конденсироваться с карбонильными соединениями (альдегидами и кетонами) в продукты типа сульфидов—меркапта ли и меркаптолы, которые окислением могут быть переведены в различные *сульфоны* (см.).

Метилмеркаптан, $CH_3\cdot SH$, газ с $t°_{кип.}=6°$; D^0(жидк.) < 1; с H_2O образует гидрат; Hg-меркаптид имеет $t°_{пл.}=175°$. $CH_3\cdot SH$ образуется при гидролитич. распаде белковых веществ (например кератина); выделяется при гниении белков, содержится в фекальных массах. Этилмеркаптан, $C_2H_5\cdot SH$, с $t°_{кип.}=37°$ и $t°_{пл.}=-144°$; $D^{20}=0{,}839$; меркаптид, $(C_2H_5\cdot S)_2Hg$, имеет $t°_{пл.}$ 76°, растворим в спирте. $C_2H_5\cdot SH$ получил применение при производстве сульфонала, трионала и тетронала (см. *Сульфоны*). Нормальный бутилмеркаптан, $C_4H_9\cdot SH$ ($t°_{кип.}=97\div98°$; $D_4^0=0{,}958$) содержится в выделениях анальных желез американской вонючки (Mephitis); наиболее зловонный из всех М. (запах его ощутим в разведениях до $1:6\cdot10^6$). Попытки использовать этот М. как боевое средство, предпринятые в войну 1914—18 гг., заметного успеха не имели. М. ароматического ряда, содержащие SH-группу при углероде ядра, носят название *тиофенолов* (см.).

Лит.: [1]) Г. П. 46333; [2]) Sabatier et Mailhe, «CR», 1910, v. 150, p. 1217.—Meyer V. u. Jacobson P., Lehrbuch der organischen Chemie, 2 Aufl., B. 1, B.—Lpz., 1922—23; «Bull. de la Soc. Chimique de France», P., 1912, t. 11, p. 99; Kramer a. Reid E., «Journ. of Amer. Chem. Soc.», Easton, Pa., 1921, v. 43, p. 887.

В. Янковский.

МЕРСЕРИЗАЦИЯ, обработка хлопка или вообще целлюлозных волокон крепким раствором едкого натра, NaOH, на холоду, сообщающая волокнам, а с ними и всему изделию характерные изменения. Различают М. без натяжения, применяемую б. ч. в виде первой стадии подготовки целлюлозы к химическим реакциям, напр. в производстве вискозного шелка (см. *Вискоза*), и М. при натяжении, имеющую специфич. цель—сообщить хл.-бум. пряже или ткани шелковистый блеск.

Действие NaOH на хлопок и происходящие при этом изменения волокна были впервые наблюдены Мерсером в 1844 г., но техникой не были использованы. Лишь после введения натяжения (Томá и Прево, 1895 г.) М. прочно внедрилась в технику облагораживания волокон и с тех пор все больше распространяется. Получение блеска при М. связано с коренным и устойчивым изменением структуры хлопкового волокна, вследствие чего эффект М. прочен и не исчезает при последующих обработках хлопка. При действии на хлопковое волокно раствора NaOH концентрацией до 10° Bé (6,5%) нет заметного изменения волокна. В растворах NaOH выше 12° Bé (8%) хлопковое волокно, обычно имеющее вид закрученной ленточки, раскручивается. При концентрации раствора NaOH в 22° Bé кроме раскручивания наступает разбухание хлопкового волокна, которое особенно быстро происходит при концентрации NaOH в 24° Bé (17,7%); при этом наблюдается значительное выделение тепла. Набухание хлопкового волокна является характерной особенностью М.; хлопковое волокно при набухании в условиях М. укорачивается на $^1/_4$ своей длины. Если мерсеризовать хлопок в виде ткани без натяжения, то она сокращается по длине и ширине на ~ 20%, увеличивая крепость на разрыв на 20 и даже 25%. Та же обработка при натяжении сообщает ткани шелковистый блеск и увеличивает крепость только на 10%. Одновременно с набуханием происходит увеличение поверхности волокна. Исследование мерсеризованной целлюлозы показало, что 1) она имеет тот же (эмпирич.) состав, что и обыкновенная целлюлоза, т. е. $C_6H_{10}O_5$, но по свойствам отличается от исходной, 2) имеет повышенную гигроскопичность, 3) в значительно большей степени, чем немерсеризованная целлюлоза, способна абсорбировать красители, 4) реакционная способность мерсеризованной целлюлозы больше, напр. она легче гидролизируется, и т. д. Все эти свойства мерсеризованной целлюлозы тем сильнее, чем концентрированнее раствор NaOH при обработке, начиная с концентрации выше 10° Bé (6,5%) (но до известного предела). Гигроскопичность мерсеризованного волокна обычно повышается на 2—5%. Способность мерсеризованного волокна прокрашиваться увеличивается в отношении 140:100, если за 100 принять количество красителя, поглощенного немерсеризованным хлопком. Это явление имеет место только для субстантивных, основных, кубовых и сернистых красителей. Для получения одинакового цвета этими красителями мерсеризованный товар требует меньше красителя, чем немерсеризованный. Экономия красителя достигает при светлых окрасках 10—15%, при темных 25—30% по весу; обработка протравами (глиноземной, хромовой), крашение черным анилином и холодными по β-нафтолу этой экономии не дают.

Единого взгляда на теорию действия NaOH на целлюлозу до сих пор нет. Сторонники теории образования химических соединений целлюлозы и NaOH в условиях М. дают этому явлению два толкования. На основании некоторых химич. реакций продукт, получающийся при действии NaOH на целлюлозу в результате химич. взаимодействия, считают алкоголятом целлюлозы типа $C_6H_9O_4ONa$. Соединение это нестойко и водою легко и полностью разлагается на целлюлозу и NaOH; доказательством этого взгляда служит реакция образования вискозы (аналогично образованию ксантогеновой кислоты из алкоголята натрия и сероуглерода).

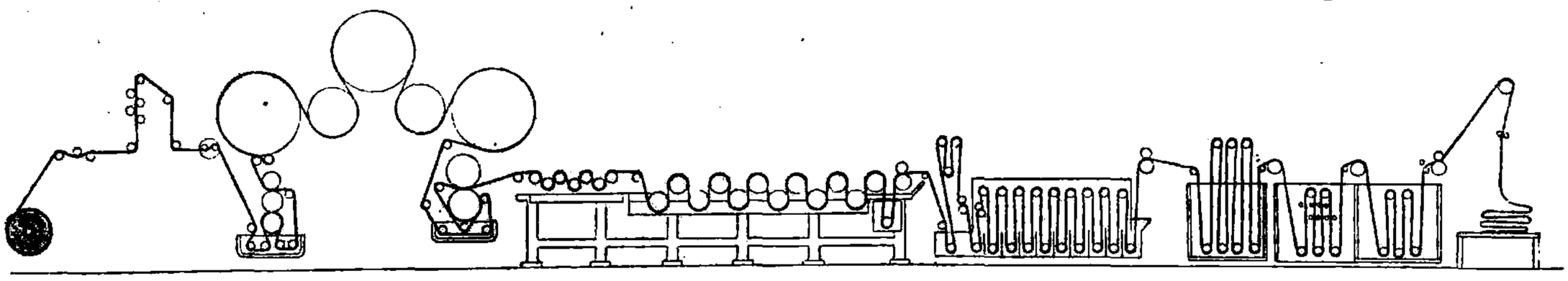
По другому толкованию, при действии крепкого раствора NaOH на целлюлозу получается просто присоединение. Подобное толкование было дано на основании изучения кривых поглощения NaOH волокном, к-рые при концентрациях NaOH 16—24% в ванне показывают остановку нарастания концентрации NaOH на волокне. Эта задержка соответствует одной молекуле NaOH на две молекулы целлюлозы, т. е. соединению типа $(C_5H_{10}O_5)_2 \cdot NaOH$. Химизм этого явления подтверждается также и рентгеноспектрографич. исследованиями. В противоположность этим взглядам существует также основанное на кривых поглощения понимание процесса мерсеризации как физического распределения NaOH между волокном и ванной, т. е. отрицающее всякий химизм. Наконец по третьему взгляду М. рассматривают как явление, состоящее из двух процессов: адсорбции NaOH из водных растворов целлюлозой и явления разбухания, связанного с переходом целлюлозы в новое коллоидное состояние. Максимальное разбухание целлюлозы в момент мерсеризации связывается с значительной адсорбцией NaOH, что на определен. участке кривой поглощения NaOH целлюлозой вызывает остановку.

Распознавание мерсеризованного волокна производят под микроскопом на основании различия волокна до и после М., как указано выше. Кроме того существует несколько химич. методов, напр: 1) при обработке хлориодистым цинком (иод в иодистом калии + хлористый цинк) мерсеризованное волокно принимает голубовато-черную окраску, немерсеризованное волокно остается белым; 2) окрашивают образцы бензопурпурином 4B в присутствии незначительного количества HCl; при этом мерсеризованное волокно остается красным, немерсеризованное получает голубовато-черную окраску. Для количественного определения степени мерсеризации наиболее применим метод Кнехта. По Кнехту, степень М. определяется различием степени поглощения красителя мерсеризованным и немерсеризованным волокном. Обычно берут 3% бензопурпурина 4B и красят одновременно мерсеризованный и немерсеризованный образец в одной ванне с 20% глауберовой соли. Количество красителя, поглощенного волокном, определяют титрованием треххлористым титаном. Отношение полученных чисел определяет количественный эффект М. Измерение блеска мерсеризованной ткани или пряжи производят на ступенчатом фотометре проф. Пульфирха (Цейсса). Для получения путем М. блеска на практике применяют хлопковое волокно в виде пряжи в мотках, в виде основы и в виде ткани. Эффект М. зависит как от исходного материала, так и от условий М.

Лучшие результаты при М. дают длинноволокнистые хлопки, напр. египетские и мако. Крутка влияет в слабой степени в смысле повышения эффекта М. Ткани с атласным переплетением дают лучший блеск. Из условий М. наиболее важны: $t°$ М., концентрация раствора NaOH и продолжительность М. Влияние этих условий на эффект М. было определено путем обработки хлопкового волокна разными концентрациями NaOH при разных темп-рах и в разное время. Эффект М. определялся, по Кнехту, или по поглощению NaOH или по сокращению хлопкового волокна. При этом установлено, что 1) при концентрации NaOH до 6,5% эффекта М. нет, 2) с увеличением концентрации NaOH до 18,8%—эффект М. сильно растет, 3) при концентрации NaOH выше 18,8% повышение эффекта М. имеется, но недостаточное для использования его на практике, 4) действие NaOH на хлопковое волокно происходит быстро; для отбеленного товара в 30 ск. эффект М. достигает 90%, а в 50 ск. почти заканчивается; для сурового товара эффект М. заметно растет до 3 мин., 5) хорошая пропитка хлопкового товара раствором NaOH, отжим на машине при М. может сократить указанное время, 6) с понижением $t°$ эффект М. несколько растет, но не настолько, чтобы было целесообразно применять искусственное охлаждение. На практике применяют концентрацию NaOH ок. 20%, если мерсеризуют сухой хлопок, и около 30%, если мерсеризуют влажный хлопок. Для сохранения блеска, полученного при М., необходимо хлопковый товар после обработки NaOH промыть при натяжении же, до снижения концентрации NaOH на хлопке до 6,5%. При этих условиях хлопковое волокно не сокращается и товар можно окончательно промыть без натяжения. Хлопковую ткань мерсеризуют преимущественно вареной, часто беленой и только иногда, напр. при крашении в черный цвет, в суровом виде. Хлопковую пряжу перед М. отваривают, промывают, отжимают на центрифуге и производят растряску.

М. хлопкового товара производят на специальных машинах, состоящих из приспособления для пропитки товара раствором NaOH и отжима, аппарата для расширения товара и удаления с него NaOH промывкой после М. Машины для М. пряжи имеют два пальца, расположенные горизонтально или вертикально, причем один из них имеет отжимной вал. Пряжа, надетая на пальцы, пропитывается раствором NaOH вначале без натяжения, после чего пальцы раздвигаются, и дальше обработка пряжи происходит при натяжении. При этом работает отжимной вал, к-рый окончательно отжимает NaOH. Обработка раствором NaOH продолжается 100—180 секунд, после чего на машине происходит горячая промывка пряжи при натяжении, промывка холодной водой и окончательный отжим. Продолжительность всех операций на машине 4,5—5 м. Производительность такой двухсторонней машины, т. е. имеющей две пары пальцев, 30—35 *кг* пряжи в 1 час. Наиболее мощные машины для пряжи, карусельные, имеют 8 пар пальцев, расположенных по кругу. Производительность этой машины около 90 *кг* пряжи в 1 ч. Безвозвратный расход NaOH на машинах для пряжи ~ 17%. Машины для М. ткани состоят из плюсовки с 3 отжимными валами, как у каландра, для пропитки ткани раствором NaOH и последующего отжима, и аппарата для расширения ткани—цепной ширилки (см. *Аппретура текстильных изделий*) или ширилки без цепей, к-рая ширит ткань посредством особых ро-

ликов, расположенных дугообразно. Ролики машины без цепей подвижны и имеют на поверхности рубчики, которые удерживают ткань от усадки. На этих ширилках начинается промывка ткани от NaOH, который окончательно вымывается в специальном для этой цели аппарате Маттера. На фигуре изображена машина без цепей. Товар, пройдя через расправляющие и тормозящие ролики, пропитывается на первой плюсовке, отжимается, огибает 5 барабанов, вновь попадает в раствор NaOH во второй плюсовке, снова отжимается и проходит на ширящие ролики. Проходя по ширящим роликам, ткань получает первую отмывку NaOH при натяжении, затем окончательную промывку в аппарате Маттера, проходит через кисловочный ящик и подвергается промывке от к-ты. Производительность мерсеризационной машины в одно полотно—от 30 до 40 кусков по 42 *м* в час. Барабаны между плюсовками удлиняют действие конц. раствора NaOH на ткань до 1 мин., что при хорошей пропитке практически достаточно. Аппарат Маттера выщелачивает до 96% NaOH, затраченного на М. в виде раствора 8—10° Bé, который м. б. вновь использован. Так. обр. безвозвратный расход NaOH на машинах для ткани достигает 4—5%, т. е. значительно меньше, чем для пряжи.



Кроме описанной «полной» М. практикуют также одностороннюю М. путем обработки ткани на печатной машине, вал которой покрывает ткань с одной стороны концентриров. раствором NaOH. Такая обработка дает эффект М. только с одной стороны ткани. Наконец на практике часто встречается обработка хлопковой ткани раствором NaOH 12—18° Bé; производят т. наз. полумерсеризацию, напр. для черносернистого крашения. Исследование показало, что подобная обработка не дает заметного эффекта М., а производит лишь очистку ткани, хорошо подготовляющую ткань для нек-рых способов крашения.

Лит.: Минаев В. И., «Известия общества для содействия улучшению и развитию мануфактурной промышленности», Москва, 1903—1907; Миллер О., «Ж.», т. 36 и 37, 1905; Галлер Р., «Изв. текст. пром. и торговли», Москва, 1926, *18*; Чиликин М., там же, 1926, 1928, *7*, *8*; Погожев и Рохлин, там же, 1928, *9*, 1929, *6*; Курт-Гессе, там же, 1929, *2*; Кротова, там же, 1929, *7—8*; Минаев В., «Текстильные новости», М., 1928, *7*; Б. Л. и В. И., Определение мерсеризованного волокна, там же, 1927, *6—7*, 1928, *8—9*; Чиликин М., Полумерсеризация, там же, 1929, *3—4*; Шарков В., О мерсеризации в присутствии солей, там же, 1929, *11*; Шапошников В. Г., Общая технология волокнистых и красящих веществ, М.—Киев, 1926; Георгиевич Г., Химич. технология волокнистых веществ, пер. с нем., СПБ, 1913; Петров П., Викторов П. и Малютин Н., Химич. технология волокнистых веществ, Иваново-Вознесенск, 1928; Липатов С., Коллоидо-химические основы крашения, Иваново-Вознесенск, 1929; Гейзер Э., Химия целлюлозы, пер. со 2 нем изд., М., 1923; **Schwalbe C.**, Chemie d. Zellulose, B. 1—2, B., 1911; **Heuser E.**, Lehrbuch d. Zellulosechemie, 3 Aufl., Berlin, 1927; Haller R. u. Glafey H., Chemische Technologie d. Baumwolle, Technologie d. Textilfasern, hrsg. von R. Herzog, B. 4, T. 3, Berlin, 1928; Heermann P., Enzyklopädie d. Textilchemischen Technologie, Berlin, 1930; Gardner P., Die Mercerisation der Baumwolle und die Appretur des mercerisierten Gewebes, 2 Auflage, Berlin, 1912; Sedlaczek E., Die Mercerisierungsverfahren, Berlin, 1928.

В. Абозин.

МЕСТНЫЙ ТРАНСПОРТ, см. *Транспорт*.

МЕТАЛЕПСИЯ, реакция замещения водорода в углеводородистых соединениях галоидом (гл. обр. хлором). Характерной чертой М. является образование HCl или вообще галоидоводорода; реакция происходит по следующей схеме:

$$C_mH_nX + Cl_2 = C_mH_{n-1}XCl + HCl.$$

Реакции М. способствует солнечный свет, а также присутствие катализаторов—переносителей галоида (J, $AlCl_3$, $SbCl_3$). М.—реакция экзотермическая; так напр., при получении хлористого этила из этана выделяется 22 000 cal:

$$C_2H_6 + Cl_2 = C_2H_5Cl + HCl + 22\,000\ cal.$$

Реакцией М. можно пользоваться для получения полигалоидных соединений; так, из метана, CH_4, получается первоначально хлористый метил, CH_3Cl, из которого дальнейшей М. можно получить последовательно хлористый метилен, CH_2Cl_2, затем хлороформ, $CHCl_3$, и как конечный продукт М. четыреххлористый углерод, CCl_4; таким же путем из уксусной кислоты, $CH_3 \cdot COOH$, можно получить моно-, ди- и трихлоруксусную кислоты:

$CH_2Cl \cdot COOH$, $CHCl_2 \cdot COOH$ и $CCl_3 \cdot COOH$.

Галоид в продуктах М. нередко обладает значительной подвижностью; пользуясь этим, можно от таких продуктов переходить к более сложным органическим соединениям, замещая в них галоид группами NH_2, OH, углеводородными остатками и т. д. Как М. можно рассматривать и реакции замещения водорода хлором в других (не углеводородистых) соединениях, напр. получение хлористого азота из аммиака действием Cl:

$$NH_3 + 3Cl_2 = NCl_3 + 3HCl.$$

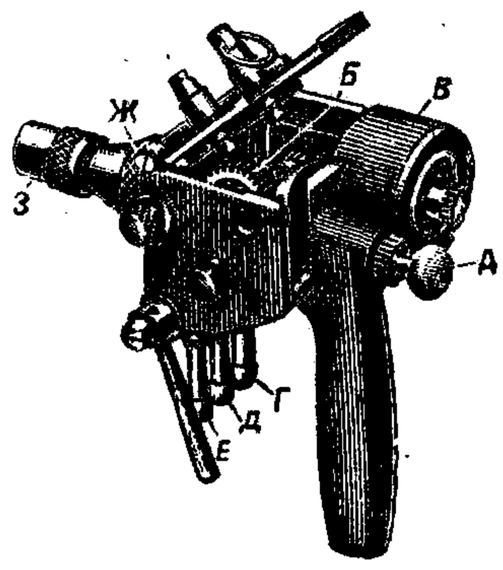
Понятие М. в свое время сыграло значительную роль при создании теории строения органич. соединений. В настоящее время этот термин мало употребителен. **Н. Ельцина.**

МЕТАЛЛИЗАЦИЯ, шоопирование, один из способов поверхностного покрытия металлами или сплавами изделий и полуфабрикатов как металлических, так и из других материалов: дерева, папье-маше, материи, силикатов и т. д. Покрытием этим в основном преследуются цели: 1) защиты от атмосферных и всяких других корродирующих агентов (см. *Коррозия металлов*); 2) придание поверхности каких-либо специальных физич. свойств, например токопроводимости (поверхности диэлектриков) или улучшения контакта и снижения переходного сопротивления в местах соприкосно-

вения проводников; 3) придание красивого внешнего вида.

Первые аппараты для шоопирования (изобретатель—Шооп, швейцарский инженер) имели закрытые сосуды с расплавленным и все время подогреваемым металлом; струя жидкого металла подавалась в пульверизирующий прибор и разбрызгиванием наносилась на металлизируемый предмет. Основной недостаток всех этих установок—громоздкость. Он не устранен и в другом типе первых аппаратов Шоопа, распыливающих не жидкий металл, а металлич. порошок. Эти приборы не нашли себе широкого применения по следующим причинам: 1) приготовление порошка сильно увеличивает стоимость металла; 2) многие металлы трудно сохранять в виде тонкого порошка, так как они при этом очень легко окисляются; 3) весьма затруднительна регулировка равномерной подачи металлич. порошка к соплу пульверизатора. Все эти неудобства устранены в новейшего типа аппаратах Шоопа, выпускаемых в Германии—фирмой «Metallisator A. G.» (Берлин), в Англии—«Metals Caoting Co., Ltd», во Франции—«Société de metallisation» (Париж); они работают на металле, вводимом в шприц-пистолет в виде проволоки. Полная возможность точной регулировки скорости и равномерности подачи проволоки обеспечивает равномерность толщины слоя покрытия. Современная установка для М. по методу Шоопа в основном состоит из бомб (баллонов) со сжатыми газами, небольшого компрессора, промежуточного баллона (ресивера) с регулирующими и предохранительными клапанами (для выравнивания толчков в сети компрессора), соединенных со шприцем-пистолетом гибкими шлангами, и комплекта шпуль с проволокой из металлов, применяемых для покрытия. Вся установка очень компактна и легко м. б. переносима к месту работы. Недостаток этой системы—она не применима для металлов, из к-рых не м. б. приготовлена проволока (хром и пр.). Имеются конструкции, в к-рых расплавление проволоки производится электрическим током, но они пока еще распространения не получили. В 1928 г. советским конструктором-изобретателем Пржегодским сконструирован прибор для М., работающий на жидком металле.

Основная часть установки—аппарат для расплавления и пульверизации металла—металл-шприц-пистолет Шоопа имеет нек-рое сходство во внешних очертаниях с пистолетом. Весит он около 1,5 *кг* и удобен для ручного пользования. Проволока вводится в аппарат через отверстие *А* (фиг. 1); подача ее вперед производится двумя зубчатками *Б*, приводимыми во вращение небольшой воздушной турбинкой *В*; сжатый воздух, кислород и сжигаемый газ (ацетилен, водород или светильный газ) подаются шлангами и патрубками *Г*, *Д*, *Е* и внутренними каналами подводятся в камеру смешения *Ж* перед соплом *З*. У сопла капли металла подхватываются струей сжатого воздуха, пульверизируются и в виде тонкого металлического тумана с большой силой и скоростью наносятся на поверхность металлизируемого предмета. Проволока должна иметь круглое сечение, равномерную толщину по всей длине и не иметь сжатых, раздавленных мест, надломов, трещин, перегибов; эти недостатки нарушают равномерность подачи проволоки. Обычная толщина проволоки—1 *мм*; для легкоплавких металлов (олова, свинца и пр.) и их сплавов можно брать и более толстую—в 1,5 *мм*. Чистота металла никакого значения для работы аппарата не имеет. Расход кислорода и газов (на единицу веса металла) зависит от чистоты их и от теплотворной способности газов; расход их на единицу площади покрываемой поверхности зависит еще и от толщины слоя покрытия. Для равномерности покрытия кроме регулировки подачи проволоки необходимо точно регулируемое давление газов и воздуха. В нижеследующей таблице указаны величины давления газов и скорости подачи проволоки для ряда металлов. По этой таблице, зная вес *п. м* проволоки данного диаметра, можно легко подсчитать часовой расход металла; имея же последний, а также уд. вес данного металла и толщину слоя покрытия, легко получить часовую производительность аппарата в $м^2$.



Фиг. 1.

Цифры этой таблицы являются средними из большого числа заводских опытов и подсчетов. Для разбрызгивания 1 *кг* свинца необходимо 1,63 $м^3$ сжатого воздуха, для его расплавления 86 *л* светильного газа и 64 *л* кислорода или 120 *л* водорода и 26 *л* кислорода (при работе на гремучем газе). Сжатый воздух д. б. очищен от мельчайших частиц воды и масла (от смазки компрессора)

Давление газов (в *atm*) и скорость подачи проволоки (в *м/мин*) для главнейших металлов.

Металл	Воздух	Ацетилен	Кислород	Скорость подачи	Водород	Кислород	Скорость подачи	Светильн. газ	Кислород	Скорость подачи
Свинец	2,2	0,8	0,8	6	0,5	0,4	6	0,8	0.8	5,8
Олово	2,2	0,8	0,8	6	0,5	0,4	6	0,8	0,8	5,8
Цинк	2,2	0,65	0,65	6	1	0,8	5	1,2	1,1	6
Алюминий	2,2	0,9	0,9	5	1,3	1,2	5	1,7	1,6	4,6
Латунь	2,2	1,55	1,55	4	1,4	1,3	4	2,2	2 2	4,2
Медь	2,2	1,6	1,6	4	1,6	1,5	4	2,2	2,2	3,1
Бронза	2,2	1,6	1,6	4	1,6	1,5	3,5	2,2	2,2	3,1
Никель	2,2	1,7	1,7	2,2	1,8	1,7	2	2,2	2,2	1,9
Железо	2,2	1,7	1,7	2,2	1,8	1,7	2	2,3	2,4	1,6

Цифры этой таблицы являются средними из большого числа заводских опытов и подсчетов. Для разбрызгивания 1 *кг* свинца необходимо 1,63 $м^3$ сжатого воздуха, для его расплавления 86 *л* светильного газа и 64 *л* кислорода или 120 *л* водорода и 26 *л* кислорода (при работе на гремучем газе). Сжатый воздух д. б. очищен от мельчайших частиц воды и масла (от смазки компрессора)

при помощи включаемых в сеть масло- и водоотделителей.

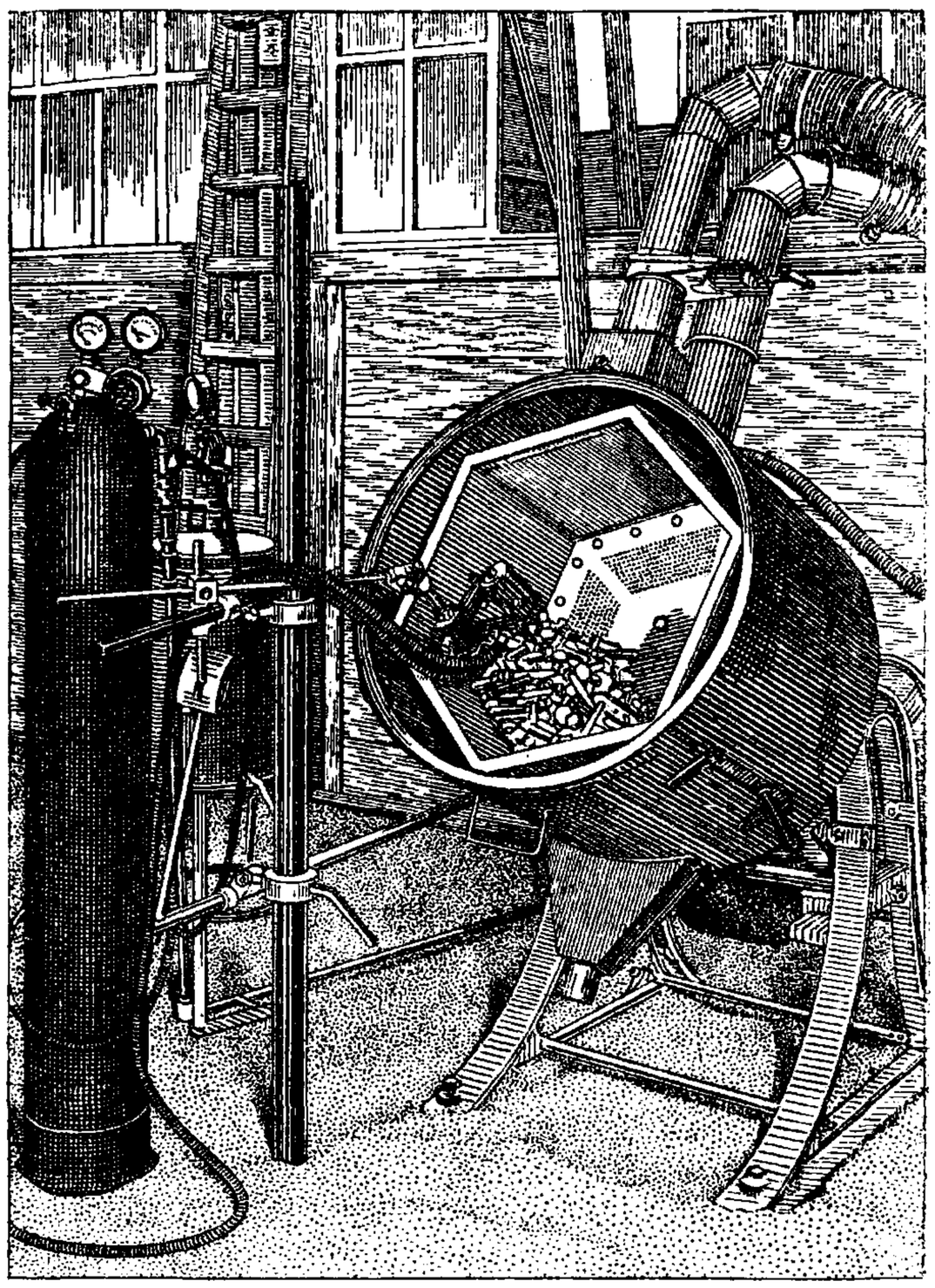
Подготовка металлической поверхности для покрытия заключается в удалении грязи и жира, что лучше всего достигается при помощи пескоструйной очистки, особенно, если эта поверхность имеет нек-рую шероховатость. Мелкие предметы легко очищаются в обычных вращающихся барабанах—троммелях—с песком и опилками. Чтобы снова не нанести следов жира, необходимо работать в рукавицах. В нек-рых случаях желательно предварительное тонкое покрытие другим металлом, напр. нанесение цинка при освинцевании железа.

Толщина слоя покрытия в широких пределах (от долей *мм* до нескольких *см*) регулируется подачей металла и скоростью взаимного перемещения пистолета и покрываемого предмета (чем эта скорость меньше, тем толщина слоя больше). При любой толщине слоя он получается совершенно плотным, без расслаивания, каких-либо включений, без видимого выгорания составных частей сплава (например при покрытии латунью и пр.). Необходимую толщину слоя покрытия устанавливают, исходя из целей покрытия, напр. при освинцевании для предохранения от коррозии морской водой рекомендуется 0,3—0,4 *мм*, органич. кислотами 0,6—0,9 *мм*, неорганическими $\lessdot 0{,}2$ *мм*, разбавленной $H_2SO_4 \lessdot 2$ *мм*. Очень удобно и быстро производится М. мелких изделий (гвозди, болты, гайки, шайбы и пр.); после очистки их в троммеле последний освобождается от песка и опилок и в открытом виде приводится во вращение, а внутрь его, на непрерывно перемешивающиеся изделия направляется металл, пульверизируемый из неподвижно закрепленного пистолета (фиг. 2). Для покрытия внутренних поверхностей, например труб, к соплу привертывают удлиненные насадки с вращающимися наконечниками (дающими вихревое движение распыленному металлу); они позволяют металлизировать изнутри трубы длиною до 10—12 *м*. М. допускает дальнейшую отделку покрытой поверхности шлифовкой, полированием, окраской и пр. В ряде случаев М. является единственно возможным методом покрытия металлом, например во всех случаях покрытия изделий из горючих материалов: дерева, бумаги, кожи и т. д. Расчет сравнительной стоимости различных способов покрытия необходимо производить, исходя каждый раз из конкретных данных (металл, характер металлизируемого изделия, толщина слоя покрытия, состав и качества газовой смеси, условия предварительной обработки и подготовки поверхности). Весьма приблизительные цифры даются одной из фирм для случая покрытия цинком листового железа (расчет дан на 1 $м^2$ поверхности):

Цинковая проволока (0,3 *кг* по 1,3 мар. за *кг*)	0,40 мар.
Кислород (0,125 $м^3$ по 0,45 мар. за $м^3$)	0,06 »
Водород (0,400 $м^3$ по 0,65 мар. за $м^3$)	0,26 »
Раб. сила (1 чел. × 8 мин. по 0,9 мар. в час)	0,12 »
Очистка песком (в том чис. раб. сила 0,20 мар.)	0,30 »
Общие расходы (~300% на зар. плату)	0,96 »
Всего	2,10 мар.

Такие же подсчеты дают ориентировочную стоимость покрытия 1 $м^2$: медью ~ 5,75 мар., алюминием ~ 2,75 мар.

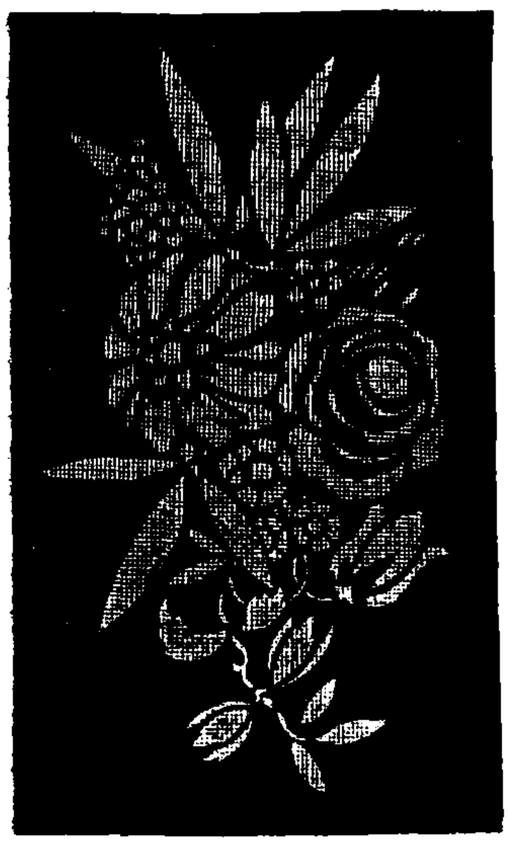
Область применения М. весьма обширна. В авиапромышленности М. применима для покрытия стальных деталей моторов, деревянных винтов, латунных и прочих частей арматуры и приборов, стальных тросов, деревянных деталей неметаллич. самолетов (детали д. б. очень хорошо просушены для устранения возможности возникновения внутреннего гниения дерева), стальных частей фюзеляжа. В электротехнике область применения очень велика и разнообразна—М. внутренних поверхностей лейденских банок и сходных приборов вместо обкладки листовым свинцом; в пластинчатых конденсаторах металлич. прокладки легко заменяются М. одной стороны пластин



Фиг. 2.

диэлектриков—слюды, миканита, фарфоровых и прочих изоляторов и пластин; обмеднение контактных и других щеток, концов электродов в местах соприкосновения с электродержателями; нанесение олова, серебра, платины—в контактах проводников (шин, кабелей и пр.); обмеднение прозодежды электротехников при работе с токами высокого напряжения и т. д. Особенно велика роль М. как защитного покрытия массовых металлических конструкций: железных мачт электропередач, мостов (в особенности подвергаемых действию паровозных и пароходных дымов), гидротехнич. сооружений и портовых устройств (в особенности частей, находящихся в воде); оцинкование их в несколько раз увеличивает сроки службы, уменьшая и потребность в ремонте. В судо-, паровозо-, вагоностроении применение М. также чрезвычайно обширно: освинцевание металлич. подводных поверхностей корпусов судов, покры-

тие специальной латунью гребных винтов, покрытие цинком сигнальных устройств—буев, баканов, семафоров, деталей стрелочных устройств, освинцевание внутренних поверхностей цистерн и баков для перевозки к-т, оцинкование водонапорных баков, водопроводных труб, железных конструкций паровозн. депо и мастерских, сильно страдающих от корродирующих воздействий дыма и т. д. В машино- и аппаратостроении М. незаменима для защитных покрытий, в особенности в таких частях, как всякого рода газохранилища, газо-,паропроводы, паровая и прочая арматура; для замены лужения покрытием оловом железных деталей, заливаемых в чугун, внутренних поверхностей вкладышей под заливку баббитом; сама заливка баббитом м. б. произведена во многих случаях выгоднее путем М. Применением частичной и сплошной М. деревянных моделей можно заменить металлич. модели без ухудшения службы при большом уменьшении веса. Весьма важно применение М. для *исправления брака* и в ремонтном деле: заделка раковин в литье вполне заменяет заварку без вредных внутренних напряжений, часто вызываемых последнею, напр. на з-де Citroen зашоопируются алюминием раковины в картерах моторов. Чрезвычайно ускоряются ремонт и восстановление изношенных деталей, например вкладышей, параллелей, направляющих, всякого рода трущихся точных деталей и т. д. Америк. техника пробует применять этот способ даже для восстановления изделий из высокосортных сталей (инструментальной и пр.), что, в случае удачи, может произвести целый переворот в инструментальном деле. В сельском хозяйстве, а также в военном деле необходимо подвергать М. инструменты, приборы и детали их, подверженные длительному воздействию атмосферных агентов: с.-х. и инженерный инвентарь и инструмент, землемерные и артиллерийские приборы, работающие в полевых условиях, и т. д. Большую роль играет М. алюминием деталей, работающих в условиях высокого нагрева: частей топочных (например для топок паровозов, походных кухонь, передвижных асфальтоварочных котлов для ремонта дорог и т. п.) и топливозагрузочных устройств, колосников, колосниковых решеток и цепей, сопел приборов для сжигания жидкого, газообразного и пылевидного топлива. Такие детали, после покрытия алюминием и нек-рой термич. обработки (нагрева для увеличения диффузии алюминия в железо или чугун), увеличивают в несколько раз сроки своей службы. В декоративном деле М. выполняют всякого рода рисунки на ткани (фиг. 3), дереве, коже, фарфоре, фаянсе и прочих материалах, покрытие металлом строительных материалов: штукатурки, бетона, алебастровых изделий и т. д.. покрытие никелем, золотом и пр. деревянных частей мебели, рам для картин и т. д. Применение М. возможно в таких специальных областях, как напр. освинцевание прозодежды работников радиевых и рентгеновских лабораторий, изготовление слепков, клише (последние м. б. сделаны из меди, т. е. более прочные, чем из типографского сплава, без уменьшения точности и четкости рисунка) и всякого рода рельефных копий.



Фиг. 3.

В СССР М. не нашла еще широкого применения, хотя первые сведения о ней появились в России уже в 1912 г. (патент 20857 от 31 января 1912 г.). В небольшом числе производств имеются лишь единичные установки, напр. на электромеханич. з-де б. «Прен» в Ленинграде—для М. алюминием стальных оболочек пирометров; к тому же все они не используются в должной мере.

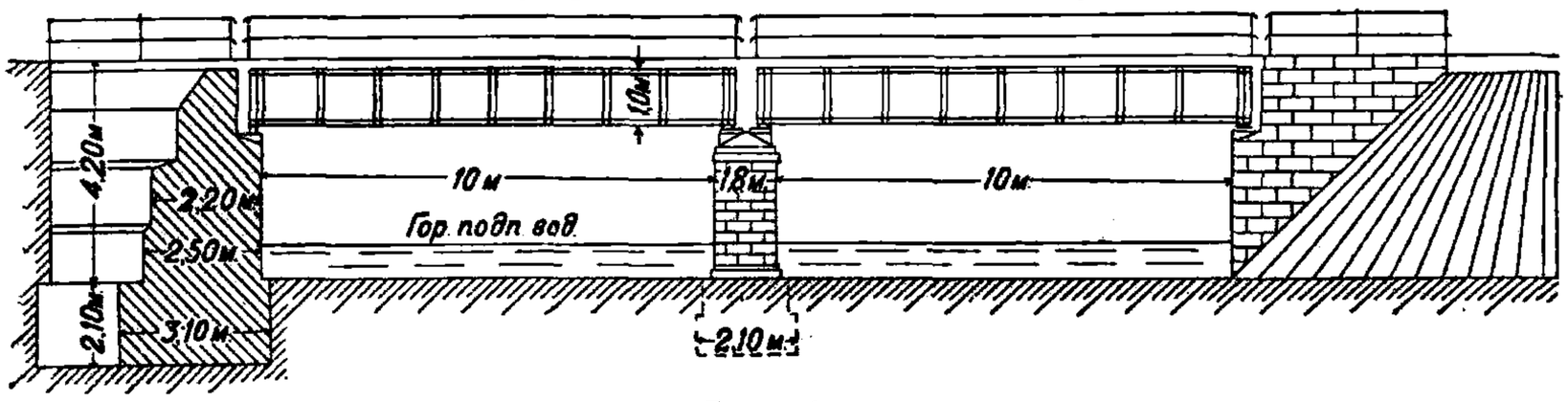
Лит.: Жданко А. А., Работы пульверизацией, Ленинград, 1929; Деречей Е. Г. и Смирнов (Верин) С. С., Исследоват. лаборатории, станции и заводы Германии по цветным металлам, «Минер. сырье и цветн. металлы», М., 1928, *4*, стр. 259—260; Смирнов (Верин) С. С., Покрытие металлами шоопированием (печат.); Meurer H. L., «Z. d. VDI», 1926, *14* (исследование свойств покрытия); Commentz, «Werft-Reederei-Hafen», Berlin, 1923, B. 4 (покрытия в судовом деле); Маас Э., Коррозия и защита от ржавчины, перевод с немецкого, Москва, 1930.

С. Смирнов (Верин).

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МОСТЫ, мосты с металлич. пролетным строением. В зависимости от системы главных ферм М. м. разделяются на балочные, арочные и висячие (см. *Мосты*). В балочных мостах пролетные строения вызывают в опорах лишь вертикальные реакции. В арочных мостах возникает кроме того горизонтальный распор, к-рый воспринимается или опорами или затяжкой; в последнем случае опоры не отличаются от опор балочного моста. Пролетные строения в висячих мостах дают кроме вертикальных реакций также распор, но здесь, в отличие от арочных мостов, он направлен внутрь пролета. Другим отличительным признаком висячих мостов является применение гибкого элемента (кабеля, цепи) в качестве основной части, несущей нагрузку. Помимо указанных существуют еще т. наз. комбинированные системы М. м., в которых соединяются характерные особенности нескольких основных категорий мостов. В качестве примера можно указать на балочное пролетное строение, поддерживаемое посредине пролета арками. Комбинированные системы применяются преимущественно в городских мостах по архитектурным соображениям. Кроме приведенной выше классификации М. м. можно разделить в отношении конструкции пролетного строения на неподвижные и подвижные, постоянные и разборные, а по назначению—на мосты железнодорожные, под обыкновенную дорогу и т. д. К подвижным мостам относятся разводные, наплавные мосты и трансбордеры (см. *Подвижные мосты*).

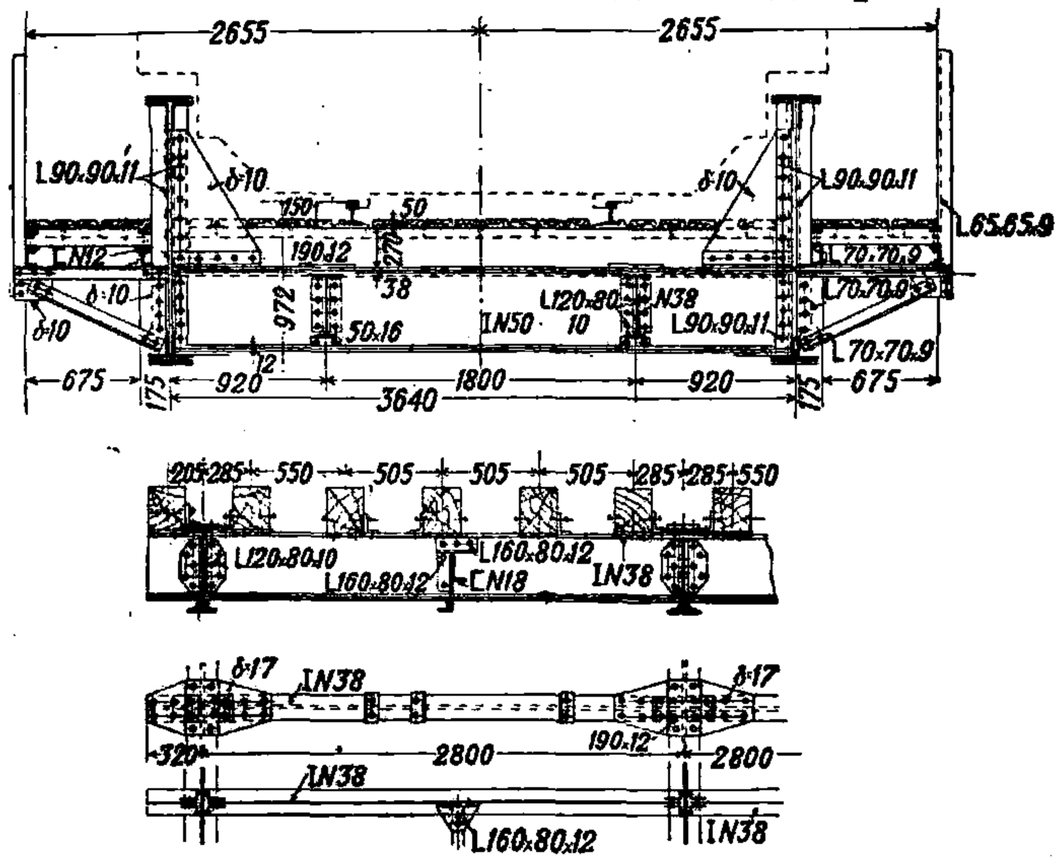
Балочные М. м. Простейшим типом М. м. является мост, пролеты к-рого перекрыты железными балками со сплошной стенкой. Пример такого моста с ездой поверху под ж. д. представлен на фиг. 1. Рельсы уложе-

ны на деревянных поперечинах, к-рые опираются на две главные балки. Последние состоят из вертикальных листов, к к-рым приклепаны по верхнему и нижнему краям уголки и горизонтальные листы поясов. Вертикальные стенки балок снабжены у г о л к а м и ж е с т к о с т и, укрепляющими стенку



Фиг. 1.

против выпучивания. В плоскости верхнего и нижнего поясов имеются горизонтальные связи, а на опорах и в промежуточных сечениях (последние не обязательны) вертикальные связи. Пролетные строения опираются на каменные опоры—устои, или быки. Если по местным условиям необходимо уменьшить конструктивную (строительную) высоту (расстояние по вертикали от подошвы рельсов до низа пролетного строения или до верха подферменного камня, смотря по тому, что меньше), то вместо расположения полотна сверх балок таковое устраивают ниже верха главных балок при помощи поперечных балок, между которыми помещают продольные балки (фиг. 2); на последние укладывают поперечины. Такие мосты носят название мостов с е з д о й п о н и з у. Еще меньшая конструктивная высота получается в мостах с т. н. а м е р и к а н с к о й п р о е з ж е й ч а с т ь ю, состоящей из клепаного волнистого настила, уложенного на нижние пояса главных балок (фиг. 3). Если ж.-д. мост расположен в населенной местности или над дорогой с оживленным движением, или если желательно создать однородность



Фиг. 2.

пути, то устраивают полотно на балластном слое, поддерживаемом сплошным настилом из лоткового (фиг. 4) цилиндрич. железа, железа Зоре и железа Вотерена, железобетона (фиг. 5) и т. п.

