624.34
Н 342

А. И. НАУМОВ, Н. М. РЕНСКИЙ

ПОСОБИЕ РУЛЕВОМУ-МОТОРИСТУ РЕЧНОГО И ОЗЕРНОГО ФЛОТА

0092149

Допущено
Учебно-методическим советом
при Управлении кадров и учебных заведений
Министерства речного флота
в качестве учебника
для учащихся курсовой сети

БИБЛИОТЕКА
Новосибирского института
инженеров водного транспорта

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТРАНСПОРТ»
МОСКВА — 1965

627.34+629.122

УДК 629.12.01:(075.7)

В книге содержатся основные сведения об устройстве судна, о судовых системах, судовых двигателях внутреннего сгорания, их конструкции и эксплуатации, о вооружении и оборудовании судов. В ней приводятся также сведения из лоции внутренних водных путей, навигации и основ судовождения.

Книга составлена по программе, утвержденной в системе профессионально-технического образования, и предназначена в качестве учебника для подготовки рулевых-мотористов речного и озерного флота.

Сводный тематический план выпуска учебников, учебных и методических пособий для профтехобразования 1965 г., п. 174.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОСНОВЫ СУДОВОЖДЕНИЯ

ГЛАВА I

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СУДНЕ И ЕГО КАЧЕСТВАХ

§ 1. ПОНЯТИЕ О СУДНЕ, НАВИГАЦИОННЫХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВАХ СУДОВ, ИХ ФОРМЕ И РАЗМЕРЕНИЯХ

Судном называется плавучее сооружение, предназначенное для перевозки грузов и пассажиров, буксировки других судов, а также для выполнения вспомогательных работ.

Суда внутреннего плавания строят по проектам, утвержденным Министерством речного флота, под наблюдением Речного Регистра. Последний представляет собой орган технического надзора, который обеспечивает соблюдение условий, гарантирующих безопасность судов, находящихся на них людей и сохранность перевозимых грузов.

Для обеспечения безопасности плавания судно должно отличаться рядом мореходных или навигационных качеств.

К ним относятся:

1) плавучесть — способность судна плавать с определенным количеством груза на воде, имея при этом определенную осадку (погружение корпуса до грузовой ватерлинии) и в состоянии равновесия между силой веса и силой поддержания воды.

Ватерлиния — это теоретическая линия, образованная пересечением поверхности судна с горизонтальной плоскостью или уровнем воды. Различают ватерлинию судна порожнем, грузовую, конструктивную и т. д.;

2) непотопляемость — способность судна оставаться на плаву и не опрокидываться при затоплении одного или нескольких отсеков;

3) остойчивость — способность судна плавать в устойчивом положении равновесия и, будучи выведенным из этого положе-

ния под действием какой-либо силы, вновь в него возвращаться после прекращения действия этой силы;

4) поворотливость — способность судна изменять направление своего движения под действием специального устройства (руля, поворотной насадки и др.);

5) ходкость — способность судна двигаться вперед с заданной скоростью при определенной мощности установленных на нем главных механизмов;

6) плавность качки — способность судна плавать на волнении, качаясь медленно, с небольшими размахами.

Кроме перечисленных качеств, судно должно иметь оптимальную скорость хода в выбранном направлении. Корпус судна, механизмы, приборы и т. д. при минимальном их весе должны быть достаточно прочными, долговечными и надежными.

Стоимость перевозки тонны груза или одного пассажира на определенное расстояние должна быть минимальной.

Грузовое судно должно иметь наибольшую грузоподъемность и грузовместимость, а пассажирское — наибольшую пассажировместимость.

Грузоподъемность судна определяется как разность между весовым водоизмещением судна с полным грузом и весовым водоизмещением его без груза.

Грузовместимость — внутренний объем помещений судна, занимаемых грузами.

Единицей измерения грузовместимости на речном флоте служит кубический метр, а на морском — регистровая тонна (условная единица), представляющая собой объем, равный 2,83 $м^3$.

Пассажировместимость — это наибольшее количество пассажиров, допускаемых к перевозке на данном судне.

Большое значение для навигационных и эксплуатационных качеств судна имеют также уровень механизации и автоматизации управления судовыми энергетическими установками, вспомогательными механизмами и судном в целом; наличие высокопроизводительных устройств, обеспечивающих возможность выполнения судовыми средствами грузовых операций и других работ.

Основной характеристикой судна являются главные размерения его корпуса: длина L, ширина B, осадка T и высота борта H, определяемые в соответствии с ГОСТ 1062—56.

Для мореходных качеств судна, в особенности ходкости, большое значение имеет форма поверхности его корпуса — обводы.

Большинство судов внутреннего плавания имеют в средней части корпуса цилиндрическую вставку.

У несамоходных судов цилиндрическая вставка занимает больше половины длины судна, у других же судов может быть меньше, а у быстроходных и совсем отсутствовать.

У речных судов на протяжении цилиндрической вставки днище в большинстве случаев бывает плоским, а борта делают вертикальными. Существуют суда и с развалом бортов, благодаря чему увеличивается площадь палубы и объем надводной части.

Суда, у которых линия днища поднимается от киля к бортам, называются **острокильными**.

Место наиболее крутого изгиба, переходящего в носовую или кормовую оконечность или в днище, называется **скулой** или **подворотом**.

Форма носовой и кормовой оконечностей судна характеризуется данными, приводимыми в табл. 1.

Таблица 1

Форма	Очертания оконечностей	Суда
	Нос	
Клиновидный	Прямой отвесный или наклоненный вперед форштевень, плавно переходящий в киль.	Пассажирские, буксирные и грузовые теплоходы и пароходы
Ложкообразный	Форштевень криволинейный, обеспечивающий свободное подтекание воды к плоскому днищу.	Теплоходы, сухогрузные суда большой грузоподъемности и баржи большой ширины
Саннообразный с транцем	Вертикальная плоскость (носовой транец) плавно сопрягается с днищем. В плане нос прямоугольный, с закругленными углами.	Дебаркадеры и металлические несамоходные баржи
Лыжеобразный	В плане нос плавно сужается к штевню.	Некоторые несамоходные суда
	Корма	
Клиновидная	В погруженной в воду части заканчивается вертикальным ахтерштевнем, а в надводной имеет подзор (часть, свешивающуюся над рулем).	Пассажирские и буксирные пароходы
Тоннельная	В днище сделаны тоннели, в которых размещаются винты. При тоннельной форме вода засасывается гребным винтом и заполняет тоннель, в результате чего гребной винт полностью погружен.	Суда с малой осадкой
Полутоннельная	Кормовой свес тоннеля заканчивается над водой.	То же
Ложкообразная	Форма ахтерштевня аналогична ложкообразной форме носовой оконечности.	Несамоходные грузовые суда

Продолжение табл. 1

Форма	Очертания оконечностей	Суда
Крейсерская	Почти аналогична клиновидной с той лишь разницей, что вертикальная часть ахтерштевня мала, а подзор несколько погружен в воду.	Пассажирские суда, катера
Транцевая	В надводной части вертикальная плоскость (транец), ниже которого корма делается санной или лыжной.	Несамоходные наливные баржи
Утюгообразная	Ахтерштевень отвесный в надводной и подводной части, днище плоское, борта вертикальные.	Деревянные баржи

§ 2. КЛАССИФИКАЦИЯ СУДОВ

Суда внутреннего плавания различают по гидрометеорологическим условиям района плавания, назначению, материалу корпуса, способу движения, роду движителей, типу надстроек.

По гидрометеорологическим условиям района плавания все суда внутреннего плавания подразделяются Речным Регистром на четыре разряда: «М» — для крупных озер и приморских рейдов крупных рек; «О» — для озеровидных бьефов крупных рек, водохранилищ, а также устьев больших рек, которые по условиям плавания приравниваются к озерам; «Р» — для глубоководных магистралей крупных рек; «Л» — для мелководных и малых рек, а также верховьев больших рек.

Суда разряда «М» отличаются от других повышенной прочностью корпуса и предназначены для плавания на волнах высотой 3 *м* и длиной 40 *м*. Требования в отношении снабжения и оборудования таких судов приближаются к требованиям, предъявляемым к морским судам.

Судам разряда «М» разрешается выходить в плавание с документами Речного Регистра в некоторые прибрежные морские районы, определяемые соглашением между Регистром СССР и Речным Регистром, с ограничениями по погоде и при условии их снабжения аварийным инвентарем, сигнальными средствами, навигационным и спасательным оборудованием в соответствии с нормами Регистра СССР.

Суда разряда «О» предназначены для плавания на волнах высотой до 2 *м* и длиной 20 *м*. К судам данного разряда предъявляются несколько меньшие требования, чем к судам разряда «М». Указанные суда допускаются к плаванию в прибрежных районах Азовского моря, от устья Дона до портов Таганрог, Ейск, Жданов, при силе ветра до 6 баллов.

Суда разряда «Р» предназначены для плавания на волне высотой 1,2 *м* и длиной 12 *м*. Условия плавания таких судов — чисто речные.

Суда разряда «Л» отличаются от перечисленных тем, что они рассчитаны на плавание при отсутствии волнения в приточных реках, каналах и в верховьях больших рек.

Районы, в которых разрешается плавать судну, относящемуся к тому или иному разряду, приводятся в правилах Речного Регистра РСФСР.

По назначению суда делятся на транспортные, технические и вспомогательные.

Транспортные суда предназначены для перевозки пассажиров и грузов. К ним относятся пассажирские, грузо-пассажирские, буксирные суда и толкачи-буксиры, самоходные и несамоходные грузовые суда.

Пассажирскими называются суда, приспособленные или оборудованные для перевозки двенадцати и более пассажиров и не имеющие помещений для перевозки грузов (кроме помещений для багажа).

Пассажирские суда, совершающие рейсы в границах двух или нескольких смежных пароходств, а также между портами-пристанями одного пароходства, называются транзитными, а суда, работающие на линиях, связывающих районы города с его пригородными населенными пунктами, — пригородными. Суда, предназначенные для внутригородского сообщения, называются внутригородскими. Суда, совершающие рейсы между двумя близлежащими пунктами, расположенными на противоположных берегах, называются паромами-переправами.

Грузо-пассажирскими называются суда, приспособленные одновременно для перевозки грузов и пассажиров в количестве не менее двенадцати человек.

Буксирными называются суда, которые предназначены для буксировки на тросе несамоходных судов и плотов. Эти суда имеют специальное буксирное устройство, состоящее из буксирного гака, буксирной лебедки (на мощных буксирных судах) и буксирных арок.

Толкачи-буксиры — суда, предназначенные для вождения составов методом толкания. Эти суда отличаются от обычных буксирных судов наличием сцепных устройств, автосцепов разных систем, транцевого упорного устройства, вожжевых тросов и др.

Грузовыми называются суда, которые предназначены для перевозки различных грузов.

По способу движения грузовые суда делятся на самоходные (грузовые теплоходы) и несамоходные (баржи). По роду перевозимого груза они разделяются на сухогрузные и наливные.

Самоходные сухогрузные суда имеют большое количество грузовых помещений (грузовых трюмов).

Самоходные наливные суда (танкеры) отличаются от сухогрузных бо́льшим количеством продольных и поперечных переборок, разделяющих судно на изолированные друг от друга отсеки, называемые танками, оборудованные для перевозки определенных грузов — бензина, нефти, керосина и др.

Танкеры имеют систему трубопроводов, при помощи которой производятся налив и выкачивание грузов.

Самоходные грузовые суда строят чаще всего для перевозки какого-либо одного вида груза — руды (рудовозы), угля (угольщики), леса (лесовозы) и т. д.

Несамоходные сухогрузные баржи строят палубными (у них общая ширина грузовых люков меньше полуширины самого судна, а палуба, разделяющая люки, по длине больше общей длины люков), полупалубными (у них общая ширина грузовых люков равна полуширине судна или больше, а длина меньше полудлины судна) и беспалубными (у них длина люков больше половины длины судна).

Ценные грузы в упаковке и насыпные грузы перевозят в баржах, у которых трюмы закрываются крышками или тентовой надстройкой; они называются тентовыми.

Для перевозки массовых грузов, не боящихся подмочки, используют баржи-площадки, на которых груз помещается в выгороженном на палубе бункере.

На саморазгружающихся баржах-лесовозах системы шкипера А. Н. Луковицкого круглый лес укладывают на палубу рядами при помощи механизмов, а разгрузку производят методом кренования. Забортная вода через специальные клинкеты поступает во внутренние бортовые отсеки груженого судна, создавая крен. В результате крена лес с палубы сваливается в воду.

После освобождения лесовоза от груза судно начинает принимать первоначальное положение, а вода из цистерн самотеком выливается через клинкеты наружу.

Кроме перечисленных, применяют специализированные баржи для перевозки автомашин и тракторов, имеющие специальное оборудование, а также баржи, предназначенные для толкания.

Для плавания на озерах, в устьях больших рек, с выходом на морские рейды, для выполнения грузовых операций на рейде вдали от береговых причалов служат лихтеры.

Техническими называются специальные суда, предназначенные для углубления и очистки внутренних водных путей. К судам технического флота относятся: землечерпательные снаряды (самоходные и несамоходные, многочерпаковые и одночерпаковые), служащие для отделения, поднятия и удаления грунта со дна рек; землесосы, всасывающие грунт через металлическую трубу, спускаемую на дно. Для удаления грунта используют грунтоотвозные суда, называемые шаландами, или его транс-

портируют в разжиженном виде к месту свалки по специальному трубопроводу, называемому рефулером.

Для очистки дна реки применяют дноочистительные снаряды, оборудованные стрелой, установленной на корме, и лебедкой. На корме снаряда имеется трап для спуска водолаза. Для удаления камней со дна реки применяют камнечерпательницы.

Вспомогательными называются суда, которые непосредственно не участвуют в транспортной работе, а предназначены для обслуживания транспортных и технических судов. К таким судам относятся:

1) дебаркадеры — стоечные суда (одно-, двух или трехдечные, деревянные, железобетонные или металлические), предназначенные для швартовки, стоянки и обработки судов;

2) брандвахты—стоечные служебные суда, предназначенные для проживания команд земснарядов, изыскательских партий и т. д.;

3) нефтеперекачивающие станции (береговые или плавучие) и плавучие топливные базы;

4) плавучие доки — сооружения, предназначенные для подъема судов из воды и ремонта подводных частей корпуса;

5) плавучие краны для выполнения погрузочно-разгрузочных работ;

6) разъездные суда — моторные катеры или небольшие буксиры, предназначенные для служебных поездок;

7) плавучие мастерские для ремонта судов;

8) плавучие лавки и культбазы;

9) плавучие дома отдыха;

10) станции горячей промывки котлов;

11) портовые (рейдовые) буксиры;

12) плавучие санитарно-дезинфекционные станции;

13) ледоколы;

14) пожарные суда, имеющие мощные пожарные насосы, водоотливные средства и приспособления для буксировки горящих судов;

15) спасательные суда.

По материалу корпуса суда делятся на металлические, деревянные, композитные, железобетонные и пластмассовые.

У металлических судов корпус строят из мягкой судостроительной или низколегированной стали, а надстройку — из легких сплавов.

У быстроходных судов (суда на подводных крыльях, мотолодки, спортивно-гоночные суда) для уменьшения веса корпус обычно изготовляют из дюралюминия.

У деревянных судов надводные части корпуса строят из сосны, а подводные — из ели как менее гигроскопичной.

Композитные суда — суда, корпус которых построен из различных материалов. В одном случае обшивку корпуса и часть набора делают из дерева, а остальную часть набора, в частно-

сти, продольного, — из стали. В другом случае набор может быть стальным, а обшивка деревянная.

Железобетонные суда имеют больший вес по сравнению с металлическими и деревянными; их используют в качестве дебаркадеров, доков, понтонов и т. д.

У пластмассовых судов корпус целиком изготовляют из синтетических материалов.

По способу движения все суда внутреннего плавания делятся на самоходные и несамоходные.

По типу главных двигателей самоходные суда подразделяются на пароходы (паровая машина или паровая турбина), теплоходы (двигатели внутреннего сгорания или газовая турбина); турбоэлектроходы и дизель-электроходы (турбогенераторы или дизель-генераторы и гребные электромоторы); газоходы (двигатели внутреннего сгорания, работающие на газе).

По роду движителя суда делятся на колесные, винтовые и водометные.

Колесные суда приводятся в движение гребными колесами различной конструкции.

Винтовые суда приводятся в движение при помощи гребных винтов, имеющих три или четыре лопасти. Винты бывают погруженные, полупогруженные, тоннельные и воздушные (на быстроходных судах — глиссерах).

Водометные суда приводятся в движение мощным пропеллерным насосом, который засасывает воду через отверстие под днищем судна в особую трубу и с силой отбрасывает ее назад, вследствие чего создается упор.

По типу надстроек суда внутреннего плавания бывают: однодечные (надстройки сплошные, идут вдоль всей палубы); полуторадечные (надстройка первого этажа сплошная, идет вдоль всей палубы, а второй этаж, неполный, возводится над первым в носовой, средней или кормовой части); двухдечные (оба этажа идут на протяжении всей длины палубы) — это наиболее распространенный тип надстройки; трехдечные (два первых этажа сплошные, идут вдоль всей длины палубы, а третий этаж несколько не доходит до носа и кормы).

§ 3. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О НАВИГАЦИОННЫХ КАЧЕСТВАХ СУДОВ

Плавучесть. Если судно плавает с определенной осадкой, это значит, что с одной стороны на него действует сила давления воды, стремящаяся вытолкнуть его на поверхность; с другой стороны под действием силы тяжести (веса) оно стремится погрузиться в воду. Силы давления воды и веса судна равны; их равнодействующие расположены на одной вертикальной линии и уравновешиваются, благодаря чему и судно находится в состоянии равновесия.

Из закона Архимеда следует, что судно, плавающее на поверхности воды, весит столько, сколько весит вода, вытесненная им.

Объем вытесненной судном воды характеризует водоизмещение судна и измеряется в кубических метрах (объемное водоизмещение). Если же объем вытесненной воды умножить на удельный вес (удельный вес пресной воды равен 1,0, морской — 1,026), то получается весовое водоизмещение. Водоизмещение—мера плавучести судна: чем больше водоизмещение, тем больше плавучесть.

Объем надводной части корпуса судна (выше грузовой ватерлинии), включая и объем надстроек над главной палубой, если они герметически закрываются, называется запасом плавучести.

Если в борту судна имеются вырезы, которые герметически не закрываются, то запас плавучести вычисляется только до нижней кромки этих вырезов.

Высота надводного борта устанавливается правилами Речного Регистра в зависимости от типа судна и его назначения.

Чем выше надводный борт, тем безопаснее плавание на судне.

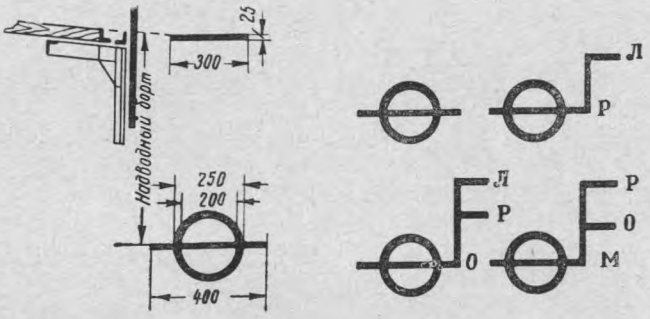


Рис. 1. Грузовая марка

Надводный борт — часть борта судна, находящаяся выше ватерлинии.

Специальные знаки, наносимые на обоих бортах судна (рис. 1) для указания допускаемой высоты надводного борта, называются грузовыми марками. Грузовая марка состоит из круга, пересеченного по центру горизонтальной линией, палубной линии и предельных линий осадок.

Ширина линий грузовой марки — 25 *мм*; внешний диаметр круга — 250 *мм*; длина горизонтальной линии, пересекающей круг, — 400 *мм*. Центр круга находится на одной вертикали с серединой палубной линии и расстояние его от верхней кромки этой линии равно назначаемой для данного судна высоте над-

водного борта. Горизонтальная линия, пересекающая круг, верхней своей кромкой проходит через центр его.

Палубная линия — горизонтальная линия длиной 300 *мм* и шириной 25 *мм*, нанесенная на каждом борту судна так, чтобы ее верхняя кромка совпадала с линией пересечения верхней поверхности палубы надводного борта с наружной поверхностью бортовой обшивки.

Если техническое состояние судна таково, что оно может совершать рейсы в различных районах с разными гидрометеорологическими условиями, то рядом с кругом наносят вертикальную черту шириной 25 *мм*, от которой отходят горизонтальные линии осадок шириной 25 *мм* и длиной 150 *мм*. Верхние кромки этих линий обозначают максимальную высоту надводного борта судов, допускаемых к плаванию в определенных районах. Против линий осадок буквами размером 100×60 *мм* отмечают район плавания.

В соответствии с принятым делением судов по районам плавания установлены четыре основных типа грузовых марок. Грузовую марку наносят, как правило, на середине длины судна (т. е. по миделевому сечению) на каждом борту — белой краской на темном фоне и черной краской на светлом фоне.

На металлических судах длиной более 80 *м* на каждом борту наносят три марки, из которых средняя находится в миделевом сечении, а крайние — на расстоянии одной трети длины судна от носа и кормы.

Кроме грузовых марок, на штевнях каждого судна наносят еще марки углубления. Как грузовые марки, так и марки углубления перед окраской наносят керном.

Остойчивость. Причины, вызывающие наклонение судна, различны: давление ветра, действие набегающих волн, давление воды на винты и руль, действие воды, заполняющей отсеки судна при получении пробоины, перемещение, прием и уменьшение количества грузов, натяжение буксирного троса и др.

Наклонение судна возможно относительно продольной и поперечной осей. В первом случае остойчивость называется поперечной, а наклонение судна относительно продольной оси — креном; во втором случае остойчивость называется продольной, а наклонение судна относительно поперечной оси — дифферентом.

Допустим, что судно накренилось под действием силы ветра (рис. 2, *а*). Вследствие того, что один борт погрузился в воду больше, а другой вышел из воды, сила давления воды будет больше на тот борт, который глубже сидит в воде. Со стороны этого борта будет приложена и равнодействующая D сил давления воды, переместившаяся из точки C (центр величины или центр тяжести погруженного в воду объема судна) в сторону крена, в точку C_1.

Центр тяжести судна G, к которому приложена равнодействующая P сил веса судна, остается в неизменном положении, так как вес судна и его водоизмещение не изменились. Чтобы центр тяжести не смещался при крене, необходимо закреплять на судне все перемещающиеся и перекатывающиеся грузы.

Центр тяжести и центр величины у разных судов находятся на различной высоте от днища. Их положение определяется расчетом.

Сила веса судна и сила давления воды хотя и остались равны друг другу, но при крене находятся не одна против другой, а параллельны друг другу и образуют так называемую пару сил с плечом GZ. Сила D, умноженная на плечо GZ, создает момент, который и восстанавливает первоначальное прямое положение судна. Такой момент называется восстанавливающим, а положение судна при действии этого момента — остойчивым.

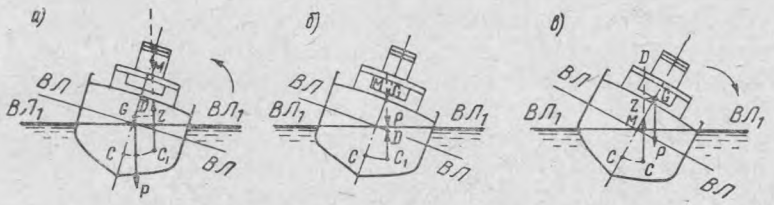


Рис. 2. Случаи остойчивости судна:
а — судно остойчиво; *б* — остойчивость судна равна нулю;
в — судно не остойчиво

Некоторые суда остаются в наклоненном положении и после прекращения действия внешней силы. Это объясняется тем, что при крене судна центр величины C будет снова на одной вертикальной линии с центром тяжести G. В этом случае силы располагаются не параллельно — плечо между ними отсутствует, и, следовательно, момент равен нулю и остойчивость судна также равна нулю (рис. 2, *б*).

Центр тяжести судна может перемещаться в вертикальном направлении при погрузке, выгрузке или передвижении грузов. Так, например, если класть груз выше центра тяжести или снимать груз, расположенный ниже центра тяжести, то центр тяжести будет повышаться. Значительное повышение центра тяжести судна приводит к отрицательной остойчивости его, что следует иметь в виду при погрузке и выгрузке или при размещении грузов на палубе.

На рис. 2, *в* показан случай такого повышения центра тяжести G, что момент пары сил (произведение силы D на плечо GZ) вызывает вращательное движение судна и опрокидывает его.

Во избежание этого не следует допускать полной или значительной разгрузки трюма при большом количестве грузов на

верхней палубе. Нельзя также загружать палубу, предварительно не загрузив соответствующим образом трюмы.

Чтобы судно всегда сохраняло прямое положение, метацентрическая высота его должна быть положительной.

Метацентрической высотой h называется расстояние от центра тяжести судна G до метацентра M (точки пересечения равнодействующей всех сил давления воды с диаметральной плоскостью судна).

Если метацентр находится выше центра тяжести, то судно остойчиво. Если же метацентр расположен ниже центра тяжести или совпадает с ним, судно не остойчиво.

Крен и дифферент отрицательно влияют на ходовые качества, особенно колесных судов. При крене бортовые колеса неравномерно погружаются в воду. Одно колесо работает с малой нагрузкой, что вызывает рыскливость (отклонение носа судна в сторону более высокого борта) и неравномерную работу отдельных деталей машины.

Дифферент на нос приводит к тому, что при переднем ходе появляются дополнительное сопротивление воды движению и рыскливость судна, вследствие чего уменьшается скорость движения.

Крен и дифферент устраняют путем перераспределения грузов на судне или балластировки. Устранение крена и дифферента приводит к повышению скорости хода судна при тех же мощности машин и расходе топлива.

Для определения угла крена пользуются специальным прибором—кренометром. Он представляет собой качающуюся медную пластинку в виде якоря или стрелки, устанавливаемую в диаметральной плоскости судна, под которой укреплена вторая пластинка с нанесенными на ней делениями, показывающими величину угла крена в градусах. Всякое отклонение якоря от нулевого положения свидетельствует о крене.

При балластировке одновременно измеряют крен, дифферент и осадку судна.

Крен определяют в градусах, а дифферент — в сантиметрах, по делениям реек, нанесенных на форштевне и ахтерштевне.

Непотопляемость. Непотопляемость судна достигается правильным распределением водонепроницаемых переборок в корпусе, количество которых устанавливается и регламентируется правилами Речного Регистра в зависимости от длины судна и запаса плавучести.

Для речных судов требования непотопляемости предъявляются Речным Регистром только к пассажирским судам разрядов «М» и «О», которые не должны тонуть при затоплении любого одного отсека.

Качка. Качкой называются колебания судна относительно продольной (бортовая качка) или поперечной (килевая качка) оси, вызываемые действием внешних сил.

Судно должно качаться плавно, с небольшими углами наклонения. Сильная качка вредно действует на корпус судна, вызывая местные разрушения в нем и перемещения грузов. Последнее может привести к опрокидыванию судна вследствие потери остойчивости, к уменьшению скорости его хода и т. д.

Поворотливость. К основным факторам, характеризующим поворотливость судна, относятся скорость поворота при отклонении пера руля и диаметр циркуляции (см. стр. 18), описываемой судном. Поворотливость —одно из важных навигационных качеств судна, обеспечивающее безопасность плавания на стесненных фарватерах, а также в условиях плохой видимости.

Поворотливость судна зависит не только от действия руля, но в значительной степени и от работы гребного винта, силы и направления ветра и течения.

Одновинтовые суда с гребным винтом правого шага (винт вращается по часовой стрелке, если смотреть на него сзади), при положении руля «прямо» на установившемся переднем и заднем ходу уклоняются носом в правую сторону. Если винт левого шага (винт вращается против часовой стрелки), при этих же условиях наблюдается уклонение влево. Поэтому одновинтовые суда с гребным винтом правого шага на переднем ходу лучше поворачиваются вправо, а суда с винтом левого шага — влево.

Суда с бортовыми гребными колесами отличаются лучшей поворотливостью, чем одновинтовые.

На двухвинтовых судах гребные винты (если они вращаются с одинаковым числом оборотов) не оказывают существенного влияния на поворотливость при переднем и при заднем ходе.

Двухвинтовое судно может повернуться почти на месте. Для этого нужно сообщить одной машине полный ход вперед, а другой — полный назад.

На поворотливость судна оказывает также влияние степень и правильность его загрузки. Если разместить, например, тяжеловесные грузы ближе к носу и корме, диаметр циркуляции увеличится, если же сосредоточить их вблизи миделевой (средней) части, судно будет поворачиваться лучше.

При расположении грузов на палубе центр тяжести судна повышается, что приводит к валкости судна, которая, в свою очередь, вызывает зарыскивание его то в одну, то в другую сторону. Во избежание этого грузы следует сосредоточивать в трюме.

Если судно имеет дифферент на нос, оно хорошо поворачивается, но в то же время увеличивается его рыскливость. При дифференте на корму судно хуже поворачивается и рыскает при движении. Крен вызывает стремление судна постоянно уклоняться при движении в сторону, противоположную крену.

На поворотливость судна большое влияние оказывают так-

же течение и ветер, которые смещают судно с избранного курса.

При ветреной погоде на судах с высокими надстройками оборот лучше делать на ветер. Если центр парусности[1] расположен ближе к корме, то при ветре справа нос отклоняется также вправо, на ветер. В таком случае оборот следует делать вправо, так как ветер помогает обороту. При заднем ходе оборот лучше делать на ветер, так как ветер поможет отклонить нос и ускорить оборот.

На современных судах для улучшения их поворотливости у гребных винтов устраивают поворотные насадки (трубу переменного сечения, укрепленную на корпусе судна, в которой вращается гребной винт) с приводом для отклонения ее от диаметральной плоскости на необходимый угол. Реактивное действие струи воды, отбрасываемой гребным винтом и направляемой поворотной насадкой, аналогично действию руля и улучшает поворотливость судна.

На трехвинтовых пассажирских судах типа «Родина» имеется так называемый гидроруль — подруливающее устройство, которое используют при привалах и отвалах.

Способность судна сохранять приданное ему направление движения называется устойчивостью на курсе.

Практикой установлено, что речные суда отличаются меньшей устойчивостью на курсе, чем морские и озерные; чтобы удерживать речное судно на заданном курсе, необходимо все время маневрировать рулем, перекладывая его то на правый, то на левый борт до 15 раз в минуту.

Если судно держится на курсе, не требуя перекладки пера руля в течение 5—6 *сек,* то его устойчивость на курсе считается удовлетворительной. Устойчивое на курсе судно не требует перекладки руля больше чем на 2—3°.

При рыскливости (частых и самопроизвольных отклонениях судна от первоначального курса) увеличиваются путь судна и сопротивление воды его движению. Рыскливость вызывается конструктивными особенностями судов (обводами носа и кормы, формой и расположением надстроек) и глубиной фарватера, течением, ветром и другими условиями плавания.

Наименьшей рыскливости подвержены более длинные суда. Особенно рыскливы суда с ложкообразными и лыжеобразными обводами. Поэтому при буксировке, например, составов из барж, у которых оконечности имеют клинообразные, ложкообразные или лыжеобразные обводы, для уменьшения рыскливости рекомендуется в носовую часть состава ставить баржи с клинообразными обводами. Если же буксируются баржи с лы-

---

[1] Центр парусности — точка приложения равнодействующей силы давления ветра на боковую надводную поверхность судна (корпус, надстройки мачты и др.).

жесбразными обводами, то вперед рекомендуется ставить две баржи, счаленные лагом.

Сохранение судном заданного курса обеспечивается рулевым устройством.

Когда перо руля находится в диаметральной плоскости судна, или, как говорят, прямо, струи воды, плавно обтекая корпус судна, также обтекают и перо руля, не оказывая на него никакого существенного давления. В этом случае судно двигается прямолинейно.

Если при движении судна переложить руль на некоторый угол по отношению к диаметральной плоскости, давление воды на перо руля сразу изменится. Струи воды с одной стороны будут проходить, скользя по перу руля и оказывая на него слабое давление, а с другой стороны, в которую отклонено перо руля, будут оказывать на него значительное давление, возрастающее по мере увеличения угла отклонения руля.

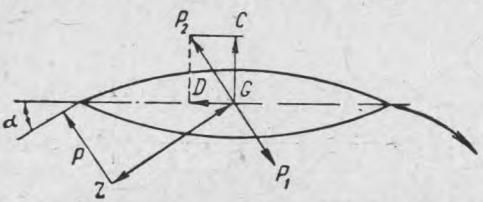


Рис. 3. Схема действия сил при повороте судна:
P — сила давления на перо руля; P_1 и P_2 — силы, равные силе P и параллельные ей; G — центр тяжести судна; GZ — плечо; D — сила, замедляющая скорость движения; C — центробежная сила, вызывающая крен и дрейф судна

Таким образом, течение, оказывая давление на перо руля, отклоняет корму в одну сторону, а нос — в другую.

Действие сил при повороте судна показано на рис. 3. Под действием центробежной силы C возникает крен вначале в сторону отклонения руля, а затем, с увеличением ее, — в сторону, противоположную повороту судна. Величина этой силы также зависит от скорости хода судна и угла отклонения пера руля. Если делать оборот при полном ходе, перекладывая руль на большой угол, то крен может достигнуть таких размеров, что при небольшой остойчивости судно опрокинется.

У некоторых низкобортных судов при повороте наблюдается крен во внутреннюю сторону.

При движении задним ходом также наблюдаются дрейф и крен. Крен будет происходить в наружную сторону от циркуляции. Для уменьшения крена при заднем ходе необходимо делать оборот на меньших скоростях, чем при переднем ходе.

Кривая линия, описываемая центром тяжести судна при его повороте, называется циркуляцией (рис. 4). Величина циркуляции измеряется ее диаметром. Диаметром циркуляции называется расстояние между диаметральной плоскостью судна при начале поворота и его же диаметральной плоскостью после поворота на 180°. Расстояние, которое проходит

ВИБЛИОТЕКА
Ленинградского института
инженеров водного транспорта

судно с момента перекладки руля на борт до поворота на 90°, называется выдвигом циркуляции.

Величина диаметра циркуляции имеет большое значение в судоводительской практике. Большой диаметр циркуляции характеризует плохую поворотливость судна. Чем меньше диаметр циркуляции, тем лучше поворотливость судна. У речных судов старой постройки диаметр циркуляции равен трем—пяти длинам судна. У судов современной конструкции диаметр циркуляции значительно меньше; он может достигать полутора длин судна.

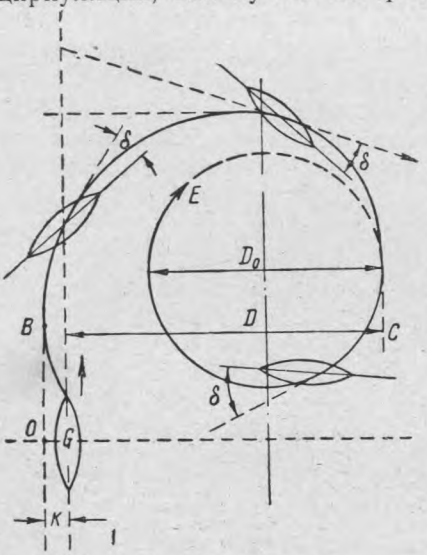


Рис. 4. Циркуляция судна и ее элементы:
K — выдвиг; G — центр тяжести судна; OB — маневренный период; BC — период неустановившегося движения; CE — период установившегося движения; D — тактический диаметр циркуляции; D_0 — диаметр установившейся циркуляции; δ — угол дрейфа

Если судно имеет небольшую длину, то оно поворачивается быстрее, так как вода оказывает меньшее сопротивление повороту, и диаметр циркуляции меньше; увеличение длины судна приводит к увеличению диаметра циркуляции.

Ходкость. Вода оказывает сопротивление движению судна. Это вызвано завихрением ее частиц при соприкосновении их с корпусом судна. Различают следующие виды сопротивления: сопротивление трения, возникающее вследствие трения частиц воды о корпус судна (у металлических судов с гладкой, хорошо окрашенной поверхностью оно меньше, у деревянных судов — больше); вихревое, возникающее у кормовой части судна и зависящее от ее обводов; волновое, возникающее под действием расходящихся волн в носовой части и поперечных — у кормовой части судна. Наибольшее сопротивление от полного (более 80%) составляет сопротивление трения. Чтобы преодолеть сопротивление воды движению судна и обеспечить судну движение вперед с заданной скоростью необходимо приложить силу, которая создается движителем. Движитель приводится в действие главной машиной судна, мощность которой рассчитывают с учетом преодоления полного сопротивления.

ГЛАВА II

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ РЕЧНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ

§ 4. АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ

Условия работы и назначение судна в основном определяют его архитектуру и расположение механизмов и оборудования на нем (табл. 2).

Таблица 2

Тип судна	Архитектурные особенности	Современные суда, принадлежащие к данному типу
Пассажирское и грузо-пассажирское	Весьма развитые надстройки. Пассажирские спальные места — в каютах с небольшим числом мест. Много общих пассажирских мест. На пассажирских судах выделены специально места для багажа, а на грузо-пассажирских — и для груза. Судовая силовая установка и цистерны для топлива размещены в средней части корпуса судна. Грузовые трюмы находятся ближе к средней части, а в носовой и кормовой частях корпуса — помещения для пассажиров и команды.	Трехдечный дизель-электроход «Ленин» мощностью 2700 *л. с.* и пассажировместимостью 468 чел. Двухдечный теплоход «Россия», мощностью 800 *л. с.* и пассажировместимостью 400 чел. Трехдечный грузо-пассажирский теплоход «Родина» мощностью 1200 *л. с.*, «Октябрьская революция» мощностью 1575 *л. с.*, «Ерофей Хабаров», «Дон» мощностью 800 *л. с.* Все эти суда имеют пассажировместимость от 320 до 368 чел. Колесное двухдечное судно проекта № 737 мощностью 450 *л. с.*

Продолжение табл. 2

Тип судна	Архитектурные особенности	Современные суда, принадлежащие к данному типу
Пассажирское пригородного сообщения	Только для пассажиров. В каютах пассажирские места только для сидения, спальных мест нет. Верхняя палуба открыта (закрывается тентом), со скамейками. Силовая установка — в средней части корпуса.	Однодечные или полуторадечные теплоходы типа «Москвич» (проект № 544), «ОМ» (проект № 839), мощностью 150 *л. с.* Пассажирских мест для сидения обычно 150. Озерные теплоходы «ОМ» (проект № 780) мощностью 300 *л. с.*
На подводных крыльях	На судах такого типа корпус и надстройка выполнены как единое целое. Пассажирские места — только для сидения, в общих салонах. Теплоходы, совершающие рейсы большой протяженности, имеют кресла с откидными спинками и подголовниками, устанавливаемые на днище. Моторное отделение в средней части корпуса. Рулевая рубка на теплоходах «Метеор», «Спутник», «Чайка» вынесена ближе к носу для улучшения видимости, на теплоходе «Ракета» — ближе к корме.	«Ракета» мощностью 750 *л с.* на 60—66 пассажирских мест, «Метеор» мощностью 1700 *л. с.* на 130—150 пассажирских мест и «Спутник» на 300 пассажирских мест.
Сухогрузное	Открытые (груз укладывают в трюмы) или площадки (груз укладывают на палубу). Первые имеют двойное дно, а иногда и двойные борта, тогда трюмы делают полностью открытыми. Для предохранения груза от атмосферных осадков сделаны люковые закрытия. Борта корпуса вертикальные, обводы оконечностей полные. Носовая часть ложкообразной формы, а кормовые обводы — закругленные. Машинное отделение — в кормовой части, над ним — однодечная или двухдечная надстройка с ходовой рубкой.	Грузовые теплоходы грузоподъемностью 150, 300, 350, 600, 700, 1000, 2000, 2700, 5000 *т*, мощностью 150—2000 *л. с.*
Танкер	Палуба полностью закрыта, если груз перевозят непосредственно в корпусе, гладкая (сплошная закрытая) или тронковая, если возвышается в средней части над стрингером. Для перевозки мазута, сырой нефти и др. вязких грузов делают танкеры с двойным дном. Танкеры, перевозящие нефтепродукты различных классов, имеют двойные борта. Грузовое простран-	Танкер проекта № 558 грузоподъемностью 5000 *т*, мощностью 2000 *л. с.* с двойным дном и двойными бортами. Танкер проекта № 576 грузоподъемностью 2700 *т*, мощностью 1100 *л. с.* с двойным дном. Танкер проекта № 1754 грузоподъемностью 1000 *т*

Тип судна	Архитектурные особенности	Современные суда, принадлежащие к данному типу
	ство разделяется продольными и поперечными переборками. Корпус аналогичен корпусу сухогрузного теплохода, если нефтегруз перевозят в баках-цистернах, устанавливаемых в корпусе. У танкеров, переводящих груз непосредственно в корпусе, на палубе устроен «грузопровод» с отростками в каждый танк, а у танкеров, перевозящих груз в баках-цистернах, они соединены общим трубопроводом. Машинное отделение — в корме, а впереди него — насосное отделение для откачивания перевозимых грузов. Для дифферентовки танкера с грузом за форпиком до грузовых танков имеются сухие отсеки. Жилые помещения находятся в однодечной или двухдечной надстройке над машинным отделением. Якорное устройство и брашпиль — в носу на баке.	мощностью 1000 *л. с.* без двойного дна. Танкер проекта № 587, с тронковой палубой, грузоподъемностью 3300 *т*, мощностью 1600 *л. с.*, с двойным дном и двойными бортами. Танкер проекта № 866 с вставными цистернами грузоподъемностью 600 *т*, мощностью 300 *л. с.* с пятью баками. Танкер проекта № 868 грузоподъемностью 150 *т*, мощностью 150 *л. с.* с четырьмя баками.
Буксирное	У колесных судов машинно-котельное отделение и топливные цистерны размещены в средней части корпуса, а к носу и корме расположены жилые помещения. Надстройка однодечная, идет по обносам. Над машинно-котельным отделением устроен фонарь, сзади него — котельный кожух, а над ними — рулевая рубка и капитанский мостик. Главная палуба используется для размещения якорного устройства (в носу), перекачивающего насоса и швартовных кнехтов, а в корме — буксирных арок, лебедки, кормового шпиля и кормовых швартовных кнехтов.	Буксирный пароход (колесный — проекта № 732) мощностью 450 *л. с.* и проекта № 733 мощностью 210 *л. с.*
	Винтовые суда по длине и ширине меньше колесных, имеют большую осадку, обносов нет.	«Красное Сормово» проекта № 10 мощностью 600 *л. с.*
	Надстройка находится на главной палубе. В носовой части — каюты для комсостава и кают-компания со столовой.	Типа Ч-800, мощностью 800 *л. с.* «РБТ» проектов № 378 и 528, мощностью 300 *л. с.* и проекта № 522 мощностью 150 *л. с.*
	Машинное отделение и топливные цистерны — в средней части, а в	

Продолжение табл. 2

Тип судна	Архитектурные особенности	Современные суда, принадлежащие к данному типу
	носу и корме — жилые помещения. В носовой и кормовой частях находятся судовые устройства и палубные механизмы.	«Академик» мощностью 400 *л. с.* «БОР» мощностью 400—600 *л. с.*
Толкач-буксир	В носовой части имеются специальные упоры. Надстройка двухдечная, рулевая рубка поднята на большую высоту и находится в носовой части. Вместо рулей — поворотные насадки, в корме усиленный кормовой якорь. Машинное отделение, запасы топлива, рулевая машина, служебные помещения — в корме. Кроме того, на этих судах имеются буксирный гак, арки и буксирная лебедка на случай буксировки на тросе.	«Зеленодольск» проекта № 749 мощностью 1200 *л. с.* «Плевна» проекта № 749А мощностью 1340 *л. с.* Толкач проекта № 758 мощностью 800 *л. с.*
Палубная сухогрузная баржа	Каждый грузовой отсек имеет люк значительных размеров, что дает возможность применять для выгрузки грейферные краны. Жилая рубка — одноэтажная легкая металлическая; над ней размещается рулевая рубка.	Баржи грузоподъемностью 100, 2800 и 3000 *т*
Лихтер	Палубная сухогрузная баржа разряда «М» для плавания на озерах и водохранилищах, с выходом в прибрежные морские районы (с ограничением по погоде).	Лихтеры грузоподъемностью 1000 и 2000 *т*
Тентовая стальная сухогрузная баржа	Низкобортная, нос ложкообразный приподнятый, корма имеет тупые образования. Легкая надстройка высотой до 2 *м*, идущая от носа до кормы, с несколькими грузовыми задвижными воротами по бортам и с люковыми закрытиями на крыше тента. Рулей 2—3, управляются ручным штурвалом. Жилые помещения — в корме под рулевой рубкой.	Тентовые баржи (баркасы) грузоподъемностью до 1000 *т*
Баржа-площадка	Палуба сплошная металлическая, с лазами для осмотра корпуса. На палубе — грузовой бункер, а при перевозке леса у бортов делают стойки. Надстройки располагаются на корме. Если баржи приспособлены для толкания, надстроек совсем не делают.	Баржи-площадки грузоподъемностью 300, 500, 600, 800, 1000, 1400, 1500 и 1800 *т*

Продолжение табл. 2

Тип судна	Архитектурные особенности	Современные суда, принадлежащие к данному типу
Открытая сухогрузная баржа	Борта значительной высоты и днище двойные. Внутренние стенки вторых бортов имеют наклон. Грузовой трюм внутри не имеет ни пиллерсов, ни переборок. Надстройка в корме. Если баржа предназначена для толкания, надстройки не делают. Часто на таких баржах бывают небольшие электростанции, что обеспечивает механизацию трудоемких ручных работ.	Баржи разряда «О» грузоподъемностью 1800—3000 *т*
Наливная баржа	Нос ложкообразной формы, корма — саннообразной. Продольных переборок 2—3; большое количество поперечных переборок.	Баржи грузоподъемностью 1000—2000, 4000—6000 *т*
Паром	Палубы подкреплены снизу пиллерсами и продольными переборками. Борта ограждены усиленными фальшбортами. Для удобства разгрузки палубу в носу и корме расширяют и делают с транцем, чтобы выгрузку можно было производить и с носа и с кормы.	Озерные железнодорожные паромы мощностью 1600 *л. с.* и автомобильные мощностью 300, 450 и 800 *л. с.*

§ 5. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОГО ФЛОТА И УЛУЧШЕНИЯ УСЛОВИЙ СУДОХОДСТВА

Основные направления технического прогресса на речном транспорте — широкое применение дистанционного управления судовыми силовыми установками и автоматизация судовождения, значительное повышение скоростей движения, проведение мероприятий по комплексной механизации наиболее трудоемких погрузочно-разгрузочных работ и модернизации судов.

Речной транспорт СССР должен бесперебойно удовлетворять все возрастающие потребности народного хозяйства в перевозках грузов и пассажиров.

Семилетний план развития речного транспорта успешно выполняется, а задания по повышению производительности труда и снижению себестоимости перевозок выполняются с некоторым опережением.

Одним из факторов успешного выполнения семилетнего плана является широкое участие речников в движении за коммунистические формы труда.

В последние годы речной флот модернизируется и пополняется судами более совершенной конструкции, создаются лучшие условия судоходства и обеспечиваются необходимые габариты пути, реконструируются и создаются новые судоремонтные

предприятия, шире внедряются новейшие средства связи и электрорадионавигации.

В настоящее время основное ядро всего транспортного самоходного флота составляют теплоходы, построенные в течение последних лет. В качестве главных судовых двигателей на них используются дизели с наддувом и газовые турбины. Удельный вес дизельного флота достигает 80%, а металлических судов — 90%*.

Новые суда имеют повышенные скорости. Они приспособлены для высокопроизводительной погрузки и выгрузки, оснащены средствами комплексной автоматизации. Предусматривается дальнейшее увеличение скоростей движения грузовых и пассажирских судов в среднем на 30—40% (23—30 *км/час*), толкаемых составов на 60—70% (16—20 *км/час*), скоростных судов на 70—80% (120—140 *км/час*) *.

Появились суда с водометными движителями, суда на подводных крыльях и на воздушной подушке.

Флот пополнился толкачами мощностью 1340 и 800 *л. с.*, значительное число буксирных судов и барж оборудовано для буксировки методом толкания.

Пополнение флота толкачами и оборудование барж для толкания создали условия для широкого применения этого высокоэкономичного и прогрессивного метода.

Значительно возросла грузоподъемность судов грузового флота.

Применение на судах транспортного и технического флота дистанционного управления главными двигателями способствовало повышению производительности труда и снижению себестоимости перевозок.

В настоящее время все суда транспортного и технического флота оборудованы дистанционным управлением главными двигателями.

В путевом хозяйстве будет шире внедряться автоматика и телемеханика, электрификация судоходной обстановки и моторизация ее обслуживания. Промерные, тральные и другие работы полностью механизируются.

Дизель-электрические землесосы переводятся на работу с автоматизацией грунтозабора и регулированием рабочих перемещений по траншее. Механизируются и автоматизируются многие трудоемкие работы при землечерпании.

Для обеспечения непосредственной связи судоводителя с диспетчером без помощи радиста транспортные суда снабжаются приемо-передающими радиотелефонными станциями. Для более уверенной радиосвязи на случай индустриальных помех на рейдовом флоте, в портах и районах шлюзов устанавлива-

---

* В. Х. Дубчак, М. И. Чернов. Технический прогресс на водном транспорте, изд-во «Знание», М., 1963.

ются ультракоротковолновые (беспоисковые, с избирательным вызовом и дежурным приемом) радиостанции.

На крупных водохранилищах устанавливаются береговые радиолокационные станции. С таких станций можно просматривать подходные фарватеры, определять местонахождение судов и давать последним необходимые указания по радиотелефону.

Достижения современной радиотехники и электроники позволяют применять автоматическое вождение судов по заданному курсу при помощи автопрокладчика, ведущего непрерывную запись пройденного пути на специальной карте, что дает возможность штурману вести судно по намеченному курсу «слепым» способом, пользуясь только компасом — основным указателем направления.

В настоящее время на ряде судов имеется «авторулевой».

Вместо ручной наметки появились автоматические приборы контроля изменения рельефа дна по пути следования судна.

Перспективы развития транспортного флота определяются рядом факторов.

Так, например, в связи с быстрым ростом грузооборота речного транспорта должен возрасти самоходный грузовой флот.

Значительно увеличится грузоподъемность сухогрузных судов и танкеров.

Благодаря совершенствованию формы обводов, повышению к.п.д. силовых установок и движителей и применению скоростных грузовых судов на подводных крыльях, а в последующем и судов на воздушной подушке, повысятся скорости движения судов.

В речном судостроении получат широкое применение новые материалы (низколегированные стали, легкие сплавы, пластмассы). Дальнейшее развитие получит использование железобетона, армоцемента и новых сортов бетона.

Грузовые суда будут трюмными открытыми, а на некоторых будут оборудованы съемные люковые закрытия. Предполагается для транспортировки пылевидных и сыпучих грузов оборудовать трюмные суда эластичными баллонами, находящимися в особых отсеках. Суда-площадки будут одно- и двухкорпусными; на них будут оборудованы эластичные убирающиеся закрытия. Разгружающиеся буксирные суда будут иметь конвейеры.

В сетке типов самоходных судов предусматриваются также суда смешанного речного-морского плавания, крупнотоннажные двухкорпусные суда — лесовозы, скоростные — на подводных крыльях.

На основных речных магистралях буксирный флот будет развиваться по линии завершения перехода от буксировки на тросе к толканию, увеличения скоростей движения и веса толкаемых и буксируемых составов.

В конструктивном отношении часть буксиров-толкачей будет водить маршрутные или сборные составы из барж-секций, а часть буксировать на тросе эластичные оболочки, плоты и плавучие контейнеры.

Основным направлением в использовании пассажирского флота будет широкое применение скоростных судов на подводных крыльях и на воздушной подушке для обслуживания деловых пассажиров; остальные суда будут в основном перевозить туристов и отдыхающих.

Для повышения производительности труда и экономичности речного флота намечается дальнейшее увеличение грузоподъемности самоходных судов до 5 тыс. *т*, секционных составов до 7500 *т* и сборных составов до 16 тыс. *т* с толкачом мощностью 4 тыс. *л. с.*

ГЛАВА III

УСТРОЙСТВО СУДОВ

§ 6. КОРПУС СУДНА

Корпус судна состоит из набора и обшивки. Набор — это совокупность продольных и поперечных связей, обеспечивающих прочность судна и придающих ему соответствующую форму; обшивка — наружная водонепроницаемая оболочка корпуса.

Существуют три системы набора корпуса, которые в конструктивном отношении определяются расположением связей набора:

1) поперечная система (рис. 5), при которой главные непрерывные связи располагаются в поперечной плоскости (шпангоуты, бимсы).

Основной признак этой системы — меньшее расстояние между балками поперечного направления, чем между балками продольного направления;

2) продольная система (рис. 6), в которой главные непрерывные связи направлены по длине судна (днищевые кильсоны, бортовые стрингеры, карлингсы). Эта система получила широкое применение на наливных судах, и в настоящее время по продольной системе строят сухогрузные и пассажирские суда;

3) смешанная система (продольно-поперечная), при которой днище и палуба построены по продольной системе, а борта и переборки — по поперечной.

Смешанная система набора получила в настоящее время самое широкое распространение. По этой системе строят нефтеналивные несамоходные баржи, танкеры, все сухогрузные теплоходы, сухогрузные несамоходные баржи и баржи-площадки, пассажирские и грузо-пассажирские суда длиной более 40 *м* и т. д.

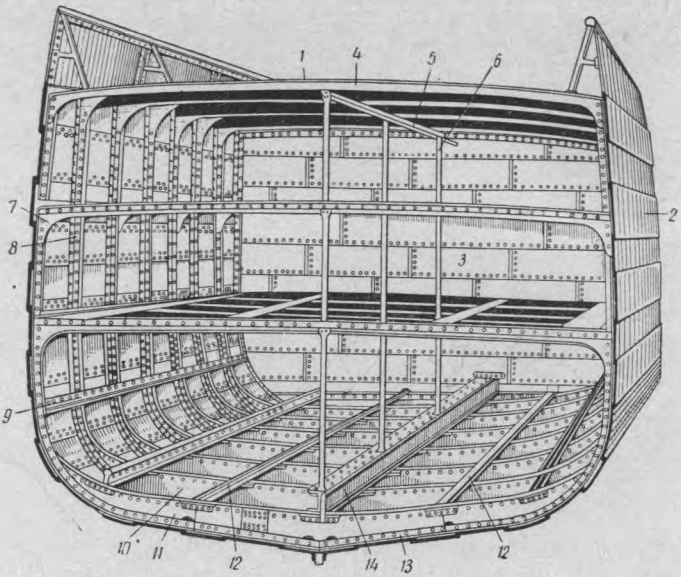


Рис. 5. Поперечная система набора:

1 — палуба; *2* — наружная обшивка; *3* — поперечная переборка; *4* — бимс; *5* — карлингс; *6* — пиллерс; *7* — кница; *8* — бортовой шпангоут; *9* — бортовой стрингер; *10* — днищевой флорный шпангоут; *11* — флор; *12* — кильсон; *13* — днищевой шпангоут; *14* — диаметральный кильсон

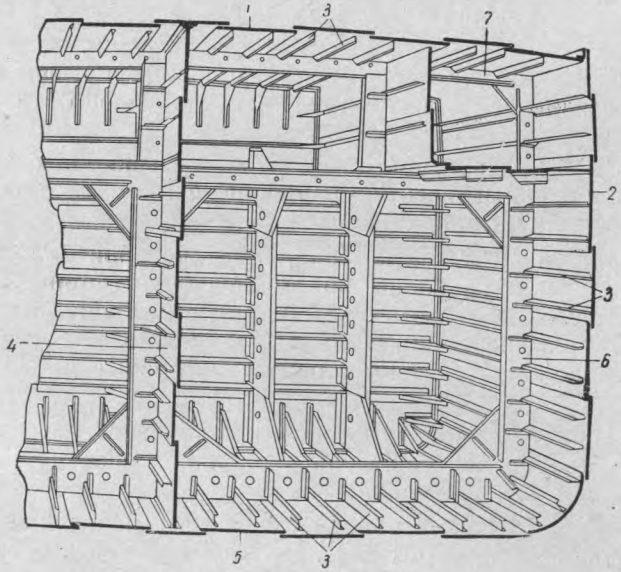


Рис. 6. Продольная система набора:

1 — палуба; *2* — наружная обшивка борта; *3*—продольные балки; *4* — продольная переборка; *5* — обшивка днища; *6* — бортовые рамные шпангоуты; *7* — бимс

Обшивка судна — днище, борта и настил палубы — составляет водонепроницаемую оболочку корпуса, обеспечивающую его продольную прочность, а также поперечную и местную прочность. Обшивка состоит из отдельных поясов — стальных листов различной толщины, располагаемых вдоль судна.

§ 7. КОРПУС МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СУДНА

Основанием корпуса у плоскодонного речного судна служит средний утолщенный лист днищевой обшивки, который идет от носа до кормы и называется горизонтальным килем. Средний кильсон, представляющий собой продольную связь, идущую в диаметральной плоскости судна по всей его длине, называется вертикальным килем.

У современных судов разрядов «М» и «О», предназначенных для плавания по водохранилищам и озерам, корпуса делают килеватыми. Днище у судов с таким корпусом поднимается от диаметральной плоскости к бортам на 5—10°, а радиус подворота (у скулы) делают большим.

В оконечностях судна устанавливают стальные литые, кованые или сварные балки, называемые штевнями, к которым приваривают в носу и корме киль.

Штевень, расположенный в носу, называется форштевнем, в корме — ахтерштевнем. Конструкции штевней довольно разнообразны и зависят от назначения судна.

На современных судах форштевень имеет наклон вперед, что в сочетании с развалом носовых шпангоутов обеспечивает плавный вход судна на волну.

На ледокольных судах форштевень в подводной части делают наклонным под небольшим углом к горизонту, чтобы судно могло «вползать» на лед и продавливать его своей тяжестью. Есть ледокольные суда, имеющие форштевень другой формы, благодаря чему лед подламывается снизу. Отличается своей формой форштевень и у пожарных судов.

У колесных судов ахтерштевень делают вертикальным из полосы прямоугольного сечения.

У одновинтовых судов ахтерштевень имеет вид рамы, состоящей из двух вертикальных частей, отлитых или сваренных вместе. Передняя вертикальная ветвь рамы, через уширенную часть которой, называемую яблоком, проходит гребной вал, называется старнпостом и задняя, на которую навешивается руль,— рудерпостом. Нижняя часть рамы ахтерштевня называется подошвой, пространство, где помещается гребной винт, — амбразурой винта.

Свешивающаяся над водой часть кормы судна позади ахтерштевня называется подзором.

Отверстие в подзоре кормы, через которое проходит баллер руля, называется гельмпортом.

Основным поперечным креплением корпуса служат шпангоутные рамы, образуемые шпангоутами, составленными из днищевой и двух бортовых балок, и бимсами.

В зависимости от конструкции шпангоуты бывают холостые, флорные и рамные.

Шпангоут, состоящий из одного равнобокого или неравнобокого уголкового железа, называется холостым. Шпангоуты, усиленные в днищевой части, называются флорными (рис. 7). В днищевой части они состоят из высокого вертикального листа с приваренной горизонтальной обратной полосой или фланцем, отогнутым поверху. Эта часть шпангоута называется флором.

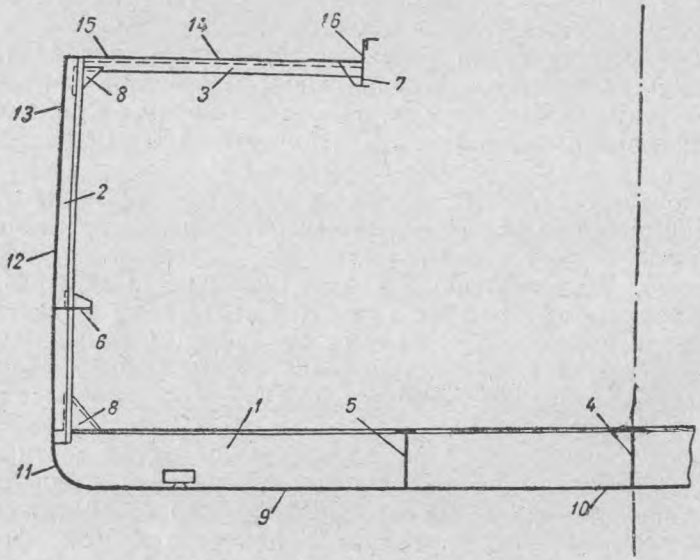


Рис. 7. Флорный шпангоут:

1 — флор; *2* — холостой шпангоут борта; *3* — холостой бимс; *4* — средний кильсон; *5* — боковой кильсон; *6* — бортовой стрингер; *7* — карлингс; *8* — кницы; *9* — обшивка днища; *10* — килевой пояс; *11* — скуловой пояс (подворот); *12* — обшивка борта; *13* — ширстрек; *14* — палубный настил; *15* — палубный стрингер; *16* — комингс

Шпангоут, у которого усиленное сечение имеет не только днищевая, но и бортовая часть, называется рамным.

В нижней части холостых шпангоутов делают полукруглые отверстия для протока воды, называемые голубницами. Расстояние между соседними шпангоутами называется шпацией. Размер шпации и порядок чередования холостых, флорных и рамных шпангоутов определяется правилами Речного Регистра в зависимости от типа судна и главных его размеров.

Для соединения бортовых ветвей шпангоутов и восприятия поперечных усилий, стремящихся сблизить борта, а также для поддержания палубы делают поперечные связи, называющиеся бимсами. Чтобы увеличить сопротивляемость бимсов изгибу от веса грузов, находящихся на палубе, и обеспечить сток воды с палубы, бимсы делают выгнутыми, отчего палуба имеет покатость к бортам.

Бимсы бывают холостые и рамные (в зависимости от тех же признаков, что и шпангоуты), из стали и дерева. Стальные бимсы соединяются со шпангоутами при помощи книц, а деревянные — специальными башмаками.

Кницей называется косынка из листовой стали, служащая для соединения частей, находящихся под углом друг к другу. При стальных палубах, не имеющих деревянного настила, бимсы ставят на каждом шпангоуте, а при деревянной палубе они могут быть поставлены и через шпангоут. Бимсы деревянных палуб надстроек могут быть деревянными.

Рамные бимсы ставят у концов грузовых люков, длина которых превышает двойную высоту борта судна, а также у концов люков машинно-котельных отделений. Кроме того, рамные бимсы ставят на рамных шпангоутах. Бимсы, перерезанные грузовыми люками, называются полубимсами, а вертикальные листы, окаймляющие люк и выступающие над палубой, — комингсами.

Днище, борта и палуба связаны поперечными водонепроницаемыми переборками, представляющими собой вертикальные стенки, разделяющие помещения внутри корпуса. Носовая переборка называется форпиковой, а кормовая — ахтерпиковой. При проломе корпуса судна переборки задерживают распространение воды в корпусе, предотвращая этим потопление судна.

Чтобы переборка могла противостоять давлению воды при проломе корпуса судна, ее укрепляют вертикальными угольниками, которые называются ребрами жесткости.

Для увеличения продольной прочности корпуса на рейдовых и озерных несамоходных судах дополнительно ставят продольные переборки. Их ставят также на наливных судах для предотвращения переливания груза.

Пространство внутри корпуса разделяется системой переборок на ряд изолированных друг от друга помещений, называемых отсеками. Отсек между форштевнем и первой от носовой оконечности переборкой называется форпиком, отсек между последней кормовой переборкой и ахтерштевнем —ахтерпиком, отсеки, предназначенные для перевозки грузов,— грузовыми трюмами, отсеки, в которых размещаются жилые помещения, — жилыми отсеками (кубриками), помещения для главных двигателей и паровых котлов — машинно-котельным отделением, отсеки, предназначенные для

хранения топлива, — топливными цистернами (если топливо жидкое) или топливными бункерами, угольными и дровяными ямами (если топливо твердое). На судах, работающих на жидком топливе, нефтяные отсеки (цистерны) отделяют от жилых и грузовых помещений предохранительными отсеками — коффердамами.

Днищевые части шпангоутов соединяются продольными связями — кильсонами. Количество кильсонов зависит от ширины судна.

Продольные подпалубные балки, на которые опираются бимсы, называются карлингсами. Карлингсы по своей конструкции похожи на кильсоны и находятся в одной плоскости с последними. Для связи кильсонов с карлингсами между ними ставят вертикальные стойки — пиллерсы, служащие для предотвращения прогиба и поддержания палубы.

Для связи бортовых ветвей шпангоутов и увеличения прочности бортового набора при высоте борта более 2 *м* вдоль бортов ставят продольные связи, называемые бортовыми стрингерами.

В носовой части судна, там, где сходятся бортовые стрингеры левого и правого борта, для связи их ставят горизонтальный треугольный лист — брештук.

Одной из главных продольных связей, обеспечивающих продольную, а также поперечную прочность корпуса, служат наружная обшивка (днищевая и бортовая) и настил палубы. Обшивка состоит из отдельных стальных листов различной толщины, расположенных вдоль судна и называющихся поясами. Место соединения между собой листов одного и того же пояса называется стыком, а место соединения соседних поясов — пазом. Утолщенный верхний пояс бортовой обшивки называется ширстреком. Пояса обшивки, не доходящие до оконечности судна, а заканчивающиеся между смежными с ними поясами, называются потеряями.

Обшивка корпуса образует боковые стенки судна — борта. Место, где борт переходит в днище, называется подворотом, а изгиб корпуса, где борт, закругляясь, переходит в заостренную носовую часть, — скулой.

Возвышающаяся над палубой часть борта носит название фальшборта. Фальшборт служит для предохранения людей от падения за борт.

В корме для предохранения пера руля устраивают консольную ферму (ограждение) с решетчатым деревянным настилом — кринолином. Для пропуска света и воздуха в бортах корпуса делают круглые или прямоугольные отверстия — иллюминаторы, имеющие плотно задраивающиеся (закрывающиеся) металлические рамки со вставленными в них стеклами.

В носовой части корпуса по обе стороны от форштевня делают вырезы для пропуска якорной цепи. В эти вырезы встав-

ляют стальную или чугунную трубу, проходящую сквозь палубу и борт судна, называемую клюзом.

Во избежание попадания внутрь корпуса судна воды и для размещения надстроек и судовых помещений сверху на бимсы настилают палубу. Палуба на судне может быть стальной и деревянной (или стальной настил палубы покрывают деревянным). Листы стального настила располагают вдоль судна. Крайний пояс, идущий параллельно обводу борта по всей длине судна от носа до кормы, называется палубным стрингером.

Деревянную палубу делают из сосновых брусков хорошего качества. Широкий и более толстый пояс деревянной палубы, идущий по борту, называется ватервейсом. Доски палубы соединяют встык или замком и крепят к бимсам болтами.

В пазах и стыках палубу проконопачивают просмоленной паклей, затем шпаклюют или заливают смолой.

В настиле палубы делают отверстия — люки. Назначение люков очень разнообразно. Так, например, для доступа света в машинное отделение, а также для установки и выемки механизмов и котлов в палубе устраивают машинные и котельные люки, для погрузки и выгрузки грузов в трюмы и из них — грузовые люки, для сообщения с жилыми помещениями, машинным и котельным отделениями — входные люки. Входные люки снабжаются трапами (лестницами) с поручнями. Над входными люками делают легкую деревянную или металлическую надстройку с дверцами, а иногда с выдвижной крышкой. Такая надстройка называется тамбуром.

§ 8. КОРПУС ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО СУДНА И СУДОВ ИЗ ЛЕГКИХ СПЛАВОВ И ПЛАСТМАСС

Корпус железобетонного судна отличается от стального тем, что элементы набора и обшивки составляют в нем единое целое.

Бетон представляет собой смесь воды, песка, гравия и цемента. В бетон при его укладке устанавливают арматуру из стальных стержней.

Общая конструкция железобетонного судна ничем не отличается от стального. В нем, так же, как на стальном и на деревянном, имеются продольные и поперечные крепления и переборки, обеспечивающие прочность и жесткость.

В настоящее время при строительстве железобетонных судов получил применение сборный легкий бетон — керамзитбетон — искусственный гравий, получающийся в результате обжига выпучивающихся глин. Применение керамзитбетона позволило снизить вес корпуса на 20% при сохранении всех технологических качеств обычного бетона.

Легкие металлы (алюминий и его сплавы) применяют главным образом для судовых надстроек и рубок для уменьшения веса судна и улучшения его остойчивости, а также строительства мелких судов.

Быстрое развитие химической промышленности дало возможность строить суда из пластмасс. Благодаря малому удельному весу грузоподъемность судна из пластмассы увеличивается примерно на 40%, а трудоемкость его постройки снижается в несколько раз. Корпус судна из пластмассы отличается высокой прочностью, не гниет, не подвержен коррозии[1] и не нуждается в окраске в течение всего срока службы.

Обшивка пластмассовых судов изготовляется из нескольких слоев стеклоткани, пропитанных смолой.

§ 9. СУДОВЫЕ НАДСТРОЙКИ

В связи с тем, что значительная часть полезного пространства внутри корпуса занята механизмами, запасами топлива и различными устройствами, оно не может быть использовано для размещения грузов, пассажиров и команды судна. Поэтому над главной палубой судна устраивают надстройки, представляющие собой сплошные закрытые помещения, находящиеся выше непрерывной палубы и идущие по всей длине судна, или раздельные короткие надстройки.

Надстройки бывают однодечными (на буксирных и грузовых судах), двух- и трехдечными (на грузо-пассажирских судах).

Закрытое помещение на мостике или верхней палубе в виде надстройки, не доходящей до бортов судна, называется рубкой. Различают рулевую и штурманскую рубку.

Палубные надстройки делают обычно деревянными, за исключением камбузов, бань, умывальников и уборных.

На судах современной постройки, предназначенных для плавания по водохранилищам, надстройки делают металлическими (сталь, дюралюминий).

На буксирных колесных судах к палубным надстройкам относятся носовая рубка, служащая жилым или служебным помещением, и кожуховые каюты, предназначенные для проживания команды судна и служебных целей. Эти каюты называются кожуховыми потому, что они размещаются впереди и сзади колесного кожуха. Над кожуховыми каютами и главной палубой находится пост управления — рулевая рубка и капитанский мостик. На некоторых служебных и буксирных судах имеется кормовая рубка, назначение которой то же, что и носовой рубки. На палубе и капитанском мостике устраивают леерное ограждение.

---

[1] Коррозия — поверхностное разрушение металла под воздействием влаги, воздуха, газов, растворяемых солей, минеральных и органических кислот и т. д.

На винтовых буксирных судах обносов нет и кожуховые каюты отсутствуют. Надстройка на палубе, где находятся жилые и бытовые помещения, доходит до светового люка машинного отделения, а далее расположены буксирный гак и буксирные арки.

Капитанский мостик и рулевую рубку устраивают на крыше надстройки.

Палубные надстройки на грузо-пассажирских судах, в отличие от буксирных, располагают почти по всей длине судна в два-три дека. В этих надстройках размещают служебные жилые и пассажирские помещения.

Внутренние междукаютные и коридорные переборки в надстройках делают из фанеры и покрывают иногда линкрустом — толстым прессованным картоном с тисненым рельефным рисунком. На втором этаже надстройки между каютами устраивают продольный коридор; на верхней, тентовой палубе, над коридором, устанавливают световой фонарь для освещения. Такие же фонари устанавливают и над салонами. Окна в каютах делают задвижными и спускными, двери — двустворчатыми, застекленными в салонах, и одностворчатыми глухими — в каютах.

По бортам на палубе надстройки делают сплошные балконы (галереи), ширина которых должна быть не менее 1 *м*. Балконы имеют леерные ограждения с металлическими сетками.

Высота каждого яруса надстроек зависит от размера судна.

Помещения для экипажа делятся на жилые и служебные (общественные, санитарно-гигиенические, хозяйственные). Они должны быть изолированы от помещений для пассажиров.

Размеры помещений в надстройках, предназначенных для проживания команды и пассажиров, нормируются правилами Речного Регистра, а отопление, освещение и вентиляция жилых и служебных помещений должны отвечать требованиям Речного Регистра, пожарной охраны, санитарной инспекции и органов охраны труда.

§ 10. СУДОВЫЕ ДВИЖИТЕЛИ

Судовые движители служат для преобразования механической работы судовых двигателей в поступательное движение судна.

На судах внутреннего плавания старой постройки в качестве движителей применяются гребные винты и бортовые гребные колеса.

По конструкции гребные колеса бывают одноопорными, когда гребной вал установлен на одном бортовом подшипнике, и

двухопорными, когда гребной вал установлен на двух подшипниках (второй подшипник на обносах судна).

Гребной винт состоит из ступицы с отверстием, которым он надевается на гребной вал, и лопастей. Гребные винты бывают трех- и четырехлопастные. Формы гребных винтов разнообразны.

Винты отливают из чугуна, стали или бронзы. Наибольшее распространение получили цельнолитые и цельносварные гребные винты, у которых лопасти отлиты заодно со ступицей или приварены к ней.

Гребные винты со съемными лопастями применяют на ледоколах и судах, предназначенных для плавания в ледовых условиях.

При различных режимах работы экономичны винты с поворотными лопастями (винты регулируемого шага). Путем поворота их лопастей можно изменить скорость и даже направление движения судна.

Гребные винты бывают левого вращения (против часовой стрелки, если смотреть на судно сзади) и правого вращения (по часовой стрелке).

При работе гребного винта происходят значительные потери энергии на закручивание струи воды за винтом. Для уменьшения этих потерь применяют контрпропеллеры и обтекаемые рули, которые улучшают маневренные свойства судна.

Для увеличения силы тяги гребных винтов и их к. п. д. на буксирных судах применяют направляющие насадки.

Кроме того, имеются еще крыльчатые, водометные и гидравлические движители.

Водометное судно приводится в движение мощным пропеллерным насосом, который засасывает воду через отверстие под днищем судна в особую трубу и с силой отбрасывает ее назад, благодаря чему создается упор.

Водометные движители применяют на небольших судах, плавающих в условиях очень малых глубин и засоренных фарватеров.

§ 11. СУДОВЫЕ ПАЛУБНЫЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ И СИСТЕМЫ

Механизмы, предназначенные для обслуживания главных судовых силовых установок, устройств и систем на судне, называются вспомогательными.

Вспомогательные механизмы подразделяются на палубные и механизмы машинно-котельного отделения.

К палубным вспомогательным механизмам относятся: рулевые машины, якорно-швартовные механизмы (шпили и брашпили), шлюпочные, грузовые и буксирные лебедки.

Для перекладки руля служат рулевые машины.

В зависимости от рода используемой энергии рулевые машины разделяются на электрические и гидравлические, паровые и ручные.

Ручные рулевые машины применяют главным образом на мелких речных судах.

Паровая рулевая машина приводится в действие так же, как и ручной штурвал.

Если вращать колесо парового штурвала влево или вправо, то рулевая машина будет работать на передний или задний ход и соответственно будет отклонять руль на левый или правый борт судна.

Согласно Правилам технической эксплуатации рулевые паровые машины должны удовлетворять следующим требованиям:

1) продолжительность перехода с основного управления рулем на запасное должна быть не более 1 *мин*;

2) продолжительность перекладки руля с борта на борт не должна превышать 30 *сек* при механическом приводе и 2 *мин* при ручном.

Электрические рулевые машины устанавливают непосредственно у секторного румпеля или в рулевой рубке.

Якорно-швартовные механизмы бывают паровые и электрические. К ним относятся шпили и брашпили, которые могут быть ручные. Последние обычно применяются на небольших судах и приводятся в действие рукояткой через червячную передачу.

Шпиль отличается от брашпиля расположением главного вала; у шпиля он вертикальный, а у брашпиля — горизонтальный.

Электрический шпиль (рис. 8) имеет барабан *1*, который приводится в действие от электродвигателя *2* с помощью двух передач: зубчатой *3* и червячной *4*.

Необходимость двух передач вызывается относительно высоким числом оборотов шпилевого электродвигателя по сравнению с числом оборотов машин паровых шпилей.

Электродвигатель соединяется с приводным валом механизма шпиля посредством дисковой муфты *5*. Передачи размещаются на опорах для валов, устроенных в фундаментной плите *6* шпиля и крышке *7*. Во избежание вращения барабана в обратную сторону имеются выступы для собачек *8*.

Для перехода на запасное ручное управление выколачивают закладную шпонку *9*, укрепляющую червячную шестерню на вертикальном промежуточном валу. Баллер *10* пропущен через фундаментную плиту. При включении дополнительной группы собачек *11* звездочка *12* вращается с барабаном как одно целое.

Чтобы обеспечить вращение барабана при работе со швартовами при неподвижной звездочке дополнительные собачки следует выключить.

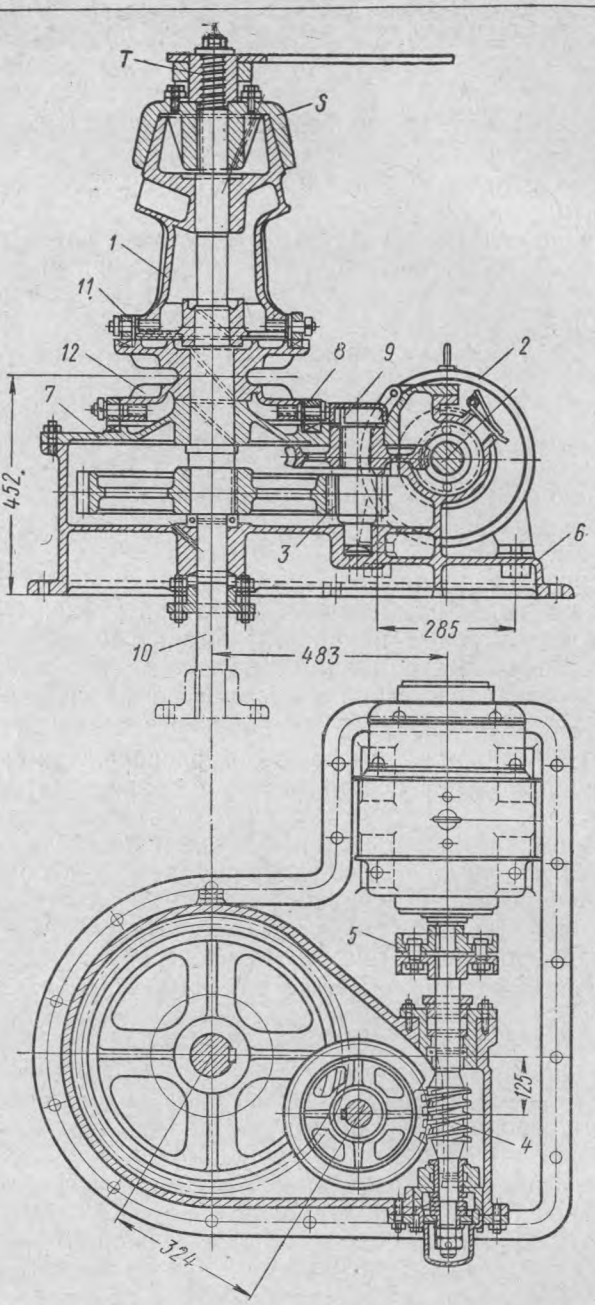


Рис. 8. Электрический шпиль

Брашпили (рис. 9) приводятся в действие паровыми или электрическими двигателями.

Электрический брашпиль, как и электрический шпиль, имеет две передачи: червячную и зубчатую.

Брашпиль имеет два барабана для выбирания швартовов и два цепных барабана, снабженных тормозами. Цепные барабаны расположены с обеих сторон на главном валу брашпиля.

Каждый барабан действует независимо от другого; они могут соединяться или разобщаться с валом при помощи соединительных муфт. На барабане имеется выступ, который при повороте рукоятки на себя или от себя входит в соединительную муфту или выходит из нее, соединяя или разобщая барабан с главным валом.

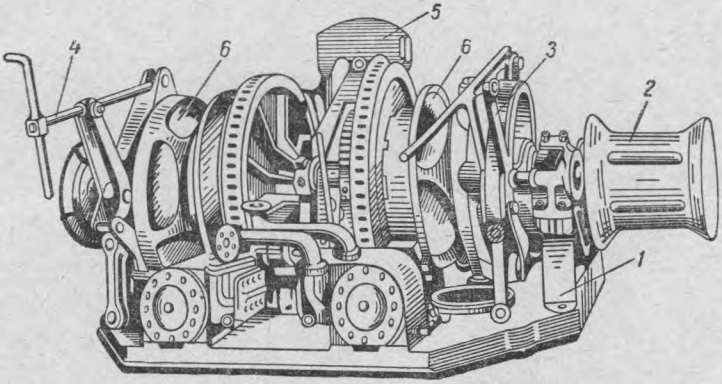


Рис. 9. Паровой брашпиль:

1 — станина; *2* — турачки; *3* — ленточный стопор; *4* — винтовой зажим ленточного стопора; *5* — коромысло с гнездами для подъема якорей вручную; *6* — звездочки на барабанах для звеньев цепи

На брашпиле имеется аварийный ручной привод.

При работе брашпилем вручную вставляют коромысло, которое передвигают вниз и вверх (качают), в результате чего приводятся в действие шатуны. Вследствие этого соединенные с ними кулачки, на которых имеются палы, оказывают давление на зубчатые колеса, вращающие главный вал с барабанами.

Для регулирования натяжения буксирного троса на ходу судна или вытравливания и выбирания его во время операций, связанных с буксировкой судов или путевыми условиями, служит буксирная лебедка.

Лебедка имеет двигатели (паровой или электрический), рабочий механизм и устройства, регулирующие натяжение буксирного троса.

На многих судах для подъема якорей, грузов и швартовки судна применяют грузовые, швартовные, шлюпочные и другие лебедки (ручные, паровые и электрические).

Для быстрой разгрузки трюмов на некоторых грузовых судах применяют мостовые электрифицированные краны, передвигающиеся по специальным рельсовым путям вдоль комингсов, грузовых люков и по собственной платформе поперек судна.

В качестве вспомогательных систем на судах имеются: энергетическая установка судовой электростанции и холодильные установки для отвода тепла из помещений.

К другим вспомогательным механизмам на судне относятся насосы для перекачивания жидкостей.

По принципу действия насосы бывают поршневые, центробежные и струйные.

ГЛАВА IV

ВООРУЖЕНИЕ И ОБОРУДОВАНИЕ СУДНА

§ 12. ТРОСЫ

Тросы используют для учалки судов, для стоячего и бегучего такелажа, для буксировки несамоходных судов и т. д.

На судах применяют растительные и стальные тросы.