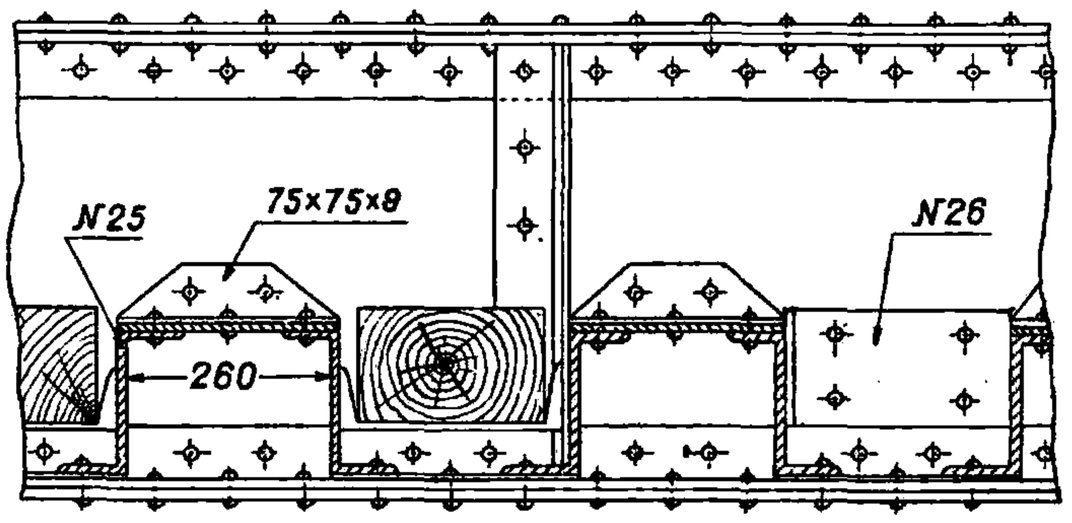
Наименьшая допустимая высота главных балок связана с необходимостью обеспечить достаточную жесткость пролетного строения и м. б. определена по следующей формуле:

$$\frac{f}{l} = \frac{5{,}5}{24} \cdot \frac{R}{E} \cdot \frac{p}{p+q} \cdot \frac{l^2}{h},$$

где f—допускаемый прогиб от временной нагрузки в *см* ($1/1\,000\ l$), l—пролет в *см*, R—допускаемое напряжение в *кг/см²*, E—модуль упругости в *кг/см²*, p и q—временная и постоянная нагрузки в *кг/п.м*, h—высота балки в *см*. Наивыгоднейшая (т. е. дающая наименьший теоретический вес) высота главных балок выражается ф-лой:

$$h = \sqrt{\frac{2{,}7M}{R \cdot d}},$$

где M есть наибольший изгибающий момент в *кгсм* и d—толщина вертикального листа в *см*. Следует заметить, что отступления в некоторых пределах от наивыгоднейшей высоты мало отражаются на весе балки. С другой стороны, железные листы большой ширины обходятся дороже. Практикой установлены следующие примерные соотношения для высоты главных балок: $^1/_6$—$^1/_8$ пролета при пролетах в 2—10 *м* и $^1/_8$—$^1/_{12}$ пролета при пролетах в

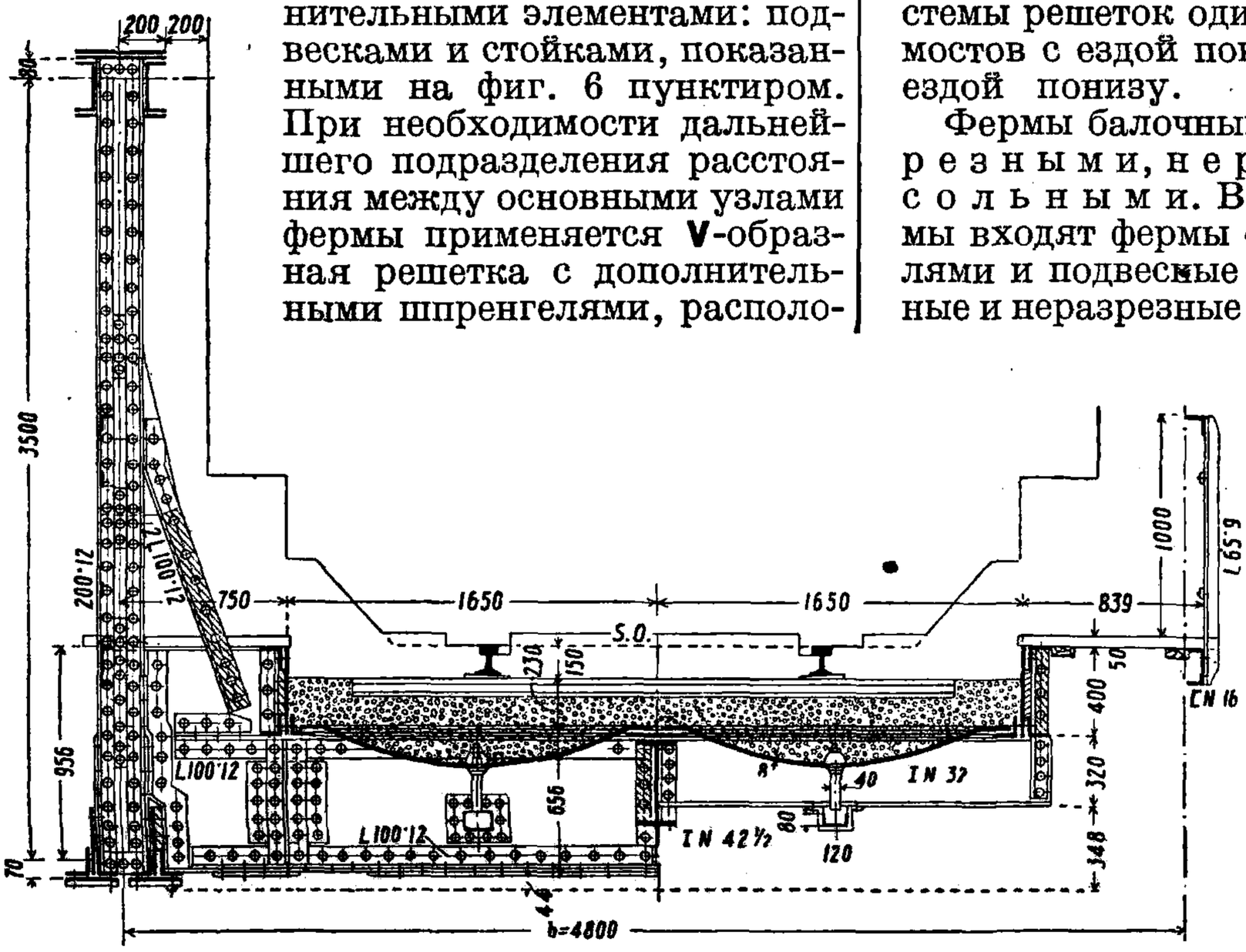


Фиг. 3.

10—20 *м*. Расстояние между главными балками жел.-дорожных мостов определяется из условий устойчивости на опрокидывание ветром и во всяком случае берется не менее 1,8—2,0 *м*. В мостах под обыкновенную дорогу расстояние между главными балками выясняется сравнительными подсчетами, по условию наименьшего веса пролетного строения. Наиболее употребительные расстояния: 1,5—3,5 *м*. Применение балок со сплошной стенкой в балочных мостах под ж. д. целесообразно при пролетах до 20—25 *м*. В США предельным экономически выгодным пролетом для балок со сплошной стенкой считается пролет в 30 *м*, в особых случаях в 40 *м*, а в последнее время появились мосты пролетом до 60 *м*. В мостах под обыкновенную дорогу балки со сплошной стенкой применяются при пролетах до 80 *м*.

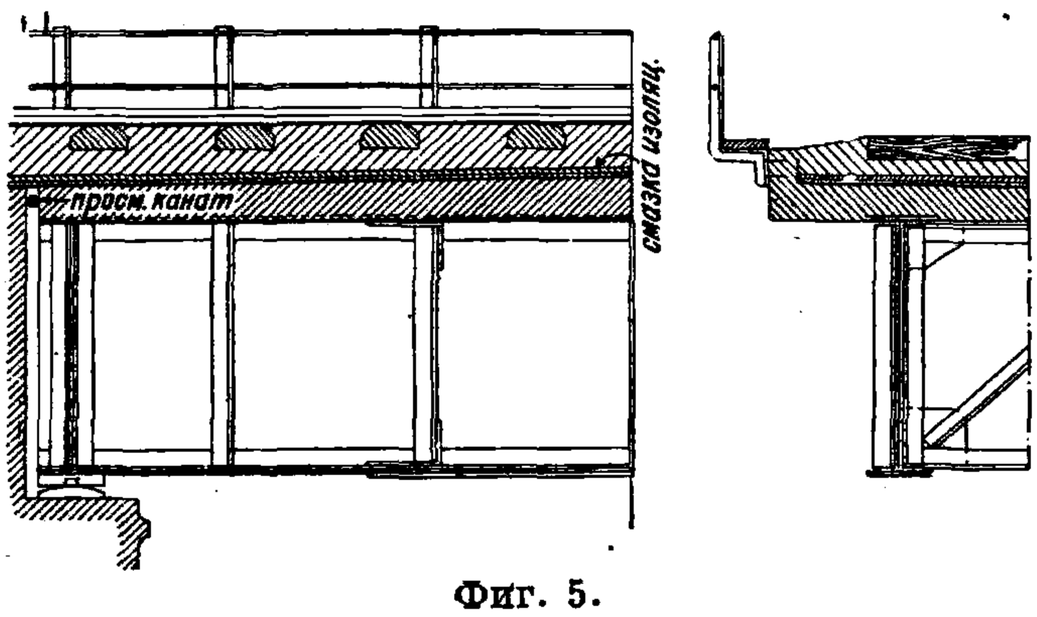
Для перекрытия пролетов, превосходящих указанные выше величины, применяются сквозные, или решетчатые, фермы. Главнейшие типы решеток изображены на фиг. 6, где А—решетка треугольная или **V**-образная, Б—раскосная или **N**-образная решетка, В—полураскосная или **K**-образная решетка, Г—ромбическая; **V**- и **N**-образные решетки могут быть простые (фиг 6, А и Б) или сложные (фиг. 6, Е и Д). Основными элементами **V**-образной решетки являются раскосы. Для удержания длины панели (т. е. расстояния d между узлами ферм, фиг. 6)

в необходимых пределах, обусловливаемых достаточно экономным весом проезжей части, **V**-образная решетка снабжается дополнительными элементами: подвесками и стойками, показанными на фиг. 6 пунктиром. При необходимости дальнейшего подразделения расстояния между основными узлами фермы применяется **V**-образная решетка с дополнительными шпренгелями, располо-



Фиг. 4.

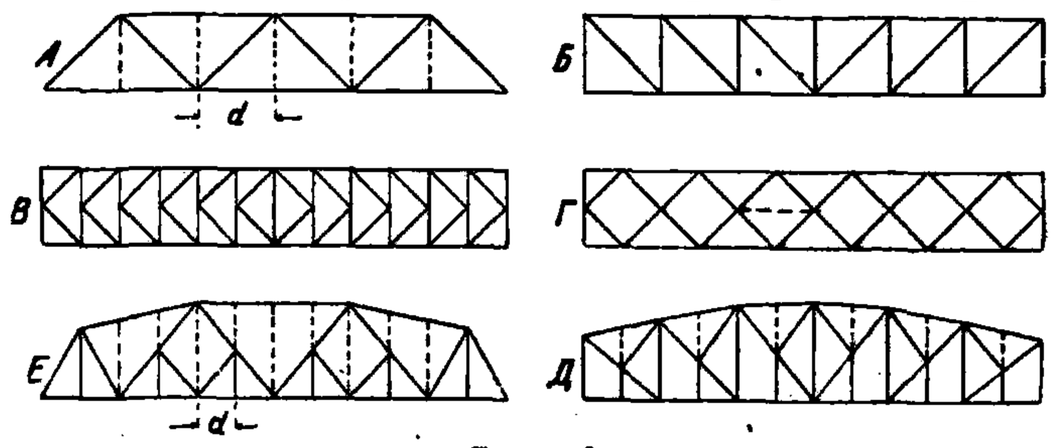
женными или внизу или наверху фермы моста. В **N**-образной решетке основными элементами являются стойки и раскосы. Раскосы могут быть или нисходящими (преимущественно растянуты) или восходящими (преимущественно сжаты). Дополнительные шпренгели можно дать и в **N**-образной решетке. Сложные системы решеток получаются наложением друг на друга нескольких простых систем. Ромбич. решетка по внешнему виду похожа на двойную **V**-образную решетку, но отличается от нее в крайних панелях наличием двух полураскосов. Двойная **V**-образная решетка статически неопределима; ромбическая, в чистом виде и при действии нагрузки на нижние или верхние узлы, геометрически изменяема. Чтобы обеспечить ромбической решетке неизменяемость, ставят дополнительный вертикальный или горизонтальный элемент, показанный на фиг. 6, Г пунктиром (сист. Дитца). Другой прием заключается в том, что действие нагрузки



Фиг. 5.

сосредоточивают над или под узлами, образованными пересечением раскосов друг с другом (система проф. Передерия). Из всех описанных выше систем наилучшей следует считать **V**-образную решетку, так как она передает на опоры кратчайшим путем силу, приложенную в пролете, и потому обладает наименьшим весом. Все названные выше системы решеток одинаково пригодны как для мостов с ездой поверху, так и для мостов с ездой понизу.

Фермы балочных М. м. могут быть р а з р е з н ы м и, н е р а з р е з н ы м и и к о н с о л ь н ы м и. В состав консольной системы входят фермы с одной или двумя консолями и подвесные (фиг. 7) фермы. Консольные и неразрезные балочные мосты являются экономически выгодными при пролетах свыше 100 *м*. При сравнительно небольшой величине пролетов (до 50—60 *м*) фермы снабжают параллельными поясами; фермам больших пролетов для экономии в весе придают криволинейное очертание по одному из поясов, причем высота ферм к середине пролета увеличивается. В последние годы в Германии наблюдается тенденция конструировать фермы, по архитектурным соображениям, с параллельными поясами даже и при больших пролетах [например мост через пролив Малый Бельт с пролетом в 220 *м* (фиг. 8)], несмотря на излишнюю затрату при этом железа. При назначении основных размеров балочных разрезных ферм

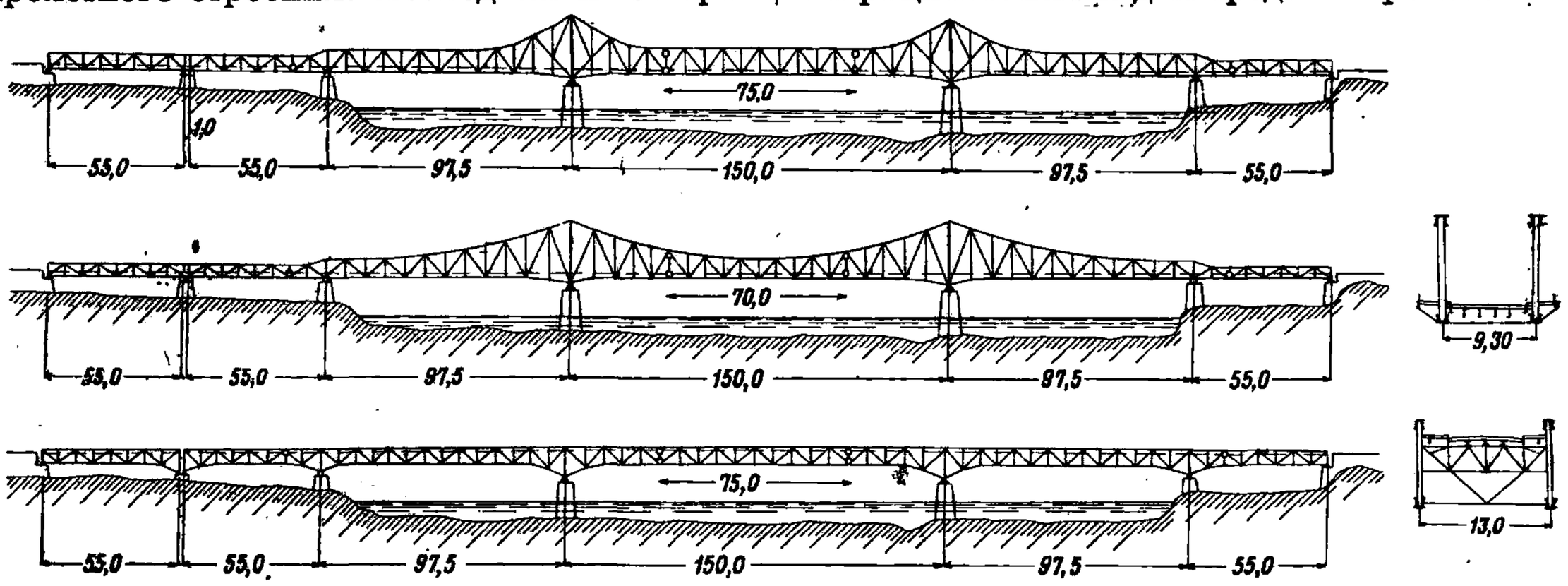


Фиг. 6.

одним из весьма важных вопросов является вопрос о выборе высоты фермы. Руководящее соображение в этом вопросе—наименьший вес пролетного строения. Кроме того выбор высоты ограничен условием достаточной жесткости ферм, не позволяющим уменьшать высоту ниже нек-рого предела. Наиболее подходящая высота ферм посредине пролета для ж.-д. мостов $^1/_5$—$^1/_{6,5}$ (до $^1/_7$ при больших пролетах). Высота ферм мостов под обыкновенную дорогу м. б. в случае надобности значительно понижена. При езде понизу высота ферм согласована с *габаритом* (см.); для мостов под железные дороги нормальной колеи это требование приводит к высоте 8—8,5 *м*.

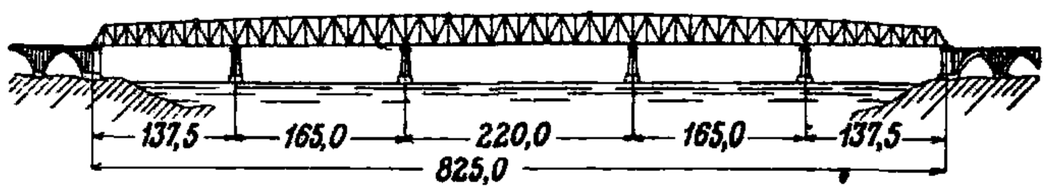
Задание длины панели стоит в связи с компановкой решетки ферм и с вопросом о весе проезжей части. При компановке решетки желательно угол наклона раскосов к вертикали держать в пределах 30—55°; наивыгоднейший угол наклона—ок. 45°. Чем больше пролет ферм, тем бо́льшую длину приходится давать панели. Обычные пределы: 4—10 *м*, чаще всего—6—7 *м*. Расстояние

между осями ферм зависит от габарита (при езде понизу) и от поперечной устойчивости пролетного строения. Последняя м. б. про-



Фиг. 7.

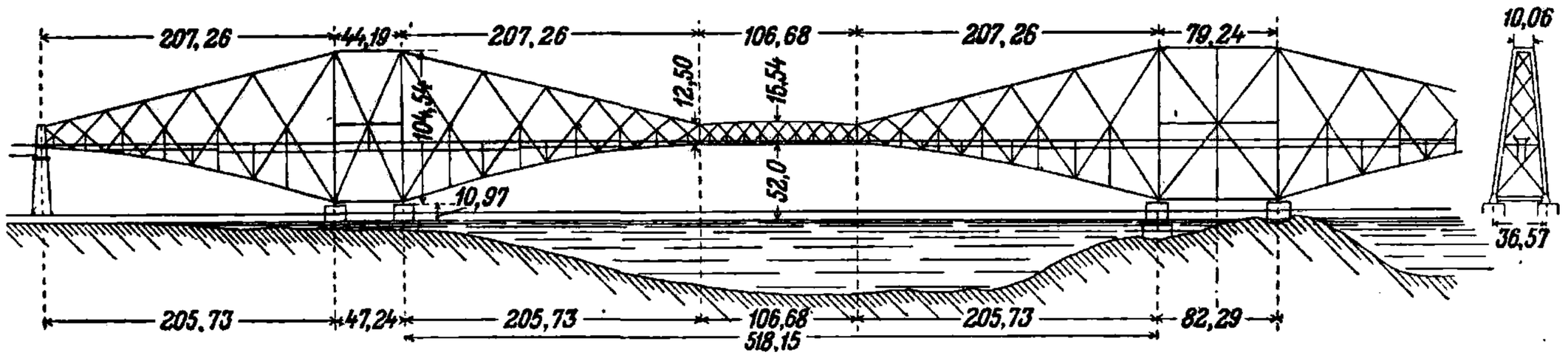
верена расчетом. Независимо от расчета, расстояние между осями ферм не д. б. меньше $^1/_{12}$ пролета для средних пролетов и $^1/_{15}$—$^1/_{20}$ для больших пролетов. Очертание балочно-консольных ферм в существующих мостах часто следует за эпюрой наибольших

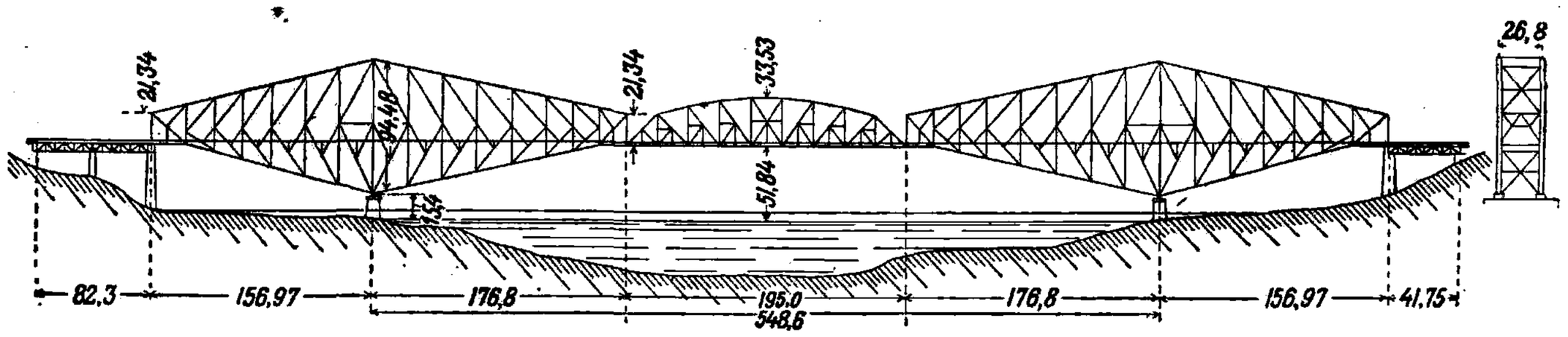


Фиг. 8.

изгибающих моментов. Консоли имеют высоту, увеличивающуюся от конца консоли к опоре ферм; при длинных консолях высота ферм на опорах больше, чем посредине пролета, при коротких—обратно, а в некоторых мостах высота консольных ферм в междуопорной части сначала уменьшается, затем снова растет к середине пролета. Такой прием выбора очертания сложен и не окупает получаемой экономии, поэтому следует разрезных ферм. Указанное очертание заслуживает предпочтения и по эстетич. соображениям. Длину консоли назначают, исходя из тех же соображений. Иногда, в особенности при проектировании ж.-д. мостов небольших пролетов, ставится требование, чтобы реакции ферм при самом невыгодном загружении были положительны. Целесообразно брать длину консоли равной 0,2—0,3 междуопорного пролета, а высоту на опорах—в $1^1/_2$ раза меньше длины консоли. Очертания наибольших консольных мостов через Фортский залив и через р. Св. Лаврентия у Квебека представлены на фиг. 9.

Элементы ферм М. м. составляются из отдельных частей листового и фасонного (уголкового, корытного) железа, соединенных друг с другом заклепками (диаметром 20—28 *мм*). Соединение посредством сварки находится в настоящее время еще в стадии опытов. В небольших фермах под легкую нагрузку достаточно дать поясам ферм одно-

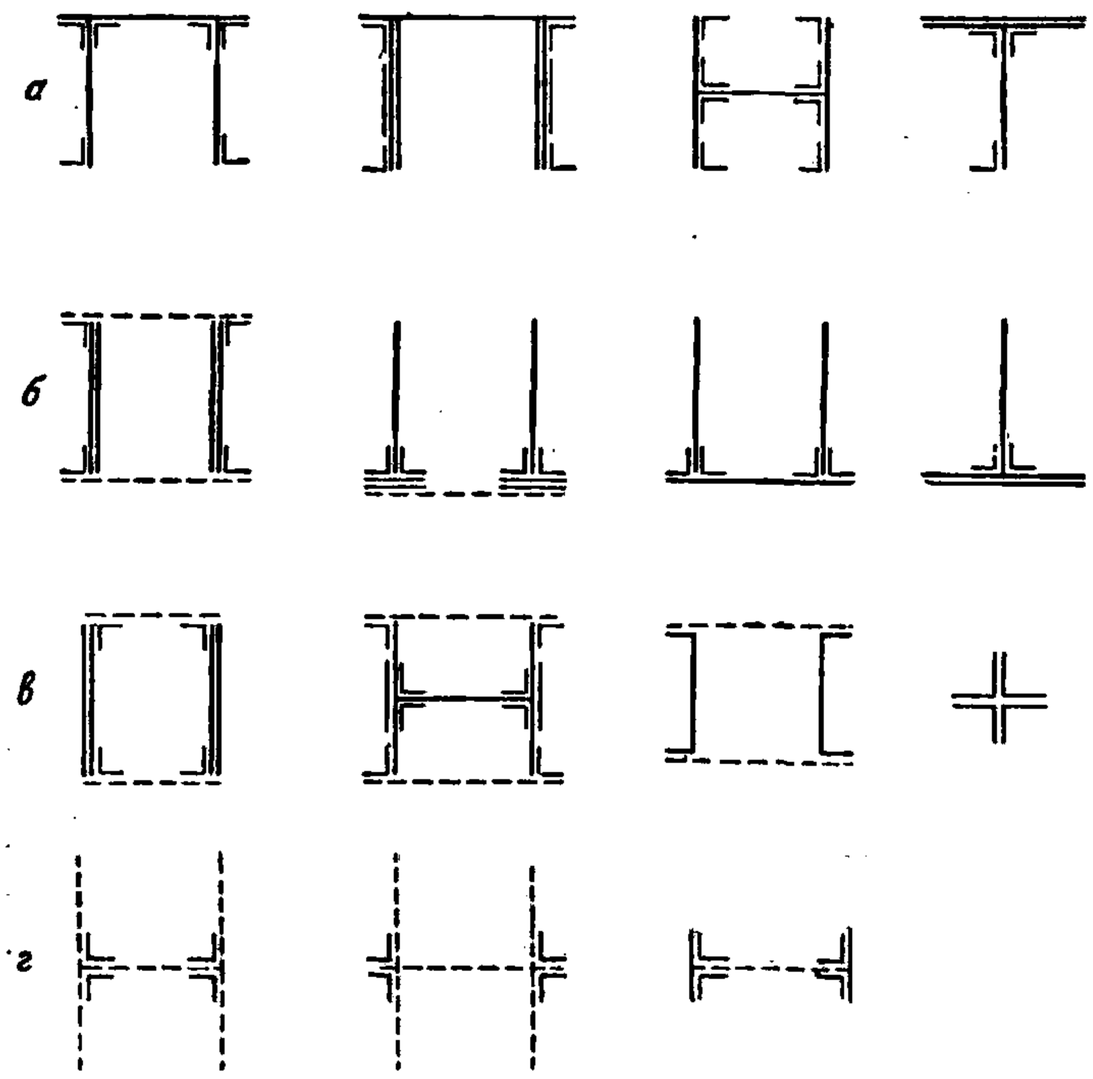




Фиг. 9.

руководствоваться соображениями о наибольшей жесткости ферм и о наименьшем их весе. С этой точки зрения наиболее выгодстенное или тавровое сечение; раскосы, стойки и подвески составляются в таком случае или из уголков, расположенных тавром,

крестом, или из швеллеров, или из листа и четырех уголков, склепанных двутавром и т. п. Элементы более тяжелых ферм должны иметь пояса двустенного сечения. На фиг. 10 приведены наиболее типичные формы поперечных сечений: *а*—верхнего пояса, *б*—нижнего пояса, *в*—раскосов и *г*—подвесок.



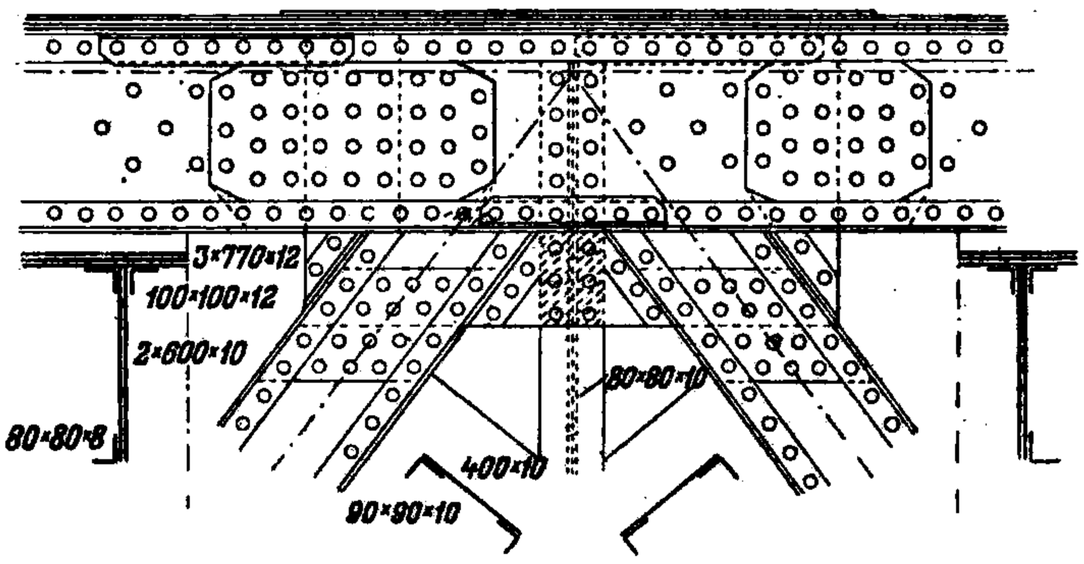
Фиг. 10.

Расстояние между стенками двустенных сечений следует сообразовать с высотой вертикальных листов; слишком узкие коробки неудобны для клепки. Хорошее соотношение: высота коробки пояса равна ширине или превышает ее не больше, чем в $1^1/_2$ раза. Для h—высоты коробки пояса Шапер (Schaper) дает ф-лу (в *см*):

$$h = l - \frac{l^2}{400},$$

где l—пролет фермы в *м*. Отдельные ветви двустенных сечений соединяются друг с другом широкими планками или соединительной решеткой из уголков и узких планок. В сжатых элементах кроме того необходимо ставить через 2—3 *м* диафрагмы, т. е, железные листы, расположенные перпендикулярно к оси стержней. При длине элементов свыше 12—15 *м* приходится устраивать их из отдельных частей, которые соединяются при сборке на месте посредством стыковых накладок. Все сходящиеся к узлу элементы ферм соединяются при помощи фасонных листов. Последние или вставляются взамен вертикальных листов пояса, с устройством надлежащих перекрытий стыков (узлы на фасонных вставках, фиг. 11 и 12), или являются накладками для стыков вертикальных листов соседних панелей пояса (узлы на накладках, фиг. 13). Уголки раскосов идут внахлестку на фасонки, а листы раскосов—или тоже внахлестку или впритык к фасонным листам (с перекрытием стыка накладками). Для прикрепления элементов ферм и для перекрытия их стыков пользуются преимущественно заклепочными соединениями. В США в течение некоторого времени были значительно распространены (да и в настоящее время иногда применяются) болтовые соединения, ускоряющие сборку пролетных строений. В Европе болтовые соединения нашли себе применение лишь в разборных мостах.

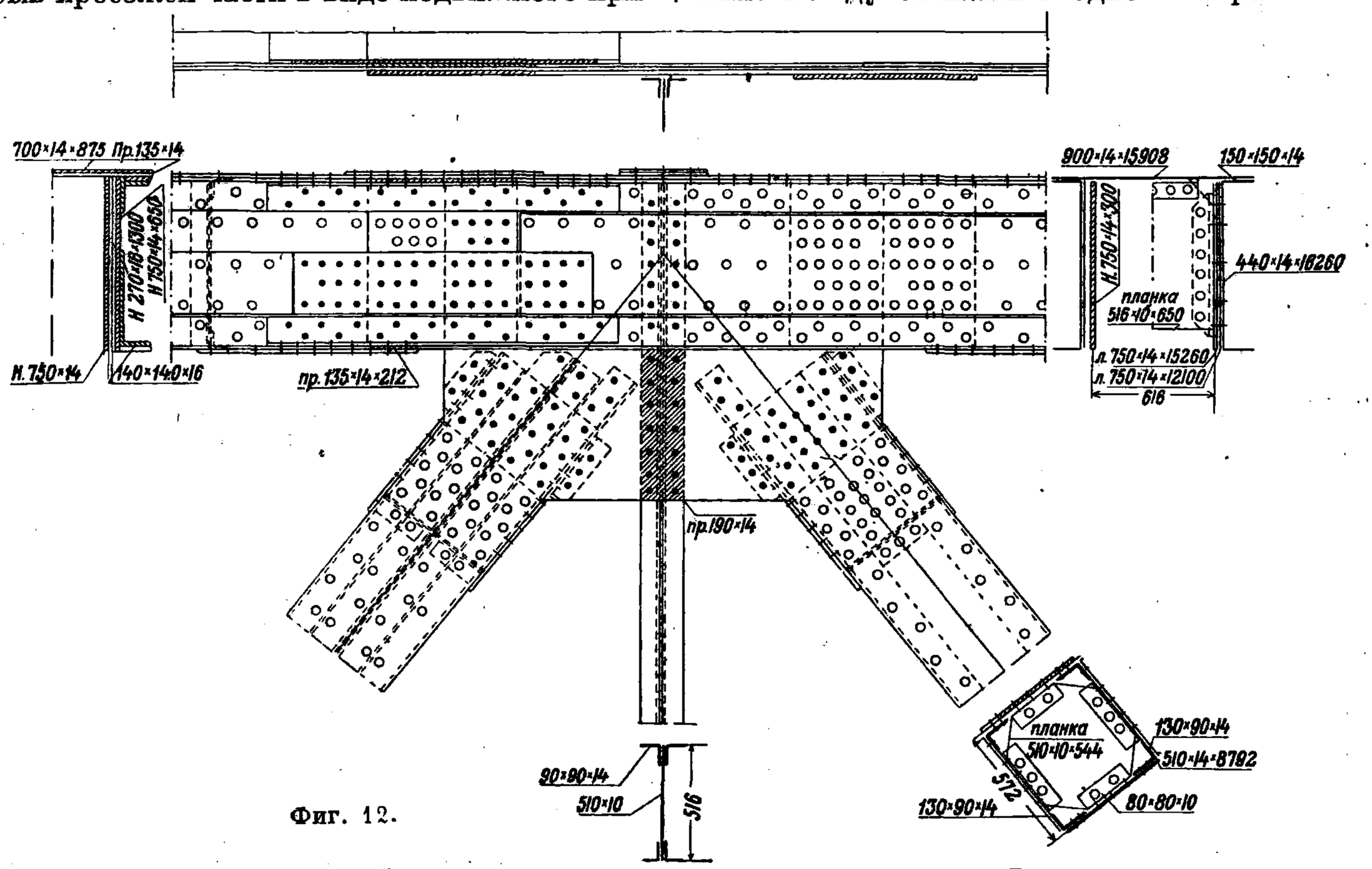
Проезжая часть балочных М.м. под ж. д. состоит из поперечных и продольных балок и поперечин. Прикрепление поперечных балок к фермам в мостах с ездой понизу выполняется б. ч. посредством угловых фасонных листов, вклепанных в подвески или стойки ферм и соединенных с вертикальным листом поперечной балки (фиг. 14). Такое устройство создает между фермами и проезжей частью жесткую связь, крайне желательную для увеличения жесткости пролетного строения в поперечном направлении. Кроме того имеются М. м. с так наз. свободной проезжей частью (фиг. 15). В этой системе поперечные балки опираются свободно на литые опорные части, уложенные в нижние пояса под подвесками и стойками ферм. Кроме меньшей жесткости свободная проезжая часть имеет и тот недостаток, что обходится дороже. В мостах с ездой поверху поперечные балки удобнее всего поставить на верхние пояса (фиг. 16). Если же требуется уменьшить конструктивную высоту, поперечные балки приклепывают к стойкам между поясами и подвесками. Продольные балки в большинстве случаев вклепаны между поперечными, но иногда пропускаются частично или полностью над поперечными. Для прикрепления продольных балок к поперечным служат отрезы уголков, между к-рыми зажимаются вертикальные листы продольных балок. Для предохранения уголков, прикрепляющих вертикальные листы балок, от разгибания, а соответствующие заклепки от работы на отрыв



Фиг. 11.

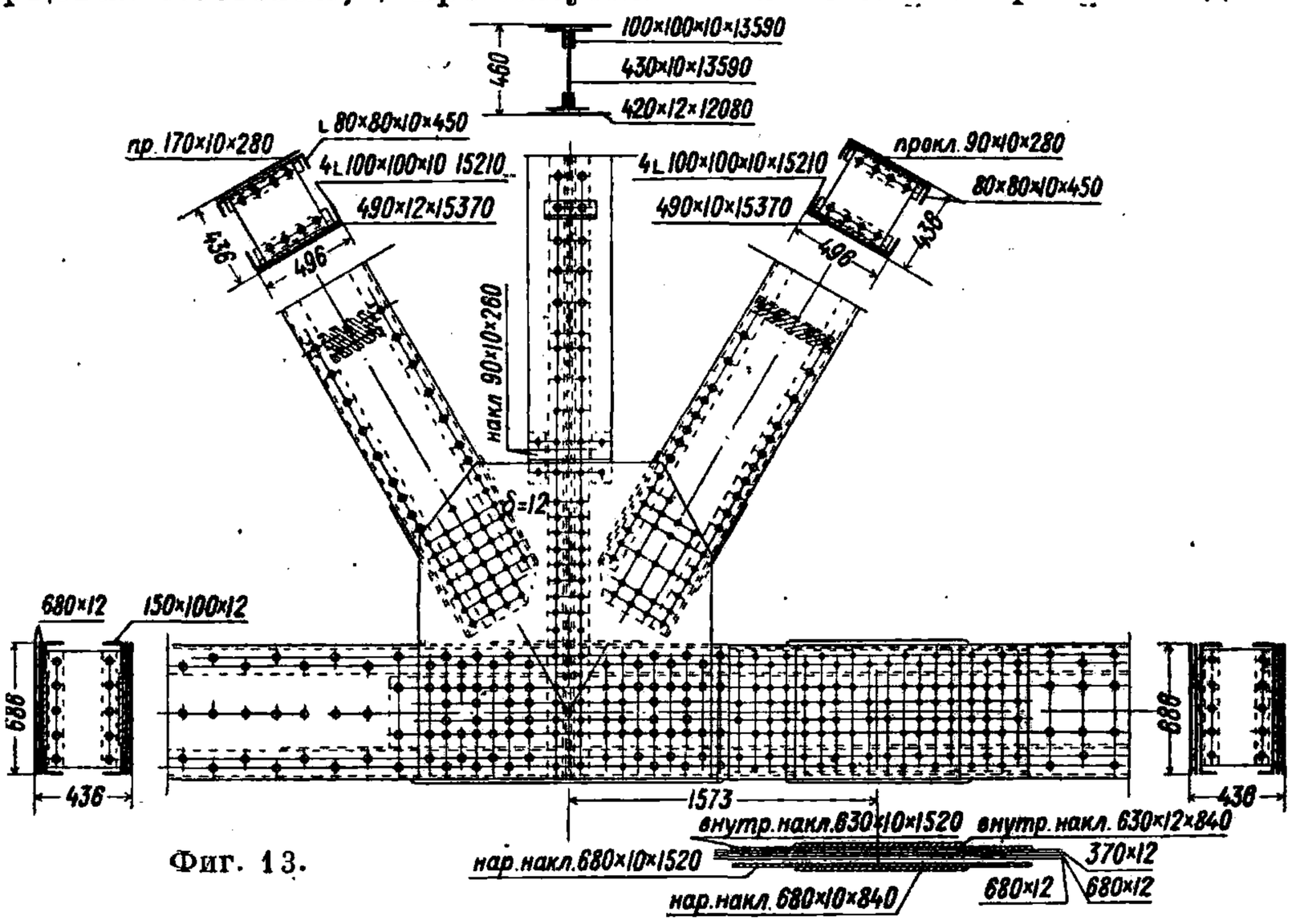
головки, применяются т. н. рыбки, т. е. горизонтальные листы, соединяющие продольные балки соседних панелей друг с другом. Типичное прикрепление продольных балок к поперечным показано на фиг. 17. Если высоты продольных и поперечных балок сделать одинаковыми, то рыбки можно поставить внизу и наверху (фиг. 18). Кроме поперечных балок со сплошной стенкой применяются иногда сквозные поперечные балки. В этом случае особенно удобно продольные балки сделать неразрезными, пропущенными через поперечные. Пропуск продольных балок через поперечные возможен и при сплошной стенке последних, однако в конструктивном отношении труднее выполним. Проезжая часть, представляя собою неразрывную часть пролетного строения, неминуемо участвует в общей работе под нагрузкой. В результате под влиянием удлинения поя-

сов поперечные балки сильно изгибаются в горизонтальной плоскости. Для борьбы с этим явлением приходится устраивать разрыв проезжей части в виде подвижного приложения крепления продольных балок к поперечным (фиг. 19) через каждые 60—70 *м* (по техническим условиям—80 *м*).



Фиг. 12.

Проезжая часть мостов под обыкновенную дорогу состоит из ездового полотна, балочной клетки и сплошной плиты, опирающейся на балочную клетку и поддерживающей ездовое полотно. В качестве последнего применяются двойной дощатый настил (фиг. 20), булыжная и торцовая мостовая, асфальт и т. п. Дощатый настил прикрепляется к деревянным поперечинам или к вспомогательным железным балочкам, уложенным по балочной клетке. Остальные типы ездового полотна требуют создания сплошной поверхности. Для этого пригодны плоское цилиндрическое и лотковое железо, железо Зоре, железо Вотерена, железобетон. Лучшим типом проезжей части мостов под обыкновенную дорогу можно считать тип проезжей части на железобетонной плите или же на лотковом железе (фиг. 21). Лотковое железо приклепывается к балкам четырьмя сторонами. Наиболее употребительные размеры лотков—от 1,0×1,2 до 1,5×2,5 *м*. Для того чтобы предохранить лотковое железо от ржавления и упростить отвод воды, лотки заполняют бетоном. Цилиндрическое железо приклепывается двумя сторонами непосредственно, а двумя другими—при помощи специальных уголков, изогнутых по дугам круга. Расстояние между балками в одном направлении берется ок. 1—2 *м*, в другом направлении оно м. б. значительно больше (равно длине панели 4—6 *м*). Цилиндрич. железо удобно для покрытия балочн. клетки с прямоугольниками, сильно вытянутыми в одном направлении. Чтобы упростить прикрепление цилиндрич. железа к балкам, можно пользоваться полулотками. Железо Вотерена (фиг. 22), а также и железо Зоре укладываются с промежутками в 2—3 *см* поперек или вдоль

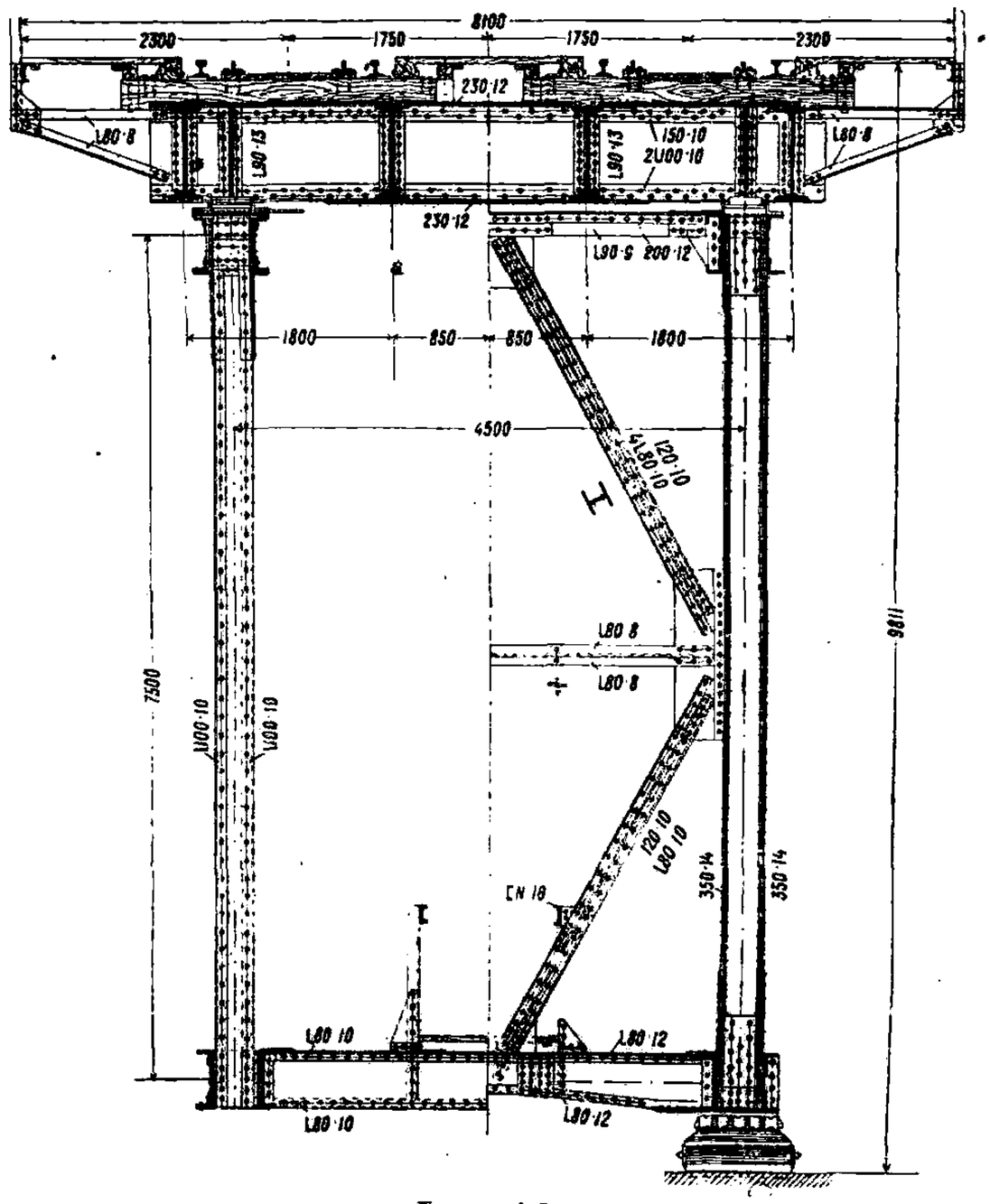


Фиг. 13.

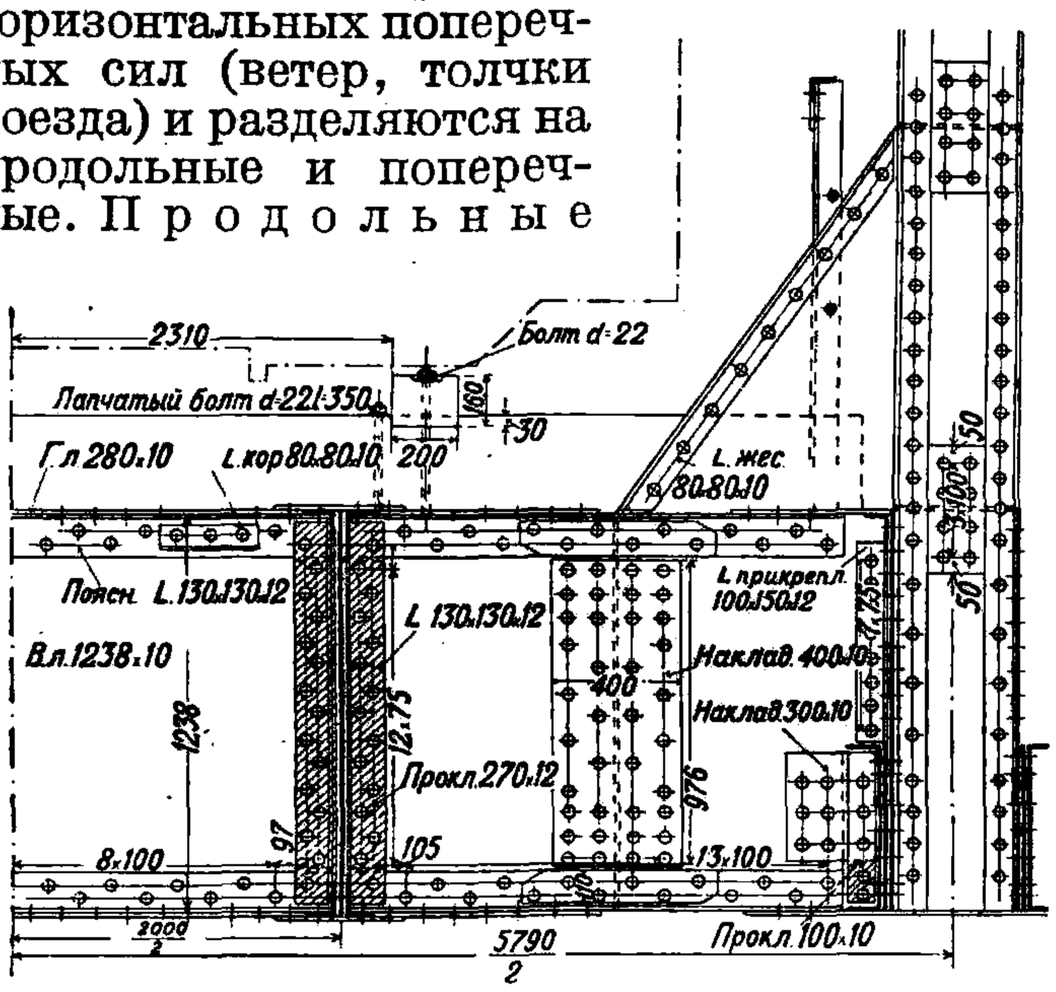
моста. Пространство между вотеренами заполняется слоем бетона, которому придают нужный уклон (1—2%) для отвода воды. Железобетонная проезжая часть устраивается в виде плиты толщиной 10—20 *см*, опираю-

щейся на продольные и поперечные балки или непосредственно на главные фермы (при езде поверху и небольшом расстоянии между фермами). Применяется также проезжая часть из железобетонных или кирпичных сводов. Тротуары в мостах под обыкновенную дорогу поддерживаются частично или полностью консолями длиной 1—2 *м*. Сплошной настил под тротуар создается железом: волнистым, Вотерена, Зоре, плоским и т. п.

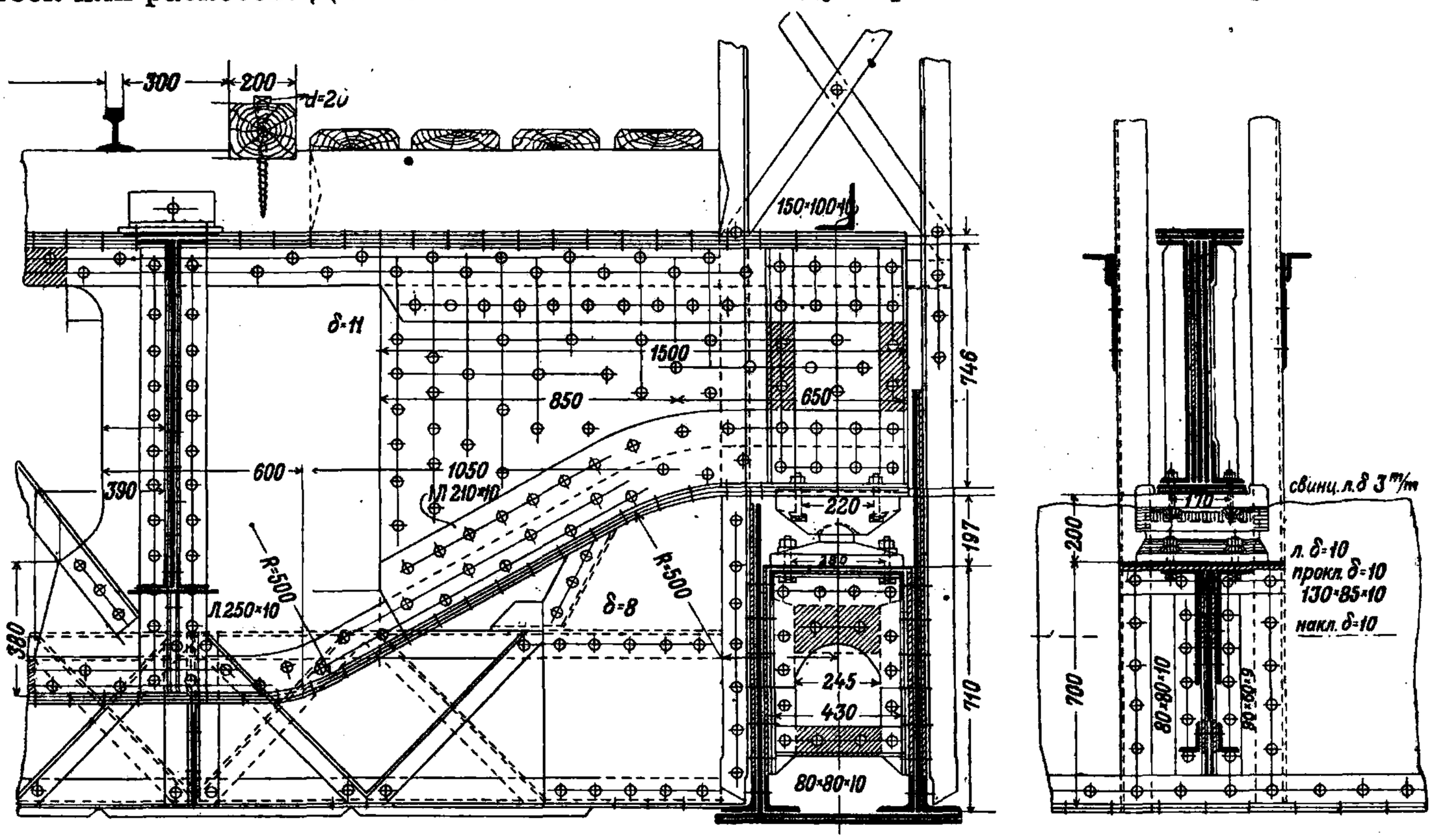
Связи балочных мостов служат для осуществления геометрич. неизменяемости пролетного строения и для восприятия горизонтальных поперечных сил (ветер, толчки поезда) и разделяются на продольные и поперечные. Продольные связи расположены в плоскостях нижнего и верхнего поясов (нижние и верхние связи), поперечные связи—в плоскостях стоек или раскосов. Для того чтобы система была геометрически неизменяема, необходимо и достаточно иметь верхние и нижние продольные связи и связи поперечные только в опорных сечениях. Поперечные связи в мостах с ездой понизу заменяются порталами, опорными рамами (фиг. 23). Поперечные связи в промежуточных сечениях целесообразны лишь при значительной высоте ферм, по соображениям монтажа, и с точки зрения устойчивости раскосов (уменьшается свободная длина). Кроме того в мостах с ездой поверху поперечные связи распределяют давление ветра на подвижной состав между верхними и нижними продольными связями и увеличивают жесткость пролетного строения. В так назыв. открытых мостах верхние продольные связи отсутствуют. Геометрич. неизменяемость в этом слу-



Фиг. 16.