В зависимости от материала растительные тросы бывают пеньковые, сизальские и манильские.

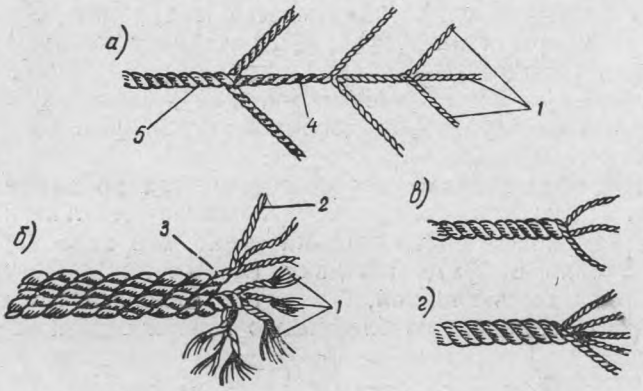


Рис. 10. Типы растительных тросов:
а — схема изготовления тросов; *б* — трос кабельной работы; *в* — трехпрядный трос; *г* — четырехпрядный трос с сердечником; *1* — каболки; *2* — прядь; *3* — стрендь; *4* — трос тросовой работы; *5* — трос кабельной работы

Пеньковые тросы изготовляют из пеньки, полученной в результате обработки волокон стеблей конопли. Из пенькового волокна прядут тонкие нити, свиваемые по направлению часовой стрелки (слева направо) — каболки (рис. 10). Затем каболки специальными машинами свивают в пряди в направлении против часовой стрелки (справа налево). После этого три-четыре

пряди свивают слева направо и получают трос, называемый тросом тросовой работы, или обыкновенным, прямого спуска. При скручивании троса в порядке, обратном описанному, получим трос тросовой работы обратного спуска. По количеству прядей пеньковые тросы разделяются на трех-, четырех- и пятипрядные. Чтобы заполнить пустоты между прядями, в четырех- и пятипрядных тросах прокладывают слабо свитую прядь, которая называется сердечником.

Если тросы тросовой работы еще раз свить друг с другом справа налево обратным спуском, получим трос кабельной работы, в котором тросы тросовой работы, заменяющие собой пряди, называются стрендями. В зависимости от числа стрендей тросы бывают трех- и четырехстрендными.

Пеньковые тросы бывают бельные (несмоленые) и смоленые. Осмолка пеньки снижает прочность троса, однако, срок службы его повышается, так как он меньше подвергается действию сырости и гниения.

Сизальские тросы жестки и хрупки по сравнению с другими растительными тросами и, кроме того, впитывают влагу.

Манильские тросы по прочности не уступают пеньковым, легче их, а в холодное время не твердеют и быстро высыхают.

В последнее время начали применять нейлоновые и синтетические терайлиновые тросы. Нейлоновые тросы обладают высокой прочностью и сопротивляемостью истиранию, лучше работают при ударных нагрузках, что позволяет уменьшать длину буксиров. Синтетические терайлиновые тросы обладают наилучшими механическими свойствами. Они хорошо гнутся в воде, вдвое прочнее тросов, свитых из натурального волокна, не подвержены гниению.

Толщина растительных тросов измеряется по длине их окружности. Тросы толщиной до 25 *мм* называются линиями.

Перед тем как принять трос на судно, его надо тщательно осмотреть, сняв с бухты обшивку (мешковину). Поверхность троса должна быть гладкой, без пятен (бельный трос), трос должен иметь однородную блестящую поверхность и запах свежей смолы.

После приемки троса бухту следует распустить. Для этого надо поставить ее на ребро (рис. 11, *а*), внутренний конец троса пропустить через внутреннюю полость бухты, с противоположного ее конца, и тянуть, придерживая шлаги руками, чтобы они не сбились (рис. 11, *б*). Затем следует устранить колышки (скрутки) путем раскатки концов распущенного троса в разные стороны (рис. 11, *в* и *г*).

На палубе тросы следует класть на деревянные решетки. Тросы прямого спуска укладывают шлагами слева направо (по часовой стрелке), а обратного спуска — справа налево. Такой порядок укладки исключает возможность образования колышек, которые ослабляют прочность троса.

Места тросов, которые соприкасаются с металлом, следует обматывать парусиной, смазанной снаружи салом.

После работы с тросами следует очищать их от грязи и просушивать, защищая от искр, копоти и сажи.

У швартовов с течением времени следует менять рабочие концы, чтобы поддерживать одинаковую их прочность.

Стальные тросы свивают из оцинкованной проволоки, изготовленной из лучшей тигельной стали.

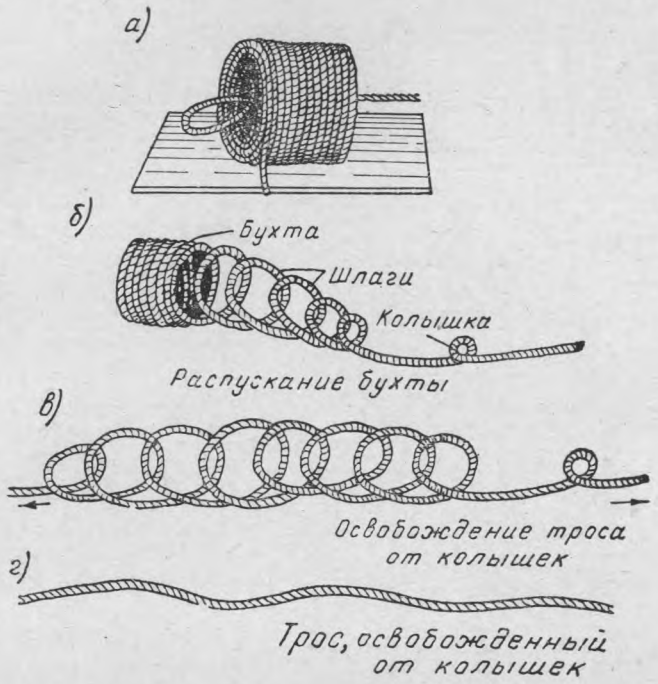


Рис. 11. Распускание бухты нового пенькового троса

Стальные тросы делятся на жесткие тросовой работы, в шесть прядей, по семь проволок в пряди, с одним сердечником; полужесткие тросовой работы, в шесть прядей, по девятнадцать или по тридцать семь проволок в каждой пряди, с одним сердечником; гибкие тросовой работы, в шесть прядей, по двадцать проволок в каждой пряди, с семью пеньковыми сердечниками.

В отличие от пеньковых размер стальных тросов измеряется по диаметру.

Принимая стальной трос на судно, его надо, как и пеньковый, тщательно осмотреть. Хороший трос должен иметь свежую оцинковку и правильную форму витков прядей. Бухту принятого троса следует класть плашмя и распускать, начиная с верх-

них наружных шлагов, раскручивая ходовой конец, чтобы избежать образования колышек (рис. 12).

Бухту стального троса распускают вдвоем, причем один держит ее в вертикальном положении и перекатывает.

Распущенный трос растягивают по палубе и, когда его расправят, наматывают на вьюшки или укладывают на деревянные решетки. Трос на решетках следует накрывать чехлом и время от времени смазывать жировыми веществами.

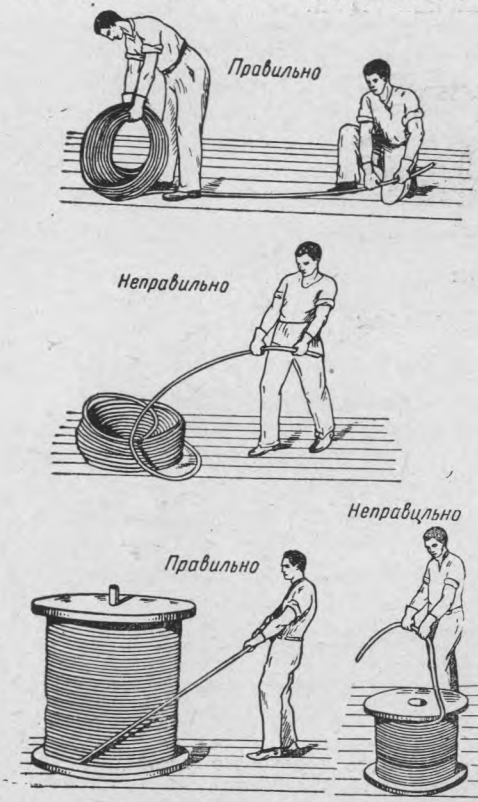


Рис. 12. Распускание бухты нового проволочного троса

При работе с тросами нельзя допускать изгибов, узлов и колышек, так как они уменьшают прочность троса. Трущиеся части троса следует обматывать тонкой мягкой проволокой (клетневать). Если на тросе появятся оборванные проволоки, концы их обрубают и заделывают внутрь пряди, а трос на этом месте клетнюют.

§ 13. СУДОВЫЕ ЦЕПИ

По назначению цепи бывают якорные, штуртросные, грузовые и другие.

Якорные цепи состоят из звеньев, соединенных в отдельные смычки. Смычкой называется часть якорной цепи длиной 25—27,5 *м*. Смычки соединяют друг с другом различными скобами.

Во избежание перекручивания цепи в нее вставляют два вертлюга у якоря и жвака-галса, не позволяющие цепи перекручиваться при стоянке судна на якоре.

Обух вертлюга должен быть направлен от якоря к брашпилю; спинкой к брашпилю, штырем к якорю включается и якорная скоба. Соединительные скобы должны быть обращены спинкой к якорю, так как при вытравливании цепи со значительной скоростью скобы должны проходить цепные барабаны, стопоры и клюзы своей закругленной частью.

В каждой смычке — нечетное количество звеньев. На каждом конце смычки имеется по одному концевому и по одному усиленному звену, чтобы соединительная скоба якорной цепи ложилась на цепной барабан брашпиля плашмя (штырь лежит горизонтально).

Поскольку размер соединительной скобы значительно больше, чем размер обычного звена, перед ней ставят два переходных звена: концевое, не имеющее распорки, и усиленное. Переходные звенья делают для того, чтобы при прохождении соединительной скобы через цепную звездочку брашпиля не происходило удара из-за резкого перехода от звена обычного размера к скобе.

Соединительная скоба состоит из подковообразной дуги, болта и шпильки.

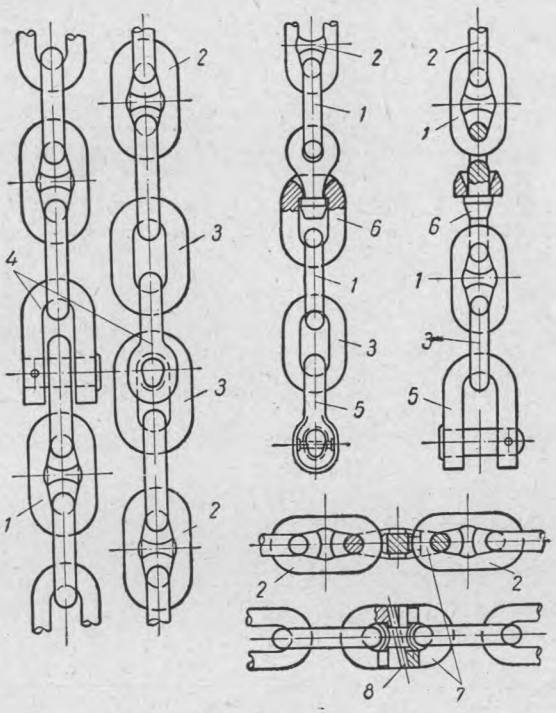


Рис. 13. Соединение смычек якорной цепи:

1 — усиленное звено; *2* — нормальное звено; *3* — концевое звено; *4* — соединительная скоба; *5* — концевая скоба; *6* — вертлюг; *7* — соединительное звено; *8* — свинцовая заливка

В настоящее время получили распространение патентованные скобы, из которых наиболее часто применяется соединительное звено (рис. 13).

За цепями на судне необходим такой же тщательный уход, как и за тросами. Цепи в цепных ящиках следует укладывать специальным крюком, располагая их змейкой, слой над слоем. Цепи надо предохранять от ржавчины. Коренной и ходовой концы якорной цепи через один-два года эксплуатации следует менять местами. После работы цепь надо очищать от грязи. Во время работы с цепями нельзя допускать их перекручивания.

При работе с якорями необходимо точно знать, какое количество якорной цепи вытравлено за борт. Для этого якорные цепи маркируют по смычкам следующим образом.

Последнее звено с распоркой первой смычки и первое звено с распоркой второй смычки окрашивают в белый цвет и на распорках обоих звеньев кладут несколько шлагов из мягкой проволоки. Таким образом обозначают первую смычку.

Для обозначения второй смычки два звена в конце второй смычки и два звена в начале третьей смычки окрашивают в белый цвет, а на распорках вторых звеньев накладывают проволочные шлаги.

Такую же разбивку производят на третьей, четвертой и пятой смычках, а начиная с шестой смычки порядок разбивки повторяется.

При маркировке смычек следует иметь в виду, что концевые звенья смычек (без распорок) в расчет не принимаются.

§ 14. ЯКОРЯ

Якорь служит для удержания судна на месте. Он должен обеспечивать надежную стоянку судна при любых гидрометеорологических условиях.

В зависимости от назначения якоря бывают становые, кормовые, подпускные и запасные.

Становой якорь — это главный якорь на судне. Он всегда должен быть готов к отдаче с носа. На судах больших размеров устанавливают два становых якоря — правый и левый.

Кормовой якорь служит для остановки судна в случае, если нет возможности сделать оборот или нет нужды в этом обороте. Кормовым якорем пользуются при спуске буксируемого состава в местах, где имеется свальное течение, во время стоянки на рейдах, а также при подводе несамоходных судов к причалам в ветреную погоду и остановке на рейдах толкаемых составов.

Запасные якоря применяют при утере станового или кормового якоря, а также для завозки на берег при длительной стоянке и съемках с мели.

Существующие судовые якоря можно подразделить на два основных типа: с неподвижными лапами (со штоком) и с поворотными лапами (со штоком и без штока).

На судах речного флота применяют якоря следующих типов.

К якорям первого типа относится адмиралтейский якорь (рис. 14, *а*), состоящий из веретена *4* и лап *6*. Веретено в нижней части имеет утолщение, называемое трендом *8*, заканчивающееся внизу пяткой *9*. От тренда отходят два рога *7*, один из которых при натяжении якорной цепи входит в грунт лапой, находящейся на конце рога. Для более легкого вхождения лап в грунт на конце их имеется заострение, называемое носком *5*.

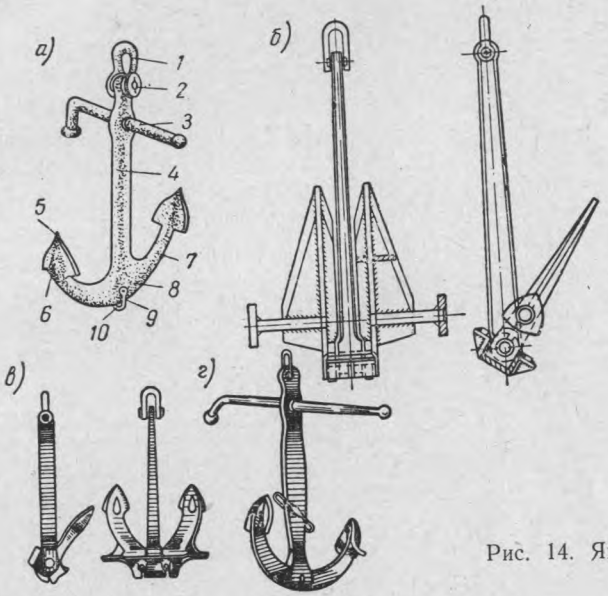


Рис. 14. Якоря

Чтобы якорь при сбрасывании его в воду, падая на грунт, принимал положение, при котором одна лапа обязательно входит в грунт, в отверстие веретена в плоскости, перпендикулярной плоскости лап, пропускают шток *3*.

Выше штока к веретену якоря при помощи болта *2* присоединяют скобу *1*, называемую якорной. В трендовой части имеется скоба *10* для дректова якорной цепи, с помощью которой якорь при подъеме извлекают из грунта.

Основное достоинство этого якоря — простота конструкции и большая (в 10—12 раз превосходящая по величине его собственный вес) держащая сила, главный недостаток — шток, который не позволяет убрать якорь в клюз. Кроме того, на мелком месте он опасен для других судов.

На земснарядах, дебаркадерах, брандвахтах и других стоечных судах применяют однорогий адмиралтейский якорь, представляющий собой разновидность этого якоря.

На несамоходных и мелких судах, а также в качестве вспомогательного якоря иногда применяют четырехрогий якорь —

кошку. Этот якорь быстро входит в грунт, однако, он непрочен в трендовой части, громоздок, за его рога могут запутаться цепи и тросы.

К якорям второго типа относятся бесштоковые якоря Матросова (рис. 14, *б*) и Холла (рис. 14, *в*), штоковый якорь Тротмана (рис. 14, *г*). Штоковые якоря с поворотными рогами имеют меньшую держащую силу, чем адмиралтейский якорь, плохую держащую силу в твердом грунте, и соединение лап с веретеном у них ненадежно.

Бесштоковые якоря, из которых наибольшее распространение получил якорь Холла, свободно убираются в клюз, имеют хорошую держащую силу и безопасны при отдаче их на мелких местах.

Наилучшими качествами отличается бесштоковый якорь конструкции Матросова, имеющий при малом весе большую держащую силу. Якорь легко убирается в клюз.

Якоря, используемые при длительной стоянке судов на рейдах, в гаванях и т. д., а также для установки плавучих бакенов, маяков и др., носят название «мертвых».

§ 15. РАНГОУТ И ТАКЕЛАЖ

Рангоутом называется совокупность всех частей вооружения судна, предназначенных для подъема флагов, несения сигналов, огней и т. д. В состав рангоута входят мачты, реи, гафели, грузовые стрелы.

На судне может быть одна, две и более мачт.

По конструкции мачты бывают различными: они могут состоять из одного дерева или металлической трубы (однодеревки) и из нескольких деревьев (многодеревки), составные или марсельные. На судах мачту крепят к палубе нижним концом — шпором с помощью башмака с таким расчетом, чтобы при проходе под мостами ее можно было опускать.

Такелажем называются все снасти на судне, служащие для укрепления рангоута и судовых работ. Различают такелаж стоячий и бегучий. К стоячему такелажу относятся снасти, удерживающие рангоут в определенном положении, а к бегучему — снасти, при помощи которых поднимают и опускают отдельные части рангоута, флаги, сигналы и огни.

§ 16. ПОДЪЕМНЫЕ СРЕДСТВА

Подъемные средства, применяемые на судах, делятся на простейшие и механические.

К простейшим средствам относятся различные блоки, применяемые при подъеме тяжестей.

Блоки бывают трех видов: деревянные, металлические и смешанные.

В зависимости от устройства блоки делятся на обыкновенные, для которых берут трос диаметром, равным трети длины щеки; тонкоходные — для троса диаметром в четверть длины щеки; толстоходные — для троса диаметром в половину длины щеки; специальные (канифас-блоки и грузовые блоки).

Канифас-блоком называется одиночный шкив, заключенный в закрывающуюся обойму, с вертлюгом или гаком. Канифас-блок имеет откидную щеку, благодаря чему трос можно заводить в блок средней частью, а не концом. Этот блок служит только для изменения направления троса.

Грузовой блок состоит из одного большого шкива, помещенного в обойму с обухом или рымом.

Трос, пропущенный через одношкивный блок, называется горденем.

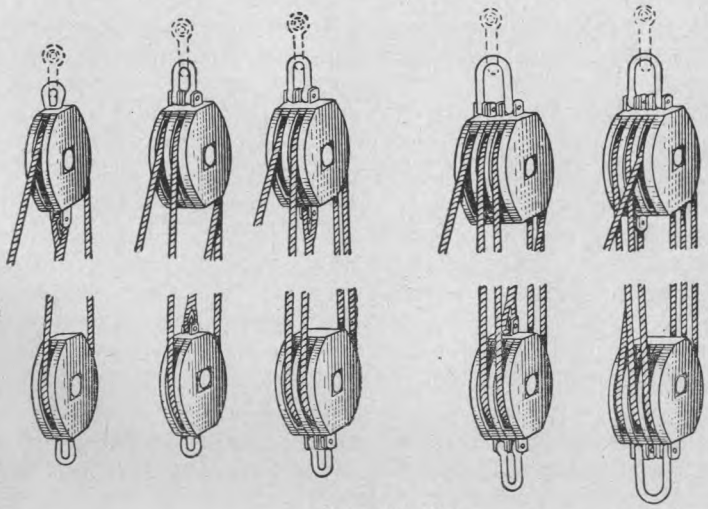


Рис. 15. Тали

Применение при подъеме груза одного блока выигрыша в силе не дает; при этом достигается только изменение направления действующего усилия. Чтобы получить выигрыш в силе, нужно два или несколько блоков соединить тросом таким образом, чтобы один конец троса, называемый коренным, был неподвижно закреплен, а другой конец, ходовой (лопарь), был проведен поочередно через все шкивы блоков. Соединенные таким образом блоки называются талями, а заводка троса в блоки талей — основыванием талей. Тали основывают по-разному, в зависимости от их назначения (рис. 15).

По своему назначению тали подразделяются на шлюпочные (двух- или трехшкивные) — для подъема и спуска шлюпок, хват-тали (основанные между двухшкивным и одношкивным блоками) — для подъема небольших тяжестей, кат-тали и фиштали (двух- или трехшкивные) — для подъема якорей, гини (трехшкивные) — самые большие тали, используемые для тяжелых грузов.

Тали бывают простые и механические.

Механические тали, применяемые на судах, называют дифференциальными. Они состоят из двух металлических блоков. Нижний (подвижный) блок — одношкивный, а верхний (неподвижный) — двухшкивный, с шкивами разных диаметров.

Механические тали могут быть червячными и шестеренчатыми. Закладывание блоков для подъема груза производится через гаки.

Гаки представляют собой железные или стальные крюки разнообразной конструкции, кованые или штампованные.

Тяжелые предметы поднимают на небольшую высоту домкратами, которые бывают трех типов: реечные, винтовые и гидравлические.

К механическим судовым подъемным средствам, связанным с подъемом якорей, перемещением тяжестей, швартовкой судна и т. д., относятся шпили, брашпили и лебедки.

Для перемещения грузов при погрузочно-разгрузочных работах служит грузовое устройство. На речных судах, в зависимости от их типа и конструкции, применяют грузовые стрелы с лебедками или трюмные перегружатели, а также грузовые лифты.

Грузовые стрелы обычно применяют на грузовых самоходных судах, имеющих достаточно свободного места на палубе.

Трюмными перегружателями и грузовыми лифтами оборудуются грузо-пассажирские суда, имеющие надстройки, на которых нельзя установить грузовые стрелы.

Простейшим видом трюмной механизации являются электротали и подъемные платформы.

В качестве трюмной механизации применяют также гидравлические подъемники и цепные транспортеры.

§ 17. ШЛЮПКИ И ЛОДКИ

На всяком судне должна иметься лодка, исправная, оборудованная и готовая для оказания помощи утопающему, сообщения с берегом или с другими судами или различных судовых работ (завозка якоря, швартовов, промер глубин на перекате,

измерение осадки судна, окраска корпуса, мытье корпуса и т. д.).

Конструкции лодок и их размеры весьма разнообразны. Лучшей следует считать шлюпку, называемую шести- или четырехвесельным ялом («шестерка» или «четверка»). На небольших судах могут быть и двухвесельные ялы. Эти шлюпки имеют обрезную корму, так называемый транец.

Всякая лодка или шлюпка должна быть снабжена необходимым инвентарем и оборудованием. В фор- и ахтерштевнях ставят болты с обухами, в которые заводятся рамы. В эти рамы вплеснивают бельный трос прямого спуска толщиной 5—10 *см* и длиной 5—10 *м*, называемый фалинем. Фалинь служит для швартовки (привязывания) шлюпки.

§ 18. СИГНАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

В соответствии с Правилами Речного Регистра для предупреждения столкновения судов, плавающих на внутренних водных путях, а также судов разрядов «М» и «О», выходящих в морские воды, на этих судах должны быть установлены средства зрительной и звуковой сигнализации (судовые огни, флаги, гудки, сирены, колокол и т. д.).

На каждом самоходном судне должны быть следующие фонари:

1) бортовые отличительные (с левого борта — красный и с правого — зеленый);
2) топовый (белый, красный, зеленый);
3) гаковый (белый);
4) гакабортные торцовые (белые);
5) клотиковый;
6) фонарь-отмашка (белый).

На судах разряда «М», плавающих в морских условиях, кроме перечисленных фонарей, должны быть два красных аварийных фонаря, означающих: «не могу управляться», с дугой освещения 360°.

Наблюдение за сигналами на судне — одна из главных обязанностей рулевого.

К средствам звуковой сигнализации относятся: свистки, гудки, воздушные тифоны, туманный горн с ручным или механическим приводом.

Кроме того, в носовой части судна, на мачте или передней переборке надстройки подвешивают сигнальный колокол.

Пиротехнические сигнальные средства применяют на судах разрядов «М» и «О». Для пуска с судна ракет служит пистолет-ракетница.

Предназначенные для судов внутреннего плавания сигнальные фонари должны быть изготовлены в строгом соответствии с чертежами и техническими условиями, утвержденными Речным Регистром РСФСР.

Все средства внешней дневной и ночной сигнализации должны обеспечивать хорошо видимый и слышимый обмен сигналами с идущими и стоящими судами, плотами и берегом при всякой погоде.

При вождении судов методом толкания применяются специальные сигналы, указанные в «Правилах плавания по внутренним судоходным путям РСФСР». Использование судовых сигнальных фонарей не по их прямому назначению запрещается.

Капитаны перед выходом судов в рейс должны проверять исправность и готовность к немедленному действию всех средств сигнализации. В случае их неисправности выход судна в плавание запрещается.

§ 19. ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ И СПАСАТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА

Все суда оборудуют противопожарными и спасательными средствами и снабжают в соответствии с правилами и нормами Речного Регистра.

В качестве средств для тушения пожара на судах (кроме специальных систем) применяют ручные огнетушители, ведра, песок, кошму, топоры, багры, ломы, пожарные ручные насосы.

Спасательные средства на судне подразделяются на спасательные приборы (спасательные шлюпки, плотики, скамейки и столы) и принадлежности (спасательные круги и нагрудники).

Спасательные средства должны храниться в определенных местах в состоянии готовности; в течение навигации их необходимо систематически осматривать и подвергать испытанию. Главное из спасательных средств — спасательная шлюпка или судовая лодка. Широко распространенный тип спасательной шлюпки — вельбот. На спасательной шлюпке в зависимости от разрядов судна должны быть:

1) на шлюпках судов всех разрядов — комплект весел по числу уключин, комплект уключин, руль с принадлежностями и сорлинем, черпак, фалинь длиной до 15 *м*, фонарь сигнальный белый с горючим, спасательный круг, чехол для шлюпки, спасательные леера у бортов шлюпок, две пробки со штертами к водоспускному отверстию;

2) на шлюпках судов разрядов «М» и «О», кроме того, должны быть два запасных весла, две запасные уключины, багор, конусное оцинкованное или парусиновое ведро с темляком, топор со штертом, бросательный конец (выкидная легость) длиной не менее 15 *м*, а на шлюпках судов разряда «М» дополнительно плавучий якорь с дректовом и оттяжкой из линя, шлюпочный компас, шесть самовоспламеняющихся красных фальш-

фейеров, коробка спичек в водонепроницаемой упаковке, анкерок с пресной водой (для плавания в бассейнах с соленой водой) емкостью из расчета по 1 *л* на человека и черпак на цепочке к нему, аптечный ящик с медикаментами и перевязочными средствами.

Спасательные средства должны быть расположены на судне так, чтобы к ним был свободный доступ и чтобы они были постоянно готовы к действию.

§ 20. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ОСАДКИ СУДНА И ГЛУБИНЫ

Для определения осадки судна пользуются обмерным крюком, который горизонтальной частью подводят под днище с обоих бортов, у носа, посередине и в корме.

В настоящее время контроль за осадкой судна автоматизирован. Прибор автоматически подает сигнал в случае перегрузки судна, а при появлении воды в трюмах, указывает, в каком она отсеке.

Для определения глубины пользуются наметкой (ручной или автоматической) или лотом. Наметка представляет собой шест длиной 4—10 *м* и толщиной 4—6 *см*. На нижнем конце наносят деления попеременно белой и черной краской. Каждое деление соответствует 10, 20 или 40 *см*.

В связи с широким применением метода толкания возникла необходимость автоматического контроля за изменением рельефа дна, так как вручную измерять глубину наметкой на толкаемом составе некому; баржи в большинстве случаев буксируют без команд. Нельзя пользоваться наметкой и на новых судах из-за большой высоты их корпуса.

Простейшее автоматическое устройство, предназначенное для измерения глубины судового хода, — автонаметка, устанавливаемая на барже и судне-толкаче. Автонаметка имеет сигнальный звонок, который включается автоматически, когда глубина воды падает и под днищем судна остается критический запас воды.

При плавании на озерах и водохранилищах, а также на реках в половодье применяют ручной лот. Лот состоит из свинцовой или чугунной гири и линя, называемого лотлинем. Лотлинь имеет длину 30—50 *м*; его размечают на метры при помощи марок (кусочков кожи с одним, двумя, тремя и четырьмя зубцами).

В настоящее время на речных судах пользуются навигационными эхолотами. На речных судах устанавливают эхолот «Река», предназначенный для измерения глубин от 0,2 до 25 *м*.

Принцип действия эхолота основан на отражении звуковых колебаний в виде эхо от поверхности дна реки или озера. В днищевой части корпуса судна, в районе диаметральной плоскости

у одного борта устанавливают вибратор-излучатель, в котором возбуждаются механические колебания, а у другого борта, напротив, — вибратор-приемник, который принимает колебания, отраженные от дна реки или озера в виде эхо. Зная скорость распространения звуковых колебаний в воде и промежуток времени между моментами отправления и приема сигнала, находят длину пути звука, который прошел до дна и, отразившись от него, вернулся к судну. Эхолот выполняет этот подсчет автоматически; показания глубины в данном месте видны на его шкале.

Имеется две светящиеся шкалы: 0—2,5 *м* (с ценой деления 10 *см)* и 0—10 *м* (с ценой деления 20 *см)*. Измерение глубин до 25 *м* производится по шкале 0—2,5 *м* путем умножения показаний на 10.

Нормальная работа эхолота гарантируется при скорости хода судна 20 *км/час* и качке судна с креном до 5°.

На судах речного флота используются также эхолоты иностранных марок («Атлас—Верке» и «Фаренгольц»), с помощью которых производятся визуальные (зрительные) отсчеты глубин и автоматическая их запись.

ГЛАВА V

СУДОВЫЕ УСТРОЙСТВА

§ 21. ЯКОРНОЕ УСТРОЙСТВО

Якорным устройством называется якорь вместе с приспособлениями для его отдачи и подъема.

К якорному устройству относятся: якоря, якорные цепи, клюзы, стопоры, шпиль (брашпиль), кран-балка, фиш-балка.

На судах речного флота наиболее распространенным типом якорного устройства является клюзовое устройство.

Клюзовое якорное устройство (рис. 16) просто по конструкции и надежно в действии, для работы с ним требуется всего один человек. Подъем якоря производится просто: якорь поднимается брашпилем до тех пор, пока цевье не войдет в клюз и ла-

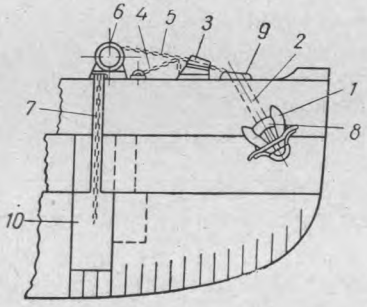


Рис. 16. Схемы якорного устройства с клюзом:

1 — якорь; *2* — цепная труба; *3* — постоянный стопор; *4* — переносный стопор; *5* — якорная цепь; *6* — брашпиль; *7* — цепная труба; *8* — бортовой клюз; *9* — палубный клюз; *10* — цепной ящик

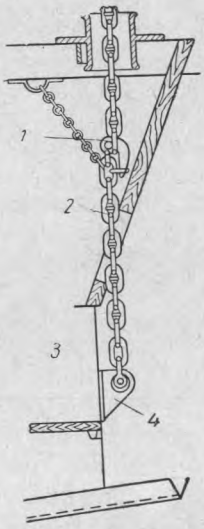


Рис. 17. Крепление якорной цепи к корпусу судна:

1 — глаголь-гак; *2*—жвакагалсовый конец; *3* — цепной ящик; *4* — обух

пы его не упрутся в корпус судна. После этого цепь закрепляют стопором. Отдача якоря производится еще более просто: сначала отдают стопор, затем ленточный тормоз брашпиля, после чего якорь под действием собственного веса падает в воду. Якорная цепь с корпусом судна крепится при помощи жвака-галса (куска цепи того же калибра) и глаголь-гака. Нижний конец жвака-галса соединяется с обухом, прочно закрепленным на корпусе (рис. 17), а глаголь-гак в случае необходимости служит для быстрого разъединения якорной цепи.

Для остановки судов при движении вниз без оборота, а особенно толкаемых составов, предназначается кормовое якорное устройство.

Толкачи современной постройки оборудованы специальным кормовым якорным устройством, состоящим из якоря типа Холла, якорной цепи, стопоров и электрического шпиля.

Для закрепления якорных цепей после отдачи или подъема якоря применяют зажимные приспособления — стопоры. Они очень разнообразны по своему устройству и бывают переносные и постоянные. Переносные стопоры делают цепными и тросовыми.

В качестве постоянного стопора большое распространение получили винтовой и палубный зажимной стопоры.

§ 22. ШВАРТОВНОЕ УСТРОЙСТВО

Приспособления для крепления, а также подтягивания судна к берегу или причалу называются швартовным устройством.

К швартовному устройству относятся: швартовные тросы (швартовы), бортовые клюзы, швартовные кнехты, киповые планки, обносные скобы, вьюшки, кранцы.

Швартовные тросы бывают стальные и растительные.

Для подачи швартовов служит тонкая снасть, снабженная на одном конце небольшим грузом в виде груши, называемая легостью, или бросательным концом.

Кнехты, служащие для крепления на них швартовных тросов, бывают прямые, с выступами и без выступов, крестовые, двойные или одинарные, а также наклонные и двойные крестовые. Кнехты ставят попарно, от трех до пяти пар на судно.

Швартовные тросы, подаваемые с судна на берег в различных направлениях, при подходе к кнехтам или турачкам лебедок на судне должны иметь строго определенное направление. Для этого в носовой и кормовой частях судна на планшире фальшборта на расстоянии 1,5—2,5 *м* от кнехтов устанавливают киповые планки. Они ограничивают перемещение швартовных тросов в горизонтальной плоскости. Для предупреждения излома тросов киповые планки ставят с одним или двумя роульсами (вертикальным роликом, свободно вращающимся на оси).

Для швартовки к высоким причалам применяют киповые планки с рогами и защелкой.

Для тех же целей, что и киповые планки, предназначены бортовые швартовные клюзы и обносные скобы, устанавливаемые по борту судна на обносных брусьях.

Для подтягивания и выбирания швартовных тросов служат швартовные лебедки, а также шпили и брашпили.

Утки и мушки используют для закрепления на них пеньковых и гибких стальных тросов наложением нескольких восьмерок на рога.

Кранцы предохраняют наружную обшивку корпуса от повреждений, выполняя роль амортизаторов, смягчающих силу удара в момент швартовки судна к причалу или к другому судну. На судах применяют мягкие, жесткие и пружинные кранцы.

К элементам швартовного устройства относятся также вьюшки для хранения тросов.

В последнее время появились электромагнитные швартовные устройства. Электромагнитное устройство вмонтировано в причальный брус, а для обеспечения контактного взаимодействия магнитов при швартовке на причальной стенке на высоте привального бруса судна установлена стальная полоса.

§ 23. РУЛЕВОЕ УСТРОЙСТВО

К основным частям рулевого устройства относятся: перо руля, рулевой привод, рулевая машина и привод управления рулевой машиной.

В зависимости от расположения оси вращения (баллера) по отношению к перу руля судовые рули бывают:

1) простые пластинчатые с металлическим или деревянным пером;

2) полубалансирные;

3) балансирные;

4) обтекаемые сварные пустотелые.

Простой пластинчатый руль (рис. 18, *а*) устанавливают на мелкосидящих речных судах с бор-

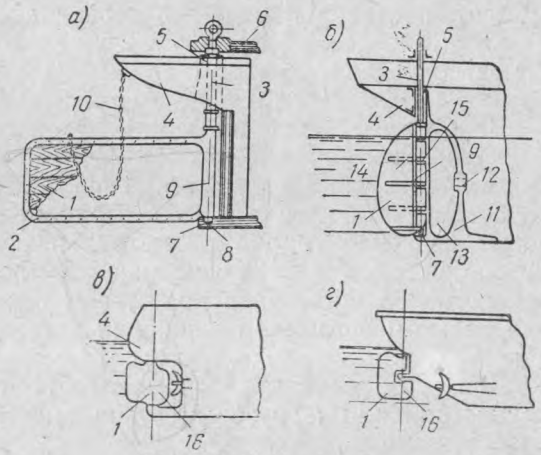


Рис. 18. Типы рулей:
1 — перо; *2* — рама; *3* — баллер; *4* — подзор; *5* — гельмпорт; *6* — румпель; *7* — подпятник; *8* — чечевица; *9* — рудерпис; *10* — сорлинь; *11* — старнпост; *12* — яблоко старнпоста; *13* — амбразура винта; *14* — ребра; *15* — рулевые петли; *16* — балансирная часть

товыми колесами. Перо руля выполнено из стали или досок, вставляемых в стальную раму, прикрепленную к вертикальному стержню и называемую баллером.

В кормовом подзоре корпуса судна баллер пропускается через гельмпорт. На верхний конец баллера, выходящий на палубу, насаживается румпель, или сектор рулевого привода. Нижний конец баллера, пятка, вставлен в подпятник ахтерштевня. Для предупреждения потери пера руля в случаях поломки баллера перо соединяется с корпусом судна цепью, называемой сорлинем.

На винтовых судах с большой осадкой перо руля имеет форму высокой и узкой пластины (рис. 18, *б*).

Площадь пера руля для различных типов судов различна. У буксирных судов и толкачей площадь пера руля больше, чем у пассажирских.

Длина пера руля должна быть такой, чтобы при вращении он не выходил за пределы корпуса по ширине.

Рули, у которых перо расположено по обе стороны баллера, называются балансирными (рис. 18, *в*). Полубалансирными (рис. 18, *г*) рулями называются такие, у которых высота балансирной части меньше полной высоты пера руля. Рули, которые имеют опору только внутри корпуса, называются подвесными.

Преимущество балансирных и полубалансирных рулей перед обыкновенными пластинчатыми заключается в том, что для перекладки их с борта на борт требуется меньше усилий, так как точка приложения равнодействующей силы давления воды на руль находится ближе к оси вращения руля и, следовательно, момент, противодействующий перекладке руля, меньше.

Рули обтекаемой формы улучшают поворотливость и уменьшают сопротивление воды движению судна. Эти рули делают обычно пустотелыми и водонепроницаемыми.

Водометные подруливающие устройства устанавливают в подводной кормовой и носовой частях судна. Устройство состоит из пропеллерного насоса и сопел. Поворот судна достигается за счет реактивного действия струй воды, отбрасываемых насосом перпендикулярно диаметральной плоскости, на тот или другой борт судна. Подруливающее устройство улучшает маневренность больших судов при малых скоростях хода, а также при сильном ветре, при движении задним ходом, при маневрах в портах, или заходе в шлюзы.

Для улучшения управляемости буксиров-толкачей, а также крупнотоннажных грузовых судов вместо рулей их оборудуют поворотными насадками.

Рули заднего хода устанавливают на толкачах для улучшения управляемости толкаемых составов, когда оба винта работают на задний ход, а состав по инерции еще движется вперед. Дополнительные рули можно перекладывать одновременно с

основными в ту же сторону, или основные рули можно вместе отклонить в одну сторону, а дополнительные — вместе в другую; наконец, можно отдельно поворачивать правые рули (основной и дополнительный) и левые.

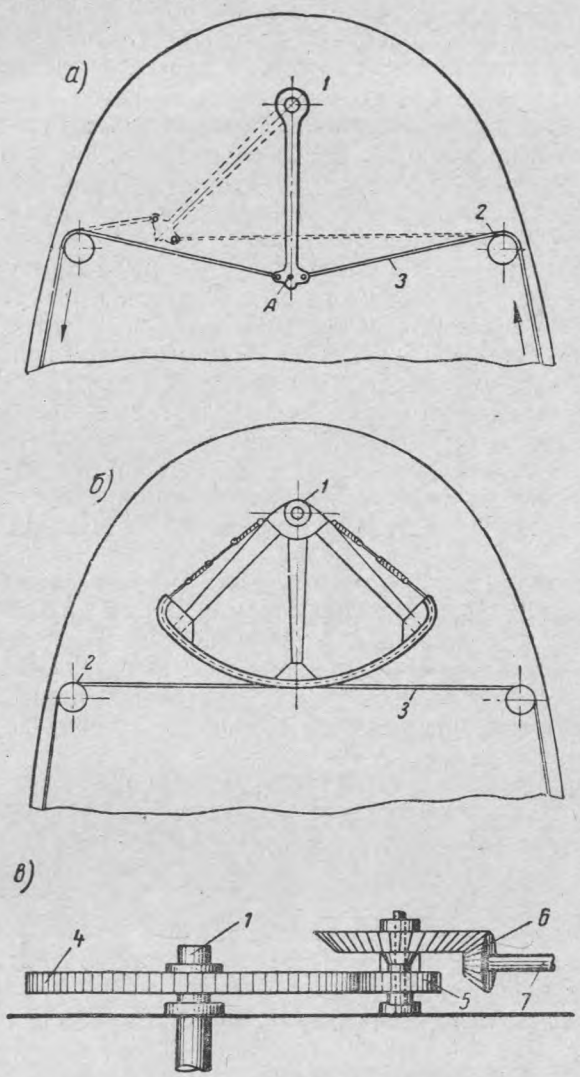


Рис. 19. Виды рулевых приводов:
1 — баллер руля; *2* — ролики; *3* — штуртрос; *4* — зубчатый сектор; *5* — шестерня; *6* — конические шестерни; *7* — валик

Для связи рулевой машины с баллером служит рулевой привод. Главной частью привода служит румпель-рычаг, надетый на головку баллера, при помощи которого изменяется положе-

ние руля. По своему устройству приводы бывают румпельные, секторные, шестеренчатые и винтовые.

Румпельный привод (рис. 19, *а*) представляет собой четырехгранный брус из кованой стали, насаженный на баллер. От свободного конца румпеля идет штуртрос к рулевой машине.

При румпельном приводе образуется слабина в штуртросе, ухудшающая управляемость судна и состояние деталей рулевого устройства. Кроме того, он непрочен. Из-за этих недостатков описанный привод применяют только на небольших судах.

Секторный привод (рис. 19, *б*) состоит из двух или трех спиц, сходящихся в центре сектора, в котором имеется ступица с отверстием для насаживания на баллер. Своей дугой румпель чаще ставят по направлению к носу.

Для предохранения штуртроса от разрыва при ударной нагрузке на перо руля у сектора между дугой и штуртросом ставят буферные пружины (амортизаторы).

Секторный привод значительно прочнее румпельного, дает возможность отклонять перо на больший угол и не имеет свойственного румпельному приводу недостатка — неизбежного появления слабины штуртроса.

Зубчатый сектор (рис. 19, *в*)—разновидность секторного привода. Передача от сектора к рулевой машине достигается при помощи валиков и системы цилиндрических и конических шестерен.

Для передачи усилий от штурвала к рулю служит тросиковая или цепная проводка, называемая штуртросом.

Наиболее совершенным устройством, заменяющим штуртрос, является валиковый привод (рис. 20). При замене штуртросной проводки валиковой в значительной мере снижаются потери энергии в штуртросной проводке и повышается к. п. д. рулевого привода.

Уход за рулевым устройством. Рулевой должен тщательно следить за тем, чтобы все части штуртросной проводки (блоки, шкивы, катки) были прочно закреплены на местах и смазаны, чтобы они легко вращались и была исключена возможность заедания цепи.

Необходимо систематически проверять правильность показаний аксиометра. Для этого надо при каждой длительной стоянке судна перекладывать руль с борта на борт, отклоняя его на различные углы, и проверять, соответствуют ли показания стрелки на дуге аксиометра действительному отклонению пера руля.

Надо следить за соединением румпеля с баллером и не допускать свободного вращения румпеля на голове баллера, а также изгиба его.

Слабину штуртроса надо устранить подтягиванием талрепов. Если же слабина значительная, то следует вырубить несколько звеньев цепи.

В случае разрыва штуртроса, который может привести к крупной аварии судна, рулевой должен уметь быстро соединить разорванную цепь на ходу, используя для этого имеющиеся на судне средства и приспособления: мягкую вязальную проволоку,

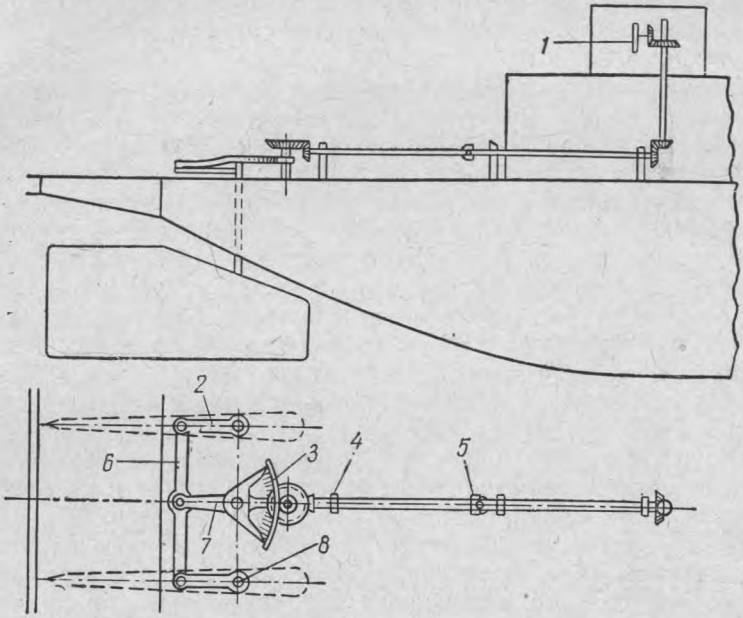


Рис. 20. Схема валикового привода:
1 — штурвал; *2* — румпель; *3* — пружина; *4* — подшипник; *5* — шарнирное соединение; *6* — тяга; *7* — коромысло; *8* — баллер

зажимы, соединительные скобы, восьмерки. Разорванный штуртрос вначале нужно соединить проволокой. Чтобы приблизить разорванные концы друг к другу, штурвал вращают в сторону обрыва, концы при помощи проволоки подтягивают друг к другу и в крайние звенья заводят соединительную скобу. После этого штуртрос следует выравнять и устранить неравномерность длины по одному и другому борту.

§ 24. БУКСИРНОЕ УСТРОЙСТВО

Буксирное устройство самоходного судна состоит из буксирного кнехта, буксирного гака, буксирных арок и буксирной лебедки.

Буксирный кнехт представляет собой стальной цилиндрический стержень, устанавливаемый вертикально в диаметральной плоскости судна, примерно в середине его. Высота кнехта над палубой составляет 1,5—2,5 *м*. Чем ближе он к центру тяжести судна, тем лучше управляемость судна.

Буксирный гак, прикрепляемый к кнехту, служит для креп-

ления буксирного троса. Буксирные гаки, применяемые на речных судах, подразделяются на простые (открытого типа), откидные (шарнирные) и откидные с пружинным амортизатором (пружинные).

Простые гаки устанавливают на небольших судах, откидные и пружинные — на больших буксирных судах.

Пружинные гаки устанавливают на судах большой мощности для смягчения рывков буксирного троса, возникающих при буксировке.

Буксирные арки служат для поддержания буксирного троса над палубой и обеспечения возможности свободного перемещения его с одного борта на другой при поворотах судна. Они же предохраняют людей, находящихся в кормовой части, от ушибов буксирным тросом и предметы на палубе от повреждений.

Буксирную лебедку, паровую или электрическую, устанавливают на буксирных судах большой мощности. Она предназначена для предотвращения рывков буксирного троса и изменения его длины на ходу во время буксировки.

Буксирную лебедку используют также в качестве гака, когда коренной конец буксирного троса крепится на ее барабане.

В настоящее время широкое применение получает буксировка несамоходных судов способом толкания. Однако и на буксире-толкаче возможно применение буксирной лебедки. Это объясняется тем, что есть еще баржи, не приспособленные для толкания, и, кроме того, при плавании озерных буксиров-толкачей на водохранилищах в штормовую погоду иногда приходится переходить на буксировку состава на тросе.

Буксиры для толкания оборудуют носовыми упорами и средствами для закрепления вожжевых и расчаливающих тросов.

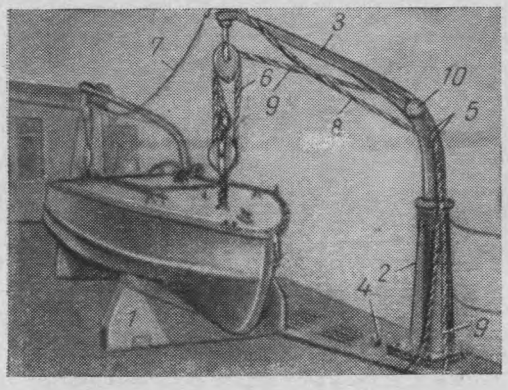


Рис. 21. Поворотная шлюпбалка:
1 — ростр-блоки; *2* — стандерс; *3* — шлюпбалка; *4* — рым; *5* — мушки; *6* — шлюп-тали; *7* — топрик; *8* — бакштаг; *9* — лопарь; *10* — ролик для направления лопаря

В качестве типового сцепного устройства на толкачах большой мощности применяют так называемый жесткий трансцевый сцеп.

§ 25. ШЛЮПОЧНОЕ УСТРОЙСТВО

Шлюпочное устройство предназначается для спуска и подъема шлюпок и состоит из шлюпок и приспособлений для их хранения, спуска на воду и подъема.

Спуск лодок и шлюпок с судна на воду и подъем их на судно производятся посредством шлюпбалок. Шлюпбалки бывают кованые, литые, сварные и клепаные, а по своей конструкции — поворотные, склоняющиеся и скользящие.

Поворотные шлюпбалки устанавливают на кронштейне у борта судна или на одной из его палуб (рис. 21).

Для крепления поворотных шлюпбалок служат бакштаги — снасти, которыми ноки шлюпбалок крепят к палубным рымам (кольцам, укрепленным на палубе).

Склоняющиеся шлюпбалки имеют механизм с ручным приводом, при помощи которого они из исходного положения могут быть наклонены таким образом, что их ноки окажутся за бортом судна.

Конструкций склоняющихся шлюпбалок много.

Одна из ответственных деталей шлюпбалок — шлюптали, двух- или трехшкивные, с пеньковым или стальным тросом.

ГЛАВА VI

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ИЗ ПРАВИЛ ПЛАВАНИЯ ПО ВНУТРЕННИМ СУДОХОДНЫМ ПУТЯМ

§ 26. ДВИЖЕНИЕ СУДОВ И КОНТРОЛЬ ЗА БЕЗОПАСНОСТЬЮ ИХ ПЛАВАНИЯ

Контроль за безопасностью плавания по внутренним судоходным путям осуществляется Главным ревизором по безопасности судоходства Министерства речного флота и подчиненными ему судоходными инспекциями.

Правила плавания по внутренним судоходным путям регламентируют движение судов и плотов на внутренних судоходных путях.

Для отдельных бассейнов и их участков могут издаваться местные правила плавания, утвержденные начальником бассейновой судоходной инспекции.

Чтобы обеспечить безопасное плавание судов и не затруднять движение встречных, обгоняемых или стоящих судов, необходимо строго соблюдать основные требования правил судовождения.

При встречном движении суда и составы должны расходиться левыми бортами и держаться правой (по ходу) стороны фарватера. Если в связи с местными условиями расходиться левыми бортами невозможно, расходятся правыми бортами. На судне, идущем снизу, регулируют ход так, чтобы расхождение произошло в безопасном месте.

При расхождении судно, идущее снизу, за 1,5 *км* от встречного первым подает один продолжительный звуковой сигнал и отмашку с левого борта.

Суда, буксирующие плоты по рекам вниз по течению, за 1,5 *км* первыми подают звуковые сигналы и указывают отмашкой встречным судам и составам сторону безопасного расхождения (при пропуске с левого борта — один продолжительный, с правого борта — два коротких сигнала). Если два судна (или состава) следуют по различным судоходным трассам водохранилищ и могут свободно пройти одно мимо другого на до-

статочном расстоянии, не подвергаясь опасности столкновения, они могут идти своими курсами без обмена сигналами.

Если навстречу снизу идущему судну следует одно за другим несколько судов или составов, сигналы на расхождение подаются каждому из них.

При обгоне обгоняющее судно обязано запросить у обгоняемого сторону обгона путем подачи двух коротких и одного продолжительного сигнала, при следовании снизу за 300 *м*, а при следовании сверху за 500 *м*. Получив запрос на обгон, на обгоняемом судне должны незамедлительно подать два коротких и один продолжительный сигнал и отмашку с того борта, с которого намерен пропустить обгоняющее судно.

В случае невозможности пропуска на обгоняемом судне подают сигнал «Предупреждение».

Быстроходные суда на подводных крыльях обмениваются сигналами на расхождение за 2 *км*, а при обгоне за 1 *км*.

Быстроходные суда на подводных крыльях при встрече расходятся левыми бортами, а при обгонах обгоняющее судно оставляет обгоняемое со стороны своего правого борта. Отмашка, подаваемая судном на подводных крыльях, должна безоговорочно приниматься и подтверждаться другими судами.

При движении судов и составов в одном направлении между ними должен соблюдаться интервал не менее 500 *м*, при движении плотов — не менее 2 *км*.

Движение на пониженных скоростях, до малого хода, производится в местах с ограниченными габаритами судового хода: на каналах, в затонах, на рейдах, мимо стоящих судов, дебаркадеров, земснарядов, водолазных ботов и т. д.

Суда, идущие на буксире, при наличии на них рулей должны управляться не только буксировщиком, но и своими рулями, обязательно по согласованию с буксировщиком, для чего во время движения у рулей буксируемых судов должны постоянно находиться вахтенные, которые несут ответственность за все действия по управлению своими судами.

Нельзя препятствовать движению других судов при выходе с дополнительных трасс и притоков на основные трассы и главные реки или пересекать путь другим судам.

Категорически запрещается:

1) расхождение и обгон на реках и каналах с одновременным нахождением на траверсе трех судов, у паромных переправ, в пролетах мостов, в местах расположения аварийно-ремонтных заграждений;

2) обгон судов в подходных каналах к шлюзам;

3) формирование плотов на акватории подходных каналов к шлюзам;

4) движение судов, не имеющих радиолокационной станции, при неблагоприятных метеорологических условиях (туман, снег и т. д.);

5) подход небольших судов (гребных и моторных лодок, катеров, спортивных яхт) к транспортным судам и пересекание их курса;

6) катание на гребных лодках вблизи идущих судов.

При движении на особо сложных участках во время вахты второго и третьего штурманов судно ведет капитан, а во время вахты первого штурмана капитан может явиться по вызову последнего.

Под мостами судам разрешается проходить через предназначенные для этой цели судоходные пролеты с опознавательными знаками.

В случае скопления судов и временного закрытия участка пути устанавливается следующая очередность пропуска: в первую очередь — пассажирские суда, затем грузо-пассажирские, танкеры и нефтесоставы с грузом 1-го класса, грузовые теплоходы на контейнерных перевозках, работающие по расписанию, спецобъекты, сухогрузные самоходные суда, танкеры и нефтесоставы с грузом 2, 3 и 4-го классов, сухогрузные составы, плоты и флот ведомственных организаций. Суда, идущие на ликвидацию аварий и устранение причин, вызвавших закрытие участка, пропускаются вне очереди.

Количество разводок и время пропуска судов через наплавные и подъемные мосты, расположенные в областных центрах и крупных промышленных городах, устанавливаются их владельцами по согласованию с пароходствами. В остальных пунктах мосты разводят в любое время дня и ночи по первому требованию приближающегося судна.

При прохождении мест прокладки подводных переходов, огражденных предостерегательными знаками, нельзя отдавать якоря, лоты и цепи-волокуши. Нельзя останавливаться в этих местах, за исключением случаев возникновения угрозы аварии.

Подходя к шлюзу, судно может входить в камеру и выходить из нее лишь при разрешительных сигналах. При швартовке за причальные тумбы камер шлюзов принимать тросы с судна и переносить их с тумбы на тумбу должен вахтенный персонал шлюза, а при швартовке за плавучие рымы — вахтенные судна.

Судам с нефтегрузами 1 и 2-го классов, а также с взрывчатыми, отравляющими веществами и легковоспламеняющимися грузами запрещается шлюзоваться одновременно с другими судами и плотами, а пассажирским судам — и с судами, груженными нефтегрузами 1, 2, 3 и 4-го классов.

Буксировка судов на озерах и водохранилищах производится в кильватер или способом толкания. При буксировке в кильватер длина буксира между буксировщиком и составом должна быть не менее 150—250 *м*, а между буксируемыми баржами — 30—100 *м*. Буксировка судов, учаленных бортами, запрещается.

Выход на водохранилища, озера и прибрежно-морские участки воспрещен судам в следующих случаях: при отсутствии у

них разрешения Речного Регистра при штормовой погоде с силой ветра, превышающей установленную, а также без вручения капитану судна общего и рейсового прогнозов погоды. Если капитан судна получил штормовое предупреждение в пути, он должен: сообразуясь с конкретной обстановкой, принять решение, обеспечивающее безопасную проводку судна или состава до ближайшего убежища, и поставить в известность о своем решении диспетчера; обеспечить постоянное несение вахты радистом для приема сигналов; при нахождении в убежище держать свое судно готовым к оказанию в любую минуту помощи людям и судам, терпящим бедствие.

Перед выходом судна в плавание капитаны и шкиперы судов предъявляют диспетчеру судовые документы, удостоверяющие пригодность судов к плаванию на водохранилище, озере, в прибрежно-морском районе, а диспетчер проверяет их, в приказе на отправление в рейс отмечает основные условия, при которых разрешается плавание (ограничение плавания в зависимости от погоды, установленную высоту надводного борта) и вручает общий и рейсовый прогнозы погоды.

Грузы на судне размещают и крепят так, чтобы исключалась возможность их перемещения и обеспечивалась остойчивость судна во время качки. Люки, иллюминаторы и другие отверстия должны быть задраены для обеспечения полной водонепроницаемости.

Доступ к люкам, трапам, противопожарным и водоотливным системам, а также к спасательному и противопожарному инвентарю должен быть свободным.

§ 27. СИГНАЛИЗАЦИЯ

Для связи, обеспечения безопасного плавания и регулирования движения судов и плотов Правилами плавания предусмотрена сигнализация путем подачи зрительных (световых) и звуковых сигналов. Рулевой должен особенно хорошо знать сигнализацию, так как от точного знания и соблюдения им правил судовой сигнализации зависит безопасность плавания. Кроме того, рулевой должен повседневно и тщательно следить за исправностью действия всех судовых сигналов и правильностью их несения.

Зрительные сигналы на судах[1] подразделяются на дневные и ночные.

К ночным сигналам относятся судовые сигнальные огни (ходовые и стояночные), которые суда и плоты должны нести от захода до восхода солнца (в течение этого времени нельзя выставлять никакие другие огни, которые могут быть ошибочно приняты за сигнальные или могут ухудшить их видимость).

[1] Подробно — см. «Знаки судоходной обстановки и сигнализация на внутренних водных путях», изд-во «Речной транспорт», 1962.

К дневным зрительным сигналам относятся белый флаг-отмашка и флаги, поднимаемые на мачтах самоходных и несамоходных судов. Зрительные сигналы должны быть хорошо видны.

Одиночное судно с механическим двигателем во время хода должно нести следующие огни: на передней мачте — один белый топовый; бортовые — зеленый на правом и красный на левом борту, со щитами, выдающимися на 1 *м* вперед, чтобы каждый из этих огней не мог быть виден с другого борта судна (для судов длиной до 30 *м* длина щита может быть уменьшена до 0,5 *м*); кормовой гаковый белый огонь сзади трубы или надстройки, а на судах при габаритной ширине более 5 *м* — еще два гакабортных белых огня на торцовых стенках кормовых надстроек.

Все суда при одиночном следовании или следовании с составом на передней мачте, кроме бортовых отличительных и гакабортных огней, несут сигнальные огни (табл. 3).

Таблица 3

Топовые огни	Значение сигнала	Топовые огни	Значение сигнала
Один белый огонь	Одиночное судно без состава	Два огня—один красный и под ним белый [1]	Судно, буксирующее состав с нефтепродуктами 2, 3 и 4-го классов [5]
Два огня — белый и под ним зеленый	Сухогрузное судно	Три белых огня, расположенных вертикально один над другим	Судно с плотом или смешанным составом (плот и суда)
Три огня, расположенных вертикально один над другим, — вверху белый, под ним два красных	Грузовое судно с нефтепродуктами 1-го класса и сырой нефтью, а также взрывчатыми и отравляющими веществами	Три огня, расположенных вертикально один над другим, — вверху и внизу белый и между ними зеленый	Судно, ведущее другое судно под бортом
Два огня —один белый и под ним красный	Грузовое судно с нефтепродуктами 2, 3 и 4-го классов [2]	Два огня — вверху зеленый и под ним белый	Буксировщик — шаландер
Один красный огонь	Пожарно-спасательное судно, идущее к месту пожара или для спасения судна, терпящего бедствие [3]	На мачте в треугольнике три белых огня, гаковый белый, гакабортные зеленые огни	Толкаемый состав из сухогрузных судов [6]
Два белых огня один над другим	Судно, буксирующее состав из сухогрузных судов	На мачте в треугольнике верхний огонь белый, нижние красные, гакабортные красные	Толкаемый состав с нефтепродуктами 1-го класса и сырой нефтью, а также взрывчатыми и отравляющими веществами [7]

Продолжение табл. 3

Топовые огни	Значение сигнала	Топовые огни	Значение сигнала
Три огня, расположенных вертикально один над другим, — два верхних красные, нижний белый	Судно, буксирующее состав с нефтепродуктами 1-го класса и сырой нефтью, а также с взрывчатыми или отравляющими веществами [4]	На мачте в треугольнике верхний огонь красный, нижние белые, гаковый красный	Толкаемый состав с нефтепродуктами 2, 3 и 4-го классов [8]

[1] Днем несет на мачте два красных квадратных флага.
[2] Днем несет на мачте один красный квадратный флаг.
[3] Днем несет на передней мачте один красный квадратный флаг.
[4] Днем несет на передней мачте два красных квадратных флага.
[5] Днем несет на передней мачте один квадратный флаг.
[6] Несет два гакабортных огня, гаковый — белый огонь.
[7] Днем несет на мачте два красных квадратных флага, гакабортные огни красные.
[8] Днем несет на мачте один красный квадратный флаг, гаковый огонь красного цвета.

Если состав буксируется двойной тягой, то буксирующие суда при движении в кильватер несут следующие сигналы: головной буксировщик — бортовые, гаковый и гакабортные огни и, кроме того, на мачте — топовые огни — в зависимости от рода груза в буксируемом составе (см. табл. 3); судно, идущее сзади, на которое подан буксир, — только топовые огни (такие же, как и у впереди идущего). Это судно при встрече и обгонах никаких сигналов не подает. Управляет движением состава, подает сигналы и несет ответственность за это вахтенный начальник идущего впереди буксировщика.

Если суда счалены бортами, они несут сигнальные огни, какие им положено нести, а внутренние бортовые (отличительные) огни выключаются. Ответственное за управление составов и подачу сигналов—то судно, с которого подан буксирный трос.

Судно, подчалившееся к борту одного из буксируемых судов состава, несет один белый топовый огонь на мачте и один белый на краю капитанского мостика с ходовой стороны.

Парусные и парусно-моторные суда при движении только под парусами несут бортовые отличительные огни, расположенные под нижней шкаториной паруса, и гаковый белый огонь. Если же они идут под парусами и на них работает двигатель или работает только двигатель, они несут такие же сигналы, как и одиночное самоходное судно.

Катера, моторные шлюпки и лодки при движении несут топовый белый огонь, бортовые отличительные и белый гаковый огонь. Если они буксируют какое-нибудь судно или лодку, они должны нести топовые огни, как буксировщики.

Гребные лодки и шлюпки несут на носу белый огонь, видимый по горизонту на 360°.

Во время стоянки самоходные суда должны нести стояночные огни от захода до восхода солнца. На сухогрузных судах при стоянках бортовые отличительные и топовые огни должны быть выключены: включается только один белый клотиковый огонь на передней мачте, видимый по горизонту на 360°, один белый огонь на краю капитанского мостика с ходовой стороны, видимый с носа, кормы и по траверсу и гакабортные огни.

На судах, груженных нефтепродуктами 1-го класса и сырой нефтью (или имеющих их остатки), взрывчатыми и отравляющими веществами, во время стоянки на передней мачте включают два красных огня, а на судах, груженных нефтепродуктами 2, 3 и 4-го классов, — один красный огонь. Эти огни должны быть видимы по горизонту на 360°. Кроме того, на этих судах во время стоянки на носовом флагштоке на высоте 2 *м* от фальшборта поднимают один белый огонь, видимый по горизонту на 360°, один белый на краю капитанского мостика с ходовой стороны, видимый с носа, кормы и по траверсу, и гакабортные огни. В дневное время на носовой мачте во время стоянки поднимают те же флаги, что и на ходу.

Сигналы на несамоходных судах при ходе и стоянке их поднимают в зависимости от размера этих судов, способа их передвижения и рода перевозимого груза (см. Правила плавания).

Суда, стоящие на мели в пределах судового хода, несут установленные для них стояночные огни; кроме того, если проход для других судов возможен, стоящее на мели судно ограждается огнем на уровне бакена согласно правилам судоходной обстановки.

При расхождении и обгоне судов применяется сигнал «отмашка»: днем белый ручной квадратный флаг (с длиной стороны 70 *см*), ночью — белый огонь. Отмашка дается с того борта, с которого необходимо обойти обгоняемое судно или пропустить встречное. Отмашка днем производится флагом до тех пор, пока с другого судна не будет получен ответный сигнал, ночью — миганием огня.

Сигналом остановки служат: днем — горизонтальное движение флага-отмашки, ночью — горизонтальное движение огня.

Путевые знаки и сигналы[1] устанавливают на участках пути для регулирования пропуска судов в одном направлении (семафоры или светофоры, а также знак — «сигнал»).

Для обозначения границ рейдов служат рейдовые знаки, а для обозначения глубины и ширины судового хода — сигналы о габаритах пути. Сигналы устанавливают также на мостах для обозначения судоходных пролетов, на причалах и т. д. Кроме того, устанавливают знаки воздушных и подводных переходов.

[1] Подробно — см. «Знаки судоходной обстановки и сигнализация на внутренних водных путях», изд-во «Речной транспорт», 1962.

Звуковые сигналы на самоходных судах подаются свистком, тифоном или сиреной, на несамоходных судах — колоколом. Парусные суда подают сигнал сиреной или рожком.

Звуковые сигналы в зависимости от их назначения отличаются продолжительностью и количеством. Продолжительным звуком считается такой, который подается непрерывно в течение 4—6 *сек*, коротким — в течение 1 *сек*. Наиболее употребительные звуковые сигналы приведены в табл. 4.

Таблица 4

Сигнал	Значение сигнала
—	При встрече судов, при подходе к пристани или берегу, плотовод при пропуске встречного судна с левого борта, при подходе к дноуглубительному снаряду, к узкости, колену, воложке, к шлюзам, переправам, наплавным мостам, к знаку «Сигнал»
— —	«Мои машины работают на задний ход» — обмен сигналами при расхождении задним ходом, при входе в колено, узкости, перекаты (если участок большой протяженности, — при прохождении его через каждые 2—3 *мин*), во время тумана на стоянке (через каждые 2—3 *мин*)
— — —	При движении самоходного судна в тумане (через каждые 3 *мин*)
— — — —	«Требую уменьшить ход»
— ·	«Требую увеличить ход»
· ·	При расхождении правыми бортами
· · ·	«Человек за бортом»
· · · ·	«Делаю оборот, становлюсь на якорь»
· · · · ·	«Предупреждение», когда судно предупреждает другое судно о грозящей опасности, в связи с которой идущее судно должно остановиться
· · —	«Я Вас понял» — подтверждение, что сигнал другого судна понят, запрос на обгон судна
· — ·	«Прошу явиться на радиосвязь»
— · · ·	При отходе от пристани (в областных центрах и крупных промышленных городах не подается)
— · · · —	«Обращаю внимание»
— · —	«Прошу подать шлюпку» или «Подойти к моему борту»
~ ~ ~	«Терплю бедствие»

Примечания:

1. В таблице приняты следующие обозначения: — продолжительный свисток, · короткий свисток, ~ свистки с переменным усилением и ослаблением звука.

2. Если во время бедствия невозможно подавать сигналы свистком, подают сигнал частыми ударами в колокол и одновременно «мигают» клотиковым огнем.

Кроме того, сигналами бедствия служат: днем — вертикальное перемещение вверх и вниз флага на мачте, выстрел ракеты или сжигание фальшфейера с красными звездами через каждые 2 *мин*; радиосигнал SOS, состоящий из сочетаний ...———... (по азбуке Морзе; вызов аварийно-спасательного судна по установленному коду).

Сигналы, связанные с обслуживанием судна, подаются малым свистком, а если его нет, — ручным свистком или звонками.

Соблюдение правил стоянки судов и плотов столь же важно для безопасности судоходства, как и соблюдение правил движения.

Суда должны становиться на якорь или швартоваться к берегу не ближе, чем на расстоянии 200 *м* от грузо-пассажирских дебаркадеров и доков, а останавливаться вне фарватера — на расстоянии не менее 100 *м* от створных или перевальных знаков, чтобы не препятствовать движению других судов. Плоты останавливаются на рейдах в специально отведенных для этого местах.

Суда, груженные нефтепродуктами, взрывчатыми или отравляющими веществами, ставят в портах и на рейдах в особых местах, определяемых местными правилами плавания. Стоянка других судов допускается на расстоянии не ближе 300 *м* от судов, груженных нефтепродуктами 1-го класса, взрывчатыми или отравляющими веществами.

Для стоянки судов выбирают место, не имеющее подводных препятствий, с ровным и спокойным течением, с такой глубиной, чтобы был обеспечен необходимый запас воды под днищем. Запрещается стоянка судов и плотов на перекатах, в коленах и в узких местах, у мостов, у прижимных берегов, на плесе и в местах, особо объявленных бассейновыми управлениями пути.

ГЛАВА VII

ЛОЦИЯ ВНУТРЕННИХ ВОДНЫХ ПУТЕЙ

§ 28. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Лоция — это часть науки о судовождении, изучающая судоходные условия рек, водохранилищ, озер, морей и океанов. Лоция делится на морскую и речную, общую и специальную.

Общая лоция внутренних водных путей рассматривает условия плавания на внутренних водных путях (реках, озерах, водохранилищах), знание которых необходимо судоводителям для ориентировки при плавании на любой судоходной реке. В ней приводятся сведения о русле, берегах, об образовании препятствий, режиме рек и формировании речного русла, различных приметах и ориентирах, обстановке, направлениях и границах судового хода.

Специальная лоция занимается подробным изучением определенной судоходной реки (или части ее), озера, водохранилища. В ней изучаются фарватер данной реки, озера или водохранилища на всем его протяжении, места нахождения перекатов и перевалов с их характеристикой, подходы к портам и якорным стоянкам (рейдам), характерные берега, навигационные ограждения, гидрологические и метеорологические условия плавания и т. д.

Базой для изучения общей лоции служит гидрология, объясняющая процессы и явления, связанные с круговоротом воды в природе.

Река — это постоянный водный поток сравнительно больших размеров, текущий по земной поверхности в образованном им русле.

Озером называется естественное углубление на поверхности суши, заполненное водой.

Водохранилищем называется искусственный водоем, образованный в результате постройки в русле реки плотины.

Основным источником питания рек служат подземные воды, а водохранилища обеспечивают их искусственное питание и гарантируют безопасность судоходства в меженное время.

Каждой реке, озеру, водохранилищу присущи свои характеристики — расход воды, скорость и направление течения, колебания уровня, время вскрытия и замерзания, степень размываемости русла, характер наносов, извилистость и многие другие. Совокупность всех этих характеристик называется режимом реки, озера, водохранилища.

Знание режима данной реки — необходимое условие правильной эксплуатации флота и безаварийного движения судов.

Река обычно протекает в наиболее пониженном углублении земной поверхности, называемом речной долиной. Место в долине, где протекает река, называется руслом. Пониженная часть долины, заливаемая весенней водой во время половодья, называется поймой. Место, где река берет свое начало, называется истоком, а место впадения в озеро, море или другую реку — устьем. Если мысленно встать лицом по направлению течения реки, слева будет левый берег, справа — правый.

Вогнутый и обрывистый пойменный берег называется яром. Участок яра, примыкающий к низким пескам или прямолинейному участку, называется плечом. Участок реки, где меженный фарватер переходит от одного берега к другому, называется перевалом, а фарватером или судовым ходом называется путь в реке, свободный от подводных препятствий и достаточно глубокий для плавания судов с определенной осадкой.

Линия, соединяющая на водной поверхности реки точки с наибольшей глубиной русла и с наибольшими скоростями течения, называется стрежнем. Если в устье притока два меженных русла разделяются песчаной косой треугольной формы, то это место называется стрелкой. Часть крутого берега, выступающая в русло, называется рынком гор.

§ 29. ПРЕПЯТСТВИЯ ДЛЯ СУДОХОДСТВА И ОРИЕНТИРОВКА В ПУТИ СЛЕДОВАНИЯ

Одним из главных свойств речного русла, по которому перемещается речной поток, является изменяемость его формы в плане и в профиле.

Верхняя часть реки отличается быстрым течением, река здесь обычно сравнительно узкая и мелководная. В средней части пониженные скорости течения, река здесь становится шире и глубже, чем в верхнем течении. В нижней части скорости течения ниже, чем в верхней и средней, река здесь отличается значительной шириной и глубиной.

Из-за пониженной скорости в нижнем течении оседает большое количество наносов, образующих подводные и надводные отложения, так называемые естественные препятствия.

Речной путь может иметь ограниченные габариты — недостаточную глубину и ширину, кривизну судового хода. Одно из главных препятствий на реках в свободном состоянии представляют перекаты, перевалы, узкости, печины и косы, пороги и каменные гряды, высыпки, мели и другие препятствия, образуемые в результате отложения наносов. Рукава, большие скорости течения, а также неправильные течения (суводи, майданы, свальные и прижимные и т. д.) дополнительно создают большие трудности для судоходства.

Возникают затруднения и при проводке судов в шлюзах и на каналах, на озерах и водохранилищах при волнении.

Чтобы безошибочно вести судно в соответствии с особенностями предстоящего участка пути, своевременно изменять курс судна и правильно обходить всевозможные препятствия, необходимо ориентироваться по естественным и искусственным приметам.

Ориентировка по искусственным приметам. К искусственным приметам относятся различные характерные сооружения на берегах, отдельные здания, населенные пункты и т. д.

Искусственными приметами обычно пользуются в дневное время. Кроме того, надо учесть, что размещение их случайно.

Ориентировка по состоянию уровня воды в реке. Если прежде пологий берег около уреза воды становится обрывистым, это означает, что вода в реке прибывает.

Если плывущий по реке мусор собирается на середине ее и плывет по стрежню, это значит, что вода в реке убывает, и наоборот, если мусор плывет вблизи берегов, — вода прибывает. Если по реке плывет много мусора (больше, чем обычно), это означает, что проходит паводок.

Ориентировка по цвету поверхности воды. В дневное время над застругами, косами и другими отмелями в тихую погоду поверхность воды ровная и светлая, а над глубокими местами — волнистая, темного цвета. На косах, застругах, в подвальях перекатов от волн, расходящихся во время движения судна, появляются гребешки. Над затонувшими предметами и отдельными препятствиями поверхность воды имеет тот же вид, что и на майданах, а ниже препятствия всегда рябит. Над шалыгой поверхность воды гладкая.

Прибылая вода имеет мутновато-желтый цвет.

Ночью в ясную погоду поверхность воды над отмелями имеет белесоватый оттенок, а на глубоких местах — темный.

В ясные лунные ночи цвет песков сливается с белесоватым цветом поверхности воды.

В лунную ночь при ветре вода имеет темный цвет, плывущие на ней предметы также становятся темными. От крутых яров и высоких коренных берегов падают длинные тени, из-за которых все предметы на реке сливаются с поверхностью воды. Увидеть эти предметы можно лишь при внимательном наблю-

дении и применении в отдельных случаях судовых прожекторов.

Правильность избранного курса судна может быть проверена:

1) по судовым волнам. При прохождении судна по корыту переката вся поверхность воды покрывается небольшими расходящимися волнами. Затем она постепенно успокаивается. В первую очередь гладкая поверхность восстанавливается на глубоких местах переката, а на мелких местах будет рябь, четко обрисовывающая их форму, причем корень заструги будет покрыт сплошной рябью, а ближе к середине переката густота ряби уменьшается и в конце заструги совсем исчезает.

Если за кормой судна с обеих его сторон волна имеет одинаковую высоту, это значит, что глубина по ту и другую сторону одинакова. Если с правой стороны кормы появляется более высокая и более шумная волна, это значит, что здесь глубина меньше, чем слева, и наоборот;

2) по ветровым волнам. На подводных осередках и косах при низовом ветре волна, вкатываясь, меняет свою форму. Сначала она поднимается и преломляется, а докатившись до верхней, наиболее высокой точки осередка или косы, достигает наибольшей величины. Затем она опять преломляется и с шумом скатывается, образуя гребни и барашки. Пройдя над верхней точкой осередка (или косы), волна вступает на его отлогий приверх. Высота ее уменьшается, гребни и барашки постепенно погашаются и совсем исчезают.

Путем сравнения волн легко определить местонахождение осередка или косы, их примерные размеры и форму. Если волна встречает на пути огрудки, то она резко меняет свою форму. Встретив огрудок, волна в первый момент образует пенистые гребни и барашки, а пройдя его «сглаживается».

По ветровой волне можно определить местонахождение прорвы в затопленном ходовом яру, которая представляет большую опасность для судоходства. Волна, поступающая с залитого яра на прорву, преломляется. Течение прорвы, подхватывая сливающиеся в него с поймы волны, сносит их вниз. Сравнивая окружающие волны с описанными, определяют местонахождение прорвы.

Волны, идущие снизу, встречая обрывистое ухвостье острова, поднимаются, передняя часть их опрокидывается, создавая буруны, гребни и барашки. Вкатившись на остров, волны идут по нему, как по залитой пойме;

3) по работе машины и движителей. При переходе судна с глубокого места на мелкое место число оборотов машины увеличивается, а при переходе с мелкого места на глубокое — уменьшается. По изменению работы машины можно определить, когда судно вошло в корыто переката, когда сошло с подвалья и т. п.

Если судно уклонилось от правильного курса и ритм боя плиц гребных колес участился, это значит, что судно приблизилось к мелкому месту.

Ориентировка в ночное время. В ночное время больше приходится ориентироваться по обстановочным знакам, а при хорошей видимости — по естественным и искусственным приметам.

При ориентировке по огням обстановочных знаков рулевой должен быть внимательным и отличать их от береговых огней, чтобы не сбиться с курса, а при пользовании естественными приметами он должен хорошо разбираться в их силуэтах и контурах.

В ночное время можно также ориентироваться путем промера глубин и сличения полученных результатов измерений с глубинами, указанными на лоцманской карте в предполагаемом месте нахождения судна.

Определение курса по навигационным приборам. При плавании на озерах и на крупных водохранилищах вдали от берегов, когда отсутствуют береговые ориентиры или видимость плохая, пользуются навигационными приборами.

Основным прибором служит компас, при помощи которого определяют курс судна относительно магнитного или географического меридиана.

Новейшим средством ориентировки при плавании в неблагоприятных метеорологических условиях являются судовые радиолокационные станции, на экранах которых появляется изображение участка реки, где находится судно.

Во время плавания вдали от берегов при наличии береговых радиостанций и радиомаяков применяют радиопеленгаторы.

В случае неудовлетворительной видимости для ориентировки судов при входе в канал, в шлюз и т. п. могут быть использованы береговые радиолокационные станции.

§ 30. ФОРМИРОВАНИЕ РУСЛА И ОБРАЗОВАНИЕ НАНОСОВ

На всем протяжении от истока до устья речной поток стремится проложить кратчайший прямолинейный путь к месту своего впадения, но на пути его движения встречается много препятствий. Встречая препятствия, поток воды обходит их, меняя свое прямолинейное движение, устремляясь всей своей массой то к левому, то к правому берегу. Ударившись о берег, поток с той же силой и под тем же углом отражается к противоположному берегу, размывая берега с рыхлыми породами, делая в них углубления в виде вогнутости до тех пор, пока не дойдет до твердой породы. Таким образом, река начинает описывать один изгиб за другим, унося с собой продукты разрушения (наносы) и откладывая их в местах замедленного течения.

Река приобретает в плане извилистую форму. У крупных рек извилистость меньше, у малых — больше. В зависимости от величины и положения изгибы реки называются лукой, извилиной, излучиной и коленом.

Извилины дают возможность судоводителю хорошо ориентироваться при выборе курса. По ним можно легко определить места наибольших и наименьших скоростей течения, глубин, направления слива воды, места перевалов. Плечи извилин, являющиеся естественными приметами, служат ориентирами при управлении судном.

Образование в русле наносов. В результате отложения наносов в русле образуются косы, заструги, побочни, осередки, острова, шалыги, высыпки.

Косы — клинообразные отложения наносов значительных размеров в русле. Косы обычно примыкают к выпуклому берегу или к ухвостью острова, а вершиной направлены наискось к стержню реки, в сторону противоположного берега.

Заструги — небольшие косы в виде зубьев, отходящие от большой косы вниз и в сторону противоположного берега.

Побочни — небольшие песчаные отмели у вогнутого берега. Образуются у яров и за высыпками, у горных оврагов.

Осередки — подводные или надводные песчаные возвышения на дне меженного русла, расположенные посередине него или на некотором расстоянии от берега и не имеющие растительности. Образуются на расширенных участках русла реки, в местах встречи течений, слияния рек, над скоплением камней, над затонувшими судами.