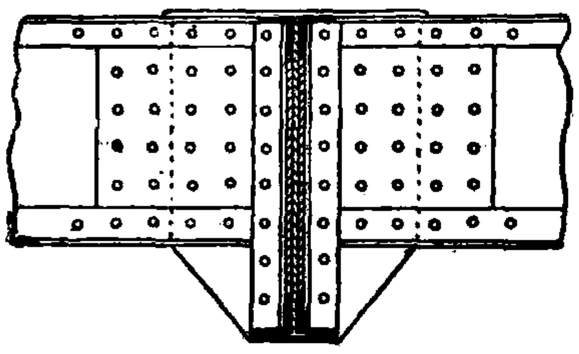


Фиг. 14.

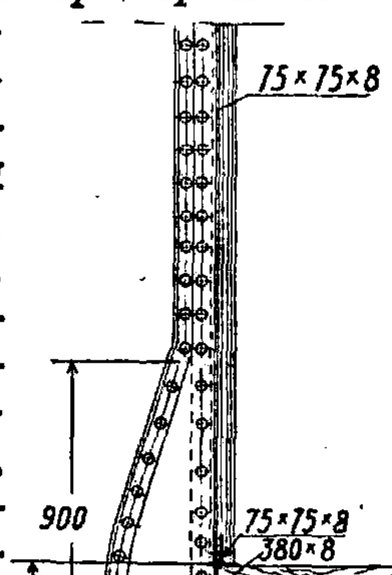


Фиг. 15.

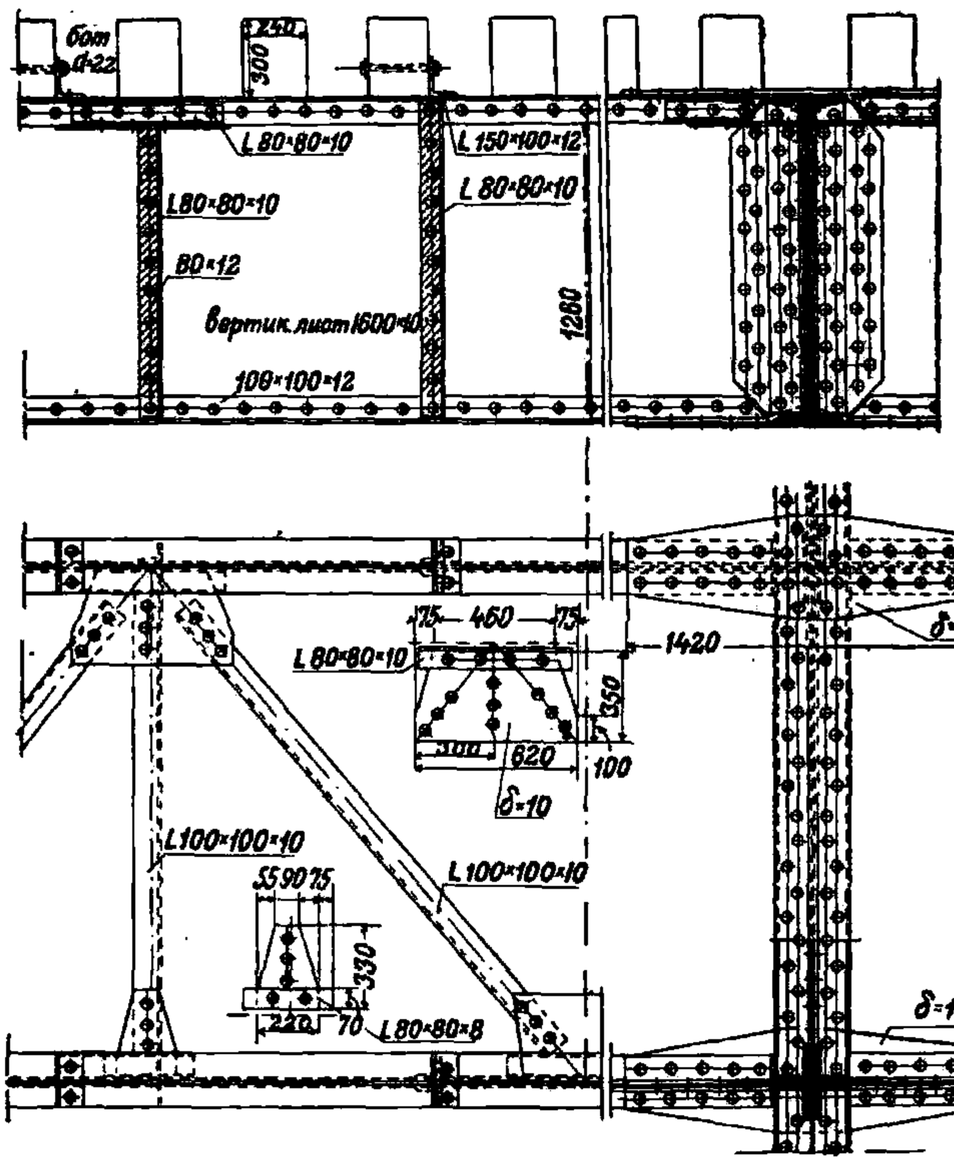
чае достигается посредством жесткого соединения (угловыми фасонками) усиленных стоек с поперечными балками (фиг. 4). В М. м. под обыкновенную дорогу сплошной настил из лоткового или цилиндрич. железа, вотеренов и т. п. при заполнении бетоном может заменить собою верхние связи. В конструктивном отношении связи балочн. мостов представляют собой ту или иную неизменяемую ферму, в состав которой входят распорки и диагонали из углового или корытного железа, а поясами служат пояса главных ферм. Чтобы придать элементам связей бо́льшую жесткость в вертикальной плоскости и тем уменьшить их провисание, уголки связей раздвигают в вертикальной плоскости на 20—30 *см* друг от друга и соединяют планками или решеткой. В нек-рых мостах эти уголки сводятся вместе по концам диагоналей связей, что упрощает их прикрепление к фасонкам («рыбообразные» связи). Для того чтобы уменьшить провисание нижних связей можно также воспользоваться одинаковой высотой продольных и поперечных балок и прикрепить диагонали связей к продольным балкам. Опорные рамы располагают или в плоскости опорных стоек (вертикальные порталы) или в плоскости первого раскоса, к-рый д. б. для этого восходящим. Во втором случае опорные стойки и первая панель верхнего пояса отсутствуют (наклонный портал). Вертикальный портал имеет две распорки, одной из к-рых является поперечная балка; наклонный—только одну верхнюю распорку. Распорки делают двутаврового, реже коробчатого сечения и прикрепляют к ногам рамы угловыми мощными фасонками. В США распространены балочные М. м. со сквозными порталами, образованными решеткой из раскосов. Такого типа порталы обладают меньшим весом, но зато менее солидны. В М. м. под железную дорогу, в плоскостях продольных связей, ближайших к проезжей части, ставят, если нужно, тормозные связи для передачи сил торможения на пояса ферм или непосредственно на *опоры ферм*. В соответствии с этим тормозные связи помещают или по концам пролетного строения или по середине пролета. В первом случае продольные балки по середине пролета должны иметь подвижное прикрепление к балкам поперечным (фиг. 24).



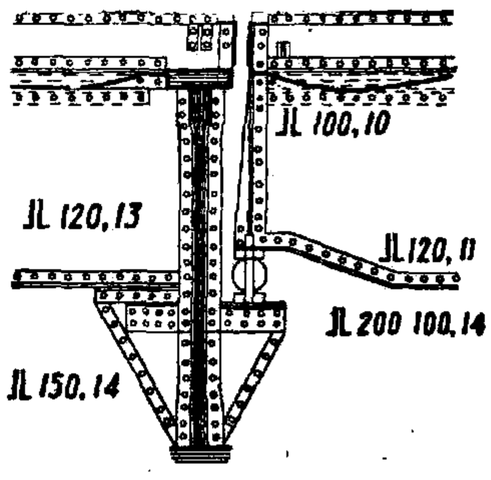
Фиг. 17.



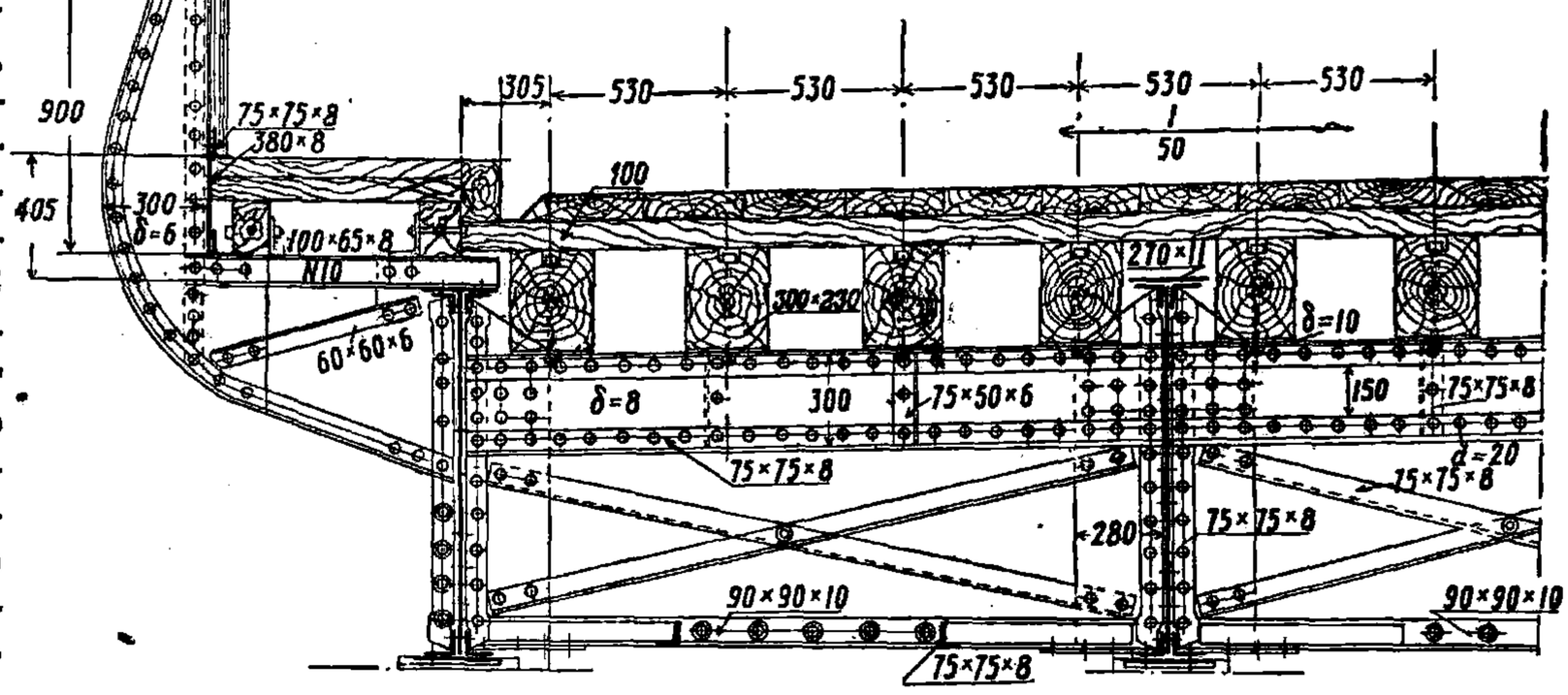
Главные фермы балочных мостов опираются при помощи опорных частей на подферменники, передающие давление на кладку каменных опор моста (фиг. 25). Одна из опор фермы должна быть подвижной в продольном направлении, другая—неподвижной. В широких мостах иногда применяются опоры подвижные в поперечном направлении. В этом случае из четырех концов пролетного строения один имеет неподвижную опору, другой—подвижную в продольном направлении, третий — в поперечном направлении и четвертый—в обоих направлениях или по диагонали. Подвижность опор достигается при помощи цилиндрических катков, а центрирование давления—посредством т. н. балансиров, верхнего и нижнего, и цилиндрич. вкладыша между ними. Другой тип опорных частей—с шаровой поверхностью опирания, обеспечивающей поворачивание во всех направлениях. Подферменники делают из камней лучших пород, гранита, твердого песчаника и др. В виду трудности изготовления и постановки на место камне́й больших размеров подферменники можно де-



Фиг. 18.

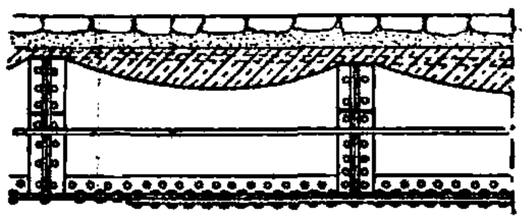


Фиг. 19.

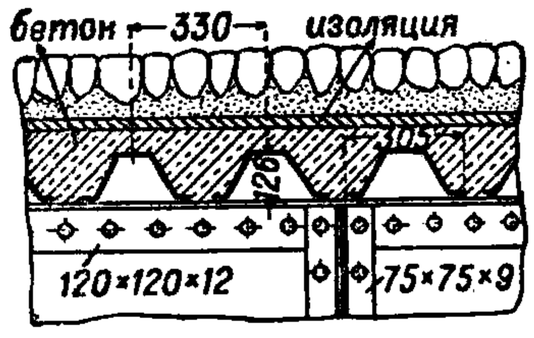


Фиг. 20.

лать с успехом из железобетона. Промежуточные опоры моста—быки—делают обычно из бутовой кладки с облицовкой выше горизонта низких вод или бетона. Боковым граням быка дается уклон в $^1/_{20}$—$^1/_{40}$. Реч-

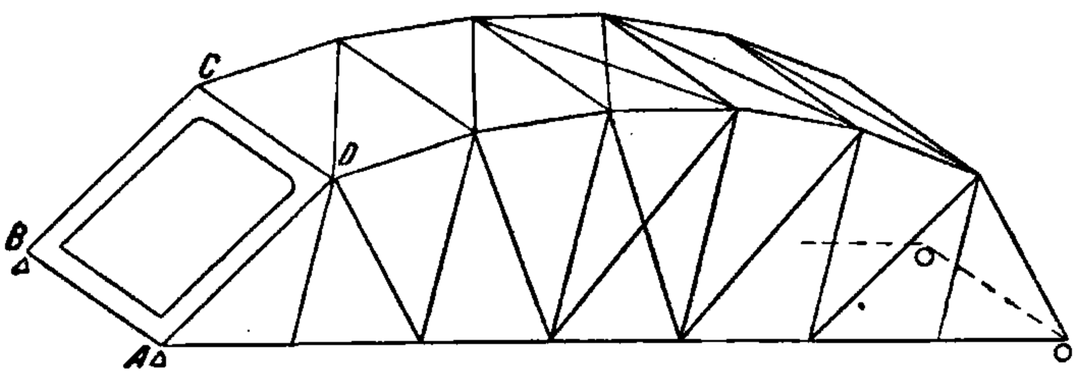


Фиг. 21.



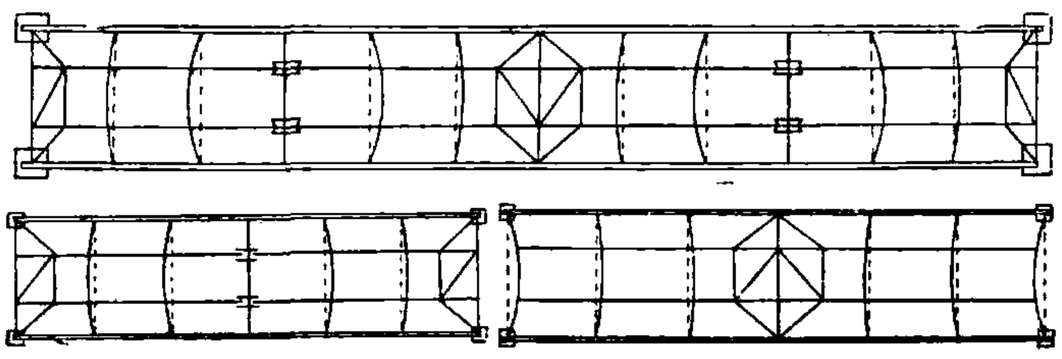
Фиг. 22.

ные быки для лучшего обтекания их водой снабжают закруглениями с низовой и верховой сторон. При наличии ледохода быки



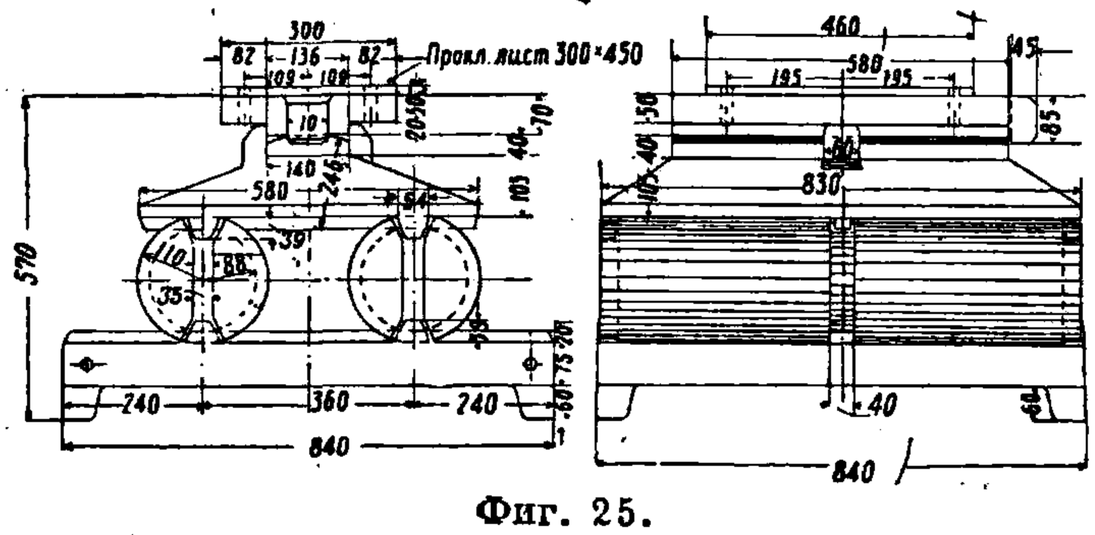
Фиг. 23.

с верховой стороны имеют *ледорезы* (см.) разных типов: суживающиеся книзу, уширяющиеся, постоянной ширины—состоящие из двух плоскостей с закруглением или ци-



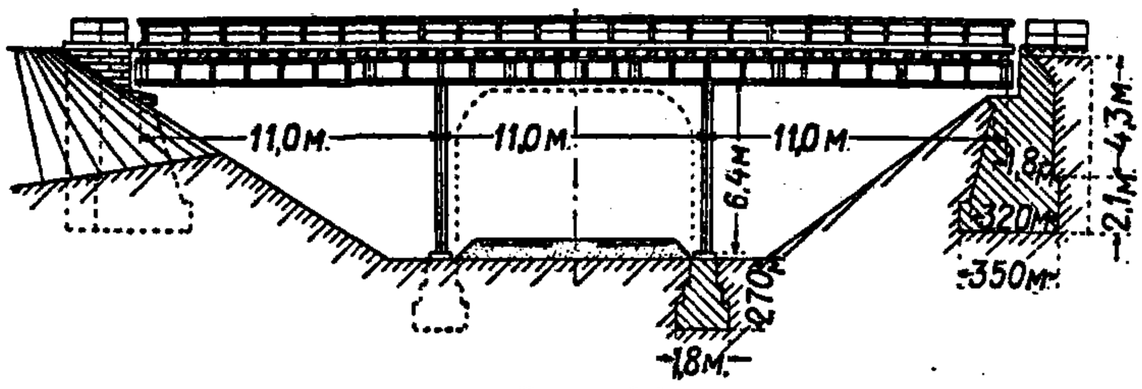
Фиг. 24.

линдрические. Режущему ребру ледореза в СССР принято давать уклон 1:1—1:1$^1/_2$ и даже 1:2 (основание в два раза больше высоты). Во многих случаях устройство длин-



Фиг. 25.

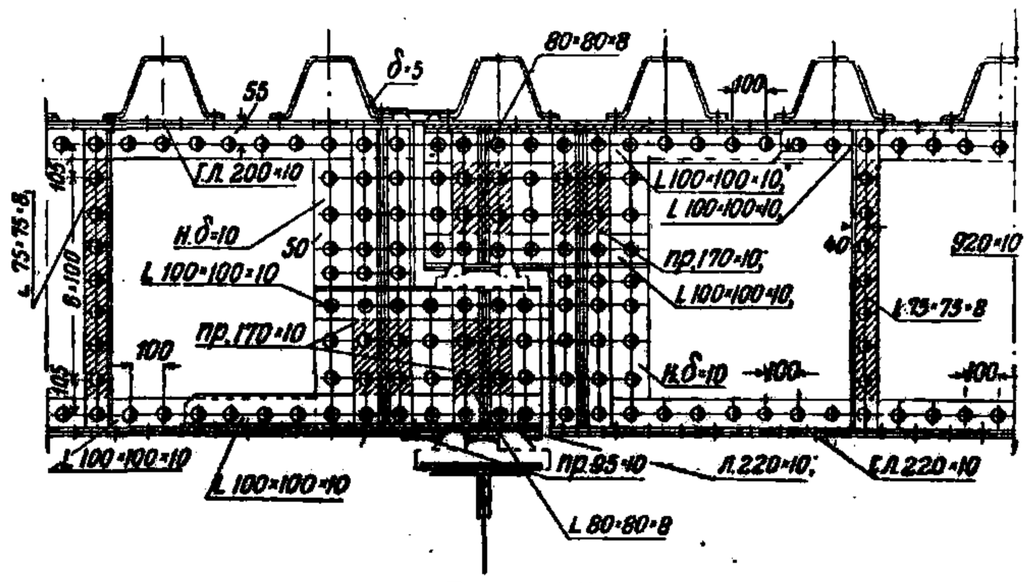
ного ледореза с пологим ребром излишне и лишь напрасно удорожает сооружение; достаточно придать быку с верховой стороны



Фиг. 26.

в разрезе очертание в виде двух пересекающихся дуг, а линию их пересечения повести (по высоте) с уклоном ок. $^1/_{10}$.

У с т о и балочных М. м. в зависимости от местных условий бывают различных типов: с обратными стенками, обсыпные, раздельные с проемом. Устой с о б р а т н ы м и с т е н к а м и имеет передний массив, собственно и представляющий опору для ферм, и обратные стенки, имеющие целью достигнуть сопряжения с насыпью. О б с ы п н о й устой представляет собою один массив, погруженный до самой подферменной площадки в насыпь. Р а з д е л ь н ы й устой состоит из двух массивов с перекинутыми между ними балочками или сводом; оба массива, соединенные сводом, внизу м. б. объединены в один массив и иметь общее основание. Этот тип носит название устоя с п р о е м о м (см. *Опоры*). Мосты через водотоки б. ч. имеют каменные опоры; напротив, в путепро-



Фиг. 27.

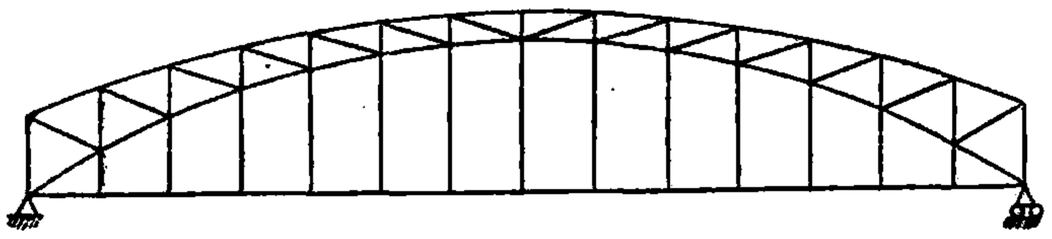
водах (см. *Мосты*) в целях экономии места более пригодны металлические опоры. Последние бывают или в виде качающихся колонн с шаровыми опорами внизу и наверху (фиг. 26) или в виде закрепленных внизу решетчатых стоек. Для объединения давления концов балок смежных пролетов опорные части балок располагают на одной вертикали (фиг. 27) или применяют неразрезные и консольные балки. В табл. 1 перечислены наиболее замечательные балочные М. м.

Арочные М. м. Основные типы арок, применяемых в арочных М. м.,—трехшарнирные, двухшарнирные и бесшарнирные. Трехшарнирные арки—статически определимые конструкции, напряжения в которых не зависят от колебаний температуры и осадки опор. Недостатки трехшарнирных арок следующие: меньшая по сравнению с другими типами арок вертикальная жесткость, перелом пути в ключевом шарнире, усложнения в конструкции проезжей части и связей над средним шарниром. Двухшарнирные и бесшарнирные арки—статически неопределимые системы. Колебания $t°$ и осадки опор вызывают в арках этих типов дополнительные напряжения, в особенности в арках бесшарнирных; эти напряжения тем больше, чем арки положе (т. е. чем меньше отношение стрелы подъема к пролету). Кроме того в бесшарнирных арках нек-рые конструктивные трудности представляет надежное закрепление опорных сечений (пять арок). Но зато двухшарнирные и бесшарнирные арки не имеют указанных выше недостатков арок трехшарнирных, а бесшарнирные арки к тому же являются наиболее легкими (по весу), при условии небольших расчетных колебаний $t°$. Наиболее употребительны двухшарнирные арки; трехшарнирные

Табл. 1.—Замечательные балочные металлические мосты.

Наименование моста	Год постройки	Число пролетов	Велич. наибольш. пролета в *м*	Система пролетного строения	Литература
Через залив в С.-Франциско	Проект	5	609,6	Консольн.	Waddell J. A., Bridge Engineering, N. Y., 1916
Через р. Св. Лаврентия в Квебеке	1905—17	3	548,6	»	Ibid.
Фортский мост	1882—90	4	518,1	»	«Eng.», L., 1890
Блекуельский мост в Нью Йорке	1903—08	5	360	»	«Z. d. VDI», 1911
Через пролив Каркинес	1925	3	330	»	«Eng. News Record» N. Y., 1925, *13*
Чер. Мононгахела в Питтсбурге	Ок. 1906	3	247,5	»	«Zeitschrift für Bauwelt», B., 1906
Через Миссисипи в Мемфисе	1890—92	4	241	»	Waddell J. A., Bridge Engineering, N. Y., 1916
Через Миссисипи в Фивах	1905—06	5	204,5	»	«Engineering News Record», N. Y., 1905
Через Рейн между Рурортом и Гомбергом	1904—07	5	203,4	»	«Z. d. VDI», 1907
Через Дунай у Черновод	1892—95	5	190	»	«Ztschr. d. Öst. Ing. u. Arch. Ver.», W., 1890
Через Днепр у Кичкаса	1906	3	190	»	—
Через Дунай в Будапеште	1894—96	3	175	»	«Z. d. VDI», 1897
Через Бузан (рукав Волги)	1908	3	164	»	Исп. проект
Через Огайо в Шиотовиле	1915—17	2	236,2	Неразрезные балки	—
Через Рейн в Дуисбург-Гохфельде	1927	4	189	»	«Bautechnik», B.-Friedenau, 1926, *11*
Через Огайо в Метрополисе	1915	7	220	Простой балочный	«Engineering News Record», N. Y., 1915
Через Миссисипи в С.-Луи	—	3	204	»	—
Через Рейн между Дуисбургом и Рурортом	1910—12	14	186	»	«Zeitschrift für Bauwelt», B., 1911
Через Миами в Элизабеттауне	1904	1	178,6	»	—
Через Волгу у Казани	1913	6	158,2	»	—
Через Волгу у Свияжска	1913	8	158,4	»	—
Через Волгу у Симбирска	1915	12	158,4	»	—
Через Волгу у Ярославля	1913	5	146	»	—

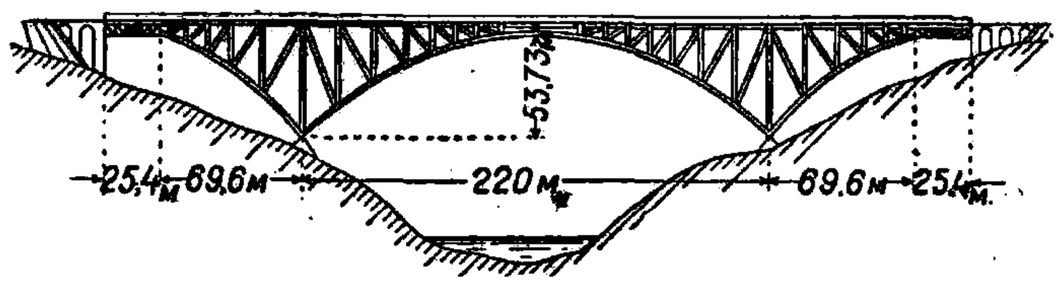
уместны при очень пологих арках и при ненадежном основании; бесшарнирные встречаются лишь в области больших пролетов. Двухшарнирные и трехшарнирные арки м.б. с затяжкой (фиг. 28) или без нее.



Фиг. 28.

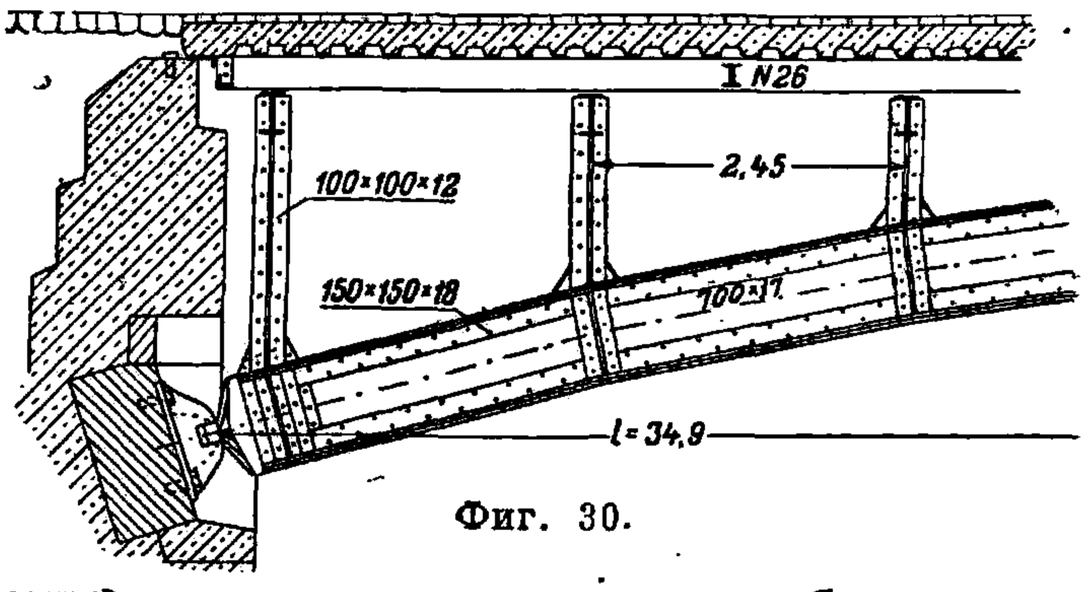
Применение затяжки в бесшарнирных арках, вследствие неопределенности распределения сил, нерационально. В многопролетных арочных мостах кроме основных типов арок находят в особых случаях применение более сложные системы: неразрезные арки, арки с консолями (фиг. 29), многопролетные арки с подвижными промежуточными опорами и шарнирным соединением пролетов (распор этих арок передается на устои) и т. д.

В конструктивном отношении железные мостовые арки подразделяются на арки со



Фиг. 29.

сплошной стенкой, арки со сквозной стенкой и арочные фермы. Поперечное сечение первых двутавровое и состоит из вертикальной стенки, поясных уголков и горизонтальных листов (как в балках со сплошной стенкой), а при значительной величине пролета (100 *м* и выше) имеет коробчатую форму (двустенное сечение). Стенки арок укрепляют уголками жесткости, поставленными радиально. В двустенных сечениях ставят диафрагмы. Пример арки со сплошной стенкой показан на фиг. 30. В арках со сквозной стенкой пояса соединяются решеткой из раскосов и стоек (фиг. 31). Сквозные арки более пригодны для больших пролетов, арки со сплошной стенкой—для средних и малых,



Фиг. 30.

однако разграничить отчетливо область применения тех и других не представляется возможным.

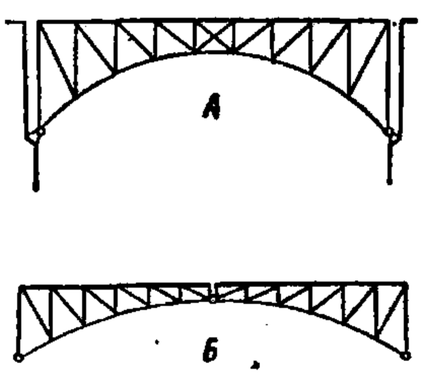
Арочные фермы (фиг. 32) имеют пояса различной кривизны и решетку из раскосов или раскосов и стоек (**V**-образная или же **N**-образная решетка). При езде поверху обычно верхний пояс горизонтален и расположен в плоскости проезжей части. При езде понизу и арочных фермах проезжая часть подвешивается на подвесках. Сечения элементов арочных ферм аналогичны сече-

ниям балочных ферм; нужно лишь помнить, что в арочных фермах оба пояса сжаты, а потому сечения их не должны иметь свободных, неокаймленных уголками листов.

Одним из основных размеров арок и арочных ферм является отношение стрелы f к пролету l, к-рое при достаточном конструктивном просвете берется ок. $^1/_6$—$^1/_8$. В случае надобности пологость арки м. б. доведена до $^1/_{17}$—$^1/_{20}$. Слишком пологие арки невыгодны в том отношении, что дают большой распор и следовательно требуют массивных опор; кроме того они обладают меньшей вертикальной жесткостью и испытывают значительное напряжение от изменения $t°$. В многопролетных арочных мостах желательно, чтобы распоры соседних пролетов от постоянной нагрузки были равны между собой. Для этого необходимо выполнить условие:



Фиг. 31.

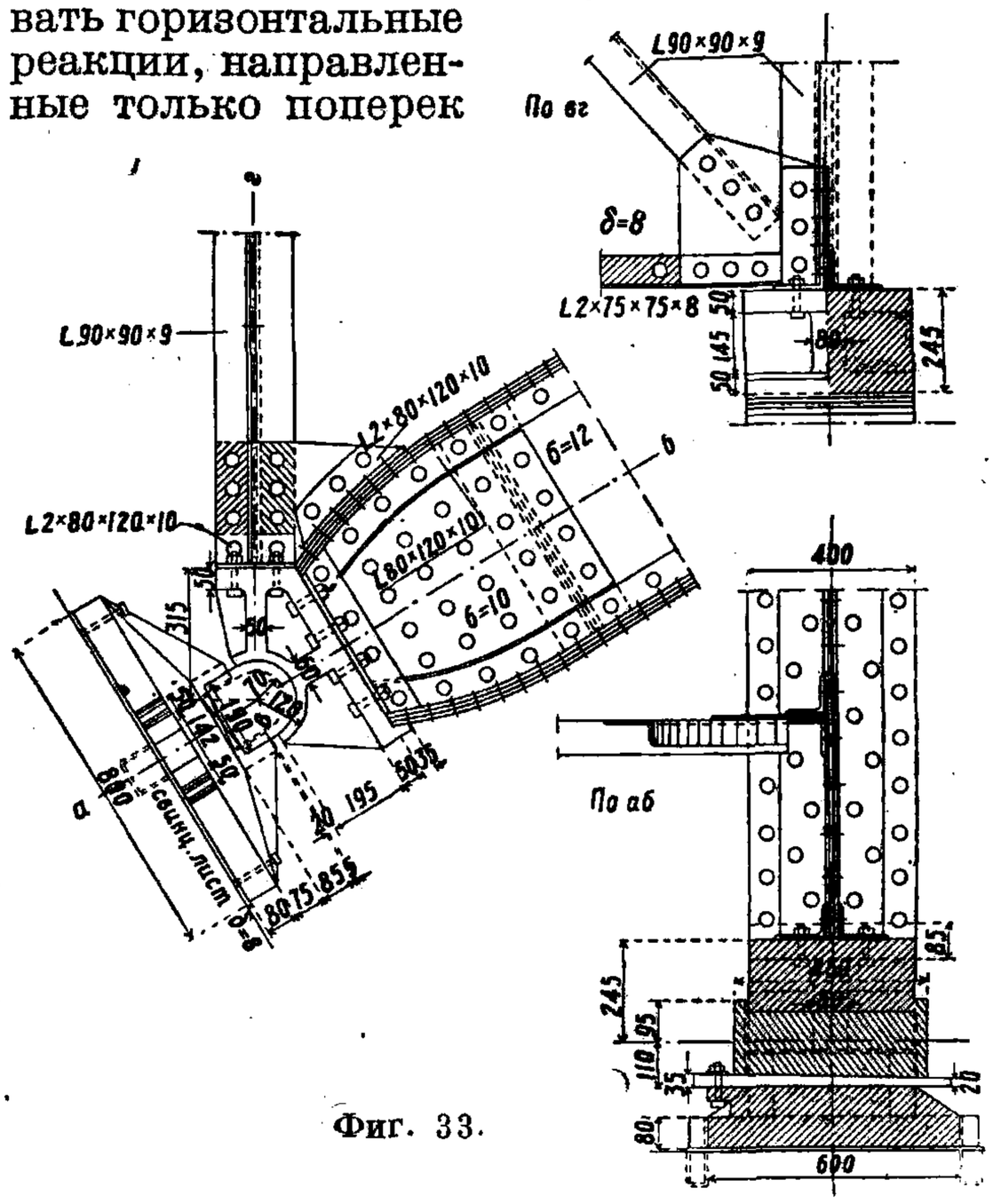


Фиг. 32.

$$\frac{f}{f_1} = \frac{l^2}{l_1^2}.$$

Высоту двухшарнирных арок со сплошной стенкой удобно брать в $^1/_{30}$—$^1/_{40}$ пролета, высоту сквозных арок по середине пролета—в $^1/_{20}$—$^1/_{33}$ пролета. Трехшарнирные арки дают возможность принять в ключевом сечении еще меньшую высоту. Высота бесшарнирных арок в ключе $^1/_{30}$—$^1/_{45}$ пролета, в пятах $^1/_{14}$—$^1/_{17}$ пролета. К пятам высота двухшарнирных арок может уменьшаться; т. о. получается серповидная арка. Длина панели, расстояние между осями арок или число арок при езде поверху назначается на основании тех же соображений, как и в балочных М. м.

Проезжая часть арочных М. м. в основном устраивается так же, как и в балочных мостах; но здесь появляются дополнительные элементы, передающие нагрузку от проезжей части аркам,—подвески при езде понизу и стойки при езде поверху. Иногда представляется удобным располагать уровень езды выше пят арок, но ниже замка. В таком случае проезжая часть поддерживается частью подвесками, частью стойками. Расстояние между подвесками (стойками) выбирается в соответствии с наивыгоднейшей длиной панели проезжей части и так, чтобы получить хороший внешний вид; оно колеблется для подвесок в пределах от 4 до 8 *м*, для стоек—от 1 до 6 *м* (в исключительных случаях больше). Продольные связи в арочных М. м. располагают в плоскости верхнего пояса арок и в плоскости проезжей части; между арками необходимы кроме того еще поперечные связи. При умеренной высоте арок (до 1,5—2 *м*) поперечные связи проектируют как распорки со сплошной стенкой. В пролетных строениях с арочными фермами и с арками большой высоты поперечные связи — решетчатые. Поперечные связи ставятся не только между арками, но и между стойками, поддерживающими проезжую часть; при этом достаточно иметь поперечные связи только в плоскости опорных стоек. Однако для большей поперечной жесткости иногда прибегают к постановке поперечных связей между стойками и в промежуточных сечениях. В арочных мостах с ездой понизу опорные поперечные связи заменяют опорными рамами (порталами). Наиболее естественное положение опорных рам такое, когда они составляют продолжение продольных связей между арками, т.е. когда распорка рамы прикрепляется к аркам и арки на нек-ром участке обращаются в ноги рамы; но тогда портал лежит в криволинейной поверхности, что с конструктивной точки зрения сложно; помимо этого в пологих арках при таком решении получаются опорные рамы большой длины. Поэтому весьма распространен другой способ: портал устраивается в плоскости тех подвесок, к-рые допускают это по условиям габарита. Прикрепление к аркам продольных связей, лежащих в плоскости проезжей части арочных мостов без затяжки с ездой понизу, должно передавать горизонтальные реакции, направленные только поперек



Фиг. 33.

оси моста, но отнюдь не вдоль оси, т. к. в противном случае пояса продольных связей превращаются в затяжки.

Шарниры арочных мостов изготовляют в виде двух стальных отливок (балансиров) и стального цилиндрич. вкладыша между ними (фиг. 33). Нижний балансир прикрепляют к подферменному камню, верхний—к пятовому сечению арки, стенка которой с торца снабжается уголками или утолщается посредством постепенного увеличения числа листов. Применяются также отливки, имеющие форму корыта. Пятовые шарниры должны иметь приспособления (клинья, винты), позволяющие сделать точную установку арок на место.

Быки арочных мостов отличаются от быков балочных мостов лишь размерами; они д. б. относительно толще балочных, т. к.

воспринимают кроме вертикальных реакций еще и распор от временной нагрузки (при уравновешенных распорах от постоянной нагрузки). Уклон боковых граней быков арочных мостов по той же причине берут больший, около $^1/_{20}$—$^1/_{30}$. Подферменники ставят наклонно. Форма устоев арочных мостов отвечает направлению опорных реакций арок, а именно представляет собою сильно уширяющийся книзу массив с почти вертикальной передней стенкой. Основание устоя, если он заложен на скале или на сваях, делается иногда наклонным, приближающимся к плоскости, нормальной к равнодействующей всех сил. Сопряжение с насыпью осуществляется обратными стенками или отдельным задним массивом, соединенным с передним массивом небольшим каменным сводом (устой с проемом). В табл. 2 перечислены наиболее замечательные арочные металлические мосты.

Табл. 2.—Замечательные арочные мосты.

Наименование моста	Год постройки	Пролет арки в *м*	Система	Литература
Через Кин-ван-Кулл в Нью Йорке	В постройке	502,9	Сквозная двухшарн. арка	«Eng. News Record», N. Y., 1927
Через Рейн в Кельн-Мюльгейме	Проект 1927	333,2	»	«Bauingenieur», Berlin, 1927, *13,20*
Гелль-Гут в Нью Йорке	1914—17	297,9	Двухшарн. арочная ферма	«Trans. Am. Soc. of Civ. End.», N. Y., 1918
Клифтонский мост через Ниагару	1897—98	256	Сквозная двухшарн. арка	«Eng. News Record», N. Y., 1903
Через Рейн в Кельн-Мюльгейме	Проект 1927	250	Двухшарн. арка со сплошной стеной	«Bauingenieur», Berlin, 1927, *13—30*
Через Старый Днепр в Запорожьи	1930	224	Двухшарная серповидная арка	—
Виорский виадук во Франции	1896—02	221,3	Трехшарн. арочная ферма	«Annales des ponts et des chaussées», P., 1900
Через Ниагару на ж. д. Мичиган Централь	1924	195	Арочн. ферма трехшарн. для постоянной нагрузки и двухшарн. для временной	«GC», 1925, *22*
Через Рейн в Дюссельдорфе	1897—98	181,3	Сквозная двухшарн. арка	«Z. d. VDI», 1899
Через Вуппер у Мюнгстена	1896	170	Бесшарн. сквозная арка	«Z. d. VDI», 1896/97
Виадук Гараби во Франции	1885	165	Двухшарн. сквозная арка	«Z. d. VDI», 1886
Через Новый Днепр в Запорожьи	1930	3×140	»	—
Мосты на Окружной ж. д. в Москве	1907	135	Двухшарн. сквозная арка	Альбом Моск. Окружной ж.д.
Охтенский мост в Ленинграде	1911	132	Арочная ферма с затяжкой	Технич. отчет по постройке
Мост Александра III в Париже	1899—1900	107,5	Трехшарн. арка со сплошной стенкой	—

Висячие мосты. Идея висячих мостов заключается в применении гибкой нити—цепи или кабеля. Такая нить, будучи подвешена в двух точках, обладает свойством принимать при любой нагрузке форму устойчивого равновесия. Эта особенность, в связи с работой исключительно на растяжение, позволяет простой конструкцией перекрывать большие пролеты. Под влиянием собственного веса кабель принимает форму цепной линии, ур-ие к-рой, отнесенное к оси симметрии и к касательной, проведенной через вершину, имеет следующий вид:

$$y + k = \frac{k}{2}\left(e^{\frac{x}{k}} + e^{-\frac{x}{k}}\right) = k \operatorname{ch} \frac{x}{k};$$

здесь $k = \frac{H}{q}$, H—горизонтальная составляющая усилий в кабеле (распор), q—вес единицы длины кабеля. При нагрузке, равномерно распределенной по горизонтальной проекции кабеля, его ур-ие имеет вид: $y = \frac{f}{d^2} x^2$, где f—стрела провеса, d—полупролет; координатные оси взяты, как указано выше. Горизонтальная составляющая усилия в кабеле $H = \frac{qd^2}{2f}$. Наибольшее усилие в кабеле:

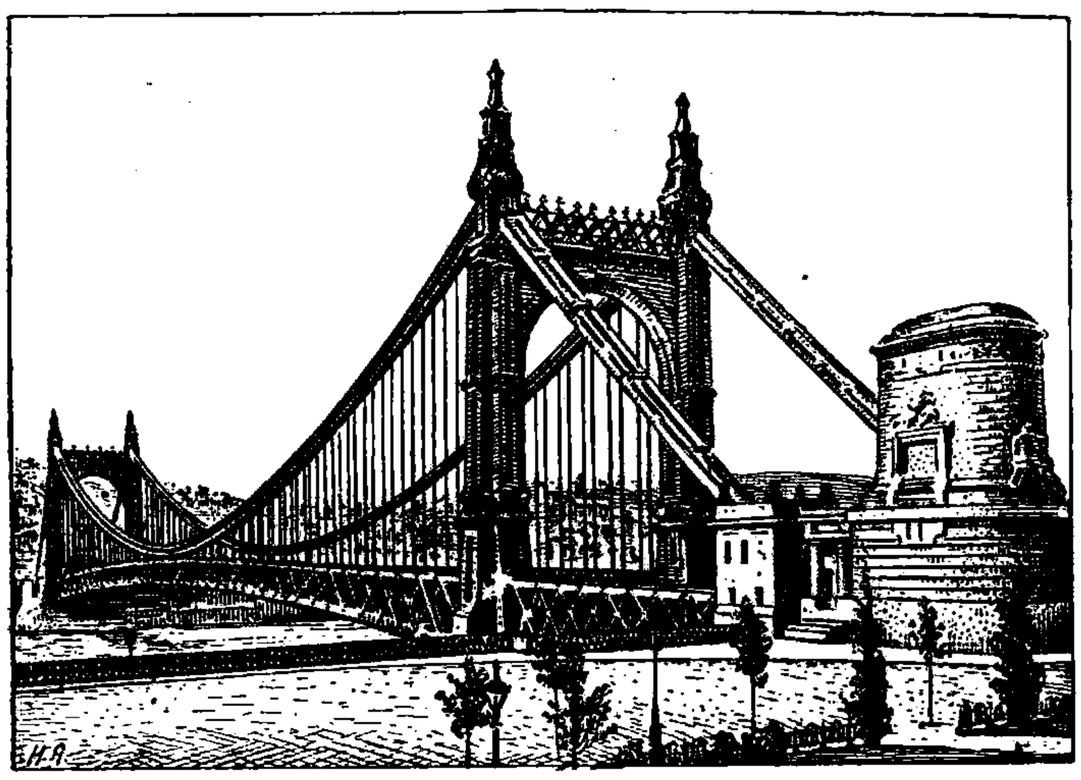
$$T = qd\sqrt{1 + \left(\frac{d}{2f}\right)^2}.$$

Длина L кабеля от вершины до точки, определяемой координатами $x = d$ и $y = f$, приближенно определяется из ф-лы:

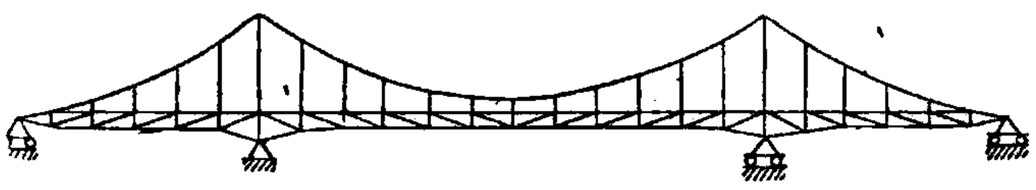
$$L = d\left[1 + \frac{2}{3}\left(\frac{f}{d}\right)^2 - \frac{2}{5}\left(\frac{f}{d}\right)^4 + \cdots\right].$$

Применение кабеля в чистом виде для висячих мостов имеет то неудобство, что такая конструкция дает значительную подвижность. Хотя кабель и принимает форму устойчивого равновесия, но она различна для разных положений нагрузки. Чтобы устранить указанный недостаток, ставится балка жесткости, к-рая, не давая существенного уменьшения упругого прогиба по середине при обычных соотношениях размеров, приносит большую пользу в смысле уменьшения прогибов других точек, в особенности прогиба в четвертях пролета. Пример висячего моста с балкой жесткости дан на фиг. 34. В многопролетных висячих мостах балка жесткости м. б. разрезной или неразрезной, в виде консольной балки или с шарнирами по середине пролета. Устройство шарниров

в пролете применяется редко. Распор кабеля можно передать на балку жесткости, заставив ее работать кроме изгиба и на сжатие, как распорку. Эта система аналогична арке с затяжкой и может быть названа цепью с распоркой (фиг. 35). Преимущество передачи распора на балку жесткости заключается в том, что изменения $t°$ при одном и том же уровне опор на быках не вызывают напряжений ни в цепи ни в балке жесткости; кроме того уменьшаются размеры устоя, но зато увеличивается вес балки жесткости. Свободны от $t°$-ных напряжений также упомянутые выше системы с шарниром. Другим средством против значительных перемещений цепи является постановка наклонных в а н т (фиг. 36). Так как большие перемещения получаются в $^1/_4$ пролета при загружении полупролета, то наклонные ванты обычно доводились до $^1/_4$ пролета. Ордиш-Лефевр дал систему наклонных вант без криволинейной цепи (мост в Праге через Молдаву). В такой вантовой системе груз, действующий на пролетное строение, растягивает соответствующую ванту и сжимает горизонтальный



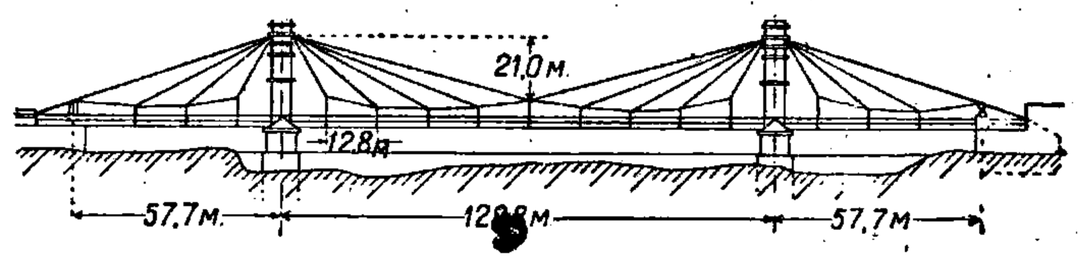
Фиг. 34.