Острова — надводные осередки крупных размеров, покрытые растительностью. Верхняя по течению часть острова называется приверхом, а нижняя — ухвостьем. Образуются так же, как осередки.

Шалыга — небольшой подводный осередок в корыте переката, образующийся в результате русловых переформирований на перекатах, у которых наносы легко подвижны, или в результате постановки судов на мель «взамет» — поперек течения, когда за ними образуется тихое течение, где и откладываются наносы.

Перечисленные образования наносов — песчаные; к каменистым и глинистым препятствиям в русле относятся гряды, огрудки, опечки, одинцы, печины, пороги.

Грядой называется скопление камней по всей ширине русла, когда дно русла не имеет большого уклона.

Огрудками называется небольшое скопление камней вблизи берега, располагающееся вдоль русла.

Опечком называется небольшая галечная мель в русле реки, располагающаяся вблизи фарватера.

Одинцом называется камень значительного размера, лежащий в русле реки.

Печиной называется подводная или надводная отмель глинистого образования, составляющая часть яра и вдающаяся под углом в русло. Около печин всегда большая глубина и быстрое течение.

Порогом называется место скопления камней во всю ширину русла реки, имеющее большой уклон.

Перекаты. Перекат — наиболее затруднительная для судоходства часть речного русла. Перекаты обычно располагаются группами, образуя перекатные участки, чередующиеся с плесовыми участками, на которых встречаются перевалы.

Перекаты образуются преимущественно в тех частях русла, где берега низкие и легко размываются, а течение тихое и неправильное. Они образуются также в местах крутых поворотов, при слиянии рек, при разделении русла на рукава.

На рис. 22 показана типовая схема переката в плане и продольном профиле, на которой показаны основные его элементы. Глубины на схеме обозначены при помощи изобат.

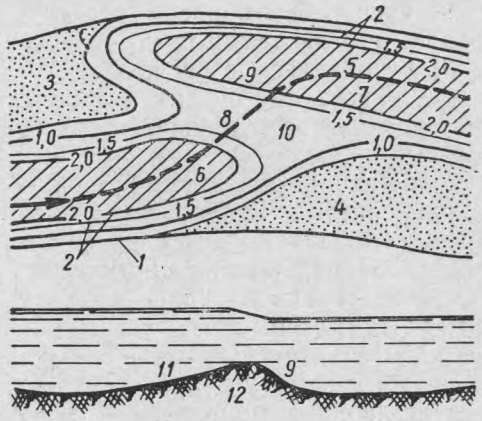


Рис. 22. Типовая схема переката в плане и продольном профиле:
1 — срезочный уровень; *2*—изобаты; *3* — верхний побочень; *4* — нижний побочень; *5* — фарватер; *6*—верхняя плесовая лощина; *7* — нижняя плесовая лощина; *8* — корыто; *9* — подваль̆е; *10* — седловина; *11* — напорный скат; *12* — гребень

Течение на перекатах в меженный период сильнее, чем во время половодья и паводков. В половодье течение на перекате параллельно берегам долины, а в межень его направление всецело зависит от типа переката, формы, вида подвалья, очертаний русла и т. д.

Состояние перекатов в зависимости от различных условий (род грунта, изменение расхода и уровня воды, ледовый режим, путевые работы и т. д.) постоянно изменяется.

Во время половодья на перекатах откладывается много наносов, что ухудшает их состояние. В межень намытый слой наносов смывается. Если вода после половодья убывает быстро, наносы размываются недостаточно и судоходные качества переката ухудшаются. При совпадении паводкового и меженного потоков размыв наносов происходит быстро.

Перекаты постоянно передвигаются вниз по течению, в результате чего в одних случаях происходит полное их уничтожение, в других — возникновение новых.

Одним из наиболее важных элементов, влияющих на судоходные качества переката, является его подвалье. Рулевой должен хорошо знать формы подвальев перекатов, чтобы при движении снизу вверх умело направить судно или буксируемые суда на подвалье.

По форме подвалья различают перекаты:

1) с ровным подвальем — наиболее удобный в судоходном отношении перекат. Судно, идущее снизу, следует заводить на него так, чтобы оно следовало курсом, параллельным направлениям струй течения;

2) с выпуклым подвальем — в этом случае течение веерообразное. Чтобы правильно провести по нему судно, необходимо определить направление главных струй течения и направить судно таким образом, чтобы его диаметральная плоскость совпала с осью главных струй потока;

3) с подвальем с раскосьем — когда судовой ход проходит между ухвостьями верхней и нижней кос. Такой перекат удобен для судоходства и идущие вверх суда легко входят на подвалье;

4) с подвальем с двумя крупными застругами — судовой ход искривленный и направления течения на косах, образующих подвалье, различны, что следует учитывать при проводке судов;

5) с подвальем под крутую косу — ровный свал течения. При вводе судов на такое подвалье следует внимательно следить за тем, чтобы не допустить захода судна за ухвостье верхней косы, в затонскую часть ее. Судно должно следовать строго по крутому корыту вблизи верхней косы;

6) с двойным подвальем — перекат затруднителен для проводки судов. В этом случае надо соблюдать особую осторожность, уметь вовремя определить момент прохождения первого подвалья и подготовиться к прохождению второго.

Форму подвалья каждого переката легко определить в дневное время и в светлые ночи по виду воды. В тихую погоду на подвалье образуется ясно выраженная рябь, по которой и определяют форму подвалья переката.

§ 31. СУДОХОДНАЯ ОБСТАНОВКА НА ВНУТРЕННИХ СУДОХОДНЫХ ПУТЯХ

Для безопасного и беспрепятственного плавания судов на внутренних судоходных путях применяется комплекс специальных береговых и плавучих знаков и сигналов, называемых судоходной обстановкой.

Судоходная обстановка состоит из береговых и плавучих знаков[1], которые расставляют по заранее разработанной схеме,

[1] Более подробно — см. «Знаки судоходной обстановки и сигнализация на внутренних водных путях», изд-во «Речной транспорт», 1962.

в соответствии с требованиями Правил плавания по внутренним судоходным путям РСФСР.

Знаки судоходной обстановки разделяются на:

1) ходовые или указательные, обозначающие направление судового хода; в состав их входят створные, створно-перевальные, перевальные и ходовые знаки, знаки судоходных пролетов мостов, путевые огни на каналах, опознавательные знаки и маяки;

2) оградительные, обозначающие берега или границы судового хода или ограждающие опасность; в состав их входят буи, бакены, вехи, весенние знаки, щелевые створы, маяки и рейдовые знаки;

3) разрешительные и запретительные, служащие для регулирования движения судов, — семафорные мачты; граничные знаки, знаки у мостов и светофоры на шлюзах;

4) предупредительные и оповестительные — сигнальные и штормовые мачты, знаки «Сигнал», знаки подводных и надводных переходов, рейдовые столбы.

В группе знаков обстановки, служащих для ограждения судового хода, преобладающая роль принадлежит плавучим знакам.

Плавучие знаки (буи, бакены, вехи) расставляют по латеральной и кардинальной системам.

На реках СССР применяется латеральная система, при которой знаки обстановки расставляют по кромкам судового хода; по внешним признакам знаки правой и левой кромок различны. По этой же системе обставляются судоходные трассы на водохранилищах.

При кардинальной системе положение судового хода на всем его протяжении не обозначают; знаки обстановки выставляют для ограждения только отдельных препятствий в зависимости от стран света; эти знаки указывают, с какой стороны нужно обходить препятствие.

§ 32. ИЗУЧЕНИЕ РАЙОНА ПЛАВАНИЯ

Одним из основных методов изучения русла реки, который выработан долголетней судоводительской практикой и вполне оправдал себя, является последовательное запоминание русла на всем его протяжении.

Сущность этого метода заключается в следующем.

Сначала нужно изучить и запомнить расположение на левом и правом берегу в отдельности всех крупных и мелких населенных пунктов, а также отдельных, наиболее характерных береговых зданий и сооружений, фабрик, заводов и т. д.

Затем следует изучить места расположения всевозможных сооружений на реке — железнодорожных, шоссейных и наплавных мостов, воздушных переходов, шлюзов, плотин, дамб, запруд и других гидротехнических сооружений.

После этого необходимо ознакомиться с общим видом берегов, с видимыми кряжами, подходящими близко к реке; изучить общее направление долины и русла, характер поймы и растительность. Следует подробно изучить контуры левого и правого берегов, служащие естественными приметами на реке и составляющие один из основных элементов изучения специальной лоции каждого участка речного пути (извилины, колена, вогнутые и прямолинейные яры, плечи яров, выпуклые пески, рынки гор, устья речек, оползни берегов и т. д.).

Вслед за этим надо запомнить местонахождение всех островов и осередков, высоких песков, высыпок, гряд и огрудков, одинцов, затонин, затонов, заманих, тиховодов, суводей, майданов и пр.

Потом можно перейти к запоминанию мест расположения печин, побочней и полиц, расположенных в ярах, а также мест проранов и прорв в ярах.

Необходимо изучить растительность на левом и правом берегах и на островах, учитывая при этом возможность использования ее в качестве естественной приметы для ориентировки. Нужно знать также все воложки, вторые судовые ходы, важнейшие перевалы и перекаты, проходы по створам.

Изучив и запомнив русло реки, следует перейти к непосредственному изучению фарватера — его направления по всей реке, перевалов от одного берега к другому, направления хода на перекатах, в особо опасных и затруднительных местах, береговой и плавучей обстановки и т. д.

Для развития навыков и запоминания русла и фарватера рекомендуется делать упражнения, зарисовывая отдельные участки. Сначала эти рисунки следует делать путем копирования на кальку контуров берегов, а затем выполнять их на обыкновенной бумаге, с нанесением фарватера, перевалов, перекатов.

Пользуясь приведенной схемой, можно самостоятельно изучать русло реки по лоцманской карте и в зимних условиях, в домашней обстановке.

Зарисовки фарватера реки с натуры, независимо от наличия лоцманской карты и других пособий, необходимых при изучении специальной лоции, помогают быстрее изучить фарватер. Зарисовку следует делать на листе плотной бумаги, предварительно разграфленном на клетки. Вначале наносят контуры берегов, затем населенные пункты, береговые естественные и искусственные приметы, разветвления русла, острова, осередки, высыпки, огрудки. Далее наносят затоны, тиховоды, суводи, майданы и другие препятствия. После этого прокладывают пунктирной линией фарватер, наносят перекаты, перевалы, знаки береговой и плавучей обстановки. В результате такой зарисовки получаем рабочую лоцманскую карту, хотя и приближенную, но достаточно понятную для целей судовождения.

§ 33. ЛОЦМАНСКИЕ КАРТЫ И ПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИ

Лоцманская карта с текстовым приложением к ней в виде лоции — основное пособие для изучения специальной лоции.

Лоцманская карта представляет собой серию отдельных планшетов (рис. 23), на которых изображено русло реки с нанесенными меженным фарватером и направлениями весенних ходов в масштабе от 1 : 10 000 (в 1 *см* 100 *м*) до 1 : 50 000 (в 1 *см* 500 *м*).

Элементы речной долины и русла, обстановочные знаки и различные сооружения показаны на карте условными обозначениями (рис. 24).

Все планшеты (отдельные листы) карты пронумерованы и сброшюрованы в альбом (атлас).

Для облегчения нахождения нужного номера планшета карты в атласе лоцманской карты имеется сборный лист.

На планшеты карты наносят:

1) меженный и весенний фарватеры; на меженном фарватере указывают километраж (черточками через 1 *км* и цифрами через 5—10 *км* или только цифрами через 1 *км*) и характерные глубины на перекатах; меженный и весенний фарватеры наносят для судов, идущих сверху;

2) затоны и зимовки для судов и пункты возможных зимних стоянок с указанием наименьших глубин на подходах и в самих затонах;

3) береговые и плавучие знаки речной обстановки;

4) засемафоренные участки реки (обозначаются надписью, например: «208—210 *км*, проход в одну сторону»);

5) свальные и прижимные течения, суводи, майданы, заманихи, тиховоды;

6) бровки меженных (затопляемых) и коренных (незатопляемых) берегов, причем цифрами указывают возвышение бровок в местах над проектным уровнем;

7) прибрежные населенные пункты, их названия и имеющиеся в них средства связи (почта, телефон, телеграф, селектор и т. д.).

Участок реки на лоцманской карте размещают так, чтобы русло было примерно параллельно нижней кромке листа, а течение направлено слева направо.

На лоцманских картах водохранилищ приводят данные только в границах судоходных трасс, портов-убежищ и других участков, доступных для судоходства.

Карты озер приближаются к морским.

Карты судоходных каналов представляют собой план канала и водохранилищ, которые входят в состав водного пути. На них наносят всю судоходную обстановку, сигнализацию и береговые сооружения.

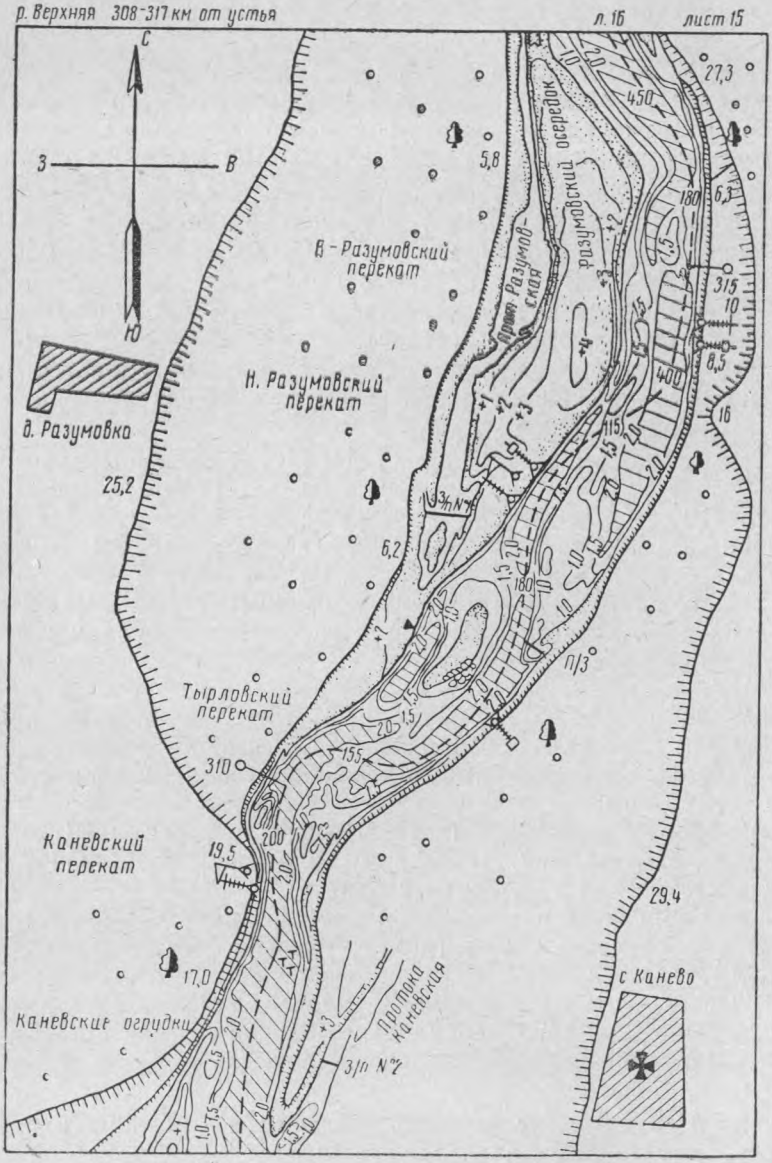


Рис. 23. Пример листа лоцманской карты с тремя изобатами (1,0; 1,5; 2,0 *м*)

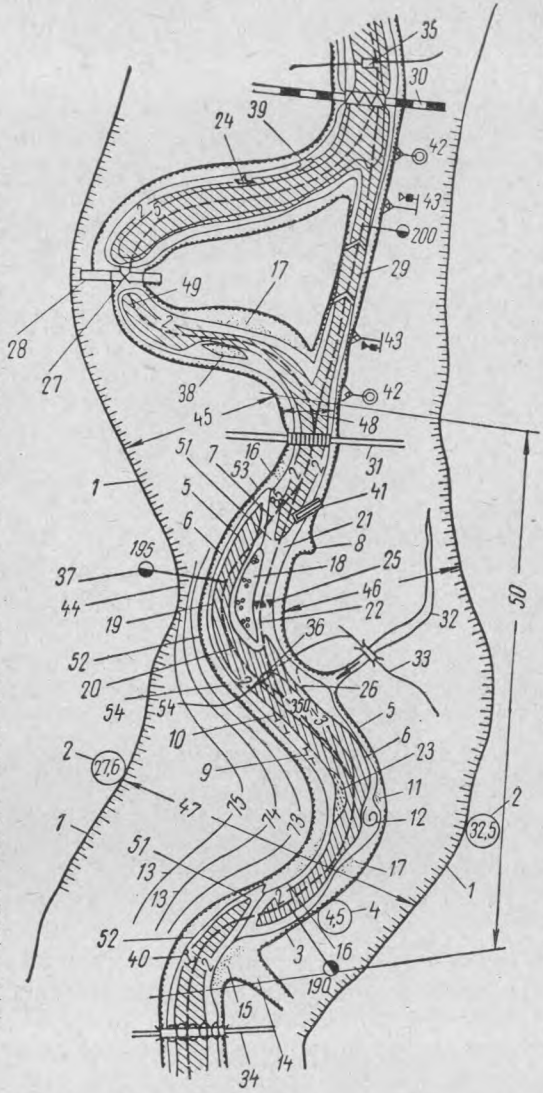


Рис. 24. Условные обозначения основных элементов речной долины: *1* — бровка коренного берега; *2* — высота ее над проектным уровнем (в *м*); *3* — бровка меженного берега (яра); *4* — высота ее над проектным горизонтом; *5* — урез проектного уровня; *6* — изобата гарантированной глубины; *7* — глубина по фарватеру; *8* — оползни; *9, 10* — подводные камни; *11* — печина; *12* — суводь; *13* — горизонтали с отметками (в *м*) над уровнем моря; *14* — овраг; *15* — высыпка из оврага; *16* — песчаная коса; *17* — побочень; *18* — остров; *19* — главное русло; *20* — меженный фарватер; *21* — воложка; *22* — весенний ход; *23* — огрудки; *24* — затонувшее судно; *25* — порог; *26* — запань; *27* — плотина; *28* — насыпь (сопрягающая дамба); *29* — шлюз; *30* — железная дорога с мостом; *31* — шоссейная дорога с каменным мостом; *32* — приток; *33* — грунтовая дорога с деревянным мостом; *34* — шоссе с наплавным мостом; *35* — паром; *36* — лодочный перевоз; *37* — километровый знак; *38* — песчаный осередок; *39* — береговой причал; *40* — плавучий дебаркадер; *41* — полузапруда (дамба); *42* — знак «Сигнал»; *43* — семафорная мачта; *44*—горный рынок; *45* — правая пойма; *46* — левая пойма; *47* — ширина долины; *48* — ширина меженного русла; *49* — колено; *50* — излучина; *51* — перекат; *52* — яр; *53* — верхнее плечо яра; *54*—нижнее плечо яра

Текстовым дополнением к лоцманской карте, содержащим сведения, дающие возможность правильно выбрать курс судна, служит лоция. В лоции приводятся общие сведения о реке, физико-географические описания, судоходная характеристика реки и навигационное описание (покилометровое описание реки, соответствующее каждому листу лоцманской карты, с подробным описанием меженного и весеннего фарватера и т. д.).

По такому же принципу составляют лоции судоходных каналов.

В лоциях водохранилищ дается описание навигационного оборудования и судовых ходов транзитных и местных трасс.

В лоциях озер подробно описывают береговую черту со всеми заливами, бухтами, портами, рейдами, гаванями, устьями рек, а также указывают опасности и направления судоходных трасс.

Для облегчения изучения специальной лоции и ускорения запоминания фарватера служат вспомогательные пособия:

1) предметный указатель к лоцманской карте, в которой приведены прибрежные населенные пункты, порты и пристани, местонахождение зимовок и затонов, топливные базы, острова и осередки, гряды и огрудки, перекаты и перевалы;

2) маршрутник, в котором содержатся сведения о покилометровом расположении населенных пунктов, перекатов, о габаритах судового хода и т. д.;

3) паспорт речного пути, содержащий данные о габаритах речного пути, гарантийных глубинах, метеорологических условиях, сроках действия обстановки и др.;

4) путеводители и справочники по рекам, содержащие географический и экономический обзор бассейна.

Чтобы пользоваться лоцманской картой при изучении специальной лоции и при выборе курса во время движения судна, нужно уметь читать ее.

Прежде чем начать работу над картой, следует прочитать все предисловие к ней и научиться пользоваться масштабом для определения расстояний. Потом надо посмотреть по сборному листу чередование отдельных участков реки, выучить наизусть условные обозначения и сокращения.

Усвоив технику чтения планшетов карты, следует перейти к изучению сборного листа. Надо научиться быстро отыскивать на нем нужный отрезок русла и, наоборот, по отрезку части русла на сборном листе — необходимый планшет карты.

Затем нужно выработать навыки в чтении продольного профиля реки. Профиль реки представляется в виде ломаной линии с острыми зубьями. Впадины между зубьями соответствуют бóльшим глубинам, а вершины зубьев — меньшим.

При пользовании лоцманской картой нужно уметь определить расстояние по фарватеру, местонахождение своего судна

по ориентирам, найти на местности предмет, указанный на карте.

Чтобы определить расстояние по фарватеру между какими-либо пунктами, поступают следующим образом. Если расстояние между километровыми отметками на карте равно 5 *км*, то промежуточные расстояния и доли километра определяют по черточкам, нанесенным на фарватере, по численному или линейному масштабу карты. Если по карте с разбивкой реже чем через 1 *км* нужно определить доли километра и целые километры, то откладывают по фарватеру небольшие отрезки прямой, которые считают совпадающими с кривой линией фарватера. Делают это при помощи циркуля или полоски бумаги с отметками. Затем при помощи масштаба карты определяют каждое расстояние, суммируют все измеренные расстояния и полученную сумму прибавляют к сумме предыдущих километров.

Километровый знак на карте стоит у конца данного километрового отрезка пути.

Пользуясь масштабом, можно определить по лоцманской карте ширину русла, ширину ходовой полосы, длину и ширину островов, осередков, побочней, кос, длину переката, расстояние до населенных пунктов, отдельно стоящих деревьев и других береговых ориентиров, имеющих большое значение при выборе курса.

Пользуясь лоцманской картой, нужно уметь ориентировать ее на судне. Ориентировать карту на судне — значит расположить ее перед собой так, чтобы направления от судна на видимые береговые ориентиры, указанные на карте, совпадали с направлением на эти же ориентиры на местности.

Чтобы определить местонахождение своего судна на лоцманской карте по какому-либо ориентиру, нужно прежде всего вычислить расстояние, которое прошло судно от последнего пункта, с учетом скорости и времени плавания. Расстояние следует отметить на карте, а полученную точку считать местонахождением судна. Его следует проверить по ближайшим ориентирам на карте и на местности.

ГЛАВА VIII

УПРАВЛЕНИЕ СУДАМИ

§ 34. СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ

В условиях речного плавания курс судна, в отличие от озерного и морского, выбирают в зависимости от очертаний берега, расположения знаков, судоходной обстановки, береговых ориентиров с учетом метеорологических факторов, действующих на судно.

Вследствие криволинейности речного русла судно редко идет по прямой; чаще оно движется по кривой различного радиуса. Поэтому, в отличие от морского судовождения, где курс судна принято выражать как угол между меридианом и диаметральной плоскостью судна, в речном судовождении *курсом судна* называют любое направление движения судна относительно знаков судоходной обстановки или береговых ориентиров.

Во время движения судну приходится часто отклоняться от заданного направления вследствие извилистости пути или обхода препятствий и т. д. Изменение курса судна по сравнению с первоначальным направлением называется *поворотом*. Изменение курса судна на обратный (на 180°), когда судно, шедшее вверх против течения, поворачивается носом вниз по течению или наоборот, называется *оборотом*.

Поворотливость судна, устойчивость его на курсе, циркуляция, инерция (период и длина пути торможения и разбега и скорость перехода от одного режима движения к другому) составляют так называемые *маневренные качества судна*.

Знать эти качества рулевому крайне необходимо, так как в условиях стесненных речных фарватеров при встречах и обгонах, рейдовых работах, привалах, отвалах и т. п. от них зависит безаварийная работа судна.

Своевременный и правильный поворот судна имеет очень важное значение для обеспечения безопасности плавания, особенно буксируемых и толкаемых составов.

Никогда не следует перекладывать руль быстро и на большой угол, если это не вызывается необходимостью, потому что судно начинает рыскать. Не следует также без надобности быстро перекладывать руль или насадки при управлении толкаемыми составами — это может вызвать обрыв тросов.

Рулевой должен хорошо помнить, что начало поворота судна и прекращение поворота не совпадают по времени с моментом перекладки руля.

При управлении судном рулевой должен учитывать дополнительный угол поворота, знать время перекладки руля на борт, время, необходимое для преодоления инерции судна с момента начала перекладки руля до начала поворота судна, допустимые предельные углы перекладки руля при различных скоростях хода судна.

Во время плавания судну приходится выполнять различные повороты; наиболее частые из них приводятся ниже.

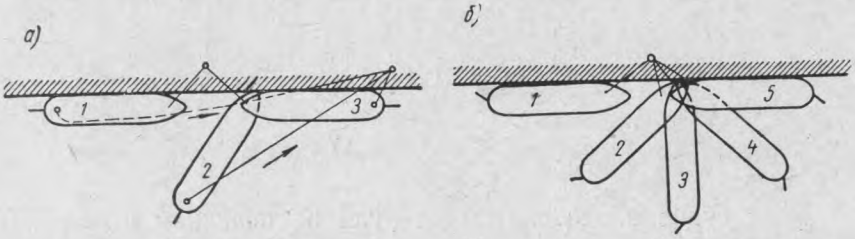


Рис. 25. Повороты у причальной стенки

Если судно стоит у причальной стенки левым бортом, где нет течения (положение *1*, рис. 25, *а*), а его нужно повернуть правым бортом, то для этого отдают все швартовы, кроме носового; с кормы на следующую причальную тумбу подают швартовный трос, ходовой конец которого завертывают на кормовой шпиль. Затем, работая шпилем, судно постепенно поворачивают в положение *2*. В это время отдают носовой швартов, судно поворачивают в положение *3* и швартуют.

Если необходимо развернуть судно, стоящее у причальной стенки, на 180°, т. е. поставить его другим бортом, но вследствие стесненности фарватера нельзя сделать поворот при движении вперед или назад, поступают так. Отдают все швартовы, кроме носового, перекладывают руль на борт — в сторону причальной стенки, а машине дают малый ход вперед (рис. 25, *б*), вследствие чего нос немного подвигается вперед, а затем задерживается, и судно начнет разворачиваться. Когда судно займет положение *2*, ход уменьшают, чтобы оно постепенно заняло положения *3* и *4*; после этого машину стопорят, и судно по инерции приходит в положение *5*.

Если судно делает поворот на узком участке реки, пользуются другими способами.

Предположим, что судно вначале стояло около берега (рис. 26, *а*); затем оно отваливает от берега, чтобы сделать поворот. Когда судно придет в положение *1*, машину стопорят, руль несколько сводят на правый борт, дают машине малый ход назад, и судно начинает постепенно сплывать, поворачиваясь в положения *2* и *3*. При приближении судна к положению *3*, машину снова стопорят, и судно по инерции и под действием течения заканчивает поворот (положение *4*).

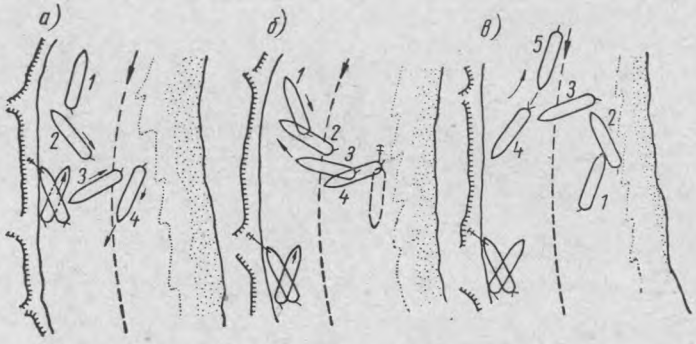


Рис. 26. Схема поворотов на узком участке реки

Если судно плохо слушается руля на переднем и заднем ходу, для поворота используют кормовой якорь (рис. 26, *б*). Судно отводят от берега в положение *1*, где машину стопорят и затем дают ход назад. Как только судно пришло в движение (положение *2*), руль следует переложить на правый борт и уменьшить ход. В положении *3* машину следует застопорить и дать ход вперед, чтобы погасить инерцию, и снова застопорить. В положении *4*, в момент прекращения движения кормы в сторону песка, отдают кормовой якорь. Нос судна под действием течения быстро повернется в нужное направление, после чего якорь поднимают и судно уходит.

Можно применить и другой прием поворота в узком месте (рис. 26, *в*). Вначале судно отводят к противоположному берегу, где оно занимает последовательно положения *1, 2, 3* и *4*, затем, следуя задним ходом до положения *5*, выравнивают судно. Машину стопорят, после чего дают ход вперед, и судно продолжает движение по заданному курсу.

Для уменьшения крена при переднем ходе не следует быстро перекладывать руль на борт, а при заднем ходе необходимо делать оборот на меньших скоростях и перекладывать руль более чем на 20—25°.

При всяком обороте необходимо стремиться максимально уменьшить диаметр циркуляции.

Чтобы уменьшить циркуляцию судна, необходимо поступать следующим образом. Перед тем как делать оборот на грузопассажирском или буксирном судне, идущем порожнем передним ходом, необходимо уменьшить ход машины. Затем переложить перо руля на тот борт, в сторону которого будет сделан оборот, и увеличить ход до полного. Как только давление воды начнет действовать на руль, корма стремительно пойдет в сторону, противоположную направлению перекладки руля, забрасывая нос судна в желаемом направлении.

Когда судно будет подходить к намеченному курсу, руль необходимо постепенно отвести с борта к диаметральной плоскости, а затем на несколько градусов переложить его на другой борт, чтобы сдержать раскат кормы.

Если судно отходит от дебаркадера или места якорной стоянки и должно делать оборот, машина работает на тихий или средний ход. В момент перекладки руля на борт машину пускают на полный ход.

При обороте двухвинтового судна уменьшение циркуляции достигается путем использования работы главных двигателей. При обороте в правую сторону левая машина работает полным ходом вперед, а правая — полным назад; если судно имеет движение вперед, руль кладут на правый борт. При обороте влево правая машина работает вперед, левая — назад, а руль сводят на левый борт.

Диаметр циркуляции можно уменьшить также путем изменения режима работы главных судовых двигателей при обороте.

Управляемость судна в значительной степени зависит от типа движителя и рулевого устройства. Так, например, суда с бортовыми колесами имеют хорошую управляемость при переднем и заднем ходе. Одновинтовое судно, имеющее гребной винт правого вращения, при положении руля «прямо» на переднем ходу стремится уклониться вправо. Судно с винтом левого вращения стремится уклониться влево при движении вперед и вправо — при пуске в ход движителя. При движении одновинтового судна задним ходом при положении руля «прямо» корма судна уклоняется в сторону вращения винта.

Двухвинтовые суда управляются на переднем ходу лучше, чем на заднем.

Для улучшения маневренности и управляемости винтовых судов на заднем ходу их оборудуют носовым подруливающим устройством водометного типа. Это устройство эффективно при швартовных операциях, когда движители работают на малых оборотах, а также при оборотах в стесненных условиях.

При наличии на судне двух гребных винтов левый винт обычно имеет левое вращение, а правый — правое. Это должен учитывать рулевой при привалах и отвалах судна. Например, если от причала отваливает судно, ошвартованное правым бор-

том и имеющее винт правого вращения, при отсутствии течения нужно использовать кормовой швартов, так как отвести нос судна от причала простым поворотом руля в стрежневую сторону не удается.

Поворот такого судна следует делать вправо. Кроме того, при двух винтах судно можно развернуть путем работы одной машины вперед, а другой назад.

Если судно одновинтовое и винт правого вращения, при обороте через правый борт диаметр циркуляции будет меньше, чем при обороте через левый борт.

Управление толкаемым составом принципиально отличается от управления составом, буксируемым на тросе. При буксировке состава на тросе управление осуществляется из двух мест — из штурманской рубки буксировщика и штурвальной рубки несамоходного судна. Такое разобщение органов управления не обеспечивает движения состава строго в кильватер, так как отдельные суда рыскают, течение и ветер сбивают их с курса. Толкаемый состав учален монолитно, и управление им сосредоточено в одном месте. Он более устойчив на курсе и хорошо управляется.

Практикой речного судовождения выработаны различные приемы выполнения оборотов, уменьшающие циркуляцию. К основным из них относятся оборот на ветер и под ветер, оборот на течение и в тиховод, оборот при помощи якоря и швартовов, оборот при помощи другого судна, а также путем изменения режима работы машины и использования движителей.

Оборот на ветер и под ветер. Оборот на ветер производится обычно в узких местах реки, при сильных ветрах, когда судно не может сделать оборота под ветер из-за риска быть прижатым к берегу.

Место для оборота должно быть свободным—поблизости не должно быть других судов, а также подводных и надводных препятствий. При обороте необходимо принимать во внимание характер и расположение палубных надстроек судна, так как высокие палубные надстройки имеют большую парусность и способствуют отклонению судна по направлению ветра. Если ветер дует с правого борта, то оборот нужно делать вправо (рис. 27, *а*).

На судне, следующем вдоль яра, отводят руль на борт в сторону ветра.

Для преодоления бокового сопротивления ветра, сносящего судно, оно должно следовать полным ходом. Как только судно подойдет к точке поворота на обратный курс, ход машины следует убавить до среднего. Корма получит раскатку влево, а ветер, дующий от левого берега, будет с силой давить на носовую часть судна и способствовать ее отклонению.

При этом раскат кормы будет замедляться под действием сопротивления бокового ветра, в результате чего судно придет на обратный курс. Чтобы сдержать дальнейшее отклонение но-

са, машине дают полный ход и руль ставят в положение, соответствующее дальнейшему направлению судна.

Оборот под ветер (рис. 27, *б*), когда нос судна отклоняется по направлению ветра, а также в зависимости от расположения

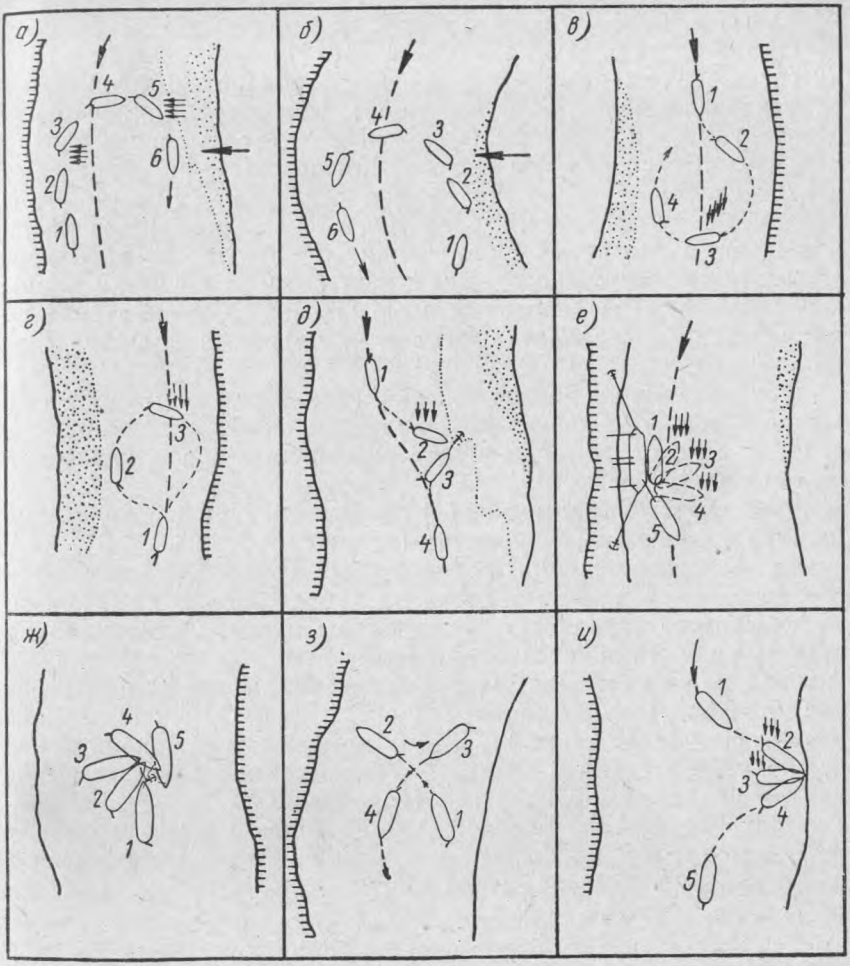


Рис. 27. Схемы оборотов на стесненных участках

палубных надстроек, возможен только в тихую погоду с соблюдением тех же мер предосторожности, что и при обороте на ветер. В ветреную погоду оборот под ветер сопряжен с риском, так как судно не сможет выполнить оборот в намеченной точке.

Оборот на течение и в тиховод. При обороте судна необходимо иметь в виду, что течение на одном и том же отрезке русла реки в разных местах бывает различным. Течение должно

быть использовано для уменьшения циркуляции судна и, следовательно, для ускорения оборота.

Лучшее место для оборота с использованием течения — граница сильного и слабого течений и тиховод. Поэтому, как правило, все судна, идущие вниз по течению, делают оборот на тиховод (рис. 27, *в*), а идущие снизу — на течение.

При обороте следует поступать так. На судне, идущем сверху (положение *1*), при подходе к месту поворота (положение *2*) руль перекладывают на правый борт. Как только нос судна будет подходить к тиховоду (положение *3*), ход машины следует убавить до среднего или малого. Когда нос судна окажется в струях слабого течения, корма под действием сильных струй течения быстро пойдет на раскатку, и судно повернется (положение *4*). В это время руль отводят от борта в положение «прямо», а если нужно сдержать дальнейшую раскатку кормы, перекладывают на некоторый угол на левый борт. Затем с помощью руля устанавливают судно на курсе, а машине дают полный ход.

При ходе судна против течения (рис. 27, *г*) корма судна остается в тиховоде, а нос направляют на быстрое течение, под действием которого судно будет разворачиваться и переходить на обратный курс.

Оборот при помощи якоря и швартовов. При движении судна вниз по течению и в узкостях (положение *1*, рис. 27, *д*), когда судно не может выполнить оборот обычным путем, прибегают к отдаче якоря. Принцип оборота на якоре основан на использовании скорости течения и точки опоры якоря. Судно надо поставить сначала поперек течения, для чего нос его отклоняют в тиховод или в зону слабых струй течения, а корма под действием течения быстро раскатывается, и судно становится поперек течения (положение *2*). В этот момент отдают якорь, и судно, получив в носовой части точку опоры, под действием течения начинает разворачиваться (положение *3*).

Оборот с отдачей носового якоря можно также произвести на прямом курсе, не ставя судно поперек течения, при условии достаточного запаса воды под днищем.

При отвалах от дебаркадера или другого судна, при стесненных габаритах пути, оборот судна выполняют с помощью кормового или носового швартова с использованием силы течения воды (рис. 27, *е*). Для этого кормовой швартов обносят вокруг кормы по кринолину или под кормовым подзором судна (положение *1*) и одним концом закрепляют на причальной стенке или дебаркадере выше кормовых кнехтов судна; ходовой конец швартова, предварительно туго обтянув, крепят на кормовых кнехтах судна с правого борта.

Затем по команде отдаются все швартовы, кроме кормового, а перо руля перекладывают на правый борт. Под действием силы течения судно сплывает и туго натягивает кормовой швар-

тов (положения *2, 3, 4*). Корма, получив точку опоры, будет слегка окатываться по туго натянутому швартову, а нос течением будет отклоняться от дебаркадера вправо.

Для ускорения оборота машина может работать назад малым ходом, благодаря чему корма будет больше поджиматься к дебаркадеру, способствуя быстрейшему отклонению от него носа судна.

Когда нос судна встанет под углом 40—50° к течению, машину останавливают. Течение при этом начинает оказывать давление сначала на носовую часть судна, а при дальнейшем отклонении — и на весь корпус. Как только судно займет положение, перпендикулярное дебаркадеру, отдают кормовой швартов, машине дают ход вперед, а руль ставят в нужное положение *5*, сообразуясь с направлением дальнейшего движения.

Рассмотренный случай оборота на кормовом швартове возможен только при ровном и несильном течении. При сильном навальном ветре и прижимном течении такой оборот затруднителен.

Оборот судна при отходе от дебаркадера можно производить и на носовом швартове. При обороте на носовом швартове его конец также обносят вокруг фальшборта на бортовые носовые кнехты правого борта (если судно ошвартовано левым бортом), а другой конец закрепляют на кнехтах дебаркадера. Затем отдают все швартовы, кроме носового, и дают машине ход вперед. Судно, двигаясь вперед, носом будет опираться на носовой швартов; корма в это время будет отходить от причала. Как только корма отойдет от причала на значительное расстояние, машину останавливают, затем дают средний ход назад, руль перекладывают на правый борт и отдают носовой швартов. Когда судно встанет поперек течения и сплывет немного ниже дебаркадера, машину останавливают, руль перекладывают на левый борт и машине дают средний, а затем полный ход вперед.

Оборот при помощи другого судна. При сильном навальном ветре или стесненном фарватере (при наличии судов на рейде), когда судно не может самостоятельно отойти и произвести нужный оборот, прибегают к помощи другого судна. В этом случае вспомогательное судно швартуется к борту основного судна или же берет его на буксир.

Для этого вспомогательное судно подходит к отводимому или встает на якорь невдалеке от него. Затем с вспомогательного судна на отводимое подают буксирный трос, который заделывают на носовых бортовых кнехтах и крепят на кнехтах противоположного борта отводимого судна.

После этого вспомогательное судно выходит на буксир, а на судне, стоящем у причала, отдают все швартовы (носовой и средние), кроме кормового. В зависимости от обстановки буксирующее судно отводит судно от дебаркадера на свободное

место (выше) для оборота, или же, отводя нос от дебаркадера, ставит судно поперек течения. Когда отводимое судно встанет поперек течения, отдают буксирный трос и кормовой швартов, руль перекладывают на борт, машине дают ход вперед, и судно, сделав оборот, выходит на заданный курс.

В другом случае вспомогательное судно подходит к борту судна, которое нужно отвести, и пришвартовывается к нему — берет «под крыло». Оба судна для оборота должны быть прочно учалены жестким счалом таким образом, чтобы одна корма была на траверсе у другой. Для этого с носа и кормы каждого судна подают швартовы и крепят на носовых и кормовых бортовых кнехтах; дополнительно подают средние швартовы. Два судна, счаленные таким образом, представляют собой как бы одно целое. Затем стоящее у причала судно отдает носовой и средний швартовы, оставляя кормовой. На судне, стоящем у причала, машина начинает работать малым или средним ходом вперед, а на вспомогательном судне — полным ходом назад. Судно, стоящее у причала, будет отходить от него. Для ускорения дальнейшего отклонения ход машины на нем увеличивают до полного, а на вспомогательном судне убавляют до среднего.

Когда оба судна займут положение, перпендикулярное причалу, отдают кормовой швартов. Руль на основном судне перекладывают на правый борт и оба судна совершают оборот.

Оборот путем изменения режима работы машины. Для выполнения маневра оборота в узком затоне, где отсутствует течение, поступают так. Оставив с левого борта расстояние от судна до берега, примерно равное длине судна (рис. 27, *ж*), стопорят машину и дают ход назад. Как только судно остановится, машину снова стопорят и в положении *1* отдают правый якорь. При этом цепь якоря вытравливают не менее чем на три глубины для обеспечения держащей силы якоря. Затем руль перекладывают на правый борт и дают малый ход вперед. Судно постепенно последовательно занимает положения *2, 3* и *4*. Когда оно подойдет к положению *5*, машину следует застопорить, поднять якорь и следовать по назначению.

Для оборота на кормовом якоре при движении против течения в узкости судно вначале ставят в положение, параллельное струям течения. Затем стопорят машину и перекладывают руль в сторону оборота. После этого машина работает некоторое время назад, чтобы прекратить движение судна вперед. Нос судна отклонится вправо. Когда угол отклонения достигнет примерно 25—30°, отдают кормовой якорь. Судно получит, таким образом, точку опоры на корме, и нос его под действием течения быстро повернется по течению. После этого якорь поднимают и судно следует своим курсом.

Для выполнения оборота в узкостях, где нет течения и ширина фарватера меньше одного диаметра циркуляции судна, выбирают место с достаточной глубиной. Не доходя немного до

места поворота, ход судна следует уменьшить и переложить руль в сторону поворота (положение *1*, рис. 27, *з*). Затем ход увеличивают до среднего, и машина работает так до момента начала поворота (положение *2*). В это время ход убавляют до малого, после чего машину стопорят. Во избежание близкого подхода судна к берегу дают ход назад. Когда судно остановится, руль ставят в положение «прямо», а затем на противоположный борт. Как только судно получит поступательное движение назад, ход снова уменьшают до малого, корма отклоняется вправо, и судно приходит в положение *3*. Здесь машину стопорят и дают полный ход вперед, переложив руль на левый борт. Затем, маневрируя рулем и машиной и не допуская слишком большой раскатки кормы, судно приводят в положение *4*.

Если течение и глубины позволяют судну подойти носом к берегу, оборот производят путем упора судна носом в берег, с использованием силы течения (рис. 27, *и*). Для этого на судне в положении *1* руль перекладывают на левый борт, уменьшив ход до малого. Идя малым ходом, судно приходит в положение *2* и упирается носом в берег. В это время корма под действием течения и руля будет отклоняться вправо по течению, и судно придет в положения *3* и *4*. Во избежание отвала судна от берега с носа следует подать на берег швартов или работать самым малым ходом вперед. В положении *4* машину стопорят, руль перекладывают на правый борт, отдают швартов. Работая машиной назад, судно выходит на середину фарватера (положение *5*).

Выполняя повороты и обороты, следует учитывать, что при крутых поворотах может возникнуть опасный крен. Нельзя делать крутой поворот, если недостаточен запас воды под днищем, — это может вызвать повреждение движителей. Обороты можно производить только за кормой, а не впереди идущих судов.

§ 35. УПРАВЛЕНИЕ ГРУЗО-ПАССАЖИРСКИМИ И ГРУЗОВЫМИ САМОХОДНЫМИ СУДАМИ

Управление грузо-пассажирскими и грузовыми самоходными судами имеет свои особенности. Большое значение для управления имеют надстройки и их расположение на судне.

На грузо-пассажирских двух- и трехдечных судах капитанский мостик и рулевая рубка располагаются примерно на середине длины судна или несколько смещаются к носу. В первом случае ухудшается видимость с поста управления судном, так как передний край надстройки закрывает от глаз рулевого большое пространство воды впереди судна (так называемая «мертвая зона»); во втором случае видимость впереди судна улучшается, но ухудшается позади.

Рулевой должен хорошо знать величину «мертвой зоны» своего судна, которая зависит также от осадки судна и уровня глаз судоводителя. При увеличении осадки величина «мертвой зоны» уменьшается.

На грузовых самоходных судах капитанский мостик и рулевая рубка расположены в кормовой части судна. Поэтому на грузовых судах ориентировка на заднем ходу хорошая, а на переднем значительно хуже.

На боковую поверхность надстроек корпуса судна оказывает давление ветер, вызывая отклонения судна от курса. Если надстройки расположены в носовой и кормовой частях, с центром парусности на середине длины судна, то оно под давлением бокового ветра дрейфует под ветер. Для удержания его на курсе рулевой должен отклонить руль в сторону ветра на небольшой угол. Судно же с надстройками, расположенными ближе к носу, при дрейфе резко уклоняется носом под ветер, и чтобы удержать его на курсе, руль следует переложить на ветер на большой угол.

У грузовых самоходных судов надстройки сосредоточены в кормовой части, поэтому такие суда под действием бокового ветра резко уклоняются носом на ветер. Чтобы удержать грузовое судно на курсе при боковом ветре, руль следует отклонять на небольшой угол под ветер или держать «прямо», так как отдельные суда, имеющие центр парусности, смещенный в сторону кормы, могут сами, независимо от руля, отклониться носом к ветру. Для удержания грузового судна на курсе в случае действия порывистого ветра руль следует отводить под ветер, а на грузо-пассажирском — на ветер. При затухании порывов ветра руль ставят в прежнее положение.

При управлении грузо-пассажирскими и грузовыми судами необходимо учитывать увеличение их осадки при движении и особенно на участках с малыми глубинами. Увеличение осадки происходит вследствие оттекания воды от средней части борта к носу и корме; в результате у бортов в средней части судна давление воды снижается, сила поддержания судна уменьшается и оно садится глубже.

При прохождении перекатов и вообще мелких мест посадка кормы больше посадки носа.

Наиболее сложные маневры — привалы и отвалы.

В речной практике существуют различные способы и приемы привалов судов к причалам и отвала от них, которые зависят от условий плавания и типов причалов.

Привалы и отвалы в нормальных условиях. Судно подходит параллельно причалу против течения, если ниже причала глубина достаточная, берег чистый и нет других судов, а при следовании вниз по течению — с оборотом. Подход к причалу против течения наиболее прост и выполняется несколькими способами.

Судно подходит к причалу под углом 12—15° к месту крепления носового швартова. Не доходя до дебаркадера или места причаливания у причальной стенки примерно на расстоянии 2—3 длин судна, уменьшают ход до среднего и малого. Затем



Рис. 28. Схема привалов и отвалов

машины останавливают, и судно по инерции приближается к причалу настолько, чтобы можно было выбросить на него легость. Перекладкой руля судно устанавливают параллельно причалу (рис. 28, *а*), и, когда носовой пролет судна поравняется с причальной стенкой, машине дают полный ход назад.

В тот момент, когда пролет судна поравняется с пролетом дебаркадера или причальной стенки и судно стоит на месте, машину останавливают. В это время подают швартовы. Регулировать движение судна следует так, чтобы пролет судна не был выше пролета дебаркадера (причала) более чем на 2—3 *м*. При подаче швартовов сначала закрепляют носовой швартов, так как судно в первый момент соприкасается с причалом носовым плечом, затем средний и кормовой швартовы. После этого судно, сплывая вниз по течению, туго натягивает швартовы и прижимается всем бортом к причалу.

Если привал к причалу совершается при отсутствии течения, то ход судна следует убавлять, не доходя до причала 3—4 длин судна, а для погашения инерции машине дают полный ход назад.

Если ниже причала берег не чистый или стоят другие суда, судно приваливает к нему несколько иначе. Вначале оно идет серединой реки, придерживаясь противоположного берега, и, придя почти на траверс причала, резко меняет курс в его сторону. В это время рулевой направляет нос судна сначала на заднюю часть причальной стенки или на корму дебаркадера, затем на середину и далее на нос. Не доходя 2—3 длин судна, ход уменьшают до среднего, затем до малого. Когда судно будет подходить к причалу, его поворачивают параллельно ему. При приближении носа судна к нижней части стенки причала или к корме дебаркадера машину следует остановить, а когда он поравняется с ней, дать ход назад. После этого судно швартуется обычным способом.

Отход от причала происходит следующим образом. Сначала отдают носовой, средний и обратный швартовы. После этого рулевой переводит перо руля на борт, в сторону которого будет отходить судно. Кормовой швартов в это время подбирают. Под действием давления воды на руль нос судна будет постепенно отклоняться от причала. Для ускорения отвала машине можно дать малый ход назад. Когда нос судна отойдет от причала на 15—25°, машину останавливают и отдают кормовой швартов. Затем машине дают ход вперед.

При отходе корма судна быстро раскатывается, проходя вдоль стенки причала или борта дебаркадера. Для предупреждения поломок дебаркадера и кормовой части судна рулевой должен переложить руль в положение «прямо» и отвести таким образом корму судна от дебаркадера.

Если выше причала имеется отмель, осередок, остров или стоят другие суда, судно отваливает следующим образом.

После отдачи среднего и кормового швартовов носовой швартов при помощи брашпиля или шпиля туго набивают, подтягивая нос судна к причалу. Затем дают машине малый ход вперед, постепенно увеличивая ход, в результате чего корма начнет отходить от причала. Чтобы ускорить отход кормы на

угол примерно 40—50°, после чего судно отходит от причала, рекомендуется потравливать носовой швартов, давая возможность носу судна завалиться за дебаркадер.

В особых случаях, например, во время пожара на судне или причале (дебаркадере), иногда надо срочно отвалить без помощи машины (разобран движитель или спущены пары). При этом поступают следующим образом. Отдают или обрубают носовые швартовы (положение *1*, рис. 28, *б*); затем отталкивают нос баграми и судно под действием течения развертывается, заняв положение *2* перпендикулярно причалу. В этом положении немедленно отдают носовой якорь и кормовые швартовы. Течением судно отбрасывает от причала на расстояние, равное длине судна (положение *3*). Здесь судно будет в безопасности или не будет представлять опасности для других судов.

При следовании вниз по течению привал обычно выполняют с оборотом. Необходимость оборота вызывается и другими причинами (сильное течение у причала, дебаркадер учален, ненадежно, мал по размерам или около него стоят другие суда). Оборот делают на дебаркадер, если ширина фарватера достаточна, или от дебаркадера, если она недостаточна.

Если судно приваливает с оборотом на причал (рис. 28, *в*), то оно, не доходя сверху по течению до причала 500—700 *м*, начинает уклоняться в сторону противоположного берега. На траверсе причала ход убавляют до среднего или малого. Рулевой в это время должен переложить руль на борт, в сторону оборота. Дальнейшие маневры, связанные с привалом, аналогичны тем, которые выполняют при привале судна носом против течения.

При выполнении привала с оборотом от причала (рис. 28, *г*) судно, не доходя до него на расстояние 300—500 *м*, начинает уклоняться в сторону причала и проходит мимо него малым ходом. Ниже причала ход судна увеличивают, а рулевой перекладывает руль на борт в сторону оборота. В этом случае судно становится носом к пескам, а кормой — на быстрое течение. В результате судно быстро делает оборот, после чего подходит к причалу обычным порядком, как при следовании против течения.

В меженное время при недостаточной ширине фарватера и тихом течении судно может подходить к причалу (при ходе вниз) носом вниз по течению без оборота. Делают это так. Рулевой направляет судно к носовому плечу дебаркадера или причалу. Ход машины убавляют до малого. Когда нос судна поравняется с причалом, руль отводят в сторону от него, чтобы раскатить корму судна на причал (рис. 28, *д*). Когда корма судна примет направление на верхнюю часть причала или на носовое плечо дебаркадера, машину сначала останавливают, а затем дают ей полный ход назад, и судно, коснувшись кормовым плечом дебаркадера, плавно подойдет к нему всем бортом. В это

время быстро подают кормовой и затем все остальные швартовы.

Применяют и другой способ привала носом вниз по течению. В этом случае судно, не доходя на три-четыре длины причала дебаркадера, убавляет ход до среднего, затем до малого. Против причала дебаркадера судно выравнивается, идет некоторое время параллельно ему. Когда корма судна пройдет верхнюю часть причала (нос дебаркадера), машину стопорят и дают полный ход назад, направляя судно на носовое плечо дебаркадера (рис. 28, *е*).

При таком привале рулевой должен быть особенно внимательным. В первый момент (положение *1*) руль можно положить в сторону дебаркадера, чтобы приблизить к нему судно. В положении *2* руль следует держать прямо, а пройдя дебаркадер (положение *3*), когда машина будет работать задним ходом, быстро переложить на правый борт и в момент подхода (положение *4*) отвести в стрежневую сторону. Судно коснется кормовым плечом дебаркадера и подойдет к нему всем бортом (положение *5*). После этого быстро подают кормовой и все остальные швартовы.

Привалы и отвалы при ветре. Если ветер навальный, то рулевой при подходе должен учитывать направление течения и использовать его для облегчения маневра.

Не доходя до дебаркадера на расстояние 2—3 длин судна, ход убавляют до среднего, затем до малого. В это время рулевой отводит руль к правому борту (рис. 28, *ж*), направляя судно на ветер и ставя его нос по равнодействующей между направлениями силы ветра и силы течения.

Под действием силы течения, стремящейся отжать судно от дебаркадера, и силы ветра, стремящейся прижать его к дебаркадеру, судно будет подходить к дебаркадеру кормой. Как только корма приблизится к дебаркадеру, а судно по инерции будет продолжать двигаться вперед, машине дают полный ход назад. В это время ветер прижмет судно к дебаркадеру.

В штормовой навальный ветер рекомендуется подходить к дебаркадеру с отдачей якоря (рис. 28, *з*). Не доходя до дебаркадера (положение *2*), рулевой направляет судно на ветер к противоположному берегу, на 15—20 *м* выше дебаркадера (чтобы при отдаче якоря длины якорной цепи хватило до дебаркадера). Когда борт судна будет примерно на расстоянии 4—5 ширин судна от дебаркадера, отдают якорь (положение *3*). После того как якорь заберет грунт, якорную цепь постепенно вытравливают, а ветер начинает наваливать судно на дебаркадер; рулевой в это время должен поддерживать судно по равнодействующей между направлениями силы ветра и силы течения.

Якорную цепь вытравливают до тех пор, пока корма судна не подойдет к дебаркадеру. В положении *4* руль сводят на левый борт. Благодаря этому смягчается навал судна на дебар-

кадер, если сила ветра очень велика (положения *5* и *6* — моменты окончательного подхода судна к дебаркадеру). Отвал судна от дебаркадера производится на этом же якоре путем подтягивания к нему судна.

Еще сложнее делать привал и отвал при штормовом навальном ветре в тиховоде. Чтобы ослабить действие ветра на судно, поступают следующим образом. Как только судно начнет приближаться к берегу, скорость хода убавляют, и нос судна направляют на ветер против места привала (рис. 28, *и*, положения *1, 2*). Затем, застопорив машину и погасив инерцию, судно ставят в положение *3*, на расстояние не меньше длины судна от берега. Судно, стоящее носом против ветра, будет сносить к берегу. В это время отдают якорь. Якорную цепь вытравливают на длину не менее четырех глубин и застопоривают. После того как якорь заберет грунт, цепь еще потравливают, и судно кормой подходит к берегу (положения *4, 5*). Перо руля в момент подхода к берегу должно быть переложено на борт. Если судно подойдет кормой к берегу, его швартуют.

Во время привала при отвальном ветре, для лучшего управления судном и уменьшения влияния ветра судно должно подходить к причалу средним ходом (в сильный ветер разрешается подходить полным ходом).

Рулевой направляет нос судна на носовую часть дебаркадера или верхнюю часть причальной стенки (рис. 28, *к*, положение *2*). Как только нос судна коснется дебаркадера (положение *3*), руль следует быстро переложить на правый борт и подать с носа швартов. Под давлением воды на правый борт и перо руля судно привалится к дебаркадеру.

Отвал грузового судна с поворотными насадками в навальный ветер рекомендуется делать на задний ход. Насадки при отвале следует повернуть в сторону от причала, а машиной работать назад. Если грузовое судно с насадками идет порожним, то для отвала нужно использовать носовой швартов, а насадки переложить в сторону причала и дать машине ход вперед. Как только судно встанет к причалу под углом 30—40°, быстро отдают носовой швартов, насадки перекладываются в сторону от причала и машине дают задний ход.

Привалы к другим судам или берегу и отвалы от них. Подходить к судну, стоящему на якоре, при бортовом ветре следует с подветренной стороны (рис. 28, *л*), направляя нос судна на ветер. При подходе к носовой части стоящего судна перекладкой руля на левый борт добиваются небольшого раската кормы, чтобы силой течения подходящее судно привалило к судну, стоящему на якоре.

Отвал производится обычным порядком.

Если возникает необходимость подойти к судну *А*, идущему навстречу (рис. 28, *м*), то следует обменяться с ним сигналами и разойтись, сделать оборот за кормой встречного судна и по-

дойти к его носовой части (положение *2*). Дальнейшие маневры выполняют обычным порядком.

Если оба судна идут в одном направлении, они предварительно уменьшают ход, после чего к судну *Б* можно подойти, как к стоящему, произведя тот же самый маневр (положения *1* и *2*).

При благоприятных гидрометеорологических условиях подходят к берегу и отходят от него аналогично подходу к дебаркадеру или отходу от него.

При подходе к берегу в отвальный ветер руль перекладывают на борт в сторону берега, чтобы направить судно на ветер. В момент приближения к берегу ход машины убавляют, чтобы судно не ударилось носом о берег. В это же время на судах с бортовыми колесами опускают жесткие кранцы и подают носовой, а затем и кормовой швартов, с помощью которого корму судна подтягивают к берегу.

Отходить от берега лучше всего задним ходом, предварительно отдав кормовой швартов и переложив руль на правый борт. Как только корму судна ветром отвалит от берега, отдают носовой швартов и машине дают полный ход назад. Когда судно выйдет на фарватер, машину стопорят, а затем дают полный ход вперед.

Привалы к плотам. Подходить к плотам приходится обычно судам, которые работают на буксировке плотов. Буксирные суда подходят к плоту в любое место (в ветер — только с подветренной стороны), предварительно спустив жесткие кранцы. Суда с бортовыми гребными колесами обычно приваливают носовым плечом и швартуются к плоту под углом, опираясь на кранец и удерживаясь на носовом и среднем швартовах; руль при этом следует переложить на борт в сторону от плота. Если же судно ошвартовано на одном среднем швартове, руль кладут на борт в сторону плота. Отвал производится на малом ходу, с соблюдением предосторожностей во избежание удара кормой о плот и повреждения руля и движителей.

Привал буксирного судна к дебаркадеру. Колесные буксирные суда, имеющие уширение в месте расположения гребных колес, не могут приваливаться всем бортом к дебаркадеру. Поэтому они подходят к дебаркадеру носовой частью. Нос судна направляют на дебаркадер, затем, сообразуясь со скоростью движения, дают команду «назад», гасят инерцию движения вперед, и судно плавно, без удара, прислоняется к дебаркадеру. Корма подходит под действием течения.

Если судно должно встать под носовым плечом дебаркадера, то швартов набивают на шпиль и подтягивают нос судна, после чего подают еще швартов с обноса. Если же судно должно стать под кормовым плечом дебаркадера, то швартов переносят на его кормовые кнехты.

Когда судно постепенно сплывет, швартов закрепляют.

Особенности привала винтовых судов. Поворотливость винтовых судов зависит от стороны вращения гребного винта, что следует учитывать при привалах.

Двухвинтовое судно при положении пера руля «прямо» может отклоняться в сторону в том случае, если число оборотов его винтов различно. Нос судна уклоняется в сторону винта, имеющего меньшее число оборотов.

Лучшую управляемость имеют суда при трех винтах. Когда на трехвинтовом судне бортовые винты работают один на задний, а другой на передний ход, при сведенных на борт рулях струи воды от среднего винта, работающего вперед, будут оказывать давление на средний руль и ускорять поворот.

Если на судне два винта, можно выполнить привал с помощью руля и двигателей.

При подходе к причалу, около которого нет препятствий для нормального привала, судно вначале должно уклониться в сторону причала и идти некоторое время параллельно берегу. Не доходя до причала примерно 200—300 *м*, ход машин (левой и правой) убавляют до среднего, затем до малого и идут курсом, параллельным причалу. При подходе к причалу правым бортом, на расстоянии около 2 длин судна, левую машину стопорят и готовят для работы назад. По мере уменьшения расстояния левой машине последовательно дают малый, средний или полный ход назад в зависимости от инерции судна. Как только нос судна пройдет нижнюю часть причала, правая машина работает на малый ход вперед, а левая продолжает работать назад. В это время судно сближается с причалом, подают носовой швартов и нос судна подтягивают к причалу. Руль перекладывают в сторону от причала, и, работая правой машиной вперед, левой — назад, подводят судно кормой к причалу и швартуют.

Если ниже дебаркадера имеются препятствия, судно подходит к причалу под углом. В этом случае судно, идущее по фарватеру, у противоположного берега резко изменяет курс в сторону дебаркадера, направляясь носом на ориентир ниже него, а затем на корму дебаркадера, и убавляет ход машин до среднего и малого.

Если судно приваливает левым бортом, то правая машина стопорится, а левая работает малым вперед. На расстоянии 50—75 *м* от дебаркадера правой машине дают полный ход назад. После этого, регулируя работу машин, подводят судно параллельно дебаркадеру. Подают носовой швартов. Когда пролеты судна и дебаркадера совпадают, судно окончательно швартуют.

Привалы на каналах имеют некоторые особенности, вызываемые ограниченностью ширины канала, отсутствием течения и спецификой устройства причалов. В отличие от свободной реки, при подходе судна полным ходом к причалу на канале создается волнение, которое сбивает судно с курса и затрудняет

привал. Поэтому нужно уменьшать скорость судна и учитывать его размеры, осадку и водоизмещение.

В заключение следует обратить внимание на некоторые особенности привала трехдечных судов типа «Родина». Суда этого типа отличаются особыми маневренными качествами. Кроме того, в связи с обводами и габаритами корпуса, а также особенностями эксплуатации машин необходимо внимательно учитывать скорости течения и ветра, конструктивные особенности причалов, а также величину акваторий у них. На судах этого типа нельзя, например, швартоваться к причалу лагом с отдачей якоря при навальном ветре более 6 баллов на песчано-глинистых грунтах и 4—5 баллов на илистых грунтах. При навальном ветре силой 7 баллов курсовой угол относительно ветра не должен быть более 30—40°, а носовой якорь следует отдавать не ближе, чем в 100 *м* от причала. При ветре 8 баллов и более швартовать судно следует только на носовых якорях, ставя его строго против ветра.

§ 36. УПРАВЛЕНИЕ СУДНОМ ПРИ ДВИЖЕНИИ В ПЛЕСАХ И НА ЗАТРУДНИТЕЛЬНЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ

Выбор курса. При ходе вниз судно следует направлять по наиболее глубоким местам с повышенными скоростями течения, увеличивая таким образом скорость движения судна и сокращая продолжительность рейса.

Затруднения возникают при прохождении крутых поворотов реки с кривизной переменного радиуса. Радиус закруглений русла в отдельных местах может достигать почти половины тактического диаметра циркуляции судна, а кривая фарватера в этом случае почти совпадает с циркуляцией этого судна.

На длинных и сравнительно прямых плесах судно движется прямолинейным курсом и занимает полосу реки, равную ширине своего корпуса. Когда же судно движется криволинейным курсом, оно вследствие дрейфа занимает более широкую полосу.

Для правильного решения вопроса о том, на каком расстоянии от берега должно идти судно, чтобы курс его был кратчайшим и в то же время безопасным для него, необходимо помнить, что наибольшие скорости течения смещены от середины реки в сторону яра, а сравнительно небольшие скорости течения наблюдаются непосредственно у яра и выпуклого берега (песка).

На реках, где течение особенно быстрое, а берега отвесные, курс судна выбирают вблизи яра. Если русло систематически протраливают и на препятствиях установлены предостерегательные знаки, то при ходе вверх курс судна можно прокладывать вдоль песков.

Одиночное судно или состав рекомендуется вести против течения не стрежнем, а поближе к пескам, где скорости течения меньше.

Судно все время держит курс с одного ориентира на другой. Линию курса при этом надо мысленно представлять себе проходящей через мачту, носовой флагшток судна и избранный ориентир. Если видимый ориентир смещается относительно курса влево или вправо, значит судно уклоняется и его необходимо удержать на курсе.

Если впереди нет ориентиров, на которые можно направлять судно, пользуются ориентирами, находящимися сзади. Отклонение кормового ориентира в правую сторону означает, что нос судна отклоняется вправо, а не влево (как при ориентировке на предметы, находящиеся впереди носа судна).

Ветер и волнение отрицательно действуют на управляемость и поворотливость судна, так как устойчивость его на курсе ухудшается. Рулевой должен особенно внимательно следить за курсом и не допускать отклонения руля на большой угол; уменьшать рыскливость следует путем заблаговременной перекладки руля.

При следовании против течения судно более устойчиво на курсе благодаря лучшему воздействию на руль струй воды и равномерному их обтеканию по бортам судна. Выбирая безопасное направление, рулевой обязан для уменьшения сопротивления воды вести судно по местам с наименьшими скоростями течения. Для этого нужно пользоваться тиховодами, воложками и т. п., что дает выигрыш в технической скорости до 30% и больше по отношению к скорости движения по глубокой части судового хода.

Проводка одиночного судна через перевал. На судне, идущем сверху, не доходя до верхнего перевального столба, или створного знака, перекладывают руль, начиная плавный поворот для выхода на линию перевала или створную линию. При этом надо так направить судно, чтобы оно находилось строго на створной линии, образуемой береговыми знаками (рис. 29, *а*). Перевал можно проходить полным ходом, без снижения скорости.

При заходе на перевал сверху необходимо заблаговременно сделать поворот. При малейшем запаздывании поворота, вызывающем уменьшение его радиуса, возможен удар судна кормой о яр. В этом случае нос судна, выйдя на линию створа и поворачиваясь на створ, под действием дрейфа входит на перевал, а корма пройдет вблизи яра и нижней косы, что может привести к поломке колеса или постановке судна на мель (рис. 29, *б*, положение *1*). Пройдя перевал, нужно выйти с оси его в нижний плес, для чего поворот необходимо сделать заблаговременно. Если судно задержится на некоторое время на прямом курсе, то оно может навалиться на яр (положение *2*).

Как в первом, так и во втором случае момент начала поворота определяют по береговым ориентирам, сообразуясь с обстановкой.

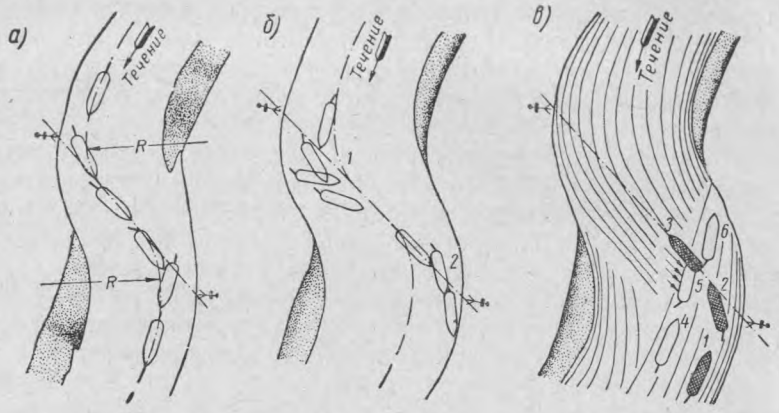


Рис. 29. Проводка судна через перевал

Значительно проще проходить перевал против течения. В этом случае при подходе к перевальному столбу нужно уклониться ближе к яру и идти по линии створа так, чтобы курс совпадал с направлением струй течения (рис. 29, *в*, положение *1, 2* и *3*). Если судно перед заходом на перевал отойдет от яра и начнет изменять курс, как только поровняется с линией перевала (положение *4*), поворот может не выйти, так как струи течения ударят в нос судна, собьют его с курса (положение *5*) и будут дальше сносить к яру. В таком случае следует убавить ход до малого и плавно повернуть судно на перевал, поставив его параллельно направлению струй течения. Если судно окажется в положении *6*, нужно застопорить машину, отойти задним ходом к яру и вновь сделать заход на перевал.

Проводка одиночного судна через перекат. Заход на перекат сверху мало отличается от захода на перевал. Если в корыте переката запас воды под днищем небольшой, то во избежание рыскливости судна нужно проходить его с пониженной скоростью, придерживаясь ближе к верхним пескам, у которых всегда глубже. При подходе к подвалью необходимо сделать плавный поворот в нижний плес с таким расчетом, чтобы корма не встала на мель под действием дрейфа. Для предотвращения постановки судна на мель «взамет» при следовании через перекат сверху рекомендуется небольшой дифферент на корму судна.

Заход на перекат снизу производится так же, как и заход на перевал снизу. Судно, идущее с малой скоростью, направляют параллельно главным струям течения. Если же судно не

зайдет на гребень, а пройдет вдоль него в затонскую часть под верхними песками, нужно отойти назад и сделать заход снова.

Труднее заходить на перекат, у которого плесовые лощины заходят друг за друга. При заходе на такой перекат необходимо соблюдать большую осторожность и идти малым ходом, чтобы не появилась придонная волна. Кроме того, следует иметь в виду, что фарватер на перекате имеет крутые повороты, при прохождении которых судно получает дрейф.

Проводка судна мимо работающего земснаряда. Земснаряд обычно работает на перекате для расчистки и углубления судового хода. Проводка судна через перекат, занятый земснарядом, значительно усложняется. Чтобы пропустить мимо себя судно, земснаряд должен отойти в сторону.

В случае невозможности пропустить судно в данный момент, оно должно остановиться и ждать разрешения на ход.

Проходить мимо земснаряда следует на наибольшем расстоянии от него, допускаемом местными условиями, во избежание навала.

Проводка судна в узкостях. Узкости представляют собой участки длиной в несколько километров, где невозможны расхождение и обгон судов. Поэтому перед такими участками устанавливают семафорные мачты, и суда пропускают поочередно.

Если узкий участок реки не обставлен семафорами, при прохождении его необходимо соблюдать меры предосторожности. Перед тем, как войти в узкость, судно должно дать один продолжительный свисток и, если ответа не последует, войти в узкость, дать два продолжительных свистка и затем периодически повторять их при следовании по этому участку.

Проводка судна под мостом. На рис. 30 показаны различные случаи расположения мостов относительно фарватера.

На рис. 30, *а* и *б* мосты расположены на плесе, направление течения прямое и проводка судов под ними не вызывает затруднений.

Проводка здесь может быть осложнена лишь малой шириной пролетов и ветром, который вызывая дрейф, может иногда привести к навалу судна на устои моста. Для предупреждения навала судно должно держаться ближе к тому устою, со стороны которого дует ветер.

Положения *1, 2* и *3* (заштрихованные силуэты) показывают неправильный случай движения под мостом — под прямым углом; при этом судно будет относить течением к береговому устою. Курс судна нужно выбирать по направлению основных струй течения, идущих в пролет моста.

На рис. 30, *в* показан мост, расположенный в районе переката. Проводка судна под ним очень трудна. Так как линия створных знаков на ферме моста перпендикулярна к мосту, при выборе курса судна следует ориентироваться по плавучим и бе-

реговым знакам обстановки, с учетом направления и силы ветра, не допуская рыскливости судна.

На рис. 30, *г* изображен мост, расположенный на крутом повороте реки в районе переката. В связи с тем, что река в этом месте узкая и к тому же еще соединяется со вторым рукавом,

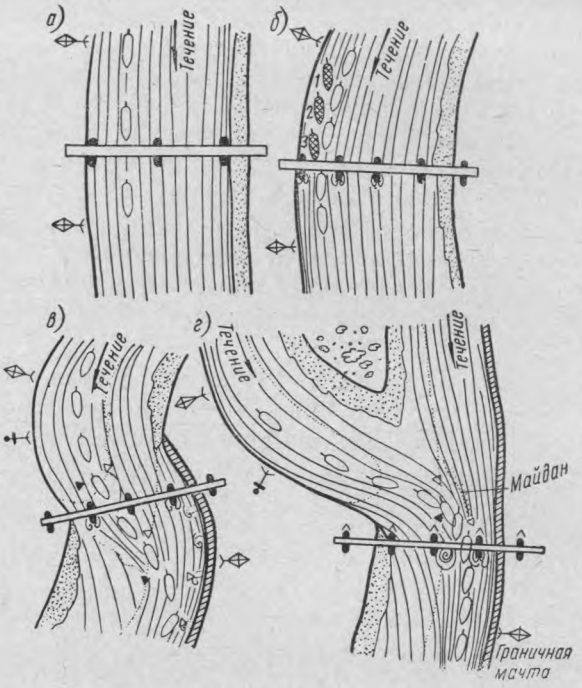


Рис. 30. Проводка судов под мостами

скорость течения под мостом очень большая. Одиночное судно должно заходить под этот мост по криволинейному фарватеру; при этом появляются дрейф и крен.

Проходить под таким мостом вниз рекомендуется следующим образом. По перекату судно должно идти тихим ходом по направлению слива воды. Нельзя допускать постановки судна под углом к струям течения, чтобы не вызвать сноса его течением. Как только судно войдет под мост, ход следует увеличить до полного и обойти суводь.

Во время весеннего разлива в узком судовом ходу под мостом создается подпор воды, увеличивающий скорости течения; в некоторых случаях изменяется направление слива воды под мост. Приемы проводки составов судов в подобных случаях аналогичны описанным, если не считать дополнительных затруднений, вызываемых уменьшением высоты мостовой фермы над поверхностью воды, вследствие чего приходится класть мачты

и трубы. Кормовой якорь при проходе под мостом всегда должен быть готов к немедленной отдаче.

В исключительных случаях, когда габариты пролета моста небольшие и возникают сомнения в благополучной проводке, судно должно проходить под мостом кормой вниз. Для этого выше моста оно должно сделать оборот. После выполнения оборота судно и состав устанавливают параллельно струям течения и дают машине настолько малый ход вперед, чтобы состав медленно сплывал по течению в пролет моста. Если состав под действием течения начнет уклоняться в сторону и возникнет опасность навала на устой моста, ход судна увеличивают и выравнивают состав параллельно струям течения. Затем ход судна снова уменьшают. В некоторых случаях для удержания судна на курсе отдают носовой якорь.

Прием шлюпки к борту судна. Как правило, шлюпки не принимают к борту судна во время шторма, а также при движении на перекатах и в сложных для судовождения местах.

Перед приемом шлюпки предупреждают об этом вахтенного механика, спускают подвесный трап и затем, если судно идет против течения, убавляют ход или стопорят машину. При движении судна по течению перед приемом шлюпки сначала убавляют ход до малого, затем стопорят машину и дают полный ход назад для погашения инерции. Когда машину снова застопорят, шлюпка идет на сближение с судном, подходит к указанному борту параллельно судну.

§ 37. УПРАВЛЕНИЕ БУКСИРУЕМЫМ СОСТАВОМ

Способы буксировки и учалки составов. Буксировка несамоходных судов возможна на тросе и толканием. В исключительных случаях допускается буксировка «под крылом».

Расстановка судов в буксируемом составе зависит от типов и размеров их, осадки, вида груза, путевых условий, а также от направления движения.

При буксировке по течению суда учаливают следующим образом. Если две, три и более баржи учаливают в один ряд, то сначала выравнивают их носовые части, а затем приступают к учалке. Чтобы баржи при движении не могли смещаться относительно друг друга, их учаливают крестовыми швартовами. Затем подают прижимные швартовы, соединяющие носовые и кормовые плечи барж, чтобы они не могли расходиться во время движения.

В носовой и кормовой частях между баржами спускают мягкие кранцы, предохраняющие бортовую обшивку от повреждения при волнении.

Если в составе пять барж, вперед ставят три, а сзади — две; если в составе семь барж, то впереди ставят четыре, а сзади — три.

Если в составе пять барж, с буксирных кнехтов задних барж через уши подают два швартова — по одному на кормовые бортовые плечи крайних барж (правого и левого бортов), другие два швартова — по одному на кормовые кнехты левого и правого бортов средней баржи. С кормовых плечевых кнехтов судов заднего счала подают вожжевые на кормовые плечевые кнехты барж первого счала, чтобы весь состав был компактным, и суда при поворотах не перемещались относительно друг друга.

Таким же образом учаливают и состав из семи барж. Затем на крайние передние баржи подают бухты, которые крепят на носовых буксирных кнехтах. С буксировщика подают коренной буксирный трос, один конец которого закрепляют на буксирном гаке, а другой соединяют арочным замком с бухтой.

Коренной буксирный трос может быть подан с буксировщика непосредственно на одну из крайних барж первого счала. В этом случае бухту, закрепленную на другой крайней барже первого счала, соединяют с коренным буксирным тросом стопорным узлом.

Бухту соединяют с коренным буксирным тросом непосредственно за кормой буксировщика на расстоянии не более 2—3 *м* от кринолина. Каждый буксирный трос и бухта (оба конца) для закрепления их на гаке судна или соединения друг с другом специальным замком должны иметь на одном конце огон с коушем.

Для буксировки судов против течения применяют гибкую учалку состава.

Учалка судов, идущих вверх, отличается от учалки судов, идущих вниз, тем, что в первом случае между судами оставляют некоторое расстояние для свободного отклонения их на швартовах в ту или иную сторону.

Способы учалки составов очень разнообразны.

Здесь рассмотрены способы, которые применяются при буксировке состава на буксирном тросе. При вождении судов способом толкания учаливают суда иначе.

Управление буксирным судном на маневрах. Если состав стоит на якорях или на швартовах у берега, необходимо выполнить маневры, связанные с подачей буксирного троса и выходом на буксир. Для приема или подачи буксирного троса судно подходит к головной барже состава. Когда все готово к отвалу и капитан принял состав для буксировки, а на баржах подготовились к подъему якорей, судно выходит на буксир. Как только якорные цепи будут натянуты, увеличивают скорость судна и оно слегка натягивает буксирный трос. В это время рулевой должен все время поддерживать судно носом против течения, не давая ему уклоняться в сторону. При выходе якорей из воды увеличивают скорость судна так, чтобы не допустить рывка при натяжении буксирного троса.

Если при выходе судна на буксир дует отвальный или навальный ветер, сбивающий судно с курса, рулевой должен направить судно так, чтобы оно встало на ветер.

Если состав должен следовать вниз по течению, то буксировщик делает оборот и выводит состав на фарватер. Для уменьшения циркуляции оборот следует делать из тихой воды на быструю, а при ветре — на ветер, чтобы состав не прижало к подветренной стороне.

При обороте с составом руль перекладывают на борт в сторону поворота и, как только судно начнет поворот, ход уменьшают, а буксирный трос сваливают в сторону оборота. Когда буксировщик, следуя малым ходом, встанет перпендикулярно составу, ход увеличивают, и состав быстро разворачивается.

Значительно проще совершать оборот при отвале состава от берега со швартовов на широком и свободном плесе. После отдачи швартовов судно постепенно натягивает буксирный трос, и как только состав начнет двигаться вперед, руль перекладывают в сторону оборота. Буксировщик плавно разворачивает буксируемый состав.

Сложнее производить оборот с составом на стесненных участках реки. Чтобы сделать оборот с малой циркуляцией, на буксирный трос накладывают клевку с кормовых кнехтов и крепят с того борта, на который делают оборот. Если на судне имеется подвижной гак, перемещающийся по дуге, то в этом случае перед оборотом снижают скорость хода и передвигают гак к одному из бортов.

Кроме описанных приемов, для облегчения оборотов применяют вожжевое устройство. К буксирному тросу (примерно у кринолина) прикрепляют два троса — один из них проводят по левому, а другой по правому борту по обносам на нос. На носу эти тросы пропускают через роульсы на фальшборте и направляют на тросовый барабан брашпиля или шпиля. При подтягивании левой или правой вожжевой она выполняет ту же роль, что и клевка.

Выбор курса и управление составом в пути. При следовании вверх для повышения скорости движения курс следует избирать там, где глубина достаточна и течение сравнительно тихое. Поэтому лучше всего вести состав у выпуклого берега (рис. 31), так как у вогнутого берега, кроме узкой полосы тиховода, могут быть и суводи. Однако рулевой в этом случае должен быть особенно внимательным, так как у песков могут встретиться различные препятствия.

При следовании вниз (см. рис. 31) состав нужно вести ближе к середине реки, где проходит быстрое течение; это дает возможность плавно проходить участок плеса без лишних перекладок руля.

Если в пути следования произойдет встреча с другим судном, то буксирное судно с составом должно избирать при сле-

довании вверх курс ближе к пескам, а встречное (идущее сверху) — ближе к середине реки.

Обгон одного состава другим разрешается только в плесе; нельзя делать обгон на перекатах, у мостов и гряд. При ходе сверху обгоняемые суда следует оставлять со стороны яра, а обгоняющие идут серединой реки. При ходе снизу у правого берега обгоняемый состав следует оставить влево; если же обгон будет происходить у левого берега, то обгоняемый состав оставляют справа.

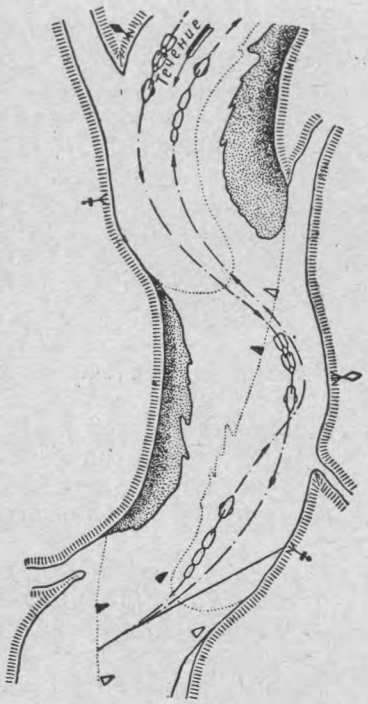


Рис. 31. Выбор курса буксируемого состава при ходе вверх и вниз

При следовании вверх против течения на ровном плесе нужно следить за тем, чтобы буксируемый состав шел за судном по прямой линии (в кильватер) как можно более длительное время, плавно огибая пески, яры и т. д.

При ходе судна с составом вниз рулевой должен направлять судно по главным струям течения, плавно огибая имеющиеся на реке препятствия для судоходства, извилистые места реки и крутые колена. Рулевой должен своевременно перекладывать перо руля и постепенно изменять курс согласно указанию вахтенного начальника.

При входе на участок со свальным течением надо соблюдать следующее правило: если свальное течение идет от красного бакена, надо придерживаться красного бакена, если от белого— белого, и ни в коем случае не отклоняться резко от курса, иначе течение «собьет» состав с курса.

Проводка состава через затруднительные участки. Наиболее трудным местом для проводки судов, как уже было сказано, является перекат.

Чтобы благополучно провести буксируемый состав через перекат против течения, судно надо направлять параллельно струям течения. Когда судно входит на перекат, баржи должны продолжать некоторое время следовать по пути, проходимому буксировщиком. После того как головная баржа пойдет носом к подвалью, корму буксировщика при помощи руля отводят немного влево, выравнивая таким образом курс первой баржи, параллельно струям течения воды.

Как только первая баржа начнет правильно входить на перекат, скорость хода судна увеличивают, и все баржи одна за другой входят на перекат.

Рулевой не должен изменять направление хода судна до тех пор, пока первая баржа не пройдет перекат.

При проводке состава по перекату вниз нужно придерживаться верхних его заструг. Состав, идущий у верхних заструг, будет сносить течением по направлению к нижним застругам. Но так как состав находится на буксирном тросе, его снос будет задерживаться и баржи пойдут в корыте переката по нужному направлению.

При проводке состава в узкостях судно следует вести по оси фарватера, на одинаковом расстоянии от его границ. На криволинейных участках нужно стремиться к наибольшему радиусу поворота, а скорость движения при этом следует снижать для обеспечения безопасности прохождения таких участков.

В подходных каналах шлюзов суда должны идти тихим ходом. Необходимо иметь в виду, что судно, идущее малым ходом, плохо управляется и чувствительно к действию ветра. Поэтому при подходе судна к шлюзу рулевой должен учитывать силу и направление ветра.

На управляемость судна влияют также скорости течения воды во время пропусков воды через плотину. При нормальных условиях судно надо направлять на середину ворот шлюза, а при боковом ветре — несколько на ветер, не допуская, чтобы оно навалилось на стенку камеры шлюза.

Еще бо́льшую осторожность следует соблюдать при входе в шлюз с составом. В этом случае нужно обеспечить правильное направление не только буксировщика, но и состава. Во избежание навала и повреждения судов необходимо своевременно гасить инерцию движения состава.

Проводка состава на участках с водоворотами. При выборе курса судна для обхода водоворотов следует помнить, что судно может правильно и спокойно идти по выбранному курсу только в случае, если встречное течение оказывает одинаковое давление на оба носовые плеча.

Если судно попадает в суводь, то от внезапного и резкого изменения давления воды оно быстро теряет управляемость. Только когда судно приобретет скорость, превышающую скорость обратного течения в суводи, оно начнет управляться. При выходе из суводи возникает новая опасность — быстрое течение на границе суводи, которое может внезапно отбросить судно в стрежень. Поэтому для безопасного выхода из суводи борт судна должен пересечь ее границу с главным течением; при этом в момент встречи с быстрым течением нос судна должен отклониться в сторону от стрежня, а руль как можно быстрее выйти из суводи и встретить мощные струи главного течения реки.

Если в суводь попадает толкаемый состав, нужно немедленно остановить его движение (машина должна работать полным ходом назад), и задним ходом вывести из суводи. На переднем ходу выходить опасно. Если же состав будет хорошо управляться, но начнет отклоняться в нежелательном направлении, то, переключая машину на работу с заднего на передний ход, перекладывают рули. Когда состав примет нужное направление, можно снова дать полный ход назад.

Суводи нужно обходить, придерживаясь противоположного берега, если он ходовой, или на расстоянии 100—200 *м* от границы суводи (при буксировке составов).

На границе «спорных вод», где один более мощный поток отжимает более слабый поток в сторону от линии их влияния, проводить составы против течения нельзя. Нельзя также пересекать границу «спорной воды» в районе, где поток воды может оказать сильное действие на суда. Пересекать линию «спорной воды», следуя с составом, можно ниже того места, где поток уже теряет свою силу. Безопасный судовой ход проходит на расстоянии не менее 100 *м* от линии границы. Следует иметь в виду, что поток «спорной воды» перемещается по ширине реки в сторону стрежня и обратно. При подходе «к спорной воде» нужно идти в потоке той реки, куда направляется состав.

При переходе буксируемого состава, идущего против течения, из тиховода на быстрое течение или обратно курс судна следует выбирать, как и при прохождении «спорной воды», не менее чем в 100 *м* от границы тиховода. Заходить в струи с быстрым течением в коренном русле нужно ниже начала тиховода.

Проводить толкаемый состав в тиховоде можно, если ширина состава меньше ширины тиховода, иначе ухудшается его управляемость. Угол выхода толкаемого состава из тиховода на стрежень должен быть не более 15°, так как при отклонении на больший угол состав потеряет управляемость и развернется вниз по течению.

Серьезным препятствием являются майданы, которые образуются над затонувшими судами, шалыгами и др. Крупные майданы образуются в половодье при слиянии двух мощных рек.

При выборе курса в таких местах надо руководствоваться следующим. Если против майдана противоположный берег ходовой, то суда следует вести вдоль него. Если берег неходовой, курс судна должен проходить примерно в 150—200 *м* от границы майдана, т. е. ближе к середине реки.

Рулевой должен научиться быстро определять границы майдана. Главным затруднением в определении границ является неправильное вращательное течение в реке.

Если майдан находится в месте слияния двух рек, то его границы установить нетрудно: верхний конец майдана определяется стрелкой реки (выше стрелки майданов не бывает), ниж-

ний — незначительно перемещается по течению. Величина этого перемещения зависит от высоты уровня в половодье.

Наиболее сложны и опасны майданы, образующиеся в результате столкновения течения, скатывающегося с затопленной поймы, с главным течением реки под тупым углом. При прохождении таких мест надо вести судно близко к майдану. Начало и конец майдана следует определять по береговым приметам или по поверхности воды. Там, где струи майдана сталкиваются с течением главной реки, наблюдается след на воде в виде ломаной линии, состоящей из более или менее коротких частей. Полоска пены также всегда имеет вид ломаной линии, но ее трудно заметить. Наиболее заметно сильное вращательное движение воды во все стороны, сопровождающееся образованием воронкообразных круговоротов.

Влияние метеорологических условий. Большое влияние на движение судов оказывает ветер. Он сбивает судно с курса, затрудняет подход к берегу, причалам, а также отход от них. Большие затруднения создает ветер в момент прохождения судов под железнодорожными мостами. Поэтому нужно хорошо знать зависимость направления и силы ветра от конфигурации берегов направления реки, чтобы своевременно изменять курс судна при резко изменяющихся направлениях ветра, особенно на поворотах, при обгонах и встречах и т. д.

Сильное влияние оказывает ветер на движение толкаемых составов. Если сила ветра весьма значительна, продольная ось состава должна быть под углом к оси судового хода. Если не учесть влияния ветра, весь состав может сместиться к подветренной стороне судового хода и для восстановления правильного его положения потребуется увеличить угол дрейфа. Это вызовет еще большее отклонение корпуса толкача и задних барж в подветренную сторону, и состав может выйти за пределы судового хода.

Значительное влияние на выбор курса оказывают метеорологические условия — туманы, мгла, яркий солнечный свет и т. п.

В дневное время при ярком солнечном свете трудно различить цвет бакенов. Отмашка, подаваемая со встречных судов, видна плохо или совсем не видна. Яркие отблески солнца на воде ухудшают видимость. В связи с этим судоводитель должен точно знать расположение бакенов. Необходимо быть осторожным при выборе курса.

В ясные лунные ночи на открытых плесах все предметы видны на далеком расстоянии, однако беловато-желтые пески совершенно сливаются с блестящей поверхностью воды во время полного штиля. Нужно соблюдать большую осторожность при выборе курса, чтобы не посадить суда на пески, так как кажется, что они расположены далеко от судна.

В ясные лунные ночи при сильном ветре на воде трудно различить небольшие суда, лодки, плоты, даже на небольшом расстоянии. В местах, где к руслу подходят горы, на реку падает от них густая тень, и если фарватер проходит вблизи берега на перевале, в крутом колене, то судно из освещенной полосы идет в тень. Когда судно приближается к тени, последняя отдаляется от него в сторону берега до тех пор, пока судно не дойдет до самого берега. Подобный момент движения судна сопряжен с серьезной опасностью.

Постановка состава на якорь. К месту якорной стоянки буксировщик подходит, постепенно уменьшая скорость. По мере приближения к намеченному месту стоянки ход уменьшают до малого и затем стопорят машину. Если буксировщик не будет отходить от состава, то на нем также готовят якорь к отдаче. Когда прекратится поступательное движение состава вперед и он начнет сплывать по течению, с головной баржи отдают якоря. После этого шкипер баржи проверяет наметкой, продолжает сплывать состав или нет. Убедившись в том, что состав остановился, шкипер сообщает на буксировщик, что состав встал на якорь. На буксировщике, немного набив буксирный трос, тоже отдают якорь. Когда якорная цепь будет набита, буксирный трос надо поднять на арки и закрепить к последней из них.

Если буксировщик должен уйти на некоторое время от состава (ремонт, пополнение запаса топлива и т. п.), то для экономии времени буксирный трос отдают на буек (бочонок). С этой целью на буксировщике нужно подготовить буек с буйрепом, свободный конец которого затем крепят около огона к буксирному тросу, находящемуся пока на гаке. Длину буйрепа берут равной примерно трем глубинам места якорной стоянки. Когда состав поставлен на якоря, буксирный трос снимают с гака, вместе с буйком сбрасывают за борт, и буксировщик уходит.

При снятии состава с якоря сначала поднимают якорь на буксировщике и отдают клевку, удерживающую буксирный трос. Снявшись с якоря, буксировщик может свободно маневрировать. В этот момент вахтенный начальник подает команду о подъеме якоря на баржах. Чтобы облегчить их подъем, буксировщик работает малым ходом вперед, набивая буксирный трос и подводя состав к якорям. В зависимости от положения якоря при подъеме вахтенный начальник отдает соответствующие распоряжения рулевому и в машинное отделение. Когда якоря будут подняты и убраны по-походному, буксирное судно увеличивает ход до полного и продолжает свой путь.

Если буксирный трос был отдан на буек, то буксирное судно, возвращаясь к составу, проходит мимо головной баржи и становится так, чтобы буек оказался вблизи его кормовой части. Вахтенный матрос бросает якорь-кошку немного выше буйка

по течению. Захватив якорь-кошкой или багром буйреп, выбирают его на палубу вместе с буксирным тросом. Буксирное судно в это время сплывает вниз, а трос постепенно выбирают на палубу и закладывают на гак.

Перед постановкой на якоря состава, идущего вниз, делают оборот.

Бывают случаи, когда необходимо срочно остановить состав из-за повреждения машины или рулевого устройства, невозможности расхождения со встречными судами и т. п. Тогда вахтенный начальник подает команду на баржи выпустить цепи-волокуши и приготовиться к отдаче кормовых якорей.

Если цепь-волокушу выпускают с правого борта, то якорь готовят к отдаче с левого борта, если же цепь выпускают с левого борта, якорь готовят с правого борта.

Как только скорость движения состава уменьшится и сравняется со скоростью течения, вахтенный начальник дает команду отдать якоря. По команде шкиперы судов последнего сначала отдают якоря, постепенно выпуская якорную цепь, чтобы якоря не забирали сразу грунт, а только сдерживали скорость сплывания состава. Как только состав остановится, цепи-волокуши выбирают на борт судна.

Подъем кормовых якорей состава весьма труден. В качестве первой меры якорные цепи потравливают, а дректов набивают вручную. Если якоря не глубоко зарылись в грунт, то это облегчает отрыв их от грунта. Если такая мера не помогает, буксировщик отдает буксирный трос, который выбирают на головную баржу, и подходит к хвостовой части состава. Взяв его на временный буксир и работая малым или средним ходом, он постепенно наводит баржи на якоря, таким образом облегчая их отрыв от грунта.

Когда якоря подняты и убраны, буксировщик отводит состав в удобное для выполнения маневров место, отдает временный буксир, быстро подходит к головной барже, берет на гак коренной буксирный трос и следует по назначению.

Передача судов другому буксировщику. Если буксировщики должны обменяться составами, которые учалены своими бухтами, а не бухтами буксировщика, поступают следующим образом. Капитаны судов выбирают для встречи участок с тихим течением и достаточной шириной. На каждом судне стопорят машину, затем освобождают конец буксирного троса на составе, выбирают его на свое судно, подходят к встречному составу и, взяв его на буксир, следуют по назначению.

При неблагоприятных условиях (ветер, быстрое течение и др.) составы вначале должны быть поставлены на якоря (следующие вверх — без оборота, следующие вниз — с оборотом), после чего буксировщики, выбрав свои тросы, подходят к встречным составам, подают буксиры, выходят на буксир, и как только состав снимается с якоря, следуют по назначению.

Если бухты принадлежат буксировщикам, передача состава другому буксирному судну состоит из следующих операций: постановка состава на якорь, замена бухт и буксирных тросов одного буксировщика буксирными тросами другого буксировщика, уборка бухт и буксирного троса и передача их на первый буксировщик, подача буксирного троса с нового буксировщика. После этого буксировщик постепенно выходит на буксир, поднимает якоря на составе и следует по назначению.

Подчалка и вывод судов из состава в пути. Иногда в пути следования приходится дополнительно принимать суда к буксировке на промежуточных пристанях. При приемке новых судов поступают следующим образом. Рейдовое буксирное судно подводит баржу к хвостовой части состава, а транзитное буксирное судно в это время убавляет ход. Как только подбуксировываемая баржа подойдет носовым плечом к кормовому плечу последней баржи состава, ее спускают на тросе под корму последней баржи и прочно учаливают.

Если нужно поставить баржу в середину состава, то, чтобы освободить ей место, часть барж спускают ниже на тросе. Затем, подчалив баржу, соединяют ее бухтами с баржей, стоящей впереди нее.

После этого к ней подчаливают следующие суда, и состав буксируют дальше.

Кроме того, возможен вывод судов из состава в пути следования.

Чтобы вывести, например, последнюю баржу на промежуточной пристани, рейдовое судно спускается вниз, делает за хвостовой частью состава оборот, подходит к последней барже, берет ее на буксир и после отдачи бухт уходит с ней.

Если нужно вывести баржу из середины состава, то рейдовое судно подходит к ней, швартуется и берет ее на буксир. Подается команда отдать бухты, связывающие эту баржу с передними баржами. Транзитный буксировщик работает малым ходом вперед, а рейдовый буксировщик идет полным ходом параллельным курсом. Когда нос второй баржи рейдового судна поравняется с хвостовой частью барж, оставшихся на буксире транзитного буксировщика, рейдовое судно уменьшает ход. Подаются учалочные тросы. Рейдовый буксировщик уходит с баржей, а оставшиеся в составе суда следуют по назначению.

Подбуксировка судов в пути, а также отчалка их на промежуточных пристанях приводит к нарушению компактности состава и прочности учалки, вследствие чего состав становится рыскливым.

В таких случаях его нужно поставить на якорь и произвести перечалку. Небольшое изменение формы состава, например, перевод баржи из одного счала в другой, можно произвести на ходу.

§ 38. СУДОВОЖДЕНИЕ СПОСОБОМ ТОЛКАНИЯ

Преимущества способа толкания. Вождение судов толканием — прогрессивный способ движения судов, имеющий большие преимущества перед буксировкой на тросе. Главные из них:

1) уменьшается сопротивление воды движению, так как толкач находится в зоне попутного потока, благодаря чему повышается скорость хода;

2) толкаемый состав не испытывает дополнительного сопротивления воды, отбрасываемой движителями буксировщика;

3) состав можно затормозить и остановить путем работы толкача на задний ход;

4) возможна работа несамоходных судов без баржевых команд.

Формирование состава для толкания. При вождении судов способом толкания применяют жесткую учалку судов: буксир-толкач и толкаемые баржи учаливают так, что диаметральные плоскости толкаемых барж и толкача служат как бы продолжением друг друга, а весь состав напоминает одно судно.

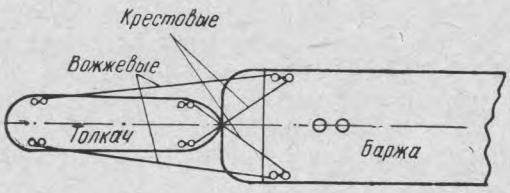


Рис. 32. Схема жесткой учалки толкача с составом

Жесткость учалки обеспечивается учалочными (крестовыми) тросами, препятствующими смещению носа толкача в поперечном направлении (влево, вправо), и вожжевыми, препятствующими перемещению толкача и барж относительно друг друга (рис. 32).

К учалочным средствам также относятся: талрепы и лебедки, служащие для натяжения вожжевых тросов; швартовы для учалки судов друг с другом; тросы для передачи усилий при работе толкача на задний ход.

При толкании состав может состоять из одной, двух, трех и более барж.

Толкая одну баржу, толкач упирается форштевнем в кормовой брус кринолина, к которому приделан дополнительный брус с углублением. Если баржи в составе для толкания учалены в два пыжа, толкач упирается носом в трос, цепь или специальную балку.

В настоящее время толкачи и баржи оборудуются специальным транцевым упорным устройством, а суда в составе соединяют при помощи специальных сцепов.

Форма толкаемых составов несколько отличается от формы состава для буксировки на тросе. При движении вверх состав учаливают в кильватер, клином, снарядом, безменом, бочонком, а при движении вниз — пыжом.

Управляемость толкаемого состава. Толкаемый состав можно рассматривать как самоходное судно больших размеров, с единым централизованным управлением; он устойчив на курсе, хорошо слушается руля, его движение можно затормозить работой движителей толкача на задний ход. При толкании жестко учаленного состава управление осуществляется рулями толкача; при поворотах с составом следует избегать резких перекладок пера руля на борт, так как это вызывает чрезмерное натяжение вожжевых и влияет на скорость поворота. Кроме того, следует иметь в виду «произвольный угол поворота», который возникает под действием инерции. Рулевой должен перекладывать руль медленно, на минимально необходимый угол и в то же время быстро отводить его назад для гашения инерции на повороте.

Управляемость состава характеризуется главным образом его циркуляцией и коэффициентом циркуляции (отношением диаметра циркуляции к длине судна или всего состава).

Управление толкаемым составом во время рейса. Управление толкаемым составом имеет ряд особенностей по сравнению с буксировкой на тросе. Если состав идет в плесе, выбор курса и управление составом аналогичны выбору курса и управлению при следовании одиночного самоходного судна.

Проводка судов вверх способом толкания значительно проще проводки на буксирном тросе. При толкании судов вниз следует учитывать влияние сопротивления речного потока при повышенной скорости движения и большие инерционные силы, особенно на поворотах, — в этом коренное отличие способа толкания от буксировки судов на тросе.

При прохождении перекатов и перевалов с крутыми поворотами, а также около вогнутых яров с прижимным течением у толкаемого вниз состава под действием центробежной силы во время поворота, а также силы давления поверхностного потока возникает дрейф в сторону яра, грозящий опасностью навала состава на яр. Чтобы избежать такой опасности, рулевой должен избирать курс с учетом использования донного потока, идущего от яра на значительной глубине. Вследствие этого поворот нужно начинать, когда состав находится еще в корыте переката, с таким расчетом, чтобы при подходе к подвалью состав занял параллельное ему положение. Это даст возможность удержать состав в струях донного течения, идущего вдоль подвалья, до прекращения дрейфа. Особенно важно правильно заправить на перекат состав из нефтеналивных барж, идущий по течению. При выходе с переката, в момент разворота и захода в донные струи плесовой лощины, нефтеналивные баржи нужно проводить на предельной скорости. Это позволит погасить дрейф, а также быстро и безопасно провести состав около прижимной части яра.

Рулевой должен в таких случаях строго следить за курсом,

вовремя перекладывая руль. Если будет допущено промедление с поворотом состава при выводе его в нижнюю плесовую лощину, поверхностный поток увлечет его к яру.

При проводке толкаемого состава вверх через перекат трудности вызываются резко повышенной скоростью течения и малым запасом воды под днищем головного толкаемого судна, отчего увеличивается сопротивление воды движению состава.

При заходе на подвалье переката под днищами судов в кормовой части состава запас воды будет больше, чем в носовой, и кормовая часть находится в сравнительно спокойном течении. Это нарушает устойчивость состава на курсе.

Вследствие этих причин толкаемый состав может легко встать в такое положение, что его продольная ось будет находиться под углом к направлению течения, что вызовет дрейф состава и уклонит его в сторону от фарватера. Исследованиями и практикой установлено, что если запас воды под днищем на перекате более 30—40 *см,* то состав можно вводить на перекат под любым углом. Если же запас воды под днищем менее 30 *см,* состав следует заводить под большим углом к подвалью, не снижая скорости хода, во избежание ухудшения управляемости.

Выбирая курс при вводе толкаемого состава на перекат снизу, судоводители должны быть очень внимательны.

Если ось подвалья не составляет прямого угла с направлением течения, то продольная ось состава должна быть параллельна направлению течения. Если ось подвалья составляет с направлением течения острый угол меньше 60—70°, скорость при заходе на подвалье следует убавить.

Если запас воды под днищем на перекате небольшой, а корыто переката узкое, толкаемый состав нужно подводить к перекату на пониженной скорости, убавив ход до малого на расстоянии 250—300 *м* от переката. Чтобы подойти к подвалью переката точно в соответствии с намеченным курсом, нужно регулировать работу машины и постоянно управлять рулями, а войдя на перекат, следовать по его корыту параллельно главным струям течения.

Весной, при высоком уровне воды, на суда сильно действуют поверхностные струи потока, что еще более затрудняет проводку составов у яров, которые следует огибать.

§ 39. БУКСИРОВКА ПЛОТОВ

Виды плотов. Передняя часть плота, обращенная к буксировщику, называется головой, а задняя хвостом.

Плоты формируют из секций, составленных из сплоточных единиц.

Основным видом сплоточной единицы является пучок, состоящий из бревен продольной укладки, имеющий поперечное сечение овальной формы и скрепленный обвязками. Из пучков

обычно формируют секции плота, а из готовых секций счаливают плоты. Ведущие единицы, на которых размещено тормозное железо (лоты, цепи-волокуши, якоря), а также устройство для подъема его, называются м а т к а м и.

Забуксировка плота. Для забуксировки плота буксировщик подходит к головной его части носом против течения, швартуется и подает на плот тросы. Обычно подают два троса, закрепляемые на правом и левом углах плота, затем эти тросы крепят к арочному буксиру. Закрепление арочного буксира на гаке и соединение его с тросами, поданными на углы плота, производят под руководством старшего рулевого. Одновременно поднимают лоты и якоря на плоту.

Буксирный трос может быть пропущен также вдоль бортовой ленты на протяжении пяти-шести сплоточных единиц.

Во избежание провисания длинных тросов в средней части их прикрепляют буйки (металлические бочонки белого цвета с красной полосой).

Для лучшей управляемости буксировщик-плотовод оборудуют вожжевыми тросами, прикрепленными к буксирному тросу за кормой судна, подвешенными по бортам на серьгах и идущими на нос к шпилю или брашпилю (рис. 33).

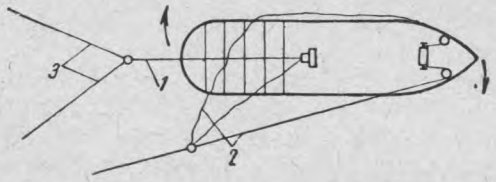


Рис. 33. Схема подачи буксирного и вожжевых тросов на буксировщик:
1 — буксирный трос; *2* — вожжевые; *3* — бухты

В зависимости от того, где и при каких условиях будет происходить буксировка, плот буксируют на двух или на одном тросе. Длина троса бывает различная.

В комбинированных составах из судов и плотов рекомендуется плот ставить вперед, а суда за ним.

Отвал плотосостава и отправление в рейс. Отвал плотосостава производится различно: со швартовов от берега, с якорей и с помощью рысковых якорей.

Плот, стоящий на швартовах, отводят с помощью вспомогательного судна или без него. Если рейд свободен, буксировщик, закрепив буксирный трос на плоту, после команды «Отдать швартовы!» постепенно выходит на буксир, осторожно набивая его, сильно оттягивает плот от берега, а затем резко изменяет курс, выводя плот на фарватер. Если же необходима дополнительная тяга, то вспомогательное судно берет плот на буксир в хвостовой части и удерживает его против течения, а буксировщик в это время отводит головную часть плота в сторону фарватера. Как только головная часть плота отойдет от берега, вспомогательное судно оттягивает в сторону фарватера хвосто-

вую часть и отдают швартовы. После этого буксировщик делает крутой поворот по течению, хвостовая часть в результате крутого поворота раскатывается и плот быстро отходит от берега.

Отвал от берега производят также отрыскиванием в сторону с помощью одного или двух якорей.

Управление в пути. Чтобы буксируемый плот хорошо управлялся, буксировщик должен вести его со скоростью, превышающей скорость течения.

Во избежание навала плота на берег во время раскатки при прохождении криволинейных участков необходимо использовать для торможения цепи-волокуши, лоты якоря (их отдают так, чтобы они не удерживали, а только тормозили). При прохождении крутых перевалов, связанных с предотвращением навала, используют вспомогательное судно, которое, упершись носом в хвостовую часть плота, помогает плоту принять нужное направление.

Значительные трудности представляет проводка плотосостава через перевалы и перекаты. Прежде всего, не доходя до переката, нужно заправить плот на него. В момент заправки нужно иметь в виду, что плот, входя с верхнего плеса на перекат, может получить большой дрейф под действием центробежной силы и свального течения.

Если свальное течение направлено в сторону нижней косы, буксировщик должен идти ближе к верхней косе. Если течение направлено в сторону ухвостья затонской косы, плот следует заправить так, чтобы его голова оказалась на стрежне, а не у верхней косы.

Большие трудности возникают при проводке плотосостава под мостом. В зависимости от габаритов плота и мостовых пролетов, направления течения и ветра, а также мощности буксировщика и оснащения плота тормозными устройствами применяют следующие способы проводки состава: в расчалку (частями) — когда расстояние между устоем и боковой частью плота незначительно или ширина плота больше ширины пролета моста; с использованием вспомогательного судна, цепей-волокуш, лотов и якорей.

В местах с интенсивным движением судов (на рейдах крупных пристаней) плоты проводят обязательно с помощью вспомогательных судов.

На водохранилищах в условиях хорошей погоды проводка плотов не представляет трудностей. Трудно проводить плоты при волнении, которое разрушает их.

Опасна проводка плотов около проранов и приверхов островов, особенно в весенний период навигации. В таких местах русло раздваивается и образуются затяжные течения, которые особенно опасны, когда направлены с затопленной поймы через русло на пойму противоположного берега. В таких случаях плот следует проводить вблизи яра, с которого вода идет в рус-

ло, так как течение будет отжимать плот от берега. Если течение направлено в пойму, нужно уклониться с середины фарватера и держаться ближе к пескам.

При встрече плотосостава с другими судами или при обгоне нужно выбирать курс таким образом, чтобы направление движения плота после расхождения не изменилось. При встрече с грузо-пассажирским судном нужно прежде всего принять меры, исключающие возможность раскатки плота в сторону встречного судна. Для этого буксировщик должен удержать голову плота в определенном положении, сообразуясь с которым и указывают курс встречному судну.

При встрече с буксируемыми составами их следует пропускать со стороны песков, а буксировщик с плотом должен идти по стрежню.

При встрече с составом на подходе к перевалу или перекату, где каждый состав, идущий сверху или снизу, должен пройти по одному и тому же пути, необходимо учесть скорость хода каждого состава и исходя из этого определить место встречи.

Плотосостав, догоняемый одиночным судном или буксируемым составом, не должен мешать безопасному обгону. Если спущены лоты, то нужно потравить лотовый трос. Если же лоты подняты, то, чтобы удержать хвостовую часть плота от раскатки, следует спустить их.

При обгоне плотосостава буксирным судном с составом последнее лучше пропустить со стороны яра, а плотосостав с помощью лота или якоря отвести насколько возможно к пескам.

В пути следования иногда приходится проводить плоты в расчалку. В связи с этим часть плота передают вспомогательному буксировщику на ходу. Для этой цели выбирают участок с тихим течением. Плот разделяют вдоль на две части, временно скрепленные друг с другом. Затем на левом и правом плоту закрепляют буксирный трос. Буксировщик и вспомогательное судно берут каждый плот на буксир.

При движении на криволинейных участках комбинированный состав подвергается сильной раскатке. Чтобы предотвратить ее, нужно использовать цепи-волокуши.

Остановка плотосостава. Остановка плотосостава в пути может быть вызвана различными причинами.

Для остановки вначале выбирают участок поближе к пескам с ровным и тихим течением. Буксировщик, пройдя перекат, выходит на плес. На лодке завозят якорь в сторону песка. Плот, оказавшись бортом против течения, под действием последнего приближается к пескам и немного сплывает вниз. В это время буксировщик, отдав буксир, переходит к хвостовой части плота и начинает толкать ее в сторону песка. С плота спускают цепь-волокушу или якорь для торможения. Когда плот остановится, буксировщик снова переходит к головной части плота, после

чего буксирный трос выбирают на плот. Якоря рекомендуется отдавать на коротких цепях, а по прекращении сплывания плота потравить их и плот остановится.

§ 40. БУКСИРОВКА СУДОВ С ОПАСНЫМИ ГРУЗАМИ

При перевозке авиабензина в составе должна быть только одна баржа. Запас воды под днищем на всем пути ее следования должен составлять не менее 20—25 *см*.

Разрешается буксировать не более двух барж с нефтепродуктами 1-го класса, учаленных в кильватер. При этом на кринолине первой баржи и на форштевне второй должны быть мягкие кранцы для предотвращения возникновения искр в случае удара. Буксирный трос подают на баржи с лодки и не отдают с гака буксировщика до окончания рейса.

Даже при вынужденных остановках в пути и на стоянках для налива или выкачки трос гака буксировщика не отдают. В случае, если буксировщик должен временно отойти, вместо него встает другое судно; при этом закрепляют буксирный трос на гаке другого судна. Такая замена необходима для возможности немедленного отвода судов в экстренных случаях (пожар, возможность столкновения, навала судов и т. д.).

При буксировке барж с авиабензином или с другими нефтепродуктами 1-го класса пользуются пеньковыми и стальными оцинкованными буксирными тросами и бухтами.

Форпик с цепным ящиком рекомендуется заполнять водой.

Баржи с нефтегрузами 2, 3 и 4-го классов можно буксировать в два и более пыжа. Расстояние между первой баржей состава и буксировщиком должно быть не менее 75 *м*.

§ 41. УПРАВЛЕНИЕ СУДАМИ НА КАНАЛАХ

Условия плавания. Из-за ограниченной ширины канала и слабого течения на управляемость судна отрицательно действуют боковые ветры. Судно следует направлять слегка на ветер, предупреждая возможность навала на откос канала, так как при навале оно может получить повреждения.

К плаванию на канале допускаются только суда, которые удовлетворяют требованиям местных правил плавания (в отношении размеров, осадки и т. д.).

Во избежание размыва откосов берегов и для обеспечения безопасности плавания скорости движения на каналах ограничены и определяются местными правилами.

При движении одиночных судов и составов в одном направлении интервал между ними должен быть не менее 500 *м*. При движении плотов — не менее 2 *км*.

Встречи и обгоны судов. Расхождение судов при встрече и обгон разрешаются только на прямых участках и на малом ходу. Не допускаются расхождение и обгон на подходах к шлю-

зам, у паромных переправ, мостов и заградительных (аварийных) ворот.

Если маневр расхождения одиночного судна с составом выполняется при боковом ветре, то одиночное судно, убавив ход, должно уклониться к наветренной стороне канала.

На криволинейных участках, даже в тихую погоду, встречные составы следует оставлять со стороны вогнутого берега, учитывая возможность их раскатки.

§ 42. УПРАВЛЕНИЕ СУДАМИ ПРИ ПЛАВАНИИ В УСТЬЯХ РЕК, НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ И ОЗЕРАХ

При плавании в устьях рек с выходом на морские рейды для выбора курса следует пользоваться естественными и искусственными приметами.

Для ориентировки у входа в устье реки обычно имеются входные (простые или щелевые) створы, по которым судно идет до тех пор, пока не выйдет на судовой ход, обставленный знаками плавучей обстановки.

Обстановка на взморье и в устьях рек расставляется по двухсторонней системе, как и на реках. Правая и левая стороны определяются относительно судна, идущего с моря в порт.

Выйдя из устьевого участка реки, где двухсторонняя (латеральная) обстановка заканчивается, судоводитель переходит на управление по компасу.

Судовождение на водохранилищах и озерах имеет ряд особенностей и сопряжено с некоторыми трудностями и опасностями. Здесь имеют значение размер водоема, его ветровой режим, волнение и т. д.

Различие заключается прежде всего в способах буксировки. Буксировка судов на озере производится в кильватер. Совершенно не допускается буксировка под бортом. При благоприятных условиях возможна буксировка судов, счаленных попарно. Буксировать суда следует на длинном буксирном тросе (150—500 *м*) с таким расчетом, чтобы буксируемые и буксирующие суда одновременно входили на волну.

Чтобы обеспечить проводку судна на озере по кратчайшему и безопасному пути, необходимо хорошо знать карту и лоцию района плавания.

При плавании на озерах и крупных водохранилищах судном управляют с помощью компаса. Если судно уклоняется, то для приведения его на заданный курс надо переложить руль на 3—5° в сторону, противоположную отклонению курсовой черты. Как только судно отклонится в нужную сторону, руль ставят в положение «прямо». Перекладка руля на больший угол вызывает рыскливость.

Важным обстоятельством является дрейф судна под действием ветра, течения и волн. Поэтому при проводке составов в вет-

реную погоду на озере или крупном водохранилище следует идти под некоторым углом к курсу, а состав для буксировки подбирать такой, чтобы можно было его буксировать с большой скоростью. Кроме того, для уменьшения парусности суда следует загружать на полную осадку.

Во время волнения судно следует поворачивать к ветру и идти курсом против волны; скорость движения должна быть такой, чтобы судно слушалось руля.

Буксирный состав не следует вести бортом к волне или на малой скорости, так как на палубы судов будет попадать много воды, суда начнут рыскать, увеличится их качка, а буксирный трос будет натягиваться, вызывая постоянные рывки.

§ 43. ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СУДАМИ С ПОВОРОТНЫМИ НАСАДКАМИ

Современные грузовые теплоходы вместо обычных рулей имеют поворотные насадки. Замена рулей поворотными насадками позволяет увеличить скорость хода судна на 4—6% и одновременно сократить расход топлива. Действие поворотных насадок ничем не отличается от действия обыкновенных рулей, однако, пользоваться ими надо умело.

На судах различных типов поворотные насадки устанавливают по-разному: под кормовым подзором или таким образом, что расположение гребных винтов остается без изменения.

В первом случае действие струй воды, образующихся при работе гребных винтов, при переложенных на борт насадках не экранируется корпусом, т. е. поток воды, выбрасываемый из насадок, не отражается от корпуса. Управление таким судном при поворотах не отличается от управления двухвинтовым судном с рулями.

Во втором случае действие поворотных насадок экранируется корпусом судна. Струи воды, выбрасываемые гребными винтами через насадки, при отклонении от диаметральной плоскости ударяются в корпус судна и препятствуют его повороту.

Если при переднем ходе нужно повернуть судно вправо, насадки перекладывают на правый борт. Для ускорения поворота при работе двигателей на передний ход на малой скорости насадки перекладывают в сторону поворота; при этом работает только один двигатель того борта, в сторону которого поворачивается судно.

В данном случае струи воды от правого гребного винта будут отталкивать корму влево, способствуя быстрейшему повороту судна (рис. 34, *а*).

При работе левого двигателя на передний ход при повороте судна вправо и перекладке насадок на правый борт поворот судна резко замедлится, так как струи воды от левого гребного винта будут оказывать давление на корпус (рис. 34, *б*).

При плавании в стесненных условиях (в портах, шлюзах и т. д.) следует учитывать, что при резком изменении курса корма в начальный период быстро отклоняется в сторону, противоположную повороту, а нос некоторое время удерживается на прежнем курсе и только после этого начинает поворачиваться.

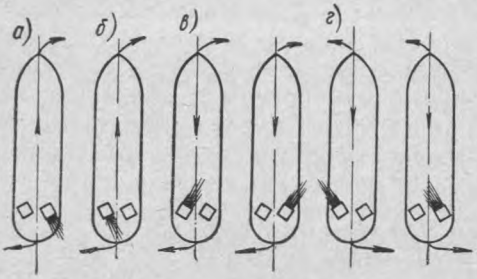


Рис. 34. Схема действия поворотной насадки при поворотах

Если габариты пути недостаточны и впереди находятся другие суда, оборот следует делать на пониженной скорости; при этом следует один двигатель остановить, а с помощью другого при максимальном угле отклонения насадки разворачивать судно.

Если габариты пути достаточны и впереди нет других судов, оборот или резкое изменение курса (более чем на 30°) можно производить на повышенной скорости.

При движении задним ходом с переложенными на левый борт насадками корма уклоняется влево (рис. 34, *в*), а если насадки переложены на правый борт, — вправо (рис. 34, *г*), независимо от того, какой из винтов работает на задний ход.

При маневрах для ускорения поворота часто применяется прием работы одним винтом вперед, а другим назад. В таких случаях насадками надо пользоваться так. Если насадки параллельны диаметральной плоскости судна, для поворота вправо левую машину включают на передний ход, а правую—на задний; для поворота влево—правую включают на передний ход, левую—на задний. При перекладке насадок на какой-нибудь борт судно, независимо от направления вращения винтов, уклоняется в ту же сторону, куда переложены насадки.

Если действие насадок экранируется корпусом, то при повороте вправо правой машиной работают вперед, а левой — назад; при повороте влево — наоборот, левой вперед, правой назад. На судах, где действие насадок не экранируется корпусом, делая поворот с помощью машин, работающих одна на передний ход, а другая на задний, поступают так же, как на судах с рулями, т. е. поворотные насадки перекладывают в сторону поворота, а машины включают, как на двухвинтовом судне.

§ 44. УПРАВЛЕНИЕ СУДАМИ НА ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ

Судно на подводных крыльях одинаково хорошо слушается руля при любом режиме работы машины, и устойчиво на курсе. Если судно на полном ходу уклоняется в ту или иную сторону,

для удержания его на курсе руль следует перекладывать всего лишь на 1—2°, а при крутых поворотах руль следует перекладывать плавно, не более чем на 5—8°, благодаря чему судно не будет резко отклоняться от курса и не получит крена. При каждом последующем повороте судна на новый курс нужно учитывать радиусы закругления и скорость движения.

Во время движения на волнении скорость хода судна на подводных крыльях несколько снижается, так как волны своими гребнями ударяют в днище корпуса. В таких случаях несколько уменьшают число оборотов двигателя.

При отходе судна на подводных крыльях во избежание резкого толчка двигатель должен работать при небольшом числе оборотов. При привале судна снижают число оборотов двигателя и корпус судна садится кормой в воду, вызывая торможение. Когда до причала останется около двух длин судна, число оборотов двигателя опять снижают, корпус полностью садится на воду, инерция погашается, и судно плавно подходит к причалу.

При маневрах, подходе к причалам, а также при отходе от них можно путем переключения на нужный борт использовать силу отходящих газов главного двигателя.

Если нужно сделать оборот, то вначале скорость хода снижают так, чтобы весь корпус был на плаву. Затем быстро перекладывают руль на 15—20°, и судно начинает циркуляцию.

После того как судно сделает оборот, руль ставят в положение «прямо», постепенно сдерживая вращение штурвала во избежание обрыва штуртроса.

§ 45. УПРАВЛЕНИЕ СУДАМИ ПРИ ОСОБЫХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАХ

К особым обстоятельствам относятся: помощь упавшему за борт, маневры при возникновении пожара и при получении судном пробоины, плавание в шторм.

На каждом судне имеются расписания «Человек за бортом», «Пожарное расписание» и «Водяная тревога», которые определяют место и действия каждого члена команды.

При падении человека за борт. После подачи сигнала тревоги «Человек за бортом» судно, если оно следует без состава, снижает скорость, делает оборот и подходит как можно ближе к утопающему, спуская при этом на воду шлюпку. В ночное время место, где оказывают помощь утопающему, освещают прожектором.

Если судно идет с составом, то прежде всего состав нужно поставить на якорь, а судно направляется к утопающему.

Толкаемый состав в таких случаях может быть остановлен путем работы машины назад.

Большим грузо-пассажирским и другим судам не следует близко подходить к утопающему; лучше пользоваться для этого шлюпкой.

При возникновении пожара прежде всего подают сигнал пожарной тревоги колоколом громкого боя. Капитан меняет курс судна, чтобы ветром с судна сбивало пламя, и одновременно направляет его на отмель. Если пожар возник на носу, судно выбрасывается на мель кормой на ветер, если на корме — носом в сторону ветра. При возникновении пожара в средней части судно нужно поставить на мель носом или кормой так, чтобы ветер дул с правого или левого борта и относил пламя и дым в сторону от судна.

Если пожар возник в буксируемом составе, нужно поставить его, расчалить и вывести горящее судно.

Если пожар принимает угрожающие размеры, подают сигналы бедствия — тревожные гудки или частые удары в колокол. Кроме того, в дневное время приспускают флаг до половины мачты, а ночью «мигают» мачтовым стояночным огнем.

Как только замечен удар корпусом о подводное препятствие, вахтенный начальник подает команду: «малый ход», а рулевой направляет судно к мелкому месту. Одновременно быстро осматривают корпус. Если пробоина не обнаружена, судно следует дальше. Если же будет обнаружена хотя бы небольшая пробоина, судно нужно вывести на тихое течение в стороне от фарватера и поставить на якорь, после чего приступить к заделке ее судовыми средствами.

Если пробоина большая, то подают сигнал водяной тревоги. В этом случае судно не следует ставить на якорь. Машины работают малым ходом вперед и судно стоит на месте, причем в это время продолжают заделку пробоины и откачку воды. На якорь судно не должно становиться, так как в случае крайней необходимости, когда, несмотря на принятые меры, судно начинает тонуть, оно должно немедленно выброситься на мель.

При плавании в шторм. Прежде всего следует выполнить ряд мероприятий подготовительного характера. Шлюпки следует закрепить по-походному, люки трюмов закрыть и затянуть брезентом, палубный груз принайтовить, чтобы исключить возможность его смещения во время качки. Необходимо проверить водоотливные средства, все горловины задраить. При сильной бортовой качке нужно уменьшить ход судна и поставить его вразрез волне; хотя от этого ухудшится управляемость, но палубу будет меньше заливать водой.

Во избежание срыва с якорей, навала на берег или отмель лучше сняться с якоря и уйти в открытую часть озера или водохранилища.

Для амортизации рывков в штормовую погоду необходимо подвешивать к буксирным тросам между судами грузила.

В случае срыва несамоходного судна с якоря во время шторма, если невозможно близко подойти к нему для подачи троса, применяют проводник — специальный трос длиной до 100 *м*. Чтобы он не тонул в воде, к нему подвешивают буйки или спа-

сательные круги. С буксировщика, подошедшего к буйкам, берут проводник багром и крепят к нему буксирный трос, который команда несамоходного судна выбирает к себе на борт. Более совершенный способ — применение линеметательного пистолета и ракеты. Из пистолета на судно выстреливается длинный (до 400 *м*) линь, к которому прикреплен буксирный трос.

§ 46. УПРАВЛЕНИЕ СУДАМИ ПРИ ПЛАВАНИИ В ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ

Суда, работающие в ледовых условиях, должны находиться в хорошем техническом состоянии, быть прочными и иметь хорошую маневренность. Корпуса самоходных судов должны иметь ледовый пояс. Из несамоходных судов для плавания во льду обычно выделяют суда с ложкообразной формой носа.

На судах, предназначенных для ледового плавания, должен быть аварийный запас: плотничный инструмент, доски, брусья, клинья, болты, гвозди, цемент, песок, кошма, брезент, техническое сало и др.

Во время весеннего ледохода судно должно обходить тяжелые льдины или убавлять ход. Судно может встать на якорь вне судового хода и переждать, пока лед проплывет мимо. При встрече с мелким льдом рекомендуется обходить его с наветренной стороны, а в тихую погоду — уклоняться в сторону песков.

Во время осеннего ледохода лед идет скученно по стрежню, у прижимных берегов, на перевалах и перекатах и во всю ширину на плесах. В первом случае обходить его надо ближе к пескам, а во втором лучше всего следовать за льдом.

Перекаты судно должно проходить, когда по ним идет редкий лед, и заходить на подвалье переката параллельно струям течения, придерживаясь ближе к верхним застругам. Во время сильного ледохода в пролетах мостов может образоваться затор. Рекомендуется проходить под мостами только тогда, когда интенсивность ледохода уменьшится.

§ 47. НАВИГАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ

К навигационным приборам относятся компасы, эхолоты, радиолокаторы, лаги и т. д.

Компасом называется прибор, при помощи которого определяют курс судна, а также направления на береговые предметы и небесные светила.

По назначению компасы делятся на главные, по которым определяют курс и местонахождение судна, путевые, которыми пользуется рулевой, и шлюпочные.

На морских и озерных судах главный компас установлен на верхнем мостике в диаметральной плоскости судна в таком ме-

сте, откуда виден весь горизонт. Путевой компас установлен в рулевой рубке.

На отечественных судах устанавливается 127-миллиметровый магнитный компас ЗШП-ГУ с картушкой в жидкости. Размер компаса определяется диаметром картушки.

Кроме магнитных компасов, применяют и гироскопические— типа ГУ, «Курс», «Амур» (малогабаритный) и др.

Чтобы определить курс по компасу, замечают деление картушки, которое приходится против курсовой черты. Это и есть тот компасный курс, которым идет судно. Обязанность рулевого — удерживать носовую курсовую черту компаса на заданном отсчете картушки с точностью до 0°2′.

Для определения скорости судна и пройденного им расстояния служит мореходный инструмент, называемый лагом. На флоте применяют простые, механические и электрические лаги.

При помощи простого лага определяют только скорость судна.

Мореходный прибор для измерения глубины называется лотом. Лоты подразделяются на ручные (простой лот), диплоты, механические и электрические.

§ 48. НАВИГАЦИОННАЯ ПРОКЛАДКА

Чтобы обеспечить безопасное плавание судна, необходимо безошибочно наносить на карту его путь, чтобы в любой момент иметь возможность ориентироваться в окружающей обстановке по карте.

На карту наносят непосредственно курс судна или только конечный результат, полученный рядом вычислений. В первом случае учет движения судна называется прокладкой, а во втором — письменным счислением.

Прокладка заключается в проведении на морской карте линии пути судна, нанесении пеленгов[1] береговых предметов, траверсов[2] и других вспомогательных линий. При этом приходится производить расчеты, связанные с переводом истинных курсов и пеленгов в компасные и наоборот, и др.

Для прокладки применяют следующие инструменты и принадлежности: транспортир, с помощью которого на карте прокладывают или снимают курсы[3], пеленги и азимуты[4], измерительный циркуль, параллельную линейку, состоящую из двух

[1] Пеленг — угол между плоскостью меридиана наблюдателя и визирной плоскостью пеленгатора, проходящей через наблюдаемый предмет.

[2] Траверс — направление, перпендикулярное судовому ходу, курсу судна или диаметральной плоскости судна.

[3] Курс — угол между меридианом и носовой частью диаметральной плоскости судна, выражается в градусах от 0 до 360°.

[4] Азимут — угол, образуемый между линией на местности или заданным направлением движения и направлением на север, считая по часовой стрелке.

шарнирно соединенных линеек, и карандаш. При выборе курса судна учитывают навигационные опасности (мели, рифы и т. п.), время года, водоизмещение судна, его мощность, состояние корпуса судна, наличие палубного и трюмного грузов, район и продолжительность плавания.

Для перехода от одного пункта в другой, как правило, выбирают кратчайший путь. При выборе пути руководствуются лоциями и картами путей.

Курс судна прокладывают с учетом заранее намеченных расстояний от островов, мысов и т. д., намечают места поворотов.

Так как концы магнитной стрелки компаса располагаются вдоль линий земных магнитных сил, называемых меридианами, которые искривлены, то стрелка компаса всегда отклоняется от плоскости истинного меридиана. Это явление называется склонением компаса и обозначается буквой *d* (рис. 35). Величину склонения наносят на карту. При отклонении магнитного меридиана [1] от истинного к востоку склонение называется

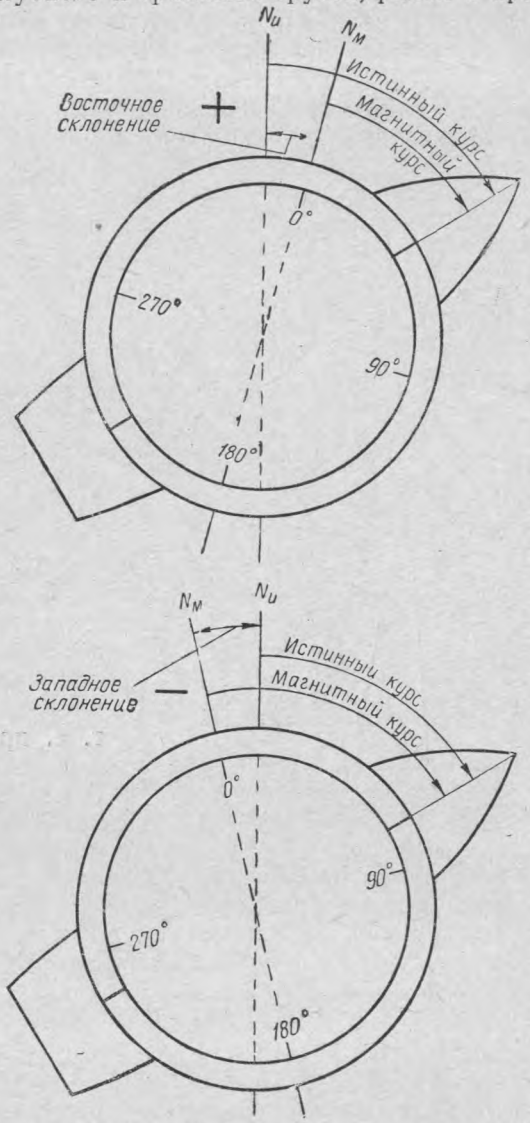


Рис. 35. Склонение компаса

[1] Магнитный меридиан — воображаемая линия сечения поверхности Земли вертикальной плоскостью, проходящая по направлению магнитно-силовых линий земного магнетизма в данной точке.

восточным и обозначается знаком плюс, при отложении к западу — западным и обозначается знаком минус.

Магнитная стрелка компаса под действием судового железа, в свою очередь, несколько отклоняется от линии магнитного меридиана, величина которого на каждом судне различна. Такое отклонение называется девиацией и обозначается буквой δ. Девиация бывает положительной и отрицательной. Девиация уничтожается специалистами — девиаторами, а остаточная девиация для каждого компаса сводится в таблицу девиации, которой и пользуются при решении задач, связанных с прокладкой курса.

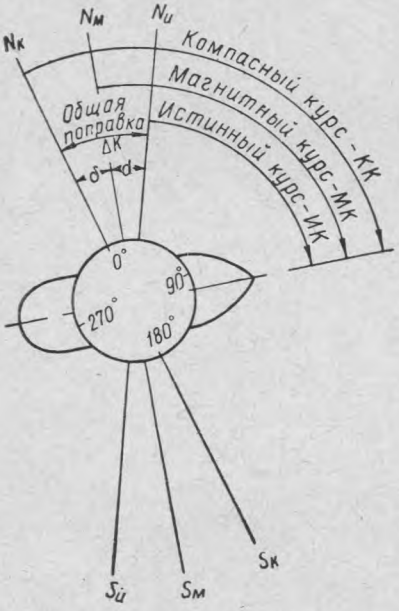


Рис. 36. Исправление румбов

Поскольку различают меридианы истинный, магнитный и компасный[1], то и отсчеты пеленгов и курсов также бывают истинные, магнитные и компасные; их сокращенно обозначают: ИП — истинный пеленг; ИК — истинный курс; МП — магнитный пеленг; МК — магнитный курс; КП — компасный пеленг; КК — компасный курс.

Чтобы проложить истинный курс на карте, нужно сначала компасный пеленг или курс, который мы наблюдаем по компасу, исправить на истинный, т. е. произвести действие, называемое исправлением румбов. Для этого поступают следующим образом. К компасному курсу прибавляют общую поправку (склонение компаса d плюс девиация δ), обозначаемую ΔK (рис. 36).

Тогда конечная запись получится в следующем виде:

$$ИК = КК + (d + \delta),$$

или

$$ИК = КК + \Delta K.$$

Рулевой правит по компасному курсу. Поэтому истинный курс нужно перевести в компасный, т. е. произвести обратное действие, называемое переводом румбов. В этом случае из истинного курса вычитают общую поправку:

$$КК = ИК - \Delta K.$$

[1] Компасный меридиан — воображаемая линия сечения поверхности Земли вертикальной плоскостью, проходящей через ось стрелки магнитного компаса, установленного на судне.

§ 49. ПЛАВАНИЕ В УСЛОВИЯХ ПЛОХОЙ ВИДИМОСТИ С ПОМОЩЬЮ РАДИОЛОКАТОРА

При радиолокационной ориентировке и выборе курса используют в качестве ориентиров такие участки береговой черты, которые дают четкое изображение на экране радиолокатора; по этому изображению можно определить место и курс судна. Хорошими ориентирами служат: высокие берега и яры, позволяющие определить направление судового хода, группы деревьев, острова, урез воды, устья речек, овраги и т. д.

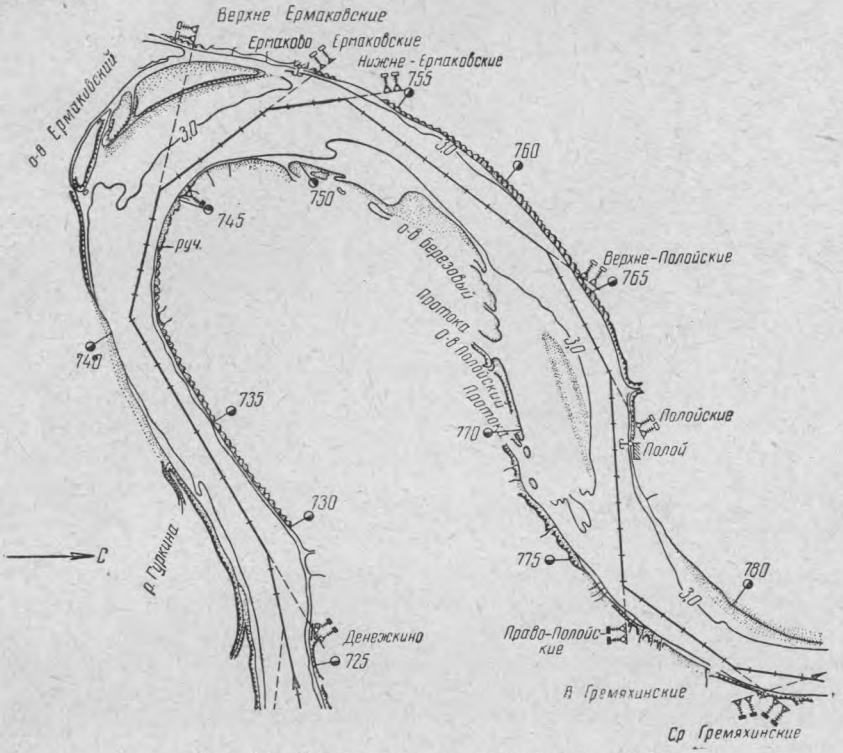


Рис. 37. Лоцманская карта участка пути

Различные отмели, косы и т. п. на экране индикатора изображаются не всегда. Осторожно следует пользоваться при ориентировке изображением знаков плавучей обстановки, которые могут менять местоположение. Рулевой должен хорошо знать район своего плавания и безошибочно уметь опознавать местность в радиолокационном изображении.

На рис. 37 показан участок речного русла, изображенный на лоцманской карте, которой пользуются в обычных условиях плавания, а на рис. 38 тот же участок пути, но в радиолокационном изображении.

Чтобы исключить возможные ошибки при опознании местности, нужно систематически изучать район плавания в изображении на экране радиолокатора и знать отражающие способности объектов наблюдения.

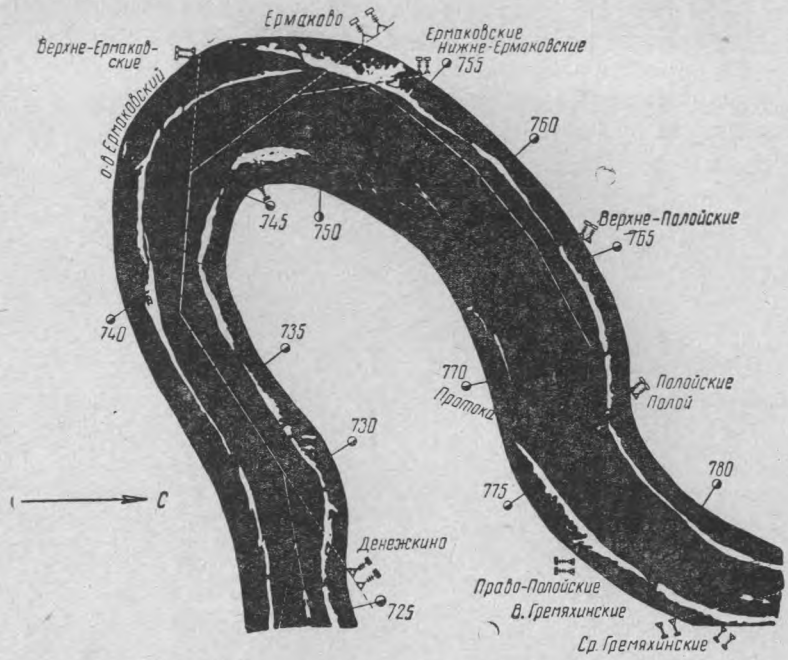


Рис. 38. Радиолокационная схема участка реки

Поверхность воды на экране выглядит темной, линия берега — светлой, отдельные суда, лодки, бакены, буи — в виде светлых точек. Судно, с которого ведут наблюдение, изображается в центре экрана в виде светлого пятна, а курсовая отметка судна — в виде прямолинейного луча (рис. 39).

Пользуясь радиолокатором, надо одновременно пользоваться и компасом, при помощи которого всегда можно быстро обнаружить изменение курса и удерживать судно на заданном курсе.

Речные суда в настоящее время оснащают радиолокационными станциями (РЛС) типа «Створ» и «Донец».

В условиях плавания по реке радиолокационная проводка заключается в определении по изображению местности на экране радиолокатора правильного и безопасного курса с помощью контуров береговой черты, примерных ориентиров, а также знаков плавучей обстановки. О направлении пути судят по расположению курсовой отметки относительно эхо-сигналов от берега и знаков обстановки.

Положение судна определяют по расположению эхо-сигналов наблюдаемых объектов относительно центра экрана радиолокатора. Курс судна исправляют таким образом, чтобы курсовая отметка ложилась относительно видимых на экране берегов так, как судовой ход нанесен на карте. После этого рулевой должен заметить курс по компасу и по нему вести судно.

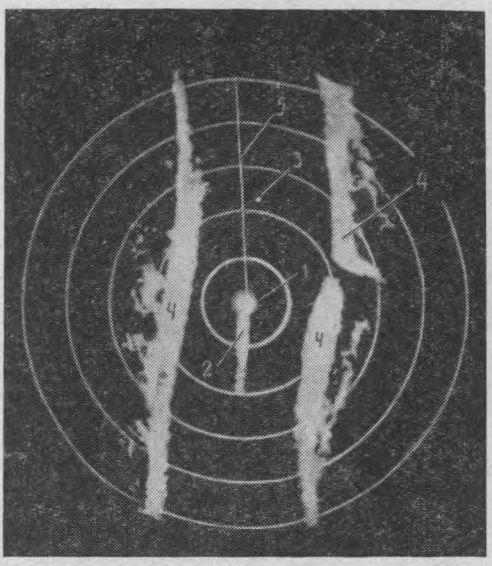


Рис. 39. Радиолокационное изображение речного русла:
1 — буксировщик; *2* — буксируемый состав (плот); *3* — буй; *4* — берега; *5* — курсовая отметка

В помощь судоводителям при проводке судов по радиолокатору служат радиолокационные фотосхемы. Такая схема представляет собой участок пути в том виде, каким мы его видим на экране радиолокатора (см. рис. 38).

ГЛАВА IX

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ (ДИЗЕЛЯХ)

§ 50. СХЕМА УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ

Дизелем называется двигатель внутреннего сгорания, в цилиндре которого топливо воспламеняется самопроизвольно под влиянием высокой температуры воздуха, сжатого в цилиндре перед впрыскиванием топлива.

По типу рабочего процесса (цикла) дизели разделяются на четырехтактные и двухтактные.

Тактом называется процесс, происходящий в цилиндре дизеля в течение одного хода поршня.

У четырехтактных дизелей весь рабочий процесс совершается за четыре хода поршня (четыре такта) или за два оборота коленчатого вала.

У двухтактных дизелей весь рабочий процесс совершается за два хода поршня (два такта) или за один оборот коленчатого вала.

На речных судах преимущественно применяются четырехтактные дизели, поэтому в дальнейшем будут рассматриваться только дизели этого типа.

На рис. 40 показано устройство четырехтактного дизеля.

Остов дизеля состоит из фундаментной рамы *1*, станины *2*, цилиндра *3* и крышки *4* цилиндра. Все эти детали соединены между собой болтами или шпильками. Фундаментная рама установлена на судовой фундамент *5* и крепится к нему болтами. В поперечных стенках фундаментной рамы расположены гнезда (постели) рамовых (коренных) подшипников, в которые укладывается коленчатый вал *6*.

Кривошипно-шатунный механизм служит для преобразования возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала. Обычно он состоит из коленчатого вала *6*, шатуна *7* и поршня *8*. Эти три детали соединены шарнирно, т. е. подвижно.

Во время работы дизеля поршень совершает возвратно-поступательное движение, коленчатый вал — вращательное, шатун — сложное движение: нижняя его часть вращается вокруг оси коленчатого вала, а верхняя совершает поступательное движение с одновременным качанием на пальце *12*.

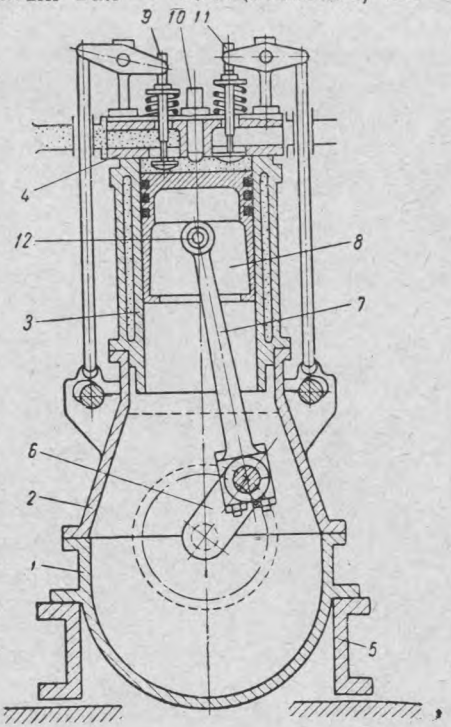


Рис. 40. Схема устройства четырехтактного дизеля

Работа четырехтактного дизеля происходит следующим образом: при движении поршня сверху вниз в рабочий цилиндр дизеля из окружающей среды через открытый впускной клапан *9* поступает воздух. При следующем движении поршня снизу вверх впускной клапан закрывается и воздух в цилиндре сжимается, в результате чего его температура повышается. Когда поршень достигает верхнего положения, в цилиндр через форсунку *10* под большим давлением от топливного насоса (на рисунке не показан) впрыскивается топливо. Распыливаясь и перемешиваясь с воздухом, топливо самовоспламеняется за счет теплоты сжатого воздуха. Давление в цилиндре повышается, и горячие газы, расширяясь, двигают поршень вниз, совершая полезную работу. Из нижнего положения поршень под действием инерции маховика или работы других цилиндров движется вверх. При этом открывается выпускной клапан *11* и отработавшие газы удаляются (выталкиваются) из цилиндра. После этого весь рабочий процесс повторяется.

§ 51. РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ И ЕГО ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ

Для изучения характера протекания рабочего процесса в цилиндре дизеля пользуются индикаторными диаграммами.

Индикаторная диаграмма — графическое изображение изменения давления газов в цилиндре в зависимости от изменения объема цилиндра (перемещения поршня) или от угла поворота коленчатого вала.

Индикаторная диаграмма получается с помощью пружинного (механического) индикатора. Для снятия индикаторных диаграмм дизеля, коленчатый вал которого делает больше 600 *об/мин,* применяют специальные индикаторы (осциллографы).

При расчетах рабочего процесса дизеля индикаторную диаграмму строят графическим путем на основании теоретического расчета. По вертикальной оси диаграммы откладывают удельные давления в цилиндре *p,* а по горизонтальной — объем цилиндра *V* или в развернутой диаграмме — угол поворота коленчатого вала дизеля.

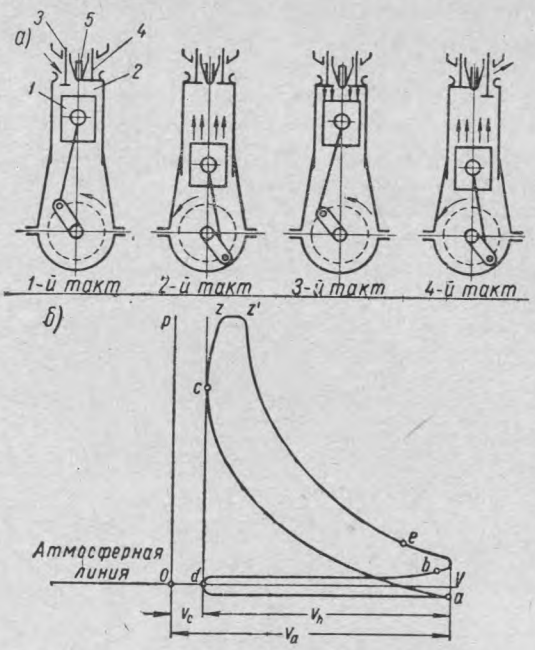


Рис. 41. Схема работы четырехтактного дизеля и индикаторная диаграмма

На рис. 41 изображены схема и индикаторная диаграмма, по которым можно проследить за рабочим процессом четырехтактного дизеля без наддува.

Первый такт — впуск. Цилиндр дизеля наполняется воздухом (свежим зарядом), поступающим из атмосферы за счет разрежения в цилиндре (или от особого нагнетателя воздуха у дизелей с наддувом).

Процесс впуска протекает следующим образом (рис. 41, *а*). Когда поршень *1* движется вниз, т. е. от верхней мертвой точки — в.м.т. (крайнего верхнего положения поршня) к нижней мертвой точке — н.м.т. (крайнему нижнему положению поршня), в цилиндре *2* дизеля происходит разрежение. Вследствие этого атмосферный воздух начинает поступать в цилиндр дизеля через открытый впускной клапан *3*. Выпускной клапан *4* в это время закрыт. Так как на своем пути по впускному тракту воздух встречает сопротивление, в цилиндре дизеля устанавливается давление, равное 0,86—0,92 атмосферного.

Для увеличения веса свежего заряда впускной клапан открывается еще до того, как поршень дизеля дойдет до в.м.т., т. е. с опережением впуска, которое составляет 20—40° по углу поворота коленчатого вала (у дизелей с наддувом — 60—80°).

Вместе с тем закрытие впускного клапана предусматривается после того, как поршень пройдет н.м.т., т. е. с запаздыванием впуска, которое составляет примерно 20—45° угла поворота коленчатого вала (для дизелей с наддувом 40—50°).

Таким образом, впускной клапан остается открытым в процессе впуска при повороте коленчатого вала дизеля примерно на 230—265° (у дизеля с наддувом на 290—350°).

На индикаторной диаграмме (рис. 41, *б*) процесс впуска изображается линией *da*.

Эффективность процесса наполнения цилиндра свежим зарядом оценивается коэффициентом наполнения, представляющим собой отношение количества действительно поступившего в цилиндр воздуха к количеству воздуха, который мог бы поместиться в рабочем объеме цилиндра при давлении и температуре среды, из которой воздух поступает. У дизелей без наддува он составляет 0,75—0,90.

Второй такт — сжатие. При дальнейшем вращении коленчатого вала дизеля поршень движется от н.м.т. к в.м.т. (при закрытых впускном и выпускном клапанах) и сжимает поступивший в цилиндр двигателя воздух до давления 30—40 *кГ/см²*. Температура воздуха в конце такта сжатия достигает 525—600°С.

На индикаторной диаграмме процесс сжатия изображается линией *ac*.

В конце процесса сжатия, еще до прихода поршня в в.м.т., через форсунку *5* (см. рис. 41, *а*) в цилиндр дизеля подается и распыливается топливо. Предварение или опережение подачи топлива необходимо для подготовки его к самовоспламенению. Величина опережения подачи топлива зависит от числа оборотов дизеля и обычно составляет 10—35° угла поворота коленчатого вала.

Распыленное топливо, попадая в среду сжатого и нагретого воздуха, самовоспламеняется и в цилиндре дизеля начинается процесс сгорания топлива. Часть топлива сгорает еще до при-

хода поршня в в.м.т. при почти постоянном объеме, что изображается на диаграмме линией *cz*, а другая часть сгорает при движении поршня от в.м.т. к н.м.т, т. е. при увеличивающемся объеме, но при постоянном давлении. Эта часть процесса на индикаторной диаграмме изображается линией *zz'*.

Рабочий процесс (цикл), при котором часть топлива сгорает при постоянном объеме, а часть — при постоянном давлении, называется смешанным. По этому процессу (циклу) работают четырехтактные и двухтактные бескомпрессорные дизели. Максимальное давление цикла у этих дизелей составляет 50—80 *кГ/см²*, а температура газов при сгорании топлива достигает 1500—1800°С.

Для полноты сгорания топлива имеет большое значение соотношение между количествами топлива и воздуха, поданных в цилиндр дизеля.

Теоретически для сгорания 1 *кг* дизельного топлива необходимо 14,3 *кг* воздуха. Однако вследствие неоднородности протекания процесса сгорания в цилиндре дизеля необходим некоторый избыток воздуха.

Отношение действительного количества воздуха, поступающего в цилиндр, к количеству воздуха, теоретически необходимого для сгорания, называется коэффициентом избытка воздуха. Для современных дизелей он составляет 1,9—2,2.

Третий такт — расширение (рабочий ход). Поршень под действием давления газов в цилиндре перемещается от в.м.т. к н.м.т.

Впускной и выпускной клапаны в этот момент закрыты. При расширении газов тепловая энергия сгоревшего топлива преобразуется кривошипно-шатунным механизмом в механическую работу, поэтому третий такт называется рабочим тактом.

Температура газов в цилиндре в конце процесса расширения составляет 650—800°С, а давление — 2,5—3,5 *кГ/см²*.

На индикаторной диаграмме процесс расширения изображается линией *z'e*.

Четвертый такт — выпуск. Во время выпуска цилиндр дизеля очищается от продуктов сгорания и подготовляется к очередному процессу впуска.

Выпускной клапан открывается с некоторым опережением, т. е. когда поршень не дошел еще до н.м.т., и газы начинают выходить из цилиндра вследствие разности давлений внутри цилиндра и окружающей среды. На индикаторной диаграмме этот процесс изображается линией *eb*. Угол опережения открытия выпускного клапана устанавливается таким, чтобы давление в цилиндре к моменту прихода поршня в н.м.т. снизилось до давления в выпускном коллекторе дизеля. У современных дизелей этот угол составляет 35—55° угла поворота коленчатого вала (у дизелей с наддувом почти такой же).

При дальнейшем движении поршня от н.м.т. к в.м.т. происходит принудительное удаление остатков продуктов сгорания. На диаграмме этот процесс изображается линией *bd*.

Температура продуктов сгорания (отработавших газов) на выходе из выпускного клапана составляет 350—450°С.

Для лучшей очистки цилиндра от продуктов сгорания выпускной клапан закрывается после того, как поршень пройдет в.м.т, т. е. с запаздыванием закрытия, которое составляет 10—20° угла поворота коленчатого вала (у дизелей с наддувом 50—60°).

Как указывалось выше, впускной клапан открывается до прихода поршня в в.м.т. Таким образом, в течение некоторого промежутка времени впускной и выпускной клапаны бывают открыты одновременно. Угол поворота коленчатого вала, при котором одновременно открыты впускной и выпускной клапаны, называется углом перекрытия клапанов. Перекрытие клапанов необходимо для лучшей очистки цилиндров от продуктов сгорания и лучшего наполнения цилиндров свежим воздухом.

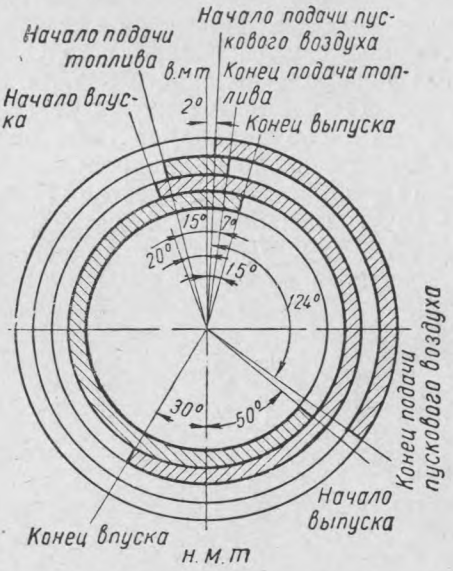


Рис. 42. Диаграмма фаз распределения дизеля 6L275Rr

После четвертого такта весь рабочий процесс повторяется.

Как видно из рассмотренного процесса работы четырехтактного дизеля, моменты открытия и закрытия клапанов не совпадают с положениями поршня в мертвых точках. Угловые отклонения коленчатого вала и соответствующие им смещения поршня от мертвых точек, при которых открываются и закрываются впускной и выпускной клапаны, называются фазами распределения, а диаграмма, показывающая моменты открытия и закрытия клапанов в углах поворота коленчатого вала,—круговой диаграммой распределения.

На рис. 42 показана диаграмма фаз распределения четырехтактного дизеля марки 6L275Rr.

Из рассмотренного процесса работы четырехтактного дизеля также видно, что из четырех тактов только при третьем (рабочий ход) совершается полезная работа.

Во время первого и четвертого тактов дизель работает, как

насос, с затратой энергии. Во время второго такта дизель работает, как компрессор, также с затратой энергии.

В многоцилиндровом дизеле в каждом из его цилиндров независимо друг от друга осуществляется рабочий процесс.

В четырехтактных дизелях независимо от числа цилиндров в каждом из них должно совершиться по одному рабочему циклу за два оборота коленчатого вала 720° (в двухтактных — за один оборот 360°). Однако для равномерности вращения коленчатого вала дизеля необходимо, чтобы такты расширения (рабочие ходы) в цилиндрах следовали один за другим через одинаковые углы поворота коленчатого вала. Таким образом, угол поворота коленчатого вала между тактами расширения может быть определен для четырехтактных дизелей делением 720° на число цилиндров (для двухтактных дизелей — делением 360° на число цилиндров).

Так, например, в шестицилиндровом четырехтактном дизеле такты расширения в цилиндрах должны происходить через 720 : 6 = 120°. Для этого кривошипы шестицилиндрового четырехтактного двигателя должны быть расположены под углом 120°.

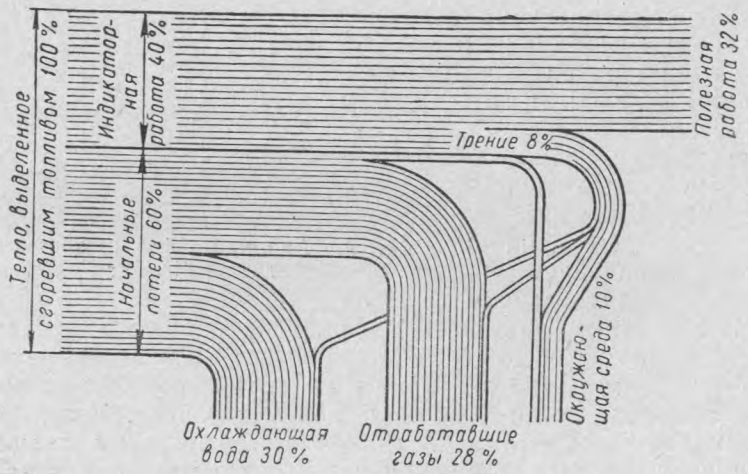


Рис. 43. Диаграмма баланса тепла четырехтактного дизеля

Шестицилиндровый четырехтактный дизель правого вращения работает лучше, если в нем такты расширения по цилиндрам следуют в таком порядке: 1—5—3—6—2—4. При левом вращении такого дизеля очередность работы будет: 1—4—2—6—3—5. Наиболее часто применяемый порядок работы восьмицилиндровых четырехтактных дизелей следующий: у дизелей правого вращения 1—3—4—7—8—6—5—2; у дизелей левого вращения 1—2—5—6—8—7—4—3.

При оценке рабочего процесса четырехтактного дизеля по использованию тепла, выделившегося при сгорании топлива, можно составить тепловой баланс.

На рис. 43 приведена диаграмма баланса тепла.

Из диаграммы видно, что тепло, выделенное сгоревшим топливом, расходуется на индикаторную работу, т. е. работу газов в цилиндре (40%) и на начальные потери (60%). Затем часть индикаторной работы расходуется на преодоление сил трения подвижных деталей дизеля (8%), а остальная часть превращается в полезную работу (32%). С охлаждающей водой уносится 30% тепла, с отработавшими газами 28% и в окружающую среду передается 10% тепла. Работа трения также превращается в тепло, которое теряется и уносится с охлаждающей водой и отработавшими газами, а также передается окружающей среде.

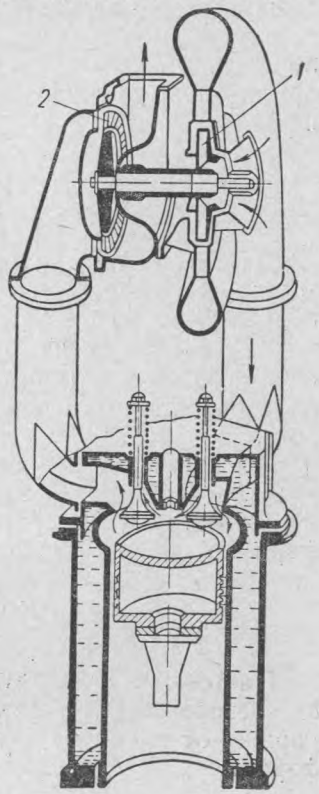


Рис. 44. Схема газотурбинного наддува

§ 52. ГАЗОТУРБИННЫЙ НАДДУВ ЧЕТЫРЕХТАКТНОГО ДИЗЕЛЯ

При повышении веса заряда воздуха в цилиндре дизеля можно при том же значении коэффициента избытка воздуха сжечь в рабочем цилиндре больше топлива, в результате чего увеличится мощность дизеля, без изменения его размеров.

Для увеличения заряда необходимо заполнить рабочий цилиндр воздухом под давлением; воздух должен быть предварительно сжат, например, в специальном компрессоре.

Повышение мощности двигателя за счет увеличения веса заряда воздуха называется *наддувом*. В настоящее время получил широкое применение *газотурбинный наддув*, при котором для привода компрессора используется энергия отработавших газов дизеля. Газовая турбина *2* (рис. 44) и спаренный с ней центробежный компрессор воздуха *1* имеют общий вал и представляют собой один агрегат, который называется *турбокомпрессором*. Система наддува действует следующим образом. Отработавшие газы от дизеля поступают в газовую турбину *2* и приводят ее во вращение. Газовая турбина

начинает вращать компрессор *1*, который засасывает воздух из атмосферы и сжимает его до давления наддува. После этого сжатый воздух поступает в нагнетательный коллектор и затем в рабочие цилиндры дизеля. Для понижения температуры воздуха после нагнетателя при больших степенях наддува применяют воздушный холодильник.