Фиг. 35.

стержень. Жискляр, чтобы избавиться от сжатого стержня, поставил канат, оттягивающий соответствующий узел. Пример моста сист. Жискляра дан на фиг. 37. Третий тип—висячие мосты в виде опрокинутой арки (фиг. 38). Если кривые натяжения при всех положениях временной нагрузки не выходят из контура опрокинутой арки, то оба пояса могут быть сделаны из кабеля (цепи). Если же в каждой панели поставить по две перекрещивающиеся диагонали, то и диагонали будут работать лишь на растяжение. Сжатыми и следовательно требующими жесткого сечения остаются только стойки. Из описанных выше типов основным, более распространенным можно считать высячий мост с балкой жесткости.

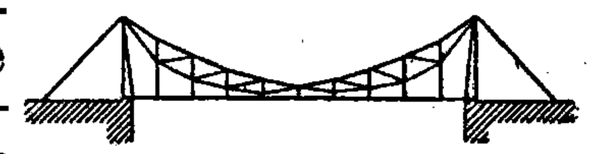
В конструктивном отношении можно отметить две категории висячих мостов: 1) мо-



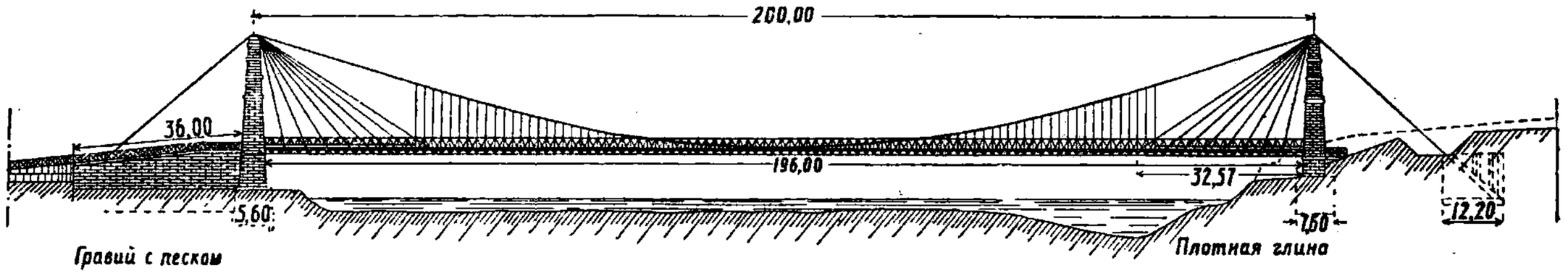
Фиг. 37.

сты л е г к о г о т и п а, под нетяжелую нагрузку, с небольшой шириной полотна, имеющие проезжую часть легкого типа (франц. мосты), и 2) мосты м о н у м е н т а л ь н ы е, большой ширины, с проезжей частью долговременного типа (америк. и нем. мосты). Мосты 1-й категории, при подходящих местных условиях, могут оказаться экономически выгоднее мостов другой системы, т. е. арочных или балочных. Мосты 2-й категории имеют преимущество лишь в архитектурном отношении, если не считать тех случаев, когда условия сборки делают постройку висячего моста более удобной по сравнению с другими системами.

По роду гибкого элемента висячие мосты можно разделить на ц е п н ы е, с к л е п а н о й ц е п ь ю и к а б е л ь н ы е. В цепных мостах цепь составлена из отдельных плоских звеньев, имеющих по концам проушины, сквозь которые пропущены болты. На те же болты надеты концы подвесок. Цепь переходит через пилоны и концами заделывается в устои. В некоторых мостах (мост в Будапеште) применяют двойные цепи, одна под другой. Цепь висячих мостов второго типа состоит из частей, склепанных друг с другом на всем протяжении цепи. Отдельных звеньев и болтовых соединений между ними нет. Наиболее подходящая конструкция клепаной цепи — из железных полос, расположенных плашмя (мост в Бреславле, фиг. 39). Такая цепь также м. б. двойной. Подвески пропускают сквозь полосы цепи и закрепляют при помощи уголков или каким-либо иным способом. Клепаная цепь м. б. также коробчатого сечения (мост в Любеке), но такого вида поперечное сечение таит в себе источник дополнительных напряжений от изгиба цепи. Кабельные мосты—в качестве основной части конструкции имеют стальной ка-



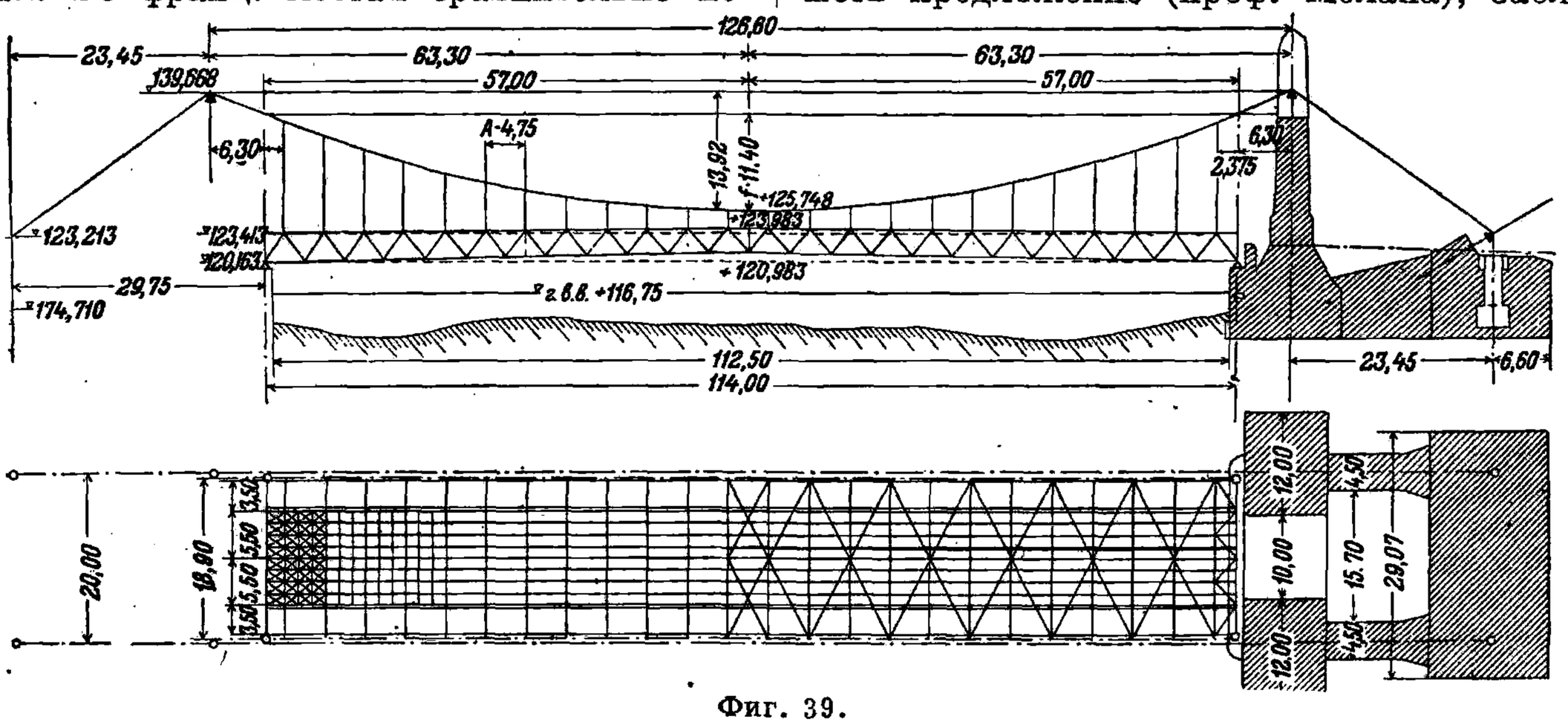
Фиг. 38.



Фиг. 36.

бель. В настоящее время в висячих мостах применяют или кабели из ряда параллельных проволок (или канатов), изготовляемые во время сборки моста, или крученые кабели, доставляемые на место постройки в готовом

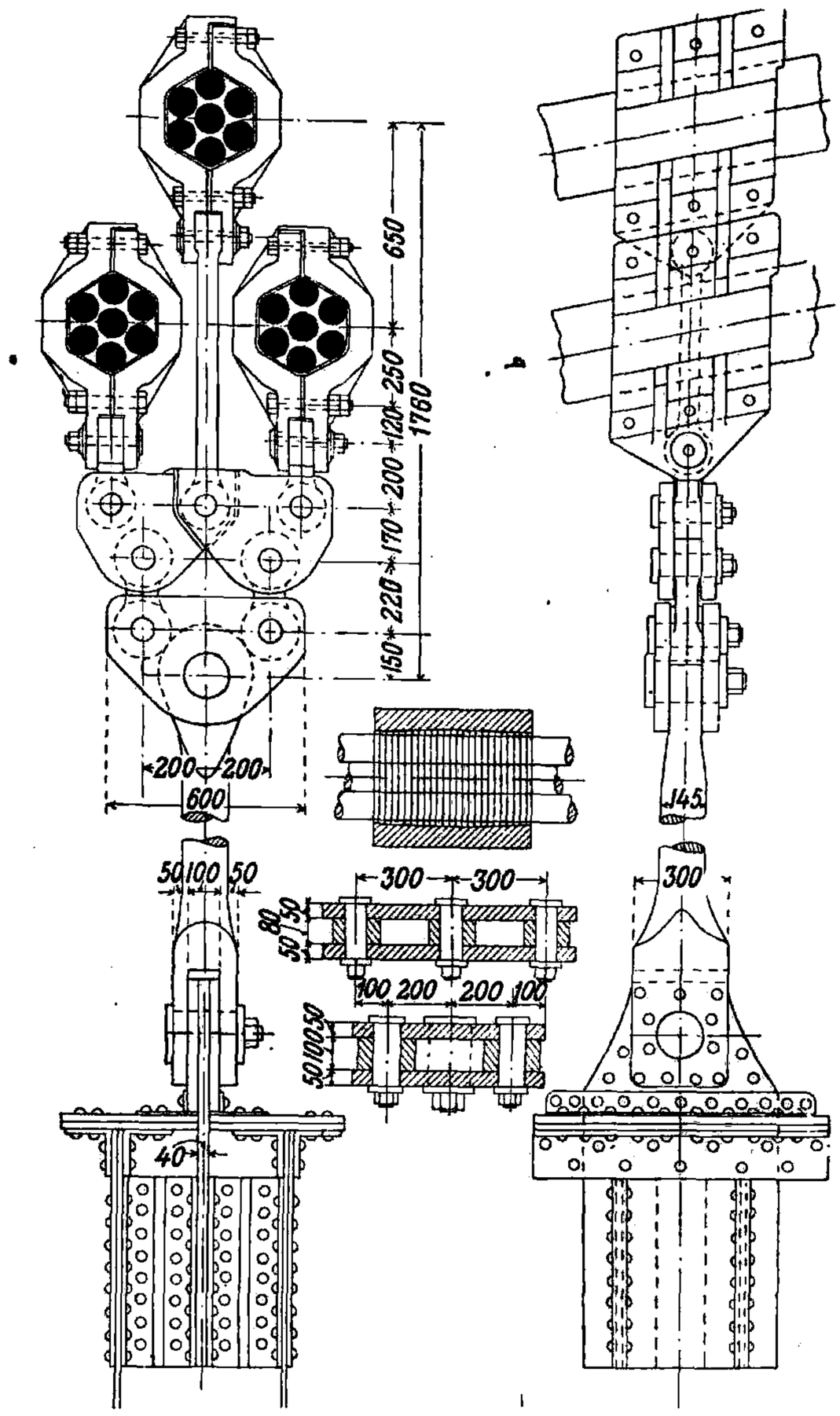
виде намотанными на барабаны. Первый вид кабелей широко применяется в америк. мостах. Во франц. мостах сравнительно не-



Фиг. 39.

больших пролетов применены исключительно крученые кабели, и притом небольшого диаметра, целым пучком, что позволяет легко сменять износившиеся кабели. Вместо пучка мелких кабелей м. б. применяемы также кабели крупных размеров, составленные из свитых вместе нескольких кабелей небольшого диаметра. В свою очередь каждый малый кабель свит из нескольких проволок. Можно считать, что рабочее сечение кабеля составляет приблизительно 75% площади поперечного сечения сплошного стержня того же диаметра. Временное сопротивление материала, из к-рого изготовляют кабели, доходит до 200 *кг/мм²*. Модуль упругости крученого кабеля—около 1 800 000 *кг/см²*. В последнее время з-ды Франции и Германии стали выделывать п л о т н ы е к а б е л и, в состав к-рых входят проволоки особых профилей, плотно прилегающие друг к другу. Имеются плотные кабели диам. до 104 *мм*. Крученые кабели отличаются большей гибкостью, нежели кабели, изготовленные из параллельных проволок, но распределение напряжений в первых менее определенно и менее равномерно, чем во вторых. Прикрепление подвесок к кабелям производится посредством муфт, надеваемых на кабель или на группу кабелей. Чтобы обеспечить равномерную передачу усилия от подвески на несколько кабелей, устраиваются на конце подвески уравнители, представляющие собою систему рычагов (фиг. 40). Выбор типа висячего моста диктуется назначением моста, его местоположением, ассигнованными средствами и т. д. По жесткости на первом месте стоят висячие мосты с клепаной цепью, затем цепные и наконец кабельные, что находится в связи с величиной допускаемых для кабеля или цепи напряжений. По стоимости сохраняется тот же порядок (наиболее дешевые—кабельные мосты).

Способы конструирования б а л к и ж е с т к о с т и, п р о е з ж е й ч а с т и и с в я з е й висячих мостов в основном те же, что и в балочных мостах. Балка жесткости у большинства построенных мостов представляет собою решетчатую ферму, более соответствующую легкому виду моста, и лишь нек-рые висячие мосты, с распором на балку жесткости, имеют ее со сплошной стенкой. Есть предложение (проф. Мелана), заслуживающее внимания, делать балку жесткости железобетонной. Проезжая часть легких франц. мостов состоит обычно из двойного дощатого настила, уложенного по железным поперечным балкам. В более монументальных



Фиг. 40.

мостах требуется балочная клетка, лотки, цилиндрич. железо и т. п. Продольные связи между балками жесткости в тех висячих мо-

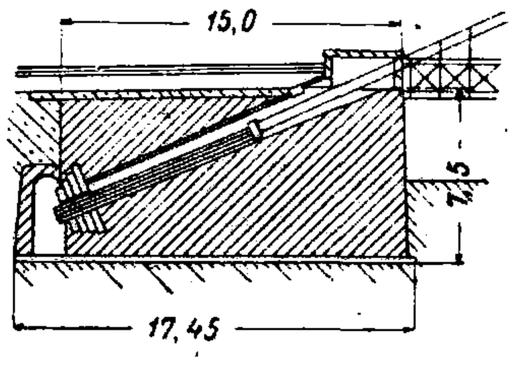
стах, где уровень полотна лежит над балкой жесткости, устраивают в плоскостях верхнего и нижнего поясов; в противном случае—только в плоскости нижнего пояса. Есть примеры использования горизонтальных кабелей в качестве связей (Бруклинский мост). Во франц. мостах легкого типа связи иногда отсутствуют; их роль выполняет настил, что несколько рискованно.

При назначении генеральных размеров висячих мостов особое внимание д. б. обращено на вопросы жесткости пролетного строения. Немаловажное значение имеют также соображения эстетич. характера. Отношение стрелы подвеса к пролету в раньше построенных мостах колеблется в пределах $^1/_{22} \div ^1/_7$; в более новых мостах—$^1/_{10} \div ^1/_8$. Выбор высоты балки жесткости диктуется гл. обр. допускаемой величиной прогиба в четверти пролета. Установленных норм для допускаемых прогибов не существует, и все зависит от назначения моста; приблизительно можно принимать амплитуду колебаний в четверти пролета от $^1/_{500}$ до $^1/_{1\,000}$, прогиб в той же точке вниз—$^1/_{1\,000}$—$^1/_{1\,500}$. В каждом частном случае высоту балки жесткости надлежит установить путем сравнительных подсчетов. Ориентировочно ее можно принимать равной $^1/_{40}$—$^1/_{25}$ пролета. Чем больше пролет, тем относительно меньше м. б. задана высота балки жесткости. В существующих мостах высота балки жесткости варьирует в пределах от $^1/_{180}$ до $^1/_{21}$; если исключить старые мосты и некоторые очень легкие франц. мосты, то в пределах от $^1/_{60}$ до $^1/_{21}$. Увеличение высоты балки жесткости свыше $^1/_{20}$ пролета чрезмерно повышает $t°$-ные напряжения в цепи, вследствие чего оно становится невыгодным и может оказаться допустимым лишь при постановке шарнира в пролете. Расстояние между осями ферм жесткости должно прежде всего удовлетворять условиям поперечной жесткости пролетного строения; с этой точки зрения не следовало бы брать его меньше $^1/_{20}$—$^1/_{24}$ пролета. В практике однако же встречаются значительно меньшие расстояния—до $^1/_{45,5}$. Затем расстояние между осями балок жесткости зависит от расположения тротуаров, к-рое в свою очередь связано с устройством пилонов. Тротуары вместе с полотном, предназначенным для езды, удобно помещать между фермами жесткости, хотя это и утяжеляет проезжую часть. Более экономно устройство тротуаров на консолях. В больших америк. висячих мостах встречаются тротуары в плоскости верхних поясов ферм жесткости. Если уровень полотна находится над балками жесткости, расположение тротуаров на консолях вполне приемлемо. В тех однопролетных мостах, конструкция которых не позволяет менять сечение или количество кабелей (или цепей), угол наклона удерживающего кабеля определяют, исходя из равенства усилия в удерживающем кабеле наибольшему усилию в основном кабеле у пилона, что дает следующие значения отношения $b : h_0$ заложения удерживающего кабеля к высоте:

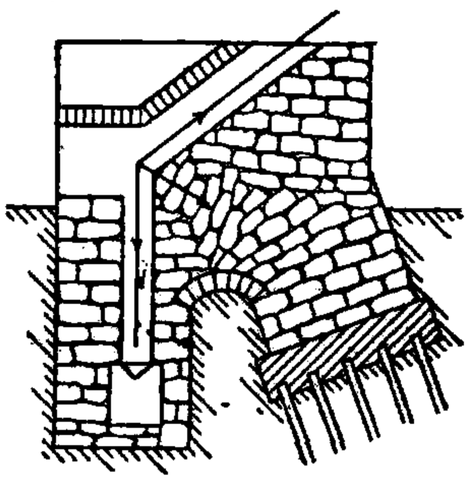
Стрела кабеля f: l	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$
Отношение $b : h_0$	2,5	2,25	2,0

Выбор экономически выгодного угла наклона удерживающей цепи к горизонту м. б. произведен лишь в тех случаях, когда конструкция позволяет менять сечение или число кабелей; этот угол колеблется в пределах от 30 до 35°. Для увеличения жесткости пролетного строения выгоднее более короткая удерживающая цепь. Предельным углом можно считать 45°; бо́льшие углы наклона к горизонту чрезмерно увеличивают сечение удерживающего кабеля.

У с т о и висячих мостов представляют собою большие каменные или бетонные массивы, в к-рых закрепляются удерживающие цепи. Наиболее простая форма устоя получается, если удерживающая цепь не имеет переломов в пределах устоя (фиг. 41). В целях сокращения размеров устоя цепям дают перелом (фиг. 42) или даже несколько переломов. Весьма экономичны устои, составленные из двух отдельных массивов, соединенных сводом. В висячих мостах с распо-



Фиг. 41.



Фиг. 42.

ром на балку жесткости устои ничем не отличаются от устоев балочных мостов. П и л о н ы висячих мостов м. б. каменные, железобетонные и металлические; из них наиболее монументальными и наилучшими в отношении жесткости пролетного строения являются каменные, а наиболее дешевыми—металлические. В табл. 3 указаны наиболее известные из существующих висячих мостов.

Расчет М. м. Расчет ферм балочных мостов удобнее всего вести, пользуясь *линиями влияния* (см.). Усилия в элементах пролетного строения следует определять от различных категорий сил: постоянной и временной нагрузок, ветра, колебаний $t°$. Каждой комбинации сил отвечают определенные допускаемые напряжения. Для определения поперечного сечения данного элемента выбирают наиболее выгодную комбинацию. Усилия в элементах ферм от постоянной или равномерно распределенной временной нагрузки определяют умножением площади линии влияния на интенсивность соответствующей нагрузки. Усилия от временной нагрузки, представляющей ряд сосредоточенных сил, находят или при помощи э к в и в а л е н т н ы х н а г р у з о к или передвижением грузов по линии влияния так, чтобы получилась установка, отвечающая наибольшему значению искомого усилия. Расчет *ферм* (см.), статически неопределимых относительно опорных реакций, начинается с определения этих последних. Ферма обращается в статически определимую систему заменой дополнительных опорных закреплений силами; затем составляются дополнительн. условия, выражающие связь между соответствующими деформациями и силами. Особенностью работы арок является наличие распора или арочной силы, к-рая создает в пролете отрицательные мо-

Табл. 3.—Замечательные висячие мосты.

Наименование моста	Год сооруж.	Число пролетов	Велич. наибольш. пролета в м	Кабель или цепь	Литература, где имеется описание
Через Гудзонов залив	Строится	3	1067	Кабель	«Eng. News Record», N. Y., 1928
» р. Детройт в Детройте	»	3			«Eng. News Record», N. Y., 1928
» Делавар в Филадельфии	1926	3	533,4	»	The Delaware River Bridge Final Report, Philadelphia, 1927
» р. Гудзон в Бер-Маунтен	1924	1	497,4	»	«Eng. News Record», 1924
Вильямбургский в Нью Йорке	1903	1	487,7	»	«GC», 1904, «Z. d. VDI», 1904
Бруклинский в Нью Йорке	1883	3	486,8	»	«Eng. News Record», N. Y., 1882—83, 1885, 1901—02
Мангатанский в Нью Йорке	1911	3	448	»	«Eng. News Record», N. Y., 1903—04, «Eisenbau», Lpz., 1911
В Флорианополисе	1926	3	340	Цепь	«Proc. of Am. Soc. of Civ. Eng»., N. Y., 1927, May
Через Огайо в Цинциннати	1867	3	322	Кабель	«Eng. News Record», 1898
» Рейн в Кельне	1929	1	303	»	—
Мост Елизаветы в Будапеште	1903	1	290	Цепь	Передерий Г. П., Курс мостов, ч. 2—Мосты больших пролетов, отд. 3—Висячие мосты, М.—Л., 1928
Арамонский мост через Рону	1901	3	274	Кабель	Там же
Питтсбургский Пойнт-Бридж	1877	1	244	Цепь, арка	«Trans. Am. Soc. Civ. Eng.», N. Y., 1878
Через Рону в Вернезоне	1902	1	233	Кабель	—
» Одер в Бреславле	1909	1	114	Клеп. цепь	«Eisenbau», Lpz., 1911
» Рейн в Кельне	1915	3	184,5	Цепь	«Z. d. VDI», 1920

менты, облегчающие работу средних частей арок. В двухшарнирной арке, имеющей одну статически неопределимую величину, за лишнюю неизвестную принимают распор. В трехшарнирных арках величину распора находят из ур-ия моментов относительно шарнира (см. *Арки*). В висячих мостах с балкой жесткости расчет начинают с определения горизонтальной, составляющей натяжения цепи, к-рую удобнее всего брать за статически неопределимый параметр.

Технические условия проектирования М. м. О нагрузках, применяемых при расчете мостов, см. *Мосты*. Допускаемые напряжения для М. м. под ж. д. устанавливаются соответствующими нормами (см. *Мосты*).

Вес балочных железных пролетных строений под железную и под обыкновенную дорогу можно определить по следующим ф-лам Шведлера.

1) Разрезные фермы:

а) с параллельными поясами:

$$g = \frac{F \cdot R + 16{,}65p \cdot l\left(\frac{l}{6h} + 0{,}5\right)}{R - 13{,}65\,l\left(\frac{l}{6h} + 0{,}5\right)};$$

б) с криволинейными поясами:

$$g = \frac{F \cdot R \cdot h + 3{,}79p\left(l^2 + \frac{8}{3}h^2\right)}{h \cdot R - 3{,}41\left(l^2 + \frac{8}{3}h^2\right)}.$$

2) Неразрезные фермы:

а) средние пролеты:

$$g = \frac{F \cdot R + 26{,}62p \cdot l\left(0{,}0642\,\frac{l}{h} + 0{,}5\right)}{R - 13{,}65\,l\left(0{,}0642\,\frac{l}{h} + 0{,}5\right)};$$

б) крайние пролеты:

$$g = \frac{F \cdot R + 31{,}94p \cdot l\left(0{,}077\,\frac{l}{h} + 0{,}5\right)}{R - 16{,}38\,l\left(0{,}077\,\frac{l}{h} + 0{,}5\right)}.$$

В этих ф-лах g—полная постоянная нагрузка (включая вес проезжей части), F—вес проезжей части, включая полотно, p—временная нагрузка (g, F и p в *т/п. м* для ж.-д. моста и в *т/м²* для моста под обыкновенную дорогу), l—пролет моста в *м*, h—высота ферм в *м*, R—допускаемые напряжения в *кг/см²*. Все величины д. б. даны в *т* и *м*. Вес ж.-д. балочных пролетных строений, спроектированных под различные нагрузки, приведен ниже в табл. 4.

Переход от веса пролетн. строения, спроектированного под нек-рую нагрузку, к весу пролетного строения, спроектированного под другую нагрузку, можно сделать по ф-ле:

$$p_1 = \frac{F_1 + k_1}{F + k}\,p,$$

где p и p_1—веса пролетных строений, F и F_1—веса проезжей части, k и k_1—эквивалентные нагрузки. Вес проезжей части и связей мостов под обыкновенную дорогу (в *кг/м²*) следующий: 1) при очень тяжелой мостовой в зависимости от тяжести фур (очень тяжелая, тяжелая, легкая), 1 310—1 160—920; 2) при тяжелой мостовой 960—840—730; 3) при торцовой или бетонной мостовой 610—550—500; 4) при двойном дощатом настиле 310—250—200; 5) для тротуара с торцовым полотном на железном настиле 430, с бетонным. полотном 340, с дощатым полотном 170.

Вес арочных железных пролетных строений небольших пролетов м. б. определен по следующим ф-лам Ландсберга: а) шоссейный мост с щебеночным полотном:

$$q = 610 + 2{,}1\,l + 0{,}022\,l^2;$$

б) городской мост с каменной мостовой:

$$q = 712 + 6\,l + 0{,}01\,l^2;$$

в) жел.-дор. мосты, при расстоянии между фермами 2,5 *м*:

$$q = 1\,200 + 30\,l;$$

Табл. 4.—Погонный вес ж.-д. пролетных строений (под один путь), спроектированных по схеме Н 1925 г. в Мостовом бюро ЦУЖЕЛ'а.*

Тип ферм	Расчетный пролет ферм в *м*	Погонный вес металла в *кг* на *п. м* моста					Вес рельсов, поперечин, настила	Полная постоянная нагрузка
		обеих ферм	связей	проезж. частей	опоры частей	всего	в *кг* на *п. м* моста	
Сплошные с ездой поверху	9,5	646	121	55	74	900	800	1 622
	11,75	804	110	56	74	1 044	800	1 770
	14,0	920	147	56	79	1 202	800	1 923
	18,2	1 175	152	56	164	1 547	785	2 168
	23,0	1 543	165	56	144	1 908	794	2 558
	27,0	1 797	161	55	154	2 167	800	2 813
Сквозные с ездой поверху	27,0	1 347	113	62	152	1 674	860	2 382
	30,3	1 543	178	90	146	1 957	781	2 592
	33,6	1 632	200	61	159	2 052	878	2 771
	34,02	1 624	194	84	151	2 053	785	2 687
	45,0	1 939	259	679	128	3 005	766	3 643
Сквозные с ездой понизу	27,0	1 310	126	826	157	2 419	774	3 036
	33,6	1 294	274	827	151	2 546	758	3 153
	45,0	1 935	353	802	175	3 265	740	3 830
	55,0	2 197	364	854	172	3 587	768	4 183
	66,0	2 519	420	850	159	3 948	762	4 541
	70,2	2 875	442	911	123	4 351	789	5 017
	76,8	3 007	459	912	166	4 544	769	5 147
	87,6	3 403	513	906	155	4 977	763	5 585
	109,2	4 427	547	999	127	6 100	753	6 726
	126,0	5 647	702	1 116	179	7 644	778	8 243

* Патон Е. О., Таблицы для проектирования деревянных и стальных мостов, 1929 г.

при расстоянии между фермами 3,5 *м*:

$$q = 1\,300 + 30\,l,$$

где q в *кг/м²* для мостов под обыкновенную дорогу и в *кг/п. м* для ж.-д. мостов; l в *м*. Для определения веса арочных ферм имеются формулы Винклера, Крона, Трауера и др. Для более точного определения веса ферм можно воспользоваться следующей формулой теоретического веса:

$$q = \frac{\sum \frac{S_p \cdot \psi \cdot l}{R} + F \cdot \sum \frac{\psi \cdot l \cdot \omega}{R}}{\frac{L}{\gamma} - \sum \frac{\psi \cdot l \cdot \omega}{R}},$$

где q—вес фермы на единицу длины пролета, S_p—усилие от временной нагрузки в каком-нибудь стержне, умноженное на динамический коэф., l—длина стержня, F—вес проезжей части и связей, ω—суммарная площадь линии влияния, R—допускаемое напряжение для данного стержня (без учета коэф-та φ), L—пролет фермы, γ—вес единицы объема железа, ψ—т. н. конструктивный коэф., оценивающий влияние на вес фермы неточностей подбора сечений, ослабления заклепками, уменьшения допускаемого напряжения при расчете на устойчивость, а также веса фасонок, планок, стыковых накладок и т. п.; в среднем для всей фермы $\psi = 1{,}75$; вес связей составляет 12÷14% веса ферм. Ф-ла эта м. б. превращена в следующую:

$$q = \frac{pa + Fb}{\frac{R}{\gamma} - bL} L,$$

где

$$a = \sum \frac{\Omega l \psi}{L^2} \quad \text{и} \quad b = \sum \frac{\Sigma \Omega l \psi}{L^2};$$

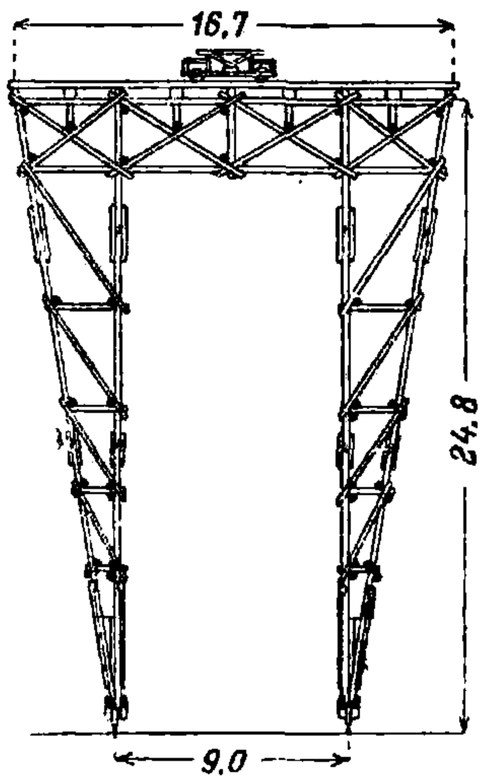
Ω—наибольшая по величине площадь линии влияния; a и b—характеристики веса ферм; средние значения характеристики м. б. приняты для балочных разрезных мостов: $a = 3{,}5 = b$; арочных: $a = 2{,}6$, $b = 1{,}6$; неразрезных балочных: $a = 3{,}7$, $b = 2{,}9$.

Производство работ. Железные пролетные строения изготовляют в настоящее время преимущественно из литого железа, представляющего собою мягкую сталь (сталь 3), с временным сопротивлением от 37 до 45 *кг/мм²* с удлинением в 20—22% и пределом текучести около 24 *кг/см²*. Железо, поступающее из прокатных мастерских, подвергается предварительно правке. Небольшие выгибы выправляются на солидной стальной плите ударами кувалды, более сильные искривления листового железа—специальными валковыми прессами, а фасонного железа—штемпельными прессами. Выровненное железо идет в разметку. Существует два основных способа разметки: 1) разметка на площадке, 2) разметка по расчету. По первому способу—на специальной площадке вычерчивают в натуральную величину схему фермы, по которой и делают разметку посредством наложения отдельных частей на схему. По второму способу—заготовляют путем теоретических подсчетов шаблоны для отдельных частей пролетного строения, по к-рым производится дальнейшая разметка. Первый способ имеет преимущество в большей наглядности, гарантирующей от ошибок, но требует устройства большой площадки, тщательно выровненной и защищенной от действия солнца, т. к. неодинаковый нагрев железа отражается на правильности разметки. Кроме того сборка на площадке отличается громоздкостью. Разметка по шаблонам компактнее, но для ее выполнения нужны высококвалифицированные разметчики. Шаблоны изготовляются из железа, идущего в дело, или из специального железа толщиной 3—4 *мм*. Дерево в качестве материала для шаблонов мало пригодно, хотя иногда и применяется. Размеченное железо подвергают обработке, заключающейся в резке, в отделке кромок, в устройстве необходимых выгибов и высадок и в пробивке или сверлении заклепочных

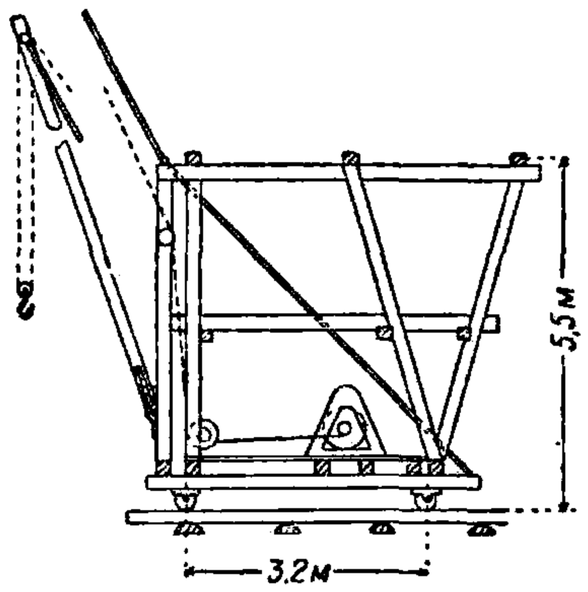
дыр. Резка производится нажимными или ударными ножами. Так как подобная резка вызывает местное внутреннее повреждение материала и дает неровные, рваные края, то окончательные размеры придают остругиванием кромок. Торцы отдельных частей иногда фрезеруют для более плотного соприкасания в стыках. Выгибы и высадки производятся в горячем состоянии, и лишь незначительные выгибы м. б. выполнены в холодном состоянии. Дыры или пробивают на дыропробивных прессах (при небольшой толщине листов) или высверливают на сверлильных станках. Пробивка дыр вызывает местные повреждения материала вокруг отверстия. Для устранения указанного дефекта применяется пробивка дыр несколько меньшего диаметра против требуемого, с последующей рассверловкой. Однако и такой прием, вследствие неизбежных неточностей, не гарантирует полного устранения повреждений краев дыр. Наиболее правильные отверстия получаются путем сверления. После обработки железа производится предварительная сборка пролетного строения на з-де, обычно в лежачем положении, по частям (отдельно фермы, связи и т.д.). После сборки и пригонки частей начинается постановка заклепок, за исключением т. н. монтажных, к-рые приходится ставить при окончательной сборке на месте работ. Применяют ручную и машинную клепку. При ручной клепке работа производится бригадой в 5 чел., которые ставят от 200 до 400 заклепок в день. Нек-рая механизация ручной клепки м. б. осуществлена применением ручных пневматич. молотов и пневматич. обжимок. Более совершенную по качеству и более быструю клепку дают клепальные машины—гидравлические, пневматические и электрические.

Доставка готовых пролетных строений в собранном виде к месту установки практикуется лишь по отношению к пролетным строениям небольшой величины. Перевозка больших пролетных строений на дальние расстояния имела место в строительной практике лишь в исключительных случаях; обычно же на место работ доставляют отдельные элементы пролетного строения. Способы производства сборки пролетных строений чрезвычайно разнообразны и находятся в тесной зависимости от местных условий. М. б. случаи, когда пролетное строение собирают на том же месте, где в дальнейшем оно будет находиться; в иных условиях оказывается более удобным произвести сборку в стороне и затем передвинуть пролетное строение в нужное положение. Сборка делается на специально для этой цели устроенных подмостях или она м. б. навесной, без подмостей. Порядок сборки балочных пролетных строений обычно таков. Сначала выкладывают на сборочных клетках нижние пояса ферм, затем связи между ними и проезжую часть (при езде по низу). Сборочные клетки подводятся под каждый узел фермы, а при большой панели и под середину панели; клетки имеют клинья, подбивкой к-рых выверяется строительный подъем нижнего пояса. Соединение частей друг с другом временно осуществляется сборочными болтами. Вслед за поясами ферм устанавливают стойки. После этого ставят раскосы, собирают верхние пояса ферм и верхние связи. Одновременно со сборкой идет клепка, за исключением таких мест, в к-рых могут накапливаться дополнительные напряжения в процессе последующей сборки (напр. сопряжения продольных и поперечных балок); клепка этих мест заканчивается после того, как собрано все пролетное строение. Но может быть и иной порядок сборки: сборка начинается с укладки проезжей части, которую можно использовать для подвозки материала, а затем уже собирают нижние пояса ферм и т. д.

Для постановки на место элементов пролетного строения применяются разного вида *краны* (см.): 1) портальные (объемлющие), 2) копровые, 3) журавлевые. П о р т а л ь н ы й кран (фиг. 43) состоит из двух ног в виде треугольных или трапецоидальных деревянных ферм и их верхнего соединения прогонов (иногда со шпренгелем) или решетчатых деревянных балок. По прогонам может перемещаться тележка с талями; весь кран в целом передвигается по рельсам. Такого типа краны могут быть



Фиг. 43.



Фиг. 44.

небольших размеров и служат тогда для сборки только проезжей части и нижних поясов или же являются сооружением, объемлющим пролетное строение. К о п р о в ы е к р а н ы напоминают по своей конструкции копер для забивки свай, помещаются между фермами и предназначаются для постановки раскосов, стоек, верхних поясов и пр. Ж у р а в л е в ы е к р а н ы (фиг. 44) состоят из перемещающейся по рельсам рамы, укрепленной на ней вращающейся вертикальной стойки и укосины (журавля), связанной тягой со стойкой и внизу имеющей шарнир. Крупные америк. и европ. з-ды имеют постоянного типа журавлевые краны большой мощности, перевозимые с одних работ на другие. Собранное и склепанное пролетное строение или опускается посредством винтовых и гидравлич. домкратов на опоры или же предварительно перемещается на нек-рое расстояние. Передвижка м. б. продольной и поперечной. Движение происходит по специально уложенным путям из нескольких рельсов; к пролетному строению, при небольшом его весе, прикрепляют салазки в виде металлич. подушек. Более тяжелые пролетные строения передвигают по цилиндрич. или шаровым каткам, а иногда для этой цели снабжают особыми тележками. Поперечная передвижка совершается всегда по подмостям. Продольная надвижка бывает раз-

личных видов: 1) надвижка без подмостей, ферм неразрезных—непосредственно, разрезных—при помощи аванбека; 2) надвижка с устройством вспомогательной опоры; 3) надвижка по подмостям. Аванбек представляет собою легкую металлич. конструкцию, прикрепляемую на время надвижки к пролетному строению с целью увеличения его длины. На реках с достаточной глубиной воды оказывается в иных случаях удобным производить сборку пролетных строений в стороне и ставить их затем на место посредством понтонов. Поднятое понтонами пролетное строение буксируется в требуемое положение и опускается на опоры частичным затоплением понтонов. Сборка навесная применяется, когда устройство подмостей или невозможно или обходится слишком дорого. Этот способ особенно удобен при консольных, неразрезных и арочных системах. Идея навесной сборки заключается в том, что пролетное строение постепенно наращивается от опор к середине, удерживаясь самостоятельно, как консоль, или при помощи тросов, закрепленных на высоких башнях.

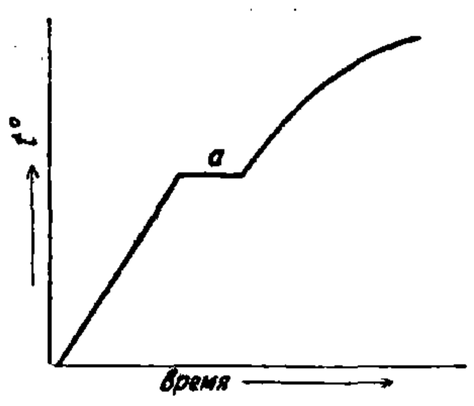
Способы производства работ по сооружению висячих мостов крайне разнообразны. Т. к. висячие мосты б. ч. строят там, где постановка промежуточных опор затруднена, то и сборка висячих пролетных строений производится часто без подмостей, что не представляет затруднений для кабельных мостов. В зависимости от величины пролета, конструкции моста и от местных условий, работы по сборке начинаются или с установки ферм жесткости или с укладки кабеля. В первом случае собранные на берегу балки жесткости надвигают в пролет, для чего устраивают промежуточные деревянные опоры. Фермами жесткости можно в дальнейшем воспользоваться для устройства легких подмостей, на к-рых будут собраны цепи. Фермы жесткости собирают частично на болтах, клепка заканчивается после освобождения пролетного строения от подмостей и регулировки длины подвесок. Если работы по устройству пролетного строения начинают с укладки кабеля, то первой задачей будет перекинуть кабель с берега на берег. Для этой цели сначала перекидывают бечеву или легкую проволоку (иногда при помощи воздушного змея или ракеты). При постройке больших висячих мостов кабель из отдельных проволок изготовляется на месте установки. Предварительно перебрасывают с пилона на пилон рабочие канаты, к к-рым прикрепляют легкие подмости. Затем, тщательно регулируя длину, укладывают первую направляющую проводку. Далее, при помощи движущегося каната пускают с одного устоя на другой колесо, к-рое тянет за собой проволоку, разматывая ее с вращающегося барабана; проволока закреплена своим концом на устое. Когда колесо дойдет до другого устоя, проволоку снимают, а на колесо надевают новую петлю с другого барабана и отправляют обратно. Когда проложено нужное количество проволок, их обжимают кольцевым прессом и обматывают проволокой (механич. путем). К готовым кабелям прикрепляют подвески, к подвескам—проезжую часть и фермы жесткости.

Лит.: Передерий Г. П., Курс мостов, ч. 1—2, М.—Л., 1928; его же, Материалы для проектирования железных ферм, 3 издание, Л., 1927; Николаи Л., Мосты, вып. 1, СПБ, 1901; Стрелецкий Н. С., Курс мостов, Металлич. мосты, Москва, 1925; его же, Законы изменения веса металлич. мостов, «Труды НТК НКПС», вып. 30, Москва, 1926; Каменцев П. Я., Приспособления для осмотра, окраски и ремонта мостов, М., 1914; Патон Е. О., Железные мосты, 2 изд., т. 1—4, Киев, 1909—15; его же, Стальные мосты, Киев, 1930; его же, Руководство по восстановлению разрушенных ж.-д. мостов, ч. 2, 3, Киев, 1924; Прокофьев И., Железные мосты. Обработка, сборка и установка, СПБ, 1911; Результаты исследований мостов и методика испытания, «Труды НТК НКПС», Москва, 1920—29; Schaper G., Eiserne Brücken, 5 Aufl., Berlin, 1922; Melan J., Der Brückenbau, B. 3—Eiserne Brücken, 2 Aufl., W.—Stg., 1923; Mehrtens G., Eisenbrückenbau, B. 1—3, B., 1908—23; Häseler E., Die eisernen Brücken, B., 1911; Bernhard K., Eiserne Brücken, *B. 1, Berlin, 1911; Handb. Ing.*, T. 2, *Der Brückenbau*; Gesteschi Th., Der wirtschaftliche Wettbewerb v. Eisen u. Eisenbeton im Brückenbau, B., 1918; Zucker P., Die Brücke, Typologie u. Geschichte ihrer künstl. Gestaltung, Berlin, 1921; Hartmann F., Aesthetik im Brückenbau, B., 1928; Dencer F. W., Amerikanischer Eisenbau in Bureau u. Werkstatt, B., 1928; Schaechterle K. W., Verstärkung, Umbau u. Auswechselung v. Eisenbahnbrücken, Berlin, 1926; Schau A., Der Brückenbau, B. 1—2, Berlin, 1921—22; Bleich F., Theorie und Berechnung d. eisernen Brücken, Berlin, 1924; Müller-Breslau H., Die graphische Statik d. Baukonstruktionen, B. 1—2, Leipzig, 1922—27; Bohny F., Theorie und Konstruktion versteifter Hängebrücken, Leipzig, 1905; Holfeld F., Das Kabel im Brückenbau, Berlin, 1913; Hauffe W., Gewichte u. günstigste Abmessungen d. durch Parallelträger versteiften Kabelbrücken, Dresden, 1910; Kommerell O. u. Schulz B., Einfluss der Fliehkräfte auf Eisenbahnbrücken, Berlin, 1925; Grüning M., Der Eisenbau, Band 1, Berlin, 1929; Chaix J., Traité des ponts, Paris, 1909; Résal J., Cours de ponts métalliques, Paris, 1923; Godard M., Ponts et combles métalliques, P., 1924; Godard M., Recherches sur le calcul des ponts suspendus, Paris, 1911; Leinekugel—Le Cocq, Ponts suspendus, v. 1—2, P., 1911; Waddell J. A., Bridge Engineering, N. Y., 1916; Waddell J. A., Economics of Bridgework, N. Y., 1921; Merriman M. a. Jacobi H., A Textbook on Roofs and Bridges, p. 1—4, New York, 1920; Hool G. a. Kinne W., Movable a. Long Span Bridges, New York, 1923; Ketchum M., Structural Engineers' Handbook, 3 edition, N. Y., 1924; Burr W. H. a. Falk M. S., Design a. Construction of Metallic Bridges, New York, 1924; Ketchum M., Design of Highway Bridges of Steel, Timber a. Concrete, N. Y., 1925.

Г. Евграфов.

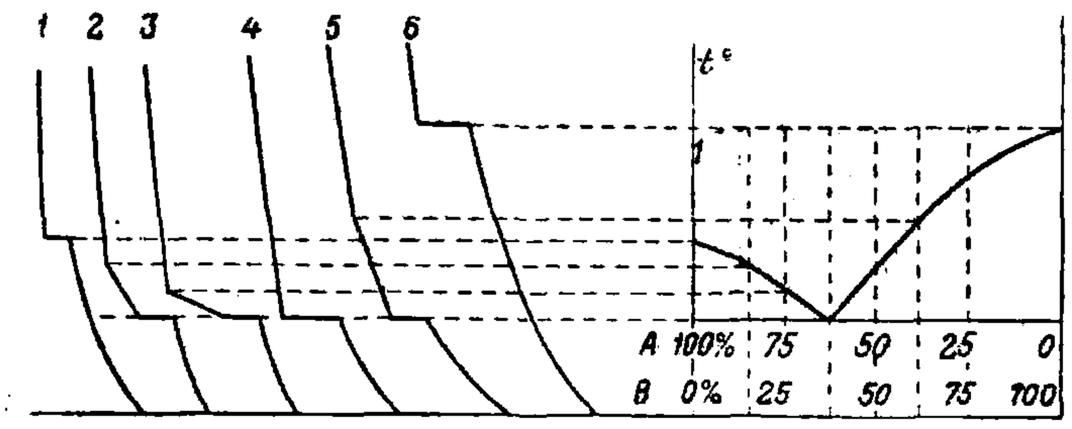
МЕТАЛЛОГРАФИЯ, наука, изучающая зависимость между физическ. свойствами металлов и сплавов и их строением (структура). М. является частью *физической химии* (см.), рассматривающей сплавы как особый класс растворов и основывающей все выводы на законах термодинамики. В настоящее время установлено, что все металлы являются телами кристаллическими, т. е. атомы металла располагаются в определенном порядке по отношению друг к другу. Однако только в редких случаях в массе металла можно наблюдать правильные формы кристаллов; обычно кристаллы металла бывают деформированы и при рассмотрении полированной поверхности (шлифа) под микроскопом можно наблюдать лишь нек-рую сетку (*Деформация металлов*, вкл. л., *8*), на основании к-рой как будто нельзя сделать никаких выводов. Однако это не так. При сравнении 2 структур одного и того же металла из наблюдений найдено, что механич. свойства (напр. прочность) будут выше у того образца, кристаллы которого мельче. Другие физич. свойства, напр. потери на гистерезис в трансформаторном железе, тем меньше, чем крупнее сетка кристаллов. В М. применяются и другие методы исследо-

вания. Главнейший из них термический. Изменение свойств металлов и их сплавов зависит от изменения кристаллографических форм или, как выражаются в физич. химии, от изменения состояния материи. Напр. железо при $t°$ до 768° находится в одной кристаллической форме (α), в интервале 768—906° в другой форме (β), в интервале 906—1 401°—в форме γ, выше 1 401° до $t°_{пл.}$—в форме δ; α-железо притягивается магнитом, а β-железо теряет магнитные свойства, γ-железо способно поглощать углерод, т. е. науглероживается. Другой металл, олово, при обычной $t°$ вязок и имеет уд. вес 7,23; при $t°$ ниже 20° (особенно быстро при —20°) переходит в другую кристаллич. форму, хрупкую, обладающую уд. весом 5,7 («чума» олова). Наблюдения показывают, что всякий переход материи из одного состояния в другое сопровождается выделением или поглощением некоторого количества тепла, т. е. при нагреве металла $t°$ его будет плавно повышаться до нек-рой точки a, называемой критической (см. фиг. 1); тогда $t°$ металла остановится на одной и той же точке, хотя приток тепла будет непрерывен; в эти моменты притекающее тепло будет расходоваться на «перестройку» формы кристалла; после перекристаллизации повышение пойдет опять плавно.



Фиг. 1.

На примере железа или олова было показано, что у одного и того же металла м. б. несколько переходов из одного кристаллич. состояния в другое и наконец может иметь место изменение агрегатного состояния, например переход из твердого в жидкое, затем в газообразное состояние. М. изучает главн. обр. переходы из жидкого состояния в твердое и превращения в твердом состоянии. Переход из жидкого в твердое состояние важен

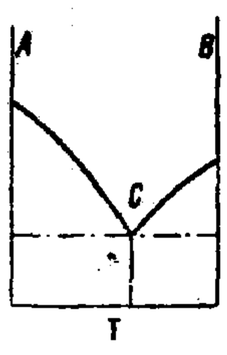
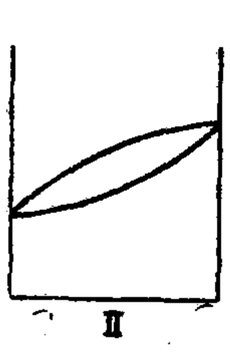
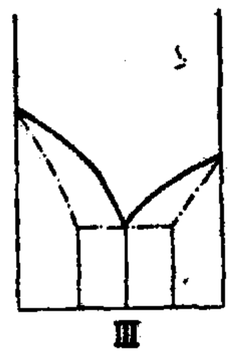
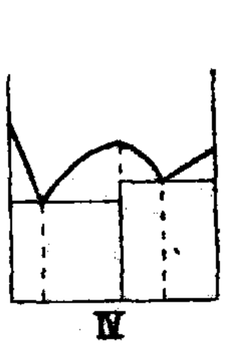
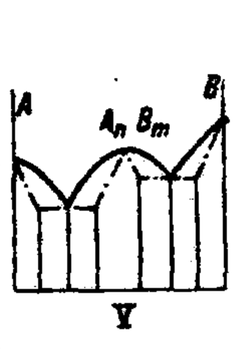
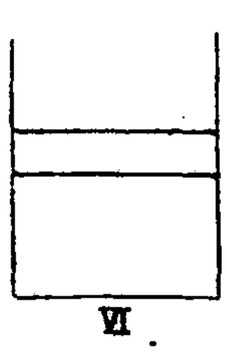
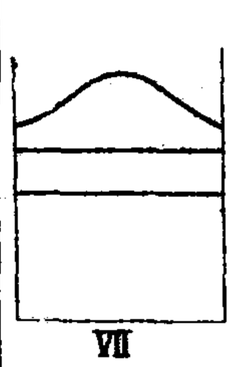
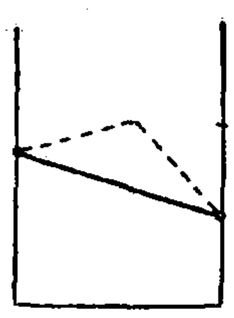
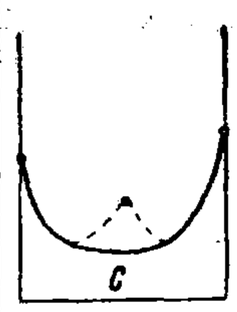
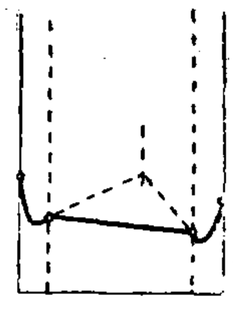
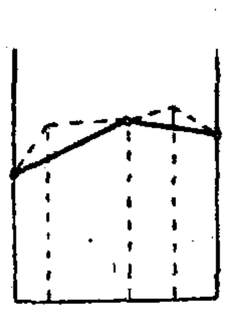
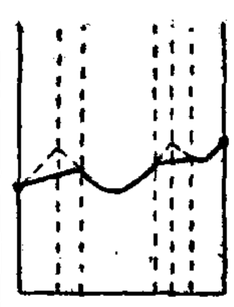
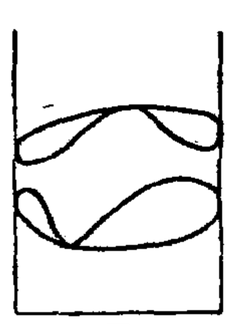
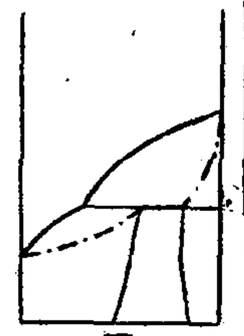
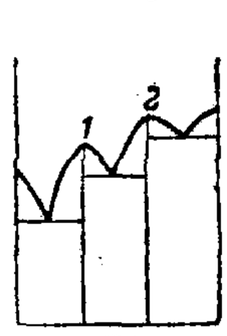
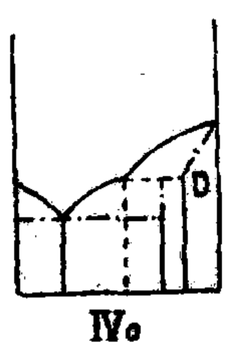


Фиг. 2.

для технологич. процесса литья, так как часто первоначальная кристаллическая структура определяет все качества изделия (см. *Макроструктура*). Не менее важны превращения и в твердом состоянии, как это видно из вышеприведенных примеров. Эти процессы имеют место при технологич. процессах ковки и термич. обработки. Чистые металлы обладают невысокими механич. качествами, и потому для повышения этих качеств применяются сплавы двух, трех и больше металлов. Для изучения свойств сплавов термич. анализ получил очень большое значение. Обычно определяют критич. точки перехода из жидкого состояния в твердое и превращений в твердом состоянии. Методика изучения заключается в наблюдении над сплавами из 2 металлов, затем из 3. Систематическое изучение сплавов из большего (чем 2) числа металлов очень затруднительно и обычно производится от случая к случаю. На основании критич. точек, полученных для сплавов разного состава данных 2 металлов, составляется диаграмма плавкости. На фиг. 2 произведено построение такой диаграммы, где по оси абсцисс отложено %-ное содержание каждого металла в сплаве, а по оси ординат $t°$; т. о. получена например диаграмма сплава нек-рых 2 металлов A и B (см. *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 173, диаграмма Pb-Ag). Совокупность всех металлов, входящих в сплав в различных комбинациях, составляет с и с т е м у. Составляющие металлы системы называются к о м п о н е н т а м и, а однородная часть в системе—ф а з о й. Можно говорить об одной жидкой фазе системы Pb-Ag, напр. при 1 000°, т. к. при этой $t°$ расплавленные Pb и Ag смешиваются вполне между собой и образуют одну однородную массу—ж и д к у ю ф а з у. Количественное соотношение фаз и компонентов в данной системе при состоянии равновесия определяется т. н. правилом Гиббса (Gibbs), имеющим такое математическое выражение: $ч + ф = к + 2$, где $ч$—число возможностей (свобод) изменять физич. условия системы без того, чтобы в системе происходили изменения (напр. изменение $t°$, концентрации, числа компонентов и т. п.), $к$—число компонентов системы, $ф$—фаз системы. Цифра 2 обозначает две физич. независимых переменных: $t°$ и давление. Т. к. для сплавов давление можно принять постоянным (объемы жидкостей и твердых тел изменяются очень мало от изменения давления), то для сплавов правило Гиббса примет такой вид: $ч + ф = к + 1$. Пользуясь этим правилом, можно заранее предвидеть, сколько фаз можно иметь при тех или иных физич. условиях. Напр. пусть для системы Pb-Ag имеется наличие 1 фазы—жидкость, тогда имеем $ч + 1 = 2 + 1$; $ч = 2$, т. е. имеются две возможности одновременно изменять физич. условия системы: 1) $t°$ и 2) концентрацию сплава, и все же сплав остается в жидком состоянии. Напр. при 1 000° сплав 50% Pb и 50% Ag находится в жидком состоянии; 20% Pb и 80% Ag—тоже жидкость при этой же $t°$ и т. д. (изменение концентрации — 1-я возможность или свобода); при 900° (изменение $t°$—2-я возможность или свобода) эти концентрации с 50% Pb или с 80% Pb тоже жидкие. Если будет необходимо иметь в этом сплаве 3 фазы, то $ч + 3 = 2 + 1$; $ч = 0$, т. е. для такого состояния невозможно ничего изменять, и на диаграмме будет только одна точка: определенная темп-ра и концентрация. Это так наз. э в т е к т и ч е с к а я точка, когда для расплавливаемого сплава 1-я фаза—кристаллы серебра, 2-я фаза—кристаллы свинца и 3-я фаза — их жидкий сплав. Такое состояние соответствует концентрации 2,5% Ag и 97,5% Pb при $t° = 304°$. При всякой иной концентрации или при иной $t°$ будет наличие не трех, а меньшего числа фаз. Из приведенного примера ясно выступает закономерность соотношений числа структурных составляющих в сплавах. Выше в определении

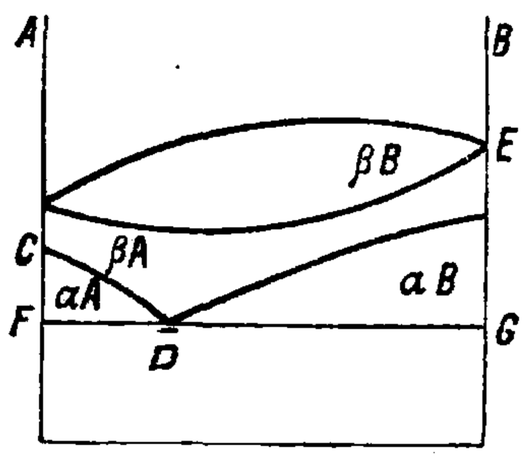
было указано, что сплавы рассматриваются как особый класс растворов. Особенность сплавов заключается в том, что в них может происходить взаимное растворение компонентов даже в твердом состоянии, причем образуется твердая фаза, называемая т в е р д ы м р а с т в о р о м. К этой фазе приложимы все те физич. законы, к-рые имеют место для жидких растворов: из них могут выделяться кристаллы растворенных компонентов при понижении $t°$, и обратно, кристаллы могут переходить в раствор при повышении $t°$ и т. д. Так как состояние этих растворов (м е т а л л) легко фиксируется на шлифе (запись—г р а ф и я, металлография), то т. о. создается возможность длительного и подробного изучения каждого состояния. Поэтому изучение твердых растворов облегчает работу общей физич. химии, вследствие чего металлография играет большую роль в теории растворов.

Приведенная на фиг. 2 диаграмма является одной из типовых диаграмм плавкости. На фиг. 3 приводятся разные типы диаграмм (их различия указаны в заголовках каждого типа, построение их произведено по образцу, указанному на фиг. 2). Эти типы диаграмм могут образовывать нек-рые отклонения от приведенных форм, напр. форма II диагр. фиг. 3 может дать форму IIa или III→IIIa и т. д. В этих случаях они являются только разновидностями общих типов и могут иметь место как в жидких, так и твердых растворах, особенно при образовании хим. соединений между компонентами. Изучение диаграмм таких сложных сплавов, как Cu-Zn или Cu-Sn (латунь, бронза), показывает, что часто в одной диаграмме соединены многие простые типы диаграмм (см. *Спр. ТЭ*, т. II). Особенное внимание обращает на себя возможность легкого фиксирования химич. соединений для 2-компонентных сплавов, напр. диагр. IVa (фиг. 3) определенно указывает на наличие двух химич. соединений. Эти точки диаграммы называются с и н г у л я р н ы м и (особенными). В таких точках, т. е. при

Типы диаграмм	В жидком состоянии:					Не смешиваются совсем	Смешиваются частично
	смешиваются без образования химич. соединений			смешиваются с образов. химич. соединений			
	В твердом состоянии:						
	не растворяются	растворяются	частично растворяются	не смешиваются	частично смешиваются		
Основной вид диаграммы	 I	 II	 III	 IV	 V	 VI	 VII
Диаграммы свойств (E) сплава в зависимости от концентрации (x), т. е. $f(x, E)$							
Видоизмененные типы основных диаграмм	 IIa	 IIIa	 IVa	 IVo			

Фиг. 3. Разные типы диаграмм сплавов.

определенном %-ном составе одного и другого элементов, резко изменяются свойства сплавов. Напр. (см. *Спр. ТЭ*, т. II, стр. 188) сплавы Ce ($t°_{пл.}$ = +885°) и Bi ($t°_{пл.}$ = +215°) образуют химич. соединения с $t°_{пл.}$ выше +1 680°, также Bi и Na ($t°_{пл.}$ = + 95°) образуют хим. соединения с $t°_{пл.}$ = +775°. Таким методом пользуются для определения $t°_{пл.}$ огнеупорных материалов, шлаков и пр., напр. $t°_{пл.}$ SiO_2 =1 760°, $t°_{пл.}$ Al_2O_3 ≅2 000°, соединение из 90% SiO_2 и 10% Al_2O_3 плавится при ~1 600°. Методом плавкости широко пользуются в настоящее время в физ. химии; этот метод был разработан и изучен гл. обр. на основании работ М. Хотя диаграммы фиг. 3 построены для жидких систем, однако они остаются неизменными и для твердых. Часто изменения в жидких сплавах сопровождаются превращениями в твердых фазах. Напр. на фиг. 4 изображены превращения в сплаве металлов *A* и *B*, образующих при застывании смешанные кристаллы; по мере охлаждения металл *A* переходит из состояния βA в состояние αA, а βB в αB, к-рые уже не образуют смешанных кристаллов, т. е. взаимно не растворяются, а потому начинают разделяться, образуя, при нек-рой $t°$ и концентрации в точке *D*, э в т е к т о и д н у ю (в отличие от эвтектической, где совершается переход из жидкого состояния в твердое) смесь. На фиг. 3 приведены разные типы диаграмм плавкости. Во втором ряду под каждым типом диаграмм приведена функциональная зависимость физических свойств сплава от изменения концентрации. Не вдаваясь в подробности, можно отметить следующее. 1) Для сплавов, не образующих хим. соединений, а также не смешивающихся в твердом состоянии, изменение свойств линейное (I). 2) Для твердых растворов—криволинейное (II). 3) В случаях наличия смешанных областей (III) в каждой области свойства изменяются по соответствующему этой области закону. 4) Некоторые свойства сплавов, напр. твердость, иногда имеют особое значение при концентрации, соответствующей эвтектич. точке (пунктир I). В этом отношении изменение свойств в сплаве (диаграммы II, 2-я строка, пунктир) указывает, что данный сплав не только образует непрерывный твердый раствор, но для концентрации *C* в его состав входят также химич. соединения. Если изменение свойств происходит плавно, то в точке *C* сплав представляет только твердый раствор. 5) Химич. соединения (IV) могут обладать особыми свойствами (сингулярная точка), характеристику к-рых можно получить лишь из прямого наблюдения. Напр. система Ce-Bi образует химич. соединения Ce_4Bi_3, т. е. должна иметь по диаграмме сингулярную точку при составе: 52% Ce, 48% Bi; однако без опыта сказать, какая будет характеристика ее в этой точке, нельзя. Только опыт показал, что при такой концентрации имеет место трудноплавкое состояние с $t°_{пл.}$=1 680°.



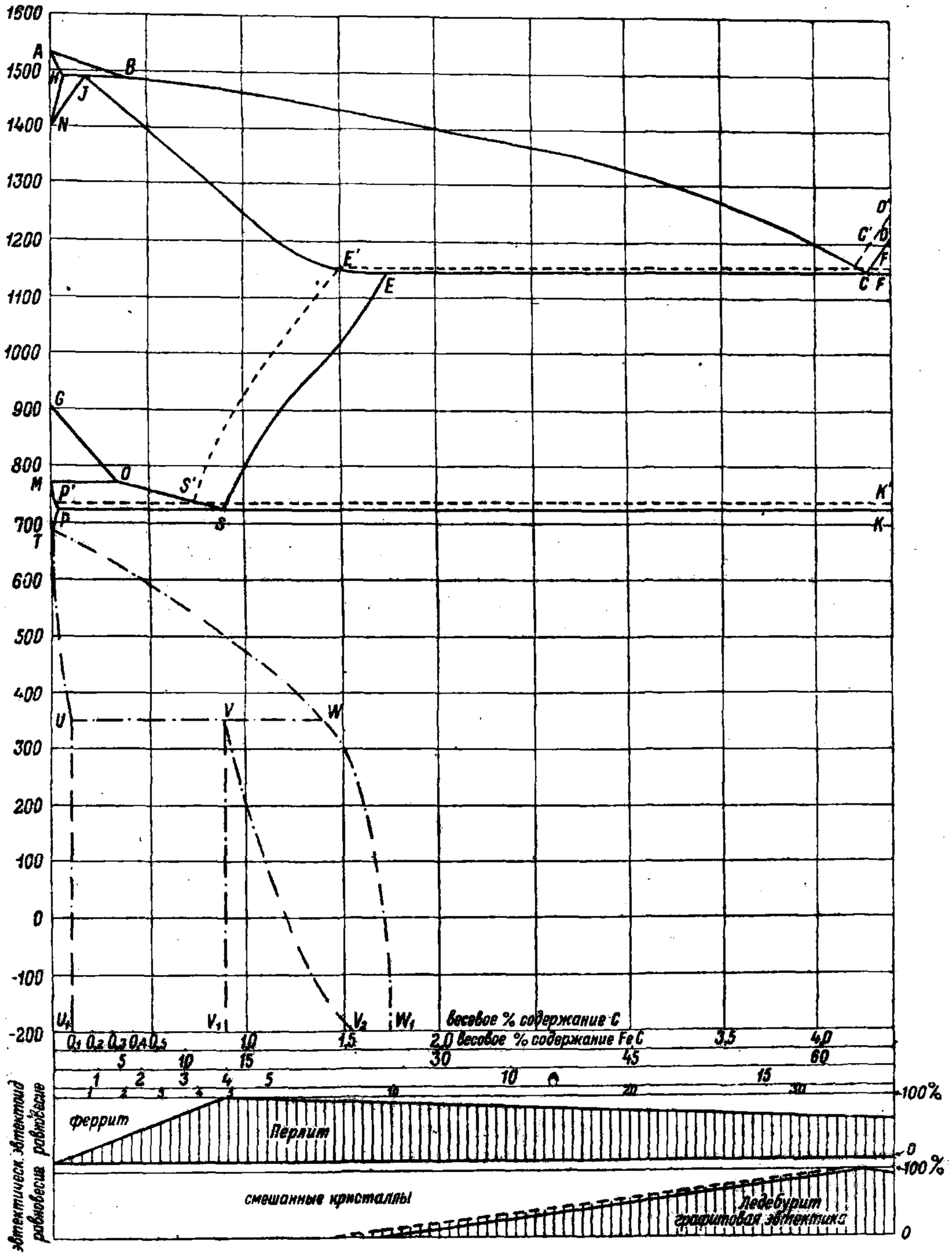
Фиг. 4.

Во всех перечисленных диаграммах была указана связь вида диаграммы со свойствами сплава. Эти диаграммы для многих сплавов уже составлены (см. *Спр. ТЭ*, т. II), и т. о. свойства сплавов м. б. предугаданы. В технике однако часто приходится давать заключение о свойствах сплава на основании его структуры, б. ч. *микроструктуры* (см.); поэтому необходимо диаграмму связать со структурой или, вернее, указать, как отражаются на строении сплава переходы его из одного состояния в другое. Для этой цели рассмотрим переход сплава из жидкого состояния в твердое по диаграмме I (фиг. 3). Выше было указано, что чистые металлы обладают структурой вида сетки (вкл. л., 48*), петли к-рой соответствуют границам неправильной формы кристаллов. Структура сплава с концентрацией, соответствующей сплаву (фиг. 3, I) доэвтектич. концентрации, очевидно будет иная. Наблюдения показывают, что при $t°$, соответствующей верхней критич. точке, выделяются чистые кристаллы компонента *A*; далее сплавы с заэвтектич. концентрацией выделяют чист. компонент *B*. Т. о. линия *AC* (фиг. 3, I) соответствует температурам (для соответств. концентрации) начала выделения компонента *A*, а линия *BC*—компонента *B*. Структура сплава концентрации *C* очевидно должна соответствовать одновременному выпадению металлов *A* и *B*, что на самом деле и имеет место: все структуры эвтектич. сплавов представляют собой поле неправильной формы кристаллов, равномерно наполненное или полосками или палочками (вкл. л., *1*—*6*); поэтому структуры доэвтектоидного сплава или заэвтектоидного д. б. сходны; разница будет заключаться лишь в том, какой вид будут иметь с т р у к т у р н о с в о б о д н ы е металлы *A* и *B*. Если рассмотреть структуры, соответствующие разным концентрациям (фиг. 3, диагр. II), т. е. структуры твердых растворов, то в виду того, что металлы в твердом состоянии не р а з д е л я ю т с я, под микроскопом нельзя будет отличить структуры чистых металлов от твердых растворов: во всех случаях будет иметь место сетчатая структура. Итак в структуре твердых растворов отсутствует какой-либо рисунок кроме сетки.

На основании разобранных форм структур можно рассматривать и все другие диаграммы. Следует оговориться, что такое четкое разделение структур имеет место при полном р а в н о в е с и и, к-рое в нек-рых сплавах бывает трудно достижимо, напр. в бронзах. Т. о. в образовании структуры участвует еще один фактор кроме концентрации—время. Скорость охлаждения после нагрева до $t°_{крит.}$ значительно влияет на структуру сплава, а тем самым и на свойства его. Рассмотрим в качестве примера одну из диаграмм железо-углерода, имеющую большое значение в технике. Диаграмма (фиг. 5) этой системы очень сложная. Железо-углерод может образовать: 1) или химич. соединение (карбид железа Fe_3C), и тогда получится диаграмма (сплошная линия) неустойчивой (метастабильной) системы

* Фотографии микрошлифов см. вкладной лист при статье *Микроструктура*.

Fe-Fe_3C; 2) или устойчивую (стабильную) систему Fe-C, где C вступает в структуру в виде графита (пунктирная линия). Эта часть диаграммы относится к равновесию 2 фаз—жидкой и твердой. Ниже $t°$ 1 528—1 146° происходят в железе аллотропические пре-



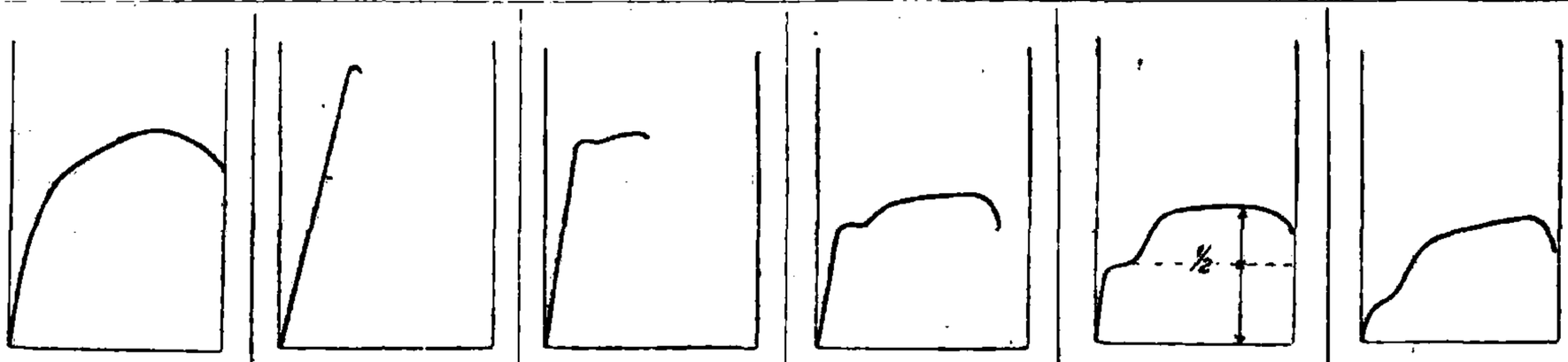
Фиг. 5.

вращения ($\delta \to \gamma \to \beta \to \alpha$), как было указано выше, и соответственно этим изменениям в кристаллич. форме железа происходят изменения в твердом растворе, что выражено второй нижней ветвью при $t°$~900—700°. Так как железо при охлаждении переходит из состояния γ в состояние α, обладающее иными химич. свойствами, выражающимися в том, что α-Fe не растворяет Fe_3C, то последний выделяется из твердого раствора. Фиксация при атмосферной $t°$ твердого раствора называется *закалкой* (см.). В процессе закалки должен был бы фиксироваться в углеродистой стали раствор Fe_3C в Fe в форме γ, однако скорость перехода кристаллической формы γ-Fe в α-Fe больше возможных скоростей охлаждения, поэтому в обычных условиях получается твердый раствор не в γ-Fe, а в α-Fe, что как будто несогласно с вышесказанным утверждением нерастворимости Fe_3C в α-Fe. Это представляет одну из загадок системы Fe-Fe_3C. Задача эта рентгенографически решается таким образом, что раздробленные до атомного размера частицы Fe_3C, благодаря быстрому охлаждению и перекристаллизации, не успевают выделиться из кристаллической решетки α-Fe и остаются в таком неустойчивом состоянии. Малейший нагрев (отпуск) уже облегчает собирание (коагулирование) частиц Fe_3C; в зависимости от времени выдержки при нагреве и высоты нагрева они могут собираться в б. или м. крупные частицы Fe_3C. Это явление и лежит в основе *термической обработки стали* (см.). Так. обр. нагрев и выдержка в областях от 700 до 900° с различными скоростями охлаждения является способом получения разных размеров кристаллов металла и его составляющих α-Fe и Fe_3C, а так как выше уже было указано, что размеры кристалла и его составляющих влияют на механич. и физич. свойства технич. металла, то связь между структурой и физич. свойствами сплава так. образом получает свое обоснование. Кривые в нижней части диаграммы фиг. 5 (тире с точками) соответствуют превращениям в мартенсите согласно исследованиям Ганемана (Hanemann).

Рассматривая превращения в системе Fe-C в твердом состоянии, мы имеем 2 линии выделения избыточных компонентов—одну для чистого железа (феррита), другую для цементита (Fe_3C). Надо отметить, что феррит легко растворяется и легко выделяется из твердого раствора, тогда как цементит, наоборот, очень трудно и растворяется и выделяется, особенно при высоких концентрациях углерода. Поэтому структура сплава железо-углерод с содержанием до 0,9% C будет указывать избыток феррита на фоне эвтектоида перлита (вкл. л., *7—11*), а при содержании выше 0,9% C—избыток цементита (вкл. л., *12—14*). Избыточный феррит на шлифе очень похож на цементит, поэтому для различения употребляют особую протраву—пикрат натрия, окрашивающий Fe_3C и не окрашивающий Fe. Кроме того долгое

травление в кислоте разъедает Fe, образуя фигуры травления, тогда как Fe_3C их не образует. При 0,9% С будет структура перлита (вкл. л., *15—20*). Приведенные структуры характеризуют металл в равновесии, т. е. когда скорость остывания при распадении твердого раствора была такая, что обе составляющие успели разделиться. Такая структура соответствует структуре отожженной стали. Если дать стали остывать очень медленно, то отдельные полоски цементита в перлите начинают обособляться и образовывать сперва шарики (сфероидизирование)—такая структура называется зернистым перлитом—и наконец происходит обособление цементита от феррита—структура перлита распадается (вкл. л., *21—26*). Наоборот, очень быстрое охлаждение твердого раствора образует структуру закалённой (см. *Закалка*) стали, называемую *мартенситом* (см.) (вкл. л., *27*). В этой структуре, можно сказать, имеется наиболее мелкое раздробление (дисперсность) цементита в феррите, т. к. это состояние соответствует раствору, т. е. молекулярному раздроблению. По мере нагревания закаленной стали молекулярно раздробленный цементит начинает коагулироваться (собираться), образуя переходные структуры из мартенсита в троостит (вкл. лист, *28*) → сорбит (вкл. лист, *29*) → перлит. Все типы вышеперечисленных структур можно получить в одной и той же стали; естественно возникает вопрос—какие свойства соответствуют каждой перечисленной структуре? На основании практич. наблюдений можно провести зависимость, указанную в табл. 1.

Табл. 1.—Свойства структур.

Структуры / Свойства		Аустенит →	Мартенсит →	Троостит →	Сорбит →	Перлит	
						пластинчатый	зернистый
Дисперсность (размер частиц)		Невидимые в микроскоп. Молекулярный раствор в:		На границе разрешения микроскопом, но еще не видимый $10^{-5} \div 10^{-6}$ см	Видимые и разделяемые в микроскоп		
		γ-железе 10^{-8} см	α-железе 10^{-8} см		$10^{-4} \div 10^{-5}$ см	10^{-3} см	10^{-2} см
Различаемость под микроскопом и необходимое увеличение		Не м. б. различены		Темное пятно	Увелич. 1000—1 500	Увелич. 500	Увелич. 150
В условных единицах	Врем. сопр. на разрыв, Z_{max}	0,5	1,0 (макс.)	0,8	0,7	0,5	0,4
	Предел упругости, Z_e	~0	1,0	0,4	0,54	0,23	0,1
	Предел текучести, Z_s	0,1	1,0	0,7	0,6	0,25	0,15
	Удлинение, A	1,0 (макс.)	0	0,3	0,7	0,8	0,9
	Сжатие, S	0,3	0	0,5	1,0	0,6	0,4
	Сопротивление удару, δ	0,6	0	0,7	1,0	0,6	0,2
H_{Br}		Параллельна				Z_{max}	
Вид разрывной диаграммы для стали ($C \cong 0{,}4\%$)							
Механическая обрабатываемость		~0	0—0,1	0,5	0,8; очень чистая поверхность	1,0 (макс.)	1,0; но плохая поверхность

За единицу принято максимальное число, соответствующее какой-либо структуре одного и того же материала, например Z_{max} будет максимальным для стали, имеющей мартенситовую структуру, но в то же время вязкие свойства будут очень низкие, т. к. удлинение (A), сжатие (S) и ударное сопротивление (δ) равны 0; та же сталь, обладающая сорбитовой структурой, т. е. наиболее мелкой структурой перлита, обладает в то же время наиболее высокой вязкостью, наиболее высоким сопротивлением на сжатие, а также на удар. Из указанных данных следует правильность вышесказанного положения, что структура определяет качество

металла, применяемого для изделий. Вышеописанные свойства, зависящие от структуры, присущи одному и тому же металлу, напр. содержащему 0,4% С, и обусловливаются термической обработкой. Можно рассматривать связь между сталями и разного химич. состава, но имеющими одно и то же структурное состояние, напр. стали с разным содержанием углерода, но в одинаковом отожженном состоянии. Такой металл, как уже было сказано, имеет перлитовую (пластинчатую) основу, в которой находится тот или иной избыточный компонент в количестве, соответствующем его химич. составу. В этом случае можно пользоваться приблизительными данными табл. 2.

Табл. 2.—Механические свойства структурных составляющих (одной и той же стали).

Структурная составляющая	Врем. сопротивление на разрыв, Z_{max} в *кг/мм²*	Удлинение A в % *
Перлит сорбитовый .	105	10
» нормальный пластинчатый	85	15
Перлит грубый . . .	50	5
Феррит	30	40

* Длина образца $L=4d$.

По этой таблице можно подсчитать сопротивление Z_{max} и удлинение A; если сталь имеет напр. P% перлита и F% феррита, то приблизительно будет:

$$Z_{max}=\frac{30F+85P}{100};$$

$$A=\frac{40F+15P}{100}.$$

В этом случае не приняты во внимание могущие быть в этом металле пороки или состояние металла иное, чем отожженное.

Кроме влияния $t°$ нагрева и скорости охлаждения структура изменяется и от механич. обработки, горячей и холодной (ковка, прокатка, холодная протяжка и т. п.). На вкл. л., *30—33*, показаны изменения структуры в результате холодной протяжки и последующих отжигов; в этом случае холодная протяжка дает те же результаты, что и закалка, раздробляющая зерна цементита. Такая механич. обработка имеет особенно большое значение для заэвтектоидных сталей (инструментальных), т. к. нагрева выше 750° для этих сталей для термич. обработки стараются избегать (см. *Термическая обработка*). В табл. 1 приведена для сравнения аустенитовая структура, но получить ее в углеродной стали с 0,4% С почти невозможно, так как скорость трансформации γ-железа в α-железо больше скорости охлаждения стали; поэтому аустенит можно получить только в сталях, содержащих нек-рые примеси (Mn, Ni, Cr, W) в значительных количествах при наличии большого количества углерода. На вкл. л., *34*, приведена аустенитовая структура в стали с 24% Ni. Чтобы доказать, что всякая сталь при $t°$ выше $t°_{крит.}$ имеет такую же структуру, А. А. Байков приготовил шлиф стали и, нагрев его в струе азота без доступа кислорода до $t°$ выше $t°_{крит.}$, протравил газообразным HCl, после чего шлиф был охлажден в струе азота. Шлиф показал, что действительно структура в этих условиях аустенитовая. Позднее с применением рентгенографического анализа (Вестгрен, Селяков и др.) было доказано, что при переходе критической темп-ры (A_3) происходит трансформация γ-Fe в α-Fe. Выше было указано, что трансформация перлита в интервале критических $t°$ сопровождается обособлением цементита в значительные массы, а дальнейшая выдержка при этих темп-рах ведет к распадению карбида железа ($Fe_3C=3Fe+C$), т.е. к выделению С в элементарном виде. Нек-рые примеси в стали (Si, Ni) ускоряют этот процесс, другие (Mn, Cr, W, Mo), наоборот, задерживают его; на вкл. л., *35*, *36*, показан такой распад цементита в инструментальной стали благодаря долгому (72 часа) нагреву при $t°=800°$. Из этих наблюдений можно сделать след. вывод: закаленная сталь является в наиболее неустойчивом состоянии; с течением времени [при атмосферной $t°$ очень долго—сотни лет, при повышенной—тем скорее, чем $t°$ нагрева ближе к критической (A_1), когда скорость распадения измеряется секундами] частицы Fe_3C стремятся к равновесному состоянию (наиболее устойчивому), образуя структуру перлита, затем обособленного цементита и наконец распадаясь на элементарные Fe и С. Построение диаграммы (фиг. 5) произведено при помощи кривых, на которых при крит. $t°$ имеются остановки, соответствующие выделению тепла при охлаждении. Из этого можно сделать заключение, что закаленная сталь, сохраняя структуру, свойственную состоянию стали при высокой $t°$, обладает в потенциальном состоянии бо́льшим количеством энергии, нежели отожженная; поэтому переход одной структуры в другую представляет не что иное, как постепенное выделение энергии, т. е. переход от высшего потенциала энергии к низшему. Это ясно указывает на то, что все металлографич. наблюдения стоят в тесной связи с законами термодинамики.

Диаграмма, изображенная на фиг. 5, имеет кроме эвтектоидной еще 2 эвтектич. точки. Первая эвтектич. точка, лежащая на пересечении сплошных линий, соответствующая переходу из жидкого состояния в твердое, имеет существенное значение для макроструктуры чугуна. Та структура литого материала, которая получена при застывании, не м. б. изменена никакими нагревами ниже $t°_{пл.}$ и называется первичной. При рассмотрении превращений на эвтектоидной линии выявлено, что время выдержки влияет на дисперсность составляющих; то же можно сказать и о превращениях на эвтектич. линии. Поэтому отливки в металлические, быстро остуживающие металл, формы имеют иную макроструктуру, чем отливки в формовочную землю. В первом случае эвтектика (называемая ледебурит) будет мелкая, во втором—крупная. Ледебурит, как эвтектич. смесь (образуется при 1 146°), состоит (диагр. фиг. 5) из 2 фаз: цементита (Fe_3C), называемого первичным, и аустенита, содержащего в твердом растворе 16,7% Fe_3C (что соответствует содержанию 1,7% С). По-

мере понижения $t°$ способность растворения цементита в аустените понижается до содержания при 720° 0,9% С (по ветви *ES* диагр. 5), при этом выделяется избыточный цементит, называемый в т о р и ч н ы м, располагающийся в виде сетки по границам кристалла. При $t°=721°$ к первичному цементиту бывшей ледебуритной структуры добавится вторичный цементит, и наконец аустенит с 0,9% С распадается при этой $t°$ на эвтектоид-перлит. Цементит перлита называется т р е т и ч н ы м.

Итак, во всех железоуглеродистых сплавах, образующих метастабильное равновесие, находятся 2 составляющих—феррит и цементит. Они обладают разными физич. качествами: феррит является очень мягкой и вязкой составляющей, а цементит—очень хрупкой и твердой; феррит легко, а цементит очень трудно переходят в твердый раствор; под действием к-т на феррите образуются фигуры травления, он разделяется на зерна (кристаллы), цементит же не дает фигур травления и не делится на отдельные кристаллы; α-Fe образует твердые растворы с Mn, Ni и другими элементами и может растворить при $t°$ в 721° (см. диагр. 5) не больше 0,5% Fe_3C (т.е. 0,035% С), а при атмосферной $t°$—не больше 0,006% Fe_3C; С образует двойные карбиды с Mn, Cr и другими элементами; γ-Fe может растворить Fe_3C до 16,7%, т. е. 1,7% С, а в расплавленном состоянии свыше 4% С, причем при затвердевании, как было выше сказано, этот углерод выделяется в виде химич. соединения Fe_3C, образуя ледебурит. Однако присутствие значительных количеств кремния в Fe понижает его способность растворять С и образовывать Fe_3C, вследствие чего технич. сорта чугуна, обычно содержащие большое количество кремния, при остывании выделяют С в виде графита; при этом химически связанного С остается не больше 0,4—0,5%. Таким образом в структуру сплава Fe с С, при содержании С выше 3%, вместо ожидаемого цементита входит выделенный графит, немного перлита (соответственно 0,4% С) и структурносвободный феррит, заключающий в растворе весь кремний чугуна (вкл. л., *37*).

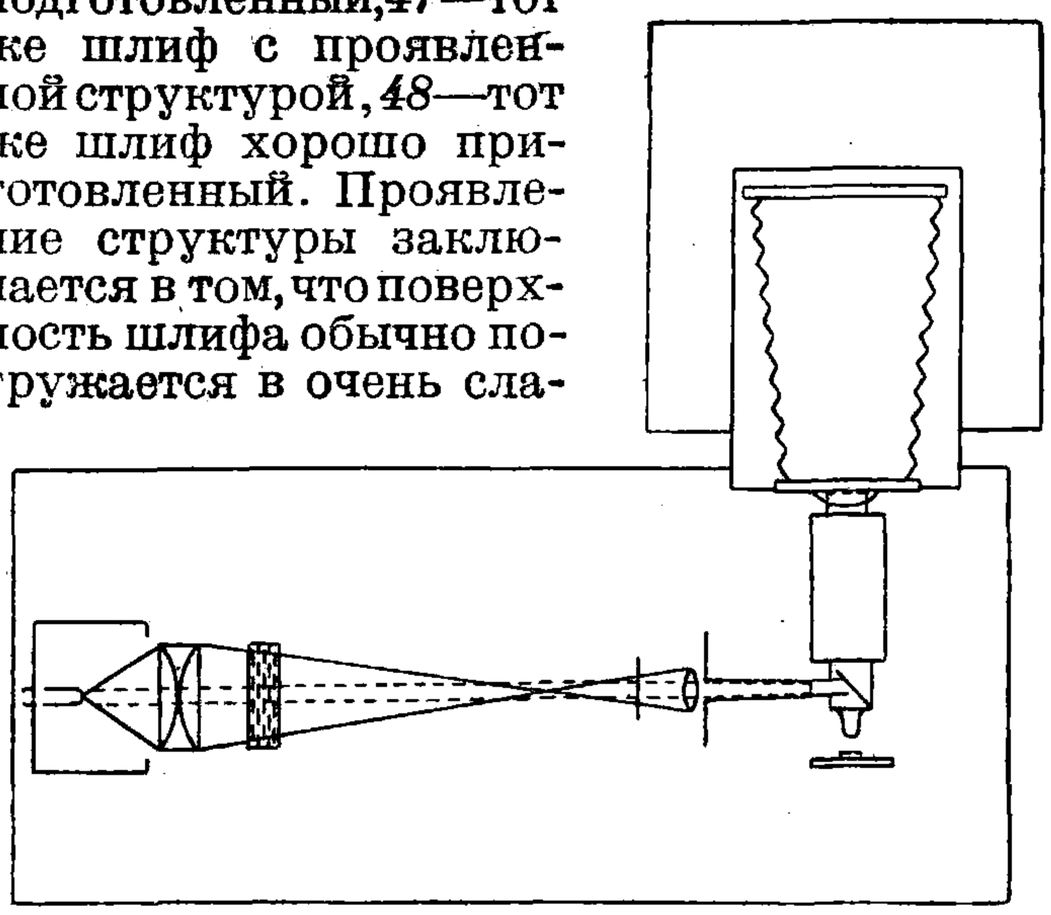
Цементит—непрочное химич. соединение, распадается в углеродистых сплавах при $t°$ выше 800° по ур-ию $Fe_3C=3Fe+C$. Эта реакция облегчается присутствием Si или Ni; присутствие Mn, Cr, W, Mo, V, образующих двойные карбиды, наоборот, задерживает распадение. Вследствие этого различают 2 типа чугунов: серые (углерод в виде графита) и белые (углерод в виде цементита). Составляющие структуры серого чугуна (феррит, перлит) могут легко обрабатываться режущими инструментами, тогда как структурносвободный цементит белого чугуна очень трудно обрабатывать; поэтому серый чугун применяется в машиностроении для отливок, тогда как белый — в редких случаях для специальных изделий, где используется высокая твердость цементита. Т. к. цементит—непрочная составляющая, то в белых чугунах его можно разложить соответствующей термич. обработкой, после чего белый чугун можно механически обрабатывать, т. к. цементит будет разрушен.

Вторая эвтектическая точка пересечения перечисленных пунктирных линий соответствует эвтектике Fe-C (вкл. лист, *38*, *39*). Как видно из диаграммы, положение этой точки выше и левее (т. е. температура выше и концентрация сплава меньше) цементитовой эвтектич. точки и соответствует темп-ре 1 153° и концентрации 4,2% С. Это устойчивое равновесное состояние получается при очень малой скорости охлаждения в интервале эвтектич. $t°$. В чугунах, содержащих более 4,2% С, кроме эвтектич. графита м. б. избыточный первичный графит (вкл. л., *40*); структура первичного графита, как и первичного цементита, не м. б. изменена никакими операциями (кроме плавления). Уд. в. феррита равняется 7,876, цементита 7,82, а графита около 2; поэтому белый чугун, переходя в серый, должен увеличиваться в объеме. Наличие эвтектоидной линии в области чугунов указывает, что при $t°$ 721° третичный цементит перлита образует твердый раствор с γ-Fe, в к-ром может постепенно растворяться вторичный цементит или графит. Надо заметить, что это образование твердого раствора происходит очень медленно; однако не подлежит никакому сомнению, что термическая обработка чугунов, аналогично термич. обработке стали, может иметь место, что было фактически доказано еще в 1917 г. работами русского исследователя проф. Бочвара. В настоящее время с 1922 г. термич. обработка чугунов введена в практику и в заграничной технике. Выше было упомянуто, что в обычных условиях получается графито-перлито-ферритовая структура чугуна. Но т. к. феррит обладает очень низкими механич. качествами, то наиболее высокими свойствами будет обладать чугун, имеющий графито-перлитовую структуру (вкл. л., *41*—*44*). Такой чугун получил название п е р л и т н о г о ч у г у н а. Его называют неправильно с т а л и с т ы м чугуном. Это название произошло от того, что перлитовую структуру чугуна удобнее получать в чугуне, содержащем 2,5—3% углерода, а такое содержание углерода при плавке в вагранке удавалось получать лишь введением стали в шихту вагранки. Очевидно, при правильном подборе термич. обработки перлитный чугун можно получить и при большем содержании углерода (что доказано работами проф. Бочвара), причем обработке будут подвергаться гл. обр. третичный и отчасти вторичный, но не первичный цементит.

Из подробного рассмотрения диаграммы Fe-C явно выступает закономерная связь между физическими свойствами, диаграммой плавкости и структурой. В этой диаграмме каждая фаза носила название имени исследователя, изучавшего этот сплав. Такое обозначение очень неудобно, особенно при большом числе фаз, и поэтому в дальнейшем в М. каждая фаза диаграммы носит порядковую букву греческого алфавита (см. *Спр. ТЭ*, т. II). Для того чтобы рассматривать структуры сплавов, из них предварительно изготовляют ш л и ф ы. Для этой цели из исследуемого изделия вырезают кусок, обыкновенно квадратного или прямоугольного сечения со стороной $10 \div 20$ *мм*,

такой толщины, чтобы его удобно было держать в руках (5—10 *мм*). Грань, на которой надо изготовить шлиф, сперва обрабатывают подпилком, а затем подвергают шлифовке наждачной бумагой, начиная от грубых и доходя до самых мелких номеров (бумага Hubert, Fortin, французская Emery 0-000000). Переходя при шлифовке с одного номера на другой, направление движения полировки изменяют на 90° и шлифуют до тех пор, пока штрихи предыдущего номера не будут стерты более мелким; на вкл. л., *45*, показана при увеличении в 100 раз поверхность шлифа. С наждачной бумаги шлиф переносят на полировальную бумагу (Potée), которая имеет шесть номеров зерна, после чего полировку заканчивают на полировальном станке; на диск последнего при этом надевают сукно, смачиваемое во время полировки водой с взболтанной в ней мутью глинозема; номера этого полировочного порошка носят названия: «получасовой», «суточный» и т. д. (муть падает во время отстоя на дно в течение 30 мин., 1 дня и т. д.).

На вкл. л., *46*—*48*, показаны микрофотографии (увелич. в 100 раз) шлифов: *46*—плохо подготовленный, *47*—тот же шлиф с проявленной структурой, *48*—тот же шлиф хорошо приготовленный. Проявление структуры заключается в том, что поверхность шлифа обычно погружается в очень слабый раствор кислоты (1—2%-ный). Имеются и другие травители (см. *Микроструктура*). В результате получаются картины, образцы которых приведены на приложенных снимках. В хорошо оборудованных лабораториях шлифовка и полировка производятся на станках, и время, потребное для изготовления шлифа, у опытных работников равняется 15—30 мин. Шлиф рассматривают под микроскопом. Так как сплавы непрозрачны, то рассмотрение шлифа возможно только в отраженном свете. Освещение бывает или боковое (фиг. 6) или нормальное к поверхности шлифа. Первое применяется для малых (менее 50), а второе для больших увеличений. Металлографический микроскоп устроен т. о., что возможно как рассматривание шлифа, так и фотографирование его. Увеличения, применяемые для этой цели, обусловливаются типом рассматриваемой структуры: для мартенсита и сорбита берется увеличение 1 000, для зернистого или крупнослойного перлита от 100 до 300. При таких увеличениях малейшее дрожание не дает возможности ясно наблюдать картину, и снимок при выдержке в несколько секунд получается размытым и неясным; поэтому микроскоп д. б. установлен на прочном фундаменте. Освещение применяется большей частью искусственное—от лампочки накаливания или от дугового фонаря. Как при рассматривании, так и при фотографировании пользуются светофильтрами. Объективы применяются апохроматические и ахроматические. У первых все лучи сведены в одну точку, а у вторых—только частично. В этом отношении для ахроматов очень выгодно применение светофильтра, так как апохроматы, не давая окрашенных изображений, больше искривляют края их, чем ахроматы. Поэтому о качестве объективов лучше всего судить по микрофотографиям. Для рассматривания применяются компенсационные окуляры, которые корректируют изображения объективов; для проектирования (фотографирования) применяются проекционные окуляры. Фотографирование лучше всего производить на ортохроматич. пластинках с применением светофильтра. При больших металлографических микроскопах прилагается специальн. кассета, открывающаяся по частям; поэтому для определения времени выдержки очень полезно предварительно снять пробную пластинку с разновременными выдержками; проявив ее, можно выбрать наиболее подходящую выдержку. Для увеличений пользуются разными величинами. Американское об-во (American Society of Steel Treating) предлагает следующие стандартные увеличения: 10, 50, 100, 150, 200, 500, 1 000, причем применяется соответственное обозначение: например ×100 означает, что применено увеличение в 100 линейных единиц. Наилучшая глубина и тонкость изображения получаются от применения большой силы увеличения объектива, а не окуляра, хотя общий размер увеличения равен увеличению окуляра, умноженному на увеличение объектива. Увеличение или, как оптики говорят, «разрешение» объектива зависит от *апертуры* (см.) объектива, являющейся функцией коэфициента преломления среды. Поэтому для более сильного увеличения применяются иммерсионные объективы. В М. применяют водяную или масляную иммерсию; в последнем случае на поверхность шлифа наносят каплю кедрового масла с коэф-том преломления 1,4 (одинаковым с коэф-том преломления стекла объектива). После работы объектив обтирают мягкой тряпочкой, смоченной ксилолом, но ни в коем случае нельзя смачивать спиртом, эфиром или бензином, растворяющими лак, склеивающий линзы объектива. Максимальное увеличение микроскопа м. б. 5 000; предел этому увеличению кладет длина световой волны. Рентгеновский анализ, применяющий волны в 1 000 раз короче световых, дает возможность получать на фотографии снимки порядка атомных расстояний, но в этом случае получаются отпечатки не структурных составляющих, а порядок расположения атомов в кристаллах. На вкл. л., *49*—*54*, приведены рентгенограммы: а) крупно- и б) мелкокристаллических структур. При помощи



Фиг. 6.