Одно из достоинств газотурбинного наддува заключается в автоматическом регулировании мощности дизеля. Происходит это следующим образом: с повышением нагрузки на дизель увеличиваются расход топлива, количество и температура отработавших газов, вследствие чего возрастает число оборотов газовой турбины, а значит, и компрессора. В результате этого количество свежего воздуха, нагнетаемого компрессором в цилиндры дизеля, увеличивается и, таким образом, мощность дизеля повышается.

§ 53. КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ (ХАРАКТЕРИСТИКИ) ДИЗЕЛЕЙ

Диаметром цилиндра называется внутренний его диаметр. Он выражается обычно в миллиметрах и обозначается буквой D.

Ходом поршня S называется путь, проходимый поршнем от в.м.т. до н.м.т. (или от н.м.т. до в.м.т.). Каждому ходу поршня соответствует поворот коленчатого вала на 180° (полуоборот).

Площадью поршня называется площадь круга, диаметр которого равен наружному диаметру поршня (внутреннему диаметру цилиндра). Площадь поршня F определяется по формуле

$$F = \frac{\pi D^2}{4} = 0{,}785\, D^2.$$

Рабочим объемом цилиндра V_h называется объем, освобождаемый поршнем в цилиндре при перемещении поршня от одной мертвой точки до другой. Он определяется по формуле

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} S = 0.785\, D^2 S \ л,$$

где D — диаметр цилиндра в *дм;*

S — ход поршня в *дм.*

Литражем дизеля называется рабочий объем всех цилиндров.

Полным объемом цилиндра V называется объем, образующийся над поршнем, когда последний находится в н.м.т.

Объемом камеры сжатия V_c называется объем цилиндра, образующийся над поршнем, когда последний находится в в.м.т.

Из приведенных определений видно, что

$$V_a = V_h + V_c.$$

Указанные объемы графически изображены на индикаторной диаграмме.

Степенью сжатия называется отношение полного объёма цилиндра V_a к объему камеры сжатия V_c. Величина степени сжатия ε показывает, во сколько раз уменьшается при сжатии объем газов, заполняющих цилиндр,

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_h + V_c}{V_c} = \frac{V_h}{V_c} + 1.$$

Конструктивными характеристиками дизелей служат также число цилиндров, расположение цилиндров (рядное, V-образное, вертикальное, горизонтальное), габаритные размеры, сухой вес дизеля.

Кроме того, дизели характеризуются направлением вращения коленчатого вала:

у дизелей правого вращения коленчатый вал (или выходной вал реверс-редуктора, являющегося неотъемлемой частью дизеля) вращается по часовой стрелке, если смотреть на него со стороны маховика (для главного судового дизеля с кормы в нос);

у дизелей левого вращения коленчатый вал (или выходной вал реверс-редуктора) вращается против часовой стрелки.

Направление вращения у дизеля М50, а также у всех дизелей «Шкода» определяется по другому: наблюдатель должен смотреть в направлении от передней стороны дизеля к маховику (с носа в корму).

По возможности изменения направления вращения коленчатого вала дизели разделяются на реверсивные и нереверсивные.

Реверсивными называются дизели, у которых имеются устройства, позволяющие изменять направление вращения коленчатого вала. Реверсирование дизеля производится путем передвижения распределительного вала с кулачными шайбами для изменения моментов открытия и закрытия впускных, выпускных, пусковых клапанов и подачи топливных насосов.

Нереверсивными называются дизели, у которых нет реверсивного механизма; изменение направления вращения гребных винтов в случае применения таких дизелей в качестве главных судовых достигается путем применения реверсивных муфт или реверс-редукторов.

Чтобы можно было быстро определить тип дизеля, ГОСТ 4393—48 установлена условная маркировка дизелей, состоящая из букв и цифр.

Буквы, входящие в условное обозначение, означают: Ч — четырехтактный; Д — двухтактный; Р — реверсивный; С — судовой с реверсивной муфтой; П — с редукторной передачей; К — крейцкопфный; Н — с наддувом.

Цифры обозначают: стоящая впереди букв — число цилиндров; в числителе дроби, стоящей после буквенного обозначения, — диаметр цилиндра в сантиметрах; в знаменателе — ход поршня в сантиметрах.

Отсутствие в условном обозначении буквы К означает, что дизель тронковый; отсутствие буквы Р,—что дизель нереверсивный.

Приведем примеры условного обозначения. Дизель 4Д 30/50 — четырехцилиндровый двухтактный тронковый реверсивный. Диаметр цилиндра — 30 *см*; ход поршня — 50 *см*.

Дизель 6ЧНСП 18/22 — шестицилиндровый четырехтактный с наддувом, судовой с реверс-редуктором. Диаметр цилиндра — 18 *см*; ход поршня — 22 *см*.

Заводы, выпускающие дизели, кроме обозначений по ГОСТу, присваивают им свои заводские марки, например: 18Д, 3Д6 и т. д.

§ 54. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЕЙ

Под числом оборотов дизеля понимается число оборотов в минуту его коленчатого вала. Номинальным числом оборотов называется такое число оборотов, при котором дизель в течение неограниченно длительного времени развивает в нормальных условиях эксплуатации гарантируемую заводом-изготовителем мощность при сохранении технико-экономических показателей работы.

Минимальное число оборотов — тот минимально устойчивый режим работы дизеля, который он может обеспечить под нагрузкой. Этот режим имеет важное значение для главных дизелей, так как он определяет минимальную скорость хода судна.

Минимальное число оборотов холостого хода — то наименьшее число оборотов, при котором дизель может работать на холостом ходу.

Перегрузочное число оборотов, составляющее 103% номинального числа оборотов, допускается лишь в течение одного часа.

Средней скоростью поршня называется среднее значение скорости за один ход. Она подсчитывается по формуле

$$c_m = \frac{Sn}{30} \quad м/сек,$$

где S — ход поршня в *м*;

n — число оборотов коленчатого вала дизеля в минуту.

Быстроходными дизелями называются такие, у которых средняя скорость поршня составляет больше 6,5 *м/сек*; тихоходными — такие, у которых средняя скорость поршня не превышает 6,5 *м/сек*.

Индикаторной мощностью называется мощность, развиваемая газами в цилиндре дизеля.

Так как давление газов в цилиндре меняется в течение всего рабочего процесса (цикла), для определения величины работы берут среднее давление газов в цилиндре, определяемое по индикаторной диаграмме как частное от деления площади индикаторной диаграммы на ее длину.

Это давление p_i называется средним индикаторным и измеряется в килограммах на квадратный сантиметр.

Сила, действующая на поршень дизеля со стороны газов, будет равна:

$$P = p_i \frac{\pi D^2}{4} \quad кГ,$$

где D — диаметр поршня в *см*.

Произведение величины силы P на длину хода поршня S в метрах представляет собой индикаторную работу, выраженную в килограммометрах:

$$A = PS = p_i \frac{\pi D^2}{4} S \quad кГм.$$

У двухтактных дизелей рабочий цикл совершается за один оборот коленчатого вала. Таким образом, если дизель делает n оборотов в минуту или $\frac{n}{60}$ оборотов в секунду, то индикаторная мощность дизеля, имеющего i цилиндров, будет равна:

$$N_i = p_i \frac{\pi D^2}{4} S \frac{n}{60 \cdot 75} i \quad л.\,с.$$

В этой формуле диаметр цилиндра выражен в сантиметрах, а ход поршня в метрах. Если выразить их в дециметрах, то формула примет вид:

$$N_i = p_i \frac{\pi D^2}{4} 100 \frac{S}{10} \cdot \frac{n}{60} \cdot \frac{1}{75} i = p_i \frac{\pi D^2 S}{4} \cdot \frac{n}{450} i \quad л.с.$$

Произведение $\frac{\pi D^2 S}{4}$ представляет собой величину рабочего объема цилиндра V_h, выраженную в литрах. Если подставить V_h к формуле, получим

$$N_i = \frac{p_i V_h n i}{450} \quad л.\,с.$$

Здесь p_i выражено в килограммах на квадратный сантиметр;

V_h — в *л*;

n — в оборотах в минуту.

Для четырехтактных дизелей, у которых рабочий цикл совершается за два оборота коленчатого вала, индикаторная мощность определяется по формуле

$$N_i = \frac{p_i V_h n i}{900} \quad л. с.$$

Эффективной мощностью называется полезная мощность на коленчатом валу дизеля, т. е. мощность, отдаваемая потребителю энергии. Эффективная мощность меньше индикаторной на величину механических потерь в дизеле N_m, т. е.

$$N_e = N_i - N_m.$$

Мощность N_m расходуется на преодоление сил трения в подвижных деталях и на работу механизмов и устройств, обслуживающих дизель и приводимых им в действие.

Эффективная мощность определяется при испытаниях дизеля на стенде при помощи различных тормозов (механических, гидравлических и электрических). В этих случаях мощность, развиваемая дизелем, поглощается тормозом и определяется по показателям работы тормоза.

В судовых условиях эффективная мощность может быть замерена торсиометром, который устанавливается на валу, соединяющем коленчатый вал дизеля с гребным валом, или подсчитана косвенным путем по расходу топлива. В практической работе имеет значение номинальная мощность дизеля.

Номинальной называется эффективная мощность, развиваемая дизелем неограниченно длительное время при нормальных условиях эксплуатации и сохранении дизелем технико-экономических показателей работы.

Мощность, затрачиваемая на трение N_m, характеризует конструктивные особенности дизеля и навешенных и обслуживающих его механизмов, качество обработки, подгонки и сборки деталей и узлов, качество смазки и пр. Для сравнения дизелей пользуются значением механического к.п.д., представляющего собой отношение эффективной мощности к индикаторной:

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i}.$$

У дизелей величина механического к.п.д. при номинальных режимах работы находится в пределах 0,75—0,85.

Средним эффективным давлением называется произведение среднего индикаторного давления на механический к.п.д.

$$p_e = \eta_m p_i \quad кГ/см^2.$$

Эффективная мощность, выраженная через среднее эффективное давление p_e, будет выражаться формулами:

для четырехтактных дизелей

$$N_e = \frac{p_e V_h n i}{900} \quad л. с.;$$

для двухтактных дизелей

$$N_e = \frac{p_e V_h n i}{450} \text{ л. с.}$$

Зная эффективную мощность дизеля, можно определить среднее эффективное давление:

для четырехтактных дизелей:

$$p_e = \frac{900 N_e}{V_h n i} \text{ кГ/см}^2;$$

для двухтактных дизелей:

$$p_e = \frac{450 N_e}{V_h n i} \text{ кГ/см}^2.$$

Удельный расход топлива g_e — расход топлива дизелем, отнесенный к одной эффективной лошадиной силе в час. Он характеризует экономичность работы дизеля и определяется путем деления часового расхода топлива на мощность, которую развивал дизель во время замера расхода топлива:

$$g_e = \frac{G_ч}{N_e} \text{ кг/э.л.с.ч,}$$

где $G_ч$ — часовой расход топлива в *кг/час*;

N_e — эффективная мощность в *л. с.*

Удельный расход топлива (в *г/э.л.с.ч*) при работе на номинальном режиме составляет:

У тихоходных дизелей	170—185
» » » с наддувом	160—165
» быстроходных »	175—220

Как известно, работа 1 *л. с.* эквивалентна количеству тепла 632,3 *ккал*. Пользуясь этим эквивалентом, можно подсчитать эффективный или экономический к.п.д. дизеля:

$$\eta_e = \frac{632{,}3}{Q_н g_e},$$

где $Q_н$ — теплота сгорания (теплотворная способность) топлива, равная для жидкого топлива 10000з1 1000 *ккал/кг*.

Для различных типов дизелей эффективный к.п.д. равен 0,30—0,42.

§ 55. ГРАФИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИЗЕЛЕЙ

Графическими характеристиками дизеля называют выраженные графически зависимости между основными показателями работы дизеля при определенных, заранее оговоренных условиях испытания. Характеристики дизелей подразделяются на скоростные и нагрузочные.

Скоростной называется характеристика, которая представляет собой зависимость показателей работы дизеля, мощности, удельного расхода топлива и др. от числа его оборотов.

6В Зак. 1658

Нагрузочной называется характеристика, представляющая собой зависимость основных показателей работы дизеля от нагрузки при определенном неизменном числе оборотов. К скоростным относятся внешняя и винтовая характеристики.

Внешняя характеристика представляет собой зависимость эффективной мощности, удельного расхода топлива и других показателей работы дизеля от числа его оборотов при неизменном положении органа, управляющего подачей топлива. Внешняя характеристика снимается при стендовых испытаниях дизеля.

Внешние характеристики, полученные при положениях органа управления, соответствующих подаче топлива при номинальной мощности и при долевых мощностях, называются характеристиками эксплуатационных мощностей.

По внешней характеристике, полученной при положении органа управления подачей топлива, соответствующем номинальной мощности дизеля, можно графически определять границу нагрузки дизеля: все режимы, которые будут изображаться точками выше внешней характеристики, — перегрузочные, а точками ниже внешней характеристики — режимы недогрузок.

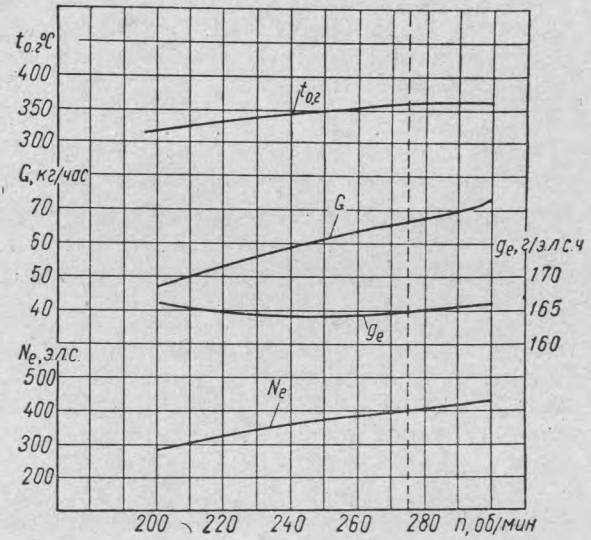


Рис. 45. Внешняя характеристика дизеля 6NVD 48 номинальной мощности 400 *л. с.* при 275 *об/мин*

Внешняя характеристика дизеля необходима для контроля правильности выбора гребного винта, а также для установления чисел оборотов, соответствующих нормальной нагрузке дизеля при различных условиях эксплуатации судна.

На рис. 45 показана внешняя характеристика дизеля 6NVD 48.

Винтовой характеристикой называется зависимость между мощностью и числом оборотов вала дизеля при работе дизеля на гребной винт. Зависимость мощности, потребляемой гребным винтом, от числа оборотов при этом выражается формулой

$$N_e = C n^3,$$

где n — число оборотов гребного винта или дизеля;

C — постоянная величина, характеризующая сопротивление движению данного судна.

При испытании дизеля на судне винтовая характеристика получается при изменении числа оборотов гребного винта.

На графике винтовой характеристики, кроме мощности, наносят кривые часовых и удельных расходов топлива, среднего эффективного давления и температуры отработавших газов.

Винтовая характеристика двигателя 6NVD 48 показана на рис. 46.

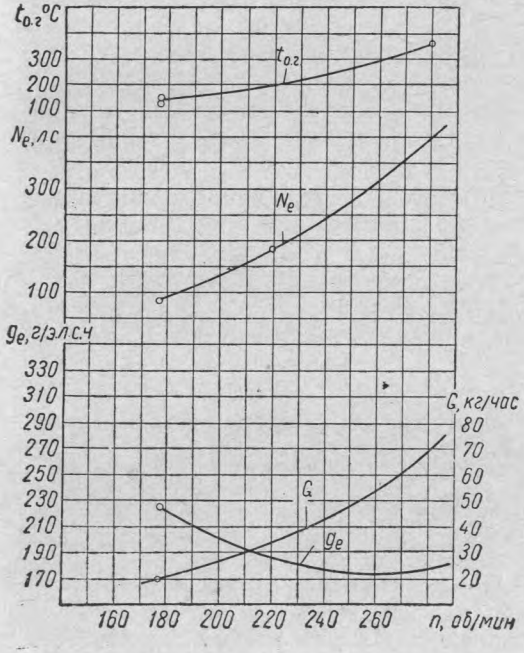


Рис. 46. Винтовая характеристика дизеля 6NVD 48

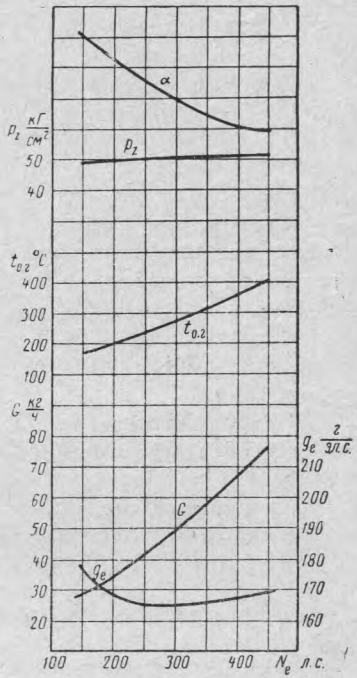


Рис. 47. Нагрузочная характеристика дизеля 6NVD 48

Нагрузочные характеристики, снятые при различных числах оборотов вала, т. е. при различных скоростных режимах работы дизеля, дают возможность определить наивыгоднейший эксплуатационный режим работы.

Нагрузочная характеристика дизеля 6NVD 48 изображена на рис. 47.

ГЛАВА X

КОНСТРУКЦИЯ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ, УЗЛОВ И СИСТЕМ ДИЗЕЛЕЙ

§ 56. ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ДЕТАЛЕЙ И СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЯ

Детали, узлы и системы, из которых состоит дизель, можно разделить на следующие основные группы:

1) главные неподвижные детали или остов дизеля: фундаментная рама, блок-картер, цилиндровые втулки и крышки цилиндров;

2) главные подвижные детали или кривошипно-шатунный механизм: поршни, шатуны и коленчатый вал с маховиком;

3) органы распределения: клапаны и их привод, распределительный вал, привод распределительного вала;

4) топливоподающая система: топливоподкачивающий насос, топливные фильтры, топливные насосы высокого давления, форсунки;

5) регулятор;

6) система управления: пусковое и реверсивное устройства;

7) система смазки;

8) система охлаждения;

9) система наддува у дизеля с наддувом.

§ 57. ГЛАВНЫЕ НЕПОДВИЖНЫЕ ДЕТАЛИ (ОСТОВ ДИЗЕЛЯ)

Фундаментная рама служит основанием дизеля и представляет собой цельную корытообразную конструкцию, состоящую из двух продольных балок, связанных поперечными перегородками. Раму устанавливают на судовой фундамент и крепят к нему болтами. Фундаментная рама несет нагрузку от веса дизеля и воспринимает усилия от давления газов и инерционных сил, действующих при работе дизеля.

В фундаментной раме укладывается коленчатый вал.

У большинства дизелей верхняя плоскость фундаментной рамы совпадает с плоскостью оси коленчатого вала и только у

наиболее мощных дизелей плоскость рамы находится выше оси вала для создания большей боковой опорной поверхности крышек рамовых подшипников.

Некоторые легкие (с малым удельным весом) дизели имеют подвесной коленчатый вал. В этом случае несущей опорой его подшипников служит верхний картер дизеля, а вместо рамы снизу сделан поддон, который не несет никаких нагрузок.

Фундаментные рамы тихоходных дизелей отливают из серого чугуна средней прочности марок СЧ 18-36 и СЧ 21-40 или выполняют сварной конструкции из стали.

На рис. 48 показана фундаментная рама дизеля 6NVD 48 с уложенным коленчатым валом.

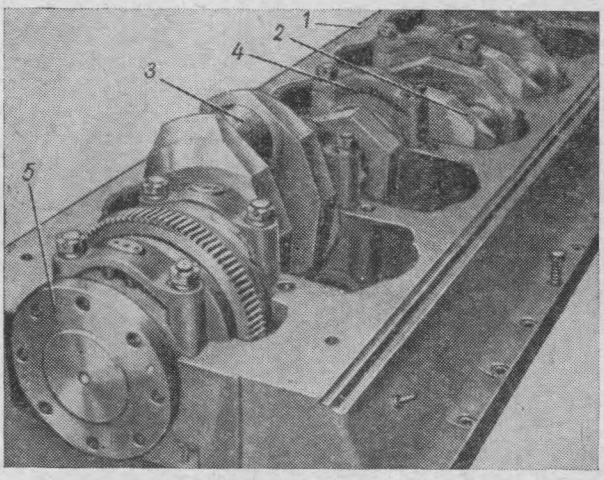


Рис. 48. Фундаментная рама дизеля 6NVD 48:
1 — фундаментная рама; *2* — коленчатый вал; *3* — шатунная шейка вала; *4* — крышка рамового подшипника; *5* — фланец коленчатого вала

Фундаментная рама дизеля 6ЧРП 25/34 изображена на рис. 49. Она опирается на судовой фундамент полками *1*, идущими с обеих ее сторон по всей длине. В этих полках рассверлены отверстия *2* для сорока четырех крепежных болтов, шестнадцать из которых являются призонными. Кроме того, на каждой полке имеются три резьбовых отверстия *3* для отжимных болтов, при помощи которых регулируют положение дизеля на фундаменте при центровке коленчатого вала с гребным. В поперечных перегородках *4* рамы размещены полукруглые постели, на которые укладываются вкладыши рамовых подшипников. По обеим сторонам гнезд рамовых подшипников расположены отверстия *5* для прохода анкерных связей.

В днище рамы заплавлена стальная труба *6*, служащая для подачи масла к рамовым подшипникам. Из этой трубы масло

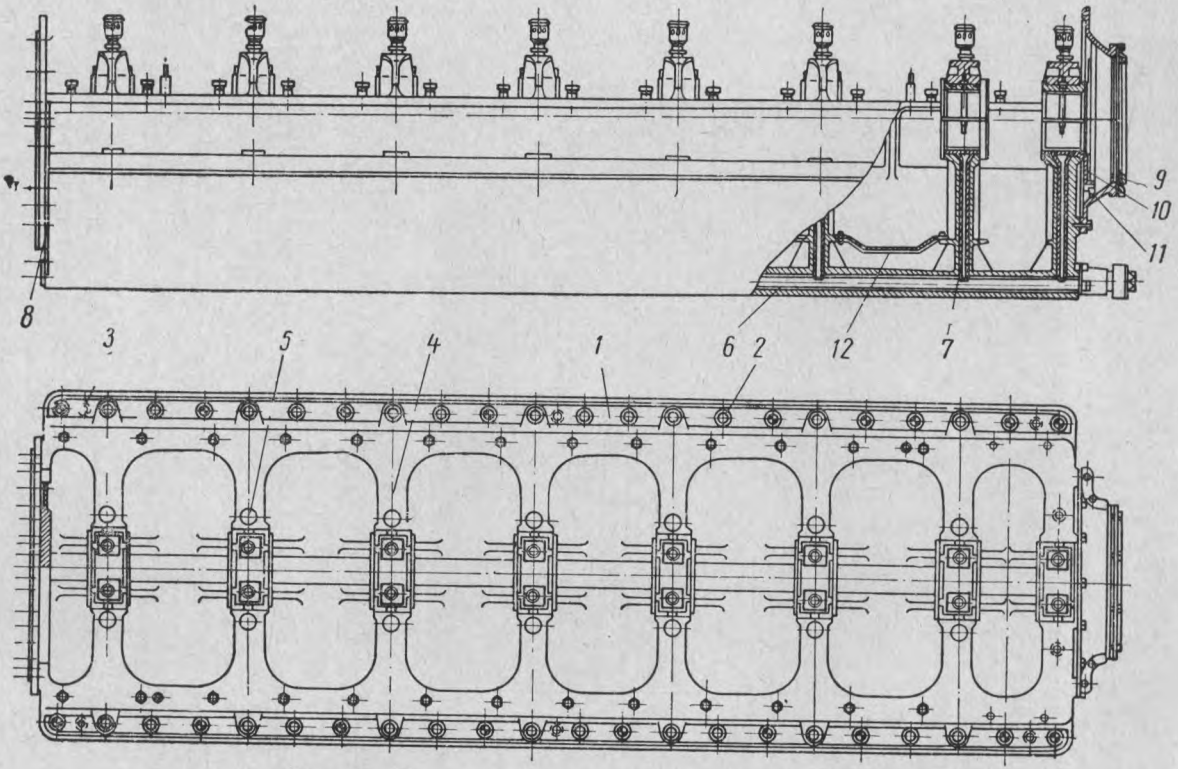


Рис. 49. Фундаментная рама дизеля 6ЧРП 25/34

поступает в медные трубки *7*, вставленные в вертикальные сверления поперечных перегородок.

Носовая часть рамы закрыта крышкой *8* с приливами для установки двух водяных и одного масляного насосов. К кормовой части рамы крепится кожух *9*, предназначенный для закрытия коленчатого вала. Маслоотражательное кольцо *10* и сальниковое уплотнение *11*, закрепленные на кожухе, исключают возможность утечки масла из рамы вдоль коленчатого вала.

На приливах поперечных перегородок рамы установлены сетчатые маслоуспокоители *12*, которые служат для гашения пены, образуемой маслом при работе дизеля.

У дизелей с подвесным коленчатым валом (3Д6, М50) коренные (рамовые) подшипники закреплены в перегородках верхнего картера.

На рис. 50 показан верхний картер дизеля 3Д6.

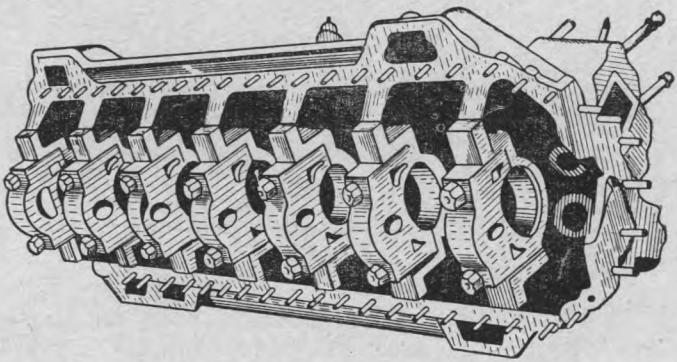


Рис. 50. Верхний картер дизеля 3Д6

Рамовые подшипники служат опорами коленчатого вала, который лежит в них своими рамовыми шейками и может в них вращаться. У большинства дизелей применяют подшипники скольжения. Некоторые быстроходные судовые дизели небольшой мощности имеют подшипники качения — роликовые или шариковые.

На рис. 51 показан рамовый подшипник дизеля 6S275L. Подшипник состоит из трех основных частей: нижнего *1* и верхнего *2* вкладышей и крышки подшипника *3* с деталями крепления. Вкладыши изготовлены из стали Ст. 2 и заплавлены баббитом Б83. Затылки нижних вкладышей плотно пригнаны к гнездам в раме, а верхних вкладышей — к гнездам в крышках. Вкладыши имеют на концах буртики *4*, препятствующие их перемещению вдоль оси. В верхнем или нижнем вкладыше имеется одно сквозное отверстие *5* для подвода масла из магистрали в подшипник. Крышки подшипников крепятся при помощи шпилек *6*, которые ввернуты в отверстия поперечных перегородок рамы. На шпильки сверху навертывают гайки и контргайки или

чаще всего корончатые гайки, стопорящиеся на шпильках разводными шплинтами. Подобное крепление крышек рамовых подшипников имеют большинство дизелей, в том числе дизели типа NVD 36, NVD 48 и др.

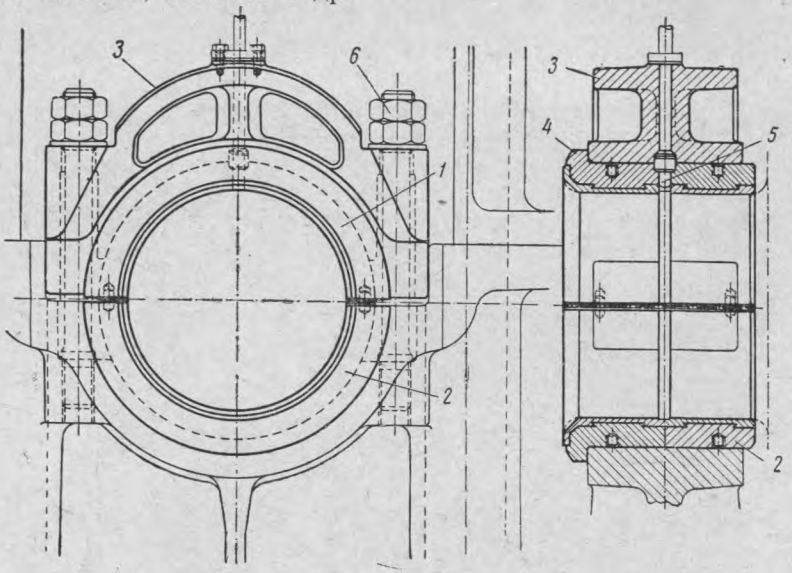


Рис. 51. Рамовый подшипник дизеля 6S275L

У дизелей 18Д и 6ЧРП 25/34 крышки рамовых подшипников крепятся при помощи домкратов (распорных устройств). Каждый из домкратов (рис. 52) состоит из нажимного винта *1* и нажимной гайки *2*. Винт *1* в верхней части имеет резьбу, а в нижней — шестигранник *3* и цилиндрическую упорную часть *4*. Гайка *2* имеет выпуклую головку *5*. Между гайкой *2* и перегородкой блока *6* помещается стальная проставка *7* со сферической поверхностью и центрирующим штифтом.

Гайки обоих домкратов стопорятся общей проволокой. Масло для смазки подшипников подается через штуцер, ввернутый в отверстие *8*. Отсюда оно через канал, имеющийся на затылке нижнего вкладыша, поступает по отверстию *9* в холодильники *10* и в канавку *11*, проходящую посередине по всей внутренней поверхности верхнего вкладыша.

Внутренняя поверхность вкладышей направлена антифрикционным сплавом — баббитом Б83.

Для прочного сцепления баббита на внутренней поверхности вкладышей имеются трапецеидальные канавки. С рабочей стороны баббит тщательно пришабрен по шейке вала.

У нагруженных быстроходных дизелей наибольшее удельное давление на поверхности подшипников превышает 250 *кг/см²*, поэтому в качестве антифрикционного металла применяют свин-

цовистую бронзу, представляющую собой сплав 70% бронзы и 30% свинца. Она хорошо сопротивляется большим давлениям и высоким температурам, но подвержена коррозии. Поэтому в качестве смазки у таких дизелей, как правило, применяют авиационное масло или дизельные масла с присадками.

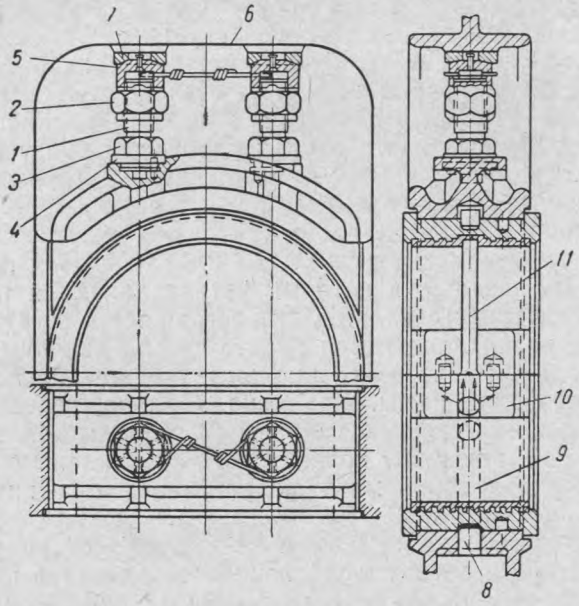


Рис. 52. Рамовый подшипник дизеля 18Д

Для образования слоя смазки между поверхностями шеек вала и вкладышей подшипников в последних должны быть зазоры. Величины зазоров в рамовых подшипниках приведены в табл. 8.

Для регулирования величины зазора в рамовых подшипниках с толстостенной баббитовой заплавкой в плоскости разъема вкладышей устанавливают прокладки. У дизелей с тонкостенными вкладышами прокладок не ставят, а при возрастании величины зазоров сверх допустимой вкладыши заменяют новыми.

При работе дизеля коленчатый вал нагревается и удлиняется в фундаментной раме. Для возможности некоторого перемещения коленчатого вала рамовые подшипники делают короче рамовых шеек.

Крайний со стороны маховика подшипник выполняют упорным. От остальных подшипников он отличается только тем, что заплавка антифрикционным металлом у него имеется также и с торцов вкладышей. Она образует опорные поверхности, в которые упираются галтели рамовой шейки вала.

Большинство современных дизелей малой и средней мощности, используемых на речных судах, имеют станины (картеры), выполненные за одно целое с блоком цилиндров (блок-картер), что обеспечивает компактность и жесткость конструкции. В качестве материала для блок-картеров используют чугун СЧ 18-36.

Блок-картер дизеля 6NVD 48 изображен на рис. 53. Он представляет собой отливку, разделенную поперечными стенками на части по числу цилиндров. В каждую такую часть блока вставляются цилиндровые втулки *1*. Между стенками блока и цилиндровыми втулками образуются полости водяного охлаждения *2*. Посадочные места втулок уплотнены внизу двумя резиновыми кольцами *3*, вверху — уплотнительными кольцами из красной меди, устанавливаемыми под опорный бурт *4*. С левой стороны блока находится площадка *5* для установки топливных насосов и механизма толкателей клапанов. Под площадкой расположены гнезда *6*, в которых устанавливаются подшипники распределительного вала. Блок разгружается от растягивающих усилий, возникающих при работе дизеля анкерными связями *7*, проходящими через специальные каналы блока и поперечные перегородки рамы. Два канала блока, через которые проходят анкерные связи, соединены со стороны топливных насосов трубами с впускным коллектором. Эти каналы служат для отсоса из картера паров масла, образующихся во время работы. Внизу блок-картера с боков имеются люки, закрываемые крышками *8* и *9*. В каждой крышке люка на стороне выпускного коллектора монтируются специальные клапаны *10*, которые предохраняют дизель от разрушения в случае взрыва паров масла в картере. Внизу блок-картер имеет перегородки с выемками *11*, расположенными против перегородок в фундаментной раме *12*. Благодаря этому обеспечивается доступ к рамовым подшипникам для их разборки и сборки.

Шпильки *14* — по шести на каждый цилиндр — служат для крепления крышек цилиндров к блоку.

Перепускные трубы *13* предназначаются для перепуска воды из зарубашечного пространства в крышки цилиндров.

В каждой крышке люков крепятся болтами по два цинковых протектора *15* для защиты поверхностей, омываемых водой, от разъедания.

У большинства дизелей цилиндры, как правило, охлаждаются водой. На рис. 54 показан разрез цилиндра с водяным охлаждением. В нижней части блока цилиндров имеется отверстие с фланцем для присоединения трубы, подводящей воду. В верхней части вода перетекает из полости охлаждения цилиндра на охлаждение цилиндровой крышки.

Цилиндровые втулки должны иметь необходимую прочность и износостойкость, так как подвергаются воздействию горячих газов и истиранию поршневыми кольцами. Их изготовляют из

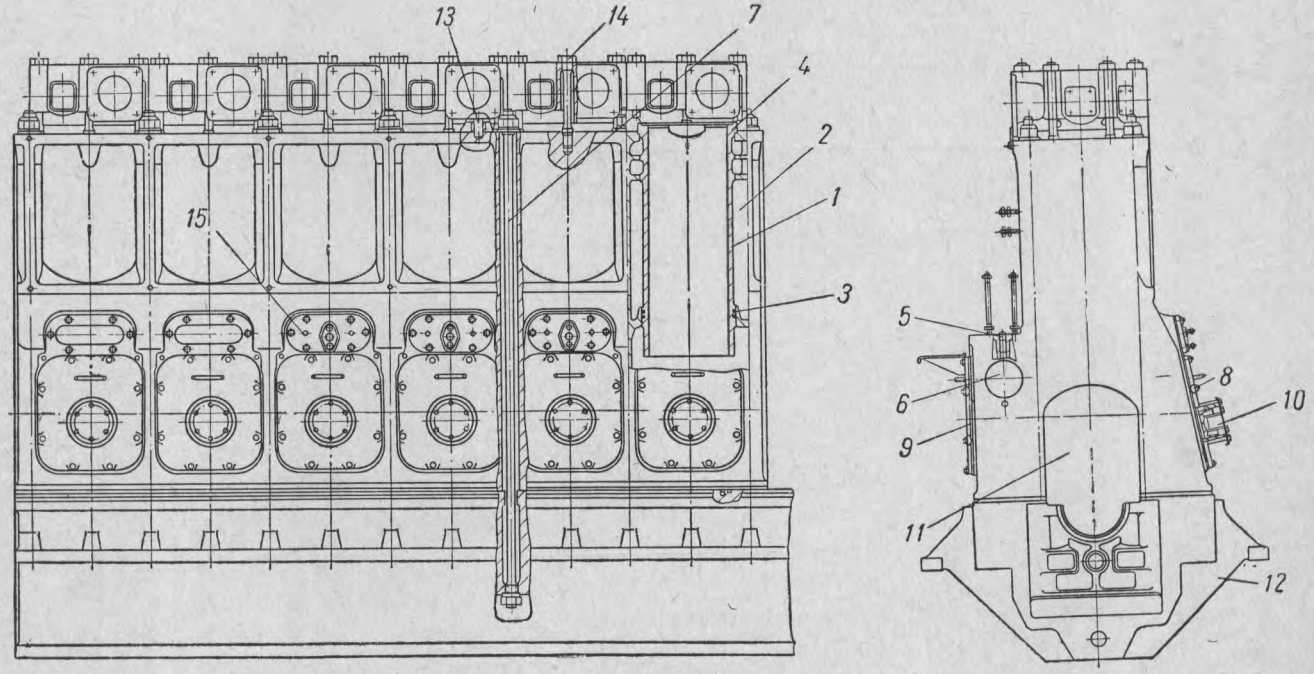


Рис. 53. Блок-картер дизеля 6NVD 48

чугуна СЧ 21-40, СЧ 28-48 и СЧ 24-44. Втулки (гильзы) цилиндров дизелей 3Д6 изготовляют из стали марки 38ХМЮА.

На рис. 55 изображена цилиндровая втулка дизеля типа NVD 48. Она имеет в верхней части опорный бурт *1*, которым опирается на поверхность выточки в блоке цилиндров. В верхней торцовой поверхности втулки проточена кольцевая канавка *2*, в которую входит бурт крышки цилиндра. Своими поясками *3* втулка с небольшим зазором входит в гнезда блока и предохраняется от радиального смещения. Средние пояски имеют вырезы для прохода охлаждающей воды в верхнюю часть зарубашечного пространства.

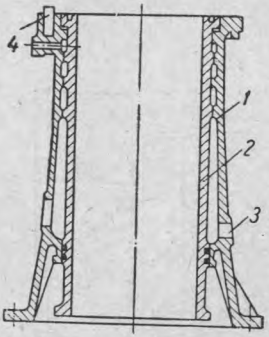


Рис. 54. Рабочий цилиндр дизеля с втулкой:

1 — блок цилиндров; *2* — цилиндровая втулка; *3* — отверстие для присоединения трубы, подводящей воду; *4* — отверстие для перепуска воды в цилиндровую крышку

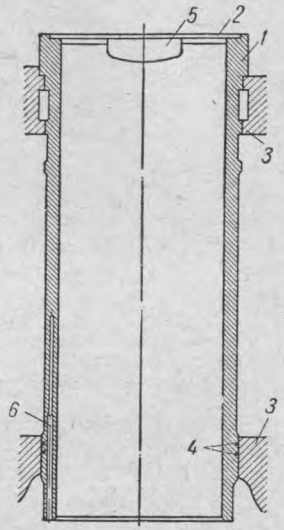


Рис. 55. Цилиндровая втулка дизеля 6NVD 48

Во избежание попадания воды в картер дизеля зарубашечное пространство в нижней части уплотняется двумя резиновыми кольцами, которые устанавливаются в кольцевые канавки *4* каждой втулки перед постановкой ее в блок. В верхней части втулки уплотнение достигается путем пришлифовки бурта *1* к поверхности блока цилиндров.

Для возможности открывания впускных и выпускных клапанов без задевания стенки цилиндровой втулки в верхней ее части выфрезеровывают соответствующие выемки *5*.

Рабочую поверхность втулки смазывают маслом, подводимым по двум трубкам от отдельного насоса—лубрикатора. Для этой цели в нижнем торце втулки сделано четыре вертикальных сверления *6* с выходом на рабочую поверхность втулки.

Правильная установка цилиндровых втулок в блоке контролируется с помощью установочных штифтов или проверяется по специальным отметкам на блоке и торце втулки.

У некоторых дизелей в нижней части цилиндровых втулок сделаны боковые вырезы, чтобы шатуны при своем качании не задевали за втулки.

Крышка цилиндра — одна из наиболее сложных и ответственных деталей дизеля — крепится к блоку цилиндров шпильками, ввернутыми в его тело.

Крышка цилиндра плотно закрывает цилиндр сверху и вместе с поршнем и стенками цилиндра образует камеру сгорания.

Во время работы дизеля на крышку действуют силы давления газов. Кроме того, крышка испытывает тепловые напряжения, так как с одной стороны она подвергается воздействию высоких температур, а с другой охлаждается водой.

Для тихоходных дизелей крышки изготовляют отдельно для каждого цилиндра. У дизелей 2Ч 10,5/13 и 4Ч 10,5/13 и других дизелей относительно небольшой мощности крышку делают общей на два цилиндра. Дизели 3Д6, М50 имеют крышку, общую для всех шести цилиндров. Такая крышка называется головкой блока.

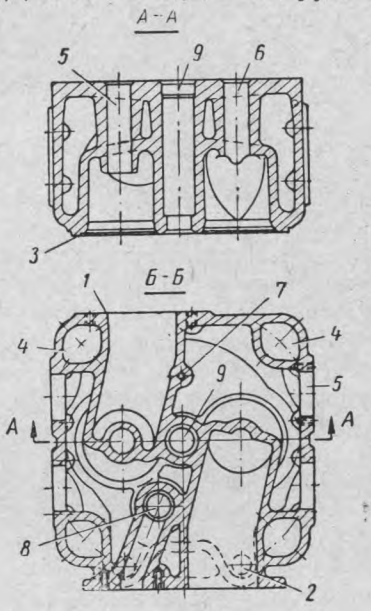


Рис. 56. Крышка цилиндра дизеля типа 8NVD 36

В крышке четырехтактных дизелей находятся впускные и выпускные, пусковые и предохранительный клапаны, а также форсунка. У дизелей с разделенными камерами сгорания в крышке, кроме того, находится предкамера или вихревая камера. В крышках двухтактных дизелей большинства типов впускные и выпускные клапаны отсутствуют. Клапаны в крышках могут быть только у двухтактных дизелей с прямоточной продувкой.

Крышки цилиндров отливают из чугуна СЧ 20-41, СЧ 21-40, СЧ 24-41 или СЧ 24-44 (ГОСТ 1412—54). Головки блока дизелей 3Д6 и М50 отливают из алюминиевого сплава.

У четырехтактных дизелей конструкция крышки зависит от числа клапанов. На рис. 56 изображен разрез крышки цилиндра дизеля типа 8NVD 36, имеющей два рабочих клапана.

Крышка представляет собой прямоугольную коробку с двумя приливами *1* и *2* для крепления впускного и выпускного кол-

лекторов. На фланец цилиндровой втулки крышка опирается буртом *3*. К блоку крышка крепится четырьмя шпильками с гайками, которые проходят через отверстия *4*.

Через приливы крышки проходят каналы для подвода воздуха к впускному клапану и выпуска отработавших газов из цилиндра через выпускной клапан. Боковые стенки крышки имеют лючки *5*, служащие для осмотра охлаждающей полости и очистки ее от накипи. Крышка цилиндра имеет пять сквозных вертикальных отверстий, в которые устанавливаются впускной клапан *5*, выпускной *6*, предохранительный *7*, пусковой *8* и форсунка *9*.

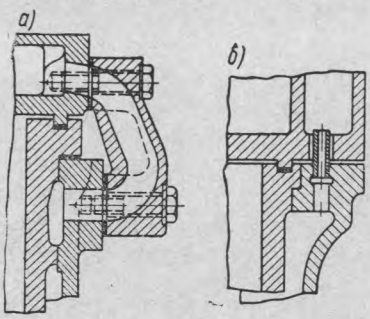


Рис. 57. Соединение водяных полостей цилиндра и крышки

Вода, охлаждающая крышку, поступает из блока цилиндров и отводится в зарубашечное пространство выпускного коллектора по перепускному патрубку.

Существуют различные конструкции соединения водяных полостей цилиндра и крышки цилиндра. Наиболее распространены конструкции, изображенные на рис. 57. В конструкции, показанной на рис. 57, *а*, вода поступает по переливному патрубку; в конструкции, показанной на рис. 57, *б*, водяные полости цилиндра и крышки соединяются при помощи трубки, уплотненной резиновым кольцом. Такое соединение сделано, например, у дизелей 3Д6.

Как указывалось выше, крышка вместе с поршнем и стенками цилиндра образует камеру сгорания. Тип камеры сгорания определяет конструкцию крышки и донышка поршня и оказывает большое влияние на процесс сгорания топлива в цилиндре дизеля. Камеры сгорания дизелей бывают неразделенные и разделенные. Кроме того, в последнее время получают применение полуразделенные камеры. Неразделенные камеры дают возможность непосредственно впрыскивать топливо. Одна из таких камер сгорания изображена на рис. 58. У неразделенных камер относительная поверхность, подвергающаяся охлаждению, меньше, чем у разделенных, что улучшает пусковые качества дизеля. Однако у большинства дизелей с неразделенными камерами давление распыливания топлива должно составлять 250—350 *кГ/см*^{2}. Это предъявляет высокие требования к качеству топливной аппаратуры.

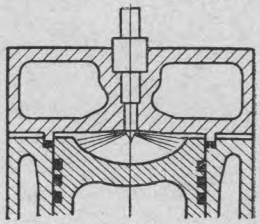


Рис. 58. Схема неразделенной камеры сгорания

К недостаткам этого вида камер сгорания следует также отнести и то, что вследствие неравномерного впрыскивания топлива в пространство камеры для полного сгорания топлива необходим значительный коэффициент избытка воздуха, равный 1,8—2,1.

При разделенных камерах возможно предкамерное и вихрекамерное смесеобразование.

При предкамерном смесеобразовании камера сгорания состоит из двух камер (рис. 59), объем которой составляет около 25—30% всего объема камеры сжатия, находится в крышке цилиндра и называется предкамерой. Она представляет собой стакан из жароупорной стали, вставляемый в крышку цилиндра. Вторая, или главная камера, представляет собой надпоршневое пространство, ограниченное днищем крышки цилиндра, донышком поршня и стенками цилиндра. Предкамера соединяется с главной камерой одним или несколькими каналами.

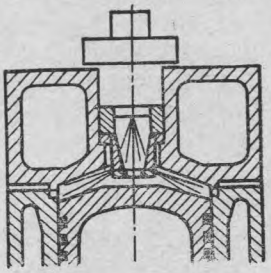


Рис. 59. Схема предкамеры

Топливо, впрыскиваемое форсункой в предкамеру, нагревается, хорошо перемешивается с воздухом и частично самовоспламеняется.

В результате сгорания части топлива давление в предкамере повышается и не сгоревшее топливо вместе с газами перетекает в главную камеру. При прохождении через каналы предкамеры не сгоревшие частицы топлива дополнительно распыливаются, интенсивно перемешиваются с воздухом и быстро сгорают.

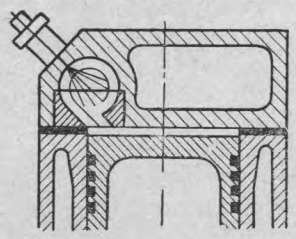


Рис. 60. Схема вихревой камеры

Таким образом, процесс сгорания топлива, начавшийся в предкамере, переносится и заканчивается в главной камере.

Предкамерное смесеобразование позволяет снизить давление топлива, подаваемого форсункой в предкамеру, до 100—150 *кг/см*^{2} и процесс сгорания происходит при пониженном коэффициенте избытка воздуха, равном 1,6—1,8.

Дизели с предкамерным смесеобразованием менее чувствительны к сорту топлива. Благодаря невысокому давлению распыливания топлива они менее требовательны к качеству топливной аппаратуры.

К недостаткам дизелей с предкамерным смесеобразованием относятся повышенный расход топлива в результате больших тепловых потерь в предкамере и низкие пусковые качества.

Для некоторого улучшения пусковых качеств в предкамер-

ных дизелях применяют высокие степени сжатия (16—18), а в предкамеры вставляют запальники, представляющие собой электрическую спираль накаливания, питающуюся от аккумуляторной батареи. Перед пуском дизеля спираль включают, она раскаливается и разогревает предкамеру.

При вихрекамерном смесеобразовании камера сгорания также состоит из двух камер (рис. 60).

Объем вихревой камеры достигает 50—80% суммарного объема камеры сгорания.

Процесс сгорания топлива в вихревой камере аналогичен описанному выше для предкамеры.

Особенность вихревой камеры заключается лишь в том, что она соединяется с камерой сгорания в цилиндре горловиной, направленной по касательной к поверхности вихревой камеры. Это обеспечивает сильное завихрение воздуха при входе в камеру и газов при выходе из камеры и лучшее сгорание топлива.

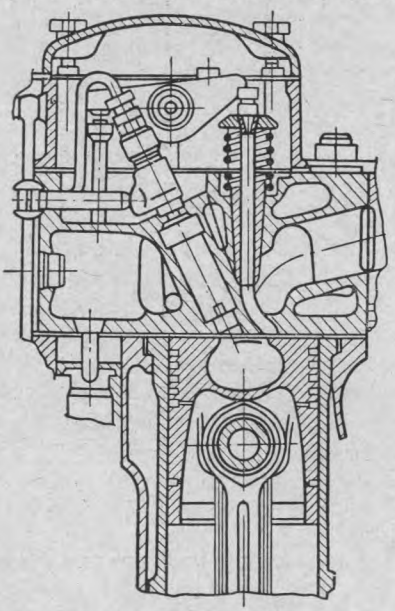


Рис. 61. Схема камеры ЦНИДИ

Дизели с вихревой камерой имеют те же преимущества и недостатки, что и дизели с предкамерой.

К полуразделенным камерам относится камера ЦНИДИ, которая в основном размещена в донышке поршня. В этой камере топливо через многодырчатый распылитель форсунки подается непосредственно на стенки камеры в поршне, вблизи ее горловины, растекается тонким слоем по горячим стенкам и образует тонкую поверхностную пленку, подвергающуюся испарению.

В небольшом количестве топливо распыливается в воздушном объеме камеры и воспламеняется еще до того, как достигнет поверхности камеры. Интенсивное перетекание воздуха из цилиндра в камеру поршня, которое наблюдается в конце такта сжатия, создает хорошие условия для перемешивания воздуха с топливом. Происходит так называемое объемно-пленочное смесеобразование.

Процесс сгорания топлива при этом позволяет получить малую скорость нарастания давления, т. е. мягкий характер рабо-

ты дизеля и снизить удельный расход топлива. Кроме того, такая камера улучшает пусковые качества дизеля.

На рис. 61 показана камера ЦНИДИ в дизеле типа 6Ч 12/14. Такая же камера применяется в дизелях типа Ч 18/22 и некоторых других.

§ 58. ГЛАВНЫЕ ПОДВИЖНЫЕ ДЕТАЛИ (КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ)

Кривошипно-шатунный механизм предназначается для преобразования возвратно-поступательного движения поршня во вращательное движение коленчатого вала.

К кривошипно-шатунному механизму относятся: поршень с пальцем и кольцами, крейцкопф и поршневой шток (у крейцкопфных дизелей), шатун и коленчатый вал.

Все современные дизели малой и средней мощности не имеют крейцкопфа. Эти дизели называются *бескрейцкопфными*, или *тронковыми*.

Поршень воспринимает усилие от давления газов и через шатунный механизм передает его коленчатому валу. Кроме того, поршни тронковых дизелей воспринимают боковое давление, возникающее при наклонном положении шатуна, и передают его стенкам цилиндра. Головка поршня также подвергается воздействию высоких температур, развивающихся в процессе сгорания топлива.

Поршни тихоходных дизелей изготовляют из чугуна СЧ 22-44 или СЧ 28-48, а быстроходных — из алюминиевого сплава Л1, Л2, АК4 и АК2.

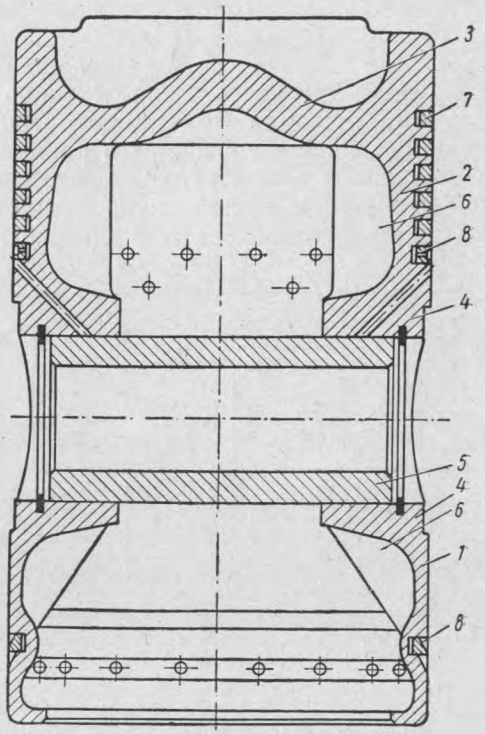


Рис. 62. Поршень дизеля 6S275L:
1 — тронк (юбка) поршня; *2* — головка поршня; *3* — днище поршня; *4* — бобышки; *5* — поршневой палец; *6* — ребра жесткости; *7* — компрессионные кольца; *8* — маслосъемные кольца

Поршень дизеля 6S275L изображен на рис. 62. Он состоит из цилиндрической части, называемой *тронком*, или *юбкой*,

и верхней части, называемой головкой. На внутренней части тронка находятся два прилива — бобышки, предназначаемые для установки поршневого пальца. Наружный профиль днища головки выполнен соответственно конфигурации камеры сгорания.

Для уплотнения зазоров на головке поршня имеются пружинящие компрессионные кольца, а для сбрасывания со стенок цилиндра излишнего масла — маслосъемные кольца.

Для обеспечения подвижности в рабочем цилиндре и во избежание «заедания» при расширении от нагревания поршни устанавливают в цилиндрах дизеля с зазором. Учитывая различную степень нагрева, а следовательно, и различное расширение поршня по высоте при его нагревании, зазоры между поршнем и цилиндровой втулкой по высоте делают разной величины. Так как головка поршня во время работы двигателя нагревается больше, чем тронк, то и зазор между цилиндровой втулкой и головкой поршня делают больше, чем между тронком и втулкой. Это достигается обточкой головки по всей высоте на диаметр, меньший, чем диаметр тронка, или обточкой головки на конус, начиная с нижнего кольца.

Величины диаметральных зазоров между цилиндровой втулкой и поршнем для различных типов дизелей, рекомендуемые заводами-изготовителями, приведены в табл. 5.

Место замера зазора по поршню	Марки						
	18Д		4ЧРП 25/34	4ДР 30/50, 6ДР 30/50	6S275L, 6L275R/II, 6L275	6L275-PN	8NVD 36
	Алюминиевый поршень	Чугунный поршень					
Головка	—	1,7—1,85 / 3,5—4,0	—	—	1,5 / 3,0—4,5	1,5—1,65 / 2,5	1,6—2,04 / —
Тронк (юбка)	0,38—0,47 / 1,15	0,25—0,31 / 1,1	0,20-0,285 / 1,0	0,20—0,45 / 1,0	0,28 0,30 / 0,9—1,0	0,2—0,28 / 0,5	—

Примечание. В числителе указаны монтажные зазоры, в знаменателе — предельно допустимые зазоры.

Во время работы тронк поршня под действием боковой составляющей силы давления газов прижимается к втулке то одной, то другой стороной. Величина рабочей поверхности, которой тронк опирается на втулку, обычно соответствует углу окружности тронка примерно до 90° (рис. 63). Два других участка поверхности тронка, расположенные в направлении оси пальца, в передаче боковых усилий не участвуют. Однако, если концы пальца входят в бобышки поршня плотно, с натягом, а при работе палец нагревается, то в направлении его оси тронк может деформироваться больше, чем в перпендикулярном на-

правлении. Таким образом, в этом месте во время работы двигателя зазор может быть выбран, и поршень будет задевать за втулку. Чтобы избежать этого, участки *1* и *2* (см. рис. 63) в районе бобышек сшлифовывают на глубину 0,15—0,30 *мм*.

Чтобы силы инерции, возникающие при движении поршней, были одинаковы для всех цилиндров, поршни многоцилиндровых двигателей должны иметь один и тот же вес.

Для подгонки поршней по весу внизу, внутри тронка поршня, имеется поясок, который можно стачивать.

Поршневые кольца подразделяются на компрессионные и маслосъемные. Первые из них препятствуют прорыву газов между цилиндровой втулкой и поршнем, а вторые проникновению масла в камеру сгорания.

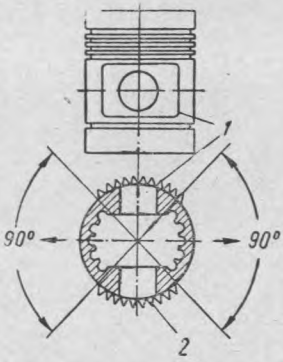


Рис. 63. Эскиз передачи боковых давлений на стенки цилиндра

Компрессионные кольца — весьма ответственная деталь; от их состояния зависит мощность дизеля, экономичность его работы и степень износа рабочей поверхности цилиндра.

Формы сечений поршневых колец приведены на рис. 64.

Таблица 5

дизелей								
6NVD 48, 8NVD 48	8NVD 48A	4NVD 24	3Д6	6ЧСП 12/14	6ЧСП 18/22	6L160PNS	6NVD 26	4Ч 10,5/13
1,45—2,00 / 4,5	2,15—2,31 / —	0,8—1,04 / —	1,21—1,30 / —	—	—	0,85—0,90 / 2,05	0,5—1,0 / 2,0	—
0,25—0,34 / 1,2	0,55—0,60 / —	0,16—0,18 / —	—	0,35-0,435 / 0,85	0,2—0,3 / 0,7	0,20—0,25 / 0,85	0,16—0,20 / 1,0	0,5—0,558 / 0,7

Число компрессионных колец бывает от 3 до 6, причем большее количество колец применяется на поршнях тихоходных дизелей, а меньшее — на поршнях быстроходных дизелей.

Маслосъемных колец бывает от 1 до 3. Если имеется 2 или 3 маслосъемных кольца, то одно из них устанавливают под компрессионными кольцами, а 2 в нижней части тронка.

У некоторых дизелей (6ЧРП 25/34, 6ЧСП 18/22 и др.) в канавках для маслосъемных колец устанавливают по два кольца.

Кольца должны плотно, без просветов, прилегать к рабочей поверхности цилиндра и нижней торцовой поверхности канав-

ки. Разрезы в кольцах называются замками; они должны быть минимальными и обеспечивать только свободное удлинение при нагревании. Величины зазоров (в *мм*) в замках поршневых колец, рекомендуемые заводами-изготовителями дизелей, приведены в табл. 6.

Распространенные конструкции замков поршневых колец трех типов изображены на рис. 64.

У тихоходных дизелей кольца делают с косыми или ступенчатыми замками, а у быстроходных — с прямыми. Это объясняется тем, что у быстроходных дизелей благодаря быстроте протекания процесса газы не успевают проникать через стыки, а изготовление таких колец проще.

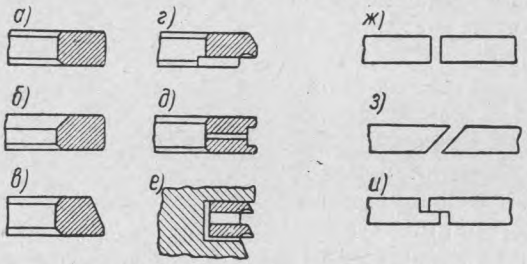


Рис. 64. Формы сечения поршневых колец: *а, б* — сечение компрессионных колец; *в, г, д, е* — сечение маслосъемных колец; *ж* — прямой замок; *з* — косой замок; *и* — ступенчатый замок

Кольца на поршне должны быть установлены так, чтобы их стыки не находились на одной прямой линии. У двухтактных дизелей стыки поршневых колец не должны находиться против впускных и продувочных окон, так как они могут задеть за них концами и поломаться.

Зазор по высоте между поршневым кольцом и торцовой поверхностью канавки у четырехтактных дизелей должен обеспечивать свободное тепловое расширение кольца во избежание его заклинивания и снижать вредное влияние явления, называемого «насосным действием» поршневых колец. Это явление заключается в том, что во время такта пуска кольца прижимаются к верхней торцовой поверхности канавок, а при такте сжатия, во время хода поршня вверх, — к нижней поверхности (рис. 65), т. е. поршневые кольца работают, как насос, нагнетая масло в камеру сгорания.

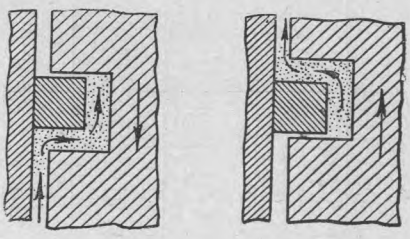


Рис. 65. Схемы «насосного действия» компрессионных колец

У двухтактных дизелей «насосное действие» поршневых колец не наблюдается, так как при всех ходах поршня они бывают нагружены сверху и прижаты к нижней торцовой поверхности канавки. Поэтому у двухтактных дизелей кольца устанавливают с бóльшим зазором, чем у четырехтактных (порядка

Таблица 6

Зазор	Марки дизелей											
	18Д		6ЧРП 25/34	4ДР 30/50, 6ДР 30/50	6S275L, 6L275RT/II, 6L275	8NVD 36	6NVD 48, 8NVD 48	3Д6	6ЧСП 12/14	6ЧСП 18/22	6L160PNS	4Ч 10,5/13
	Чугунный поршень	Алюминиевый поршень										
В замке поршневого кольца	1,35—1,90 10	—	1,2—1,4 7,0	2,0—3,0 8,0	1,4—1,5 9,0	1,0—1,5 4,0	1,65—1,75 5,0	0,78—1,2 —	0,4—0,8 2,5	1,1—1,3 3,0	0,4—0,6 1,8	0,2—0,5 2,5
Между поршневым кольцом и канавкой по высоте:												
первого	0,1—0,15 0,26	0,15—0,20 0,35	0,16—0,22 0,50	0,28—0,35 0,50	0,15—0,18 0,30	0,03—0,08 0,25	0,08—0,14 0,25	0,11—0,17 —	0,12—0,17 0,35	0,12—0,17 0,3	0,06—0,11 0,20	0,08—0,12 0,2
второго	0,1—0,13 0,26	0,15—0,20 0,35	0,16—0,22 0,50	0,28—0,35 0,50	0,12—0,15 0,28	0,06—0,08 0,25	0,08—0,14 0,25	0,10—0,14 —	0,14—0,18 0,40	0,12—0,17 0,3	0,06—0,11 0,20	0,06—0,10 0,2
третьего	0,07—0,1 0,2	0,12—0,15 0,33	0,07—0,12 0,30	0,2—0,27 0,50	0,06—0,09 0,20	0,03—0,06 0,25	0,05—0,08 0,20	0,07—0,11 —	0,07—0,12 0,30	0,09—0,14 0,3	0,06—0,11 0,20	0,04—0,08 0,2
четвертого	0,07—0,1 0,2	0,12—0,15 0,33	0,07—0,12 0,30	0,10—0,17 0,40	0,06—0,09 0,20	0,03—0,06 0,25	0,05—0,08 0,20	—	—	0,09—0,14 0,3	0,06—0,11 0,20	—
пятого	0,07—0,1 0,2	0,12—0,15 0,33	0,07—0,12 0,30	0,10—0,17 0,40	0,06—0,09 0,20	—	—	—	—	—	—	—
первого маслосъемного	0,05—0,08 0,2	0,08—0,12 0,31	0,05—0,096 0,30	0,07—0,14 0,30	0,06—0,09 0,20	0,03—0,06 0,25	0,05—0,08 0,20	0,06—0,10 —	0,06—0,11 0,30	0,09—0,18 0,35	0,08—0,13 0,75	0,02—0,75 0,15
второго маслосъемного	0,05—0,08 0,2	0,08—0,12 0,31	0,05—0,096 0,30	—	0,06—0,09 0,20	0,03—0,06 0,25	0,05—0,08 0,20	0,03—0,07 —	0,6—0,11 0,30	0,09—0,18 0,35	0,08—0,13 0,25	—

Примечание. В числителе указаны монтажные зазоры, в знаменателе — предельно допустимые зазоры.

0,3—0,5 *мм*), что способствует сохранению подвижности кольца в канавке даже при отложении нагара.

Величины зазоров по высоте между кольцами и канавкой приведены в табл. 6.

Маслосъемные кольца снимают масло со стенок цилиндра и отводят его через отверстия в стенках поршня в картер дизеля. Схема действия маслосъемного кольца изображена на рис. 66. Верхняя фаска кольца при движении его вверх (рис. 66, *а*) образует масляный клин, распределяющий масло по стенкам цилиндра. При ходе поршня вниз (рис. 66, *б*) маслосъемное кольцо острой нижней кромкой соскабливает лишнее масло со стенок.

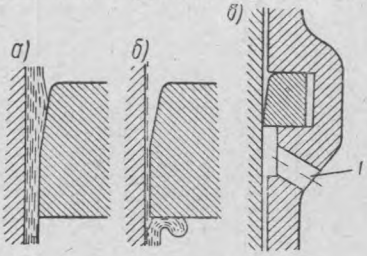


Рис. 66. Схема действия маслосъемных колец

Для отвода масла канавки маслосъемных колец имеют отверстия *1* (рис. 66, *в*).

Поршневые кольца изготовляют из чугуна марок СЧ 27-40, СЧ 24-44 и СЧ 28-48.

Структура металла кольца должна быть такой, чтобы обеспечивались его хорошие антифрикционные и механические качества (твердость и упругость).

Наибольшему износу подвергается первое кольцо. Это объясняется тем, что кольца прижимаются к стенке цилиндра не только силами упругости, но и силами давления газов, проникающих через зазор между кольцом и торцовой поверхностью канавки. На верхнее же кольцо силы давления газов действуют в большей степени, чем на другие.

Для повышения износостойкости поршневых колец и уменьшения износа рабочей поверхности цилиндра цилиндрическую поверхность двух верхних компрессионных колец покрывают пористым хромом, который наносят гальваническим путем слоем 0,1—0,2 *мм*. Масло аккумулируется в порах хрома, что улучшает смазку трущихся поверхностей, а сам хром повышает твердость поверхности кольца и увеличивает их износостойкость в 2,5—3 раза.

Поршневые пальцы шарнирно соединяют поршень с верхней головкой шатуна. Воспринимая усилия от поршня, имеющие ударный характер, и передавая их шатуну, палец работает на изгиб и износ. В связи с этим материал пальца должен быть вязким и в то же время его трущаяся поверхность во избежание быстрого изнашивания должна отличаться высокой твердостью. Поэтому пальцы изготовляют из мягкой стали с малым содержанием углерода (0,20—0,15%) или из легированной стали. Поверхность пальца цементируют (на глубину 2 *мм*) и закаливают.

Палец имеет цилиндрическую форму; для снижения веса его делают пустотелым. Все современные дизели, эксплуатируемые на речном флоте, имеют пальцы, которые могут свободно перемещаться при работе как во втулке верхней головки шатуна, так и в бобышках поршня, благодаря чему достигается равномерный износ пальца по всей длине. Такие пальцы называются плавающими.

В поршнях, отлитых из алюминиевого сплава (дизели 18Д), иногда вставляют в бобышки и стопорят бронзовые втулки, в которых палец может свободно перемещаться.

Чтобы предотвратить осевое перемещение плавающего пальца, при котором могут произойти задиры рабочей поверхности втулки цилиндра, применяют ограничители, устанавливаемые с торцов пальца.

Плавающие пальцы стопорят при помощи двух стальных колец, вставляемых в выточки в бобышках поршня (рис. 67), или двух грибков, изготовленных из мягкого металла (алюминиевого сплава) и вставляемых с торцов в отверстия пальца (дизель 3Д6).

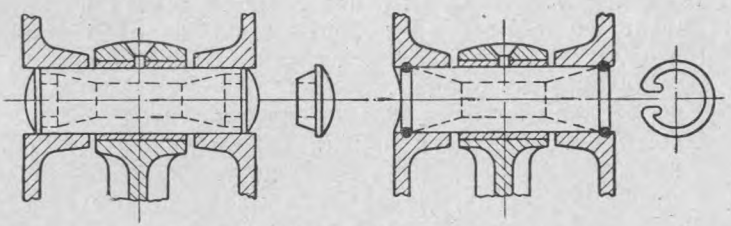


Рис. 67. Замки поршневых пальцев

Мягкий металл, скользя по рабочей поверхности втулки цилиндра, не оставляет царапин.

Зазоры (в *мм*) в сопряжениях поршневого пальца, рекомендуемые заводами-изготовителями дизелей, приведены в табл. 7.

Шатун соединяет поршень с коленчатым валом и предназначается для передачи усилия от поршня к коленчатому валу. Показанный на рис. 68 шатун дизеля 18Д состоит из стержня (тела шатуна), верхней и нижней головок.

В зависимости от величины напряженности дизеля шатуны изготовляют из сталей 35, 40, 40ХН, 40ХФА, 18ХНВА и 40ХНВА.

Стержни шатунов выполняют круглого сечения (дизели 18Д, 6ЧРП 25/34, типа NVD 48, NVD 36 и др.). Двутавровое сечение имеют стержни шатунов дизелей типа 6L275, 6ЧСП 18/22, 3Д6 и др. Для подвода смазки к головному подшипнику вдоль оси стержня шатуна просверливают канал. Исключение составляют шатуны дизелей типа 6L275 «Шкода», у которых масло для смазки головного подшипника подводится по трубе, укрепленной на стержне шатуна.

Зазор	Марки							
	18Д	6ЧРП 25/34	4ДР 30/50, 6ДР 30/50	6S275L, 6L275Rr/II	6L275 PN	8NVD 36	8NVD 36A	6NVD 48, 8NVD 48
В головном подшипнике:								
монтажный	0,09—0,14	0,10—0,12	0,16—0,25	0,12	0,12—0,16	0,09—0,11	0,11—0,13	0,09—0,14
предельный	0,30	0,25	0,5	0,18	0,25	0,35	—	0,25
Между отверстиями в бобышке и поршневым пальцем:								
монтажный	0,00—0,03	0,01—(—0,04)	0,0—(—0,02)	0,0—0,05	—	0,00—(—0,04)	(—0,04)—(—0,06)	(0,01)—(—0,04)
предельный	0,15	0,15	0,5	0,15	—	0,1	—	0,1

Верхнюю головку шатуна выполняют неразъемной и в нее вставляют бронзовую втулку (у дизелей 18Д, 6ЧРП 25/34, 6ЧСП 18/22 и др.). У дизелей типов NVD 48, NVD 36, 6L275 эти втулки стальные, с рабочей поверхностью, залитой свинцовистой бронзой. В настоящее время втулки дизелей типа 6L275 изготовляют целиком из бронзы.

Смазка верхней головки шатуна производится так.

На внешней поверхности втулки верхней головки шатуна имеется круговая канавка, в которую поступает масло из сверления в стержне шатуна. Из канавки масло по отверстиям во втулке поступает в холодильники, выфрезерованные на внутренней цилиндрической поверхности втулки и затем в зазор между поршневым пальцем и втулкой.

Для свободного разбега подшипника и вытекания из него масла при работе дизеля между торцовыми поверхностями втулки и бобышек поршня оставляют зазор 0,5—0,9 *мм*.

Нижние головки шатунов выполняют отъемными (дизели типов ДР 30/50, 6L275, NVD 48, NVD 36 и др.); верхняя крышка нижней головки шатуна может также выполняться как одно целое с его стержнем (дизели 18Д, 6ЧРП 25/34, 6ЧСП 18/22 и др.). Отъемную нижнюю головку шатуна тщательно центрируют по отношению к его стержню, для чего пятка шатуна имеет центрирующий выступ.

В крышки нижней головки шатуна вставляют два стальных вкладыша. Рабочая поверхность этих вкладышей покрыта баббитом (у дизелей 6ЧРП 25/34, 6ЧСП 18/22 и др.) или свинцовистой бронзой (у быстроходных дизелей). У некоторых дизелей вкладышей в шатунных подшипниках нет, а баббит заливают непосредственно на внутреннюю полуцилиндрическую поверхность верхней и нижней крышек нижних головок шатунов (у дизелей типа 6L275, NVD 48, NVD 36 и др.).

Таблица 7

дизелей

8NVD48A	3Д6	4NVD24	6ЧСП 12/14	6ЧСП 18/22	6L160PNS	6NVD26	4Ч 10,5/13
0,11—0,13	0,05—0,08	0,05—0,07	0,03—0,05	0,07—0,11	0,05—0,08	0,08—0,12	0,02—0,06
—	0,2	0,15	0,20	0,2	0,12	0,25	0,12
(—0,043)—(—0,65)	(—0,001)—(—0,028)	(—0,01)—(—0,02)	—	—	(—0,025)—(0,000)	0,10—0,15	(0,01)—(—0,01)
—	—	—	—	—	0,10	0,30	0,05

У дизеля 18Д нижняя крышка нижней головки шатуна вкладыша не имеет и заливка баббитом производится по телу рабочей части нижней крышки.

Между поверхностями шатунных шеек коленчатого вала и вкладышей нижних головок шатунов устанавливают масляный зазор. Величины зазоров (в *мм*) в рамовых и шатунных подшипниках коленчатого вала различных типов дизелей приведены в табл. 8. В результате износа внутренней поверхности вкладыша и шатунной шейки зазор между ними увеличивается. Для регулирования этого зазора в процессе эксплуатации в стыках между половинками нижней головки шатуна у некоторых тихоходных дизелей имеется набор прокладок.

Шатунные подшипники быстроходных дизелей прокладок в стыках между половинками вкладышей не имеют. При достижении предельно допустимого зазора вкладыш целиком заменяют другим, имеющим меньший внутренний диаметр.

У некоторых быстроходных дизелей (3Д6, типа Ч 10,5/13) нижняя головка шатуна имеет косой разъем для уменьшения ширины головки при снятой нижней крышке. Это дает возможность вынуть поршень с шатуном вверх через рабочий цилиндр.

Нижнюю крышку шатунного подшипника соединяют с верхней и пяткой шатуна (если нижняя головка отъемная) или с телом шатуна при помощи шатунных болтов или шпилек. Шпильки, как менее надежные, применяют только у шатунов дизелей небольшой мощности. Шатунные болты относятся к числу ответственных деталей дизеля. Разрыв шатунного болта вызывает крупную аварию. Для увеличения прочности шатунных болтов их изготовляют специальной формы из хромоникелевых сталей 37ХН3А, 40ХН и 30ХН3А. Устанавливают болты с плотной посадкой в отверстиях головок шатунов.

Коленчатый вал — одна из наиболее ответственных и дорогостоящих деталей дизеля. Он воспринимает усилия от давления газов и инерции возвратно движущихся и вращающихся частей, которые вызывают значительные изгибающие и скручивающие напряжения. Периодически изменяющиеся крутящие моменты

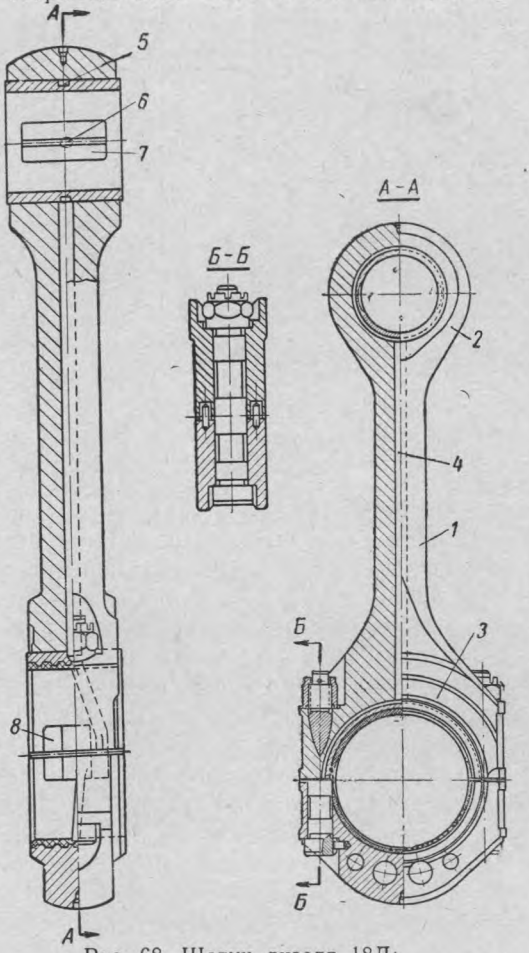


Рис. 68. Шатун дизеля 18Д:

1 — стержень; *2* — верхняя головка; *3* — нижняя головка; *4* — сверление для подвода смазки к головному подшипнику; *5* — круговая канавка для подвода смазки; *6* — отверстия для поступления масла в холодильник; *7* и *8* — холодильники

вызывают крутильные колебания коленчатого вала, которые при определенных условиях приводят к появлению дополнительных напряжений кручения.

Коленчатый вал состоит из ряда колен, по числу цилиндров дизеля, соединяемых рамовыми (коренными) шейками (рис. 69).

Таблица 8

Марки дизелей	Зазоры в подшипниках			
	рамовом		шатунном	
	монтажный	предельно допустимый при эксплуатации	монтажный	предельно допустимый при эксплуатации
18Д	0,08 - 0,12	0,24	0,08—0,12	0,24
6ЧРП 25/34	0,10—0,12	0,30	0,10—0,12	0,30
4ДР 30/50, 6ДР 30/50	0,15—0,20	0,40	0,15—0,20	0,40
6S275L, 6L275Rr, 6L275	0,18—0,20	0,24	0,16—0,20	0,23
6L275Rr-PN	0,13—0,18	0,30	0,14—0,18	0,35
8NVD 36	0,06—0,09	0,30	0,06—0,09	0,30
8NVD 36A	0,06—0,08	0,24	0,06—0,08	0,24
6NVD 48 и 8NVD 48	0,12—0,17	0,30	0,11—0,17	0,26
8NVD 48A	0,12—0,15	0,26	0,10—0,13	0,24
3Д6 (чугунный картер)	0,11—0,15	—	0,07—0,11	—
3Д6 (алюминиевый картер)	0,08—0,12	—	0,07—0,11	—
6ЧСП 12/14	0,11—0,17	0,25	0,09—0,148	0,25
4NVD 24	0,06—0,08	0,12	0,05—0,07	0,12
6ЧСП 18/22	0,10—0,12	0,25	0,08—0,10	0,25
6L160PNS	0,08—0,12	0,22	0,13—0,18	0,28
6NVD 26	0,06—0,08	0,14	0,05—0,07	0,14
4Ч 10,5/13	0,08 - 0,155	0,30	0,05 - 0,135	0,30
4С160	0,08—0,10	—	0,10—0,12	—

Своими рамовыми шейками коленчатый вал лежит в рамовых подшипниках, а его шатунные шейки сочленяются с нижними головками шатунов (шатунные подшипники).

Коленчатые валы тихоходных дизелей изготовляют из стали 35, 40, 45, 50 или Ст. 5, быстроходных дизелей — из особо качественных сталей марок 30ХМА, 18ХНВА.

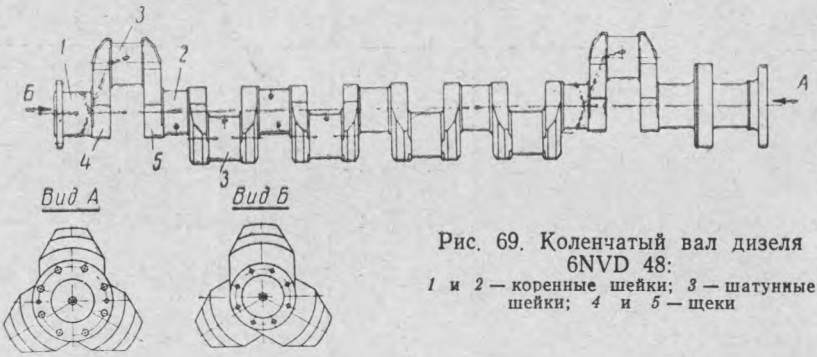


Рис. 69. Коленчатый вал дизеля 6NVD 48:
1 и *2* — коренные шейки; *3* — шатунные шейки; *4* и *5* — щеки

Для повышения износостойкости рабочие поверхности шеек коленчатого вала подвергают поверхностной закалке токами высокой частоты.

С целью уменьшения веса коленчатого вала шейки его часто выполняют пустотелыми. В этом случае отверстия в шейках закрывают заглушками, плотно притягиваемыми к опорным поверхностям щек стяжными болтами. Полости рамовых и шатунных шеек сообщаются через сверления в щеках вала.

Если шейки вала не полые, масло подводится к каждому рамовому (коренному) подшипнику, откуда оно поступает к шатунным подшипникам по наклонным сверлениям, проходящим в теле вала.

Щеки вала имеют различную форму: прямоугольную, шестигранную, овальную и круглую. Более рациональна в отношении веса, прочности и равномерного распределения напряжений овальная форма щеки, но она более сложна в обработке.

Для снижения местных напряжений переходные скругления (галтели) между шейками и щеками выполняют по плавной кривой с возможно бо́льшим радиусом.

Обычно коленчатый вал с одного конца заканчивается фланцем, служащим для крепления к нему маховика, а на другой его конец насаживается шестерня для передачи движения распределительному устройству.

§ 59. МЕХАНИЗМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Механизм распределения предназначен для управления процессами наполнения рабочих цилиндров свежим воздухом, очи-

стки их от отработавших газов, обеспечения открытия и закрытия пусковых клапанов, а также подачи топлива в цилиндры в необходимые моменты.

Все четырехтактные дизели имеют клапанное распределение впуска и выпуска. У этих дизелей заполнение рабочих цилиндров свежим воздухом и очистка их от отработавших газов производится через впускные и выпускные клапаны, установленные в крышках цилиндров.