рентгенографич. анализа показано, что α-Fe отличается от γ-Fe иными размерами молекулы кристалла, и т. о. выяснена существенная разница в аустенитовой и мартенситовой структурах; кроме того можно наблюдать деформацию кристаллической решетки сплава, размеры кристаллов (вкл. л., *55*, *56*) и их ориентацию при холодной обработке (вкл. л., *57*, *58*). Металломикроскоп является одним из важнейших приборов металлографич. лаборатории, однако во многих случаях по одним только микрографиям нельзя построить диаграммы плавкости; для этой цели пользуются как основанием термич. анализом, результаты к-рого проверяются не только микроструктурой, но и другими методами. Из них особенно широкое применение в последнее время получил метод объемных изменений—д и л а т о м е т р и ч е с к и й; кроме того для железных сплавов применяют метод м а г н и т н ы х и з м е н е н и й, для цветных сплавов—э л е к т р и ч е с к и х изменений и др. Не вполне точным, но достаточным в первом приближении, является метод твердости по Бринелю (Роквеллу) или по склероскопу Шора. Это видно из диаграммы, изображенной на фиг. 3, строка 2. Наиболее чувствительным и точным методом для построения диаграмм является термич. способ, причем измерение и запись $t°$ производятся при помощи очень чувствительных термопар и гальванометров (10^{-9} А). Формы кривых охлаждения м. б. различны (фиг. 7):

1) Кривая—температура (θ), время (t): $f(\theta, t)=0$ (фиг. 7, *А*).

2) Кривая—температура (θ), скорость остывания $\frac{d\theta}{dt}$: $f\left(\theta, \frac{d\theta}{dt}\right)=0$ (фиг. 7, *Б*).

3) Кривая $f\left(\theta, \frac{dt}{d\theta}\right)=0$ (фиг. 7, *В*).

4) » $f(\theta, \theta-\theta')=0$ (фиг. 7, *Г*).

5) » $f\left(\theta, \frac{d(\theta-\theta')}{d\theta}\right)=0$ (фиг. 7, *Д*).

Для тел, не имеющих критич. точек при охлаждении, кривую функциональной зависимости можно получать следующим путем: обозначим через θ разность $t°$ образца и охлаждающей среды, θ_0—первоначальную разность $t°$ образца и охлаждающей среды, t—время, C—удельную теплоту образца и K—константу, зависящую от природы вещества и охлаждающей среды; тогда потеря $d\theta$ тепла, с одной стороны, пропорциональна θ и времени, а с другой—равна произведению теплоемкости C, умноженной на повышение $t°$ среды $d\theta$:

$$d\theta = K\theta\, dt = -C\, d\theta;\ \frac{d\theta}{\theta} = -\frac{K}{C}dt;$$

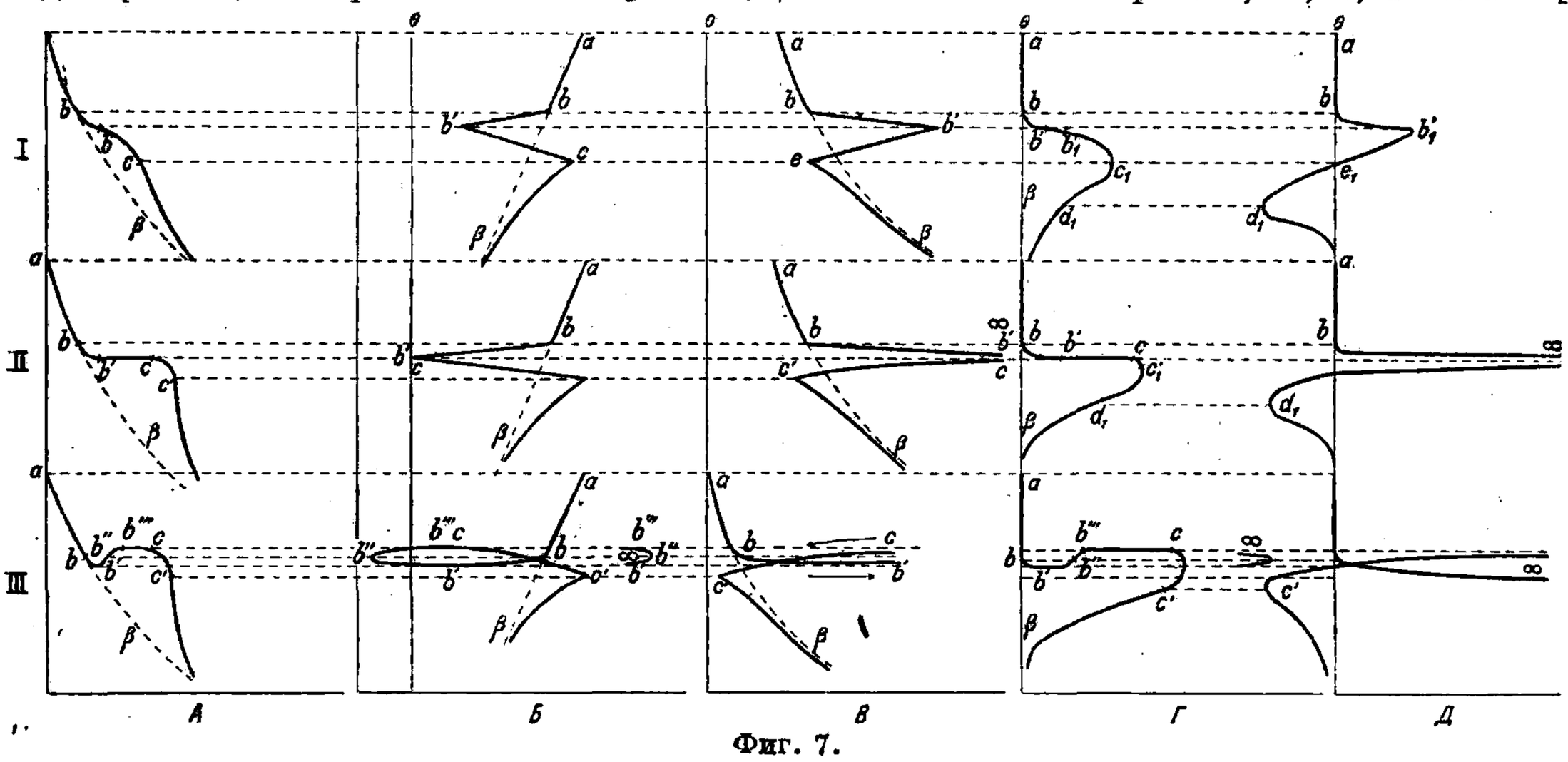
$$\ln\theta - \ln\theta_0 = -\frac{K}{C}t;\ \theta = \theta_0 e^{-\frac{K}{C}t}; \qquad (1)$$

отсюда следует, что

$$\frac{d\theta}{dt} = -\frac{K}{C}\theta = m\theta, \qquad (2)$$

где через m обозначено $-\frac{K}{C}$.

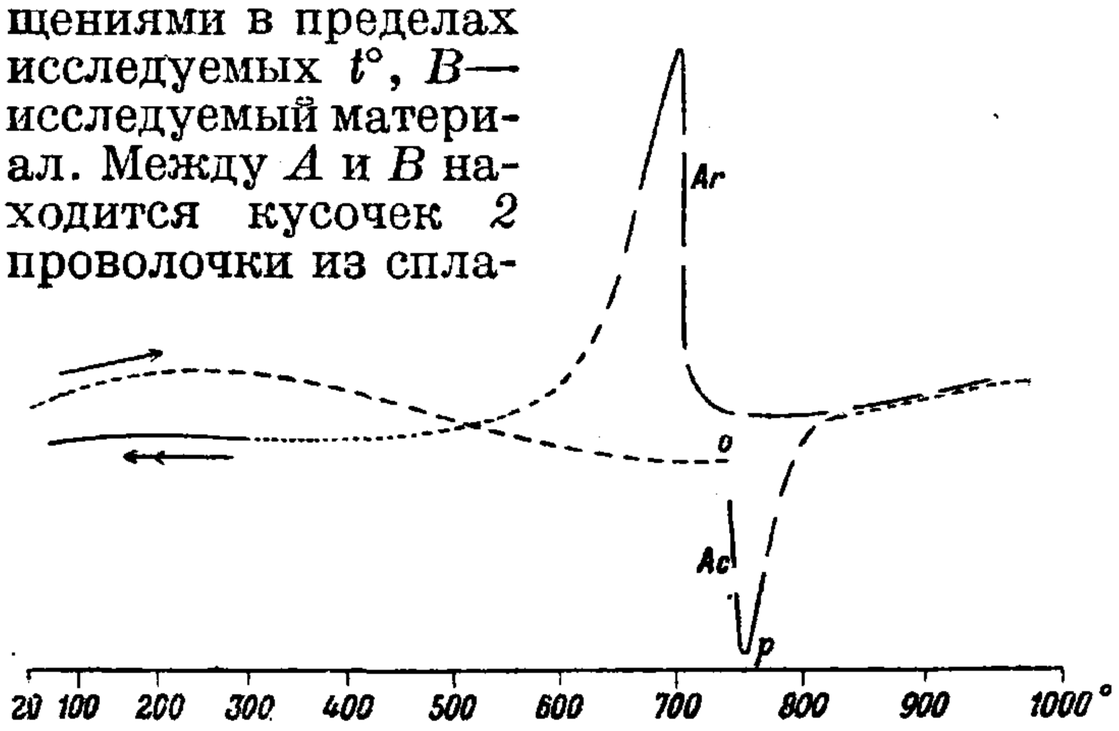
Для построения кривой пользуются прямоугольными координатами, где на оси X откладываются величины t, а на оси Y—θ. Мы имеем по ф-ле (1) форму показательной кривой, имеющей асимптотой ось X. Если металл будет иметь превращение при какой-либо $t°$, то получится не плавная кривая (1), а показанная на фиг. 7, *А*, *I*, *II* и *III* [*I* соответствует замедлению выделения тепла, *II*—остановке и *III*—переохлаждению (гистерезис)]. Построенная кривая на основании 2-го способа определения и на основании ф-лы (2) представляет прямую $\left(\frac{d\theta}{dt}=m\theta\right)$; соответствующее изменение ее вследствие превращений металла указано на фиг. 7, *Б*. Кривая, построенная по 3-му способу, будет равносторонняя гипербола $\left(\frac{dt}{d\theta}=\frac{1}{m\theta}, \text{ если } \theta=y, \text{ а } x=\frac{dt}{d\theta},\ x=\frac{1}{my},\ xy=\frac{1}{m}\right)$. Изменения, производимые превращениями металла, показаны на фиг. 7, *В*. При способе 4-м $t°$ испытуемого образца сравнивают с эталоном, не имеющим превращений. Очевидно, если образец не имеет превращений, то $\theta-\theta_0=0$, поэтому кривая совпадает с осью Y; превращения, имеющиеся в теле, изменяют ее, придавая форму, указанную на фиг. 7, *Г*. Способ 5-й указан на фиг. 7, *Д*. Из сравнения всех этих способов видно, что способ 5-й,



Фиг. 7.

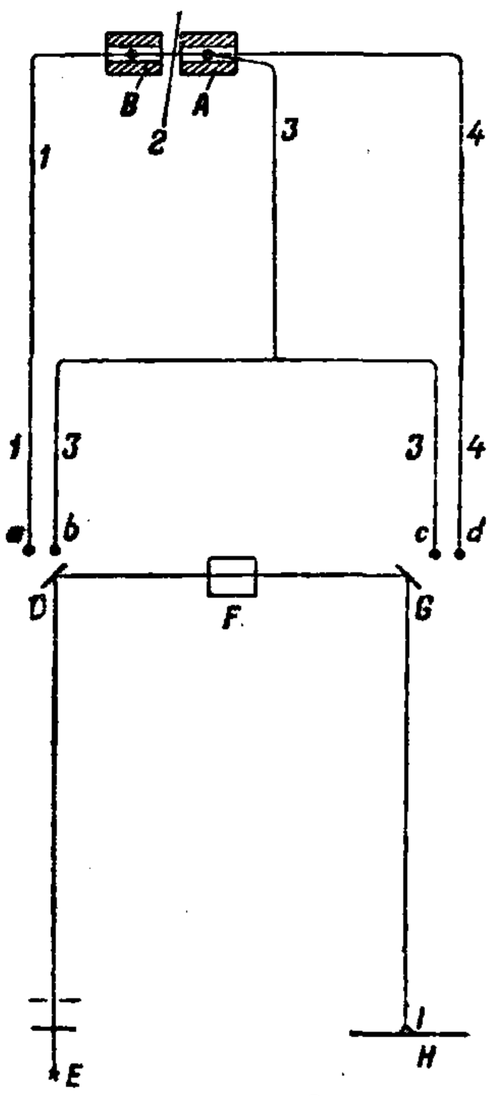
диференциальный, является наиболее чувствительным.

Из приборов, записывающих все эти кривые, остановимся на одном из наиболее чувствительных, на двойном диференциальном гальванометре Саладен-Лешателье. На фиг. 8 приведена запись, полученная на фотографич. пластинке, а на фиг. 9—самый прибор, где *A*—материал, не обладающий превращениями в пределах исследуемых $t°$, *B*—исследуемый материал. Между *A* и *B* находится кусочек *2* проволочки из спла-



Фиг. 8.

ва Pt—Pt-Rh, а ветви *1* и *3*—платиновая проволока. Ток, полученный от нагревания спаев в этой системе, проходит через зеркальный гальванометр *D* (клеммы *a*, *b*). Из источника *E* падает свет на зеркальце гальванометра *D*, от к-рого он, отражаясь, попадает на зеркальце другого гальванометра *G*. На пути этого луча *DG* находится призма *F* с полным внутренним отражением, наклоненная под углом в 45° к горизонтали. От зеркала *G* отраженный луч падает на фотографич. пластинку *H*. На гальванометр *G* действует ток от термоэлемента *3*, *4* через клеммы *c*, *d*. Ток в термоэлементе *1*, *3* возникает только в случае разности $t°$ нагрева тел *A* и *B*, изменяя луч в вертикальной плоскости, а ток *3*, *4* указывает $t°$ нагрева тела *A*, изменяя луч в горизонтальной плоскости. На фиг. 8—при нагревании до $t°=750°$ (точки *o*) нагрев обоих тел *A* и *B* был одинаков. В точке *o* тело *B* продолжало нагреваться, а *A* оставалось при той же $t°$, так что получилась разница $op \sim 20°$; после превращения $A c_{1,2,3}$ нагрев продолжался одинаково как для *A*, так и для *B*. Затем во время охлаждения получилась остановка при температуре 710° с разницей 35°. Следует заметить, что превращения при нагревании и охлаждении происходят при разных $t°$. Эта разница $750-710 \cong 40°$ называется гистерезисом и особенно велика в присутствии Ni в стали, достигая $200 \div 300 \div 500°$. При содержании 25—30% Ni сталь не имеет



Фиг. 9.

превращений при атмосферной $t°$. Этим пользуются для получения необходимых структур, а следовательно и изучения соответствующих им свойств.

Для нагревания и плавления металлов применяются нагревательные печи, газовые или б. ч. электрические. Для лабораторных целей (главным обр. для исследований превращений в твердом состоянии) применяют трубчатые печи; для плавления при низких темп-рах (до 1 000°) можно пользоваться тигельными печами. Как первые, так и вторые обычно нагреваются обмоткой из нихромовой или платиновой проволоки или фольги. Для более высоких $t°$ применяют печи Таммана (до 3 000°). Нагревателем служит цилиндрич. трубка из специального материала (углеродистого), концы которой замыкают первичную обмотку трансформатора накоротко. В этот нагреватель вставляется специальная пробирка, в к-рой производят плавление. Температура выше 2 000° в печах этого типа получается легко и быстро. Недостатком является то, что через стенки пробирки сплав легко науглероживается.

В настоящее время выяснилось, что металлы образуют сплавы не только с твердыми элементами, но и с газами, например с газами атмосферы. Поэтому получает все большее применение производство сплавов в вакууме, часто очень высоком (10^{-4} *мм* Hg). Для этих целей очень удобны индукционные электрические печи, в к-рых избегается недостаток, свойственный печи Таммана. Индукционные печи, напр. печь Рибо (Ribaud), пользуются все бо́льшим распространением. Эти печи применяют во Франции для получения таких сплавов, как aciers de précision. Дилатометрич. метод определения критич. точек получил широкое применение после изобретения аппарата Шевенара (P. Chevenard), особенно с фотографич. записью. Следует отметить, что фотографич. запись во всех случаях дает более плавную кривую, чем она получается при механич. записях. При дилатометрич. анализе, так же, как и при термическом, м. б. применены диференциальные методы определений. Оказалось, что для фиксации многих превращений дилатометрич. метод дает очень чувствительные показания.

Явления превращений свойственны не только сплавам чистых металлов, но и их химич. соединениям. На этом основании все правила и методы М. широко применяются там, где имеют место растворы—жидкие (водные) или твердые, напр. силикаты.

Лит.: Витторф Н. М., Теория сплавов, СПБ, 1909; Евангулов М. Г. и Вологдин С. П., Металлография, 1905; Бабошин А. Л., Металлография и термич. обработка железа, стали и чугуна, т. 1—4, П., 1916—18; его же. Термич. обработка обыкновенных и специальных сортов стали, Москва, 1926; Бартельс Н. А., Металлография и термич. обработка металлов, М.—Л., 1930; «ЖРМО», 1910—28; «Металлург», Л., ab 1926; «Известия Ин-та физ.-хим. анализа», Л.; Tammann G., Lehrbuch d. Metallographie. 3 Aufl., Lpz., 1923; Schwarz M., Metallphysik, Leipzig, 1925; Czochralski J., Moderne Metallkunde in Theorie u. Praxis, B., 1924; Goerens P., Einführung in d. Metallographie, 5 Aufl., Halle a/S., 1926; Guillet L., Les méthodes d'étude des alliages métalliques, P., 1923; Guillet L. et Portevin A., Précis de métallographie et de macrographie, Paris, 1924; Desch C. H., Metallography, 3 ed., London, 1922; Desch C. H., Metallographie, Handbuch d. angew. physikal. Chemie, hrsg. v.

G. Bredig, B. 12, Lpz., 1914; Rosenhain W., An Introduction to the Study of Physical Metallurgy. 2 ed., London, 1919; Sauveur A., The Metallography a. Heat Treatment of Iron a. Steel, N. Y., 1926; Benedicks C., Metallographic Researches, N. Y., 1926; Greaves R. a. Wrighton H., Pract. Microscopical Metallography, L., 1924; Heyn E. u. Bauer O., Metallographie, 3 Aufl., B. 1—2, B., 1926; Ruer R., Metallographie in elementarer Darstellung, Hamburg—Lpz., 1922; Guertler W., Metallographie, B. 1, B., 1909—12, B. 2, B., 1913—26, B. 3 (не закончена); Chatelier H., Introduction à l'étude de la métallurgie, Paris, 1912; Hanemann H. u. Schrader A., Atlas Metallographicus, Lfg 1—7, Berlin, 1927—29 (изд. продолжается); «Ztschr. für Metallkunde», B.; «Ztschr. für anorgan. u. allgemeine Chemie», Lpz.; «The Journal of the Inst. of Metal», L.; «Révue de Métallurgie», P.; «Heat Treating a. Forging», Pittsburg; «Handbook ASST», Cleveland, Ohio, 1929; Werkstoff-Handb., Stahl u. Eisen, Düsseldorf 1927; Werkstoff-Handb., Nichteisenmetalle, B., 1927. **К. Грачев.**

МЕТАЛЛОГРАФИЯ в полиграфии, металлографская печать, способ механ. размножения рисунка путем печатания с металлич. пластин, на к-рых рисунок исполнен углубленными штрихами; в русской полиграфии этот способ мало распространен. По зап.-европ. терминологии под металлографскою печатью подразумевают гл. обр. плоскую печать с цинковых (цинкография) и алюминиевых (альграфия) пластин. Нередко М. называют вообще печать с металлических пластин, в отличие от печати с набора, камня или резины. В русской полиграфии такое понятие термина М. не принято, хотя в переводах нередко встречается. В отличие от типографской печати, передающей рисунок слоем краски одинаковой толщины, в М. благодаря различной глубине штрихов рисунка является возможность получать богатую нюансировку тона одной и той же краски. Оттиск металлографской печати представляет собою рельеф различной высоты, вследствие чего получается печать особой силы, сочности, интенсивности и красоты. В виду этого металлографская печать применяется преимущественно в целях воспроизведения и популяризации высокохудожественных произведений искусства—гравюр, эстампов, офортов и проч. Кроме того М. в особых видах своего выявления обладает свойствами строгой индивидуальности и дает возможность передавать весьма тонкие в художественном отношении и сложные, по комбинациям всевозможных переплетений линий, гильошпирные рисунки, трудно, а в некоторых разновидностях и совершенно не поддающиеся точному повторному воспроизведению; поэтому М. находит значительное применение в печатании ценных бумаг, марок, платежных знаков, казначейских и банковых билетов и вообще в тех видах печатных изделий, к-рые требуют защиты от подделок. В этом отношении техника металлографской печати получила значительное развитие гл. обр. в Гознаке.

При печатании металлич. пластина закатывается сплошь краской, к-рая затем стирается тряпкой с гладкой полированной поверхности пластины, но остается в углубленных штрихах. Т. о. на пластине получается красочный рисунок, к-рый затем сильным эластичным натиском передается (выжимается) на слегка увлажненную бумагу. При малых тиражах и при работах высокохудожественного характера печатание с металлографского клише производится на ручных станках (прессах) обычно с оригинальных форм. Ручной металлографский станок состоит из двух расположенных один над другим стальных валов, концами своих осей заключенных в подшипники; между валами помещается подвижная доска, на к-рую кладется печатная форма. Большие тиражи металлографской печати проводятся на машинах разных систем, с механич. приводом, со стереотипов, воспроизведенных с оригинальной формы. Из металлографских машин пользуются известностью машины систем Надерни, Маринони, прессы Хоэ, Миле, Мансфельд и америк. ротационная машина для марок сист. инж. Стикнея. Оригинальные формы для металлографской печати изготовляются на медных или стальных пластинах ручным или механич. гравированием; имеют применение также и фотомеханич. способы. Печатную поверхность оригинальной формы, исполненной на меди, для придания ей выносливости обычно перед печатанием «осталивают» (покрывают тонким слоем железа в гальванич. ванне). Размножение оригинальной формы для печатания больших тиражей на машинах производится или по способу трансферования или посредством гальванопластики. В Америке применяют преимущественно способ трансферования. В СССР предпочитают гальванопластич. способ размножения форм.

Способ трансферования состоит в том, что оригинальная гравюра, исполненная на специальной из мягкой стали пластине, после закалки этой пластины переводится в рельеф посредством накатывания под сильным давлением рисунка с пластины на цилиндр также из специальной стали. Этот цилиндр служит в дальнейшем оригиналом для перевода и размножения полученного на нем рельефного изображения в углубленное для печатной формы—пластины из мягкой стали, которая после перекатки на нее соответствующего количества экземпляров рисунка цементируется. Такая форма выдерживает, в зависимости от характера гравюры, 100—200 тыс. оттисков. Трансферованием можно получать хорошие результаты при перекатке рисунков сравнительно небольшой площади, гравированных специально для этого способа. Значительные площади требуют рисунка перекаткой с нескольких отдельных цилиндров. Но трансферование не может передать всех тонкостей высокохудожественной гравюры с такой факсимильной полнотой и отчетливостью, как гальвано. Гальванопластич. железная форма выдерживает, в зависимости от характера рисунка гравюры, 5 000—25 000 оттисков. Для повышения тиражности железную форму можно подвергнуть цементации или, что значительно лучше, отхромировать ее печатную поверхность. Стойкость хромированной формы повышается в 10—15 раз. Бумага для металлографской печати должна соответствовать родам изделий, для к-рых она предназначается. Применяют в большинстве случаев бумагу из пеньки, льняного или ситцевого тряпья; преимущественно употребляют непроклеенную бумагу или слегка проклеенную гарпиусным клеем, вводимым в бумажную массу при изготовлении ее. Для придания бумаге мягкости, перед печатанием ее увлажняют. Увлаж-

нение производится или в специальных для замачивания бумаги аппаратах, с последующим отжимом излишней воды в гидравлич. прессе, или посредством закладывания разделенной на пачки в 15—20 листов бумаги между сырыми сукнами, или каким-либо другим способом, но в конечном результате необходимо иметь перед печатью равномерную влажность по всей поверхности листа. Для получения удовлетворительных результатов влажность поступающей в печать бумаги, в зависимости от характера бумаги и механизма, на к-ром производится работа, должна колебаться в пределах 20—40%. Были попытки применения для металлографской печати сухой бумаги, но печать на сухой бумаге требует значительно более сильного давления пресса, особых свойств бумаги и не дает в результате хорошей сочной печати. Печатание художественных гравюр представляет значительные трудности, требуя нажатия различной силы на разные места гравюры, а также подходящего состава печатной краски, способной стираться с гравюры чисто и с тоном и вместе с тем давать полное и плотное наполнение углубленных штрихов рисунка гравюры. Опытность печатника и глубокое понимание им художественных сторон гравюры служат залогом получения хороших результатов художественной печати с хорошо исполненных оригинальных форм. Фабричный способ М. на машинах механизирован в смысле стирания краски с поверхности печатной доски и, по сравнению с ручным исполнением тиража, в художественном отношении конечно дает пониженные результаты. Для облегчения стирания краски с форм и для лучшего заполнения ею штрихов гравюры металлографские формы во время печатания подогревают. При механизированном вытирании краски особыми стиральниками (вишерами) подогревания форм нужно не производить.

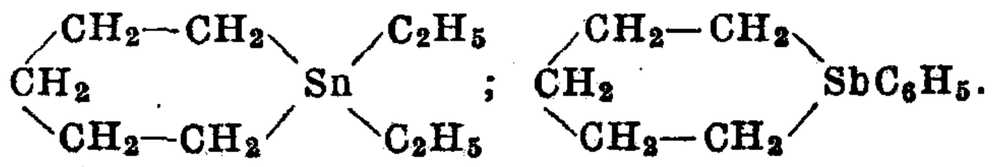
Процесс металлографского печатания составляют следующие операции: накатывание краски на форму, вернее, набивка краски, т. к. необходимо, чтобы краска плотно ложилась, заполняя все углубленные штрихи гравюры; затем—стирание краски с поверхности формы, вручную или механич. стиральником, после чего форма с наложенным на нее листом увлажненной бумаги пропускается под сильным цилиндрич. натиском. Для придания натиску необходимой при металлографском печатании эластичности на печатный цилиндр натягивают 2—3 слоя сукна или прорезиненную материю. После печатания оттиски просушиваются, а затем поступают в отделку, к-рая заключается в закладывании бумаги на несколько часов по одному листу между глянцевитым плотным картоном в гидравлические прессы, в которых под сильным продолжительным давлением разглаживаются неровности бумаги, которые получились в результате мочки и сушки. После отделки оттиски идут в сортировку.

М. Скляров.

МЕТАЛЛОИДЫ, см. *Периодический закон*.

МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ, соединения металлов с углеводородными радикалами; открыты в 1839 г. Бунзеном (соединения As) и сыграли важную роль в истории химии: базируясь на их составе, Франкланд впервые установил (1852 г.) понятие о валентности элементов. Большое значение для синтезов органических соединений приобрели М. с. цинка и особенно магния (Гриньяр, 1900 г.). Магнийорганические соединения, R·Mg·X, принадлежат к типу так называемых смешанных М. с.: атом Mg соединен одной единицей сродства с углеводородным радикалом R, другой же—с атомом галоида X; они выгодно отличаются от соединений Zn простотой получения действием *галоидных алкилов* (см.) на металлич. Mg в присутствии совершенно сухого и чистого безводного эфира, напр. $C_2H_5Br + Mg = C_2H_5MgBr$, безопасностью (не воспламеняются при соприкосновении с воздухом, как это случается с М. с. цинка). Магнийорганические соединения применяются для приготовления многочисленных и разнообразных органич. соединений: углеводородов, спиртов, фенолов, альдегидов, кислот и т. д. (см. *Гриньяра реакция*).

В настоящее время получены М. с. большей части известных металлов: Na, K, Rb, Cs, Ag, Au, Be, Ca, Mg, Zn, Cd, Hg, Ge, Sn, Pb, Al, As, Sb, Bi, Cr, Fe, Pt. Соединения эти принадлежат к самым различным типам; в большинстве случаев атомы металлов в М. с. проявляют свою нормальную (максимальную) валентность, соответствующую их положению в периодической системе, например: $(C_2H_5)_3Al$, $(C_2H_5)_4Sn$, $(C_6H_5)_5CrBr$ и т. д. Однако некоторые металлы могут фигурировать в М. с. и с пониженной валентностью, напр. олово образует не только $(C_2H_5)_4Sn$, но также и $(C_2H_5)_2Sn$. В последние годы удалось получить соединения типа свободных радикалов, аналогичные трифенилметилу $(C_6H_5)_3C$, с ненасыщенным атомом металла; такие соединения получены для свинца и олова, например $(C_6H_5)_3Pb$ и $(C_6H_5)_3Sn$. Получены также циклические М. с.—с атомами металла, входящими в состав колец, например циклопентаметилендиэтилолово и циклопентаметиленфенилстибин:



Чистые М. с. Zn, Hg, Cd, Ge, Sn, Pb, As, Sb и Bi типа MeR_n, где R—алкильная группа,—представляют собою жидкости, перегоняющиеся без разложения (при обыкновенном давлении или в вакууме). М. с. щелочных металлов, а также Be, Zn, Cd, Al, Sb и Bi самовоспламеняются на воздухе (вследствие окисления) и легко разлагаются водой, другие же, например HgR_2, вполне устойчивы. В таблице приведены константы более важных М. с. Смешанные М. с. этих металлов типа MeR_mX_n, где X—атом галоида, а также чистые и смешанные металлоорганические соединения всех других металлов—большей частью твердые вещества и при перегонке разлагаются.

В настоящее время различные М. с. находят себе самое разнообразное практическое применение. 1) *В хемотерапии* применяют гл. обр. соединения As (получаемые арсенированием органич. соединений введением остатка мышьяковой к-ты) с последующим

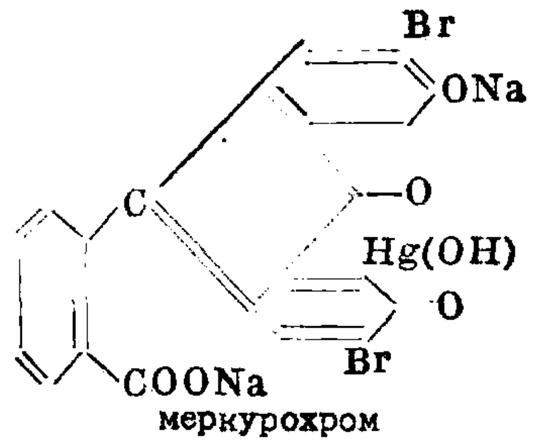
Физические свойства некоторых М. с.

Название	Ф-ла	$t°_{пл.}$	$t°_{кип.}$	Уд. в.
Цинкдиметил	$Zn(CH_3)_2$	−40	46	1,386
Цинкдиэтил	$Zn(C_2H_5)_2$	−28	123	1,182
Меркуродиметил	$Hg(CH_3)_2$	—	93—96	3,069
Меркуродиэтил	$Hg(C_2H_5)_2$	—	159	2,444
Меркуродифенил	$Hg(C_6H_5)_2$	120	204 (при 10 *мм*)	2,32
Алюминийтриэтил	$Al(C_2H_5)_3$	—	194	—
Тетраэтилолово	$Sn(C_2H_5)_4$	—	181	1,187
Тетраэтилсвинец	$Pb(C_2H_5)_4$	—	200	1,649

восстановлением мышьяка до трехвалентной формы. Сюда относится например сальварсан П. Эрлиха (см. *Мышьяка соединения*, и *Мышьяковые препараты*). В последнее время начинают применять также М. с. ртути (смешанного типа ArHgX, где Ar—арил), получаемые по реакции, открытой Димротом (1898 г.), нагреванием различных ароматических соединений с уксуснокислой ртутью:

$$ArH + Hg(OCOCH_3)_2 \rightarrow ArHgOCOCH_3 + CH_3COOH.$$

Сюда относятся антисептики, применяемые в США (с 1917—18 гг.), меркурохром, меркурофен, метафен, новазурол и др. Особенно ценен меркурохром, применяемый как наружно (для слизистых оболочек), так и для внутренних вливаний:



меркурохром

2) В военном деле в качестве *боевых отравляющих веществ* (см.) применяются различные металлоорганические соединения мышьяка, содержащие галоид или циангруппу (см. *Арсины боевые*).

3) В качестве *антидетонаторов* (см.) в двигателях внутреннего сгорания предлагались различные М. с., из которых в США получил широкое применение раствор тетраэтилсвинца $Pb(C_2H_5)_4$ в бромистом этилене, прибавляемый к бензину в пропорции 1 : 1 000 ÷ 1 : 1 500; эта смесь носит название «этилгазолина». За последние годы потребление этилгазолина в США превышает 1 млн. *т*. Тетраэтилсвинец получают в заводском масштабе различными способами, напр. действием C_2H_5Br на сплав Pb с Na в присутствии третичных оснований (пиридина или же триэтиламина), служащих катализатором; $t°_{кип.}$ его 200°; вследствие высокой ядовитости этого соединения производство и применение его регламентируются в США особыми правилами.

Лит.: Шорыгин П. П., Успехи органической химии, стр. 103—149, М.—Л., 1928; Schmidt J., Die organischen Magnesiumverbindungen u. ihre Anwendung zu Synthesen, Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge, hrsg. v. W. Herz, B. 13, H. 11/12, Stg., 1908; Whitmore F., Organic Compounds of Mercury, N. Y., 1921. **П. Шорыгин.**

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, см. *Промышленность*.

МЕТАЛЛУРГИЯ, наука, изучающая промышленные способы производства металлов; в изложении теории металлургич. процессов она опирается на законы физики и химии, усвоение которых необходимо для металлурга даже узкой квалификации. Оборудование металлургич. заводов заключает в себе самые разнообразные, часто могучие по мощности, машины; мастерские, в к-рых помещается это оборудование, представляют грандиозные сооружения; поэтому металлургу высокой квалификации (инженеру-металлургу) необходимы основательные сведения в механике и строительной технике. Когда металлургия являлась составной частью горного дела, она излагалась как единый курс, но давно уже развитие наук и увеличение объема сведений, необходимых металлургу, заставили выделить из металлургии специальные курсы «горнозаводской механики» и «заводских сооружений», потребовавших предварительного прохождения курсов теоретич. и строительной механики. Далее сама М. подверглась дроблению на специальные курсы М. общей и специальной.

1) О б щ а я М. дает применение законов физики и химии к объяснению сущности металлургич. процессов, общих для способов производства всех или многих металлов; в ней же всегда давалось понятие о металлург. печах, принципах их действия и особенностях конструкций (попутно рассматривались свойства топлива, способы его сжигания в печах и использование тепла в них); наконец в общей М. рассматривались физич. свойства металлов, их зависимость от строения и способа обработки металлов. В настоящее время эта последняя часть общей М. развилась в самостоятельную, хотя и тесно связанную с М. дисциплину—т. н. м е т а л л о г р а ф и ю. Учение о горении и топливе, как и учение о печах, теперь часто выделяется в специальные курсы, а остающаяся часть содержания общей М. стала называться «введением в М.».

2) С п е ц и а л ь н а я М. имеет дело со способами производства отдельных металлов. В виду исключительного значения, какое теперь приобрело железоделательное производство, и большого объема сведений и навыков, которые нужно приобрести изучающему это производство, специальная М. разделена на две отрасли: а) М. железа и б) М. всех иных кроме железа металлов.

Литература по всем трем указанным отраслям М. громадна. Ниже дан указатель только важнейших книг по М., частью имеющих теперь лишь исторический интерес, но в свое время оказывавших большое влияние на развитие М., в главной же своей части представляющих лучшие руководства. Из списка исключены новые книги по отделам М., ставшим самостоятельными дисциплинами, а также по подсобным курсам, непосредственно не затрагивающим М.

Лит.: I. О б щ а я. Vanoccio Biringuccio, De la pirotechnia, Veneto, 1540 (нем. пер. Biringuccio's Pirotechnia, übersetzt und erläutert von O. Johannsen, Braunschweig, 1925); Georgius Agricola (Georg Bauer), De re metallica, libri 12, Basel, 1556 (англ. пер. Agricola—Hoover, De Re Metallica, London, 1913; новейший нем. пер. Georg Agricola, De Re Metallica, Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen, Berlin, 1928); Gabriel Jars,

Voyages métallurgiques, Lyon, 1774; Михайло Ломоносов, Первые основания металлургии или рудных дел, СПБ, 1763 (2 изд. 1796); Иван Шлаттер, Обстоятельное описание рудного плавильного дела в 5 частях, СПБ, 1763—1784; Heron de Villifosse, De la richesse minérale (vol. 3—металлургия), Paris, 1819; Kerl B., Handbuch der metallurgischen Hüttenkunde, Freiberg—Leipzig, B. 1—4 (1 изд. 1855, последнее изд. 1891); Percy J., Metallurgy, the Art of Extracting Metals from Their Ores, v. 1—4, L., 1861—1865.

II. Введение в М. (общая М.). Gruner M. L., Traité de métallurgie générale, première partie, t. 1—2, Paris, 1875—78; Roberts-Austen W., Introduction to the Study of Metallurgy, 7 ed., 1923; Bahu L., Traité théorique et pratique de métallurgie générale, t. 1—2, P., 1904—06; Rosenhain W., An Introduction to the Study of Physical Metallurgy, 1 ed., L., 1919; Guillet L., Traité de métallurgie générale, Paris, 1921; Dean R., Theoretical Metallurgy, L., 1924; Richards J., Metallurgical Calculations, part 1—3, N. Y., 1907—09 (русск. пер. С. Кошкина: Ричардс И. В., Расчеты по металлургии, ч. 1—2, СПБ., 1909; нем. пер.—Richards-Neumann-Brodal, Metallurg. Berechnungen, 2 Aufl., B., 1925); Грум-Гржимайло В. Е., Пламенные печи, ч. 1—5, М., 1925.

III. М. железа. 1) М. чугуна, железа и стали: Swedenborg E., De ferro, v. 1—3. Lpz.—Dresden, 1734; Sven Rinman, För sök till järnets historia, v. 1, 2, Stockholm, 1782 (нем. пер. C. Karsten, Liegnitz, 1814—15); Karsten C., Eisenhüttenkunde, 1 Aufl., B. 1—2, B., 1816, 2 Aufl., B. 1—4, B., 1827, 3 Aufl., B. 1—5, B., 1841; Flachat E., Barrault A. et Petiet J., Fabrication de la fonte, part 1—3, Paris, 1842—46; Fabrication du fer, Paris, 1844, 2 édition, P., 1851 (русск. пер. А. Мевиуса, ч. 1—3, СПБ, 1848); Ферберн В., Железо, Историч. обзор, Различные способы выделки железа, стали и чугуна, СПБ, 1864; Percy J., Metallurgy, Iron a. Steel, L., 1864 (нем. пер. с значительными дополнениями: Percy J., Die Metallurgie, B. 1—3, Brschw., 1862—74); Wedding H., Ausführliches Handb. d. Eisenhüttenkunde, Abt. 1, Brschw., 1864, Abt. 2, Brschw., 1868, Abt. 3, Brschw., 1874 (второе нем. изд., значительно измененное, но под тем же заглавием выходило от 1891 до 1907 г. и осталось незаконченным; франц. пер. E. Petigand et A. Ronna со значит. дополнениями закончен в Париже в 1867 г.; русск. пер.—только металлургия чугуна по нем. обработке H. Wedding сделан был Н. Иоссой и Долгополовым и вышел в СПБ в 1878 г., «Дополнение» к нему—Иосса Н. А., Дополнение к металлургии чугуна, составлено Д. Перси и Веддингом, СПБ, 1880); Kerpely A., Die Anlage u. Einrichtung d. Eisenschmelzwerke, Leipzig, 1873—1884; Ledebur A., Handbuch der Eisenhüttenkunde, B. 1—3, Lpz., 1884 (последнее, 6-е, посмертное изд. выходит с 1923 г. и еще не закончено; фр. пер. B. de Langlade со 2 нем. изд. 1894 г. вышел в Париже в 1895 г.; русск. пер. под ред. Н. Иосса: Ледебур А., Металлургия чугуна, железа и стали, пер. со 2 нем. изд., т. 1—3, СПБ, 1896—99); Lowthian Bell J., Principles of the Manufacture of Iron a. Steel, L., 1884 (франц. пер.: Bell L., Principes de la fabrication du fer et de l'acier, Trad. par F. Hallopeau, P., 1888); Мевиус А., Учебный курс металлургии чугуна, железа и стали по руководству д-ра Веддинга, Харьков, 1894; Jüptner H., Grundzüge d. Siderologie, B. 1—3, Lpz., 1900—04 (франц. пер.: Jüptner H., Éléments de sidérologie, P., 1904—07; англ. пер., Jüptner H. F., Siderology, London, 1902; русск. пер. Ф. В. Щепанского: Юптнер И., Металлургия железа, СПБ, 1898); Howe H. M., Iron, Steel a. other Alloys, N. Y., 1903 (русск. пер. Жукова: Howe H., Железо, сталь и другие сплавы, СПБ, 1908); Campbell H. H., The Manufacture a. Properties of Iron a. Steel, 4 ed., N. Y., 1907; Adelstierna E., Järnets metallurgi, Stockholm, 1913; Mathesius W., Physikaliche u. chemische Grundlagen d. Eisenhüttenwesens, 2 Aufl., Leipzig, 1924; Bicheroux F., Principes de sidérurgie, P., 1924; Anglès d'Auriac P., Leçons de sidérurgie, P., 1920; Павлов М., Определение размеров доменных и мартеновских печей, Л., 1925 (нем. пер. с измен. и дополн.: Pavloff M., Abmessungen v. Hoch- u. Martinofen, Lpz., 1928); Татарченко Д., Металлургия чугуна, железа и стали, 1 изд., Л., 1925 (2 изд. 1929); Перспективы развития металлургии черных металлов, Л., 1929.—2) М. чугуна: Valerius B., Traité théorique et pratique de la fabrication de la fonte, P., 1850 (русск. пер. В. Ковригина: Валериус, Металлургия чугуна, СПБ, 1862); de Vathaire A., Études sur les hauts-fourneaux et la métallurgie de la fonte, Paris, 1866; Schintz C., Dokumente betreffend d. Hochofen zur Darstellung v. Roheisen, Berlin, 1868 (франц. перевод E. Fiévet, P., 1868); Lowthian Bell J., Chemical Phenomena of Iron Smelting, L., 1872; Gruner M., Forme et dimensions des hauts-fourneaux, P., 1878; de Vathaire A., Construction et conduite des hauts-fourneaux, P., 1885 (русск. пер. С. В. Жендзяна со значит. дополнен.: Vathaire A., Устройство и ведение доменных печей и производство различных чугунов, СПБ, 1905); Turner Th., The Metallurgy of Iron, 1 ed., L., 1908, 2 ed., L., 1920; Forsythe R., The Blastfurnace a. the Manufacture of Pig Iron, N. Y., 1913 (?-е, посмертн., изд. 1922); Павлов М., Расчет доменных шихт, СПБ, 1914 (2 изд. 1920); Johnson J., Blast-Furnace Construction, N. Y., 1917; Johnson J., The Principles, Operations a. Products of the Blast-Furnace, N. Y., 1919; Osann B., Lehrbuch d. Eisenhüttenkunde, B. 1, Roheisenerzeugung, Lpz., 1915 (2 изд.—B. 1, Lpz., 1923); Жендзян С. В., Устройство и ведение доменных печей, Харьков, 1927; Collet et Dubos, La fonte, Paris, 1929; Pavloff M., Calcul du lit fusion des hauts-fourneaux, trad. par L. Dlougatch, P., 1924.—Атласы по произв. чугуна: Kerpely A., Hochofen-Anlagen, Atlas, Lpz., 1884; Павлов М., Альбом чертежей по доменному производству, Екатеринослав, 1902; его же, Доменные печи и воздухонагреватели, СПБ, 1910; Fred Clements, Blast-Furnace Practice, v. 1—3, London, 1929; Павлов М., Доменный процесс в конспективном изложении, Ленинград, 1930; его же, Металлургия чугуна, вып. 1—Сырые материалы, Теория доменной плавки, 2 изд., Ленинград, 1930.—3) М. железа и стали: René Réaumur, L'art de convertir le fer forgé en acier et l'art d'adoucir le fer fondu, P., 1722; Sven Rinman, Anledning till stål- och järns förändlingen och des förbättering, Stockholm, 1772; Фуллон А., О выделке железа в сыродутных печах и по каталонской методе, СПБ, 1819; Richard T., Étude sur l'art d'extraire immédiatement le fer de ses minerais, P., 1838; Valerius B., Traité théorique et pratique de la fabrication du fer, P., 1843 (2 изд. 1875); Gruner L., De l'acier et de sa fabrication, Paris, 1867; Siemens W., On the Regenerativ Gasfurnaces as Applied to the Manufacture of Cast-Steel, London, 1868; Ehrenwerth J., Abhandlungen über den Thomas-Gilchrist-Prozess, Leoben, 1879; Wedding H., Der basische Bessemer oder Thomasprozess, Brschw., 1884; Howe H. M., Metallurgy of Steel, N. Y., 1890 (франц. пер. O. Hock, P., 1894); Campbell H. H., The Open-Hearth Process, N. Y., 1893; Двадцатипятилетие введения мартеновского производства в России, СПБ, 1898; Dichmann C., Der basische Herdofenprozess, 1 Aufl., Berlin, 1910, 2 Aufl., Berlin, 1920; Noble H., Fabrication de l'acier, 2 éd., P., 1913; Нобль Г., Производство стали, Бессемеровское пр-во, пер. с франц. под ред. М. Павлова, М., 1922; Giolitti F., La cementazione dell'acciaio, Torino, 1912 (фр. пер. Portevin A., Paris, 1914); Carnegie D. a. Gladwyn S., Liquid Steel, 2 ed., L., 1923; Чернов Д. К., Труды, изд. РМО, СПБ, 1915; Harbord F. a. Hall J., Metallurgy of Steel, v. 1—2, 7 ed., L., 1923; Карнаухов М. М., Металлургия стали, вып. 1—4, Л., 1924—29 (издание не закончено); Грум-Гржимайло В. Е., Производство стали, Л.—М., 1925; Osann B., Lehrbuch d. Eisenhüttenkunde, B. 2—Erzeugung u. Eigenschaften d. schmiedbaren Eisens, 1 Aufl., Lpz., 1921, 2 Aufl., Lpz., 1926; Barberot A., Fabrication de l'acier, P., 1923; Труды I Уральского съезда деятелей по мартеновскому производству, Свердловск, 1928; Павлов М., Альбом чертежей по мартеновскому производству, Екатеринослав, 1904, 2 изд., СПБ, 1908.

IV. М. иных кроме железа металлов. 1) Общая: Kerl B., Handbuch der metallurgischen Hüttenkunde, Freiberg—Lpz., 1855 (последнее издание 1891: вып. 1—Общая металлургия, вып. 2—Pb, Cu, Zn. Cd, Sn, Hg, Bi, вып. 4—Ag, Au, Pt, Ni, Sb, As, S); Percy J, Metallurgy, The Art of Extracting Metals from Their Ores, London, 1861—64; Schnabel C., Lehrbuch d. allgemeinen Hüttenkunde, B. 1—2, B., 1903 (англ. пер. H. Louis, Handbook of Metallurgy, v. 1, 3 ed., L., 1921, v. 2, 2 ed., L., 1907); Prost E., Cours de métallurgie des métaux autres que le fer, P., 1912; Gowland W., The Metallurgy of Non-Ferrous Metals, 1 ed., L., 1914, 3 ed., L., 1921; Tafel V., Lehrbuch d. Metallhüttenkunde, B. 1—2, B., 1927—29.—2) М. меди: Антипов И. А., Металлургия меди, СПБ, 1901; Померанцев Б. Н., Металлургия меди, ч. 1, СПБ, 1903, ч. 2, СПБ, 1905; Peters E., The Principles of Copper Smelting, N. Y., 1907; Peters E., Practice of Copper Smelting, N. Y., 1911; Hofman H. O., Metallurgy of Copper, 1 edition, New York, 1914, 2 edition (посмертн.), New York, 1924; Altmayer M. et Guillet L., Métallurgie du cuivre et alliages de cuivre, Paris, 1925.—3) М. цинка и кадмия: Hofman H. O., Metallurgy of Zinc and Cadmium, New York, 1922; Lodin A.,

Métallurgie du zinc, P., 1905; Liebig M., Zink u. Cadmium, Lpz., 1913; Budgen N., Cadmium, L., 1924.—4) М. свинца и серебра: Percy J., Metallurgy of Lead, London, 1870; Eissler M., The Metallurgy of Silver, 5 ed., L., 1901; Collins H., Metallurgy of Lead, 2 ed., L., 1910; Антипов И. А., Металлургия свинца и серебра, СПБ, 1902; Hofman H. O., The Metallurgy of Lead, 7 ed., N. Y., 1904; Ingalls W., Lead Smelting, L., 1906; Ottokar Hofmann, Hydrometallurgy of Silver, New York, 1907; Fourment et Guillet L., Métallurgie du plomb, du nickel et du cobalt, P., 1926.—5) М. золота: Eissler M., Metallurgy of Gold, 5 ed., L., 1900 (русский перевод К. Кулибина: Эйслер М., Металлургия золота, 2 рус. издание, СПБ, 1905); Bordeaux A., L'or et l'argent, P., 1926; Rose D., Metallurgy of Gold, 6 ed., L., 1915.—6) М. остальных металлов: Thibault, Metallurgy of Tin, L., 1908; Chung Tu Wang, Antimony, London, 1909; Pattison J., The Manufacture of Aluminium, L., 1919; Borchers W., Zink, Wismut, Antimon, Metallhüttenbetriebe, hrsg. v. W. Borchers, B. 4. Halle a/S., 1924; Alterthum H., Wolfram, Brschw., 1925; Anderson R., Metallurgy of Aluminium a. Aluminium Alloys, N. Y., 1926 **М. Павлов.**

МЕТАЛЛЫ, см. *Периодический закон*. Механич. свойства и промышленные применения отдельных М. см. соответственные статьи.

МЕТАМОРФИЗМ, процесс изменения, под влиянием высокого давления, высокой температуры и химич. реагентов, горных пород, попавших в условия, отличные от тех, при которых они образовались. Различают: 1) *динамометаморфизм* (см.)—изменение осадочных или массивнокристаллических пород от одностороннего сжатия при горообразовании; 2) региональный М., вызываемый погружением горных пород на большую глубину, с равномерным общим давлением и высокой $t°$; помимо общего уплотнения здесь происходит перекристаллизация пород (глина→глинистый сланец→слюдистый сланец→гнейс) до полного расплава (гранит), без изменения общего химического состава; 3) контактовый М.—изменения состава и структуры горных пород при соприкосновении (контакте) с изверженными породами, которые обладают высокой $t°$ и богаты летучими соединениями.

МЕТАН, болотный газ, CH_4, первый член гомологич. ряда алифатич. углеводородов, родоначальник всех алифатич. соединений. Впервые М. получен синтетически Бертело в 1856 г. из сероуглерода, сероводорода и меди по ур-ию:

$$CS_2 + 2H_2S + 8Cu = CH_4 + 4Cu_2S$$

Свойства. М.—бесцветный газ, в чистом состоянии обладает еле заметным чесночным запахом; при −11° и 180 *atm* сгущается в прозрачную жидкость, кипящую при −161,4°; испаряясь при 80 *мм* давления, застывает в кристаллическую массу, плавящуюся при −184°. Плотность жидкого М. (при −161,4°) равняется 0,415, плотность газообразного по отношению к воздуху—0,55439; вес 1 *л* М. (при 0° и 760 *мм*) равен 0,7168 *г*. Горит М. слабо светящимся пламенем; в смеси с кислородом взрывает при 667°. При медленном горении обращается в *формальдегид* (см.), который затем сгорает до CO_2. Будучи смешан с воздухом, М. сгорает труднее, чем его гомологи или водород. При высоких $t°$ (>600°) метан полностью распадается на водород и углерод: $CH_4 \rightleftarrows C + 2H_2$. Реакция обратима и в отсутствии каталитически действующей поверхности протекает чрезвычайно медленно. Металлы (Ni, Co, Fe и др.) в значительной мере способствуют скорости распада, к-рый напр. в присутствии никеля становится заметным уже при 300°. Майер и Альтмайер в результате изучения реакции распада М. в присутствии никеля и кобальта дают следующие значения для CH_4 и H_2 (в %) при различных температурах:

$t°$	CH_4	H_2
300	96,9	—
400	86,16	13,84
500	62,53	37,47
600	31,68	68,32
700	11,07	88,93
800	4,41	95,59

М. устойчив в отношении большей части химических реактивов. Действием газообразного хлора на рассеянном солнечном свете (особенно в присутствии катализаторов) метан превращается последовательно в хлористый метил CH_3Cl, хлористый метилен CH_2Cl_2, хлороформ $CHCl_3$ и четыреххлористый углерод CCl_4. На солнечном свете реакция М. с хлором протекает со взрывом и образованием угля:

$$CH_4 + 2Cl_2 = 4HCl + C.$$

При действии фосгена на М. из продуктов хлорирования получается почти исключительно хлористый метил:

$$COCl_2 + CH_4 = CH_3Cl + CO + HCl.$$

М. в природе. Метан является главной составной частью естественных газов (см. *Естественный газ* и *Спр. ТЭ*, т. III, стр. 411), в которых его содержание часто достигает 95—98%. Представляя собой продукт биологич. превращения дерева в угли, М. всегда встречается в областях месторождения каменных и бурых углей в виде рудничного газа. Образуется в результате ферментативных процессов из многих органич. веществ (особо важное значение имеет «метановое» брожение целлюлозы) и потому находится в илистой почве болот, откуда выделяется в виде болотного газа.

Получение М. В чистом состоянии метан получается посредством разложения магниевого соединения иодистого метила ($CH_3Mg \cdot J$) водой или посредством восстановления иодистого метила омедненным цинком (цинко-медной парой) в спиртовом растворе. В лабораториях метан чаще всего получают либо (I) действием воды на карбид алюминия либо (II) нагреванием смеси, состоящей из 1 ч. уксуснокислого натрия и 2 ч. натронной извести [смеси $Ca(OH)_2$ и NaOH]. В обоих случаях газ после обычной очистки содержит около 5—8% примеси водорода.

I. $Al_4C_3 + 12H_2O = 3CH_4 + 4Al(OH)_3$

II. $CH_3COONa + NaOH = CH_4 + Na_2CO_3$.

М. всегда образуется при сухой перегонке органич. веществ и потому является одной из главных составных частей газовых отходов сухой перегонки каменного и бурого углей, торфа и дерева.

Содержание М. в газах коксовых печей в значительной мере зависит от $t°$ коксования. Так, 100 *г* газового угля при 400° дают около 5 *л* газа с 84% метана, при 600°—5 *л* с 60%, при 850°—3,5 *л* с 7%, а при 1000°—1 *л* с 5,5% метана.

Из технич. способов получения М. значительный интерес представляет каталитич. восстановление окиси и двуокиси углерода.

$$CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O + 48900 \text{ cal}; \quad (1)$$

$$CO_2 + 4H_2 = CH_4 + 2H_2O + 41200 \text{ cal}. \quad (2)$$

Восстановление CO водородом в присутствии мелкораздробленного никеля начинается при 180—200° и при 250° протекает полностью; восстановление CO_2 начинается лишь при 230° и энергично протекает при 300°. Процесс восстановления CO в присутствии никелевого катализатора осложняется однако тем, что при $t°$ выше 250° окись углерода разлагается с образованием CO_2 и углерода:

$$2CO \rightleftarrows C + CO_2. \quad (3)$$

Отлагающийся уголь вызывает падение активности катализатора и наконец прекращает процесс. Кроме того, наряду с главной реакцией, ведущей к образованию М. по уравнению (1), между CO и H_2 происходит следующая реакция:

$$2CO + 2H_2 = CH_4 + CO_2. \quad (4)$$

При 200—300° в присутствии никеля реакция (4) протекает довольно медленно, но при прибавлении к контактной массе кобальта становится заметной уже при 180°. Таким обр., варьируя состав катализатора, можно направить процесс в ту или другую сторону.

Реакция каталитич. восстановления окиси углерода в М. начала приобретать техническое значение в 1902—1903 гг., когда Эльворти предпринял работы по обезвреживанию водяного газа. Эльворти прибавлял к водяному газу водород в стехиометрически необходимом количестве ($1CO : 3H_2$) и смесь пропускал через никелевый катализатор при 250°. Одно время этим способом пользовались в технике, но затем оставили его вследствие технических затруднений, возникших в связи с быстрой потерей катализатором активности и необходимостью применения дорогостоящего водорода. Последнее обстоятельство вызвало ряд видоизменений в технич. проведении процесса. С этой точки зрения интересен способ Сабатье, к-рый предложил вести реакцию в две стадии; первая состояла в разложении окиси углерода на никелевом катализаторе на углерод и двуокись углерода; вторая — в реакции между углеродом, отложенным на катализаторе в активированном состоянии, и водяным паром:

$$4CO = 2C + 2CO_2;$$

$$2C + 2H_2O = CH_4 + CO_2.$$

Значительно плодотворнее оказались работы Бедфорда по обезвреживанию и поднятию калорийности водяного газа посредством превращения окиси углерода в метан. Здесь выяснилось, что для устранения побочных реакций надо исходить не из стехиометрической смеси окиси углерода и водорода, а последний должен находиться в таком избытке, чтобы смесь отвечала составу $1 CO : 5 H_2$. Помимо этого из смеси должны быть удалены сернистые соединения, быстро отравляющие катализатор. Для этой цели, посредством метода глубокого охлаждения (способы Линде, Франка-Каро, Клода и др.), водяной газ разделяется на две фракции, из которых одна содержит избыточную окись углерода (93—94% CO, 7—6% N_2) и применяется в качестве горючего для моторов, а другая является газовой смесью необходимого состава (17% CO, 79% H_2 и 4% N_2). При этом вторая фракция освобождается и от сернистых соединений. Затем реакционную смесь при 280—300° пропускают через трубки с никелевым катализатором; окись углерода полностью превращается в метан, и выходящий газ содержит ок. 32% CH_4, 61% H_2 и 6—7% N_2. Прибавлением к этому газу новых порций CO и повторным пропусканием через катализатор содержание М. м. б. повышено до 76%. Производительность способа достаточно велика: 1 *кг* мелкораздробленного никеля дает 9,4—11,7 $м^3$ метана в 1 час. Заметное падение активности катализатора начинается только после того, как через 1 объем катализатора прошло более 3 000 000 объемов реакционной газовой смеси. Этот способ эксплоатировался английской фирмой Bedford Gas Process Co., выполнившей несколько установок, но широкого распространения в промышленности еще не получил.

Применение. М. в качестве основной составной части различных естественных и технич. газов (природный, нефтяной, газы пирогенетич. процессов и т. д.) применяется как топливо, как горючее для моторов, а также для отопления и освещения в домашнем обиходе. Попытки применения М. в качестве исходного сырья для получения различных химич. продуктов до сих пор еще не дали ощутимого промышленного эффекта. Такие попытки были сделаны в направлении хлорирования М. с целью получения хлористых метила и метилена, хлороформа и четыреххлористого углерода. Вопрос о контактном окислении М. в формальдегид в настоящее время еще не вышел за пределы лабораторных и полузаводских опытов и не может считаться технологически решенным. Опыты Ф. Фишера получения ацетилена из М. посредством пропускания последнего через зону тихого электрич. разряда повидимому не обещают больших промышленных выгод вследствие необходимости применения низких давлений (11 *мм*) и значительного расхода электрич. энергии. Вопрос о получении водорода из М. и водяного пара,

$$CH_4 + 2H_2O = CO_2 + 4H_2 \quad -41200 \text{ cal},$$

связан с значительными затруднениями экономического порядка, вследствие эндотермичности процесса и необходимости применения высоких $t°$ (~900°). Однако существует ряд указаний на то, что в США, располагающих большими количествами дешевого природного газа, этой реакцией пользуются в значительных размерах для получения водорода, применяющегося для каталитич. синтезов аммиака и метанола. Не меньший технический интерес представляет реакция термического распада метана на углерод и водород:

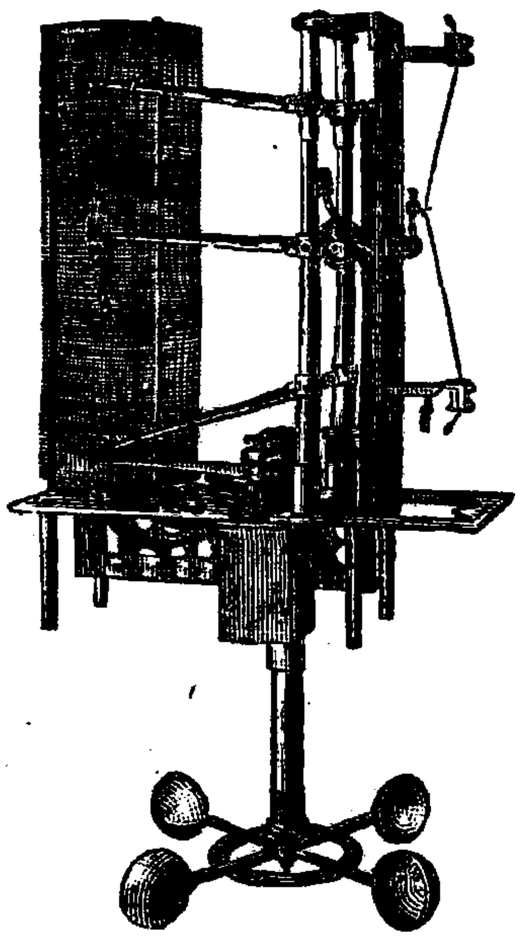
$$CH_4 = C + 2H_2 \quad -22200 \text{ cal},$$

т. к. углерод получается в состоянии большой дисперсности и может быть применен в качестве сажи высокого качества, вполне пригодной для резиновой промышленности.

Лит.: Чичибабин А. Е., Основные начала органич. химии, 2 изд., М.—Л., 1929; Клюквин Н. А.,

Конверсия метана, «Труды по углехимич. промышленности Ленингр. технологич. института», Л., 1930; Rideal E. a. Taylor H., Catalysis in Theory a. Practice, p. 252, L., 1926; Egloff G. a. Schaad R.,«Chemical Review», Baltimore, 1929, v. 6, 1, p. 91; Egloff G., Schaad R., Lowry C., The Decomposition of the Paraffin Hydrocarbons,«Journ. Physic. Chem.», N. Y., 1930, v. 34, p. 1617. **С. Медведев.**

МЕТЕОРОГРАФ, прибор для изучения распределения в свободной атмосфере: темп-ры, влажности, атмосферного давления и силы ветра. Все измеряемые М. элементы автоматически записываются на цилиндре, приводимом во вращение часовым механизмом. Приемником температуры служит тонкая изогнутая биметаллич. пластинка (из стали и меди), один конец к-рой закреплен, а другой при изменении $t°$ перемещается, причем эти перемещения передаются перу, записывающему значения $t°$ на цилиндре. Приемником влажности служит пучок обезжиренных человеческих волос, которые обладают свойством изменять свою длину в зависимости от изменения влажности воздуха. Пучок волос натягивается небольшой пружиной и рычагом, связанным с записывающим пером. Высота определяется при помощи так наз. анероидной коробки (см. *Альтиметр*), отмечающей давление атмосферы. Всякое изменение давления воздуха вызывает перемещение стенок анероидной коробки и связанного с нею записывающего пера. Ветер действует на горизонтально расположенную мельничку, на краях к-рой закреплены полусферические чашки, обращенные выпуклостью в одну сторону; такая мельничка в горизонтальном воздушном потоке вращается всегда в одну сторону—выпуклой стороной чашки вперед. Через определенное число оборотов мельнички перо на цилиндре делает отметку. По числу отметок на единице длины шкалы можно судить о средней скорости ветра в данный момент. М. может быть поднят в верхние слои атмосферы различными способами: на аэропланах, на воздушных шарах или змеях или при помощи ракеты. В зависимости от этого метеорографы отличаются некоторыми конструктивными особенностями. М. могут быть приспособлены также для записи и других аэрологических элементов: структуры ветра, плотности воздуха, толщины облачного слоя и пр. На фигуре дан общий вид метеорографа.



В. Виткевич.

МЕТЕОРОЛОГИЯ, отдел *геофизики* (см.), изучающий физич. явления, происходящие в газообразной оболочке земного шара (атмосфере); кроме того к области М. относят изучение теплооборота и влагооборота в верхних слоях земной коры, преимущественно в почве, к-рые самым тесным образом связаны со всей совокупностью явлений, протекающих в атмосфере.

Огромное влияние земной поверхности на ход метеорологич. элементов в приземном слое воздуха долгое время ограничивало кругозор метеорологов, сосредоточивших свое внимание на изучении дна воздушного океана. Однако постепенно стала выясняться роль явлений, происходящих в верхних слоях атмосферы, что обусловило развитие особой отрасли М.—аэрологии со своеобразными методами работы, устройством постоянных станций на высоких горах, горными экспедициями и пр.

М. близко соприкасается с физикой; изучение явлений, происходящих в атмосфере, построено на физич. основах, и по мере развития М. область применения точных физич. измерений все расширяется. Однако имеются и существенные отличия М. от физики: в то время как последняя является наукой по преимуществу опытной, М.—наука наблюдательная. Эти отличия—не принципиального порядка, разница методов исследования зависит от масштабов явлений. Только путем наблюдения можно собрать материалы, позволяющие осветить ход грандиозных процессов (по количеству энергии и величине участвующей в том или другом метеорологич. явлении массы воздуха), создающих многообразие явлений, наблюдаемых в атмосфере. Совокупность этих явлений, происходящих в земной атмосфере, в каждый данный момент характеризует собою состояние погоды, наблюдая течение которой, легко обнаружить, что перед нами проходит бесконечная смена группы б. или м. сходных процессов, повторяющихся с некоторыми отклонениями из года в год и обусловленных в своей общей смене годовым движением земного шара около солнца (поэтому климат какого-либо места и можно определять как совокупность типов погод, наблюдаемых в данном месте). Кроме влияния годового движения земли вокруг солнца на изменение общих условий погоды в течение года, также нетрудно подметить влияние суточного вращения земли около своей оси. В том и другом случае периодически изменяется количество притекающей к поверхности земли лучистой энергии солнца, что и обусловливает соответствующие годовые и суточные колебания в ходе погоды. Несмотря на отмеченную общую правильность течения погоды в продолжение года, а также нек-рую закономерность ее изменения в течение суток, явления, происходящие в атмосфере, чрезвычайно сложны и находятся во взаимной зависимости одни от других. Поэтому, чтобы иметь возможность характеризовать их количественно, необходимо установить признаки погоды, расчленив последнюю на ряд элементарных физич. процессов. Такими признаками погоды, или метеорологич. элементами, являются: $t°$ воздуха, его влажность, облачность и продолжительность солнечного сияния, направление и скорость ветра, количество атмосферных осадков, радиация солнца, темп-ра почвы, давление атмосферы и некоторые другие. Следовательно метеорологич. элементами называются такие величины, к-рыми в данной точке и в данный момент характеризуется физич. состояние

атмосферы и подстилающей ее земной поверхности. По характеру измеряемых величин метеорологич. элементы можно подразделить на: 1) с т а т и ч е с к и е, т. е. такие, к-рые имели бы определенное конечное значение даже в том случае, если бы воздух находился в полном покое и равновесии (давление, $t°$ и влажность воздуха, $t°$ почвы на разных глубинах, влажность почвы, напряжение электрич. поля), и 2) д и н а м и ч е с к и е, измеряющие интенсивность потоков вещества или энергии (скорость и направление ветра; радиация или количество лучистой энергии солнца, притекающей в 1 мин. на 1 $см^2$; количество осадков, выпадающих в единицу времени, и т. п.).

В силу того, что все метеорологические явления стоят в большей или меньшей зависимости от изменения притока солнечной энергии к поверхности земли в течение суток и в течение года,—в изучении колебания метеорологич. элементов особенное значение приобретает исследование двух периодов—суточного и годового. Изменение значений какого-либо метеорологич. элемента в течение суток называется его с у т о ч н ы м х о д о м, а изменение в течение года—г о д о в ы м х о д о м. Не все метеорологич. элементы одинаково четко отражают в своих колебаниях влияние указанных периодов. С другой стороны, взаимодействие метеорологич. элементов друг с другом нередко весьма резко сказывается как на суточном, так и на годовом ходе элемента. Так напр., суточный ход $t°$ воздуха, весьма определенно выраженный при ясной солнечной погоде, бывает иногда совершенно искажен в пасмурную и дождливую погоду. Помимо влияния, к-рое оказывают метеорологические элементы друг на друга, на их годовом и суточном ходе сказывается географич. положение места наблюдения. Если для простоты опять взять $t°$, то одно рассмотрение длины дня на разных широтах должно привести нас к заключению об изменении суточного хода этого элемента по мере перемещения от экватора к полюсу. В самом деле, в то время как длина дня на экваторе является неизменной в течение года, по мере движения к полярному кругу продолжительность дня колеблется, возрастая в летнее полугодие и уменьшаясь в зимнее.

За полярным кругом понятие дня и ночи в обычном смысле теряется и продолжительность пребывания солнца над горизонтом в летнее полугодие (каждого полушария) быстро возрастает, достигая на полюсах до полугодия. Далее, если принять во внимание, что и полуденный угол падения солнечных лучей мало изменяется на экваторе (от 66°32′ до 90°), то станет понятным наличие отчетливо выраженного суточного хода $t°$ в экваториальной области, где в силу указанного получается много тепла за день и много его теряется благодаря лучеиспусканию за ночь. Но годовой ход $t°$ на экваторе д. б. выражен не так ясно, потому что средние $t°$ суток мало отличаются в разное время года. Сказанное объясняет и то, что на экваторе наблюдаются большие с у т о ч н ы е а м п л и т у д ы $t°$ поверхности почвы и нижних слоев воздуха (т. е. большие разности между максимальной и минимальной $t°$), тогда как на полюсе имеются условия для получения большой г о д о в о й а м п л и т у д ы $t°$ указанных слоев воздуха (разность между средней $t°$ самого теплого и самого холодного месяцев). Кроме причин космич. порядка, влияющих на деформацию суточного и годового хода метеорологич. элементов на различных широтах земного шара, имеется и целый ряд причин земного происхождения, влияющих, с одной стороны, на величины амплитуд, а с другой—на время наступления максимумов и минимумов.

Чтобы освободиться от влияния «случайных» воздействий различных факторов, вносящих обычно значительные возмущения в плавный ход кривых суточного и годового периодов, прибегают к обработке многолетних наблюдений путем м е т о д а с р е д н и х в е л и ч и н, широко применяемого в М. вообще и в *климатологии* (см.) в особенности. Применение этого метода обработки собранного материала основано на том, что по закону больших чисел при достаточном числе наблюдений вероятность отклонений от нек-рого правильного хода в одну сторону компенсируется отклонением в другую и что эта вероятность тем более, чем больше будет собрано наблюдений. Суточный и годовой периоды метеорологич. явлений ярко выражены и мощно воздействуют на все проявления жизни, а также нашей деятельности. Но помимо этих периодов замечается колебание метеорологич. элементов в промежутках как более коротких, так и более длинных, чем годовой. Из них большой интерес возбуждает 11-летний, связанный с изменением числа солнечных пятен, и 30—35-летний, выяснению которого посвятил много труда Брюкнер (откуда и название—брюкнеровский период). Однако до сих пор многочисленные исследования этих периодов не дали сколько-нибудь согласных между собой результатов. Последнее отчасти можно объяснить и тем, что период точных метеорологич. наблюдений еще очень короток.

Другим методом обработки метеорологич. материала является м е т о д с и н о п т и ч е с к и й, применяемый для выяснения периодич. явлений метеорологич. элементов; этот метод заключается в том, что на географич. карту наносят величины элементов, полученные при одновременных наблюдениях; затем, соединив линиями места с одинаковыми значениями метеорологич. элементов, получают системы кривых (изобар, изотерм, изогиет и т. д.), характеризующих п р о с т р а н с т в е н н о е р а с п р е д е л е н и е различных элементов погоды за определенный промежуток времени или в определенный момент. Сравнение последовательных синоптических карт дает возможность проследить и изменение отдельного метеорологического элемента и общего характера погоды за взятый промежуток времени для данного района. Лишь после введения синоптич. метода удалось установить зависимость метеорологич. явлений от вихреобразных движений воздуха. При применении этого же метода при зондировании атмосферы вверх мы получаем представление о рас-

пределении значений метеорологических элементов и для вертикальных ее разрезов. Наконец, подвергая метеорологические наблюдения, собираемые различными методами как у поверхности земли, так и на разных высотах в атмосфере, строгому механич. и физич. анализу, стремятся найти полную механич. и термодинамич. картину физич. явлений в атмосфере. Динамика атмосферы—сравнительно новый отдел, но полученные уже результаты оказываются весьма плодотворными, т. к. ими выяснен целый ряд особенностей того механизма в атмосфере, который создает наблюдаемое нами многообразие явлений *погоды* (см.).

Т. к. для освещения метеорологич. условий в атмосфере и у поверхности земли необходимо большое количество данных, а для нужд службы погоды нужна непрерывная регистрация метеорологич. элементов, то уже давно появилась потребность в организации метеорологич. станций и их объединений—сети станций. Метеорологические станции в целях получения однородного, сравнимого материала снабжаются стандартными приборами, работают по определенным инструкциям и руководятся в большинстве случаев одним научным центром в каждой стране. Сети таких метеорологических станций несут государственную службу погоды, обслуживают своими данными потребности различных отраслей народного хозяйства (все виды транспорта, сельское хозяйство, рыбные промыслы и т. п.). В зависимости от сложности оборудования и количества производимых наблюдений метеорологич. станции делятся на разряды. К станциям 1-го разряда относят обсерватории, производящие наблюдения (помимо общепринятых на обычных метеорологич. станциях) по особо разработанным программам, имеющие для выполнения этого достаточный научный персонал и инструментальное оборудование; работы подобных станций являются руководящими, и нек-рые из этих станций—центрами для сети местных станций обычных типов. Станции 2-го разряда ведут наблюдения над всеми важнейшими метеорологич. элементами (давлением воздуха, темп-рой и влажностью его, ветром, облачностью, осадками, солнечным сиянием, $t°$ почвы и т. д.); при этом, если они снабжены самопишущими приборами, их относят к 1-му классу, все остальные станции этого разряда—ко 2-му классу. К станциям 3-го разряда относится та группа пунктов, где производятся наблюдения над нек-рыми весьма сильно изменчивыми в пространстве и во времени метеорологич. элементами, как напр. атмосферные осадки; эти дождемерные и снегомерные станции обычно ведут наблюдения также над грозами, вскрытием и замерзанием водоемов и другими явлениями, распространение к-рых м. б. освещено только большим количеством данных. Станции 2-го и 3-го разрядов представляют собой станции массовых типов. По сведениям на 1928 год общее число станций этих двух разрядов в РСФСР принимают в ~ 2 800, т. е. число равное численности прусской метеорологич. сети, тогда как Англия имеет 5 500, а США—6 500 метеорологич. станций. Существует помимо перечисленных отделов быстрое развитие теоретич. М., с одной стороны, и все возрастающие запросы прикладного характера, с другой, обусловили возникновение целого ряда специальных отраслей М., которые получили свои названия в зависимости от обслуживаемой ими области народного хозяйства: сельскохозяйственная М., транспортная (морская, железнодорожная, воздушная), санитарная, судебная и т. д. В каждом из этих ответвлений идет многостороннее и весьма тщательное изучение некоторой группы метеорологических элементов, имеющих наибольшее практич. значение для данной отрасли народного хозяйства. Так, для целей агрономии необходимо не только самое полное освещение всех метеорологич. условий в нижних слоях атмосферы, к-рое дается обычными метеорологич. станциями, но также и того, как меняются эти условия под влиянием самой культурной растительности, тогда как напр. «артиллерийская» М. ограничивается изучением лишь того ряда метеорологич. элементов, который влияет на полет снаряда.

ка небольшое число станций специального назначения, как например актинометрические, аэрологические, агрометеорологические и т. п., возникающие по мере развития М. или для разрешения методологических и теоретических проблем или же для более тщательного обслуживания какой-либо отрасли народного хозяйства.

В соответствии с изложенным ранее можно сказать, что современная М. разделяется на четыре отдела. 1) М. в тесном смысле слова занимается изучением совершающихся в воздушной оболочке явлений и процессов, отыскивая причинные зависимости отдельных явлений. При этом используются преимущественно физ. методы исследования, вследствие чего этот отдел общей М. иначе называется физикой атмосферы. 2) Аэрология, или учение о ходе метеорологических явлений в более высоких слоях атмосферы. 3) Учение о погоде (погодоведение, синоптическая М.) представляет применение общих метеорологич. законов к установлению закономерностей в ходе метеорологич. элементов в различных типах погоды, в смене этих типов и перемещении последних по поверхности земли. 4) Учение о климате (см. *Климатология*), или климатоведение, на основании многолетних систематических наблюдений над явлениями погоды стремится дать представление о нормальном, характерном ее течении в разных местах земного шара. Помимо перечисленных отделов быстрое развитие теоретич. М., с одной стороны, и все возрастающие запросы прикладного характера, с другой, обусловили возникновение целого ряда специальных отраслей М., которые получили свои названия в зависимости от обслуживаемой ими области народного хозяйства: сельскохозяйственная М., транспортная (морская, железнодорожная, воздушная), санитарная, судебная и т. д. В каждом из этих ответвлений идет многостороннее и весьма тщательное изучение некоторой группы метеорологических элементов, имеющих наибольшее практич. значение для данной отрасли народного хозяйства. Так, для целей агрономии необходимо не только самое полное освещение всех метеорологич. условий в нижних слоях атмосферы, к-рое дается обычными метеорологич. станциями, но также и того, как меняются эти условия под влиянием самой культурной растительности, тогда как напр. «артиллерийская» М. ограничивается изучением лишь того ряда метеорологич. элементов, который влияет на полет снаряда.

Лит.: Воейков А. И., Метеорология, ч. 1—4, Петербург, 1904; Клоссовский А. В., Основы метеорологии, 3 изд., Одесса, 1918; Любославский Г. А., Основания учения о погоде, 2 изд., П., 1915; Броунов П. И., Курс метеорологии, М., 1927; Оболенский В. Н., Метеорология, М., 1927; Лоске Э. Г., С.-х. метеорология, М., 1913; Angot A., Traité élémentaire de météorologie, 4 éd., P., 1928; Hildebrandsson H. et Teisserenc de Bort L., Les bases de la météorologie dynamique, t. 1, P., 1898—1907, t. 2, P., 1900—1905; Humphreys W. J., Physics of the Air, 2 ed., N. Y., 1929; Shaw W. N., Manual of Meteorology, t. 1—4, Cambridge, 1926; Hann J. u. Süring R., Lehrbuch der Meteorologie, 4 Aufl., Lpz., 1922—26; Süring R., Leitfaden der Meteorologie, Lpz., 1927; Wegener A., Thermodynamik der Atmosphäre, 2 Auflage, Leipzig, 1924; Exner F., Dynamische Meteorologie, 2 Aufl., B., 1925; Georgii W., Flugmeteorologie, Lpz., 1927.

И. Здановский.

МЕТИЛОВЫЙ АЛКОГОЛЬ, метанол, CH_3OH, простейший алкоголь алифатич. ряда; впервые был выделен в 1835 г. Дюма из продуктов сухой перегонки дерева. Бесцветная подвижная жидкость; $t°_{пл.}$ −97,1°; $t°_{кип.}$ 64,8° (при 763 *мм* Hg); $D_{15}^{15} = 0{,}79648$; $t°_{крит.}$ 241,9°; критич. давление 69,73 *atm*. Средняя темлоемкость жидкого М. а. при 760 *мм* Hg и $t°$ 15÷20° равна 0,6009, при $t°$ 38÷42°—0,6120; средняя теплоемкость парообразного М. а. при постоянном давлении и температуре от 101 до 223° равна 0,458, при 340°—0,669. Теплота сгорания *г*-моля жидкого CH_3OH при постоянном давлении равна 172,1 Cal, при постоянном объеме—171,8 Cal; теплота испарения на 1 *г*-моль при 63,8° равна 8,43 Cal, при 78,9°—8,26 Cal. Упругость паров М. а. при различных $t°$ приведена в табл. 1.

Табл. 1.—Упругость паров М. а. при различных $t°$.

$t°$	Упругость в *мм* рт. столба	$t°$	Упругость в *мм* рт. столба	$t°$	Упругость в *мм* рт. столба
−20°	6,3	20°	88,7	69°	579,9
−10°	13,5	30°	150,0	80°	1 238,5
0°	26,8	40°	243,5	100°	2 405,1
10°	50,1	50°	381,7	150°	9 361,1

Чистый М. а. по запаху и вкусу почти не отличим от этилового спирта; своеобразный запах обычных сортов М. а., получаемых из продуктов сухой перегонки дерева, обусловлен примесями. С водой и большей частью органич. растворителей М. а. смешивается в любых соотношениях. Зависимость уд. в. водных растворов М. а. от концентрации приведена в табл. 2.

Табл. 2.—Удельный вес водных растворов М. а. различной концентрации.

CH_3OH (в вес. %)	Уд. в.	CH_3OH (в вес. %)	Уд. в.	CH_3OH (в вес. %)	Уд. в.
1	0,99814	20	0,96839	40	0,93802
5	0,99116	25	0,96122	45	0,92896
10	0,98327	30	0,95449	50	0,91932
15	0,97603	35	0,94653	55	0,90918

В табл. 3 указаны $t°_{кип.}$ разбавленных водных растворов М. а. и содержание М. а. в погонах, полученных при соответствующих $t°$.

Табл. 3.—Температуры кипения разбавленных водных растворов М. а.

$t°_{кип.}$	Содержание CH_3OH (в вес. %)		$t°_{кип.}$	Содержание CH_3OH (в вес. %)	
	в первонач. растворе	в дистиллате		в первонач. растворе	в дистиллате
90,9°	10	46,8	95,1°	5	28,6
91,7°	9	43,1	96,0°	4	23.8
92,6°	8	39,7	97,0°	3	18.8
93,4°	7	36,3	97,7°	2	14,8
94,3°	6	32,6	98,8°	1	7,4

Химич. свойства М. а. характерны для всех первичных *алкоголей* (см.). Вместе с тем, являясь первым членом гомологич. ряда, М. а. по некоторым свойствам отличается от других первичных алкоголей; так напр., он образует 3 типа продуктов окисления, сохраняющих первоначальное число атомов углерода:

$$CH_3OH \rightarrow CH_2O \rightarrow HCOOH \rightarrow H_2CO_3.$$

Тенденция к образованию сложных эфиров у М. а. выражена сильнее, чем у других алкоголей; в отношении окислителей он более устойчив, чем этиловый алкоголь. Метилат натрия, CH_3ONa, м. б. подвергнут нагреванию до 200° без заметного разложения.

М. а. может быть получен различными способами, к-рые обычно применяются для приготовления первичных алкоголей вообще. Между тем в технике пользуются двумя своеобразными приемами, отличными от общих методов приготовления алкоголей. Первый сводится к выделению М. а. из продуктов сухой перегонки дерева и долгое время служил единственным источником получения М. а. Второй, возникший лишь недавно, основан на применении каталитической техники высоких давлений и в качестве исходного материала пользуется газовыми смесями из окиси углерода и водорода. Что касается вопроса об относительном распространении этих двух методов и их сравнительной промышленной оценки, то повидимому вся современная промышленная обстановка с ее тенденцией к рационализации и механизации технологических методов работы, к замене производств, базирующихся на естественных продуктах, синтетическими, в значительной мере складывается в пользу контактного способа.

Получение М. а. из продуктов сухой перегонки дерева. Исходным материалом для приготовления М. а. в этом случае служит подсмольная вода (см. *Дерево*, сухая перегонка). Содержание CH_3OH в выделяемом из нее древесном спирте (сырце) в значительной степени зависит как от породы дерева, так и от самого способа проведения сухой перегонки и дистилляции. В рус. сортах содержание чистого М. а. достигает для «кустарного» 32,6%, для «укрепленного» 60,3%; в американском М. а. чистого алкоголя содержится 53,0%. Помимо М. а. в сырце находятся: ацетон и высшие кетоны, метилацетат и другие эфиры, аллиловый алкоголь, ацетальдегид, формальдегид и другие альдегиды, аммиак, амины, углеводороды, лактоны и вода. Для получения чистого М. а. сырец подвергают дополнительной обработке. Последняя заключается главным образом в тщательной фракционировке, проводимой в колонных аппаратах, аналогичных ректификационным колонкам винокуренного производства (см. *Колонные аппараты*). Аппараты, которыми обычно пользуются для получения чистого М. а., бывают двух типов: периодического и непрерывного действия. Главное затруднение при ректификации заключается в разделении М. а. и ацетона, так как их $t°_{кип.}$ близки друг к другу (56,5° для ацетона, 64,8° для М. а.). Но в виду того, что упругости паров обоих веществ весьма различны (при 70° CH_3OH имеет упругость 857 *мм* Hg, а CH_3COCH_3—1 189 *мм*), можно достигнуть почти полного

отделения М. а. от ацетона (но не наоборот). В дополнение к ректификации применяют также обработку различными химич. реактивами, напр. минеральными к-тами для связывания аммиака и аминов или щелочами для связывания фенолов, для разрушения или полимеризации альдегидов, кетонов и т. п.

Для выполнения фракционировки в аппаратах периодического действия в древесный спирт-сырец, разбавленный водой до 20—25% (объемных), прибавляют известковое молоко. Вследствие этого разрушается эмульсия, тяжелые масла осаждаются, связываются летучие вещества, обладающие кислыми свойствами, и т. п. При дистилляции первые погоны появляются при 21° (ацетальдегид), затем темп-ра поднимается, и около 50° перегоняются ацетон и метилацетат. Их содержание в погонах определяют посредством взбалтывания взятых проб с раствором едкого натра (уд. вес 1,3), с которым М. а. смешивается во всяких соотношениях, а ацетон и метилацетат отслаиваются. До тех пор, пока при взбалтывании пробы с раствором едкого натра образуется нерастворимый маслянистый слой, дистиллат собирают отдельно. Он представляет собою так назыв. головной погон и состоит гл. обр. из ацетона и метилацетата; М. а. содержится в нем лишь в небольших количествах. После того как взятые пробы начинают полностью смешиваться с раствором NaOH, переходят к собиранию среднего погона, состоящего гл. обр. из М. а. с небольшой примесью ацетона и метилацетата. Параллельно с пробами на смешение производят также и определение крепости погонов по Траллесу. Первоначальная крепость равна 50—95°, затем, когда пробы начинают полностью смешиваться, она достигает 97—99°. Обратный ход показаний спиртометра (с 99 до 95°) указывает на то, что необходимо приступить к собиранию третьей фракции—хвостового погона. Этот погон содержит значительные количества аллилового спирта. Головной погон бывает окрашен в желтый цвет. Вследствие большого содержания ацетона он представляет собой отличный растворитель для многих органич. соединений. Для получения из него продажного сорта его подвергают вторичной фракционировке. В готовом виде он применяется для денатурации этилового спирта и как растворитель, заменяющий собой ацетон. Средний погон крепостью 97° также подвергают вторичной дистилляции; ее средняя фракция дает почти чистый М. а.; о чистоте его судят по содержанию в нем ацетона, к-рый определяют иодометрически. Третий погон после вторичной разгонки разделяют на три фракции; из них первые две перерабатывают совместно с соответствующими фракциями, полученными при первой фракционировке, а третья содержит большие количества аллилового спирта и применяется для денатурации.

Значительно проще протекает работа на установках непрерывного действия. Способ основан на том, что разбавленный спирт-сырец, предварительно подогретый, поступает в верхнюю часть ректификационной колонны, наполненной для увеличения поверхности пористыми телами, стекает вниз и на пути отдает свои летучие части (ацетон, ацетальдегид, метилацетат) в виде пара. Жидкость, вытекающая из нижней части колонны, состоит из М. а. и небольших количеств аллилового спирта, высших кетонов и воды. Эта смесь подается в верхнюю часть второй колонны; в колонне жидкость проходит в том же направлении, т. е. сверху вниз, и на пути отдает М. а., а аллиловый спирт, вода и т. д. вытекают из нижней части аппарата. После вторичной разгонки, проводимой аналогичным образом, получают три фракции: 1) головные погоны с большим содержанием ацетона, 2) чистый безацетоновый М. а. и 3) погоны, содержащие аллиловый спирт, кетоны и ряд других высококипящих соединений.

Получение синтетического М. а. из CO и H_2. Попытки получения М. а. из водорода и окиси углерода были сделаны еще в конце прошлого столетия франц. ученым Сабатье, работы к-рого в области гидрогенизационного катализа дали богатейший материал для техники каталитич. гидрирования и восстановления. Попытки эти однако оказались мало успешными, т. к. в условиях, в к-рых работал Сабатье (при обыкновенном давлении и в присутствии мелкораздробленного никеля в качестве катализатора), вместо образования продуктов частичного восстановления, какими в данном случае могли бы быть формальдегид (I) и М. а. (II), всегда наблюдалось только образование метана (III), т. е. продукта полного восстановления:

I. $CO + H_2 = CH_2O$;
II. $CO + 2H_2 = CH_3OH$;
III. $CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O$.

Дальнейшие попытки получения М. а. синтетическим путем, направленные гл. обр. в сторону замены никеля другими катализаторами, также не дали удовлетворительных результатов. Бо́льшая часть патентов, заявленных на получение М. а. из CO и H_2 при обыкновенном давлении, по тщательной проверке оказались далеко не отвечающими выходам М. а., указанным в описании, и не нашли себе практического применения (напр. патент Кальверта).

Первым частичным решением проблемы неполного восстановления окиси углерода можно считать работы BASF. Патенты, взятые этой ф-кой (1913 г.), излагают способы получения различных органич. продуктов, среди них и М. а., посредством гидрирования окиси углерода при повышенном давлении. Работы эти, продолженные затем Ф. Фишером, привели к получению синтола и синтина (см. *Жидкий уголь* и *Катализ* в технике). Полное технич. разрешение проблемы наступило после того, как были найдены катализаторы, обладающие селективным действием, и использован богатый технологич. материал по применению высоких давлений в промышленности синтетич. аммиака. Первые патенты на получение М. а. из CO и H_2 были взяты в 1921 г. почти одновременно Г. Патаром во Франции и BASF в Германии. Основной частью катализатора в обоих случаях была окись цинка. BASF кроме того рекомендовала применение смешанных катализаторов, в частности окиси

цинка с окисью хрома—катализатора, впоследствии получившего наиболее широкое распространение. Уже в 1923 г. BASF на фабрике Leuna-Werke было налажено производство синтетич. метанола в большом масштабе. Установка, работающая по способу Патара, была монтирована в Эньере (около Парижа), а впоследствии и в других местах Франции. Затем появились з-ды синтетич. М. а. в Англии, Италии, США и других странах. В настоящее время вопрос о промышленном вполне рентабельном способе получения М. а. из CO и H_2 техникой разрешен в полной мере. Синтетич. способом пользуются не только страны, лишенные больших лесных массивов, а следовательно и древесного М. а., но даже и в таких вполне обеспеченных лесом странах, как США; синтетический метанол постепенно вытесняет с рынка древесный спирт.

Теория процесса. Реакция образования М. а. из CO и H протекает с выделением тепла:

$$CO + 2H_2 \leftrightarrows CH_3OH_{\text{пар}} + 24\,685 \text{ cal.}$$

Количественные соотношения компонентов системы определяются константой равновесия $K = \frac{P_1 \cdot P_2^2}{P_3}$, где P_1, P_2 и P_3—парциальные давления CO, H_2 и CH_3OH в состоянии равновесия. Константа равновесия K в зависимости от $t°$ м. б. вычислена из приближенного ур-ия (теорема Нернста):

$$\lg K = -\frac{Q}{4{,}571 \cdot T} + 1{,}5 \sum \nu \lg T + \sum \nu c;$$

здесь Q (тепловой эффект реакции) = 24 685 cal, ν (изменение числа молей) = 2, T—абс. темп-ра, а c—химич. константы: для водорода 1,60, для окиси углерода 3,5 и для М. а. 3,5. Вычисленные этим путем значения для $\lg K$ при различных $t°$ следующие:

T	400°	500°	600°	700°	800°	1 000°
$\lg K$	−2,4	1,88	2,94	4,72	5,98	7,80
K	10^{-2}	10^{2}	10^{3}	10^{5}	10^{6}	10^{8}

Отсюда видно, что при возрастании температуры K увеличивается, следовательно равновесие смещается в сторону образования CO и H_2 за счет распада М. а.; и наоборот, чем ниже температура, тем выгоднее условия равновесия для образования CH_3OH. Вместе с тем очевидно, что реакция протекает с уменьшением объема (из трех молей CO и 2 H_2 получается 1 моль CH_3OH), и потому увеличение давления будет способствовать протеканию процесса в сторону образования М. а. Влияние давления на состав реакционной смеси в момент равновесия иллюстрируется табл. 4, в которой приведены парциальные давления для всех компонентов эквимолекулярной исходной смеси при различных давлениях и $t° = 327°$. В этом случае $K \cong 10^3$.

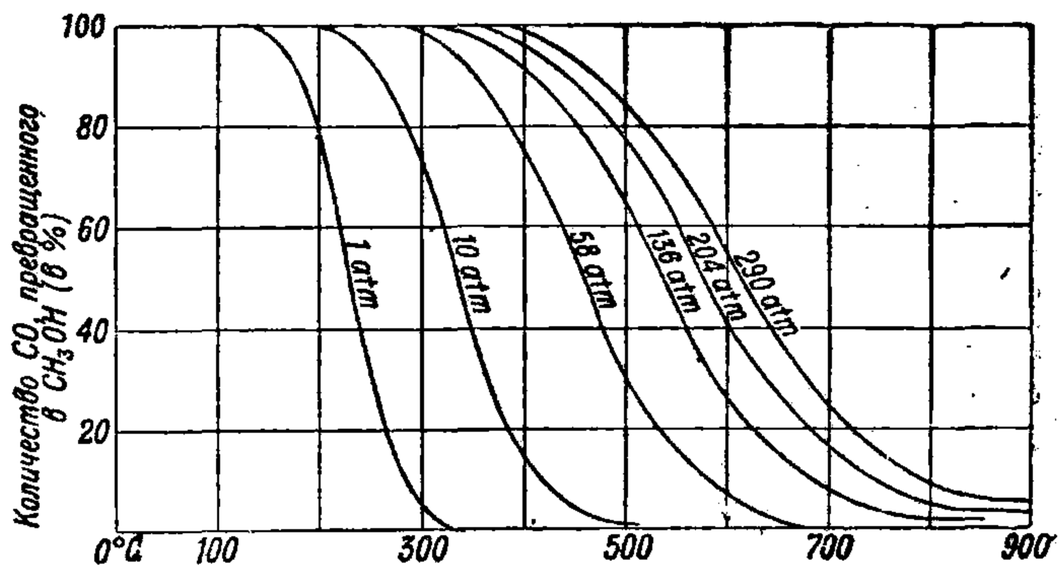
Табл. 4.—Давления отдельных компонентов смеси при различных общих давлениях.

Общее давление P в atm	P_1 в atm	P_2 в atm	P_3
1	0,5	0,5	9.5×10^{-2} *1
10	5,0	5,0	0,125 *2
225	50,0	50,0	125 *2

*1 В $мм$ Hg. *2 В atm.

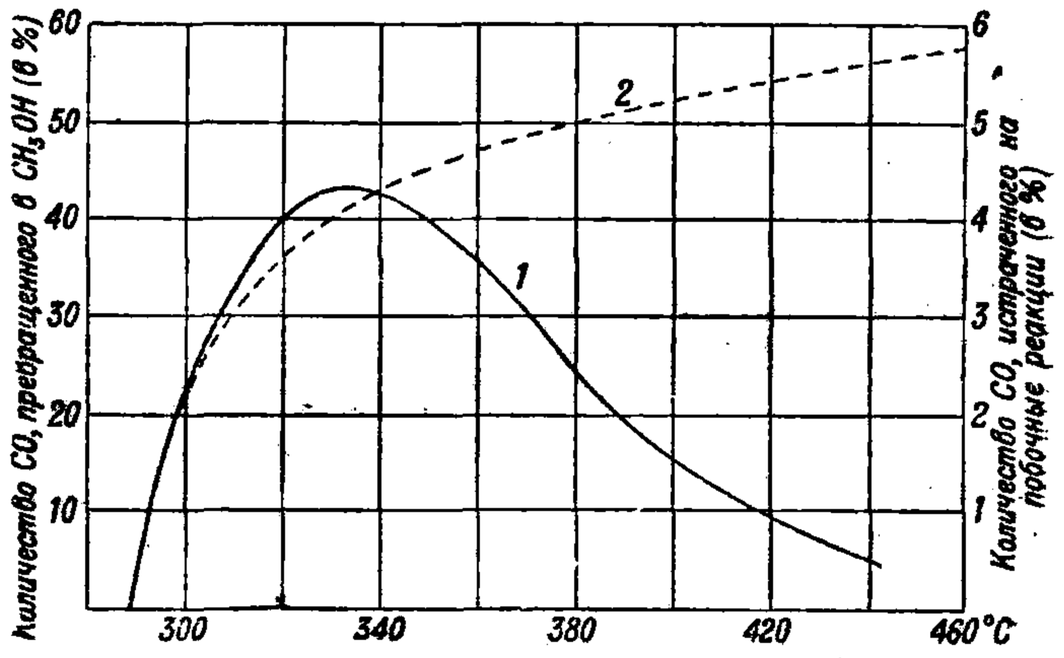
Как меняется выход метанола в зависимости от $t°$ при различных давлениях, наглядно показано на фиг. 1, где кривые, иллюстрирующие ход превращения CO в метанол, вычислены из термических данных для исходной газовой смеси, состоящей из 96 ч. CO, 70 ч. H_2 и 4 ч. инертного газа.

Приведенные данные, полученные на основании термодинамич. соображений, в пол-



Фиг. 1.

ной мере определяют общие условия, которые необходимо соблюдать для успешного протекания процесса. Этими условиями являются возможно низкая $t°$ и повышенное давление. Однако при низких $t°$ скорость реакции практически равна нулю. Многочисленные исследования, посвященные разработке вопроса о кинетике процесса в присутствии различных индивидуальных и смешанных катализаторов, привели к выводу, что даже в случае применения высокоактивных катализаторов заметное образование М. а. начинается лишь при $t°$ выше 270—290°. С повышением $t°$ скорость реакции быстро увеличивается, выход М. а. растет и, достигнув определенного максимума, начинает падать. Эта характерная форма кривой складывается в результате конкуренции

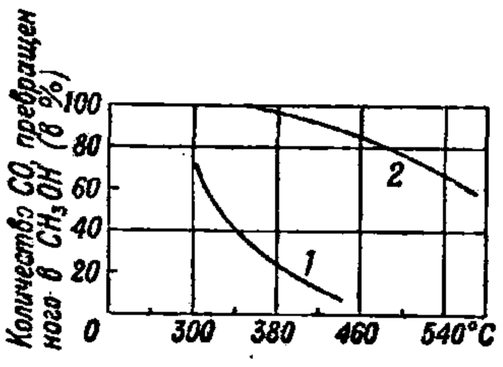


Фиг. 2.

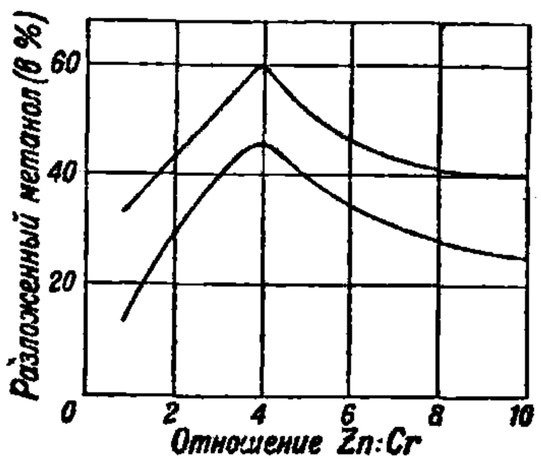
двух факторов, влияние к-рых направлено во взаимно противоположные стороны: кинетического, определяющего скорость процесса, и статического, характеризующего устойчивость системы. Возрастание $t°$ увеличивает скорость реакции и в то же самое время смещает равновесие в сторону обратной реакции—распада CH_3OH на CO и H_2. Вместе с распадом повышение $t°$ вызывает также ряд побочных реакций, как например образование метана, высших алкоголей и т. д. На фиг. 2 (*1*—кривая превращения CO в CH_3OH, *2*—кривая, показывающая количество CO, истраченного на побочные реакции) дано графич. изображение резуль-

татов, полученных экспериментально, характеризующих зависимость выхода М. а. от $t°$ при постоянном давлении (204 *atm*) и постоянной скорости прохождения газовой смеси через контактную массу (состоящую из 36% ZnO, 44% CuO, 20% Al_2O_3, отложенных на гранулированной меди). Следует отметить, что экспериментальн. выход М. а. всегда получается ниже теоретически вычисленного, так как в динамически проводимых опытах состояние равновесия полностью не достигается и процесс осложняется рядом побочных реакций. Это очевидно из рассмотрения фиг. 3, на которой изображены нисходящие части экспериментальной кривой, взятой из фиг. 2, и теоретической. Здесь теоретич. кривая *2* лежит значительно выше экспериментальной *1*, и кроме того своей выпуклостью она обращена вверх, тогда как экспериментальная—вниз. Это обстоятельство указывает на явления «старения» или «утомления» катализатора—дополнительный фактор кинетич. значения. Повидимому старение катализатора вызывается не присутствием вредных примесей в исходной газовой смеси (самая тщательная очистка газа не устраняет этих явлений), а связано с отравлением катализатора продуктами, образующимися в процессе самой реакции.