Двухтактные дизели типа ДР 30/50, установленные на речных судах, имеют щелевое распределение. Продувка и выпуск производятся через окна (щели) во втулке цилиндра. Окна открываются и закрываются рабочим поршнем, который таким образом одновременно служит распределительным органом.

Механизм распределения четырехтактных дизелей состоит из впускных, выпускных и пусковых клапанов, механизма привода клапанов, механизма привода топливных насосов, распределительного вала и привода к распределительному валу.

На рис. 70 показан впускной клапан. Основными деталями узла клапана служат клапан, состоящий из штока (стержня) *1*, тарелки *2*, гнезда *3*, на которое садится тарелка клапана, направляющей втулки *4*, запрессованной в крышку цилиндра, пружины *5* и опорной тарелки *6* пружины.

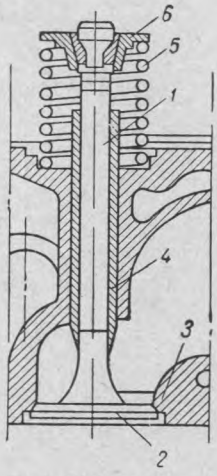


Рис. 70. Впускной клапан

Во время работы клапаны подвергаются воздействию высоких динамических нагрузок, особенно при посадке на седло, а также высоких температур, которые достигают для впускных клапанов 250—400° С, а для выпускных 600—900° С. В особо тяжелых условиях находятся выпускные клапаны.

Для унификации тарелки впускных и выпускных клапанов у многих дизелей делают одинакового диаметра.

У тихоходных дизелей имеется по одному впускному и выпускному клапану. Исключение составляют дизели 18Д, имеющие два впускных и два выпускных клапана, а также быстроходные дизели 3Д6, также имеющие четыре клапана. При увеличении числа клапанов возрастает суммарное проходное сечение клапанов, а теплоотвод от них улучшается благодаря уменьшению диаметра тарелок. Однако большое число клапанов сильно усложняет конструкцию цилиндровой крышки.

Седла клапанов в большинстве случаев выполняют непосредственно в крышке цилиндра, но иногда их делают отдельно и запрессовывают или завальцовывают в крышку цилиндров.

Опорная поверхность гнезда имеет коническую форму, которую обычно делают с наклоном в 45° к основанию конуса.

У многих тихоходных дизелей клапаны имеют одну клапанную пружину; у быстроходных дизелей устанавливают две концентрические пружины разного диаметра с неодинаковым направлением витков.

На рис. 71 показана одна из конструкций крепления пружины клапана.

Опорная тарелка пружины фиксируется разрезным коническим кольцом-сухарем, которое укрепляется на конце штока клапана, обычно имеющем шейку или конусную часть.

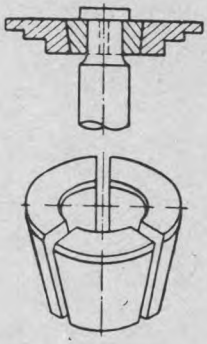


Рис. 71. Фиксация опорной тарелки пружины клапана

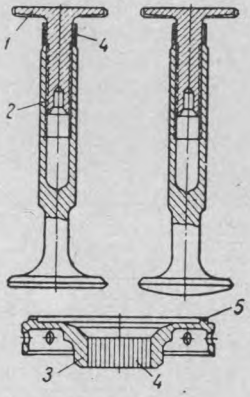


Рис. 72. Клапан дизеля 3Д6

У дизелей 3Д6 применяют верхнее расположение распределительного вала. В этом случае клапан имеет особую конструкцию. Тарелка *1* пружины (рис. 72) ввинчивается в полый стержень *2*, что позволяет регулировать зазор в механизме привода клапана. Для фиксации положения тарелки пружины на клапан надевается замок *3*. Продольные внутренние шлицы *4* замка входят в шлицы *4* штока клапана, а радиальные шлицы *5* сцепляются со шлицами *5* нижней тарелки *1* пружины.

Механизм привода клапанов может иметь различную конструкцию в зависимости от расположения на дизеле клапанов и распределительного вала.

Распределительный вал в зависимости от конструкции дизеля может быть расположен в верхней части картера, сбоку на блоке или над крышками цилиндров (головкой блока).

На рис. 73 изображен механизм привода клапанов впуска и выпуска дизелей NVD 48 и NVD 36. Такого типа механизм применяется у всех рядных дизелей.

Как видно из рисунка, в описываемой конструкции применены подвесные клапаны, а распределительный вал расположен в верхней части картера. Движение передается от кулачка *1*

распределительного вала толкателю *2* с роликом, установленным в чугунной втулке *3*, которая запрессована в горизонтальную стенку блока.

На толкатель с роликом опирается нижний конец штанги *4*, верхний ее конец нажимает на левый конец коромысла *5*, качающегося на оси *6*, установленной на стойке *7*, которая закреплена на крышке цилиндра. Клапан *8* опускается вниз при нажатии на него правого конца коромысла *5*. Толкатель поднимается вверх при набегании на него выступа кулачной шайбы распределительного вала и возвращается в первоначальное положение под действием пружины *9* клапана. В левый конец коромысла *5* ввертывается болт *10* с контргайкой и шаровой головкой, опирающейся на штангу. При помощи этого болта регулируют зазоры в клапанном механизме, которые устанавливают с учетом удлинения стержня клапана от нагревания во время работы дизеля.

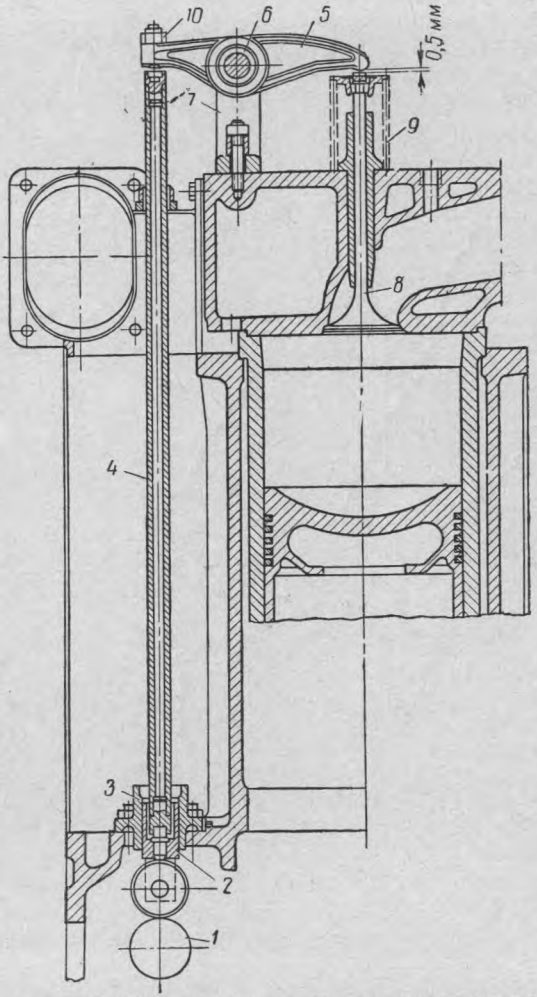


Рис. 73. Механизм привода клапанов дизелей типа NVD 48 и NVD 36

У дизелей 3Д6 и некоторых других дизелей с V-образным расположением цилиндров распределительные валы расположены непосредственно над клапанами. В этом случае кулачки распределительных валов непосредственно воздействуют на тарелки клапанов. Преимущество такого механизма заключается в том, что детали клапанного механизма не нагружаются силами инерции от масс промежу-

точных деталей (штанг и коромысел), которые в быстроходных дизелях могут быть весьма значительными.

Распределительный вал служит для открытия в определенной последовательности впускных, выпускных и пусковых клапанов, а также (у дизелей многих типов) для привода топливных насосов при помощи имеющихся на нем кулачных шайб. Число оборотов распределительного вала у четырехтактных дизелей вдвое меньше, чем у коленчатого. Конструкции распределительных валов реверсивных и нереверсивных дизелей отличаются тем, что у первых эти валы имеют сдвоенные кулачные шайбы переднего и заднего хода для впускных и выпускных клапанов, а также для топливных насосов; у нереверсивных же дизелей имеются только одинарные кулачные шайбы. Кроме того, кулачные шайбы нереверсивных дизелей в большинстве случаев изготовляют заодно с распределительным валом, а кулачные шайбы реверсивных дизелей — съемные.

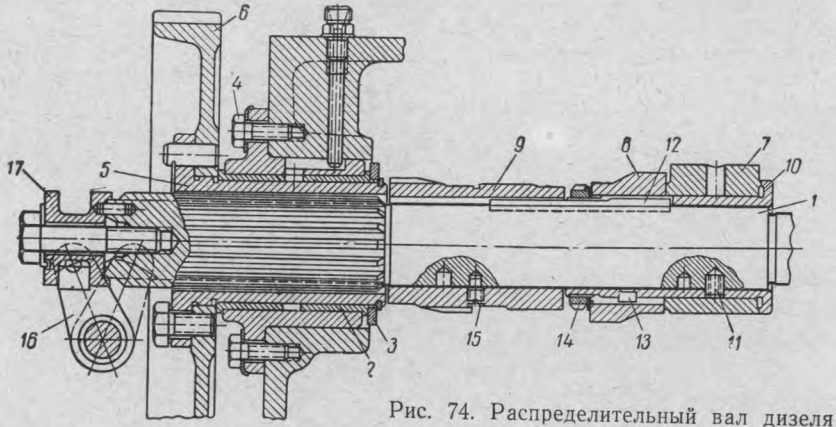


Рис. 74. Распределительный вал дизеля типа NVD 48

Распределительный вал дизелей типа VND 48 показан на рис. 74. Распределительный вал *1* опирается на семь подшипников *2*, шесть из которых выполнены стальными разъемными, состоящими из двух половин, с рабочей поверхностью, залитой баббитом. Корпус седьмого подшипника разъемный; он имеет бронзовую втулку *3* с двумя заплечиками, которые исключают возможность ее осевого смещения. К стенке станины корпус подшипника крепится болтами *4*.

Хвостовик вала со стороны маховика имеет шлицы, на которые такими же шлицами насажена стальная втулка *5* с буртом. Цилиндрическая часть втулки вращается в подшипнике, а к бурту крепится шестерня *6* приводного механизма.

Благодаря шлицевому соединению возможно осевое перемещение распределительного вала, необходимое для реверса дизе-

ля, таким образом, что зацепление приводных шестерен не нарушается.

Для каждого цилиндра на распределительном валу имеются топливная шайба *7*, пусковая кулачная шайба *8* и двойная кулачная шайба *9* с кулачками нормального и обратного вращения для впускного и выпускного клапанов.

Топливная шайба *7* надета на втулку *10*, насаженную на распределительный вал. Положение этой втулки фиксировано от осевого смещения штифтом *11* и от вращения шпонкой *12*. На торцовой поверхности бурта втулки имеется зубчатая насечка. Топливная шайба на торцовой поверхности имеет точно такую же насечку.

При помощи зубцов этой насечки топливная шайба соединяется с буртиком втулки. Угол между соседними зубцами насечки равен 2°, так как она имеет 180 зубцов.

Таким образом, смещение топливной шайбы на один зубец относительно бурта втулки вызывает изменение угла начала подачи топлива на 4°.

Для возможности регулирования угла подачи топлива на задний ход дизеля без изменения угла подачи на передний ход топливная шайба выполнена разъемной из двух частей, которые соединяются при помощи точно такой же зубчатой насечки, как описанная выше, и могут перемещаться независимо друг от друга.

Вплотную к топливной кулачной шайбе на втулку надета пусковая кулачная шайба *8* с кулачками нормального и обратного вращения. Пусковая шайба предохраняется от проворачивания штифтом *13*.

Топливная и пусковая кулачная шайбы прижимаются к бурту втулки *10* нажимной гайкой *14*.

Положение насаженной на распределительный вал двойной кулачной шайбы *9* с кулачками переднего и заднего хода для впускного и выпускного клапанов фиксируется шпонкой *12* и штифтом *15*.

Все кулачные шайбы изготовлены из стали с цементацией рабочих поверхностей.

Переходы кулачных шайб от профиля переднего хода к профилю заднего хода выполнены плавными, что позволяет при реверсировании перемещать распределительный вал в осевом направлении без принудительного подъема штанг клапанов.

Распределительный вал перемещается рычагом *16* реверсивной машины дизеля, воздействующим на втулку *17*.

Распределительные валы двухтактных дизелей 4ДР 30/50 и 6ДР 30/50, установленных на некоторых речных судах, имеют только кулачные шайбы топливных насосов.

Конструкция привода распределительного вала определяется расположением вала. При расположении распределительного вала в верхней части картера привод его чаще всего осуществляется при помощи системы конических или цилиндрических

шестерен и промежуточных валиков, размещаемых в торцовой части дизеля.

Передаточное отношение у передачи к распределительному валу должно быть равно: для четырехтактных дизелей 2 : 1, для двухтактных 1 : 1.

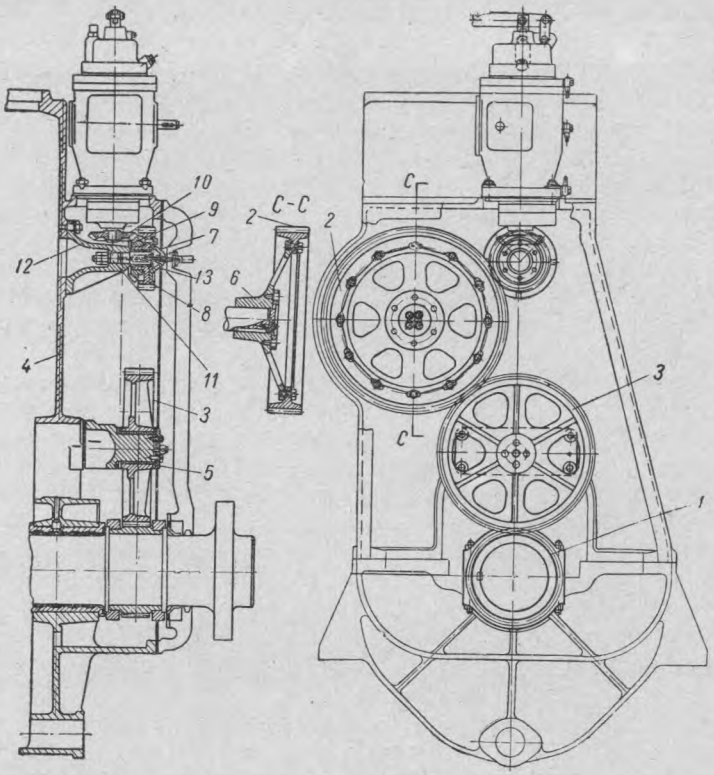


Рис. 75. Привод распределительного вала дизеля 6S275L

Привод распределительного вала дизеля 6S275L показан на рис. 75. Весь механизм привода находится в закрытой коробке со стороны маховика дизеля. На коленчатом валу закреплена разъемная ведущая шестерня *1*, передающая вращение шестерне *2* распределительного вала через паразитную шестерню *3*. Ось паразитной шестерни крепится шпильками к крайней поперечной переборке *4* станины. В ступицу паразитной шестерни запрессована бронзовая втулка, а торцы ступицы залиты баббитом. Смазка подводится к поверхности оси шестерни привода через сверление в крышке *5*. Шестерня распределительного вала имеет отъемный обод, крепящийся к ступице *6* винтами. Ступица шестерни закрепляется на распределительном валу призматической шпонкой. Крышка *7*, препятствующая осевому

перемещению шестерни, крепится винтами к торцу распределительного вала. От шестерни последнего вращение передается цилиндрической шестерне *8*, с которой скреплена коническая шестерня *9*, передающая вращение валу регулятора через коническую шестерню *10*. Шестерни *8* и *9* вращаются вокруг оси *11*, опорой для которой служит кронштейн *12*, прикрепленный к переборке *4*. Число оборотов шестерен *8*, *9* и *10* равно числу оборотов коленчатого вала. Для обеспечения требуемых фаз распределения зацепление шестерен *1*, *2* и *3* при сборке двигателя устанавливают строго по имеющимся меткам. Смещение шестерен на один зуб приводит к изменению фаз распределения на 9°24′42″.

Фасонный фланец *13* служит для присоединения валика тахометра к шестерне *9*.

§ 60. ТОПЛИВОПОДАЮЩАЯ СИСТЕМА И ТОПЛИВНАЯ АППАРАТУРА ДИЗЕЛЕЙ

К элементам топливоподающих систем дизелей относятся топливная аппаратура (топливные насосы, форсунки), а также устройства, предназначенные для хранения и подачи топлива из топливных емкостей к дизелю (цистерны, расходные баки, насосы, трубопроводы, фильтры и т. п.).

Топливоподающая система предназначена для:

1) подачи в рабочие цилиндры дизеля за каждый цикл строго определенной порции топлива, соответствующей нагрузке дизеля;

2) обеспечения заданных начала и продолжительности впрыска топлива;

3) обеспечения качественного распыливания топлива и равномерного его распределения по всему объему камеры сгорания;

4) обеспечения в многоцилиндровых дизелях равномерной подачи топлива во все цилиндры;

5) регулирования работы дизеля, количества подаваемого топлива, момента начала подачи топлива и давления впрыска.

В топливоподающих системах дизеля типа NVD 48, NVD 36 и 6L275 топливоподкачивающие насосы не предусмотрены. Поэтому для беспрерывной подачи топлива к насосам высокого давления расходные топливные баки должны располагаться не менее чем на 2 *м* выше крышек цилиндров.

На рис. 76 показана схема топливоподающей системы дизеля 6NVD 48. Из расходного бака *1* топливо самотеком по трубопроводу *2* поступает и проходит через сетчатый сдвоенный фильтр *3*. Дальше по магистрали *4* оно направляется к насосам высокого давления *5*, откуда по трубопроводам *12* поступает к форсункам *7*, предварительно пройдя через щелевые фильтры *6*. Отсечное топли-

во (топливо, которое еще остается над плунжерами насосов после отсечки подачи к форсункам) от насосов высокого давления по трубопроводу *8* отводится назад в расходный бак. В этот же бак по трубопроводу *9* поступает топливо, просочившееся через неплотности форсунок. Утечное топливо (просочившееся через неплотности) от топливных насосов по трубопроводу *10* отводится в цистерну *11*.

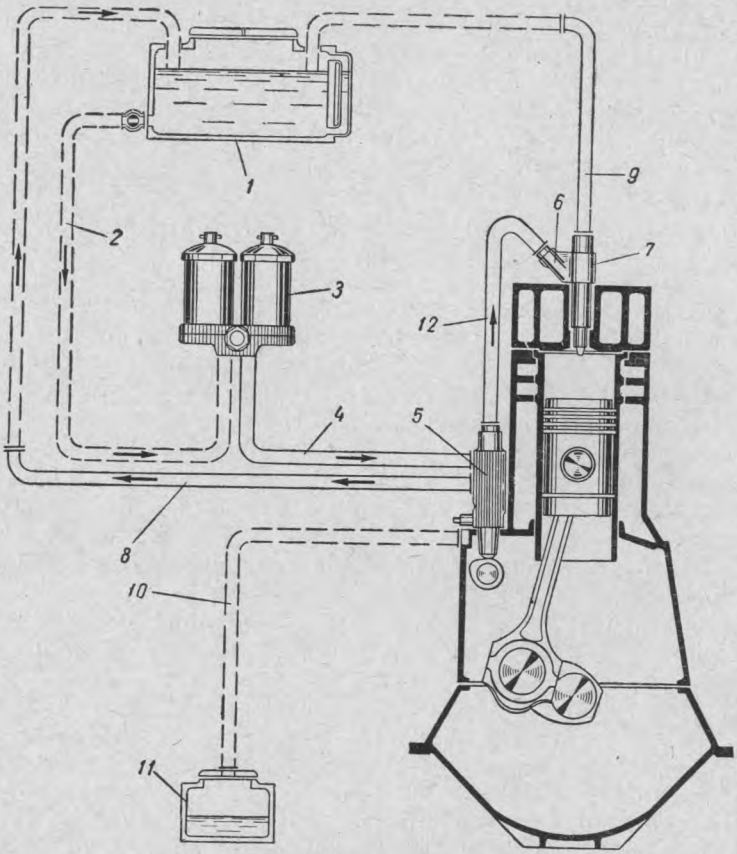


Рис. 76. Схема топливоподающей системы дизеля 6NVD 48

Топливоподающие системы дизелей 18Д, ДР 30/50, 6ЧРП 25/34, 6ЧСП 18/22, 3Д6, 6Ч 12/14, 4Ч 10,5/13 и другие имеют аналогичное устройство, только у них имеется топливоподкачивающий насос, который установлен на магистрали, идущей от расходного бака к фильтру.

Топливоподкачивающий насос служит для подачи топлива из расходной цистерны через топливные фильтры к топливным насосам высокого давления.

У большинства дизелей применяются топливоподкачивающие насосы шестеренчатого типа.

Дизели 3Д6 имеют коловратный топливоподкачивающий насос.

Топливоподкачивающий насос шестеренчатого типа дизеля 6ЧРП 25/34 показан на рис. 77. В корпусе *1* насоса находятся ведущая *2* и ведомая *3* шестерни. Топливо из расходного бака через канал *4* попадает в полость *5* насоса. В зависимости от направления вращения дизеля при этом отжимается шариковый клапан *6* или *7*.

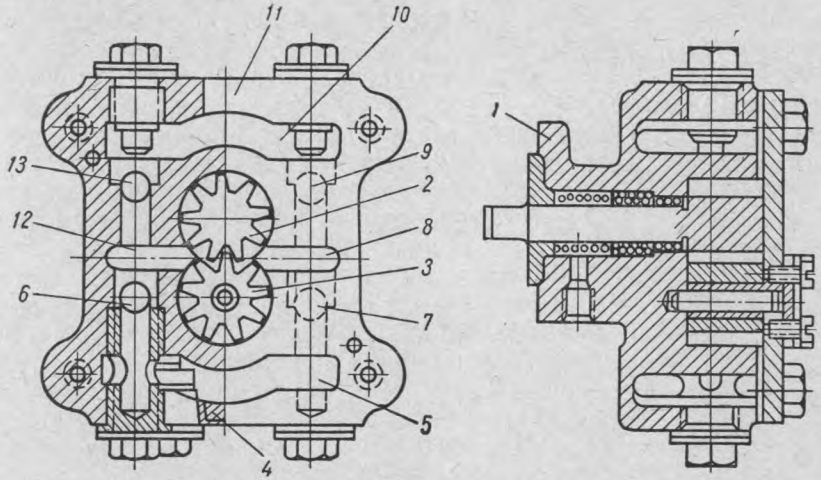


Рис. 77. Топливоподкачивающий насос дизеля 6ЧРП 25/34

При вращении ведущей шестерни *2* по часовой стрелке давление в полости *12* понижается, шариковый клапан *6* поднимается и топливо нагнетается в полость *8*. Под действием давления в полости *8* поднимается шариковый клапан *9* и топливо через полость *10* нагнетается в топливный фильтр.

При вращении ведущей шестерни *2* против часовой стрелки давление в полости *8* снижается, из полости *5* топливо поступает через шариковый клапан *7* и нагнетается в полость *12*. Отсюда через отжатый шариковый клапан *13* топливо через полость *10* и отверстие *11* нагнетается в топливный фильтр.

Давление в полости *10* поддерживается при помощи редукционного клапана равным 1,5—2,0 *кГ/см²*.

Топливный насос предназначается для подачи в форсунки под высоким давлением строго дозированных порций топлива.

Топливные насосы различаются способом изменения количества топлива, подаваемого насосом к форсунке.

Изменение количества подаваемого топлива достигается тем, что в форсунку нагнетается только часть топлива, подаваемого

плунжером насоса, а излишнее топливо перепускается обратно в полость всасывания.

Наиболее распространены насосы с изменением конца подачи топлива. Управление перепуском топлива производит плунжер специальной конструкции, который открывает перепускное окно. Такие насосы называются также золотниковыми.

Кроме того, применяются насосы с изменением начала подачи топлива. Перепуск топлива в этом случае производится всасывающим клапаном, закрываемым в заданный момент в начале подачи.

По конструкции приводных устройств устанавливаемые на большинстве дизелей насосы относятся к топливным насосам с кулачковым приводом.

Топливные насосы бывают одноплунжерные и многоплунжерные (блочные).

Одноплунжерные насосы устанавливают отдельно для каждого рабочего цилиндра, а многоплунжерные, представляющие собой соединение нескольких насосов в одном блоке, устанавливают на дизеле с учетом конструкции привода насосов.

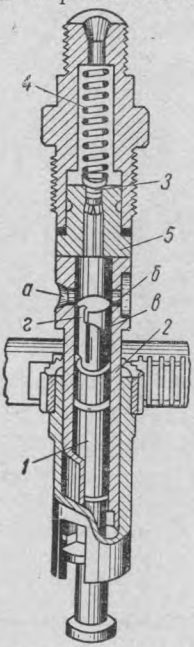


Рис. 78. Плунжерная пара золотникового топливного насоса

Из насосов золотникового типа наибольшее распространение получили стандартные золотниковые топливные насосы, работающие по одному принципу и отличающиеся только своими размерами, зависящими от мощности дизеля.

Основной элемент стандартных золотниковых топливных насосов — плунжерная пара (рис. 78).

Плунжер *1* имеет вверху косую отсечную кромку *в*. Во втулке *2* находятся два окна *а* и *б*, соединяющих внутреннюю полость втулки с топливоподающим каналом насоса.

При нижнем положении плунжера оба окна открыты и полость втулки над плунжером заполняется топливом. Так как пространство над плунжером все время соединено продольной канавкой *г* на плунжере с пространством между втулкой и выточкой на плунжере, то и это пространство также будет заполняться топливом. При движении плунжера вверх, пока кромка торца плунжера не перекроет окна *а* и *б*, часть топлива из пространства над плунжером вытесняется обратно в топливоподающий канал. Подача топлива начнется, когда кромка торца плунжера перекроет окна *а* и *б*. В этот момент давление над плунжером резко возрастет, нагнетательный клапан *3*, нагруженный пружиной *4*, поднимется со своего седла *5* и

топливо начнет поступать к форсунке. Нагнетание топлива прекратится в момент, когда косая отсечная кромка в плунжере начнет открывать окно *б*. При таком положении плунжера пространство над ним и топливоподающая полость окажутся соединенными, и топливо из пространства над плунжером будет перепускаться обратно в топливоподающую полость. В связи с этим давление над плунжером резко упадет и под действием давления топлива на клапан сверху и усилия пружины нагнетательный клапан сядет на свое седло. При движении плунжера вниз он откроет окна *а* и *б* и внутренняя полость втулки вновь заполнится топливом.

Продолжительность подачи топлива при неизменном моменте начала подачи обусловливается положением плунжера, т. е. его отсечной кромки относительно окна *б* во втулке. Чем больше расстояние от верхней кромки плунжера до конца отсечной кромки, находящейся на одной вертикали с окном *б*, тем позже будет происходить отсечка и тем больше топлива будет подаваться насосом. Изменение положения плунжера, или, точнее, его косой кромки относительно окна *б* во втулке, достигается путем поворота плунжера.

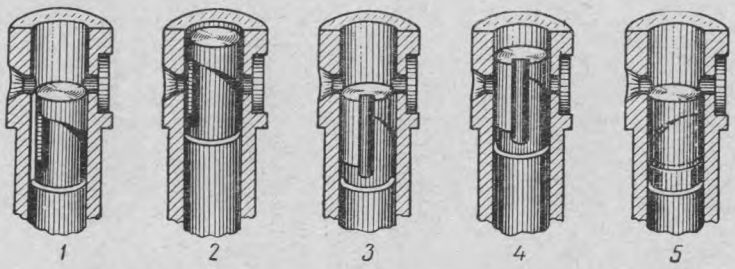


Рис. 79. Различные положения плунжера золотникового топливного насоса

Из описания конструкции видно, что количество топлива, подаваемого топливным насосом, регулируется изменением конца подачи топлива.

Плунжер и втулка плунжера являются прецизионными, т. е. точно подогнанными друг к другу деталями. В случае выхода из строя одной из этих деталей необходимо заменять обе.

Положения плунжера при различных подачах показаны на рис. 79. Положения *1* и *2* соответствуют началу и концу подачи при полной подаче топлива; положения *3* и *4* — началу и концу подачи при половинной подаче и положение *5* — при нулевой подаче.

Устройство многоплунжерного стандартного топливного насоса золотникового типа дизеля 3Д6 изображено на рис. 80, а и 80, б.

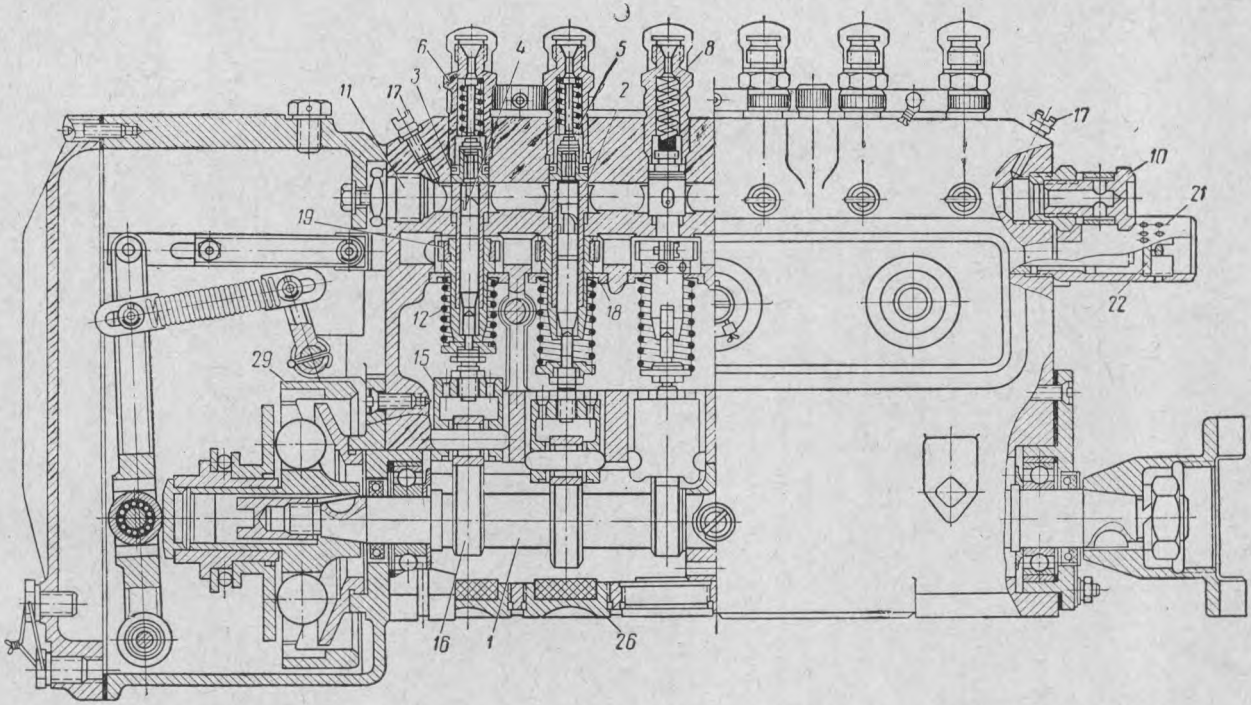


Рис. 80а. Продольный разрез топливного насоса дизеля 3Д6

В корпусе насоса имеются две полости: верхняя и нижняя. В нижней части корпуса находится кулачный валик *1*, кулачки которого расположены под углом 60° друг к другу и в порядке, соответствующем порядку работы цилиндров дизеля.

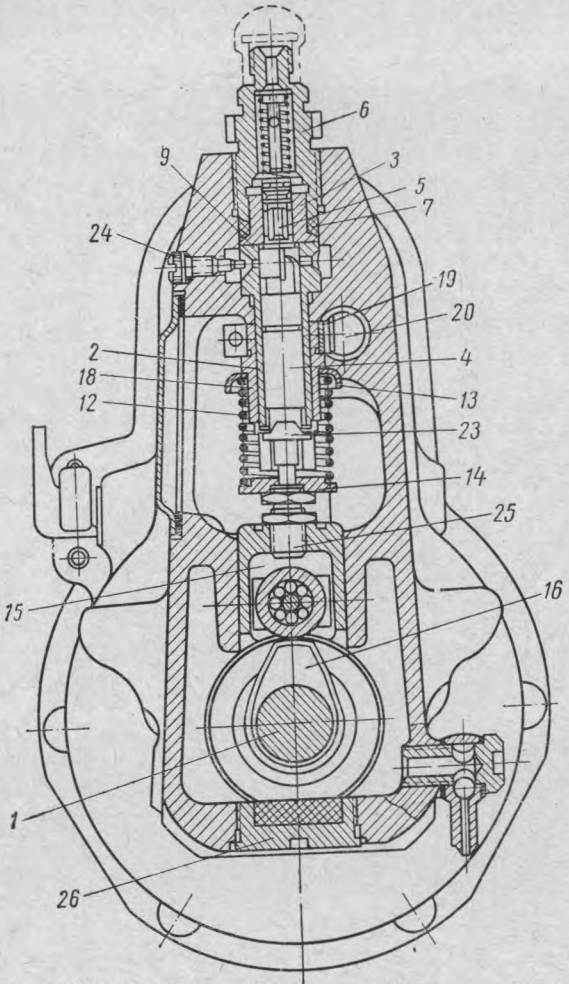


Рис. 80б. Поперечный разрез топливного насоса дизеля 3Д6

В верхней части корпуса расточено шесть вертикальных гнезд, в которые плотно вставлены втулки *2* плунжеров *4* и гнезда *3* нагнетательных клапанов *5*. Втулки плунжеров стопорятся при помощи винтов *24*, входящих в углубления, профрезерованные в стенках втулок со стороны одного из впускных отверстий. Нижний торец гнезда *3* плотно притерт к верхнему торцу втулки *2* плунжера и гнездо прижимается к втулке при помо-

щи штуцера *6* с прокладкой *7*. Нагнетательный клапан прижимается к своему гнезду *3* пружиной *8*. Топливо поступает в полость *9*, находящуюся между плунжером и гнездом нагнетательного клапана. Для подвода топлива в это пространство в верхней части корпуса насоса просверлен продольный топливоподводящий канал, в который со стороны привода ввернут штуцер *10* подвода топлива. С противоположной стороны канал закрыт заглушкой *11*. Две пробки *17* служат для выпуска воздуха из топливоподающей полости. В средней части корпуса насоса находится пружина *12* плунжера, которая вверху упирается в верхнюю упорную шайбу *13*, а внизу — в нижнюю шайбу *14*. Движение плунжера вверх происходит под действием толкателя *15* топливного насоса при набегании на последний выступ кулачка *16* топливного насоса. Вниз плунжер опускается под действием пружины *12*.

Для поворачивания втулки *2* относительно плунжера *4* служит поворотная гильза *18* с зубчатым венцом *19*, который сцепляется с зубчатой рейкой *20*, передвигающейся в продольном канале, просверленном в корпусе насоса. В конце этого канала запрессованы бронзовые втулки. Втулка со стороны подвода топлива зажата корпусом *21* упора, в который ввертывается пробка *22*, ограничивающая перемещение рейки топливного насоса. Поворотная гильза имеет продольную прорезь, в которую заходит поводок *23* плунжера, благодаря чему плунжер может поворачиваться во время работы.

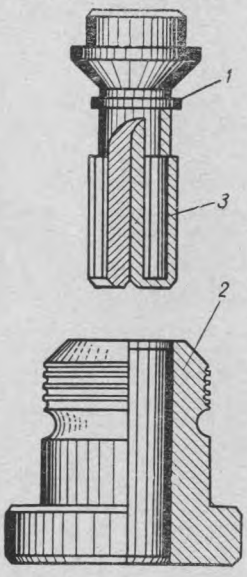


Рис. 81. Нагнетательный клапан стандартного топливного насоса

Для первоначального регулирования количества топлива, подаваемого отдельными насосными парами (элементами), перемещают зубчатый венец *19*, который надет на поворотную гильзу и стянут на ней стяжным винтом.

Момент начала подачи топлива устанавливают и регулируют путем опускания или подъема плунжера. Для этого толкатель *15* снабжен регулировочным болтом *25*, который фиксируется контргайкой.

В днище корпуса насоса находится шесть резьбовых отверстий, закрытых пробками *26*. В пробки вставлены войлочные подушки, пропитанные маслом; они смазывают кулачки при наклонном положении двигателя.

Все стандартные топливные насосы имеют нагнетательный клапан с разгрузочным пояском *1* (рис. 81), находящимся под

уплотняющим конусом клапана. Этот поясок точно входит в направляющую седла *2* клапана. Для прохода топлива в хвостовике клапана сделаны крестообразные вырезы *3*. При посадке клапана на седло в направляющую седла сначала входит разгрузочный поясок *1* и разобщает рабочую полость топливного насоса от полости нагнетательного трубопровода. Одновременно с этим объем нагнетательного трубопровода возрастает на величину объема пояска *1* и давление в топливопроводе резко падает, игла форсунки быстро садится на свое седло в распылителе и поэтому происходит более резкое окончание впрыска, что уменьшает подтекание топлива.

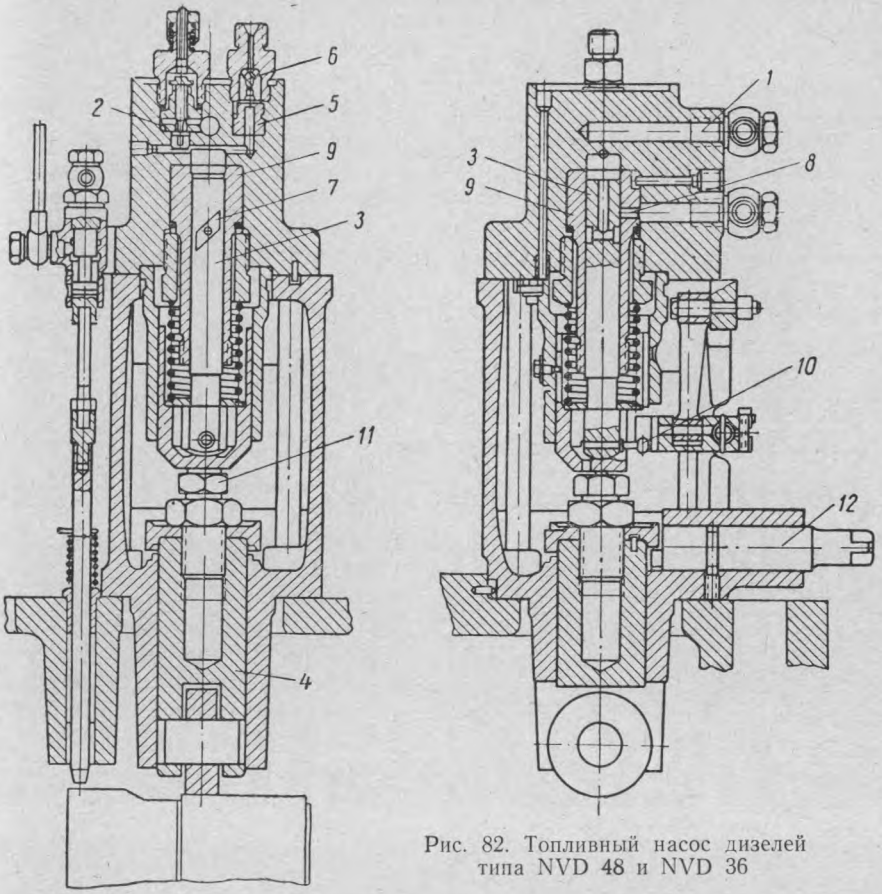


Рис. 82. Топливный насос дизелей типа NVD 48 и NVD 36

Дизели 18Д типов 6L275, NVD 48 и NVD 36 оборудованы золотниковыми насосами нестандартного типа.

На рис. 82 показаны топливные насосы дизелей NVD 48 и NVD 36.

Топливо поступает в насос по каналу *1*, из которого оно проходит через всасывающий клапан *2* в рабочую полость насоса. При движении плунжера *3* под действием толкателя *4* топливо через нагнетательный клапан *5* поступает в нагнетательный трубопровод. Подъем клапана фиксируется ограничителем *6*. Плунжер *3* снабжен с двух сторон наклонными выточками *7* с параллельными кромками, расположенными под углом 45° к оси плунжера. С рабочей полостью насоса эти выточки соединяются при помощи поперечных и осевого каналов. Нагнетание продолжается до тех пор, пока верхняя кромка выточки не откроет отверстие *8* во втулке *9* плунжера. В этот момент нагнетание прекращается, так как топливо, находящееся под большим давлением в рабочей полости, устремляется по каналам в плунжере на перепуск через отверстие *8*, а затем по каналу в трубу.

Внизу плунжер *3* имеет поводок *10*, связанный с регулировочной тягой. При перемещении регулировочной тяги поворачивается плунжер. В зависимости от его поворота верхняя наклонная кромка выточки раньше или позже открывает отверстие *8* во втулке плунжера, таким образом изменяя подачу топлива. Начало подачи топлива всегда совпадает с моментом начала подъема плунжера. Подача топлива в каждый цилиндр регулируется болтом *11* толкателя *4*. Для прокачивания насоса вручную или его выключения служит валик *12* с эксцентриковым выступом.

У топливных насосов дизелей типа ДР 30/50 подача топлива регулируется путем его перепуска всасывающим клапаном насоса, закрываемым в заданный момент начала подачи.

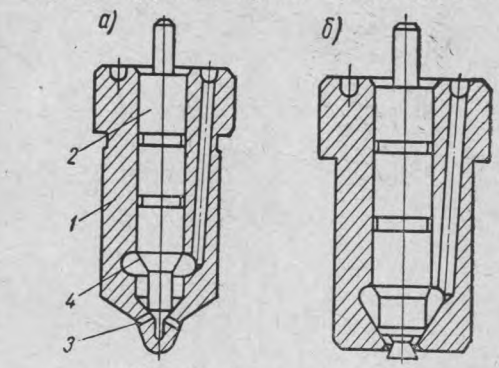


Рис. 83. Типы распылителей форсунок:
а — многодырчатый; *б* — штифтовый

Основная характеристика топливных насосов серийных дизелей приведена в табл. 9.

Форсунки предназначаются для распыливания топлива, подаваемого насосом в рабочий цилиндр дизеля, и придания струе топлива формы, необходимой для качественного смесеобразования в камере сгорания.

Форсунки большинства современных дизелей—закрытого типа, т. е. такие, у которых сопло разобщается от нагнетательного канала запорной иглой, открываемой автоматически под давлением нагнетаемого топлива.

Различают закрытые форсунки с постоянным сечением сопловых отверстий (с многодырчатым распылителем) и запорной иглой, открывающейся внутрь форсунки, и штифтовые, у кото-

Таблица 9

Марка дизеля	Тип топливного насоса	Материал втулки и плунжера	Плунжер	
			диаметр, *мм*	ход, *мм*
4ДР 30/50 и 6ДР 30/50	Нестандартный индивидуальный с регулированием начала подачи	Сталь ШХ15	18	10
18Д	Нестандартный золотниковый с регулированием конца подачи топлива индивидуальный	То же	17	15
6ЧРП 25/34	То же	» »	14	12
6S275L, 6L275Rr, 6L275	» »	Втулка сталь 40 Плунжер сталь ХВГ	14	12
6L275Rr-PN	» »	Сталь ХВГ	16	12
8NVD 36	» »	То же	16	10
8NVD 36A	» »	» »	17	10
4NVD 24	» »	» »	10	12
6NVD 48 и 8NVD 48	» »	» »	21	12
8NVD 48A	» »	» »	23	12
Д50С	» »	» »	20	19,8
М50	Стандартный золотниковый с регулированием конца подачи. Блочный, со встроенным регулятором	Сталь ШХ15	13	12
3Д6	То же	То же	10	—
6ЧСП 12/14	» »	Сталь ХВГ	8,5	—
6ЧСП 18/22	» »	Сталь ШХ15	10	—
4Ч 10,5/13	» »	Сталь ХВГ	6,5	—
6L160PNS	Нестандартный золотниковый с регулированием конца подачи. Блочный, со встроенным регулятором	То же	13	—
4S160	То же	» »	12	—

рых кольцевое сечение соплового отверстия изменяется в зависимости от подъема иглы (рис. 83).

Многодырчатый распылитель состоит из корпуса *1*, к которому плотно притерта игла *2*, закрывающая проход в сопло. Сопло имеет несколько отверстий *3*, через которые топливо подается в рабочий цилиндр дизеля. Нижний конец иглы прижимается к седлу сильной пружиной. Когда давление топлива на конический поясок *4* иглы в месте перехода от большего диаметра к меньшему преодолевает силу натяжения пружины, игла поднимается и топливо впрыскивается через отверстия распылителя в рабочий цилиндр.

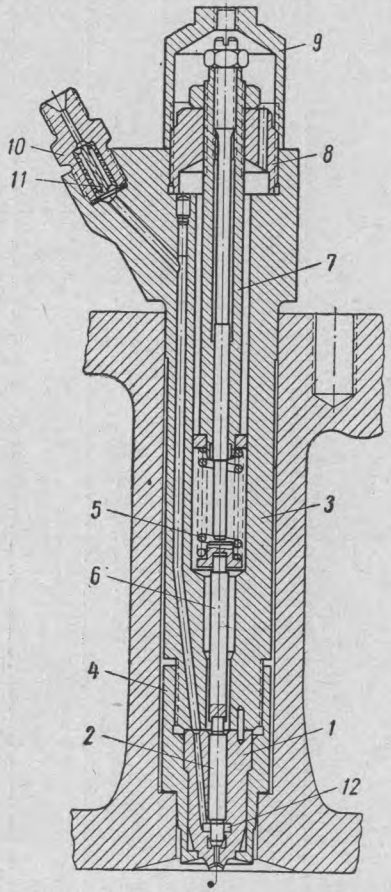


Рис. 84. Форсунки дизелей типа NVD48 и NVD36

Корпус и игла распылителя представляют собой точную (прецизионную) притертую друг к другу пару деталей. При выходе из строя одной из деталей заменять их надо комплектно.

Распылитель с сопловыми отверстиями может быть выполнен отдельно от направляющей иглы (разборный распылитель). В этом случае он называется с о п л о м, а корпус, где передвигается игла, — н а п р а в л я ю щ е й и г л ы.

У дизелей 18Д, 4ДР 30/50 и 6ДР 30/50, типов 6L275, NVD 48 и NVD 36 форсунки закрытые многодырчатые с постоянным сечением сопловых отверстий; форсунки дизелей 18Д, 4ДР 30/50 и 6ДР 30/50 имеют разборный распылитель. Дизели типов NVD 48 и NVD 36 прежних моделей имели также разборный распылитель.

Распылители штифтового типа применяют в дизелях небольшой мощности с разделенными камерами сгорания.

На рис. 84 показана конструкция форсунки дизелей NVD 48 и NVD 36.

Распылитель *1* присоединяется к корпусу *3* форсунки при помощи накидной гайки *4*. Вследствие большой длины корпуса форсунки, вызванной значительной высотой крышки цилиндра, пружина *5*, прижимающая иглу *2* распылителя, находится внутри корпуса и опирается на тарелку и на промежуточный стер-

жень *6*. Пружина затянута длинным нажимным винтом *7*, ввернутым во втулку *8*, имеющую внутреннюю и наружную резьбу и закрепленную стопорным винтом. Сверху на втулку *8* нажимного винта *7* навернут колпачок *9*. Топливо поступает в форсунку через штуцер *10*, внутри которого установлен щелевой фильтр *11* тонкой очистки топлива, и по каналам в корпусе подводится в камеру *12* распылителя. Топливо, просачивающееся между иглой и распылителем, поднимается вверх, проходит через отверстие во втулке нажимного винта и накапливается под колпачком *9*, откуда оно отводится по специальной трубке.

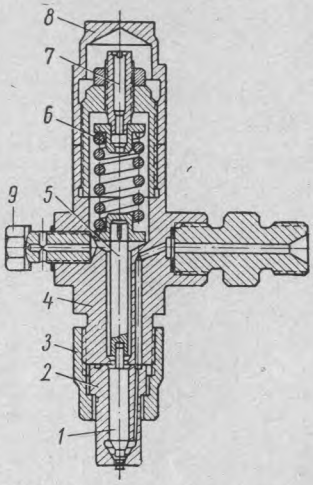


Рис. 85. Форсунка дизеля Ч 10,5/13

Закрытая форсунка со штифтовым распылителем дизеля Ч 10,5/13 показана на рис. 85. К нижнему торцу корпуса *4* форсунки плотно прижат при помощи накидной гайки *3* штифтовый распылитель *2* с иглой *1*. На выступающий из корпуса хвостовик иглы опирается стержень *5*, на который воздействует пружина *6*, плотно прижимающая конус иглы к седлу в распылителе. Для изменения натяжения пружины *6* служит регулировочный винт *7*. Верхний торец корпуса форсунки закрыт колпаком *8*. Штуцерный болт *9* предназначается для отвода из форсунки топлива, которое просачивается между иглой и распылителем.

Основная характеристика форсунок приведена в табл. 10.

Топливные фильтры предназначаются для очистки топлива от механических и других примесей с целью предохранения от засорения отверстий распылителя форсунки и уменьшения износа прецизионных топливных насосов и форсунок (игла — направляющая иглы). Различают фильтры грубой (предварительной) и тонкой очистки.

Для предварительной очистки топлива применяют пластинчато-щелевые, сетчатые, проволочно-щелевые фильтры, включаемые в топливную магистраль между расходным топливным баком и фильтрами тонкой очистки топлива. Фильтры грубой и тонкой очистки топлива устанавливают до топливных насосов. Так как фильтры тонкой очистки создают значительное сопротивление проходу топлива, перед ними устанавливают топливоподкачивающие насосы.

Пластинчато-щелевые фильтры задерживают частицы размером 0,05—0,10 *мм*. Фильтрующий элемент таких фильтров (рис. 86) состоит из набора круглых пластин, чередующихся с

Таблица 10

Марка двигателя	Тип распылителя	Число и диаметр отверстий, *мм*	Угол распыливания, *град*	Высота подъема иглы, *мм*
18Д	Разборный многодырчатый с конической посадкой иглы	7×0,3	136	0,35—0,40
6ЧРП 25/34	Неразборный многодырчатый с конической посадкой иглы	8×0,35	140	0,5
4ДР 30/50 и 6ДР 30/50	Разборный многодырчатый с конической посадкой иглы	8×0,3	140	0,60
6S275L, 6L275Rr 6L275	Неразборный многодырчатый с конической посадкой иглы	6×0,3	140	0,36—0,40
6L275Rr-PN	То же	8×0,3	140	0,36—0,40
8NVD 36	То же (у двигателей старых выпусков распылитель разборный)	6×0,3	130	0,50
8NVD 36A	То же	8×0,3	130	0,50
6NVD 48 и 8NVD 48	» »	8×0,35	130	0,50
8NVD 48A	» »	6×0,45	140	0,4—0,6
Д50	» »	9×0,35	140	0,5
М50	» »	8×0,35	140	0,45
3Д6	» »	7×0,25	140	0,45
4NVD 24	Разборный многодырчатый с конической посадкой иглы	6×0,25	110	0,65
6ЧСП 18/22	Неразборный многодырчатый с конической посадкой иглы	8×0,3	140	0,4
6L160PNS	То же	8×0,25	150	0,4
4Ч 10,5/13	Неразборный со штифтовым распылителем	0,29	—	—
4С 160	Неразборный многодырчатый с конической посадкой иглы	7×0,2	150	0,4

дистанционными прокладками, определяющими высоту проходных щелей. Высота щели бывает 0,05; 0,08 и 0,10 *мм*.

При поворачивании фильтрующего элемента вокруг своей оси скребки снимают задержанные частицы, которые падают на дно корпуса фильтра; их удаляют через спускной кран.

Фильтр тонкой очистки топлива дизеля 3Д6 изображен на рис. 87. Фильтрующим элементом фильтра служат войлочные пластины *1* и *2*. Восемь тонких войлочных пластин *2* изготовлены из более плотного войлока, чем семь толстых пластин *1*. Пакет войлочных пластин надет на цилиндрическую металлическую сетку *3*, обтянутую шелковым чехлом. Путь топлива показан на рисунке стрелками.

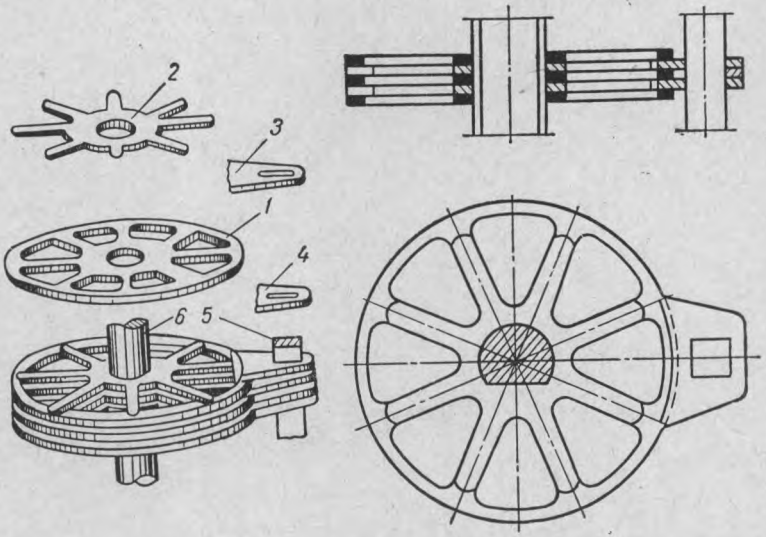


Рис. 86. Фильтрующий элемент пластинчатого щелевого фильтра:

1 — круглая пластина; *2* — дистанционные прокладки; *3* — скребки; *4* — дистанционная прокладка; *5* — неподвижный стержень; *6* — вращающийся валик

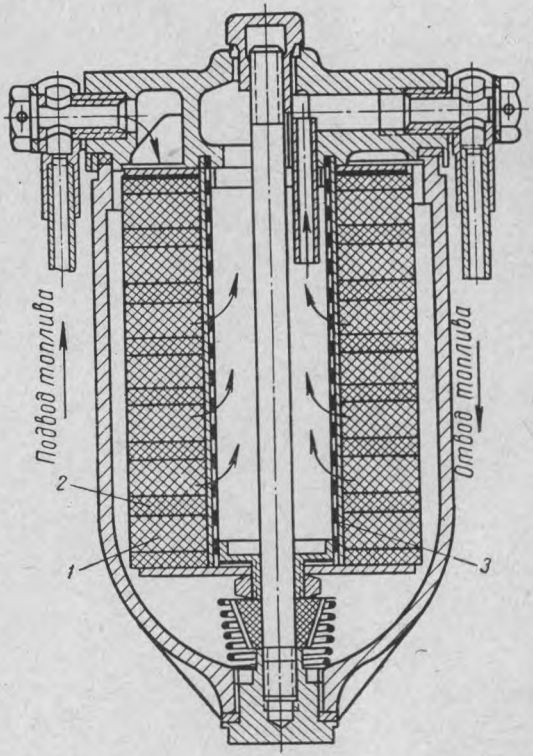


Рис. 87. Топливный фильтр дизеля 3Д6

На дизеле 3Д6 установлены два фильтра тонкой очистки, включенные параллельно, что дает возможность без остановки дизеля промывать один из них.

Щелевой фильтр высокого давления применяется у дизелей 18Д, 6ДР 30/50 и 4ДР 30/50, типа 6L275, NVD 48, NVD 36 и 3Д6. Чаще всего такой фильтр монтируется в приемном штуцере форсунки. Исключение составляют дизели 3Д6, у которых этот фильтр монтируется в корпусе форсунки.

Щелевой фильтр дизеля 18Д показан на рис. 88. Он состоит из штуцера *1*, представляющего собой корпус фильтра, и стержня *2*, причем шаровая головка стержня прижимается к посадочному гнезду в корпусе форсунки. Стержень имеет два пояска: один — в верхней части, а другой — в нижней, несколько выше шаровой головки. На боковой поверхности стержня выфрезеровано двенадцать продольных канавок. Шесть канавок *3* пересекают нижний поясок, доходя только до верхнего, а шесть канавок *4* пересекают верхний поясок, доходя только до нижнего. Канавки *3* и *4* чередуются. Стержень *2* вставляется в корпус *1* таким образом, что между выступами продольных канавок и корпусом фильтра образуется зазор размером 0,04 *мм*, а пояски плотно прилегают к корпусу. Топливо, нагнетаемое топливным насосом, попадает в канавки *4* и через зазор размером 0,04 *мм* перетекает в канавки *3*.

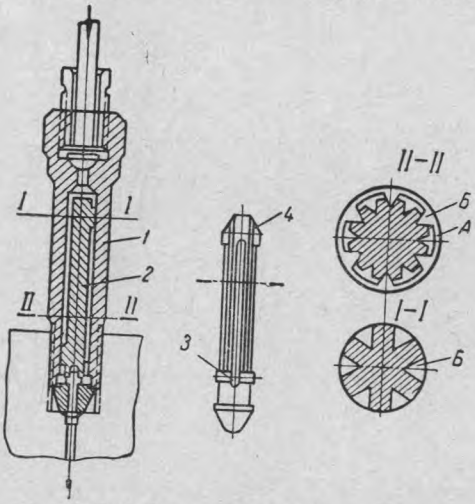


Рис. 88. Топливный щелевой фильтр высокого давления дизеля 18Д

Все твердые примеси, имеющие в поперечнике размер более 0,04 *мм*, задерживаются этим фильтром.

§ 61. РЕГУЛЯТОРЫ

Регулятор предназначен для поддержания соответствия между нагрузкой на дизель и количеством топлива, подаваемого в цилиндры дизеля.

Применяемые на дизелях речного флота автоматические регуляторы числа оборотов разделяются по назначению на предельные, двухрежимные, всережимные и однорежимные.

Если главные дизели имеют прямую передачу на винт (без разобщительной муфты), то при регулировании числа их оборотов с поста управления путем непосредственного воздействия на регулирующий орган топливных насосов достигается

вполне устойчивая работа дизеля по винтовой характеристике. В этом случае на дизеле достаточно иметь предельный регулятор для предупреждения возможности возрастания числа оборотов сверх допустимого, что возможно при поломке или обнажении гребного винта, т. е. при значительном уменьшении нагрузки. При числе оборотов, меньшем предельно допустимого, регулятор не действует.

При наличии устройств, разобщающих главный дизель от гребного винта, применяют двухрежимные и всережимные регуляторы, поскольку непосредственное управление дизелем через регулирующие органы топливных насосов неудобно.

Однорежимные регуляторы поддерживают неизменное число оборотов при всех нагрузках. Такие регуляторы применяют у вспомогательных дизелей и на ряде схем электродвижения постоянного тока, предусматривающих постоянное число оборотов первичных дизелей. Однорежимные регуляторы обеспечивают возможность подрегулировки числа оборотов в пределах 5÷10% номинальных.

Двухрежимные регуляторы автоматически поддерживают постоянное число оборотов на двух режимах: минимальном и максимальном числе оборотов. На промежуточных оборотах дизелем управляют вручную, непосредственным воздействием на топливные насосы.

Всережимные регуляторы, автоматически поддерживающие любое заданное число оборотов на всем диапазоне рабочих чисел оборотов, применяют в случаях, когда колебания нагрузки имеют систематический характер.

По принципу действия регуляторы подразделяются на регуляторы прямого и непрямого действия.

Регуляторы, у которых чувствительный элемент служит одновременно и силовым органом для перестановки регулирующих органов, называются регуляторами прямого действия.

Если эту задачу выполняет специальное усилительное устройство (сервомотор), а чувствительный элемент предназначен только для управления сервомотором, то такие регуляторы называются регуляторами непрямого действия.

По расположению регуляторов на дизеле различают регуляторы автономные, установленные отдельно, и регуляторы, конструктивно объединенные с блочным топливным насосом.

На рис. 89 изображен всережимный регулятор прямого действия дизеля 6ЧРП 25/34.

Регулятор приводится во вращение конической шестерней *1*, находящейся в зацеплении с большой конической шестерней распределительного вала. Коническая шестерня *1* насажена на шпонке на вертикальный валик *2*, который вращается в подшипниках *3* и *4*. На валик *2* насажен шарнир *5* с закрепленными на его осях *6* двумя грузами *7* регулятора. При вращении валика *2*

грузы *7* под действием центробежной силы расходятся; при этом сухарь *8* поднимает вверх втулку *9*, подшипник *10*, муфту *11* и направляющую гильзу *12*, в результате чего рычаг *13* поворачивается вокруг оси валика *14*, на котором рычаг *13* закреплен неподвижно. С наружной стороны регулятора на валике *14* также неподвижно закреплен рычаг, соединенный с отсечным механизмом топливных насосов.

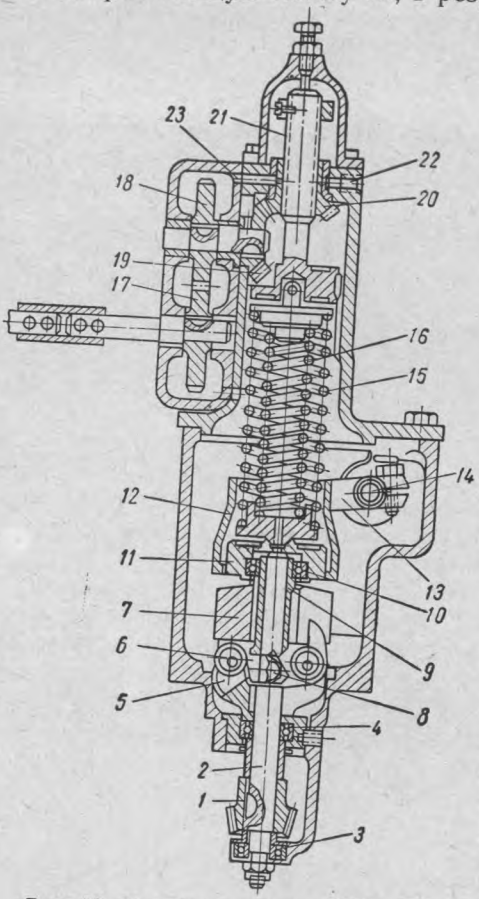


Рис. 89. Регулятор дизеля 6ЧРП 25/34

При увеличении нагрузки число оборотов двигателя падает, грузы *7* регулятора сходятся, муфта *11* опускается вниз и переставляет отсечной механизм на увеличение подачи топлива. В результате этого число оборотов возрастет до прежней величины.

При уменьшении нагрузки число оборотов возрастает, муфта *11* поднимается вверх и переставляет отсечной механизм на уменьшение подачи топлива, вследствие чего число оборотов уменьшается до прежней величины.

Число оборотов дизеля изменяется путем изменения затяжки пружин *15* и *16* регулятора, что достигается вращением маховичка поста управления на переднем торце дизеля. При вращении маховичка поста приводятся во вращение цилиндрические шестерни *17*, *18* и конические *19* и *20*. При вращении шестерни *20* получает поступательное движение нажимной винт *21*. Для смазки регулятора служат отверстия *22* и *23*.

§ 62. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Пусковые устройства. В зависимости от мощности и эксплуатационных требований дизели, применяемые на речном флоте, имеют следующие системы пуска в ход:

1) ручную (дизели мощностью до 30 *л. с.*);
2) сжатым воздухом (дизели всех мощностей);
3) электростартерную (быстроходные дизели мощностью до 300 *л. с.*).

Пуск сжатым воздухом применяется у дизелей подавляющего большинства типов. Электростартерный пуск имеют дизели 3Д6, 6Ч 12/14, 4Ч 10,5/13 и другие; у дизелей 3Д6 и 6Ч 12/14 есть также воздушный пуск, который служит резервным.

Пусковая система сжатого воздуха. Для пуска сжатым воздухом необходимо в определенной последовательности заполнить рабочие цилиндры сжатым воздухом и таким образом привести во вращение коленчатый вал дизеля. Число оборотов коленчатого вала должно быть таким, чтобы были обеспечены условия для начала работы дизеля с воспламенением топлива. Такие обороты коленчатого вала называются пусковыми. После того как дизель разовьет пусковые обороты, в цилиндры подается топливо.

Пусковая система сжатого воздуха состоит из следующих основных устройств: компрессора пускового воздуха; баллонов сжатого воздуха; трубопроводов высокого давления с арматурой; главного пускового (маневрового) клапана; распределителя пускового воздуха; пусковых клапанов рабочих цилиндров.

Производительность компрессоров, емкость баллонов и пусковая система в целом должны удовлетворять требованиям Правил Речного Регистра РСФСР. Согласно этим Правилам число баллонов должно быть не менее двух, а их суммарная емкость должна обеспечивать для реверсивных дизелей 12 последовательных пусков, начиная от холодного состояния дизеля, и 6 пусков для нереверсивных дизелей.

Нормальное рабочее давление в баллонах обычно составляет 25—30 *кГ/см²*.

Главный пусковой (маневровый) клапан служит для соединения пусковой магистрали дизеля с пусковыми баллонами в период пуска и для быстрого отключения ее по окончании пуска. Таким образом, посредством пускового клапана можно производить повторные пуски при открытых баллонах сжатого воздуха, поскольку магистраль отключается автоматически.

Главный пусковой клапан дизелей NVD 48 и NVD 36 изображен на рис. 90. Корпус *1* клапана закрыт сверху крышкой *2*. Клапан *3* установлен в корпусе в направляющей втулке *4*. Он опирается на седло *5* и сверху нагружен пружиной *6*. К клапану присоединен золотник *7*, который сообщает и разобщает полость *Б* с атмосферой. К штуцеру *8* присоединяется трубопровод, подводящий воздух к золотнику пневматического управления клапаном; к штуцеру *9* — трубопровод от золотника управления, а к штуцеру *10*—трубопровод к клапану блокировки.

При открытом золотнике пневматического управления (в то время, когда пусковая рукоятка находится в положении «Работа» или «Стоп») сжатый воздух, поступающий в полость *А*, проходит через штуцер *8* в золотник управления и, возвращаясь из

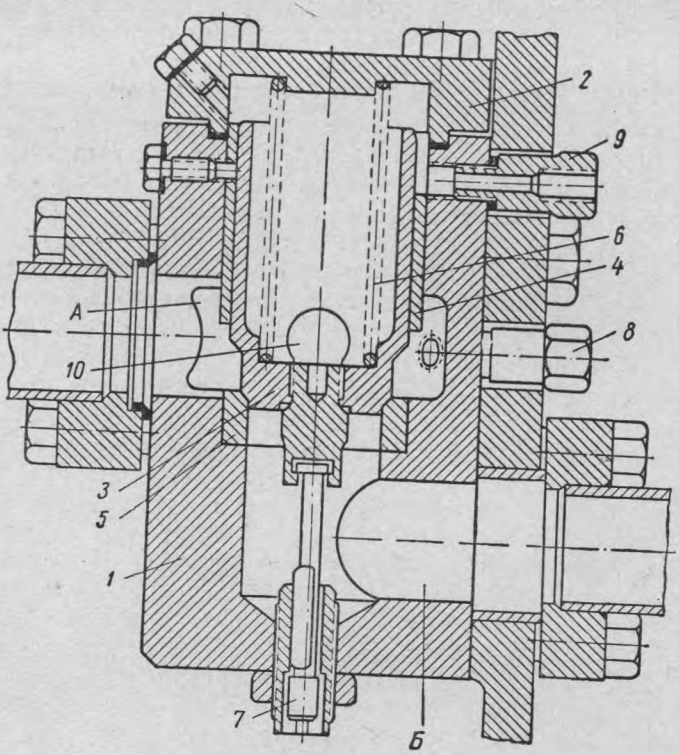


Рис. 90. Главный пусковой клапан дизелей типа NVD 48 и NVD 36

золотника через штуцер *9* и в полость над клапаном *3*, прижимает его к седлу. При переводе пусковой рукоятки в положение «Пуск» золотник управления перемещается, прекращает доступ сжатого воздуха в полость над клапаном *3* и разгружает трубопровод, соединенный со штуцером *9*, от давления воздуха. Тогда давление воздуха в полости *А* поднимет клапан *3*, и пусковой воздух, проходя из полости *А* в полость *Б*, поступает в коллектор пускового воздуха. Отсюда воздух направляется к пусковым клапанам, находящимся в крышках рабочих цилиндров. При подъеме клапана *3* вверх золотник *7* также поднимается вверх и разобщает полость *Б* с атмосферой.

Пусковые клапаны служат для поступления сжатого пускового воздуха в рабочие цилиндры дизеля. Открытие и закры-

тие пусковых клапанов согласуются с движением поршней в цилиндрах.

Для пуска дизеля минимальная продолжительность открытия пускового клапана должна быть равна: у четырехтактных дизелей—частному от деления 720° на число цилиндров; у двухтактных—частному от деления 360° на число цилиндров.

Пусковые клапаны большинства дизелей бывают двух типов: с воздушным приводом и автоматические.

На рис. 91 показан пусковой клапан с воздушным приводом дизеля 18Д. Клапан открывается воздухом, подводимым к его управляющему механизму от специального распределителя пускового воздуха.

Распределители пускового воздуха предназначаются для подачи воздуха, управляющего открытием пусковых клапанов, если последние имеют воздушный привод, или для подачи пускового воздуха к автоматическим пусковым клапанам.

Распределители воздуха в большинстве случаев выполняют с цилиндрическими золотниками, однако, имеется ряд конструкций с плоскими золотниками.

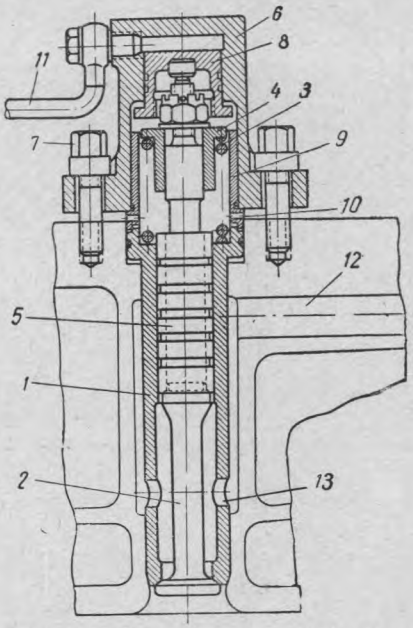


Рис. 91. Пусковой клапан дизеля 18Д:

1 — пусковой клапан; *2* — корпус клапана; *3* — пружина; *4* — тарелка; *5* — направляющая клапана; *6* — колпак; *7* — болты; *8* — разгрузочный поршень; *9* — втулка; *10* — отверстия для выпуска воздуха; *11* — трубка для подвода воздуха из распределителя пускового воздуха; *12* — канал для подвода воздуха; *13* — отверстие для подвода пускового воздуха

Распределители пускового воздуха, представляющие собой цилиндрические или плоские золотники, могут быть выполнены отдельно для каждого цилиндра, например, у дизелей типа NVD 48 и NVD 36, или собраны в одном блоке.

В первом случае эти распределители пускового воздуха называются распределительными золотниками. Они приводятся в действие от специальных шайб, насаженных на распределительном валу дизеля.

Дизели 18Д, ДР 30/50, типа 6L275 и 3Д6 имеют блочные распределители пускового воздуха. Они приводятся в действие от кулачных шайб, сидящих на распределительных валах.

Распределитель пускового воздуха с цилиндрическими золотниками дизеля 6S275L изображен на рис. 92. Внутри корпуса *1*

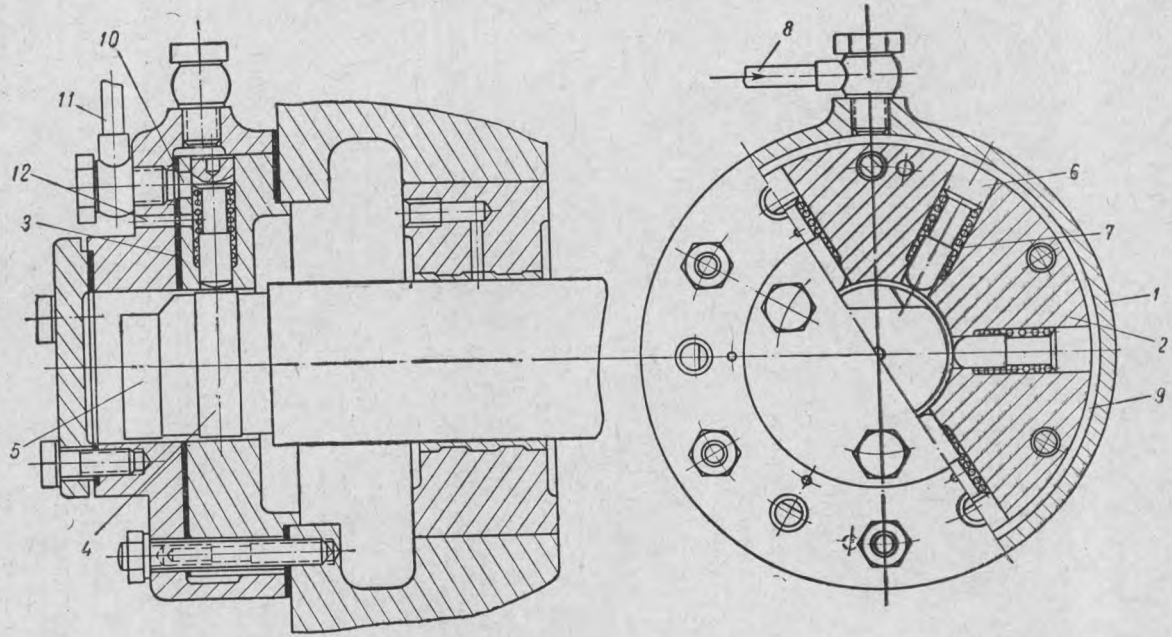


Рис. 92. Распределитель пускового воздуха **дизеля 6S275L**

распределителя, крепящегося шпильками к станине дизеля, имеется неподвижный диск *2*. Между ними находится уплотнительная прокладка *3*. В центре диска и корпуса имеется отверстие для прохода распределительного вала, на конце которого находятся кулачные шайбы переднего *4* и заднего *5* хода. Кулачные шайбы изготовлены за одно целое с валом и имеют скосы, которые образуют плавный переход между впадиной одной шайбы и цилиндрической поверхностью другой.

В шести радиальных каналах на диске *2* расположены цилиндрические золотники *6*. Во время работы дизеля золотники отжимаются пружинами *7* от боковой поверхности шайб (это положение показано на рис. 92).

При пуске дизеля в ход пусковой воздух, подводимый по трубке *8*, заполняет кольцевое пространство *9* между диском *2* и корпусом *1* и своим давлением прижимает золотники к боковой поверхности шайбы переднего или заднего хода.

Золотник, который окажется против участка впадины кулачной шайбы, переместится к центру кулачной шайбы и откроет отверстие *10*, вследствие чего пусковой воздух из пространства *9* через отверстие *10* поступит в трубу *11*, подводящую воздух к пусковому клапану соответствующего цилиндра.

Давление пускового воздуха вызовет перемещение поршня в цилиндре и вращение коленчатого, а значит, и распределительного вала. Поэтому шайба подойдет своим срезом к следующему золотнику, а первый золотник будет отжат цилиндрической поверхностью шайбы в исходное положение и воздух по трубе *11*, отверстиям *10* и *12* будет выходить в атмосферу.

В результате падения давления воздуха в трубопроводе пусковой клапан данного цилиндра под действием пружины закроется и, следовательно, пуск воздуха в цилиндр прекратится. При этом произойдет впуск воздуха в следующий цилиндр, золотник которого окажется против участка впадины кулачной шайбы.

При переводе пускового рычага поста управления в положение «Работа» сжатый воздух из трубки *8* и кольцевого пространства *9* выпускается в атмосферу и все золотники пружинами *7* отжимаются от боковой поверхности кулачной шайбы.

Реверсивные устройства. Для маневрирования судна, т. е. изменения его хода с переднего на задний и обратно, необходимо изменять направление вращения гребных винтов. Для этого все главные судовые дизели снабжают реверсивными устройствами. Направление вращения гребных винтов изменяют непосредственным изменением направления вращения коленчатого вала дизеля или изменением направления вращения гребного вала посредством реверсивных муфт, включаемых между дизелем и гребным валом.

При непосредственном реверсировании должна обеспечиваться остановка дизеля путем выключения подачи топлива,

изменение фаз подачи топлива и пускового воздуха, пуск дизеля и перевод его для работы на топливе с измененным направлением вращения коленчатого вала.

Главные дизели речных судов мощностью более 300 *л. с.* имеют реверсивные устройства с осевым передвижением распределительного вала, причем это передвижение производится различными способами: пневматическим или гидравлическим управлением или ручным приводом.

На рис. 93 показана схема управления дизеля 6NVD 48, по которой также можно проследить процесс реверсирования.

Воздух из пусковых баллонов подводится к главному пусковому клапану *1*, а от него к золотникам реверса *2* и пуска *3*.

Для пуска дизеля рукоятку управления *4* ставят в положение «Пуск». При этом угловой рычаг *5* при нажатии на золотник пуска *3* снимает давление с поршня главного пускового клапана *1*, сообщая полость над ним с атмосферой. Поршень главного пускового клапана при этом поднимается, и воздух от пусковых баллонов проходит по магистрали *6* к пусковым клапанам цилиндров. Одновременно воздух проходит к золотникам *7* и прижимает штоки поршеньков к кулачкам пусковых шайб распределительного вала. При попадании на срез кулачной шайбы поршенек опускается еще ниже и перепускает воздух из золотника *7* в золотник *8*, где отжимает поршенек и проходит под колпак пускового клапана *9*, открывая его. Воздух из магистрали *6* проходит в цилиндр дизеля и происходит пуск.

При достижении дизелем числа оборотов, достаточного для вспышки топлива, рукоятка управления *4* переводится в положение «Работа». При этом поршенек золотника пуска *3* под действием пружины возвращается на свое место, главный пусковой клапан закрывается, магистраль *6* разобщается от пусковых баллонов и воздух из нее стравливается через клапан *10* в атмосферу. Штоки золотников *7* возвращаются в верхнее положение, выходя из соприкосновения с пусковыми кулачными шайбами. Лекальная шайба *11* на конце валика рукоятки управления *4* при установке ее в положение «Работа» освобождает рычаг *14*, удерживающий тягу топливных насосов *13* в положении нулевой подачи. Сжатая пружина, давление которой усилено воздушным поршеньком *12* сервомотора тяги топливных насосов, передвинет при этом тягу в сторону увеличения подачи топлива, которое насосами *15* будет подаваться в цилиндры.

Для реверса рукоятку манипуляторного крана *16* переводят в положение, при котором вал дизеля будет вращаться в обратную сторону. Манипуляторный кран сообщает один из масляных баллонов *17* с воздушной магистралью *20*, а другой — с атмосферой. Затем рукоятку управления *4* ставят в положение «Реверс», кулак *21* приподнимает клапан золотника реверса *2* и воздух от главного пускового клапана идет в манипуляторный кран и далее в соединенный с ним масляный баллон. Под дав-

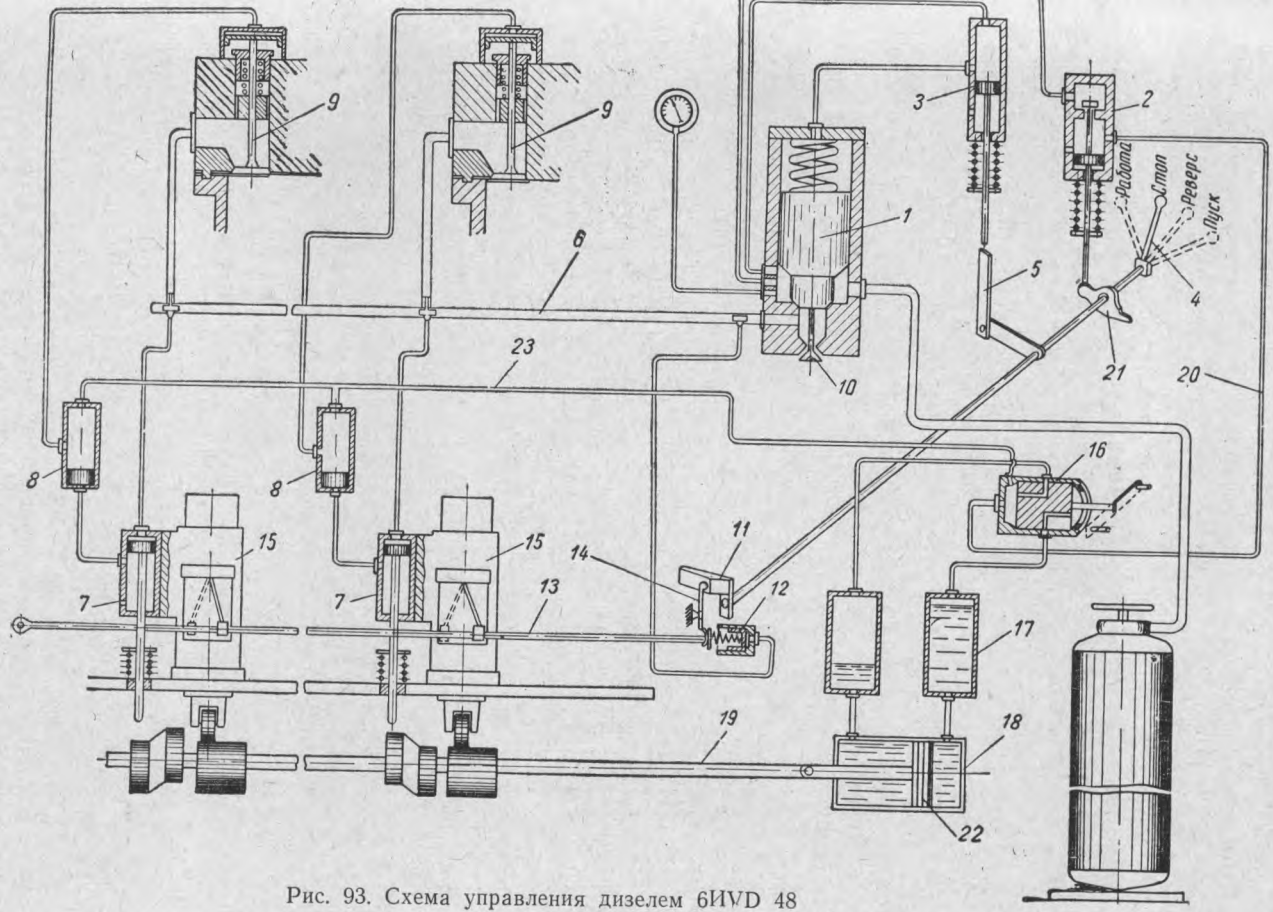


Рис. 93. Схема управления дизелем 6ИVD 48

лением воздуха масло поступает из баллона в сервомотор *18*, перемещает поршень *22*, а с ним и распределительный вал *19* дизеля. Косые кулачные шайбы распределительного вала при этом приподнимают рычаги клапанов распределения. Для снятия добавочного усилия на них вследствие компрессии в цилиндрах от манипуляторного крана по магистрали *23* воздух подается через золотники *8* под колпаки пусковых клапанов, сообщая, таким образом, все цилиндры дизеля через пусковую магистраль *6* и клапан *10* с атмосферой. Далее рукоятку управления *4* переводят в положение «Пуск», а затем — «Работа».