К а т а л и з а т о р ы. Отсутствие общей теории катализа, к-рая бы позволила в каждом отдельном случае на основании теоретич: соображений находить надлежащий катализатор, вызвало многочисленные исследования, направленные в сторону нахождения достаточно активного катализатора для метанольного синтеза. В качестве такового BASF и Патаром была предложена ZnO, которая до сих пор играет первостепенную роль. Первым типичным смешанным катализатором была смесь ZnO и Cr_2O_3, рекомендованная также BASF. Соотношение цинка и хрома в катализаторе имеет сильное влияние на его активность. Фиг. 4 выражает зависимость между составом катализатора и его активностью, определяемой по реакции, обратной синтезу метанола,—по степени его распада. Из фиг. 4 видно, что максимум наступает тогда, когда отношение Zn : Cr = 4, т. е. состав катализатора отвечает формуле $8\,ZnO \cdot Cr_2O_3$. Вопрос об активности катализатора однако не м. б. решен только на основании его состава, т. к. способы предварительной обработки катализатора, в зависимости от к-рых находится физич. состояние его поверхности, также играют значительную роль. Так, катализаторы одинакового состава ($8\,ZnO \cdot Cr_2O_3$), но различным образом приготовленные, в одинаковых условиях испытания обнаруживают значительную разницу в активности (в % разложенного CH_3OH).



Фиг. 3.



Фиг. 4.

	Активность в %
ZnO + Cr_2O_3 растерты в ступке	58,6
Из гидратов, полученных осаждением NH_4OH растворов соотв. нитратов . .	54,8
Из $ZnCO_3$ и $Cr(OH)_3$, смешанных вместе	62,4
Из осадка, полученного осаждением Na_2CO_3 раствора соотв. нитратов . . .	60,8

Выше было указано, что процесс образования М. а. из CO и H_2 сопровождается значительным тепловым эффектом. Вследствие этого на поверхности катализатора возможны сильные местные разогревания, что в свою очередь вызывает ряд нежелательных последствий. Для устранения этих явлений и обеспечения равномерного распределения тепла по всей контактной массе Патаром было предложено прибавлять к катализатору различные вещества, обладающие значительной теплопроводностью (металлич. Al, графит, кокс и т. п.). Наиболее интересная работа в области изучения контактных масс для метанольного синтеза выполнена в последн. время америк. исследователями. Американское объединение по выработке растворителей (Commercial Solvents Corporation) рекомендует метанольный катализатор, содержащий окись железа и окись магния в соотношении 3—25% $Fe(OH)_3$, 97—75% ZnO и небольшое количество MgO. Этой же фирмой был запатентован катализатор, которому для сообщения устойчивости прибавляют хлористый цинк или соединения Ni, Co и Cu. Рецепты метанольных катализаторов Америк. объединения интересны еще и потому, что в них в качестве составных частей рекомендуются соединения таких элементов, как Ni, Fe, применение которых первыми патентами BASF категорически возбранялось, как вызывающих изменение направления реакции в сторону образования метана и высших спиртов. Нек-рые патенты касаются применения катализаторов, содержащих Fe_2O_3 и $ZnCl_2$, например: 26—27% ZnO, 43—44% Cr_2O_3, 26% Fe_2O_3 и 3—5% $ZnCl_2$. В последнее время большое распространение получили катализаторы, в состав к-рых входит Cu. Эванс и Ньюртон получили активный катализатор состава 36% ZnO, 44% CuO, 20% Al_2O_3, осажденный на губчатой меди.

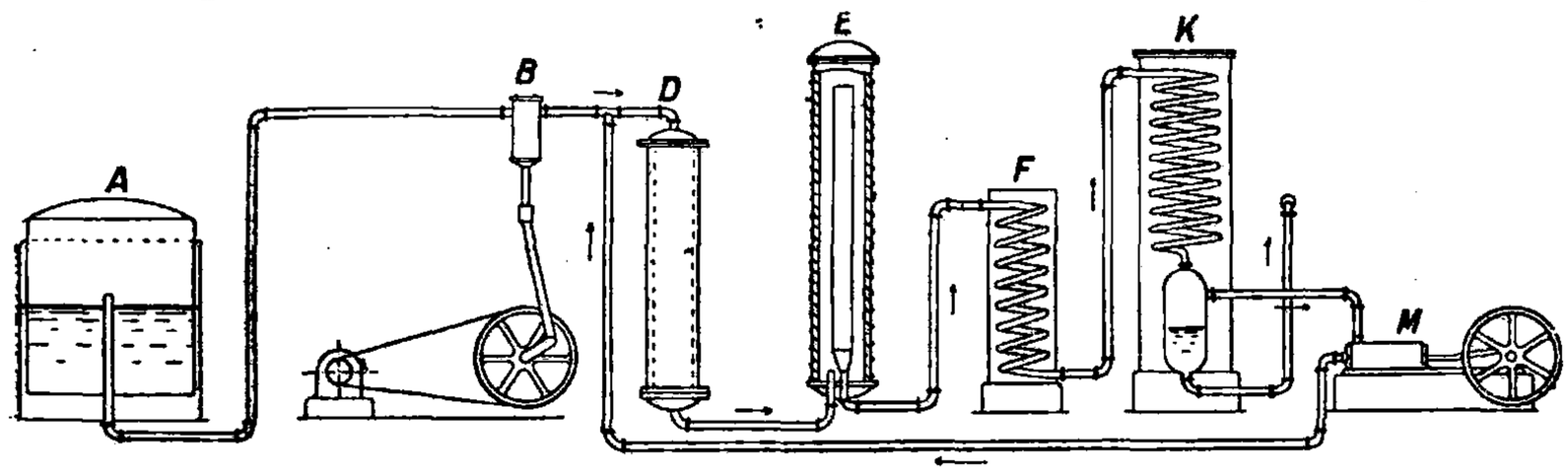
П р о м ы ш л е н н ы е у с т а н о в к и д л я п о л у ч е н и я с и н т е т и ч е с к о г о М. а. Выше было указано, что успехи промышленного синтеза М. а. были неразрывно связаны с применением высоких давлений. Вполне естественно, что при разработке способов и организации промышленных установок был полностью использован богатый опыт, накопленный при работе по синтезу аммиака. Самые формы контактных аппаратов, конденсаторов, циркуляционных насосов, масляных фильтров, подогревателей были целиком заимствованы из практики аммиачного синтеза. Вопрос о промышленном проведении синтеза М. а. упрощался еще вследствие того, что процесс оказался менее прихотливым в отношении чистоты исходной газовой смеси и аппаратурное разрешение его было менее сложно, чем при синтезе аммиака, в виду более низкой $t°$ и меньших давлений. Правда, по сравнению

с синтезом аммиака при каталитическом получении М. а. возникли два новых препятствия: необходимость отведения теплоты реакции и разъедающее действие окиси углерода на железо и сталь вследствие образования карбонила железа. Однако оба эти затруднения были удачно разрешены точным соблюдением $t°$-ных условий и применением специальных материалов для постройки контактных аппаратов (медь, специальные сорта стали и т. п.). Принцип всех методов заключается в том, что *водяной газ* (см.), обогащенный водородом (отношение $CO:H_2 = 1:2$), под давлением 150—300 *atm* пропускается через контактный аппарат, в к-ром находится соответствующий катализатор, при $t°$ 300—400°. При этом часть реакционной смеси превращается в М. а., к-рый собирают в конденсаторе, а отходящий газ смешивается с новой порцией свежего газа и снова подвергается циркуляции. Процесс идет непрерывно. Вследствие экзотермичности реакции, последняя протекает без подогрева; внешнее подогревание требуется только для начального разогревания реакционной камеры. Выход М. а. при однократном пропускании через контактную массу бывает различен в зависимости от состава начальной газовой смеси, давления, активности катализатора, $t°$ и других особенностей применяемого способа; в среднем он повидимому составляет 8—10% начальной смеси. В виду того что процесс сопровождается побочными реакциями, ведущими к образованию газообразных продуктов:

$$CO + 3H_2 = CH_4 + H_2O;\ 2CO + 2H_2 = CH_4 + CO_2;$$

исходная газовая смесь не может подвергаться циркуляции бесконечно долго; ее периодически выдувают из рабочего газгольдера и заменяют свежей.

На фиг. 5 дана схема установки для получения М. а. из водяного газа в Эньере, близ Парижа (вначале рассчитанная на небольшую производительность—1 *т* М. а. в сутки). Очищенная газовая смесь ($CO + 2H_2$), находящаяся в газгольдере *A*, поступает в четырехступенчатый компрессор *B*, где подвергается сжатию (первое время газ сжимался до 500 *atm*, что впоследствии было признано излишним), проходит масляный фильтр (колонка с углем) *D*, в к-ром удерживается масло, попадающее из компрессора и из циркуляционного насоса, и поступает в контактный аппарат *E*—толстостенный цилиндр, обогреваемый электрическим током. Контактная масса находится внутри второго цилиндра, вставленного в первый. Кольцевое пространство между цилиндрами служит для подогревания поступающей газовой смеси и отнятия от контактной массы избыточного тепла, выделяющегося в результате реакции и могущего вызвать нежелательные побочные реакции. Для этой же цели, как было указано, Патар подмешивает к катализатору различные материалы, хорошо проводящие тепло, или наносит катализатор на металлич. подкладку. После контактного аппарата смесь поступает в холодильник *F*, а затем в конденсатор *K*, оканчивающийся разделительным резервуаром. Конденсат М. а. периодически отводится в сборные резервуары низкого давления, а газовая смесь посредством циркуляционного насоса *M* посылается обратно на циркуляцию. Замена отработанной газовой смеси свежей происходит через каждые 10 ч. Сырой М. а.—жидкость желтого цвета, содержащая около 5% H_2O и 0,2% высших спиртов. Для получения чистого М. а. спирт-сырец подвергают ректификации. Из 1 *м*³ исходной газовой смеси получается 476 *г* М. а., или на 1 *т* М. а. расходуется 700 *м*³ CO и 1 400 *м*³ H_2. Эта установка послужила моделью для создания ряда мощных з-дов в каменноугольных районах северной Франции.

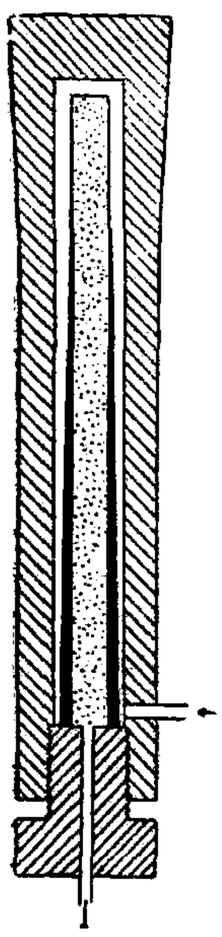


Фиг. 5.

Установка в Терни (Италия) системы Казале пользуется водяным газом, к которому добавляется электролитич. водород в таком соотношении, чтобы смесь состояла из 33% CO и 66% H_2. Для получения 4 *т* М. а. в сутки требуется два шестиступенчатых компрессора, засасывающих 700 *м*³/*ч* газовой смеси. После компрессора газ проходит масляный фильтр и поступает в контактные аппараты в виде цилиндров (высотой 5 *м*, диаметром 0,8 *м*), построенных из специальной кованой, термически обработанной стали. Из контактного аппарата газ поступает в конденсатор с пучком труб высокого давления, сначала собирается в коллекторах высокого давления, затем переводится в сборники низкого давления. Сырой метиловый алкоголь бесцветен, содержит около 5% воды. Ректификация происходит в обычных колонных аппаратах.

В качестве исходной газовой смеси для получения синтетического М. а. пользуются не только водяным газом, но стараются использовать газовые отходы, получающиеся при других процессах, или включить синтез М. а. как способ очистки газа, предназначенного для ведения иного процесса. Примером первого типа может служить установка на з-де Америк. объединения по выработке растворителей в Пеории, шт. Иллинойс. З-д ежедневно перерабатывает 25 000 бушелей кукурузного зерна на ацетон и бутиловый спирт методом брожения (см. *Ацетон*); при этом ежедневно получается ок. 118 860 *м*³ газообразных продуктов (смесь 60% CO_2 и 40% H_2). Первое время водород этих газов использовался для получения синтетического аммиака, но после того как работниками Объединения был разработан способ получения М. а. из CO_2 и H_2, газ стали применять для этой цели. Газы непосредственно после

выхода из ферментеров содержат небольшое количество паров органических жидкостей и ничтожную примесь сернистых соединений. Для их отделения газ пропускают через горизонтальные цилиндрич. сосуды (длиной 3,6 *м*, диам. 2,5 *м*), наполненные активированным углем. В результате адсорбции активным углем ежедневно получают 1,2 *т* органич. продуктов. Газ, освобожденный от них, содержит большой избыток CO_2. Для того чтобы снизить содержание CO_2 до необходимого предела (25%) соответственно ур-ию $CO_2+3H_2=CH_3OH+H_2O$, газ вымывают водой в башнях под давлением в 15 *atm*. 60% энергии, пошедшей на сжатие, впоследствии регенерируется как работа водяных турбин. Газ, содержащий 25% CO_2 и 75% H_2, шестиступенчатым компрессором сжимается до 300 *atm* и посылается в контактный аппарат, представляющий цилиндр длиной 10 *м* и диам. 60 *см* (толщина стенок 20 *см*). Процесс повидимому протекает в две стадии в различных частях контактного аппарата. Первая стадия заключается в восстановлении CO_2 в CO, вторая представляет собой обычный синтез CH_3OH из CO и H_2. Метанольный катализатор состоит приблизительно из 97—75% ZnO (или MgO) с добавкой 3—25% $Fe(OH)_3$. В результате получается 68%-ный М. а., который отделяют от воды простой ректификацией.



Фиг. 6.

Другим видоизменением синтеза М. а. является установка для синтеза аммиака, комбинированная с получением М. а., работающая по способу Клода в Mines de Bethune (около Арраса). Газы коксовых печей после соответствующей очистки и разделения по методу глубокого охлаждения имеют состав: 73% H_2, 22% N_2 и 5% CO. Вследствие большого содержания CO они непригодны для непосредственного получения из них NH_3, так как CO вредно отзывается на активности аммиачного катализатора. Клоду принадлежит идея использовать одновременное присутствие CO и H_2 для синтеза М. а. и тем самым связать его получение и очистку азотно-водородной смеси в одной операции. Осуществляется это т. о., что газовая смесь вышеуказанного состава под давлением в 800—1 000 *atm* подается при $t°$ 300—320° в контактную бомбу с хромоцинковым катализатором; бомба представляет собой полый цилиндр из специальной стали (сплав Cr, Ni, W и небольшого количества Fe); длина 150 *см*, внешний диам. 30 *см*, внутренний—13 *см*. В цилиндр (фиг. 6) вставлена труба (⌀ 11 *см*), заключающая в себе контактную массу; затвор винтовой. Реакционная смесь проходит через кольцевое пространство и попадает в контактную трубу, где происходит реакция. При этом однако не вся CO превращается в М. а.; около 1% CO остается в газовой смеси, и потому последнюю перед пропусканием в аммиачные бомбы подвергают метанированию, т. е. пропускают через контактные бомбы с отработанным катализатором, активность которого вполне достаточна для возбуждения реакции: $CO+3H_2=CH_4+H_2O$. При этом вся окись углерода превращается в метан. Установка сб средней суточной производительностью в 20 *т* аммиака дает ежедневно 2—3 *т* М. а.

Применение М. а. М. а. находит широкое применение в технике как исходное вещество для ряда ценных химич. продуктов и как растворитель. Произведенные в последнее время опыты по применению его в качестве горючего для двигателей дали вполне благоприятные результаты. М. а. пока является единственным источником получения *формальдегида* (см.), потребность в котором с каждым годом увеличивается в связи с развитием производств искусственных смол, пластич. и изоляционных материалов и потребностей с. х-ва. В производствах красителей и фармацевтических препаратов М. а. пользуются для метилирования или непосредственно, например для приготовления диметиланилина, или же путем превращения его в галоидный метил, диметилсульфат и метиловый эфир арилсульфоновых кислот (см. *Алкилирование*, *Диалкилсульфаты*). В качестве «вытеснителя» М. а. применяют при изготовлении нитроклетчатки и других взрывчатых веществ.

Лит.: Древесный метиловый спирт.—Ногин К., Сухая перегонка дерева листв. и хвойных пород, Л., 1926; Ullm. Enz., B. 8, p. 83; Klar M., Technologie d. Holzverkohlung, 2 Aufl., B., 1923; Bauer H., Analytische Chemie d. Methylalkohols, Sammlung chem. u. chem.-technischer Vorträge, hrsg. v. W. Herz, Stg., 1913, B. 20; Bunbury H., The Destructive Distillation of Wood, L., 1925.—Синтетический М. а.—Обзоры и теория процесса—Зимаков П., «ЖХП», 1928, т. 5, стр. 1072; Фокин Л., Синтез аммиака, стр. 373, Л., 1930; Rideal E. K. and Taylor H. S., Catalysis in Theory and Practice, p. 257, London, 1926; Audibert E. A. et Raineau A., Étude de la syntèse du methanol, «Annales de l'office national des combustibles liquides», Paris, 1927; Lewis W. K. a. Frolich K, Synthesis of Methanol from CO and H_2, «I. Eng. Chem»., 1928, v. 20, p. 285; Smith D., ibid., 1926, v. 18, p. 78; Smith D. a. Branting B. F., «Journ. of Amer. Chem. Soc.», Easton Pa., 1929, v. 51, p. 129; Christiansen, «J. Ch. I.», 1928, *128*, p. 413; Kelley K., «I. Eng. Chem.», 1926, v. 18, p. 78.—Катализаторы (изучение) — Frolich K., Fenske M., Quiggle D., ibid., 1928, v. 20, p. 694; Frolich K., Fenske M., Taylor P. S., Southwich C. A., ibid., p. 1327; Frolich K. a. others «Journ. of Am. Chem. Soc.», Easton Pa., 1929, v. 51, p. 61, 187; Atkins H., Perkins P., «Journ. of Phys. Chemistry», Ithaca, N. Y., 1928, v. 32, p. 221; Smith D., Hawk C., ibid., p. 415; Taylor H., Kistiakowsky G., «Journ. of Am. Chem. Soc.», Easton Pa., 1927, v. 49, p. 2468.—О получении М. а. из газов ацетонового брожения—Woodruff J. C., «I. Eng. Chem.», 1927, v. 19, p. 46.—О получении М. а. при обыкновенном давлении—Sabatier P., «CR», 1897, t. 124, p. 1358; Jahn, «B», 1893, *32*, p. 989; Bone W., Wheeler R., «J. Ch. I.», 1902, v. 81, p. 541, 1903, v. 83, p. 1074; Calvert, «Chemical Age», L., 1921, *5*, p. 153.

Г. П. 293787/13, 295202/14, 415686/23; Ф. П. 486427/14, 571355, 571356, 571354, 571285/23, 575913, 580205, 581816, 585169/24, 540343/21, 618439/26, 623068/26; Ан. П. 108855/17, 157047/17, 229715, 227147, 229714, 240955/24, 247932/26; Ам. П. 1588559/23, 1569775/24, 1608648, 1609593, 1625925, 1625926, 1625927, 1625928, 1625929/26; Канад. П. 251486, 251483, 251484, 251485/23; Швед. П. 107200, 107391, 107853/23, 108071, 110746/24.

С. Медведев.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ К XII ТОМУ ТЭ.

Абихит 789.
Абрис 189.
Аванбек 899.
Авиакряж 14.
Автолы 640.
Автомат 207.
Азотнокислая медь 770.
Азурит 774, 789.
Аконитовая кислота 91.
Алабандин 526.
Аллиловый спирт 941.
Альгодонит 789.
Альграфия 205.
Амблигонит 183.
Аммиакаты 764.
Аммиачная окись меди 768.
Аммин-соединения 764.
Английская соль 450.
Анизотропия 484.
Анодный скрап 813.
Анодный шлам 811.
Анодолюминесценция 332.
Антилогарифмы 235.
Арсенаты меди 775.
Арсенит меди 775.
Асперолит 789.
Астраханит 448.
Атакамит 789, 791.
Атмосфера 219.
Аурихальцит 789.
Аутсайдеры 223.
Ацетаты меди 775.
Ацетон 941.
Аэрология 934, 938.

Бабочные заделы 56.
Балансиры 878.
Балка коробчатая (лыжи) 296.
Балки жесткости 889.
Банкаброш 310, 324.
Барабаны сушильные 671.
Барисфера 219.
Башни маячные 741.
Белый штейн 806.
Белюга 168.
Бенедиктин 89.
Бергамиол 95.
Бергамотное масло 95.
Бернгардтит 789.
Берцелианит 789.
Бессемерование 805.
Бештаунит 161.
Биннит 789.
Биолюминесценция 332.
Бисаболен 94.
Бистр марганцевый 520.
Бистр минеральный 520.
Бичевые рушки 647.
Бишоффит 448.
Блеклые медные руды 791.
Болеит 789.
Боны 51.
Борат меди 775
Борнит 789.
Бороны луговые 267.
Браунит 535.
Бревна 13, 14.
Бревнотаски 34.
Брекер-карды 305.
Бременская синяя 787.
Бромистая медь 766.
Бромная медь 769.
Бронза 796.
Брошантит 789.
Брусья 15.
Брюкнеровский период 936.
Буккер 286
Бумаги автографские 193.
Бумаги переводные 193.
Бураты 647.
Бурнонит 789, 791.
Буссоль висячая 560.
Бутилмеркаптан 853.
Бутираты 679.
Бутирины 679.
Быки мостов 884.

Вад 535.
Вазелин технический 461.
Вазелиновое масло 642.
Вайербары 799, 814.
Вакуумметр 513.
Валидол 849.
Вальцевание труб 786.
Ван-Дейка красная 787.
Вантгоффит 448.
Вапор 641.
Варрингтонит 789.
Ватер 314, 317, 318, 324.
Вейки 649.
Венецол 159.
Веретено 316.
Весцелиит 789.
Винт 738.
Винты натяжные 296.
Вискозин 641
Висячие мосты 885.
Витамаргин 542.
Виттихенит 789.
Военный грим 631.
Воздуховозы 251.
Волокуша 35.
Волчки электронные 346.
Вольта (смазочное масло) 639.
Вольфрамит 535.
Вольфсбергит 789.
Воробы 57.
Вторичные цветные металлы 253.
Вулканизованные изделия 483.
Выбивка отливок 176.
Выборочные формы хозяйства 23.
Выключатели воздушные 693.
Выключатели пустотные 693.
Выносы (канаты) 52.
Выскребание по асфальту 191.
Вытеснители 950.
Вытравка 193.
Вяжущее вещество 499.

Газ болотный 929.
Гаккеталь 138.
Гарнисаж 803.
Гасильные камеры 690.
Гатшета коричневая 787.
Гауерит 535.
Гаусманит 520, 535.
Геклинг-машина 303.
Гелиоцитин 541.
Гельвин 535.
Герренгрундит 789.
Гетерозит 535.
Гиденит 183.
Гидрат закиси меди 765.
Гидрат окиси меди 768.
Гидрид меди 767.
Гидродонит 535.
Гидросфера 219.
Гидротефроит 535.
Гиллинг 307.
Гиперник 421.
Гистерезис 9:9.
Главерит 448.
Глет 696.
Глиптогенезис 186
Глубиномер 262.
Годовая амплитуда 935.
Головки 571.
Гомихлин 789.
Горная голубая 787.
Горная зелень 787.
Горькая соль 450.
Гравирование на камне 191.
Грамолы 469.
Гранат 535.
Гребки (бревна) 55.
Гребни 307.
Гудрон 634.
Гуейарит 789.
Гуж 55.
Гуппера 138.
Гюбнерит 535.
Гюролит 535.

Двухлористая медь 769.
Деклинаторы 558.
Декоративное окрашивание 629.
Декрафтометр 492.
Дернование 628.
Диамагнетизм 347.
Диамагнитные вещества 345.
Диамагнитные материалы 417.
Диафоны 745.
Диафрагма 836.
Диваны 758.
Дигенит 789.
Дигидрит 789.
Диккинсонит 535.
Диоптаз 789.
Диплот 262.
Диплотлинь 262.
Дироданит меди 770.
Дицианид меди 769.
Доломит 404, 447.
Домейкит 789.
Доре 814.
Дощечки ящичные 16.
Дразнилка 809.
Дранница 16.
Древесный спирт 940.
Дублирки 324.
Дульцинол 511.
Дуплекс-процесс 623.
Дымовые завесы 631.

Евкриптит 183.
Египетская синяя 787.

Жаровня 651.
Железо Armco 417.
Железостальная стружка 253.
Жирность 659.
Жиры растительные 932.
Жмыхообрезалки 655.

Завалка шихты 617.
Загибка на сулагах (лыжи) 290.
Заказной стол 820.
Закись меди 764.
Залом 51.
Замес 468.
Замок 311.
Защитное окрашивание 628.
Защитный цвет 628
Звукомаскировка 631.
Зеемана явление 388.
Зеленая ярь-медянка 775.
Зелень Гентеле 786.
Зелень Кассельмана 786.
Зелень Кульмана 787.
Зелень Эльснера 786.
Земледельное устройство (литейное пр-во) 179.

Игла 191.
Игольчатая руда 789.
Изверженные массы 185.
Известковая зелень 787.
Известковая синяя 787.
Известковое молоко 501.
Изделия без шва 481.
Излучатель подводный 400.
Излучение резонансное 334.
Изоляторы 139.
Изомасляная кислота 679.
Изоментол 848.
Илезит 535.
Инготы 799.
Инструменты висячие 560.
Инструменты горные 550.
Инструменты рудничные 550.
Инфлюентные линии 101.
Инфузия 717.
Иодистая медь 766.
Иодная медь 769.
Испаритель Рыкачева 87.

Кабан (лыжи) 293.
Кабели плотные 889
Кабестан конный 66
Кадинен 94.
Казенки 56.
Каинит 448.
Какао-ликер 89.
Каледонит 789.
Калмаллой 424.
Камень корешковый 188.
Камень корнованный 188.
Камнеловушки 228.
Камуфляж 629
Канавокопатели 271
Каналы 571
Канаты мочальные 55.
Канеит 535.
Карбид меди 767.
Карбонаты меди 774.
Кард-машина 308.
Карналлит 448.
Карролит 789.
Кастор 183.
Касторовое масло 644.
Катализаторы 945.
Катодная жесть 813.
Катодолюминесценция 332.
Катоды 799.
Квасцевание 195.
Кентролит 535.
Керра эффект магнетооптический 397.
Кетол 681.
Кизерит 448.
Кипа 320.
Кипение белым пузырем 619.
Кипение красным пузырем 619.
Кипсеечный аппарат 206—207.
Кипсейка 99.
Кирн-машина 544.
Кисти отводочные 500.
Кисти-ручники 500.
Кисти филеночные 500.
Кисти щетинные 500.
Кисть маховая 500.
Клапротит. 789.
Кларит 789.
Клей холодный 501.
Клепка бочарная 16.
Клепка ящичная 42.
Клетки (челены) 55.
Клетки сборочные 896.
Климатоведение 938
Клиноклаз 789.
Клиноклазит 789.
Кнебелит 535.
Ковеллин 769, 789.
Козел (металлургия) 806.
Козелок (лыжи) 293.
Коламин 80.
Количественная спелость 23.
Коллаг 461.
Коллиматоры 850.
Колокол (барабан) 577.
Колотые материалы 16.
Коммутатор транзитный 821.
Коммутаторный зал 819.
Коммутаторы магнитные 352.
Коммутаторы междугородные 823.
Компаратор 466.
Компас висячий 560.
Компоненты 902.
Конвертирование 805.
Конденсатор 363.
Конденсер 649.
Константан 509.
Контрольный стол 827.
Корешок 188.
Кориандрол 95.
Корифин 849.
Корнваллит 789
Корн-папир 193.
Корпус магнето 365.
Косоуры 76.
Котел темперировочный 543.
Коттона и Мутона эффект 397.
Кошели (плоты) 65.
Кошма 56.
Коэфициент защиты 127.
Краны 898.
Крап 548.
Краска 168.
Краска марганцевая черная 521.
Краски казеиновые 501.
Краски клеевые 501.
Краски силикатные 502.
Краски эмалевые 502.
Красная медная руда 764, 789.
Красная медь 799.
Креднерит 535, 789.
Кренкит 789.
Кресла 758.
Криолитионит 183.
Криофиллит 183.
Кристаллолюминесценция 332.
Кровати 758.
Кросс 818.
Круглопильные заводы 32.
Кругляк 14.
Круппин 509.
Крученка 318.
Крюк упряжной 270.
Кубанит 789.
Кудель 301.
Кукурузное масло 463.
Кульмиц 509.
Кунцит 183.
Купажирование 89.
Купреин 789.
Куприт 764, 788, 789.
Купрон 776.
Купроблюмит 789.
Купферрон 776.
Кюммель 89.
Кюрасо 89.

Лавер 230.
Лаксманнит 789.
Лампа электронная 401.
Лангбейнит 448.
Лангит 789.
Лапшерезки 471.
Латунь 796.
Левеит 448.
Ледебурит 912.
Лен жменный 300.
Лен заводской мочки 300.
Лен-моченец 300.
Лен-полутрепок 300.
Лен-стланец 300
Лен трепаный 301.
Лен-чесанец 301.
Ленточнопильный завод 32, 45.
Ленточнопильный станок 45.
Ленточные машины 324.
Леонит 448.
Лепешки электромагнитные 260.
Лепидолит 183.
Лесная рента 23.
Лесоведение 31.
Лесоводство частное 31.
Лесовозобновление 23.
Лесокатки 33.
Лесопильный амбар 35.
Лесосечные формы хозяйства 23.
Лесотаски 33.
Лесоохранение 31.
Лестничная клетка 74.
Летсомит 789.
Либетенит 775, 789.
Лимб вертикальный 90.
Лимб горизонтальный 90.
Лиметовое масло 93.
Лимоннокислое брожение 92.
Лимонный сироп 93.
Лимонный сок 93.
Лимоны 93.
Линарит 789.
Линии сингулетные 389.
Линкруста 157.
Линоксин 154, 633.
Линтерные машины 160
Липкость 681.
Лироконит 789.
Литая сталь 211.
Литионит 183.
Литиопиперазин 185.
Литиофиллит 183, 535.
Литник 172.
Литографские машины 206.
Литографские станки 194.
Лицензионный договор 220.
Ловительное приспособление 227.
Ловчие пояса 233.
Лодки варповальные 65.
Ложные пожары 631.
Лопата конная 266.
Лопаты колесные 266.
Лот 57.
Лот электрический 262.
Лотлинь 262.
Лузга 648.
Луч 272.
Лучепреломление магнитное двойное 396.
Лучи каналовые 281
Лучи катодные 278.
Лучи молекулярные нейтральные 282.
Лучи отрицательные 279.
Лучи положительные 281.
Лучи электронные 279.
Лучистая руда 789.
Лыжные палки 293.
Люцифераз 339.
Люциферин 339

Магнезит 404, 447
Магнезия белая 447.
Магнезия жженая 446.
Магнетон Бора 346.
Магнетон Вейсса 346.
Магнийорганические соединения 924.
Магнитная восприимчивость 345.
Магнитная проницаемость 345.
Магниты постоянные 356.
Магниты элементарные 346.
Мазут 634.
Мазуты смазочные 642.
Мазь графитная 461.
Мазь канатная 461.
Мазь колесная 461.
Маканные изделия 481.
Малакограф 490.
Малакометр 490.
Малахит 774, 788, 789.
Маллардит 525, 535.
Малоновый эфир 497.
Малярные работы 498.
Манаиконит 183.
Манганаты 527.
Манганизм 519.
Манганит 520, 522, 527, 535
Манганобрусит 535.
Манганозит 519, 535.
Манганокальцит 535.
Манна 511.
Манна бриансонская 162
Маннаны 512.
Маннановая кислота 512.
Маннозахарная кислота 512.
Мантисса 235.
Мараскин 89.
Марганцевая белая краска 533.

Марганцевая зеленая краска 533.
Марганцевая кислота 523.
Марганцевая коричневая краска 533.
Марганцевая обманка 526.
Марганцевая фиолетовая краска 534.
Марганцевомедная руда 789.
Марганцевый блеск 526.
Мареграф 548.
Мареметр 548.
Марзит 789.
Маркшейдерские задачи 560.
Маркшейдерский план 551, 560.
Мартеновская мастерская 593.
Мартеновская печь 616.
Мартеновский процесс 601.
Марши 74.
Маск-коврики 630.
Маск-материал 630.
Маски-покрывала 630.
Маскировка декоративная 629.
Маскировка растительная 628.
Маскировка химическая 631.
Масла авиационные (разные марки) 640.
Масла веретенные 638.
Масла компрессорные 640.
Масла красные 642.
Масла машинные 639.
Масла моторные 640.
Масла нейтральные 642.
Масла светлые 642.
Масла судовые Л и Т 640.
Масла турбинные Л М и Т 640.
Масла цилиндровые 641.
Масла цилиндровые остаточные 642.
Масла черные 643.
Масло веретенное 639.
Масло зимнее 661.
Масло летнее 661.
Масло линалое 95.
Масло морское 640.
Масло трансформаторное 642.
Масло швейное 639.
Маслобойки 664.
Маслосбиватель 544.
Маслянокислое брожение 679.
Масляные стержни 167.
Мастикс 697.
Масштаб времени 701.
Масштаб высот 702.
Масштаб линейный 700.
Масштаб поперечный 701.
Масштаб численный 700.
Машина дублирная 851.
Машина мерильно-дублирная 851.
Машина-орудие 738.
Машина-приемник 738.
Машина транспортирующая 738.
Машина трансформирующая 738.
Машины для мерсеризации 856.
Машины тарелочные 546.
Медвяная роса 761.
Медная коричневая 787.
Медная лазурь 774, 788, 789.
Медная окалина 771, 799.
Медная пенка 789.
Медная слюда 789.
Медная черная 787.
Медная чернь 789.
Медное индиго 789, 791.
Медное число 85.
Медный блеск 789, 791.
Медный колчедан 789, 791.
Медный купорос 770, 789, 791.
Медь самородная 788, 789.
Медь черная 802.
Меженнее состояние 830.
Межень 830.
Мезголовитель 230.
Ментоловые карандаши 849.
Ментоспирин 849.
Мерея искусственная 264.
Мерильные ленты 852.
Меркаптали 853.
Меркаптиды 852.
Меркаптолы 853.
Меркурохром 925.
Мертвецы (сваи) 52.
Мертвый груз (лыжи) 297.
Метаксин 157.
Метанол 939.
Метеорологические элементы 934.
Метилацетат 941.
Метилмеркаптан 853.
Метод синоптический 936.
Метод средних величин 936.
Метасоматизм 91.
Механизация окраски 504.
Микрометод 697.
Микроскоп простой 271.
Миксит 789.
Мировой эфир 485.
Мисцелла 672.
Мобилометр 492.
Модели 164.
Модуль погружения 151.
Модул разрыва 151.
Моль (сплав) 69.
Мо-пермаллой 423.
Морсы 89.
Мосты металлические арочные 880.
Мосты металлические балочные 864.
Мотовила 324.
Моттрамит 789.
Мультиплекс-машина 545.
Муметалл 421.
Мычка 315.
Мышьяковистая медь 789.
Мягкомер 490.
Мязга 651.
Мятка 671
Мятье льна 300.

Набойка 569.
Наварка 569.
Накладка 207.
Нантокит 789.
Насадка 543.
Настаивание 717.
Настыль 621, 806.
Наутофоны 745.
Нектар 759, 797.
Нектарники 759, 797.
Неоизоментол 848.
Неоментол 848
Нернста теорема 943.
Нефтяные остатки 462.
Нигрол 642.
Никелин 509.
Нитрид меди 767.
Новоль 500.
Ноги (мачты) 734.
Нож пружинный 268.
Номера пряжи 304.
Номограммы 243.
Ночные столы 821, 827.

Обводнение 832.
Обдержка 303.
Обод 16.
Обрубы 56.
Обручи 16.
Обсеменение 628.
Обсидиан 161.
Обтекатель лыж 296.
Овес 477.
Огонь (маяк) 739.
Ойльдаг 461.
Окись меди 767.
Окна рабочие 568.
Окна садочные 568.
Окраска специального назначения 629.
Окраска фресковая 501.
Олеография 191.
Олеомаргарин 539.
Оливенит 775. 789.
Оливковое (прованское) масло 645.
Олифа казеиновая 501.
Олифы полимеризованные 499.
Оловянная зелень 786.
Оловянный колчедан 789.
Опоки 164.
Оправка 303.
Ориентир-буссоль 558.
Орлец 535.
Орогенезис 185.
Ортофосфат меди 775.
Освещение створное (маяк) 744.
Основной под 603.
Основной рудный процесс 611.
Отвес оптический 554.
Отдушки (мыло) 96.
Откосы 569.
Отрепье 301.
Оттяжка 722.
Офсетные машины 209.
Охлопок 301.
Очистка литья 177.
Очистка предварительная (семян) 647.
π-компонент 389.
Пакет (формовка мязги) 652.
Пакетирование 259.
Пакля 301.
Папка 195.
Парамагнетизм 347.
Парамагнитные вещества 345.
Парамагнитные материалы 417.
Парижская зелень 775.
Парты 758.
Патринит 789.
Патрон-вальцовка 475.
Пелюр 189.
Пемза 161.
Пенетрация 491.
Пенетрометр 490.
Перга 797.
Переводы на камень 197.
Перегонные машины 324.
Передаточный механизм 738.
Переключатели шнуровые 821.
Переплотка 59.
Пересечка 307.
Перечес 303.
Периклаз 445.
Перила 74.
Перколяционный процесс 815.
Пермаллой 421.
Перманганаты 528.
Персилит 789.
Песколовители 229.
Пескомет 166.
Пестрая медная руда 789.
Петалит 183.
Пехштейн 161.
Печать металлографская 921.
Печь мартеновская 566.
Печь отражательная 803.
Пиломатериалы 16.
Пиритная плавка 802.
Пиролюзит 520, 535.
Пиролюминесценция 332.
Пиромагнезит 344.
Пирометаллургия меди 800.
Пиросфера 2 9.
Пирохроит 519, 535.
Плавление шихты 618.
Планшет 846.
Пластинка 836, 841.
Пловучие запани 52.
Плоты 54.
Площадки 74.
Плуги дренажные 271.
Плуги луговые 269.
Плуг шведский 269.
Плюр 189.
Погодоведение 938.
Под (подина) 568, 622.
Подвеска воздушных кабелей 146.
Поджаривание 672.
Подина 622.
Подкостыльная лыжа 299.
Подогреватели 676.
Подражательное окрашивание 628.
Подреберник 195.
Подставка фрейбергская 554.
Подстрелы (упоры) 52.
Подступенки 75.
Подушки (на плотах) 55.
Подферменники 877.
Пол 74.
Ползун 738.
Полианит 520.
Полилитионит 183.
Полки книжные 758.
Половики 704.
Полоз (лыжи) 293.
Полоз (сани) 16.
Полубромистая медь 766.
Полукруг висячий 560.
Полумерсеризация 857.
Полупиритная плавка 802.
Полусернистая медь 765.
Пользование главное 26.
Пользование промежуточное 26.
Полюсные наконечники 358.
Поля сравнения 328.
Помады 717.
Помол двойной 656.
Поручни 74.
Порфиры кварцевые 161.
Потолок 74.
Почвенная рента 23.
Предохранительный разрядник 364.
Предпряжа 306.
Прерибрейкер (плуг) 269.

Прерыватели 361.
Прессы пакетировочные 260.
Прибор Нагеля 557.
Пригар 614.
Приемка (аппарат) 96.
Приемник 738.
Прилатка 208.
Припой мягкий 777.
Припой твердый 777.
Припуск 779.
Пробы (печатание) 196.
Прованское масло 645.
Проводник 137.
Проволока воздушных переходов 138.
Проволока комнатная 138.
Проволока линейная 138.
Проволока освинцованная вводная 138.
Проволока перевязочная 138.
Проволока спаечная 138.
Прогревание руды 611.
Проезжая часть (мосты) 889.
Проем 880.
Прореживание 25.
Проступь 75.
Прочистка 25.
Пружина спиральная 296.
Пряжа 304.
Псевдомалахит 775.
Псиломелан 522, 535.
Пулька 316.
Пунктирная манера 190.
Пушки пневматические 805—806.
Пушки электронные 280.
Пыж 51.
Пыльца 797.

Рабдионит 789.
Рабочая площадка 594.
Радиолюминесценция 332.
Разводка (льнопрядение) 312.
Разжижитель 499.
Разливочное помещение 594.
Размотка пряжи 318.
Разогрев печи 616.
Разрывная мощность 688.
Разрывная сила тока 688.
Рама эффективная 36.
Рамные заводы 32.
Раскладка 309.
Раскладки тяжелые 324.
Раскладочная машина 309.
Распределители (в магнето) 363.
Распылители 500.
Растворитель 499.
Рафинация масла 655.
Рванка 301.
Реактив Швейцера 768.
Регенераторы 574.
Регулирование линий 123.
Реддингит 535.
Редуктор 512.
Резистин 508.
Реи 57.
Ректометр 851.
Ремарка 193.
Ремень пяточный 292.
Ремни носковые 292.
Рентгенолюминесценция 332.
Рефлектор 274.
Решоферы 676.
Риполин 502.
Ровница 306.
Ровничная машина 310.
Роданид меди 767.
Родановая медь 770.
Родонит 535.
Родохрозит 535.
Рометалл 423.
Россев 649.
Рубка проходная 25.
Рубка светового прироста 25.
Рудничная стойка 14.
Рудничный газ 930.
Рудный процесс 642.
Рулежка (лыжи) 295.
Рычаг 738.

σ-компонент 389.
Садка меда 760.
Садки 585.
Салиментол 849.
Сало катализаторное 669.
Салфетка прессовая 653.
Салфеткосниматель 654.
Самонакладчик 96.
Самосейка (мак) 465.
Сахар солодовый 498.
Сборка навесная 899.
Светопрочность 499.
Селенистая медь 789.
Сельфактор 318.
Серебряномедный блеск 789.
Сернистая медь 768.
Сесквитерпены 94.
Сигнал звуковой (маяк) 744.
Сикативы 500.
Сименс-мартеновское производство 566.
Сингулярные точки 904.
Синтин 942.
Синтол 942.
Сирены 745.
Система (льнопрядение) 311.
Система (металлография) 902.
Сито плоское 647.
Скарификаторы 266, 268.
Скрап мелкий 603.
Скрап-процесс 253, 610.
Скрепер 266.
Сливкоотделение 658.
Слюда литинистая 183.
Смазки графитные 461.
Смесь мучная 467.
Сок первый (premier jus) 540.
Соколовушки 230.
Солидол 460.
Соломоловители 229.
Сопротивление магнитное 435.
Сортимент 13.
Спекание руды 612.
Спектр резонансный 334.
Спектры пассивные 415.
Спелость отенения 285.
Спессартин 535.
Сплав в однорейсовых судах 51
Сплав молевой 50
Сплав первоначальный 51.
Сплав плотовой 50, 54.
Сплав россыпью 50.
Сплав Терло 508.
Сплав транзитный 51.
Сплавы Гейслера 424.
Сплавы кобальтовые 424.
Сплавы никелевые 421.
Сплавы Ni-Co-Fe 424.
Сплотки (бревен) 58.
Сподумен 183.
Справочный стол 825, 827.
Спуск ручной 305.
Стабилизатор 296.
Стабилизация магнитная 441.
Стабилизация структурная 440.
Стаканчик 620.
Стали кованые 420.
Стали легированные конструкционные 420.
Стали магнитные 429.
Стали углеродистые 430.
Сталь 211.
Сталь вольфрамовая 430—431.
Сталь динамная 420.
Сталь кобальтовая японская 432.
Сталь кобальт-хромистая 432.
Сталь листовая электротехническая 425.
Сталь литая 420.
Сталь хромистая 431.
Станнат меди 786.
Станнит 789.
Стержни 167.
Стилотип 789.
Столбы телеграфные 14.
Столбы телефонные 14.
Столики самоварные 758.
Столики туалетные 758.
Столики чайные 758.
Столы качающиеся 476.
Столы обеденные 758.
Столы письменные 758.
Столы школьные 758.
Стромейерит 789.
Струги 265.
Стулья 758.
Ступени 74.
Сульфат закисной меди 767.
Сульфгидрильная группа 852.
Сульфопон 216.
Сурепное масло 644.
Сурьмяномедный блеск 789.
Суточная амплитуда 935.
Суточный ход 935.
Сушилки шахтные 671
Сушки 500.
Сцмикит 525.
Счетные вальцы 239.
Съемка полигонная 552.

Тагилит 775, 789.
Тангиры 190.
Тарелки Шмидта 557.
Тарнак 508.
Тахограф 712.
Твердый раствор 903.
Текко 157.
Тележка 36.
Тележки портальные 40.
Температура каплепадения 460.
Температура размягчения 460.
Тенксы 152.
Теннантит 789.
Тенорит 767, 788, 789.
Теодолит 555.
Термаллой 424.
Термолюминесценция 332.
Терпентин лиственничный 162.
Тесаные материалы 15.
Тестокаты 469.
Тетраэдрит 789.
Тетраэтилсвинец 925.
Тефроит 535.
Тизер 305.
Тиоспирты 852.
Тиролит 789.
Травление камня 193.
Трактор водяной 67.
Транзитный обмен 821.
Транзитный стол 826.
Трафаретки 500.
Трепание льна 300.
Третник 778.
Триболюминесценция 332.
Триммер 45.
Триплет 389.
Триплоидит 535.
Триппкеит 789.
Трифан 183.

Угар 301, 614.
Уголки жесткости 735, 865.
Узлы 103.
Укрывистость 499.
Уксуснокислая медь 775.
Уровнемер 548.
Урфельгиит 789.
Усадка 162.
Устои 880.
«Утоп» древесины 50.

Фаза 902.
Файрфильдит 535.
Фальэрц 789.
Фаматинит 789.
Фанера клееная 16.
Фарадея явление 392.
Фармацевтические мышьяковые препараты 925.
Фермы решетчатые 866.
Фермы сквозные 866.
Ферромагнетизм 349.
Ферромагнетики 346.
Ферромагнитные материалы 417.
Ферроманганин 508.
Финский состав 504.
Фиолетовая медная 787.
Фитотехника 31.
Флейцы 500.
Флюоресценция 335.
Фозерит 535.
Фольбортит 789.
Формовка 162.
Формовка безопочная 168.
Форпрессование 672.
Фосфаты меди 775.
Фосфид меди 767.
Фосфоресценция 335.
Фосфороскоп 335.
Фосфорохальцит 789.
Фосфоры Ленарда 337.
Фотолитография 201.
Фотолюминесценция 332.
Фотометр освещенности 327.
Франклинит 535.
Фрезол 642.
Фрейбергит 789.
Фригус 641.
Фриделит 535.

Фуга 639.
Фумаровая кислота 496.
Футшток 262.

Халькантит 770, 789.
Халькозин 789.
Халькоменит 789.
Халькопирит 789.
Халькотрихит 764.
Халькофанит 535.
Халькофиллит 789.
Характеристики линий передач 121.
Хвосты пламени 572.
Хемилюминесценция 332.
Хладни фигуры 842.
Хлористая медь 765.
Хлорная медь 769.
Холин 80.
Хризокол 789.
Хромат меди 775.
Хромолитография 192.

Цапфы 65.
Цвета воздушные 503.
Цвета гобеленные 503.
Цвета теплые 503.
Цемент линолеумный 153.
Цементация 814.
Цементит 913.
Центробежки 760.
Цианистая медь 766.
Циклон 648.
Цилиндр двуручный 263.
Цинвальдит 183.
Цитраль 94, 95.
Цыновки 704.

Челены 54.
Чесание машинное 303.
Чечевидная руда 789.
Числа проницаемости 491.
Чугун 420.
Чугун в чушках 612.
Чугун ковкий 421.
Чугун негорелый 254.
Чугун перлитный 914.
Чугун серый 421.
«Чума» олова 901.

Шабер 191.
Шаблоны 164.
Шагренирование 264.
Шартрез 89.
Шахтовка-щитовка 42.
Шашка 193.
Швацит 789.
Швейнфуртская зелень 775—776.
Швингтурбины 300.
Шелуха 648.
Шелушилки 649.
Шёнит 448.
Шиберы 580.
Ширилки 856.
Шихта 169, 566.
Шишки (литье) 167.
Шишки (лот) 57.
Шкафы книжные 758.
Шкафы платяные 758.
Шлак 620.
Шлаковатая медная руда 789, 791.
Шлаковики 574.
Шлифы 914.
Шмикит 525.
Шнеки с паровыми рубашками 671.
Шоопирование 858.
Шпалорезный завод 46.
Шпалы 16.
Шпат горький 343.
Шпат марганцевый 535.
Шпатели 500.
Шрифт 182.
Шрот 677.
Штамп-машины 471.
Штамповочные машины 472.

Щека (лестница) 74.
Щетка-макловица 500.

Эвкайрит 789.
Эвтектическая точка 902.
Эвтектоидная точка 905.
Эйлит 789.
Эйхроит 775, 789.
Экономический пролет 133.
Элеваторы поперечные 34.
Электродвижущая сила индукции 434.
Электрокурьер 825.
Электролитическая медь 799.
Электролюминесценция 332.
Электрон 406.
Эмплектит 789.
Эмульсионные составы 502.
Энаргит 789, 791.
Эосфорит 535.
Эпигенит 789.
Эстораль 849.
Этилмеркаптан 853.
Эфинит 789.
Эхо-лоты 262.

Юлианит 789.
Юмы 320.

Яблочная кислота 496.
Якобсит 535.
Якорь магнето 360.
Якоря 57.
Ялпаит 789.
Ярлык 820.
Ярь-медянка 775.