Пуск дизеля благодаря блокировке возможен только в конечных положениях рукоятки манипуляторного крана и поршня сервомотора, а перевод рукоятки манипулятора на реверс — только в положении «Стоп» рукоятки управления *4*.

При необходимости реверсирование может быть произведено вручную с помощью специального рычага.

Реверсирование при помощи реверсивных муфт применяется главным образом у дизелей небольшой мощности. Такой способ реверсирования применяется и у дизелей средней мощности в тех случаях, когда они устанавливаются на теплоходах, работа которых связана с частыми реверсами. Реверсивная передача усложняет силовую установку и увеличивает ее вес и габариты. Кроме того, реверсивные муфты некоторых конструкций не допускают длительной работы на заднем ходу, так как в этом случае они сильно нагреваются.

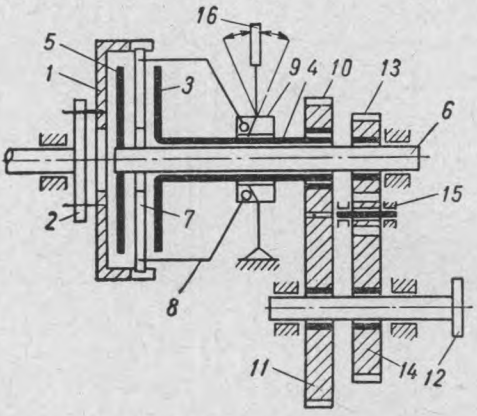


Рис. 94. Схема двухдискового реверс-редуктора:
1 — корпус дисков; *2* — ведущий вал; *3* — диск переднего хода; *4* — пустотелый вал; *5* — диск заднего хода; *6* — вал заднего хода; *7* — нажимный диск; *8* — рычажный механизм; *9* — муфта переключения; *10* — ведущая шестерня переднего хода; *11* — ведомая шестерня переднего хода; *12* — ведомый вал; *13* — ведущая шестерня заднего хода; *14* — ведомая шестерня заднего хода; *15* — паразитная шестерня; *16* — рычаг переключения

На рис. 94 показана схема распространенного двухдискового реверс-редуктора.

Многодисковый реверс-редуктор с гидравлическим управлением нереверсивного дизеля 6L275 изображен на рис. 95.

В чугунном корпусе реверс-редуктора установлены ведущий вал *1*, присоединенный к маховику двигателя, и ведомый вал *2*, на конце которого имеется фланец для соединения с гребным валом.

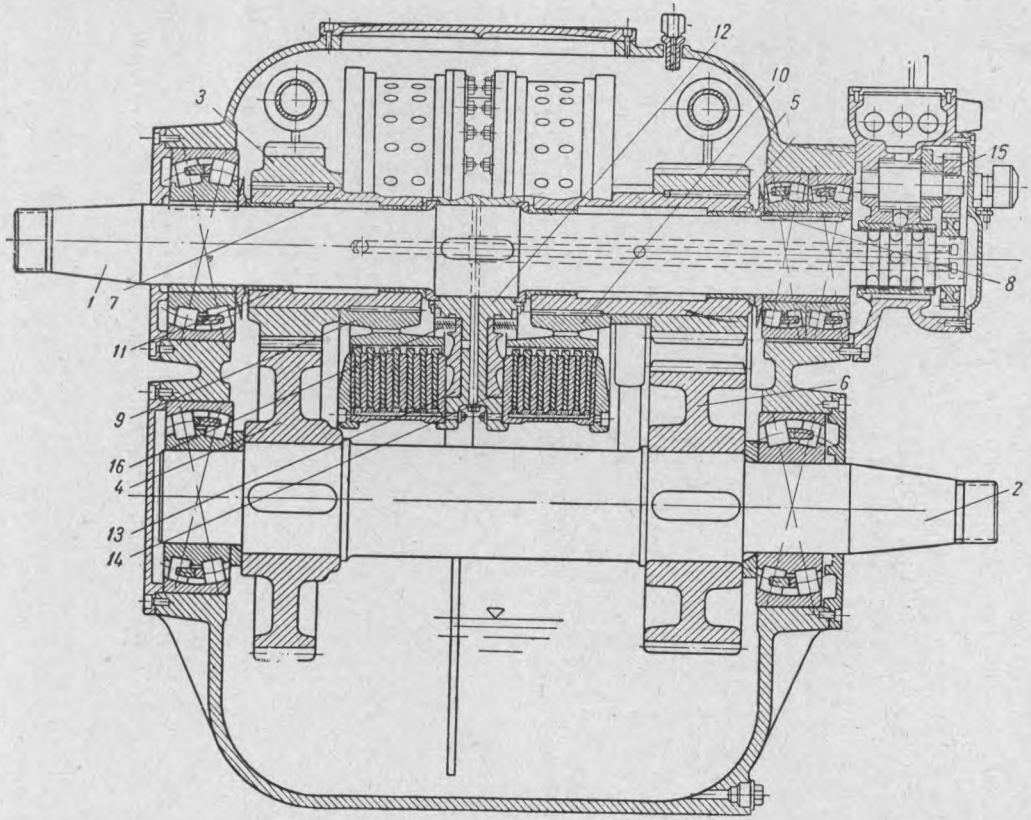


Рис. 95. Многодисковый реверс-редуктор с гидравлическим управлением дизеля 6L275

Валы установлены на конических роликовых подшипниках. Для передачи переднего хода служат шестерни *3* и *4*, а для передачи заднего хода — шестерни *5* и *6* и паразитная шестерня (на рисунке не показана). Ведущие шестерни *3* и *5* насажены на чугунные втулки *7* и *8*, на которых также закреплены барабаны дисковых муфт *9* и *10* переднего и заднего хода. Втулки свободно вращаются на валу на бронзовых втулках *11*. Внутренние диски у дисковых муфт—стальные, облицованные с двух сторон фрикционным материалом. Наружные диски — чугунные, без облицовки. Между дисковыми муфтами *9* и *10* на ведущем валу *1* закреплен диск *12*, соединенный с корпусами дисковых муфт. Дисковые муфты переднего и заднего хода включаются посредством нажимных поршней *13* и *14*, которые перемещаются силой давления масла, поступающего по сверлениям в ведущем валу *1* и диске *12* от шестеренчатого масляного насоса *15*. Дисковые муфты выключаются при прекращении подачи масла под действием пружин *16*. Зубчатый масляный насос приводится в действие от ведущего вала *1*. При воздействии масла на нажимной поршень *13*, как показано на рисунке, движение передается через шестерню *3* переднего хода; в этом случае ведомый вал *2* будет вращаться в направлении, обратном направлению вращения коленчатого вала дизеля. При этом шестерни передачи заднего хода вращаются вхолостую.

Когда масло воздействует на нажимной поршень *14*, движение передается через шестерни *5* и *6*, а также паразитную шестерню, что заставляет ведомый вал вращаться в том же направлении, что и коленчатый вал дизеля.

При отсутствии давления масла на нажимные поршни *13* и *14* все шестерни стоят на месте, а ведущий вал вращается вхолостую.

Масло нагнетается насосом в гидравлическую систему переключения и в систему смазки реверс-редуктора через два фильтра и маслоохладитель. Нижняя масляная ванна соединяется трубопроводом с всасывающей магистралью масляного насоса. Масло стекает в нижнюю часть корпуса реверс-редуктора. Масляная система закрытого типа.

Реверс-редуктор имеет счетчик числа оборотов, термометр, установленный в нижней части корпуса, и манометр, показывающий давление масла в нагнетательной магистрали насоса. Для определения уровня масла в корпусе служит мерительная линейка.

Ведущий вал реверс-редуктора правой модели вращается по часовой стрелке, а левой модели — против часовой стрелки.

§ 63. СИСТЕМЫ СМАЗКИ

Типы систем смазки. Система смазки предназначена для подачи масла ко всем трущимся деталям дизеля с целью умень-

шения трения и износов, а также для частичного отвода тепла, выделяющегося при трении.

В ряде случаев систему смазки, помимо основного назначения, используют для охлаждения головок поршней (например, у дизелей типа ДР 30/50 выпуска после 1957 г.) и для управления работой различных регулирующих устройств.

При наиболее распространенной комбинированной системе смазки производится циркуляционная смазка под давлением подшипников коленчатого вала (иногда и подшипников распределительного вала) и смазка разбрызгиванием трущейся пары: поршень — цилиндровая втулка. Комбинированную систему смазки имеют дизели 18Д, 6S275L, 3Д6, 6Ч 12/14, 4Ч 10,5/13 и др.

Принудительную систему смазки имеют дизели типа ДР 30/50, NVD 48 и NVD 36. Она состоит из системы циркуляционной смазки, осуществляющей смазку под давлением подшипников коленчатого вала, и отдельной системы смазки рабочих цилиндров, действующей от специального многоплунжерного масляного насоса-лубрикатора.

Из числа дизелей, эксплуатируемых на речном флоте, принудительную систему смазки цилиндров имеют только дизели типа ДР 30/50, NVD 48 и NVD 36.

В зависимости от местонахождения основного количества залитого в систему масла циркуляционная система смазки может быть с «мокрым» и «сухим» картером.

В системах с «мокрым» картером основной емкостью для масла служит поддон или нижняя часть картера дизеля. Специальный насос непрерывно забирает масло из поддона, оно очищается в фильтрах, охлаждается в холодильнике и после этого поступает в нагнетательную магистраль дизеля.

В этой системе для циркуляции масла требуется только один насос, не считая насоса для прокачивания системы смазки дизеля вручную.

В системах с «сухим» картером масло постоянно перекачивается одним или двумя отсасывающими насосами из поддона в особый отстойник, находящийся вне двигателя и называемый маслосборником. Из последнего масло после фильтрации и охлаждения подается в нагнетательную магистраль дизеля нагнетательным насосом.

Отсасывающий насос имеет бо́льшую производительность, чем нагнетательный, чтобы в маслосборнике всегда было масло. Часто отсасывающий насос состоит из двух секций, одна из которых засасывает масло из носовой части поддона, а вторая — из кормовой. Две отсасывающие и нагнетательная секции монтируются в одном корпусе (например, у дизелей 3Д6).

Система смазки с «сухим» картером применяется в тех случаях, когда суда должны работать при больших продольных и поперечных наклонах.

Преимущество системы смазки с «сухим» картером заключается в том, что масло непрерывно удаляется из картера, благодаря чему оно сравнительно малое время соприкасается с горячими газами и не успевает интенсивно окисляться.

Система смазки дизелей типа NVD 48 изображена на рис. 96. Циркуляционная система имеет двухсекционный шестеренчатый масляный насос. Отсасывающая секция *1* этого насоса подает собирающееся в картере масло по трубе *2* в навешенный на дизель маслосборник *3*. Нагнетательная секция *4* этого же насоса забирает масло из маслосборника *3* по трубе *5* и направляет его через двойной фильтр *6* к холодильнику *7* и далее в главную распределительную магистраль *8*. По ответвлениям *9* из распределительной магистрали масло поступает на смазку рамовых подшипников и далее по сверлениям в коленчатом вале и стержне шатуна на смазку шатунных и головных подшипников.

Подшипник маховика и ось промежуточной шестерни привода распределительного вала смазываются маслом, подводимым по трубке *10*.

Смазка подшипников распределительного вала производится по ответвлениям *11* трубки *12*, включенной в распределительную магистраль сразу же после холодильника.

Давление масла в необходимых пределах устанавливается регулировочным клапаном *13*.

Схема смазки дизеля предусматривает возможность включения двухсекционного резервно-масляного насоса *14*, работа секций которого и схема включения магистралей такие же, как и у насоса, навешенного на дизель. При соответствующем включении крана *15* резервно-масляным насосом можно прокачать дизель перед пуском и в аварийных случаях подать масло на смазку дизеля.

Навешенным на дизель ручным поршневым насосом *18* при соответствующем включении кранов *15*, *16* и *17* можно также прокачать систему смазки маслом или откачать его из дизеля.

Манометры *19* и *20* показывают давление масла до и после фильтра.

При слишком холодном масле клапан *21* перепускает масло помимо холодильника непосредственно в распределительную магистраль.

Кран *22* служит для переключения в период работы дизеля с одной секции на другую.

Смазка цилиндров дизеля, регулятора и компрессора производится насосами высокого давления плунжерного типа (лубрикаторами), позволяющими точно дозировать количество подаваемого масла.

Масляные насосы. В современных двигателях в качестве насосов циркуляционной смазки применяют насосы шестеренчатого типа.

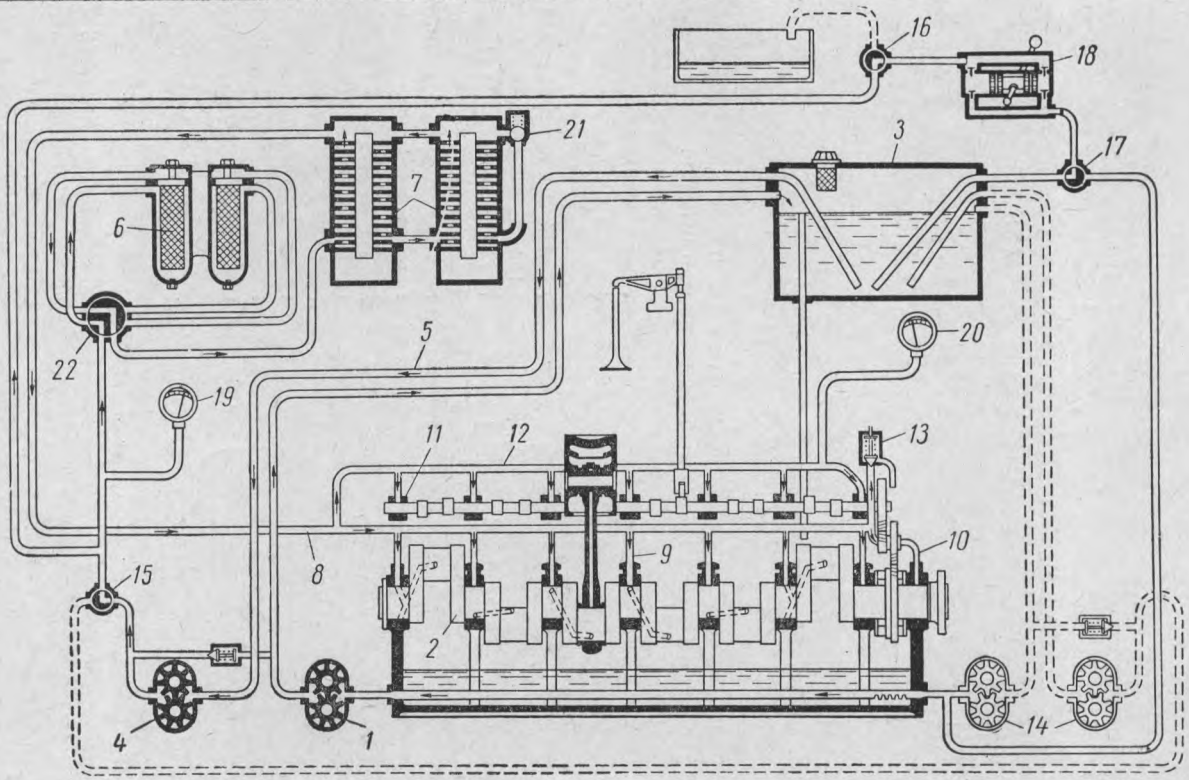


Рис. 96. Система смазки дизелей типа NVD 48 и NVD 36

Насосы имеют перепускной клапан с пружиной, с помощью которой можно регулировать давление масла, подаваемого на смазку деталей дизеля.

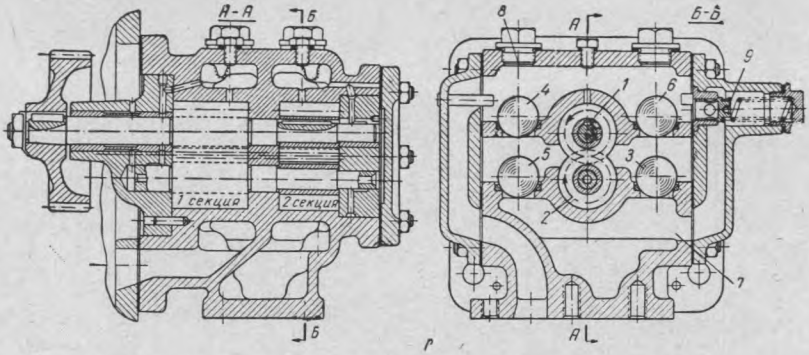


Рис. 97. Двухсекционный масляный насос дизелей типа NVD 48 и NVD 36

У реверсивных дизелей шестеренчатые насосы выполняют с автоматическими клапанами, обеспечивающими подачу масла независимо от направления вращения коленчатого вала дизеля.

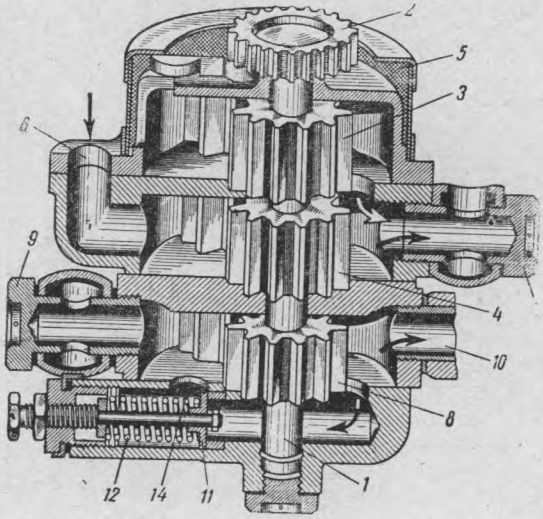


Рис. 98. Трехсекционный масляный насос дизеля 3Д6:

1 — валик; *2* — шестерня; *3* — ведущая шестерня верхней откачивающей секции; *4* — ведущая шестерня средней откачивающей секции; *5* — фильтрующая сетка; *6* — патрубок для подвода масла; *7* — штуцер для отвода масла в маслопровод; *8* — ведущая шестерня нагнетательной секции; *9* — штуцер для подвода масла из расходного масляного бачка; *10* — отверстие для подвода масла к масляному фильтру; *11* — редукционный клапан; *12* — отверстие для перепуска избыточного масла

Шестеренчатый масляный насос реверсивных дизелей типа NVD 48 и NVD 36 (рис. 97) имеет две секции, работающие самостоятельно. Во время работы дизеля на передний ход шестерни *1* и *2* вращаются в направлении, показанном на рисунке стрелками.

Масло, поступающее в полость *7*, засасывается через всасывающий клапан *3* и выталкивается в полость *8* через нагнетательный клапан *4*. Клапаны *5* и *6* прижимаются в это время к своим седлам давлением масла в нагнетательных камерах.

При изменении направления вращения коленчатого вала, а значит, и шестерен насоса, масло будет засасываться из полости *7* через всасывающий клапан *5* и выталкиваться в полость *8* через нагнетательный клапан *6*, а клапаны *3* и *4* будут прижаты к своим седлам. При повышении давления сверх установленной нормы редукционный клапан *9* перепускает часть масла из нагнетательной полости *8* обратно в полость *7*.

Трехсекционный масляный насос нереверсивного дизеля 3Д6 показан на рис. 98.

Фильтры масла применяют для очистки масла от механических примесей, образующихся в результате износа трущихся частей, а также от продуктов старения масла — смолистых

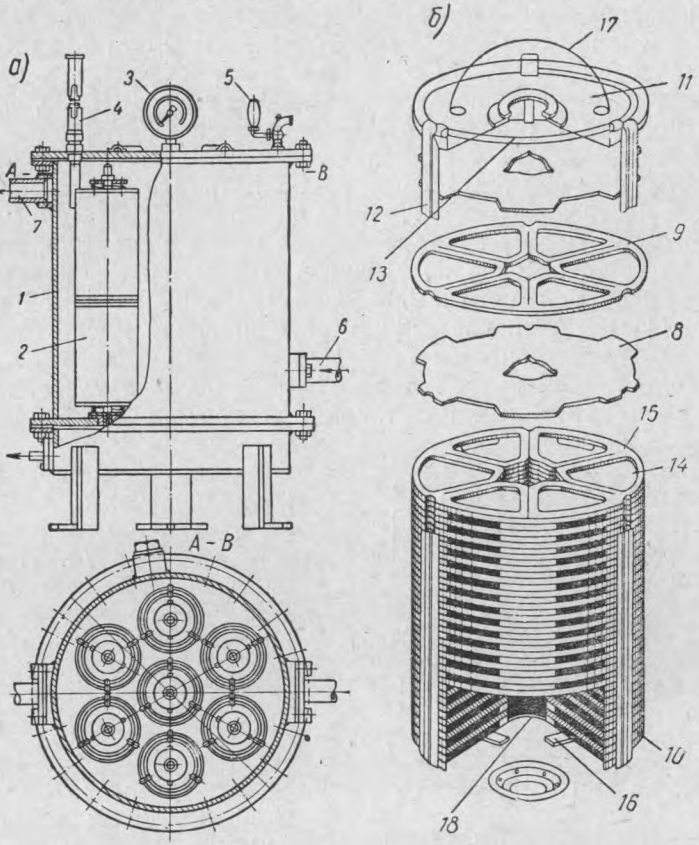


Рис. 99. Фильтр типа АСФО-1 дизелей ДР 30/50

соединений. Очистка масла позволяет удлинить срок его службы.

По назначению масляные фильтры разделяются на фильтры грубой и тонкой очистки масла.

Фильтры грубой очистки, задерживающие наиболее крупные примеси, пропускают все циркулирующее в системе масло. Как правило, их устанавливают до холодильника масла, так как они оказывают меньшее сопротивление при проходе через них более горячего масла, обладающего меньшей вязкостью.

Фильтры тонкой очистки масла, как правило, включают в систему смазки параллельно; они пропускают только часть циркулирующего масла.

Для возможности поочередного включения и выключения секций фильтра при их очистке на ходу дизеля масляные фильтры чаще всего выполняют сдвоенными.

Масляные фильтры сетчатого типа выполняют цилиндрическими дисковыми. Фильтрующим элементом служит латунная сетка, ячейки которой имеют размер в свету 0,125; 0,15 и 0,18 *мм*. Средняя скорость масла в фильтрах этого типа 2—4 *м/сек*.

Фильтр тонкой очистки масла дизелей типа ДР 30/50 состоит из корпуса *1* (рис. 99, *а*), фильтрующих патронов *2*, манометра *3*, термометра *4* и краника *5* для выпуска воздуха. Горячее масло подводится к фильтру по патрубку *6* и отводится в верхней части патрубком *7*. Через фильтрующие патроны в центральную их трубку попадает только около 5% масла. Из центральной трубки масло поступает в нижнюю часть корпуса, отделенную от большой камеры фильтра непроницаемой перегородкой. Из нижней части фильтра очищенное масло отводится в маслосборник двигателя.

Фильтрующий патрон АСФО-1 (рис. 99, *б*) представляет собой набор картонных пластинок *8* и картонных прокладок *9*, соединенных при помощи донышка *10* и крышки *11* металлическими стяжками *12*, скрепленными проволочным кольцом *13*. Прокладки *9* образуют отсеки *14*, отделенные друг от друга радиальными спицами, вдоль которых к центру прокладок идут выдавленные на их поверхности каналы *15*. В центральные отверстия крышки *14* и донышка *10* вставлены уплотнительные кольца *16*. Крышка имеет ручку *17*, а донышко *10* снабжено перепускным отверстием *18*, обеспечивающим постоянную циркуляцию масла через фильтр.

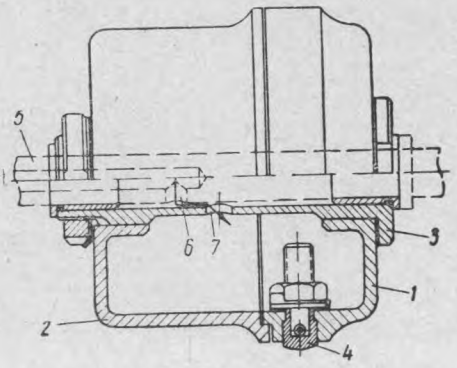


Рис. 100. Центрифуга дизеля 6ЧСП 18/22

В последнее время начинают получать широкое распространение центрифуги (фильтры тонкой очистки масла центробежного типа).

На рис. 100 изображена центрифуга дизеля 6ЧСП 18/22. Она состоит из корпуса *1* и крышки *2* ротора, стяжной втулки *3*, двух сопел *4* и валика *5*. Сопла расположены касательно к корпусу ротора. Валик *5* шестерни привода топливных насосов, на который насажена центрифуга, имеет отверстия *6*. По этим отверстиям, а также по отверстиям *7* в стяжной втулке масло с давлением 6 *кГ/см*^{2} поступает в полость ротора. Поскольку ротор имеет сопла, масло выходит через отверстия этих сопел наружу в виде туманообразной масляной пыли, заставляя ротор центрифуги вращаться со скоростью 5500 *об/мин*. При этом взвешенные частицы, находящиеся в масле, под действием центробежной силы осаждаются на внутренних стенках центрифуги.

Масляные холодильники. Отнимая тепло у трущихся деталей, масло нагревается в двигателе до температуры 60—80°С.

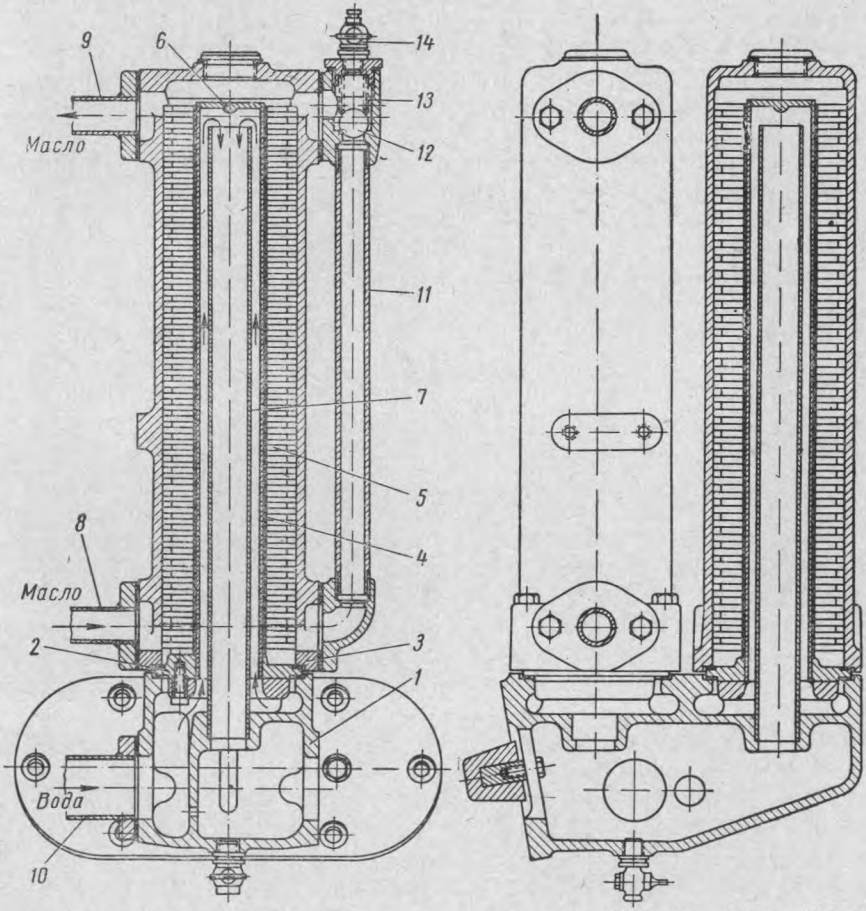


Рис. 101. Масляный холодильник дизелей типов NVD 48 и NVD 36

Для охлаждения масла в системе смазки применяют специальные холодильники поверхностного типа, охлаждаемые проточной водой.

Дизели типа NVD 48 и NVD 36 имеют холодильники масла пластинчатого типа (рис. 101). Холодильник масла состоит из двух корпусов *1*, на каждом из которых установлено по два одинаковых фильтрующих элемента, работающих параллельно.

В верхней стенке корпуса *1* имеются две расточки, в которых устанавливаются на прокладках фланцы *2*. Последние прижимаются к корпусу кожухом *3*. К фланцу приварена труба *4*, на которой помещаются пластинчатые вставки *5* (патрон охладителя). Пластинчатые вставки имеют отверстия, причем отверстия в соседних вставках не совпадают. Труба *4* закрыта сверху заглушкой *6*, а внутри нее находится труба *7*, приваренная к продольным перегородкам. Масло подводится по трубе *8* и, направляясь снизу вверх, проходит через отверстия пластинчатых вставок. При этом направление его в каждой паре соседних пластин изменяется, благодаря чему создается вихревой поток масла и, таким образом, достигается хорошее охлаждение. Масло отводится по патрубку *9*.

Вода для охлаждения масла поступает в корпус первой пары элементов от поршневого насоса по трубе *10*. Поднимаясь в пространстве между трубами *4* и *7*, вода отбирает тепло у нагретого масла, переходит в трубу *7* и направляется далее для охлаждения второй пары элементов холодильников.

Если масло холодное, то вследствие резкого увеличения давления оно автоматически перепускается мимо вставок холодильника и по перепускным трубам *11* с шариковыми клапанами *12*, нагруженными пружинами *13*, направляется непосредственно в систему смазки. Сверху над клапанами установлены пробные краны *14*.

§ 64. СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

Типы систем охлаждения. В судовых дизелях применяют только водяную систему охлаждения, причем ее выполняют главным образом как двухконтурную.

Проточная система охлаждения (забортной водой) применяется у вспомогательных дизелей, а также у главных дизелей, установленных на судах прежней постройки. В настоящее время проточные системы при модернизации судов постепенно заменяются замкнутыми.

Замкнутая система охлаждения дизелей типа NVD 48 и NVD 36, показанная на рис. 102, состоит из системы охлаждения внутреннего контура и системы забортной воды (внешнего контура).

Путь воды во внутреннем контуре следующий: центробежный водяной насос *1* засасывает воду по трубе *2*, из зарубашечного пространства выпускного коллектора *7*. По пути эта вода

проходит через водяной холодильник *3*. Дальше насос по трубе *4* нагнетает эту воду в распределительный трубопровод и присоединенные к нему нижние части масляного холодильника (водяной холодильник может быть также подсоединен на нагнетательной магистрали центробежного насоса). Отсюда пресная вода поступает в зарубашечное пространство блока цилинд-

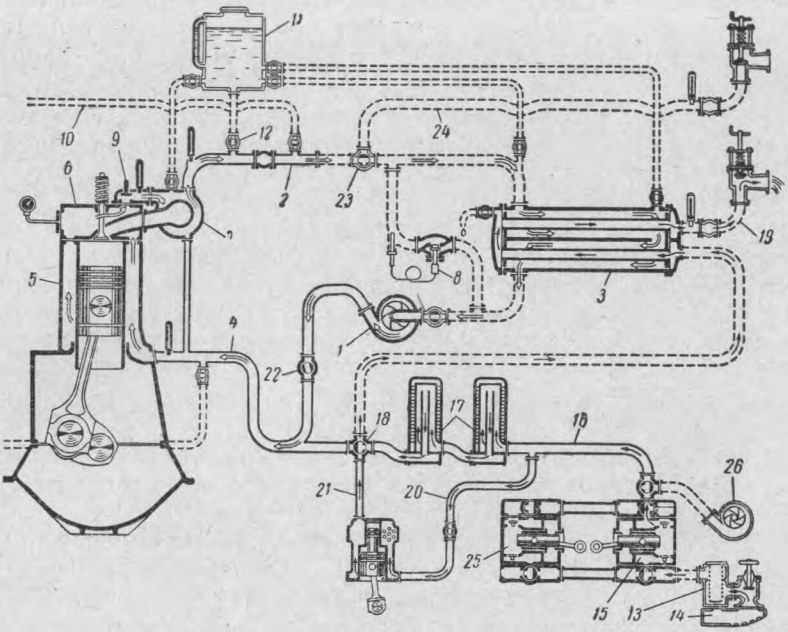


Рис. 102. Замкнутая система охлаждения дизелей типов NVD 48 и NVD 36

ров *5* и по отдельным патрубкам направляется в пространства охлаждения крышек цилиндров *6*, а затем через переливные патрубки в водяную рубашку выпускного коллектора. Отсюда нагретая вода поступает в водяной холодильник *3*. Температуру воды отдельных цилиндров регулируют кранами (заслонками) *9*, установленными в переливных устройствах. Для автоматического поддержания постоянной оптимальной температуры в замкнутой системе охлаждения при всех режимах имеется терморегулятор *8*. Когда температура охлаждающей воды становится ниже допустимой, терморегулятор перепускает часть воды внутреннего контура помимо водяного холодильника.

Для предварительного подогрева дизеля перед пуском в холодное время года возможно подключение трубопровода *10* горячей воды от судовой системы. Расширительный бачок *11* установлен на 1,5—2 *м* над дизелем и соединяется с наивысшей точкой замкнутой системы. Кран *12* должен быть открыт.

Забортная вода через фильтры *13* из кингстона *14* засасывается поршневым насосом *15* и нагнетается по трубе *16* в масляные холодильники *17*. Проходя через холодильники и забирая тепло от циркулирующего в них масла, вода через трехходовой кран *18* поступает в водяной холодильник *3* на охлаждение воды внутреннего контура и затем по трубе *19* за борт.

Магистраль забортной воды до масляных холодильников имеет ответвление *20* на охлаждение компрессора. От компрессора вода отводится по трубе *21* в общую магистраль забортной воды.

При аварии центробежного насоса или водяного холодильника дизель можно перевести на охлаждение забортной водой. Для этого необходимо перекрыть кран *12* расширительного бака, трехходовой кран *18* поставить в положение «Резерв» и закрыть регулировочный клапан *22*. От поршневого насоса *15* забортная вода пойдет по трубе *4* в распределительную магистраль. Вода отводится по трубе *24* через переключающий кран *23*. Трюмно-осушительный насос *25* служит для откачивания воды из корпуса судна; насос забортной воды *26* резервный.

К основным преимуществам замкнутой системы охлаждения относятся:

1) возможность иметь на входе в полости охлаждения дизеля температуру воды 65—75°С, благодаря чему достигается меньший удельный расход топлива;

2) возможность поддерживать стабильный температурный режим цилиндровых втулок и других деталей дизеля вследствие небольшого температурного перепада (10—15°С) на входе и выходе охлаждающей воды.

3) возможность быстрого подогрева масла в системе смазки нагретой водой внутреннего контура при отключении забортной охлаждающей воды;

4) увеличение срока службы полостей охлаждения дизеля, а также холодильников, благодаря применению чистой воды во внутреннем контуре (при проточной системе забортная вода, как правило, несет песок, или другие примеси).

Водяные холодильники. Для охлаждения воды внутреннего контура в замкнутых системах охлаждения применяют главным образом трубчатые холодильники.

Конструкция водяного холодильника дизелей типа NVD 48 и NVD 36 показана на рис. 103. Водяной холодильник состоит из корпуса *1*, представляющего собой чугунную отливку, закрытую с обоих концов крышками *2* и *3*. Внутри корпуса помещается трубная секция, состоящая из трубных досок *4* и *5* с укрепленными в них трубами *6*. Трубная доска *4* своим фланцем установлена в разъем корпуса с крышкой *2* и уплотнена двумя резиновыми кольцами. Трубная же доска *5* жестко с корпусом не соединяется, а лишь уплотняется с его внутренней ци-

линдрической поверхностью одним медным и двумя резиновыми кольцами, что позволяет трубам свободно расширяться при нагревании.

Трубопроводы забортной воды подключаются к крышке *2*, а трубопроводы воды внутреннего контура — к корпусу через патрубки *7* и *8*. Забортная вода протекает по трубам, а вода внутреннего контура омывает эти трубы снаружи.

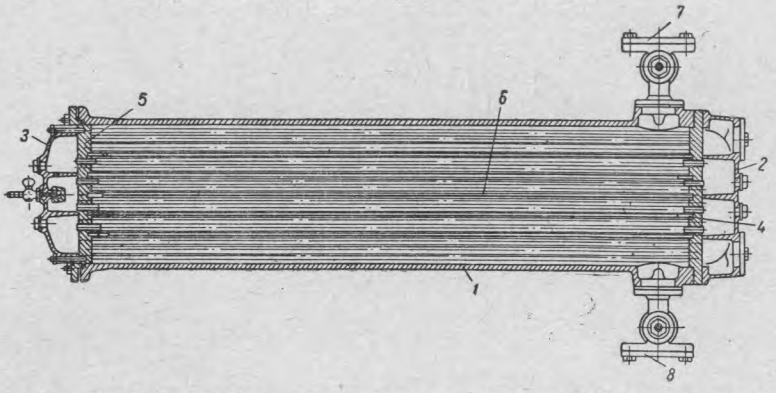


Рис. 103. Водяной холодильник дизелей типа NVD 48 и NVD 36

Таким образом, горячая вода внутреннего контура охлаждается проточной забортной водой.

Водяные насосы. Для создания циркуляции воды в системах охлаждения дизелей применяют поршневые, центробежные и крыльчатые насосы. Наибольшее распространение получили поршневые и центробежные водяные насосы. Наиболее надежны поршневые насосы.

Центробежные насосы применяют в таких системах, где насосы всегда могут быть заполнены водой.

Показанный на рис. 104 центробежный насос дизеля 6ЧРП 25/34 приводится в действие от коленчатого вала дизеля через шестерню *1*. Бронзовый корпус насоса *2* крепится к кронштейну *3* болтами. Вал *4* укреплен в кронштейне *3* на шариковых подшипниках *5* и *6*. Рабочее колесо *7* имеет десять лопаток. Оно посажено на консольную часть вала на шпонке *8* и закреплено глухой гайкой *9*. Во избежание просачивания воды в полость кронштейна, заполненную маслом, а затем в картер дизеля, вал насоса уплотнен резиновой втулкой *10*. Вода, просочившаяся через втулку *10*, отбрасывается буртом вала насоса и сливается по отверстию *11* в кронштейне.

Шариковые подшипники *5* и *6* смазываются маслом, разбрызгиваемым шестерней *1* и попадающим через отверстие в полость кронштейна *3*. Масляная полость уплотнена лабиринтовым уплотнением *12* и отражателем *13*.

С торца корпус насоса закрыт крышкой *14* с прокладкой. К крышке крепится фланец с приваренной к нему всасывающей трубкой. Вода из рабочей полости насоса спускается через кран *15*.

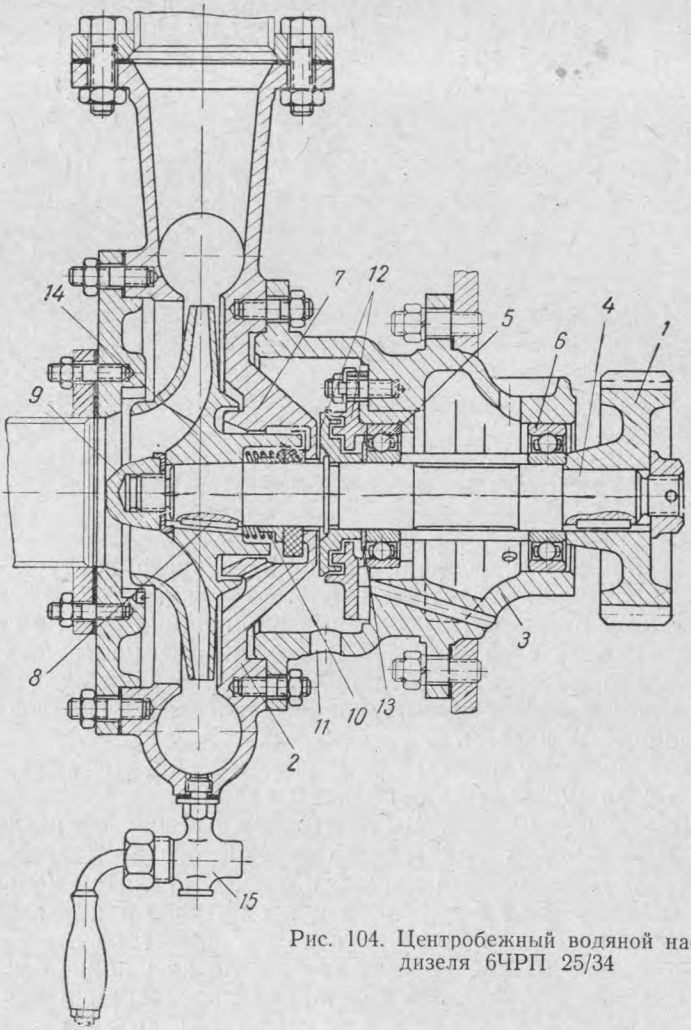


Рис. 104. Центробежный водяной насос дизеля 6ЧРП 25/34

Рабочее колесо *7*, вращаясь, засасывает по всасывающей трубе воду и нагнетает ее в нагнетательный трубопровод системы охлаждения дизеля.

ГЛАВА XI

КОНСТРУКЦИИ НЕКОТОРЫХ ДИЗЕЛЕЙ, УСТАНОВЛЕННЫХ НА РЕЧНЫХ СУДАХ

В табл. 11 приведены характеристики главных дизелей, применяемых на речных судах.

§ 65. ДИЗЕЛИ ТИПА 6L275

Дизели типа 6L275 — шестицилиндровые четырехтактные с непосредственным смесеобразованием. На речном флоте эксплуатируются дизели различных марок данного типа. Эти дизели отличаются друг от друга использованием мощности и некоторыми конструктивными особенностями; дизели 6S275L — реверсивные с редуктором, органов управления на дизеле нет, они смонтированы на отдельном посту управления; дизели 6L275Rr/II — реверсивные с редуктором. Кроме отдельного выносного поста управления, они имеют также органы управления, смонтированные непосредственно на дизеле; 6L275 — нереверсивные с реверс-редуктором, без органов управления на самом дизеле; 6L275Rr/II PN и 6L275-PN — дизели, конструкция которых аналогична конструкции дизелей 6L275Rr/II и 6L275, но с наддувом.

Дизели типа 6L275 установлены на следующих речных судах:

1) на буксирных теплоходах мощностью 600 *л. с.* проект № 10 — по два дизеля марки 6S275L с регулировкой мощности 323 *л. с.* при 412 *об/мин.* Передаточное отношение редуктора 1,35 : 1;

2) на буксирных теплоходах мощностью 800 *л. с.* типа Ч-800 — по два дизеля марки 6L275 с регулировкой мощности 400 *л. с.* при 550 *об/мин.* Передаточное отношение реверс-редуктора 2,75 : 1;

3) на буксирных теплоходах мощностью 1100 *л. с.* типа Ч-1100 — по два дизеля марки 6L275-PN с регулировкой мощ-

Характеристика	Размерность	Марки						
		18Д	6ЧРП 25/34	4ДР 30/50 и 6ДР 30/50	6S275L	6L275Rr/II	6L275	6L275-PN
Номинальная мощность	*л. с.*	300 400	300	400 600	323	375	400	550
Число оборотов	*об/мин*	300 400	500	300	412	500	550	500
Тактность	—	4	4	2	4	4	4	4
Диаметр цилиндра	*мм*	300	250	300	275	275	275	275
Ход поршня	"	380	340	500	360	360	360	360
Число цилиндров	шт.	6	6	4 и 6	6	6	6	6
Рабочий объем цилиндров	*л*	161,8	100,0	141 212	128,3	128,3	128,3	128,3
Степень сжатия	—	14,5	14,0	12,9	14,2	14,2	14,2	11,5
Средняя скорость поршня	*м/сек*	3,80 5,06	5,67	5,0	4,95	6,0	6,6	6,0
Среднее эффективное давление	*кГ/см²*	5,65	5,4	4,25	5,5	5,27	5,1	7,72
Литровая мощность	*л. с./л*	1,85 2,47	3,0	2,84	2,52	2,92	3,1	4,29
Степень форсировки	$\frac{кГм}{см^2 \cdot сек}$	10,73 14,30	15,25	21,25	13,6	15,81	16,93	23,16
Удельный вес	*кг/л.с.*	41,7 31,3	32,2	37,5 30,8	38,7	33,6	31,5	22,7
Литровый вес	*кг/л*	77,0	96,0	105	97,4	97,4	97,4	97,4
Удельный расход топлива	*г/э.л.с.ч*	180	175	185	175	175	179	165
Удельный расход масла	*г/э.л.с.ч*	5,0	5,0	2,5	4,8	4,8	7,2	3,0

* Ход поршня с прицепным шатуном.

ности 550 *л. с.* при 500 *об/мин*. Передаточное отношение реверс-редуктора — такое же, как и у теплоходов типа Ч-800;

4) на грузовых теплоходах грузоподъемностью 2000 *т* (проекты № 11 и 576) — по два дизеля марки 6S275L или 6L275Rr/II с регулировкой мощности 375 *л. с.* при 500 *об/мин* или по два дизеля 6L275Rr/II-PN с регулировкой мощности 550 *л. с.* при 500 *об/мин*;

5) на грузовых теплоходах грузоподъемностью 1000 *т* (проект № 573) — по два дизеля одной из марок: 6S275L, 6L275Rr/II, 6L275Rr/II-PN с той же регулировкой мощности, что и на других теплоходах. Дизели установлены без редукторов.

6) на пассажирских дизель-электроходах мощностью 800 *л. с.* — по два дизеля марки 6L275 с регулировкой мощно-

Таблица 11

дизелей

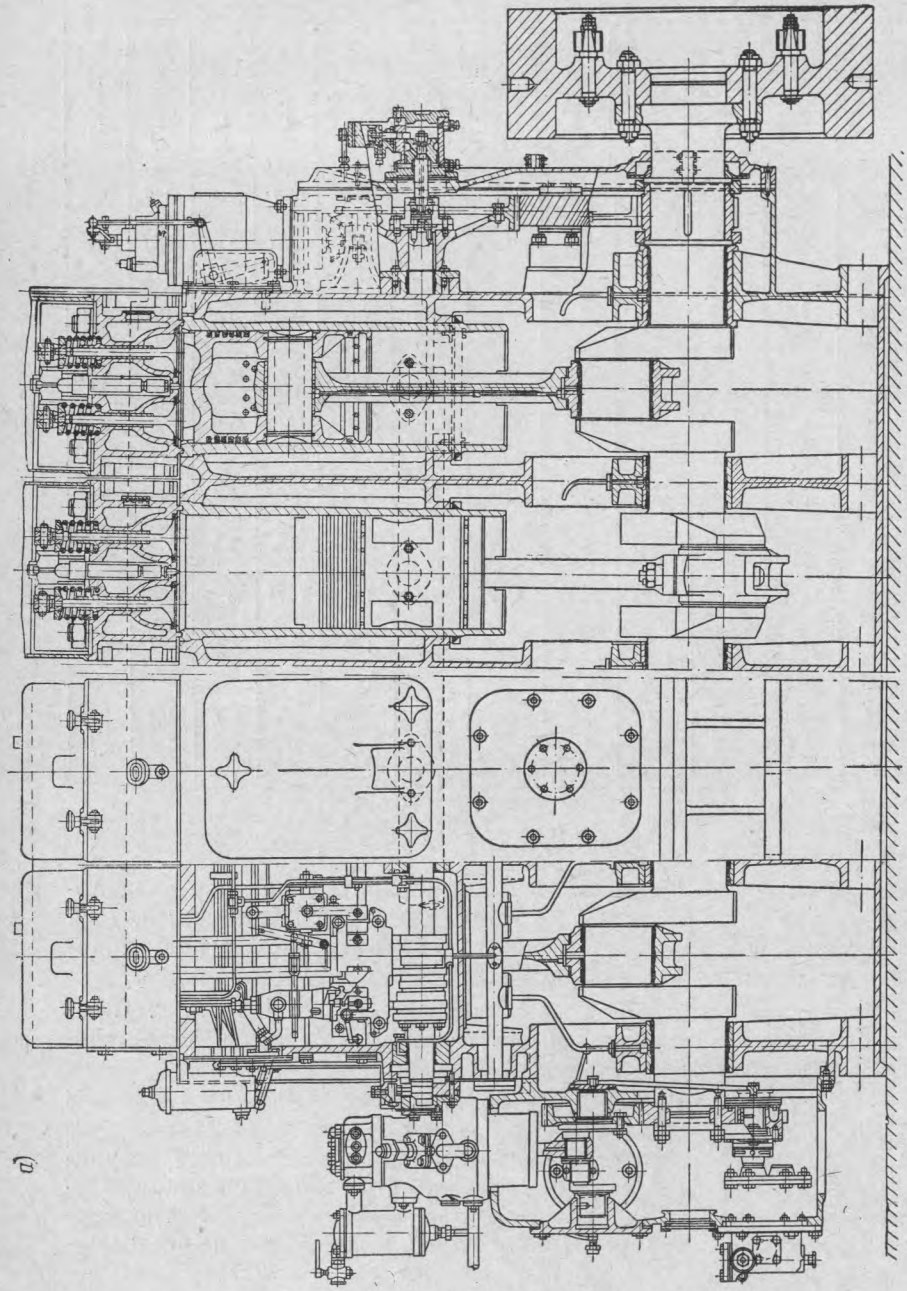
8NVD 36	8NVD 36A	6NVD 48	8NVD 48	8 NVD 48A-2	М50	Д50	3Д6	6ЧСП 12/14	6ЧСП 18/22	6L160PNS	6NVD26
300	400	400	670	1000	900	900	140	80	150	190	180
400		400									
		500									
360	350	275	350	375	1640	720	1500	1500	750	750	750
500		300									
		350									
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
240	240	320	320	320	180	318	150	120	180	160	180
360	360	480	480	480	200	330	180	140	220	225	260
					209,8*						
8	8	6	8	8	12	6	6	6	6	6	6
130,0	130,0	231,6	308,8	308,8	62,4	157,2	19,1	9,48	33,5	27,1	39,6
14,4		14,2	14,2	13,3	13—14	11—12,5	14—15	16,0	14,0	13,5	—
4,32	4,2	4,4	5,6	6,0	10,9	7,92	9,0	7,0	5,5	5,63	6,5
6,00		4,8									
		5,6									
5,76	7,9	5,66	5,55	7,78	7,9	7,18	4,4	5,06	5,4	8,4	5,45
5,54		5,20									
		5,55									
2,3	3,07	1,73	2,17	3,24	14,4	5,7	7,3	8,4	4,5	7,0	4,54
3,07		1,73									
		2,16									
12,44	16,59	12,45	15,54	23,34	43,0	28,4	19,8	17,71	14,85	23,65	17,7
16,62		12,48									
		15,54									
34,0	26,3	46,2	34,5	23,15	—	19,0	13,2	14,1	26,0	20,0	23,9
25,5		46,2									
		37,0									
80	80	80	75	75	—	108	97	119	116	140	109
175	160	175	175	160	184	184	190	220	174	177	172
2,7		3,0	3,0		12,0	6,0	12,0	7,8	4,0	4,0	3,7

сти 400 *л. с.* при 550 *об/мин.* Дизели работают на два электрогенератора постоянного тока мощностью 275 *квт* каждый. Для вращения гребных винтов служат два электромотора постоянного тока мощностью 250 *квт* каждый;

7) на пассажирских теплоходах мощностью 1575 *л. с.* (проект № 588) — по три дизеля марки 6L275Rr/II-PN с регулировкой мощности 525 *л. с.* при 480 *об/мин.*

Продольный и поперечный разрезы дизеля 6S275L показаны на рис. 105, *а* и *б*.

Фундаментная рама — с плоскими поперечными перегородками внутри, в которых находятся рамовые подшипники. Последний подшипник упорный. Дно рамы образует маслосборник, в который стекает отработавшее масло. Вкладыши рамовых подшипников — стальные, состоят из двух взаимозаменяемых половин, залитых баббитом.



а)

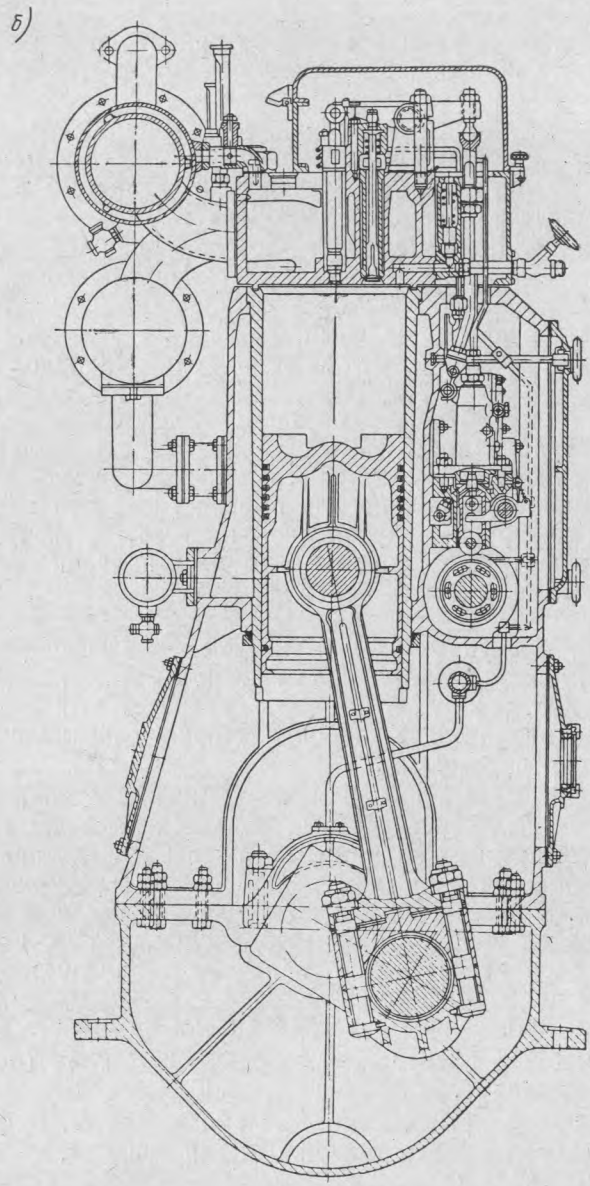


Рис. 105. Дизель 6S275L:
а — продольный разрез; *б* — поперечный разрез

Блок цилиндров крепится к фундаментной раме болтами. На крышках люков блока расположены предохранительные клапаны.

Цилиндровые втулки в верхней торцовой поверхности имеют кольцевую канавку, в которую входит буртик крышки цилиндра. Втулки цилиндров в нижней части уплотняются резиновым кольцом, прижимаемым к торцовой поверхности блока фланцем. В настоящее время такое уплотнение заменяется уплотнением из двух резиновых колец, вставляемых в выточки нижнего пояска втулки (как у дизелей 18Д).

Крышки цилиндров крепятся к блоку шпильками. В каждой крышке имеются впускной, выпускной, пусковой и предохранительный клапаны, а также форсунка.

Коленчатый вал — цельный. В щеках его имеются сверления для подвода масла от коренных подшипников к шатунным.

Шатун имеет стержень двутаврового сечения. В верхнюю головку шатуна запрессована стальная втулка, залитая свинцовистой бронзой. На ряде дизелей используются втулки из оловянистой бронзы. Масло для смазки головного подшипника подводится по трубке, укрепленной на стержне шатуна. Нижняя головка шатуна — отъемная, из двух половин без вкладышей. Рабочая поверхность половин нижней головки залита баббитом.

Поршни — чугунные и алюминиевые. Каждый поршень имеет пять компрессионных и два маслосъемных кольца: одно верхнее и одно нижнее. У поршней нереверсивных дизелей выемки для клапанов более глубокие. Поршневой палец — плавающего типа, пустотелый.

Распределительный вал — неразъемный. Подшипники вала залиты баббитом. У реверсивных дизелей кулачные шайбы впускных и выпускных клапанов насажены на валу при помощи шпонок. Топливные шайбы — разъемные для возможности регулирования. У нереверсивных дизелей кулачные шайбы клапанов и топливная шайба выполнены за одно целое с валом.

Привод распределительного вала — от коленчатого вала, посредством цилиндрических шестерен с косым зубом.

Топливоподкачивающего насоса дизели не имеют.

Насос высокого давления — золотникового типа (по одному на каждый цилиндр).

Форсунки — закрытого типа, не охлаждаемые. В форсунку вставлен щелевой фильтр тонкой очистки топлива.

Регулятор числа оборотов — центробежный всережимный непрямого действия, с гидравлическим сервомотором.

Топливный фильтр тонкой очистки — сдвоенный.

Управление дизелем осуществляется двумя рукоятками, находящимися на посту управления.

Одной рукояткой управляют пуском в ход и реверсированием, а второй — подачей топлива.

Пуск дизеля производится сжатым воздухом с давлением 25 *кГ/см²*. Компрессор — двухступенчатый, приводимый в действие от коленчатого вала зубчатой передачей.

Реверсирование дизеля производится путем передвижения распределительного вала вдоль его оси. Распределительный вал передвигается при помощи воздушного сервомотора.

Дизель охлаждается при помощи замкнутой системы охлаждения и имеет два водяных поршневых насоса, приводимых в действие также от коленчатого вала, как и компрессор. Один насос используют для прокачивания воды в замкнутой системе охлаждения, а другой — для забортной воды. Водяной холодильник — трубчатого типа.

Смазка дизеля — циркуляционная под давлением. Масляный насос — шестеренчатого типа, приводимый в действие от коленчатого вала зубчатой передачей. Масло засасывается из маслосборника, куда оно стекает из фундаментной рамы. Масляный фильтр — сдвоенный пластинчатого типа. Масляный холодильник — трубчатый.

§ 66. ДИЗЕЛИ ТИПА NVD 48 И NVD 36

Дизели типа NVD 48 и NVD 36 — четырехтактные с непосредственным смесеобразованием реверсивные. При разных размерах они имеют почти одинаковую конструкцию, за исключением нескольких узлов.

Дизели типа NVD 48 установлены на следующих речных судах:

1) на толкачах-буксирах мощностью 800 *л. с.* (проекты № 758 и 758А) — по два дизеля марки 6NVD 48 с регулировкой мощности 400 *л. с.* при 275 *об/мин*;

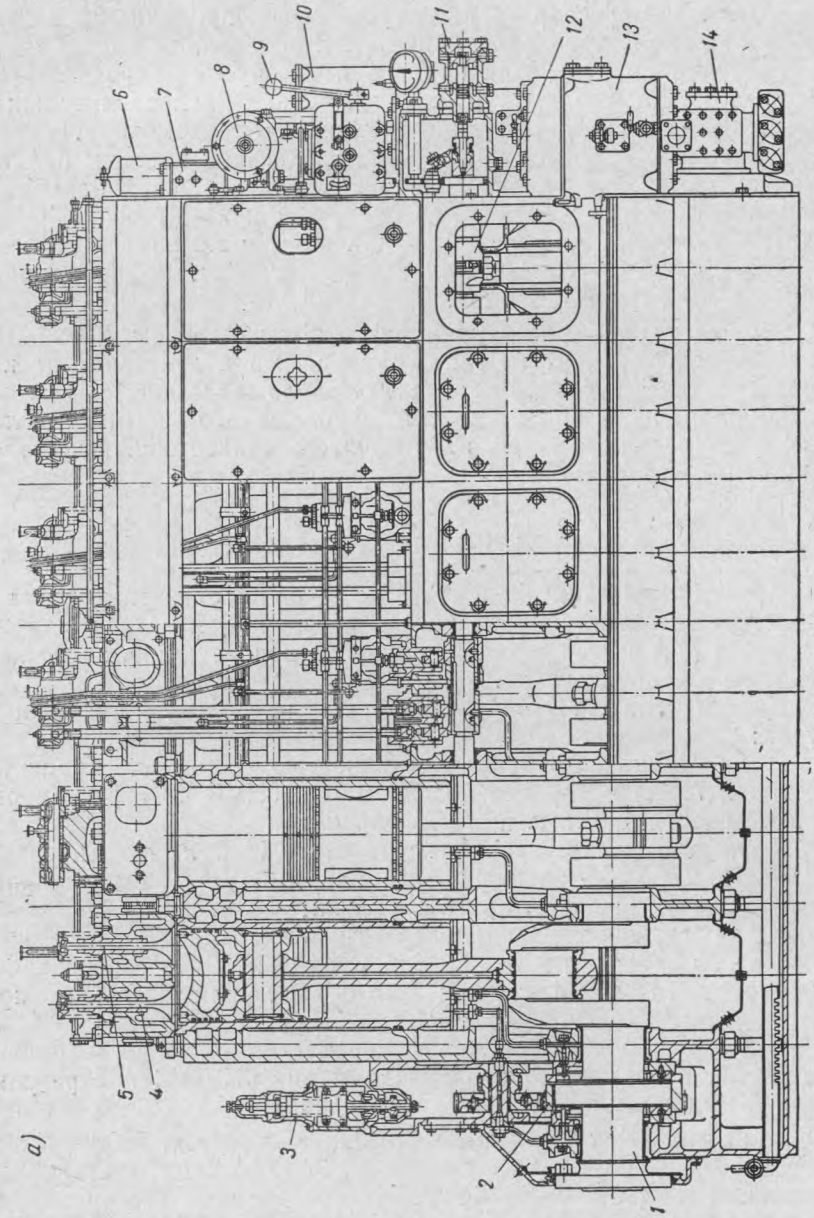
2) на толкачах-буксирах мощностью 1340 *л. с.* (проекты № 749б и 749А) — по два дизеля марки 8NVD 48 с регулировкой мощности 670 *л. с.* при 350 *об/мин*;

3) на грузовых теплоходах грузоподъемностью 2000 *т* (проекты (проект № 576) — по два дизеля марки 6NVD 48 с регулировкой мощности 400 *л. с.* при 275 *об/мин* или 500 *л. с.* при 350 *об/мин*;

4) на грузовых теплоходах грузоподъемностью 2700 *т* (проекты № 781 и 791) — по два дизеля марки 6NVD 48А с регулировкой мощности 660 *л. с* при 330 *об/мин*;

5) на грузовых теплоходах грузоподъемностью 5000 *т* (проект № 507) — по два дизеля марки 8NVD 48А с регулировкой мощности 1000 *л. с.* при 375 *об/мин*;

6) на танкерах грузоподъемностью 2800 и 3300 *т* (проекты № 576Т и 587) — по два дизеля марки 6NVD 48 с регулировкой мощности 500 *л. с.* при 350 *об/мин*;


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
а)

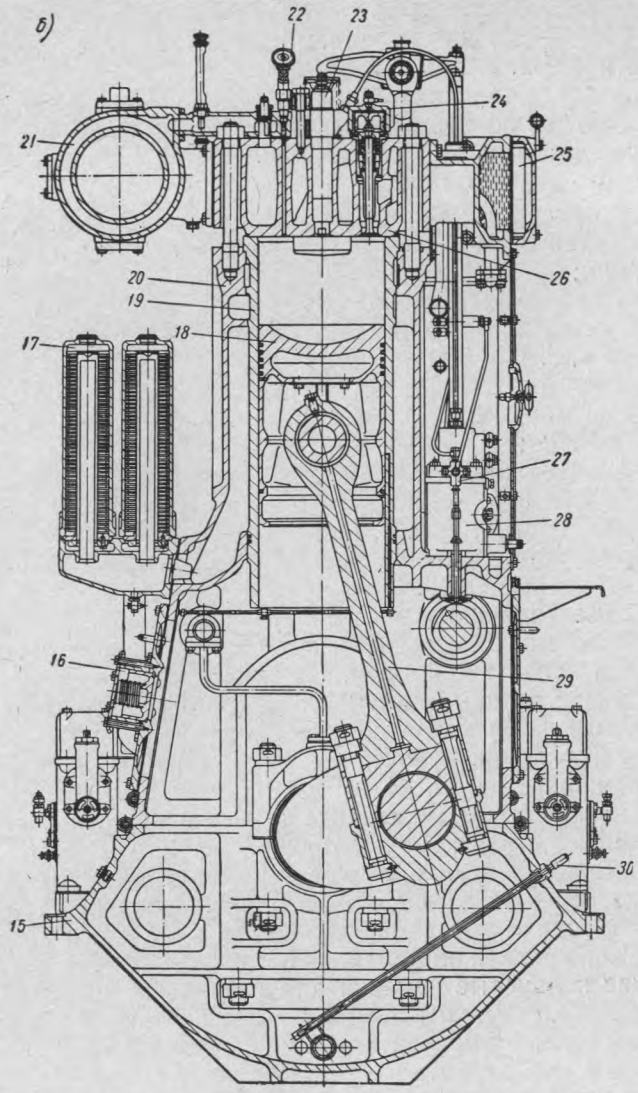


Рис. 106. Дизель 6NVD 48:

а — продольный разрез; *б* — поперечный разрез;
1 — коленчатый вал; *2* — упорный подшипник; *3* — регулятор; *4* — выпускной клапан; *5* — впускной клапан; *6* — сдвоенный топливный фильтр; *7* — главный пусковой клапан; *8* — маховичок для регулирования числа оборотов; *9* — рукоятка поста управления; *10* — масляный фильтр; *11* — реверсивный механизм; *12* — распределительный вал; *13* — осушительный насос; *14* — масляный насос; *15* — фундаментная рама; *16* — предохранительный клапан; *17* — маслохолодильник; *18* — поршень; *19* — цилиндровая втулка; *20* — блок цилиндров; *21* — выпускной коллектор; *22* — индикаторный кран; *23* — форсунка; *24*— пусковой клапан; *25* — впускной коллектор; *26* — крышка цилиндра; *27* — пусковой золотник; *28* — топливный насос; *29* — шатун; *30* — щуп для замера уровня масла

7) на пассажирских теплоходах мощностью 800 *л. с.* (проект № 646) — по два дизеля марки 6NVD 48 с регулировкой мощности 400 *л. с.* при 275 *об/мин*;

8) на пассажирских теплоходах мощностью 1200 *л. с.* (проект № 588) — по три дизеля марки 6NVD 48 с регулировкой мощности 400 *л. с.* при 275 *об/мин.*

Дизели типа NVD 36 установлены на следующих судах:

1) на буксирных теплоходах мощностью 600 *л. с.* — по два дизеля марки 8 NVD 36 с регулировкой мощности 300 *л. с.* при 360 *об/мин*;

2) на грузовых теплоходах грузоподъемностью 700 *т* (типа СТ-700) — по два дизеля марки 8NVD 36 с регулировкой мощности 300 *л. с.* при 360 *об/мин*;

3) на грузовых теплоходах грузоподъемностью 1000 *т* — по два дизеля марки 8NVD 36А с регулировкой мощности 500 *л. с.* при 350 *об/мин*;

4) на пассажирских теплоходах мощностью 800 *л. с.* (проекты № 860 и 305) — по два дизеля марки 8NVD 36 с регулировкой мощности 400 *л. с.* при 500 *об/мин.*

На рис. 106, *а* и *б* показаны продольный и поперечный разрезы дизеля 6NVD 48.

Фундаментная рама — с поперечными перегородками, в которых расточены гнезда для вкладышей рамовых подшипников. Вкладыши залиты баббитом. Нижняя часть рамы служит маслосборником; в диаметральной плоскости его находится отсасывающая масляная труба с прорезями.

Блок цилиндров крепится к фундаментной раме анкерными связями, проходящими через блок и поперечные перегородки рамы. Поперечные стенки блока имеют в нижней части вырезы для крышек рамовых подшипников.

Цилиндровые втулки имеют выступающий буртик, опирающийся на поверхность выточки в блоке. В верхней торцовой поверхности втулки проточена кольцевая канавка, в которую входит буртик крышки цилиндров. В нижнем пояске втулки находятся две кольцевые канавки для резиновых колец уплотнения. Снизу в стенке втулки сделаны четыре вертикальных сверления, соединяющиеся с горизонтальными сверлениями, выходящими на рабочую поверхность втулки. Эти отверстия служат для подвода смазки.

В крышке цилиндров имеются впускной, выпускной, предохранительный пусковой клапаны, а также форсунка.

Коленчатый вал — цельный. Для подвода масла от рамовых к шатунным подшипникам в щеках его имеются наклонные сверления. Маховик крепится к фланцу коленчатого вала болтами. Седьмая и восьмая рамовые шейки разделены упорным гребнем, который предотвращает осевое смещение коленчатого вала при работе двигателя на винт.

Шатун имеет стержень круглого сечения с сверлением вдоль

оси для подвода масла к головному подшипнику. В верхнюю головку шатуна запрессована бронзовая втулка. Нижняя головка шатуна — отъемная. Обе половины нижней головки — стальные, без вкладышей, залиты баббитом.

Поршень — чугунный и алюминиевый. Внутренняя полость головки поршня закрыта фланцем. Компрессионных колец у поршня четыре; маслосъемных два — одно верхнее и одно нижнее. Поршневой палец — плавающего типа, пустотелый.

Распределительный вал — разъемный, выполнен из двух половин. На вал насажены двойные кулачные шайбы впускных и выпускных клапанов, а также разрезная, состоящая из двух половин, топливная шайба и двойная пусковая кулачная шайба.

Топливоподкачивающего насоса дизель не имеет.

Топливный насос высокого давления — для каждого цилиндра золотникового типа, с отдельным приводом.

Форсунка — закрытого типа с разборным распылителем. В корпус форсунки вставлен щелевой фильтр тонкой очистки топлива.

Регулятор числа оборотов — центробежный всережимный. Натяжение пружины регулятора изменяется маховичком, расположенным на посту управления.

Топливный фильтр — сетчатого типа сдвоенный.

Управление дизелем производится посредством трех органов управления, смонтированных на дизеле: пусковой рукоятки, рычага реверса и маховичка для регулирования числа оборотов.

Пуск дизеля производится сжатым воздухом с давлением 30 *кГ/см*^{2}. Компрессор пускового воздуха — двухступенчатый, навешенный на дизель.

Реверсирование дизеля производится путем перемещения распределительного вала вдоль оси при помощи гидравлического привода. При выходе из строя этого привода распределительный вал может быть перемещен специальным рычагом вручную.

Охлаждение дизеля в последних моделях производится по замкнутой системе. При замкнутой системе для прокачивания воды в замкнутом контуре используют центробежный насос, а для прокачивания забортной воды — поршневой насос. Второй поршневой насос, имеющийся на дизеле, служит в качестве трюмно-осушительного. Благодаря соответствующим трубопроводам этот насос можно использовать для охлаждения дизеля. Водяной холодильник — трубчатого типа.

Смазка дизеля производится двумя независимыми системами: циркуляционной под давлением и от лубрикатора. Масляный насос — двухсекционный шестеренчатый. Первая секция подает масло из фундаментной рамы в маслосборник, откуда оно отсасывается второй секцией насоса и подается через фильтр и масляный холодильник в распределительную трубу. Из трубы масло подводится к рамовым подшипникам.

От лубрикатора смазываются рабочие поверхности цилиндров двигателя и компрессора, а также регулятор. Масляный фильтр — сдвоенный, сетчатого типа.

§ 67. ДИЗЕЛЬ 6ЧСП 18/22

Дизель 6ЧСП 18/22 — четырехтактный нереверсивный с камерой сгорания в поршне (ЦНИДИ). Дизель имеет реверс-редукторную передачу.

На рис. 107, *а* и *б* показаны продольный и поперечный разрезы дизеля 6ЧСП 18/22 (без реверс-редуктора).

Фундаментная рама — коробчатой формы с поперечными перегородками, в которых находятся постели для нижних вкладышей коренных (рамовых) подшипников. Вкладыши — стальные, из двух половин, залитых баббитом. Крышки подшипников прижимаются к гнезду рамы при помощи двух шпилек каждая. Внизу в поперечные перегородки рамы заплавлена стальная труба для сбора масла, проходящая вдоль всей рамы.

Блок цилиндров крепится к фундаментной раме четырнадцатью силовыми шпильками, расположенными в районе рамовых подшипников и двадцатью шестью болтами по краям для уплотнения стыка. Цилиндровые втулки изготовлены из чугуна СЧ 24-44 с присадкой хрома и никеля. Втулки укладываются в гнездах блока вверху притертым буртом, а внизу — двумя резиновыми кольцами.

Крышки цилиндров имеют гнезда, в которых установлены впускной, выпускной, пусковой и индикаторный клапаны, а также форсунка. На крышках пятого и шестого цилиндров вместо индикаторных могут быть установлены газоотборные клапаны. В задней части крышки цилиндра имеется резьбовое отверстие для установки термопар, при помощи которых замеряется температура отработавших газов.

Коленчатый вал — цельнокованый. Он имеет шесть шатунных и семь коренных шеек. В каждом колене косое сверление соединяет радиальные сверления в коренных и шатунных шейках. Они предназначены для подвода масла к шатунным шейкам и через отверстие в шатуне — к подшипнику верхней головки шатуна.

К фланцу коленчатого вала при помощи болтов крепится маховик, который эластичной муфтой соединяется с реверс-редукторной передачей.

Шатун имеет стержень двутаврового сечения. В стержне просверлено центральное отверстие для подвода смазки к подшипнику верхней головки шатуна. Нижняя головка шатуна — разъемная, скрепляется двумя шатунными болтами. Вкладыши стальные, залиты баббитом Б83. В верхнюю головку шатуна запрессована бронзовая втулка.

Поршень отлит из чугуна. В головке поршня находится ка-

мера сгорания. Компрессионных колец — четыре; маслосъемных (сдвоенных) — два.

Поршневой палец — плавающего типа, пустотелый, от осевого перемещения удерживается двумя стопорными кольцами.

Распределительный вал состоит из двух половин, скрепленных направляющим кольцом. Для каждого цилиндра вал имеет впускные, выпускные и пусковые кулачки, которые откованы за одно целое с валом.

Топливоподкачивающий насос — шестеренчатый. Корпус этого насоса закреплен на корпусе привода топливного насоса высокого давления.

Топливный насос высокого давления — шестиплунжерный блочный золотникового типа.

Форсунка — закрытая, с конической посадкой иглы, имеет щелевой фильтр тонкой очистки.

Регулятор числа оборотов — центробежного типа, всережимный, расположенный в корпусе поста управления.

Топливный фильтр — войлочный, сдвоенный, с краном переключения.

Пуск дизеля производится сжатым воздухом с давлением 30 *кГ/см*^{2}. Существуют дизели с системами пуска двух типов. При первом типе пуск производится с помощью главного пускового клапана, пусковых золотников, управляемых кулачками на распределительном валу, и пусковых клапанов. При втором типе вместо пусковых золотников применяют воздухораспределитель, приводимый в действие шестеренчатой передачей от распределительного вала.

Охлаждение дизеля производится по замкнутой (двухконтурной) системе. Водяные насосы — вихревого типа.

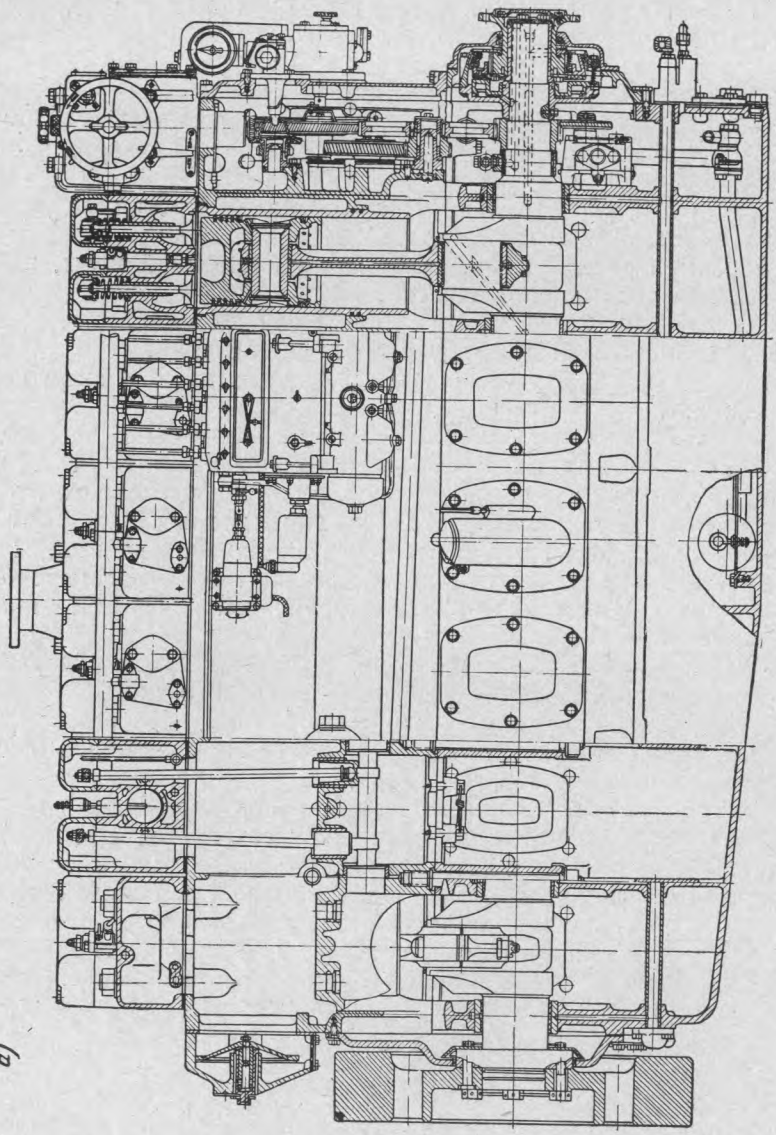
Водяной холодильник — трубчатого типа. В его корпус встроен также масляный холодильник трубчатого типа. В системе охлаждения имеется термостат.

Система смазки — циркуляционная под давлением и разбрызгиванием. Циркуляция масла осуществляется при помощи шестеренчатого насоса. Масляный насос подает масло к центрифуге и маслораспределителю, находящемуся в боковой стенке фундаментной рамы. В корпусе маслораспределителя имеется редукционный клапан и золотник для управления гидравлическим включением фрикционной муфты отбора мощности. Масляный фильтр — двухсекционный с переключающим краном.

Масляная реактивная центрифуга служит для тонкой очистки масла.

Тип реверс-редукторной передачи (РРП) — механическая, несоосная с гидравлическим включением фрикционного сцепления и зубчатым редуктором. Передаточное отношение на передний ход может быть 2,14 или 1,67.

Для отбора мощности до 30 *л. с.* имеется муфта, смонтированная на переднем конце коленчатого вала.



a)

б)

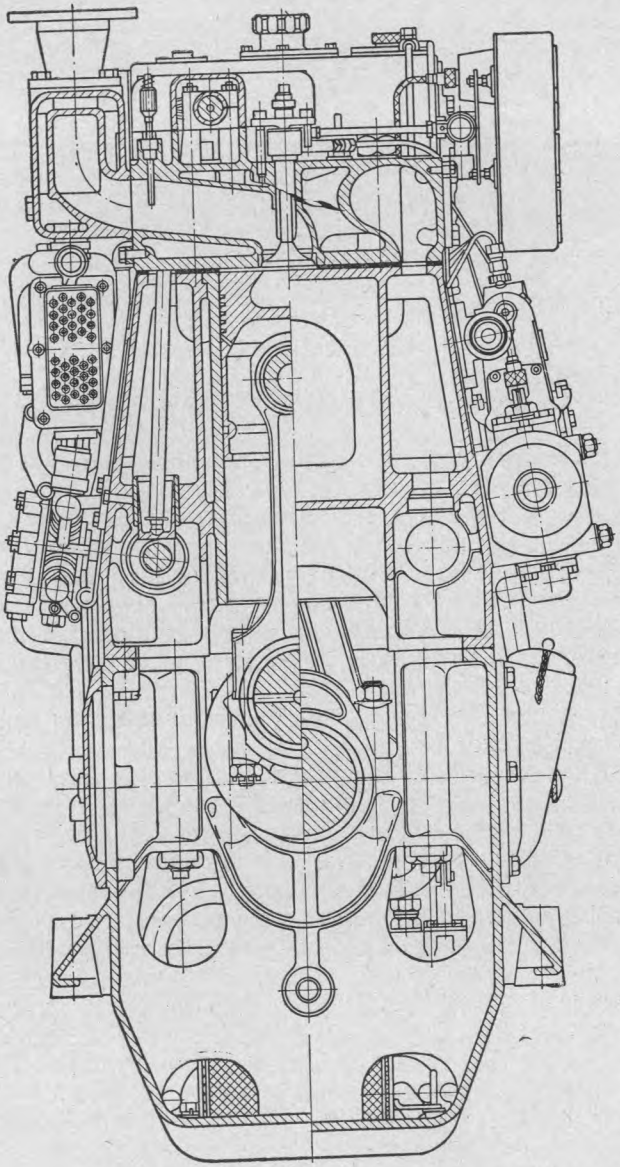


Рис. 107. Дизель 6ЧСП 18/22:
а — продольный разрез; *б* — поперечный разрез

ГЛАВА XII

ЭЛЕМЕНТЫ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ МЕХАНИЗМОВ МАШИННОГО ОТДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОХОДА

§ 68. ОБЪЕМ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ

Автоматизация судовых механизмов позволяет членам судовых команд работать с совмещением профессий, а также повысить надежность действия механизмов.

При работе без постоянной вахты в машинном отделении судна предусматривается обязательный осмотр механизмов машинного отделения при смене вахты, т. е. через каждые 4 часа.

Для обеспечения возможности такой работы применяется следующая автоматизация основных элементов силовых судовых установок:

автоматическое дистанционное управление главными дизелями из рулевой рубки;

автоматическое регулирование температуры воды в замкнутых системах охлаждения главных дизелей;

дистанционное управление дизель-генераторами и автоматическое включение и отключение от шин главного распределительного щита (ГРЩ) дизель-генератора или валогенератора, т. е. электрогенератора, приводимого в действие от гребного вала и питающего энергией судовую сеть в ходовом режиме судна;

автоматическая сигнализация работы главных и вспомогательных дизелей;

автоматическая подача топлива в расходную цистерну;

автоматический пуск и остановка компрессора;

автоматизация работы утилизационного и вспомогательного котлов;

автоматизация работы санитарной системы;

дистанционный пуск пожарного насоса;

пожарная сигнализация.

Автоматизированными системами дистанционного управления (ДАУ) главными дизелями, принятыми в составе комплекс-

ной автоматизации, называются такие, которые обеспечивают управление дизелем путем простой перестановки органа управления в любое нужное положение, без выдержки в промежуточных положениях. Все операции, связанные с пуском на воздухе, переводом на топливо, выведением дизеля на заданный режим, регулированием и остановкой дизеля, выполняются автоматически.

По роду энергии, используемой для целей управления, автоматизированные системы дистанционного управления подразделяются на электрические, пневматические, гидравлические и смешанные. При этом преимущественное применение получили, как более простые и надежные, следующие системы дистанционного управления:

для реверсивных главных дизелей — пневматические;

для нереверсивных дизелей с реверс-редукторами — гидравлические.

§ 69. ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДАУ ДИЗЕЛЯ 6S275L

На рис. 108 показана принципиальная схема, по которой можно проследить действие ДАУ.

Предположим, что необходимо запустить дизель на передний ход после его работы на заднем ходу и последующей длительной остановки.

Для подготовки дизеля к пуску необходимо прежде всего открыть пусковые и реверсивные баллоны. Тогда воздух давлением 50 *кГ/см*^{2} из пусковых баллонов, проходя через редукционный клапан *1,* редуцируется до давления 14 *кГ/см*^{2} и поступает в баллон реверсивного воздуха. Отсюда воздух по трубопроводу *2* направляется через запорный клапан *3,* отсечной клапан *4* реле управления *5,* трубопроводу *6* к перекидному клапану *7.* Передвинув клапан в верхнее положение, воздух поступает в трубопроводы *8* и *9.* По трубопроводу *8* воздух подходит к клапану управления КУ клапанной коробки поста управления *10* и одновременно по трубопроводу *9* — в клапан быстрого сброса *11.* Плунжерная часть клапана садится на седло и, таким образом, обеспечивается уплотнение, а его золотниковая часть, передвигаясь в крайнее положение, своей поверхностью перекрывает отверстие сброса воздуха в атмосферу.

Одновременно с поступлением воздуха из реверсивного баллона в трубопровод *2* воздух из баллона по трубопроводу *12* направляется к главному пусковому клапану *13.* Таким образом, дизель подготовлен к пуску.

Чтобы запустить дизель на передний ход, необходимо повернуть маховичок управления *14* в положение «Вперед». При повороте маховичка плавающая шайба *38а* через защелку *15* манипулятора *15а* освобождает рычаг *16,* который под воздействием пружины *17* манипулятора открывает клапан подъема

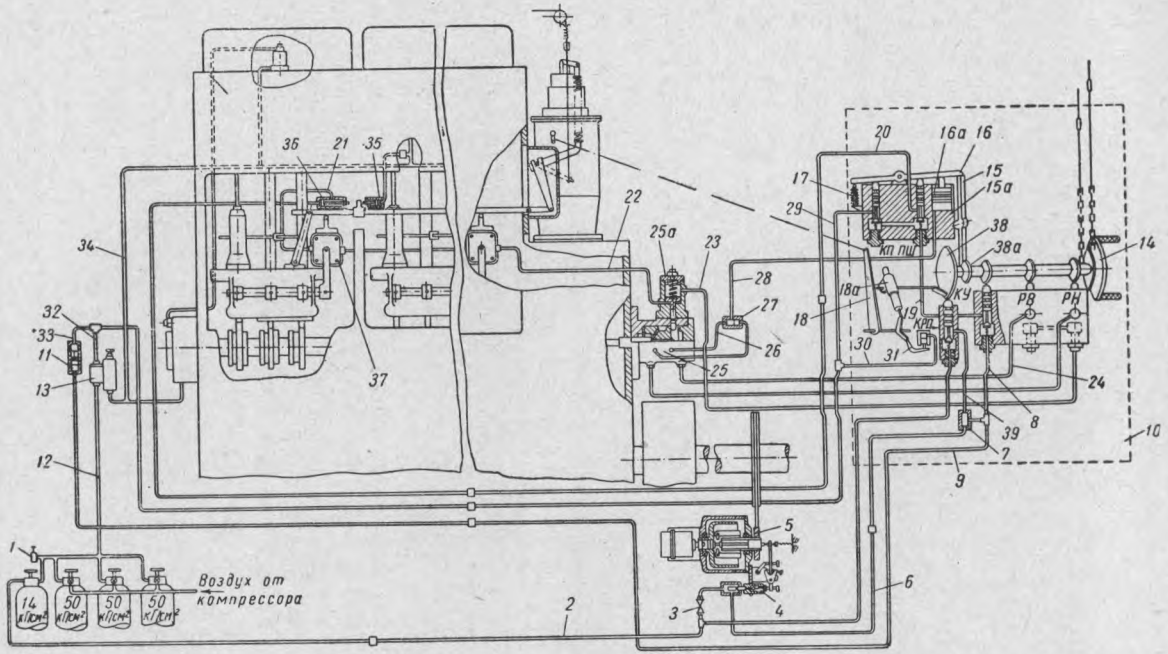


Рис. 108. Схема пневматической автоматизированной системы дистанционного управления дизеля 6S275L

штанг *ПШ*, закрывает клапан пуска *КП*, а поршень воздушного цилиндра *16а* опускает в крайнее нижнее положение.

При повороте маховичка под воздействием кулачных шайб открывается также клапан управления *КУ* и клапан реверса «Вперед» *РВ*, а под воздействием эксцентриковой шайбы *38* возводится пружина масляного амортизатора *18а*. При этом защелка удерживает рычаг *18*, а через него регулятор и рейки топливных насосов в положении нулевой подачи топлива.

Когда откроется клапан управления *КУ*, воздух по трубопроводу *19* и дальше через клапан подъема штанг клапанов *ПШ* и трубопровод *20* поступает в цилиндр нулевой подачи топлива *36*, шток поршня которого передвигает рейку топливных насосов в нулевое положение. Через отверстие в цилиндре нулевой подачи воздух по трубопроводу *21* поступает к сервомоторам подъема штанг клапанов. В результате штанги поднимаются, а воздух, пройдя сервомоторы подъема штанг клапанов, направляется по трубопроводу *22* к воздушному фиксатору сервомотора *25* передвижения распределительного вала и поднимает фиксатор *25а*. Отсюда воздух перепускается в трубопровод *23*. Распределительный вал, таким образом, получает возможность передвигаться.

Из трубопровода *23* воздух поступает к клапану реверса «Вперед» *РВ* и, так как этот клапан открыт, воздух через него по трубопроводу *24* направляется в воздушный сервомотор передвижения распределительного вала и передвигает вал с заднего хода на передний. При этом открывается отверстие в сервомоторе *25* и воздух по трубопроводу *26* поступает в перекидной клапан *27* и передвигает его поршенек в крайнее положение. Через открытое отверстие этого клапана воздух по трубопроводу *28* направляется под поршень воздушного цилиндра *16а* манипулятора и передвигает его в крайнее верхнее положение. Воздействуя своим штоком на рычаг *16*, он устанавливает его на защелку *15*. При этом рычаг *16* закрывает клапан подъема штанг *ПШ*, а поршень со штоком клапана цилиндра нулевой подачи *36* под действием пружины возвращается в свое первоначальное положение. Под воздействием рычага *16* открывается клапан пуска *КП* и воздух из клапана управления *КУ*, пройдя по трубопроводу *19*, направляется через клапан пуска *КП* и трубопроводы *29* и *30* под поршень воздушной защелки *31* и освобождает рычаг масляного амортизатора *18а*. Вследствие этого взведенная ранее пружина амортизатора разжимается и поворачивает рычаг *18*, который через регулятор обеспечивает необходимую подачу топлива насосами *37*. Одновременно воздух по трубопроводу *29* поступает в трубопроводы *32* и *33*. Из трубопровода *32* он поступает в главный пусковой клапан *13*, а из трубопровода *33* — в клапан быстрого сброса *11* со стороны золотника. Воздух, поступивший в главный пусковой клапан, открывает его и тогда воздух из пусковых баллонов с давлением

50 *кГ/см²* поступает также в редукционный клапан и с давлением 25 *кГ/см²* направляется в трубопровод *34*, а затем в пусковую магистраль дизеля и одновременно в цилиндр долевой подачи *35*. Под воздействием этого воздуха поршень со штоком цилиндра, сжав пружину, перемещается и передвигает рейку топливных насосов на пусковую подачу топлива, еще до срабатывания регулятора дизеля. Дизель начинает работать на пусковых оборотах. Тогда под действием центробежной силы грузы реле управления *5* раздвигаются и сдвигают шток, воздействующий на систему рычагов, которая закрывает отсечной клапан *4*, в результате чего доступ воздуха в систему ДАУ прекращается.

Одновременно с этим воздух, поступивший в клапан сброса *11*, передвигает золотник и через открывшееся отверстие сброса выпускается в атмосферу. Вследствие этого главный пусковой клапан *13* закрывается и дизель продолжает работать на топливе. В дальнейшем число оборотов увеличивают при помощи маховичка *14*.

§ 70. АВТОМАТИЗАЦИЯ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

На рис. 109 приведена одна из первых схем автоматизации судовой электростанции, примененная на буксирных и грузовых теплоходах мощностью 600—800 *л. с.*

В состав электростанции входят следующие источники электроэнергии:

два электрогенератора постоянного тока типа ПН 205, 24 *квт*, 115 *в* при 1500 *об/мин* с приводом от дизеля 4Ч 10,5/13. Запуск дизелей производится от стартерных аккумуляторных батарей. Эти электрогенераторы обеспечивают питание ГРЩ при стоянке судна. Пуск и остановка дизель-генераторов производятся дистанционно, а включение электрогенераторов на шины ГРЩ — автоматически;

валогенератор, представляющий собой электрогенератор постоянного тока типа МП-543-1/2, 10,3 *квт*, 115 *в* при 600 *об/мин*, который приводится от гребного вала правого дизеля при помощи клиноременной передачи. Валогенератор обеспечивает питание потребителей в ходовом режиме судна;

аварийная аккумуляторная батарея емкостью 45 *а-ч*, напряжением 110 *в*, состоящая из 9 аккумуляторов типа 10 НКМ-45. Включение каждого генератора $Г_1$, $Г_2$ и валогенератора *ВГ* на шины ГРЩ производится соответственно контакторами *К1*, *К2* и *К3* с двумя нормально открытыми (н. о.) главными контактами и двумя нормально закрытыми (н. з.) блок-контактами.

Валогенератор начинает вращаться, как только будет запущен главный дизель. Когда напряжение на зажимах валогенератора достигнет 70—75 *в*, срабатывает контактор *К3*. При этом его н. о. главные контакты замыкаются, подключая генератор на

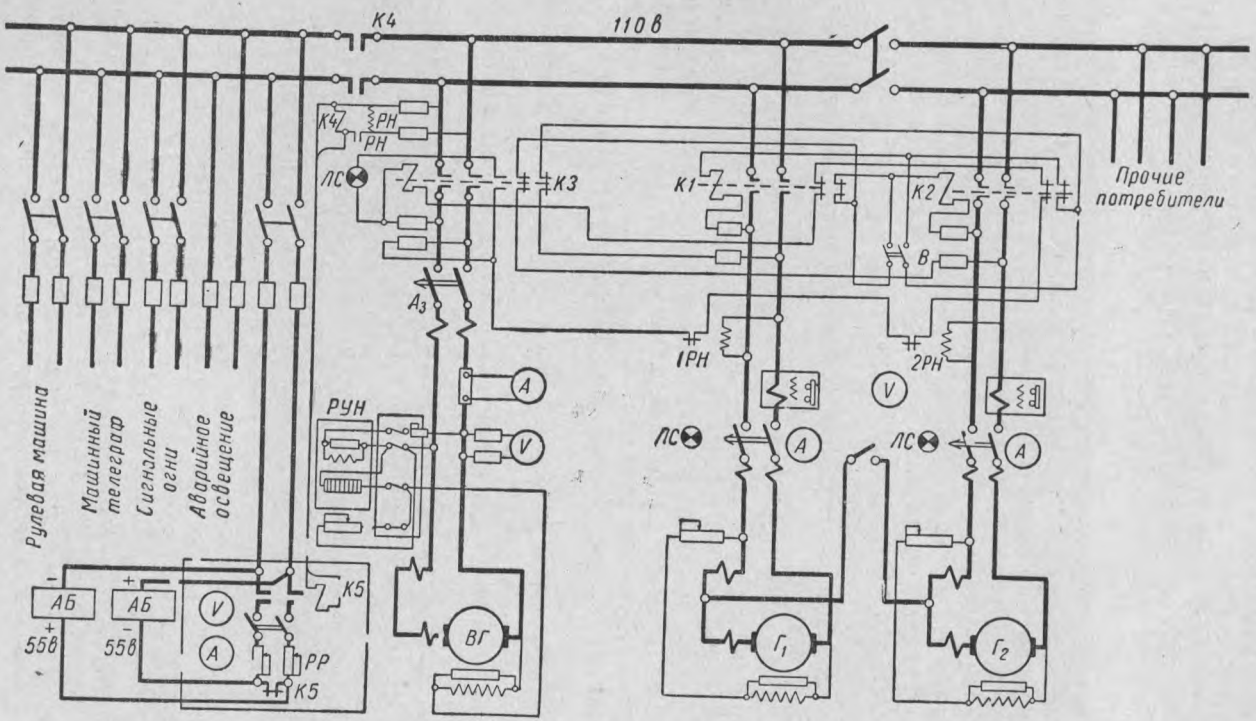


Рис. 109. Схема включения генератора на шины главного распределительного щита

шины. Замыкается и н. о. контакт, подавая питание на сигнальную лампу *ЛС*. Одновременно с этим размыкаются н. з. блок-контакты, включенные в цепь катушки контакторов *К1* и *К2*.

В эксплуатационных условиях всегда включен установочный автомат A_3, а также автоматы A_1 и A_2 дизель-генераторов, которые служат средствами защиты генераторов от перегрузки.

Когда напряжение валогенератора повысится до 90 *в*, срабатывает реле напряжения *РН*, включенное после контактора *К3*. Реле напряжения замыкает свой н. о. контакт и подает питание одновременно на катушки контакторов *К4* и *К5*. Контактор *К4* замыкает свои н. о. контакты и соединяет секцию шин потребителей ходового режима с главными шинами ГРЩ.

Контактор *К5*, получив питание, переводит аварийную аккумуляторную батарею из режима «разряд» на режим «заряд».

В результате все потребители в ходовом режиме получают питание от валогенератора.

Постоянное напряжение при работе валогенератора поддерживается регулятором *РУН*.

Если число оборотов главного дизеля будет снижаться и напряжение на зажимах валогенератора упадет до 90 *в*, то такие потребители ходового режима, как рулевая машина, аварийное освещение, машинные телеграфные и рулевые указатели, получают питание от аварийной аккумуляторной батареи. Это происходит следующим образом.

Когда напряжение на зажимах валогенератора снижается до 90 *в*, срабатывает реле напряжения *РН* и, размыкая свой контакт, обесточивает катушки контакторов *К4* и *К5*. Контактор *К4* размыкается, отсоединяя секцию шин потребителей ходового режима от шин ГРЩ, а контактор *К5* переводит аварийную батарею из режима «заряд» на режим «разряд».

Схемы включения на шины ГРЩ дизель-генераторов $Г_1$ и $Г_2$ одинаковы. Процесс включения, например, генератора $Г_1$ происходит следующим образом: генератор $Г_1$ включается на шины контактором *К1*, в цепь катушки которого последовательно включены н. з. блок-контакты контакторов *К2* и *К3*. Таким образом, катушка контактора *К1* может получить питание только в случае, когда обесточены катушки контакторов *К2* и *К3*. Если дизель-генератор *Г1* запускается при остановленных валогенераторе и дизель-генераторе $Г_2$, то катушка контактора *К1* получает питание, так как блок-контакты контакторов *К1* и *К2*, последовательно включенные в цепь катушки, замкнуты.

Когда после запуска дизеля напряжение на зажимах генератора достигнет 70 *в*, контактор *К1* срабатывает и подключает генератор на шины. Если при включенном дизель-генераторе начинает работать валогенератор, то последний не сможет подключиться на шины, так как в цепи катушки контактора *К3* находятся блок-контакты контакторов *К1* и разомкнутый контакт реле напряжения *1РН*.

Чтобы валогенератор подключился на шины, необходимо остановить генератор $Г_1$. В этом случае замкнутся блок-контакт контактора *К1* и контакт реле напряжения *1РН*. При этом катушка контактора *К3* получит питание и включит валогенератор на шины ГРЩ.

Генератор $Г_2$ также не сможет подключиться на шины ГРЩ, если его запустить при работающем генераторе $Г_1$, так как в цепи контактора *К2* находится разомкнутый блок-контакт контактора *К1*.

Процесс включения на шины ГРЩ дизель-генератора при работающем и включенном на шины валогенераторе происходит следующим образом. Когда напряжение на зажимах генератора $Г_1$ поднимется до 60—70 *в*, реле напряжения *1РН* разомкнет свой контакт, включенный в цепь катушки контактора *К3*, и обесточит катушку контактора *К3*. Последний разомкнет свои главные контакты, отключая валогенератор, и одновременно замкнет блок-контакт, включенный в цепь контактора *К1*. При этом катушка контактора *К1* получит питание и подключит генератор $Г_1$ на шины.

Все три генератора могут вращаться, развивая номинальное напряжение, однако, на шины будет включен один из дизель-генераторов — тот, который был запущен раньше. Если остановится этот генератор, то на шины автоматически подключится второй дизель-генератор, а при остановке и этого генератора на шины подключится валогенератор. При остановке валогенератора на секцию шин потребителей ходового режима подключится аварийная батарея.

Параллельная работа двух дизель-генераторов требуется на буксирном теплоходе только для обеспечения работы буксирной лебедки. При этом предусматривается управление дизель-генераторами из машинного отделения. Для этой цели служит пакетный выключатель *В*, который шунтирует при включении блок-контакты контакторов *К1* и *К2*.

Аккумуляторная батарея *АБ* состоит из двух групп напряжением 55 *в* каждая. В режиме «разряд» батарея включается последовательно и подает на секцию шин ток напряжением 110 *в*, а в режиме «заряд» батареи через зарядные сопротивления *РР* подключаются параллельно шинам ГРЩ.

Для автоматического переключения на режимы «заряд» и «разряд» служит контактор *К5*, имеющий два н. о. и один н. з. контакты.

Если на шинах ГРЩ есть напряжение, реле напряжения *РН* замыкает свой контакт и катушка контактора *К5* получает питание. При этом н. о. контакты замыкаются, а н. з. контакт размыкается, в результате чего батареи параллельно подключаются к шинам и происходит процесс зарядки батарей.

Если напряжение на шинах исчезает или уменьшается ниже 90 *в*, то реле напряжения размыкает свой контакт и катушка

контактора *К5* обесточивается. При этом н. о. контакт шунтирует зарядные сопротивления и батареи включаются последовательно, подавая на шины ток напряжением 110 *в*.

Дистанционный пуск и остановка дизель-генераторов производятся при помощи кнопок включения стартера, установленных на пульте управления в рулевой рубке для каждого дизель-генератора. Эти кнопки включены параллельно кнопкам, находящимся непосредственно на щитках дизель-генераторов.

Остановка дизель-генератора из рулевой рубки производится с помощью тросика, связанного с рычагом регулирования числа оборотов дизеля. В рулевой рубке на пульте управления установлена рукоятка, воздействием на которую рычаг регулятора приводится в положение нулевой подачи топлива. После остановки дизеля этот рычаг возвращается в положение номинальных оборотов при помощи пружины.

Все приборы контроля работы дизель-генераторов смонтированы на отдельном щите, находящемся впереди рулевого поста.

На щите установлены: два амперметра *А*, вольтметр *V*, манометр, сигнальные лампы и звонок аварийной предупредительной сигнализации, а также сигнальная лампа, которая включается при запуске дизель-генератора. Один амперметр служит для контроля нагрузки валогенератора, а другой с переключателем — для контроля нагрузки дизель-генераторов.

Вольтметр включен непосредственно на шины ГРЩ и предназначается для контроля напряжения любого генератора, подключаемого на шины. Манометр показывает давление в системе смазки.

Датчики аварийной сигнализации срабатывают в следующих случаях: при падении давления в системе смазки дизель-генератора ниже 1,3 *кГ/см*^{2}, при повышении температуры в системе смазки более 75° С и повышении температуры воды во внутреннем контуре системы охлаждения более 85° С.

ГЛАВА XIII

ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

§ 71. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

К основным задачам технической эксплуатации дизелей относится поддержание их в исправном состоянии и сохранении хороших показателей их работы. Техническая эксплуатация дизелей сводится к:

1) обслуживанию во время их работы;
2) выполнению технических уходов;
3) выполнению планово-предупредительных ремонтов.

Обслуживание дизеля во время работы заключается в подготовке его к пуску, наблюдении за работой, периодической смазке и в выполнении ряда других мероприятий в полном соответствии с «Правилами обслуживания судовых двигателей внутреннего сгорания и ухода за ними».

Технический уход за дизелем заключается в смене масла, промывке фильтров, смене поршневых колец, проверке ответственных деталей, регулировке работы, а также ряде других работ. Объем и сроки проведения технических уходов строго регламентируются.

Планово-предупредительный ремонт — система технического обслуживания, связанная с восстановлением нормального технического состояния дизеля после появления износов в результате длительной работы. В связи с тем, что при этом проводят ряд мероприятий, предупреждающих ненормальные износы и поломки дизеля, система называется предупредительной, а так как эти мероприятия выполняются через определенное число часов работы дизеля и в сроки, намеченные графиком, система называется и плановой.

Главные дизели — наиболее ответственные механизмы судовой силовой установки, обеспечивающие ходовые качества теплоходов и их маневренность. Условия их эксплуатации более сложны, чем условия эксплуатации стационарных дизелей.

К специфическим условиям эксплуатации дизелей речных судов относятся:

1) длительная непрерывная работа на номинальной мощности;

2) длительная работа при различных числах оборотов — от минимально устойчивых до максимальных — с нагрузкой, соответствующей условиям эксплуатации судна;

3) длительная работа на задний ход;

4) работа при крене, дифференте и качке судна;

5) частые и быстрые пуски и реверсы.

§ 72. РЕЖИМЫ РАБОТЫ ГЛАВНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Режим работы дизеля характеризуется мощностью и числом оборотов, развиваемыми в рассматриваемый период времени.

Главные дизели, работающие на гребной винт судна, эксплуатируются при различных числах оборотов, обеспечивающих различные скорости хода судна. Нагрузка на дизель в этом случае обусловливается величиной мощности, которая поглощается гребным винтом при данном числе оборотов.

При эксплуатации судовых дизелей возможны следующие режимы работы: 1) пуск в ход; 2) работа с различной степенью нагрузки при изменении хода судна от малого до полного; 3) работа при номинальной мощности на полном ходу судна (при номинальном числе оборотов); 4) работа при мощности выше номинальной и повышенном числе оборотов.

Рассмотрим некоторые режимы работы, имеющие важное значение в практике эксплуатации дизелей.

Пуск дизеля в ход. Для пуска дизеля в ход необходимо сообщить его коленчатому валу такое число оборотов в минуту, при котором может произойти самовоспламенение топлива.

Согласно опытным данным самовоспламенение топлива в цилиндре холодного дизеля (при температуре окружающей среды не ниже 8°С) происходит при достижении средней скорости поршня 0,5—1,2 *м/сек*. Чем меньше габариты дизеля, тем больше должна быть пусковая средняя скорость поршня.

При пуске в ход холодного дизеля и низкой температуре окружающей среды самовоспламенение топлива в период пуска происходит только после подачи в цилиндр нескольких порций топлива. Такое же явление наблюдается и при пуске в ход дизеля, поршневые кольца которого имеют значительный износ. Это приводит к такому увеличению периода задержки самовоспламенения, при котором начало процесса сгорания переходит на линию расширения.

Такой процесс сгорания сопровождается высокой скоростью нарастания давления, достигающей значения 15 *кГ/см*^{2} на 1° поворота коленчатого вала. Это проявляется в сильных стуках

в цилиндре. При высоком значении давления сгорания p_z, развивающегося в пусковой период, увеличивается удельное давление поршневых колец на стенку цилиндра и, таким образом, повышается их износ, особенно при недостаточной смазке при малом числе оборотов.

Режим работы при малом числе оборотов. Одним из существенных показателей технического состояния дизеля — величина минимально устойчивого числа оборотов коленчатого вала. Чем меньше это число, тем лучше дизель удовлетворяет требованиям эксплуатации судна. У современных дизелей это число оборотов составляет 0,25÷0,30 номинального.

Дизель должен работать на минимально устойчивом числе оборотов при включенном гребном винте, чтобы обеспечить режим работы судна на самом малом ходу.

С ухудшением технического состояния дизеля минимально устойчивое число оборотов возрастает.

Режим работы с перегрузкой. Перегрузочный режим может возникать как при превышении номинального числа оборотов, так и при нормальном числе оборотов — при повышении нагрузки на гребной винт судна (швартовный режим, при снятии судна с мели, при буксировке тяжелого воза, на сильном мелководье, из-за повреждения гребного винта и других причин). При перегрузочном режиме коэффициент избытка воздуха становится меньшим, чем при работе на номинальном режиме. Работа дизеля с меньшим коэффициентом избытка воздуха сопровождается усиливающимся догоранием на линии расширения, что приводит к увеличению температуры отработавших газов и средней температуры за цикл. В результате этого происходит усиленное коксование масла на станках цилиндра, дизель перегревается и могут появиться задиры и заедания поршней, т. е. работа дизеля с перегрузкой может привести к аварийным поломкам.

Внешние признаки перегрузки дизеля: дымный выхлоп, высокая температура отработавших газов, сильный нагрев крышек и стенок цилиндров.

Рассмотрим влияние некоторых явлений на перегрузку дизеля.

Перегрузку отдельных цилиндров дизеля вызывает неравномерное распределение мощности по цилиндрам, когда отдельные цилиндры оказываются недогруженными в результате перегрузки других. В большинстве случаев неравномерное распределение мощности по цилиндрам — результат неправильной регулировки топливных насосов.

Номинальная мощность дизеля устанавливается в соответствии с ГОСТ 10448—63 при температуре окружающего воздуха 20°С и барометрическом давлении 760 *мм рт. ст.* При повышении температуры воздуха и уменьшении барометрического давления мощность дизеля снижается.

Практически считается, что при повышении температуры окружающей среды на 2,8° С мощность дизеля снижается на 1%. При уменьшении барометрического давления на 6,5 *мм рт. ст.* мощность дизеля снижается также на 1%.

Если принять, например, температуру окружающего воздуха 40°С и барометрическое давление 740 *мм рт. ст.*, т. е. такие условия, которые часто бывают в машинном отделении в летнее время, то мощность, развиваемая дизелем, будет примерно на 11% ниже номинальной.

Если при этих измененных параметрах окружающего воздуха дизель эксплуатируется на номинальном числе оборотов, то он окажется перегруженным.

Наибольшее влияние на мощность дизеля оказывает правильность подбора гребного винта судна. Для проверки правильности подбора гребного винта совмещают внешнюю и винтовую характеристики на одном графике (рис. 110).

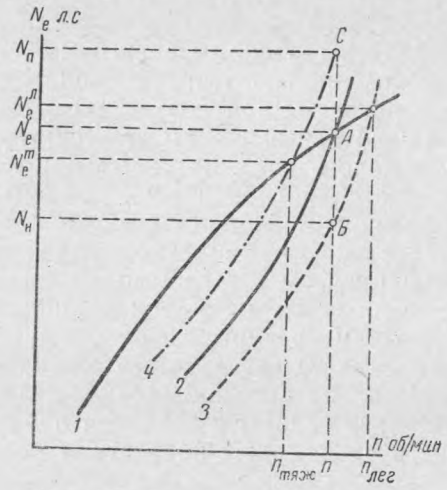


Рис. 110. Совмещенные внешняя и винтовые характеристики дизеля для различных винтов

Если винт подобран правильно, то винтовая характеристика *2* пересечется с внешней характеристикой *1* в точке *А*, соответствующей номинальному числу оборотов. В этом случае мощность, развиваемая дизелем, и мощность, поглощаемая гребным винтом, будут равны.

С этим гребным винтом при числах оборотов меньше номинального дизель будет недогружен, а при числе оборотов больше номинального—перегружен.

Таким образом, основному эксплуатационному режиму работы судна должен соответствовать номинальный режим работы двигателя.

«Тяжелый» винт — такой, который загружает дизель по винтовой характеристике *4*, лежащей слева от нормальной винтовой характеристики; при этом дизель не может развивать номинального числа оборотов, так как наибольшая мощность, которую он потребляет, ограничивается внешней характеристикой при меньшем числе оборотов $n_т$. Дизель будет «недодавать обороты» и не развивать номинальной мощности. При эксплуатации дизеля с тяжелым винтом при номинальном числе оборотов (т. е. подаче большего количества топлива в цилиндры), он будет развивать мощность $N_п$, превышающую номинальную,

т. е. дизель будет перегружен. Такой же перегрузочный режим работы получается с нормальным гребным винтом, но при увеличенной нагрузке на винт, например, при ходе судна на мелководье, при снятии судна с мели, с тяжелым возом.

Если винт «легкий», то дизель при отсутствии регулятора мог бы развивать большее число оборотов $n_л$, чем номинальное, и повышенную мощность $N_e^л$, которым соответствует точка пересечения винтовой характеристики *3* с внешней. Однако увеличение числа оборотов сверх номинального (более чем на 3%) не может быть допущено из-за перегрузки деталей дизеля инерционными усилиями. Этому препятствует имеющийся у дизеля регулятор. При номинальном же числе оборотов n дизель, работающий на «легкий» винт, будет развивать мощность $N_п$ меньше номинальной, т. е. будет «недодавать» мощность. Графически это характеризуется точкой *Б* на винтовой характеристике, лежащей ниже внешней характеристики.

Во всех случаях перегрузочных режимов дизеля необходимо снижать число его оборотов, руководствуясь при этом значениями допустимой температуры отработавших газов по цилиндрам, которые указываются в формулярах дизелей.

§ 73. ПРИНЦИПЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ДИЗЕЛЯ ВО ВРЕМЯ ЕГО РАБОТЫ

Подготовка дизеля к работе и его обслуживание во время работы должны производиться в соответствии с инструкцией завода-изготовителя с учетом особенностей конструкции дизеля.

Пуск дизеля требует особого внимания, так как в этот период трущиеся детали больше всего изнашиваются. Это объясняется тем, что у не работающего дизеля коленчатый вал лежит на поверхности вкладышей коренных подшипников. При этом из-под него выдавливается масло и он непосредственно соприкасается с металлом подшипников. То же самое происходит и в других подшипниках под действием веса сопрягающихся с ними деталей. Поэтому в начальный момент пуска в трущихся деталях происходит полусухое трение, следствием которого являются повышенные износы коленчатого вала с подшипниками цилиндровых втулок, поршней, поршневых колец и других деталей.

Для уменьшения износов трущихся деталей в период пуска систему смазки дизеля необходимо прокачивать при помощи специального насоса предпусковой прокачки. При пуске в ход холодного дизеля возникают еще более неблагоприятные условия, так как холодное масло имеет повышенную вязкость.

Обычно заводами-изготовителями гарантируется пуск холодного дизеля при температуре окружающего воздуха не ниже 8°С. При пуске в условиях более низких температур необходимо прогревать дизель горячей водой.

Таблица 12

Марки дизеля	Номинальный режим работы		Температура отработавших газов, °С	Максимальное давление цикла, $кГ/см^2$	Давление сжатия, $кГ/см^2$
	мощность N_e, *л.с.*	число оборотов n в минуту			
18Д	300	300	360 / 400	52 / 55	30—35
18Д	400	400	380 / 420	52 / 55	30—35
6ЧРП 25/34	300	500	380 / 410	55 / 57	32—33
6ДР 30/50 и 4ДР 30/50	600—400	300	265 / 290	58 / 62	32
6S279L	323	412	360 / 400	50 / 55	32—36
6L275Rr	375	500	380 / 420	52 / 56	32—36
6L275	400	550	400 / 450	55 / 60	32—36
6L275Rr-PN	550	500	380 / 420	58 / 60	32
8NVD 36	300	360	345 / 375	50 / 52	30—35
8NVD 36	400	500	375 / 400	52 / 55	36
8NVD 36A	400	350	375 / 400	55 / 60	36
6NVD 48	400	275	360 / 380	52 / 55	36
6NVD 48	400	300	345 / 360	50 / 52	36
6NVD 48	500	350	380 / —	55 / 55	36
8NVD 48	670	350	380 / 420	55 / 55	36

Марки дизеля	Номинальный режим работы		Температура отработавших газов, °С	Максимальное давление цикла, *кГ/см²*	Давление сжатия, *кГ/см²*
	мощность N_e, *л.с.*	число оборотов *n* в минуту			
8NVD 48A	1000	375	380 / 420	60 / 62	40–42
Д50С	900	720	450 / 470	54 / 58	32—35
3Д6	140	1500	400 / 430	62 / 65	30–35
4NVD 24	100	750	380 / 420	52 / 55	35
6ЧСП 12/14	80	1500	400 / 420	60 / 62	35
6ЧСП 18/22	150	750	400 / 420	58 / 62	32—35
6L160PNS	190	750	420 / 440	72 / 76	38—40
6NVD 26	180	750	360 / 400	55 / 60	40
4Ч 10,5/13	40	1500	400 / 420	65 / 70	37
4С160	120	1000	—	60 / 70	34—40
4С110	60	1500	400 / 440	60 / 65	38

Примечание. Величины, стоящие в числителе, относятся к номинальному режиму работы, а в знаменателе — к перегрузочному (110% по мощности).

Пуск при нормальных условиях окружающего воздуха и нормальном техническом состоянии дизеля совершается за 1—3 оборота у тихоходных дизелей и за 3—10 оборотов у быстроходных. Скорость вращения коленчатого вала составляет при этом соответственно 50—70 и 100—150 *об/мин.*

После пуска дизеля наступает период его прогревания, который характеризуется неустановившимся тепловым состоянием.

Во время этого периода температура деталей дизеля, смазочного масла и охлаждающей воды постепенно повышается. Дизель прогревается за счет теплоты, которая выделяется при сгорании топлива и в результате работы трения трущихся деталей. Наиболее быстро нагреваются головки поршней и выпускные клапаны. Цилиндровые втулки и крышки цилиндров прогреваются значительно медленнее. В результате неравномерного прогревания сопряженных деталей значительно уменьшаются зазоры между трущимися поверхностями, и если при этом быстро повышается нагрузка непрогретого дизеля, возможны заедания поршней и втулок верхних головок шатуна, а также появление трещин в донышках поршней и крышках цилиндров. Поэтому надо соблюдать необходимую продолжительность периода прогревания, которая зависит от типа дизеля, его быстроходности, мощности и конструктивных особенностей. При равной быстроходности у дизелей меньшей мощности, имеющих малые размеры деталей с более тонкими стенками, период прогревания меньше, чем у дизелей большей мощности.

Перевод дизеля на работу под нагрузкой определяется по контрольно-измерительным приборам, показывающим температуру охлаждающей воды, смазочного масла и отработавших газов. Показания их стабилизируются, когда дизель прогреется.

Переход с одного режима работы на другой должен производиться путем постепенного изменения числа оборотов.

После кратковременной остановки, когда температура выходящей из дизеля охлаждающей воды не опускается ниже 30°С, продолжительность прогревания дизеля может быть сокращена.

Показатели режима работы дизелей приведены в табл. 12.

Для обеспечения постоянной нормальной работы дизеля необходимо систематически производить теплотехнический контроль и регулировку топливной аппаратуры.

§ 74. ПЕРИОДИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ РАБОТЫ ДИЗЕЛЯ

К основным показателям, по которым контролируют работу дизеля в процессе эксплуатации, относятся:

число оборотов коленчатого вала;
распределение нагрузки по отдельным цилиндрам;
температура отработавших газов;
максимальное давление цикла;
давление в конце процесса сжатия;
удельный расход топлива;
удельный расход масла.

Определению этих показателей должны предшествовать проверка качества работы топливной аппаратуры и проверка фаз распределения.

Теплотехнический контроль работы главных дизелей проводится в течение навигации силами теплотехнических партий.

Он заключается в проведении теплотехнических обследований и контрольных теплодинамометрических испытаний.

В 1961 г. Министерством речного флота введено в действие Положение о теплотехническом контроле силами судовой команды.

В соответствии с этим Положением в задачи теплотехнического контроля входят:

проверка качества работы топливной аппаратуры;

проверка давления сжатия p_c *кГ/см²* и максимального давления цикла p_z *кГ/см²* по цилиндрам;

регулировка дизеля по максимальному давлению цикла p_z *кГ/см²* и температуре отработавших газов $t_г$ по цилиндрам;

контрольные замеры температур, давлений, числа оборотов и расхода топлива;

анализ показателей, полученных при замерах; выявление недостатков в работе дизелей и проведение мероприятий, необходимых для улучшения их работы.

Теплотехнический контроль в указанном объеме должен производиться на всех серийных теплоходах с главными дизелями мощностью 300 *л. с.* и выше, не реже одного раза в месяц, а также после каждой замены гребного винта новым или исправления поврежденного винта.

Рассмотрим способы замеров величин при теплотехническом контроле.

Число оборотов коленчатого вала дизеля при испытаниях замеряют тахометром или счетчиком числа оборотов и секундомером.

О неравномерности распределения нагрузки по отдельным цилиндрам можно судить по максимальному давлению цикла и температуре отработавших газов. Эти параметры взаимосвязаны и их значения изменяются в зависимости от степени нагрузки дизеля.

После проверки работы дизеля на неравномерность распределения нагрузки по отдельным цилиндрам необходимо проверить работу дизеля на режиме малой мощности, при котором максимальное давление цикла в отдельных цилиндрах не должно превышать допустимого. Если окажется, что максимальное давление цикла чрезмерно высоко, следует равномерно снизить подачу топлива у всех цилиндров.

Максимальное давление цикла p_z по цилиндрам проверяют путем снятия «гребенок» с помощью индикатора. По отдельным цилиндрам оно не должно отличаться более чем на $\pm 4\%$ от средней величины для всех цилиндров. Вообще же максимальное давление цикла в каждом цилиндре не должно превышать величины, полученной при испытаниях дизеля на стенде завода-изготовителя и записанной в формуляр дизеля.

Величины максимальных давлений цикла для различных типов серийных дизелей приведены в табл. 12.

При регулировке величины p_z следует помнить, что при увеличении угла опережения подачи топлива максимальное давление цикла p_z возрастает, так как в этом случае значительная часть топлива сгорает до прихода поршня в в.м.т.

Уменьшение угла опережения подачи топлива снижает максимальное давление цикла, так как в этом случае топливо сгорает в основном после в.м.т., т. е. при увеличивающемся объеме цилиндра. Цикл приближается к циклу сгорания при постоянном давлении.

Температуру отработавших газов замеряют в выпускном патрубке каждого цилиндра высокоградусными ртутными термометрами или с помощью пирометрической установки (термопар с гальванометром, имеющим температурную шкалу).

Температура отработавших газов по отдельным цилиндрам не должна отличаться больше, чем на 5%, от средней величины для всех цилиндров. Вообще же она не должна превышать величины, полученной при испытаниях дизеля на стенде завода-изготовителя и записанной в формуляр дизеля.

Температуры отработавших газов для различных типов серийных дизелей приведены в табл. 12.

Для регулирования температуры отработавших газов необходимо изменить подачу топлива или угол опережения подачи топлива. С увеличением подачи топлива в цилиндр температура отработавших газов повышается и наоборот.

При увеличении угла опережения топлива температура отработавших газов уменьшается, а при уменьшении этого угла — увеличивается. Это объясняется тем, что при малом угле опережения подачи топлива (слишком поздней подаче топлива) процесс сгорания затягивается и в значительной части протекает на линии расширения, что и вызывает более высокую температуру отработавших газов. При этом наблюдается дымный выхлоп дизеля и снижение его мощности.

Неравномерность работы отдельных цилиндров может быть вызвана не только недостаточной подачей топлива, но и низким давлением p_c в конце процесса сжатия. В обоих случаях отработавшие газы имеют более низкую температуру.

Давление в конце процесса сжатия определяют посредством индикатора при выключенном топливном насосе цилиндра, что достигается выключением из работы топливного насоса соответствующего цилиндра.

Давление по отдельным цилиндрам в конце процесса сжатия не должно отличаться более, чем на $\pm 2{,}5\%$, от средней величины для всех цилиндров, а для каждого цилиндра оно должно находиться в пределах, указанных в формуляре дизеля.

Величины давлений в конце процесса сжатия для дизелей различных типов приведены в табл. 12.

§ 75. ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВКИ ДИЗЕЛЯ

Регулировка дизеля должна обеспечить длительную его эксплуатацию при номинальной мощности и нормальном расходе топлива и смазочного масла.

Наибольшее влияние на экономичность работы дизеля оказывают регулировка фаз распределения, угла опережения топлива, распределения мощности по цилиндрам, состояние топливной аппаратуры.

При регулировке дизелей необходимо обращать внимание на цвет отработавших газов, служащий показателем качества сгорания топлива и степени нагрузки цилиндров.

Регулировку равномерности распределения мощности по цилиндрам следует производить лишь после того, как полностью проведена и отрегулирована топливная аппаратура. Регулировку на равномерность подачи топлива следует производить на режиме полной мощности путем измерения количества топлива, подаваемого насосом каждого цилиндра, с одновременным замером температур отработавших газов и максимальных давлений цикла в каждом цилиндре.

Следует всегда иметь в виду, что резкое отклонение от нормальных значений температуры отработавших газов в отдельных цилиндрах может быть вызвано не увеличенной подачей топлива, а плохой работой форсунки. Необходимо точно установить причину отклонения температуры, чтобы не ухудшать работу дизеля ненужным регулированием топливного насоса.

§ 76. ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ ПО РЕГУЛИРОВКЕ ДИЗЕЛЯ

Регулировка зазоров в клапанном механизме распределения. Изменение зазоров в клапанном механизме обычно происходит после длительной работы вследствие:

ослабления регулировочных болтов;

износа кулачных шайб;

износа шеек и подшипников распределительного вала;

износа тарелок клапанов и их седел.

При отсутствии зазоров в клапанном механизме во время работы дизеля впускные и выпускные клапаны не будут плотно закрываться и это приведет к уменьшению мощности дизеля и быстрому прогоранию клапанов.

При увеличенных зазорах в клапанном механизме заметных изменений в работе дизеля не происходит. Однако при этом возникают динамические нагрузки на детали клапанного механизма, что приводит к их быстрому износу и повреждению.

Зазоры проверяют с помощью щупа, вставляемого поочередно между роликами толкателей приводов впускных и выпускных клапанов и кулачными шайбами или между ударными болтами рычагов и штоками клапанов.

В первом случае измеряют зазоры под роликами тех клапанов, у которых рабочие кулачки шайб не дошли до ролика или перешли его.

Во втором случае рукой отжимают клапанный привод кверху до полного соприкосновения ударного болта со штоком клапана. Регулировка производится путем вывертывания или ввертывания ударного болта на конце клапанного рычага.

Величины зазоров в клапанных механизмах, а также моменты открытия и закрытия рабочих клапанов дизелей приведены в табл. 13.

Моменты открытия и закрытия клапанов (фаз распределения) проверяют, чтобы убедиться в исправности работы всего распределительного механизма.

Это делают во время технического ухода № 4, т. е. через 2000 *час* работы дизеля.

Для проверки распределения необходимо знать крайние положения (в.м.т и н.м.т.) кривошипов.

Обычно на ободе маховика делают метки, указывающие в.м.т. и н.м.т. кривошипов, а на станине дизеля у маховика установлена неподвижная стрелка-указатель.

Проверку моментов открытия и закрытия клапанов первого цилиндра обычно начинают с первого цилиндра. Для этого коленчатый вал дизеля проворачивают валоповоротным устройством по ходу при открытых индикаторных кранах до тех пор, пока ролик привода впускного клапана не подойдет к выступу кулачной шайбы. В момент начала набегания ролика на выступ проворачивать ролик рукой становится трудно. В этот момент проворачивание коленчатого вала прекращают и измеряют длину дуги по ободу маховика от метки в.м.т. первого цилиндра до стрелки-указателя. Угол поворота коленчатого вала до в.м.т., соответствующий началу открытия впускного клапана (угол опережения открытия впускного клапана) в *град* может быть подсчитан по формуле:

$$\alpha = \frac{l\,360}{L},$$

где L — длина окружности обода маховика в *мм*;

l — замеренная длина дуги в *мм*.

После этого проворачивают коленчатый вал дизеля дальше, по ходу, пока ролик привода клапана не сойдет с кулачной шайбы. Когда для проворачивания ролика от руки потребуется небольшое усилие, это будет означать закрытие впускного клапана. Угол отклонения кривошипа от н.м.т. (угол запаздывания закрытия впускного клапана) вычисляют далее по вышеприведенной формуле.

Таким же образом проверяют открытие и закрытие выпускного клапана.

Таблица 13

Элементы распределения	Размерность	Марки дизелей															
		18Д	6ЧРП 25/34[3]	6S275L, 6L275Rr/II	6L275	6L275-PN	8NVD 36	8NVD 36A	6NVD 48 и 8NVD 48	8NVD 48A	М-50	Д-50	3Д6	6ЧСП 12/14	6ЧСП 18/22	6L160PNS	6NVD 26
Впускной клапан																	
Открытие до в. м. т.	*Град* поворота вала	37±7	20±2	20±2	27±2	82	20	75	20	75	50±3	80	20±3	10	10—14	75	20
Закрытие после н. м. т.	То же	47±7	40+2	33±2	24+2	32	40	40	40	40	56±3	35	48±3	45	27—32	40	40
Зазор в клапанном механизме	*мм*	1±0,2	0,3—0,4	0,3—0,4	0,3—0,4	0,3—0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,88	—	2,34	0,3	0,25	0,3	0,5
Подъем клапана	*мм*	22	24,5	19,5—20	19,5 -20	19,5—20	22	22	30	30	—	—	—	—	—	—	—
Выпускной клапан																	
Открытие до н. м. т.	*Град* поворота вала	52±7	40±2	47±3	53±4	40	40	40	40	40	56±3	50	48±3	45	27—32	46	40
Закрытие после в. м. т.	То же	32±7	20±2	18±2	10±4	60	20	60	20	60	50±3	54	20±3	10	10—14	60	20
Зазор в клапанном механизме	*мм*	1±0,2	0,3—0,4	0,4—0,6	0,4- 0,6	0,3—0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,98	—	2,34	0,3	0,3	0,3	0,5
Подъем клапана	*мм*	22	24,5	19,5—20	19,5—20	19,5—20	22	22	30	30	—	—	—	—	—	—	—
Пусковой клапан																	
Открытие до в. м. т.	*Град* поворота вала	18	4	5	3	2*	5	5	5	5	—	—	6	—	5*	—	—
Закрытие после в. м. т.	То же	140	145	120	120	—	135	135	135	135	—	—	114	—	—	—	—

* У дизелей 6L275-PN и 6ЧСП 18/22 открытие пускового клапана происходит после в. м. т.

Моменты открытия и закрытия клапанов остальных цилиндров проверяют описанным выше методом.

Изменение величины давления в конце процесса сжатия в отдельных цилиндрах достигается путем изменения высоты камеры сжатия.

У дизелей с отдельной нижней головкой шатуна высота камеры сжатия может быть изменена путем изменения толщины прокладок между пятками шатунов и верхними половинками нижних головок. Эти прокладки представляют собой точно обработанные детали и их можно заменять только при заводском ремонте дизеля.

У дизелей с неотъемной нижней головкой шатуна высота камеры сжатия изменяется путем изменения толщины прокладки между крышкой цилиндра и цилиндровой втулкой.

Таблица 14

Марка дизеля	Начало подачи топлива, *град* до в. м. т.	Марка дизеля	Начало подачи топлива, *град* до в. м. т.
18Д	15—18	М50	31—33
6ЧРП 25/34	20—22	3Д6	28—30
4ДР 30/50 и 6ДР 30/50	16	4NVD 24	18
6S275L и 6L275Rr	20—24	6ЧСП 12/14	16
6L275	16—19	6ЧСП 18/22	25—27
6L275Rr-PN	15	6L160NS	24
8NVD 36	17—20	6NVD 26	18
8NVD 36A	17—20	4Ч 10,5/13	20
6NVD 48 и 8NVD 48	17—22	4Ч 8,5/11	18—28
8NVD 48A	22	4С160	22
Д50	28—30	4С110	29

При изменении давления конца сжатия по цилиндрам до регламентируемых значений необходимо иметь в виду, что при больших износах поршневых колец, а также в целом деталей цилиндро-поршневой группы изменение высоты камеры сжатия не может дать ощутимых результатов.

Регулировка угла опережения подачи топлива. Оптимальные углы опережения подачи топлива устанавливаются для каждого типа дизеля на стендах завода-изготовителя. Величины этих углов для различных марок дизелей приведены в табл. 14.

Величину угла опережения подачи топлива следует проверять через 1000—1500 *час* работы дизеля. До истечения этого срока проверка углов опережения подачи топлива должна производиться в тех случаях, когда температура отработавших газов и максимальное давление цикла выходят за допускаемые пределы.

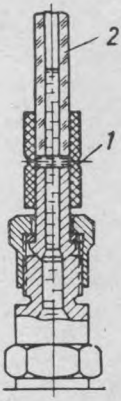


Рис. 111. Моментоскоп

Для проверки угла опережения подачи топлива необходимо:

отсоединить форсуночную трубку от топливного насоса;

установить на штуцер топливного насоса моментоскоп (рис. 111);

переместить рейки топливных насосов в помещение полной подачи топлива;

вручную прокачать топливный насос до полного удаления воздуха из резиновой *1* и стеклянной *2* трубок моментоскопа;

повернуть коленчатый вал дизеля так, чтобы ролик толкателя проверяемого насоса не доходил до выступа топливной кулачной шайбы;

выжимая резиновой трубкой моментоскопа топливо, заполнить им наполовину стеклянную трубку;

медленно проворачивать коленчатый вал дизеля по направлению нормального вращения до начала перемещения мениска топлива в стеклянной капиллярной трубке моментоскопа.

Момент начала перемещения топлива и будет соответствовать началу подачи топлива топливным насосом. Затем по меткам на маховике определяют угол отклонения кривошипа от в.м.т. соответствующего цилиндра.

Проверка и регулировка форсунок. К операциям по проверке и регулировке форсунок относятся:

1) проверка плотности (герметичности) форсунки;
2) проверка форсунки на качество распыливания;
3) проверка давления открытия иглы форсунки.

Герметичность форсунки проверяют для определения степени износа ее прецизионных деталей — иглы и корпуса распылителя. О плотности пригонки иглы к корпусу распылителя судят по времени падения давления топлива в определенных за-

данных пределах. Проверку производят на установке для испытания форсунок (рис. 112) с использованием тщательно отфильтрованного дизельного топлива.

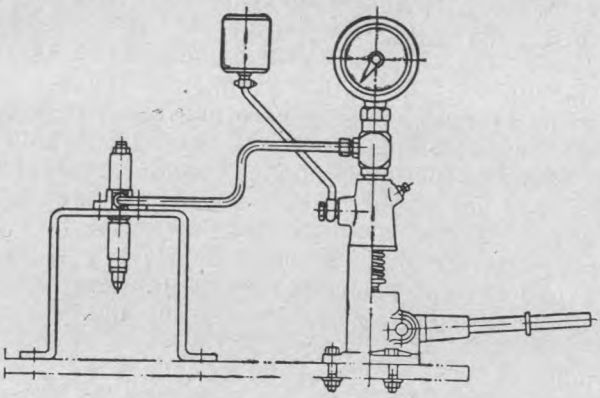


Рис. 112. Установка для проверки форсунок

Граничные давления при опрессовке форсунок приведены в табл. 15.

Таблица 15

Марка дизеля	Давление опрессовки форсунки, *кГ/см²*		Падение давления, *кГ/см²*	Время падения давления, *сек* (не менее)
	начальное	конечное		
18Д	180	130	50	60
6S275L	240	200	40	30—45
6L275	240	200	40	30—45
NVD 36	280	230	50	40—60
NVD 48	280	230	50	40—60
Д50С	380	330	50	30
3Д6	350	230	50	30—45
ДР 30/50	280	230	50	30—45

Опрессовку производят дважды; перед каждой опрессовкой рекомендуется делать один впрыск топлива.

Если в результате опрессовки устанавливают, что герметичность недостаточна, то распылитель с иглой необходимо заменить.

Недостаточная герметичность и чрезмерная плотность распылителя недопустимы: в первом случае форсунка будет неудовлетворительно распыливать топливо, а во втором возможно заедание иглы распылителя в его направляющей при работе форсунки на дизеле вследствие нагрева.

Поэтому у всех стандартных распылителей нормального и штифтового типа игла, выдвинутая на одну треть своей длины из корпуса при угле наклона к горизонтали в 45°, должна опускаться на седло под действием собственного веса. Перед такой пробой игла и корпус распылителя должны быть тщательно промыты в дизельном топливе. У нестандартных форсунок тихоходных дизелей (например, дизелей 18Д) игла и иглодержатель должны быть подобраны таким образом, чтобы игла, смоченная в дизельном топливе и установленная в вертикальном положении, при температуре 15—25°С плавно опускалась до конца под действием собственного веса. Перемещение иглы необходимо проверять при нескольких ее положениях относительно держателя, поворачивая каждый раз иглу на 90°. Факел топлива, выходящий из форсунки, должен состоять из хорошо распыленных частичек, без заметных на глаз отдельных капель или струек. После отсечки факел должен как бы оторваться от форсунки. У форсунок с многодырчатыми распылителями топливо, выходящее из каждого отверстия, должно быть распылено до туманообразного состояния и равномерно распределено по поперечному сечению факела.

Конус распыливания легко проверить по отпечатку, оставляемому топливом на бумажном экране, устанавливаемом перпендикулярно струе на известном расстоянии.

Подтекание у форсунки, т. е. образование на конце сопла капли топлива (перед впрыском и после впрыска) объясняется главным образом неплотностью седла иглы форсунки, причем при большой неплотности топливо вытекает без распыливания.

Подтекание у форсунки обнаруживается следующим образом. Путем подкачивания топлива вручную поднимают давление в топливной системе до величины, несколько меньшей, чем давление открытия. Если игла уплотнена в седле, то капля топлива не образуется. Подтекание происходит при давлении, меньшем давления открытия, причем впрыск получается коротким. От сопла при этом отрывается капля топлива.

Хорошая форсунка имеет впрыск, который начинается и заканчивается резко, при этом конец сопла остается сухим.

У исправной форсунки за один подъем плунжера топливного насоса происходит несколько отдельных коротких впрысков. Как говорят, форсунка «дробит», т. е. за один ход плунжера подъем и посадка иглы чередуются. Частота дробления изменяется в зависимости от скорости подъема плунжера. У исправной форсунки дробление прекращается только при скорости плунжера, соответствующей нормальному скоростному режиму дизеля.

Давление открытия иглы форсунки — это давление, при котором поднимается игла и начинается впрыск топлива. Его нельзя смешивать с давлением в топливной системе в период впрыска, которое может быть больше давления открытия.

Значения давления открытия иглы форсунки для различных типов дизелей приведены в табл. 16.

Таблица 16

Марка дизеля	Давление открытия иглы форсунки, $кГ/см^2$	Марка дизеля	Давление открытия иглы форсунки, $кГ/см^2$
18Д	180—200		—
6ЧРП 25/34	220	3Д6	200—210
4ДР 30/50 и 6ДР 30/50	220	4NVD 24	280
6S275L и 6L275Rr	230—250	6ЧСП 12/14	120
6L275	230—250	6ЧСП 18/22	210
6L275Rr-PN	250	6L160PNS	250
8NVD 36	280—300	6NVD Д26	300
8NVD 36A	300	4Ч 10,5/13	125
6NVD 48 и 8NVD 48	280—300	4Ч 8,5/11	125
8NVD 48A	300	4С160	270
Д50	275	4С110	160

У всех форсунок данного дизеля давление открытия должно быть одинаковым и равным требуемому техническими условиями. Давление открытия у форсунок одного дизеля должно быть установлено с точностью $\pm 2{,}5$ $кГ/см^2$.

Давление открытия иглы форсунки регулируют путем изменения предварительной затяжки пружины при помощи регулировочного болта. Форсунки некоторых конструкций вместо регулировочных болтов имеют сменные прокладки различной толщины или проставочные втулки, высоту которых можно изменять спиливанием торцов.

Регулирование форсунки на давление открытия производят на установке для испытания форсунок. В судовых условиях для этого можно пользоваться новой форсункой, отрегулированной на заданное давление. Включая такую форсунку параллельно с испытываемой посредством тройника (рис. 113), изменением затяжки пружины испытываемой форсунки добиваются впрыска, одновременного с впрыском новой форсунки.

Для проверки и регулирования форсунок на давление открытия при помощи новой форсунки топливо прокачивают вручную.

Подъем иглы у форсунок наиболее распространенных типов составляет 0,2—0,7 *мм*.

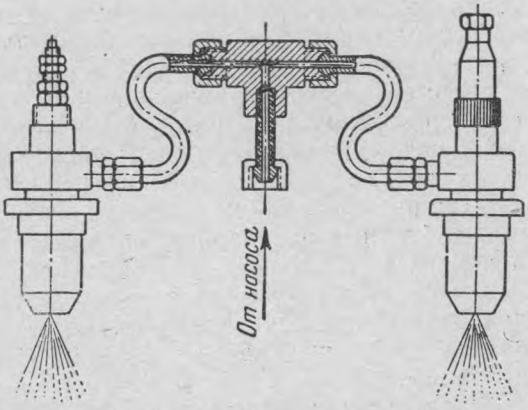


Рис. 113. Проверка качества распыливания при помощи эталонной форсунки

Проверка топливных насосов. К операциям по проверке и регулированию топливных насосов в судовых условиях относятся:

1) проверка герметичности прецизионных пар;

2) проверка нулевого положения топливных насосов;

3) проверка положения плунжеров насоса во втулке.

Каждая прецизионная пара топливных насосов представляет собой отдельный неразобщаемый комплект. Детали прецизионных пар не взаимозаменяемы.

Качество прецизионных пар проверяют путем испытания на герметичность. Герметичность пары плунжер — втулка быстро проверяют следующим образом: после промывки в дизельном топливе зажимают всасывающее отверстие во втулке, а также отверстие в ней с торца и отводят плунжер. Над плунжером создается разрежение, причем он должен возвратиться в исходное положение без всякого заедания, под действием силы, определяемой разностью между давлением окружающего воздуха и давлением над плунжером.

Другой способ проверки заключается в следующем: плунжер выводят из втулки на определенную высоту при вертикальном положении. При хорошей пригонке плунжера ко втулке он должен свободно опуститься до упора под действием собственного веса.

Для проверки герметичности втулку и плунжер испытывают под давлением топлива. В судовых условиях эту проверку мож-

но выполнять так: к нагнетательному трубопроводу присоединяют манометр и, подкачивая топливо вручную, определяют давление, которое может создать топливный насос. Прокачивание необходимо производить примерно со скоростью одного хода плунжера в секунду.

Герметичность плунжерной пары можно также проверить при неподвижном плунжере. Для этого пользуются давлением, создаваемым соседним топливным насосом. Между испытуемым насосным элементом и насосом, используемым для прокачивания топлива вручную, устанавливают на тройнике манометр.

Герметичность плунжерной пары следует точно определять согласно техническим условиям, в которых, как и для проверки форсунок, указываются начальное и конечное давление и время в секундах, за которое должно происходить падение давления.

Для проверки таким способом герметичности плунжерной пары необходимо предварительно удалить нагнетательный клапан и к нагнетательному штуцеру насоса присоединить манометр. Затем следует прокачать топливо вручную до максимального давления и при положении плунжера на полной подаче определить продолжительность падения давления до минимальной величины.

Значения граничных давлений при опрессовке топливных насосов для дизелей различных марок приведены в табл. 17.

Таблица 17

Марка дизеля	Давление, *кГ/см²*		Продолжительность падения давления, *сек* (не менее)
	максимальное	минимальное	
18Д	400	300	30
ДР 30/50	500	400	30
6L275	300	250	30
8NVD 36	280	230	40
6NVD 48	300	250	30

ГЛАВА XIV

ТОПЛИВО И МАСЛО ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ

§ 77. СОРТА ТОПЛИВА, ПРИМЕНЯЕМОГО В СУДОВЫХ ДИЗЕЛЯХ

Для дизелей речных судов применяется дизельное топливо ТЛ по ГОСТ 10489—63 и ДС по ГОСТ 4749—49, которое обязательно для быстроходных дизелей. Топливо дизельное автотракторное С по ГОСТ 305—62 может служить заменителем.

Моторное топливо (ГОСТ 1667—51) в настоящее время на речных судах не применяется. Все эти виды топлива являются продуктом переработки нефти.

К общим требованиям, предъявляемым к топливу для дизелей, относятся обеспечение легкости пуска дизеля и экономичности его работы при минимальном нагарообразовании, «мягкой» работы (без стуков) при наименьшем износе деталей.

Качество того или другого сорта топлива для дизелей определяется его физико-химическими свойствами.

Фракционный состав — показатель испаряемости топлива при различных температурах. Наличие в топливе легких фракций, кипящих при температуре ниже 250°С, ухудшает процесс сгорания топлива в цилиндрах, в результате чего происходит неполное сгорание и коксообразование на стенках цилиндра.

Для быстроходных дизелей лучшим считается топливо, в составе которого имеются фракции, кипящие при 200—330° С.

Плотность (удельный вес) — есть отношение веса одного литра нефтепродукта при температуре 20° С к весу одного литра дистиллированной воды, взятой при температуре 4° С.

Плотность не является характерным свойством, определяющим пригодность топлива для дизелей, однако, по ней можно косвенно судить о способности распыленных частиц топлива проникать в среду сжатого воздуха в цилиндре дизеля. Плотность дизельного топлива не нормируется и поэтому в ГОСТах на топливо ее величины не приводятся.

Вязкость топлива — показатель, характеризующий внутреннее трение его частиц при относительном движении со-

седних слоев, зависящее от сил сцепления между молекулами. Вязкость обуславливает способность топлива течь по трубам и распыливаться форсункой. Вязкость оказывает влияние на характер сгорания топлива в цилиндре дизеля.

Вязкость жидкого топлива определяется условными градусами вязкости (ВУ или Энглера) и кинематической вязкостью в сантистоксах (*сст*).

Нормальная вязкость дизельного топлива находится в пределах 1,15—1,7°Е (Энглера) при 20°С.

Температура застывания — температура, при которой топливо теряет свою текучесть и загустевает настолько, что при наклоне пробирки с ним под углом 45° уровень его топлива остается неподвижным в течение одной минуты. Для дизельного топлива она находится в пределах от —15 до —10°С.

Температура вспышки — наименьшая температура, при которой образующиеся над топливом пары в смеси с воздухом, соприкасаясь с открытым пламенем, вспыхивают.

Этот показатель характеризует топливо с точки зрения пожарной опасности. Чем ниже температура вспышки, тем опаснее топливо в пожарном отношении. На судах применение дизельного топлива с температурой вспышки ниже 65°С не разрешается.

Температура самовоспламенения — температура, при которой топливо воспламеняется при соприкосновении с воздухом без воздействия постороннего источника воспламенения. Эта температура имеет весьма важное значение для топлива, применяемого для дизелей. Для дизельного топлива при давлении 20—30 *кГ/см*^{2} она составляет примерно 250—220°С (с понижением давления она возрастет).

Качество сгорания топлива в цилиндрах дизеля (задержку самовоспламенения) оценивают по цетановому числу.

Чем выше цетановое число топлива, тем с меньшей задержкой оно воспламеняется в цилиндрах дизеля, тем равномернее повышается давление и мягче работает дизель. Однако увеличение цетанового числа дизельного топлива свыше 50 единиц уже не дает заметного эффекта; поэтому в ГОСТах на дизельное топливо предельное цетановое число принято равным 50.

Коксуемость — есть способность топлива выделять при сгорании черную маслянистую массу (кокс). В начальной стадии кокс бывает мягким, а затем постепенно твердеет, превращаясь в нагар. Отлагаясь на стенках цилиндров дизеля, поршневых кольцах, клапанах и форсунках, нагар нарушает правильную работу дизеля.

Зольность характеризует наличие в топливе твердых несгораемых частиц, которые, смешиваясь со смазочным маслом, ускоряют износ цилиндра и поршневых колец дизеля. Содержание золы в дизельном топливе не должно превышать 0,01—0,02% по весу.

Кислотность характеризует способность топлива вызывать коррозию деталей дизеля.

Органическую кислотность топлива оценивают величиной кислотного числа, выраженного в миллиграммах едкого калия (КОН), необходимого для нейтрализации 100 *мл* топлива. По ГОСТам на дизельное топливо кислотное число должно быть не более 5 единиц.

Содержание серы в топливе для судовых и тепловозных дизелей по ГОСТ 10489—63 разрешается 0,5%, в топливе для быстроходных дизелей по ГОСТ 4749—49 до 0,2% и в топливе дизельном автотракторном С по ГОСТ 305—62 до 1%. Присутствие серы в топливе вызывает коррозию деталей дизелей. При сернистом топливе необходимо применять масла со специальными присадками.

Вода в топливе ухудшает процесс сгорания и затрудняет фильтрацию топлива. Вода вызывает также ускоренный износ деталей цилиндро-поршневой группы, вследствие отложения на стенках цилиндра солей, растворенных в воде. Поэтому присутствие воды в дизельном топливе не допускается.

Механические примеси в топливе засоряют фильтры, отверстия распылителей форсунок вызывают износ трущихся поверхностей клапанов топливных насосов, цилиндров и поршневых колец. Присутствие в дизельном топливе механических примесей не допускается.

§ 78. СОРТА МАСЕЛ ДЛЯ ДИЗЕЛЕЙ

Для смазки дизелей на речных судах применяют три группы минеральных масел: авиационные, дизельные и моторные.

Авиационные масла (ГОСТ 1013—49) применяют для быстроходных дизелей, имеющих подшипники, заплавленные свинцовистой бронзой (дизели 3Д6 и др.). Масло авиационное МС-20С (по ГОСТ 9320—60), вырабатываемое из восточных сернистых нефтей, имеет повышенное содержание серы (до 1%).

Дизельные масла (ГОСТ 5304—54) применяют для смазки судовых дизелей, имеющих заплавку вкладышей подшипников из баббита.

Масло Д-11 применяется без присадок. Масла Дп-8, Дп-11 и Дп-14 имеют 3% присадки ЦИАТИМ-339 или АЗНИИ-ЦИАТИМ-1.

Для смазки тихоходных дизелей можно применять моторное масло по ГОСТ 1519—42.

Для смазки цилиндров компрессоров применяют компрессорные масла (ГОСТ 1861—54), причем для одноступенчатых и двухступенчатых компрессоров низкого и среднего давления применяют масло марки 12М, а для компрессоров высокого давления — марки 19 (Т).

Из консистентных смазок для подшипников привода распределения дизелей и навешенных механизмов применяют солидол жировой УС-2/Л по ГОСТ 1033—51 или солидол синтетический УСс-2 по ГОСТ 4366—64. Эти солидолы служат также хорошей защитой для деталей, находящихся на хранении.

Для смазки деталей с температурой до 150°С применяют конталин УТ-2 по ГОСТ 1957—52.

Качество жидкого смазочного масла характеризуется рядом физико-химических свойств, приводимых ниже.

Показатель вязкости смазочного масла — важная характеристика, определяющая возможность использования масла для смазки дизеля. Лучшее масло для дизелей — такое, которое мало изменяет свою вязкость при изменении температуры.

Антикоррозийные свойства масел оцениваются несколькими показателями, в том числе величиной кислотного числа, выраженного в граммах едкого калия (КОН), необходимых для нейтрализации 1 *г* масла.

Антикоррозийные свойства масел оцениваются также в результате испытаний на коррозию стальных, медных и свинцовых пластинок.

Температура вспышки служит для оценки испаряемости масла. Лучшие сорта масел имеют более высокую температуру вспышки.

Температура застывания учитывается при выборе сорта масла, используемого в дизелях при низких температурах.

Содержание воды в маслах не допускается.

Содержание механических примесей в маслах без присадок не допускается. В маслах с присадками количество механических примесей строго ограничивается.

Консистентные смазки характеризуются следующими основными показателями:

пенетрацией — показателем плотности смазки;

температурой каплепадения, при которой смазка начинает расплываться. Она характеризует предел работоспособности смазки при высокой температуре.

Для повышения качества минеральных масел широко пользуются специальными присадками, посредством которых понижается температура застывания и улучшаются вязкостно-температурные свойства масел, снижается их корродирующее действие на металлы, предупреждается нагарообразование. Присадки и масла добавляют в зависимости от их значения в количестве от 0,01 до 5% и более.

§ 79. СРОКИ СЛУЖБЫ МАСЕЛ В ДИЗЕЛЯХ

Масло в системе смазки заменяют после окончания периода обкатки нового или отремонтированного дизеля и в процессе нормальной эксплуатации дизеля через определенные периоды работы.

Необходимость замены масла в процессе эксплуатации вызывается потерей маслом первоначальных качеств. Хотя в процессе работы масло непрерывно фильтруется, т. е. частично регенерируется, в нем накапливаются продукты износа деталей дизеля, продукты окисления и коксообразования самого масла, в него попадают топливо, вода и различные механические примеси.

Ниже приведены сроки службы (в *час*) масла в дизелях, установленные заводами-изготовителями дизелей для условия непрерывной работы с номинальными мощностью и числом оборотов.

18Д	500
ДР 30/50	500
Типа 6L275	500
» NVD 36	1000—1200
» NVD 48	750—1000
Д50	500— 600
М50	60
3Д6	100
6ЧСП 18/22	300
6L160PNS	300

Однако, как показала практика эксплуатации, в дизелях, находящихся в хорошем техническом состоянии, а также при систематической фильтрации, сроки службы масла могут быть значительно удлинены без заметного износа деталей дизелей.

Качество масла может быть проверено по показателям (браковочным характеристикам) с помощью переносной судовой лаборатории ЛКНС-3 Ленинградского института водного транспорта. В соответствии с этими браковочными характеристиками масло считается непригодным для дальнейшего использования и подлежит замене, если:

содержание воды превышает 0,4—0,5%;

содержание механических примесей превышает 1,5—1,6%;

вязкость при температуре 50°С уменьшилась по сравнению с вязкостью свежего масла на 2,5—3,0°Е и появились водорастворимые кислоты.

Большое влияние на срок службы масла оказывает его сепарирование в судовых условиях. Например, на пассажирском теплоходе «К. Либкнехт» с главными дизелями 6NVD 48 в масле, отработавшем 600 *час* без сепарирования, содержание механических примесей составляло 2,92%, а в масле, отработавшем то же количество часов, но с сепарированием — 1,38%. На теплоходе «Добрыня Никитич» с дизелями 18Д после 890 *час* работы содержание механических примесей в масле составляло без сепарации — 4%, а при работе с сепарацией — 2,6%.

Таблица 18

Тип судна и марка дизеля	Номинальный режим		Материал поршня	Норма расхода масла по периодам безремонтной работы цилиндро-поршневой группы на все главные дизели, *кг/час*			
	мощность, *л. с.*	число оборотов в минуту		2500 *час*	5000 *час*	7500 *час*	10000 *час*
Дизель-электроход с дизелями 6L275	2×400	550	Чугун	5,0—5,3	5,4—5,7	5,8—6,1	6,2—6,5
Теплоход типа «Октябрьская революция» с дизелями 6L275 Rr-PN	3×550	500	Алюминий	7,7—8,1	8,3—8,5	8,8—9,3	9,6—10,0
Теплоход типа «Байкал» с дизелями 6NVD 48	2×400	300	Чугун	2,0—2,2	2,2—2,5	2,5—2,8	3,0—3,2
Теплоход типа «Родина» с дизелями 6NVD 48	3×400	275	»	3,0—3,3	3,3—3,6	3,6—4,2	4,5—4,8

Таблица 19

Тип судна и марка дизеля	Номинальный режим		Материал поршня	Норма расхода масла по периодам безремонтной работы цилиндро-поршневой группы на два дизеля, *кг/час*			
	мощность, *л. с.*	число оборотов в минуту		2500 *час*	5000 *час*	7000 *час*	10000 *час*
Теплоход проекта № 11 с дизелями 18Д	2×400	400	Чугун Алюминий	4,7—5,1 4,2—4,5	5,8—6,2 4,8—5,3	7,0—7,5 5,6—6,4	8,3—8,9 6,8—7,4
Теплоход проектов № 11 и 573 с дизелями 6S275L	2×323	412	Чугун	4,5—4,7	5,0—5,2	5,3—5,5	5,6—5,8
Теплоход проекта № 11 с дизелями 6L275Rr-PN	2×550	500	Алюминий	5,1- 5,4	5,5—5,7	5,9—6,2	6,4—6,7
Теплоход проектов № 11 и 573 с дизелями 4ДР 30/50	2×400	400	Чугун	4,2—4,3	4,3—4,4	4,4—4,5	4,6—4,7
Теплоход проекта № 576 с дизелями 6L275Rr	2×375	500	»	5,3—5,5	5,7—5,9	6,1—6,3	6,5—6,7
Теплоход проекта № 576 с дизелями 6NVD 48	2×500	350	»	2,1—2,3	2,5—2,8	2,9—3,2	3,3—3,7
Грузовой теплоход проекта № 2760 (700 *т*) с дизелями 8NVD 36	2×300	360	»	1,3—1,4	1,5—1,6	1,7—1,8	1,9—2,0
Танкер проекта № 587 с дизелями 6NVD 48	2×500	350	»	2,1—2,3	2,5—2,8	2,9—3,2	3,3—3,7

Таблица 20

Тип судна и марка дизеля	Номинальный режим		Материал поршня	Норма расхода масла по периодам безремонтной работы цилиндро-поршневой группы на два дизеля, *кг/час*			
	мощность, *л. с.*	число оборотов в минуту		3000 *час*	6000 *час*	9000 *час*	12000 *час*
Теплоход проекта № 10 с дизелями 18Д	300	300	Чугун Алюминий	4,0—4,3 3,4—3,8	4,7—5,0 4,0—4,4	5,4—5,9 4,6—5,2	6,3—7,0 5,5—6,2
Теплоход проекта № 10 с дизелями 6S275L	2×2323	412	Чугун	4,5—4,7	5,0—5,2	5,3—5,5	5,6—5,8
Теплоход Ч-800 с дизелями 6L275	2×400	550	»	5,0—5,3	5,4—5,7	5,8—6,1	6,2—6,5
Теплоход Ч-1100 с дизелями 6L275-PN	2×550	500	Алюминий	5,1—5,4	5,5—5,8	5,9—6,2	6,4—6,6
Буксир-толкач проекта № 758 с дизелями 6NVD 48	2×400	275	Чугун	2,0—2,2	2,2—2,5	2,5—2,8	3,0—3,2
Буксир-толкач проекта № 749 с дизелями 6ДР 30/50	2×600	300	»	6,2—6,4	6,4—6,6	6,6—6,8	6,8—7,0
Буксир-толкач проекта № 749б с дизелями 8NVD 48	2×670	350	»	3,0—3,3	3,5—3,9	4,1—4,5	4,5—5,2
Буксир финской постройки мощностью 600 *л. с.* с дизелями 8NVD 36	2×300	360	»	1,3—1,4	1,5—1,6	1,7—1,8	1,9—2,0

§ 80. НОРМЫ РАСХОДА СМАЗОЧНОГО МАСЛА

Между расходом смазки и состоянием деталей цилиндро-поршневой группы дизеля существует взаимосвязь: с увеличением износов цилиндро-поршневой группы возрастает угар масла, что вызывает интенсивное его старение. В результате в смазочном масле увеличивается количество механических примесей и это, в свою очередь, ускоряет износ деталей. Поэтому нормы расхода смазочного масла для различного типа дизелей в системе Министерства речного флота разработаны с учетом числа часов безремонтной работы цилиндро-поршневой группы дизелей.

Нормы расхода смазочного масла для различных типов главных дизелей, установленных на пассажирских судах, приведены в табл. 18, на грузовых — в табл. 19 и на буксирных — в табл. 20.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ОСНОВЫ СУДОВОЖДЕНИЯ

Глава I

Общие сведения о судне и его качествах

§ 1. Понятие о судне, навигационных и эксплуатационных качествах судов, их форме и размерениях 3
§ 2. Классификация судов 6
§ 3. Краткие сведения о навигационных качествах судов . . . 10

Глава II

Основные типы речных транспортных судов

§ 4. Архитектурные особенности современных судов внутреннего плавания 19
§ 5. Направления развития транспортного флота и улучшения условий судоходства 23

Глава III

Устройство судов

§ 6. Корпус судна 27
§ 7. Корпус металлического судна 29
§ 8. Корпус железобетонного судна и судов из легких сплавов и пластмасс 33
§ 9. Судовые надстройки 34
§ 10. Судовые движители 35
§ 11. Судовые палубные вспомогательные механизмы и системы . . 36

Глава IV

Вооружение и оборудование судна

§ 12. Тросы 41
§ 13. Судовые цепи 44
§ 14. Якоря 46
§ 15. Рангоут и такелаж 48
§ 16. Подъемные средства 48
§ 17. Шлюпки и лодки 50

Стр.
§ 18. Сигнальные устройства 51
§ 19. Противопожарные и спасательные средства 52
§ 20. Приборы для измерения осадки судна и глубины 53

Глава V

Судовые устройства

§ 21. Якорное устройство 55
§ 22. Швартовное устройство 56
§ 23. Рулевое устройство 57
§ 24. Буксирное устройство 61
§ 25. Шлюпочное устройство 62

Глава VI

Основные положения из Правил плавания по внутренним судоходным путям

§ 26. Движение судов и контроль за безопасностью их плавания . 64
§ 27. Сигнализация 67

Глава VII

Лоция внутренних водных путей

§ 28. Общие сведения 73
§ 29. Препятствия для судоходства и ориентировка в пути следования 74
§ 30. Формирование русла и образование наносов 77
§ 31. Судоходная обстановка на внутренних судоходных путях . . 80
§ 32. Изучение района плавания 81
§ 33. Лоцманские карты и пользование ими 83

Глава VIII

Управление судами

§ 34. Способы управления судном 88
§ 35. Управление грузо-пассажирскими и грузовыми самоходными судами 97
§ 36. Управление судном при движении в плесах и на затруднительных участках пути 106
§ 37. Управление буксируемым составом 111
§ 38. Судовождение способом толкания 121
§ 39. Буксировка плотов 123
§ 40. Буксировка судов с опасными грузами 127
§ 41. Управление судами на каналах 127
§ 42. Управление судами при плавании в устьях рек, на водохранилищах и озерах 128
§ 43. Особенности управления судами с поворотными насадками . 129
§ 44. Управление судами на подводных крыльях 130
§ 45. Управление судами при особых обстоятельствах 131
§ 46. Управление судами при плавании в ледовых условиях . . 133
§ 47. Навигационные приборы 133
§ 48. Навигационная прокладка 134
§ 49. Плавание в условиях плохой видимости с помощью радиолокатора 137

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

Стр.

УСТРОЙСТВО И ОБСЛУЖИВАНИЕ ДИЗЕЛЕЙ

Глава IX

Общие сведения о двигателях внутреннего сгорания (дизелях)

§ 50. Схема устройства и принцип действия четырехтактного дизеля 140
§ 51. Рабочий процесс четырехтактного дизеля и его графическое изображение 141
§ 52. Газотурбинный наддув четырехтактного дизеля 147
§ 53. Конструктивные параметры (характеристики) дизелей 148
§ 54. Эксплуатационные характеристики дизелей 150
§ 55. Графические характеристики дизелей 153

Глава X

Конструкция основных деталей, узлов и систем дизелей

§ 56. Основные группы деталей и системы дизеля 156
§ 57. Главные неподвижные детали (остов дизеля) 156
§ 58. Главные подвижные детали (кривошипно-шатунный механизм) 169
§ 59. Механизм распределения 180
§ 60. Топливоподающая система и топливная аппаратура дизелей . 187
§ 61. Регуляторы 202
§ 62. Системы управления 204
§ 63. Системы смазки 214
§ 64. Системы охлаждения 222

Глава XI

Конструкции некоторых дизелей, установленных на речных судах

§ 65. Дизели типа 6L275 227
§ 66. Дизели типа NVD 48 и NVD 36 233
§ 67. Дизель 6ЧСП 18/22 238

Глава XII

Элементы комплексной автоматизации механизмов машинного отделения теплохода

§ 68. Объем комплексной автоматизации 242
§ 69. Пневматическая система ДАУ дизеля 6S275L 243
§ 70. Автоматизация судовой электростанции 246

Глава XIII

Основы технической эксплуатации судовых дизелей

§ 71. Общие положения 251
§ 72. Режимы работы главных дизелей 252

§ 73. Принципы обслуживания дизеля во время его работы . . . 255
§ 74. Периодический контроль работы дизеля 258
§ 75. Принципы регулировки дизеля 261
§ 76. Основные операции по регулировке дизеля 261

Глава XIV

Топливо и масло для дизелей

§ 77. Сорта топлива, применяемого в судовых дизелях 271
§ 78. Сорта масел для дизелей 273
§ 79. Сроки службы масел в дизелях 274
§ 80. Нормы расхода смазочного масла 279

АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ НАУМОВ,

НИКОЛАЙ МИХАЙЛОВИЧ РЕНСКИЙ

ПОСОБИЕ РУЛЕВОМУ-МОТОРИСТУ РЕЧНОГО И ОЗЕРНОГО ФЛОТА

Рецензенты: *Е. И. ЧЕСТНОВ* и *Н. П. МЫТАРЕВ*
Редакторы: *Л. А. ПОЛЕТАЕВ, Е. С., ЛЕОНТЬЕВСКИЙ* и *С. А. ВИТАШКИНА*

Техн. редактор *И. В. РИДНАЯ*
Корректоры: *В. Г. Комарова* и *Л. А. Ягульева*

Сдано в набор 9/11 1965 г. Подп. к печати 12/VI 1965 г.
Т-04385 Бумага 60×90¹/₁₆—8,87 б. л.=17,75 п. л.=17,97 уч.-изд. л.
Изд. 1-1-3/13 № 2842—Р Цена 73 к. Тираж 11 000 Зак. 1658

Изд-во «Транспорт», Москва, Басманный тупик, 6а
Отпечатано с набора Московской тип. № 33 в Московской типографии № 4 Главполиграфпрома Государственного комитета Совета Министров СССР по печати
Б. Переяславская, 46.

ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
51	10 сверху	...рамы. В эти рамы	...рымы. В эти рымы
150	13 сверху	4*Д* 30/50	4*ДР* 30/50
172	11 снизу	такта пуска	такта выпуска

Зак. 1658 1