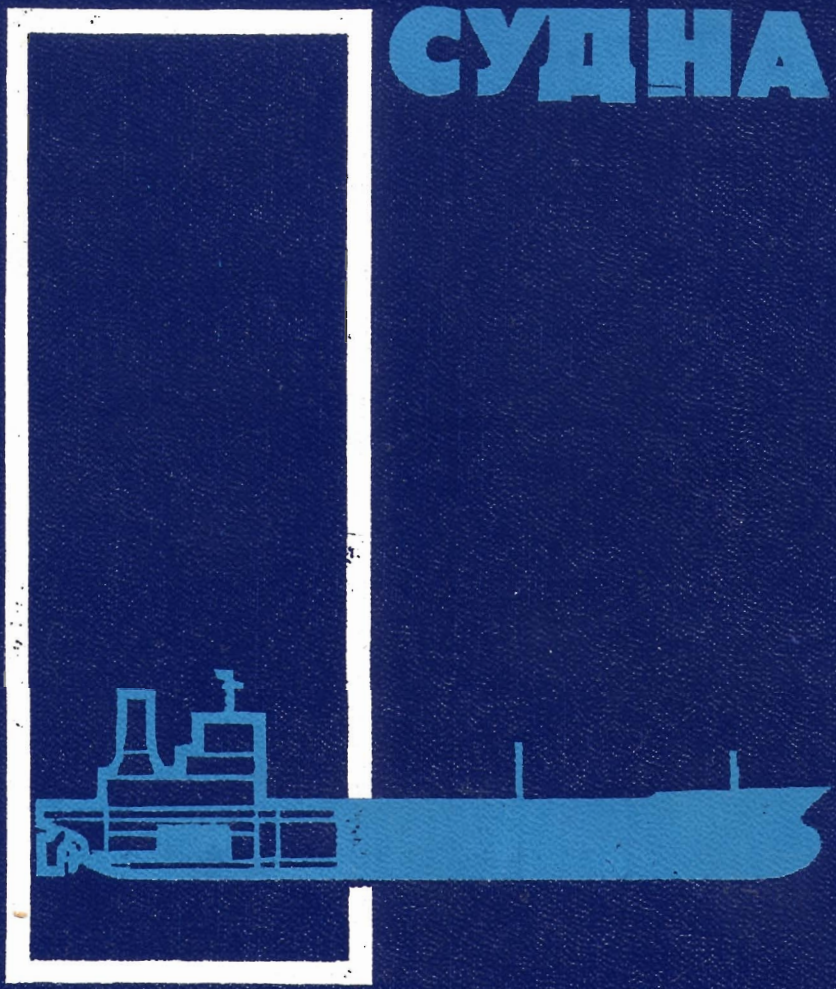
Е.Г. Фрид

УСТРОЙСТВО СУДНА



ББК 39.42
Ф88
УДК 629.12.011/075.8/

Рецензент инж. О. К. Кадкин
Научный редактор д-р техн. наук Д. В. Дорогостайский

Фрид Е. Г.

Ф88 Устройство судна: Учебник. — 5-е изд., стереотип: — Л.: Судостроение, 1990. — 344 с.
ISBN 5-7355-0125-9

В учебнике изложены основные сведения об устройстве судна, его мореходных и эксплуатационных качествах, судовых системах, энергетических установках, электрооборудовании, навигационных приборах, средствах связи, автоматизации судовых процессов. Материалы приведены в соответствии с курсом «Устройство судна», предусмотренным для подготовки квалифицированных рабочих всех судостроительных специальностей в профессионально-технических училищах.

Учебник может быть использован учащимися других судостроительных учебных заведений и всеми желающими ознакомиться с основами судостроения, а также при профессиональном обучении рабочих на производстве.

Ф $\frac{2705140300-007}{048(01)-90}$ 55—89 **ББК 39.42**

ISBN 5-7355-0125-9

© Е. Г. Фрид, 1990

ОТ АВТОРА

Настоящий учебник является пятым изданием вышедшего в 1966 г. учебного пособия «Устройство судна» (второе издание опубликовано в 1970 г., третье — в 1978 г., четвертое — в 1982 г.) и предназначен для подготовки по одноименному курсу в профессионально-технических училищах квалифицированных рабочих для судостроительной промышленности.

Содержащиеся в этой книге сведения об устройстве и оборудовании судна, его основных мореходных и эксплуатационных качествах помогут учащимся при последующем изучении дисциплин по любой судостроительной специальности.

В учебнике приведены краткий исторический обзор развития судостроения и классификация судов гражданского флота. Рассмотрен широкий круг вопросов. Некоторые из них, в основном относящиеся к темам, изучаемым в других курсах, из-за ограниченного объема изложены конспективно. Наиболее важные для каждого судостроителя сведения (например, об основных мореходных качествах судна) представлены более подробно, чем это предусматривается программой. Автор учитывал, что возросший общеобразовательный уровень рабочих позволит им усвоить этот материал. Для удобства пользования данные, выходящие за рамки обязательной программы, напечатаны мелким шрифтом.

Все отзывы и пожелания просьба направлять по адресу: 191065, Ленинград, ул. Гоголя, 8, издательство «Судостроение».

ВВЕДЕНИЕ

Морской транспорт играет в хозяйственной жизни нашей страны очень важную роль. Крепнущие и расширяющиеся международные экономические связи СССР способствуют увеличению грузооборота, в осуществлении которого значительную роль играют морские суда, являющиеся подчас незаменимым транспортным средством.

Для перевозки огромного количества внешнеторговых грузов, среди которых ведущее место занимают нефть, лесоматериалы, сыпучие грузы, различное оборудование и механизмы, требуется много специализированных транспортных судов — танкеров, лесовозов, контейнеровозов, судов для перевозки навалочных грузов, а также сухогрузных судов общего назначения. Только за последние 20 лет общая грузоподъемность отечественного морского транспортного флота увеличилась более чем в 10 раз, в том числе за IX пятилетку — на 15,4 %. Соответственно быстро растет объем грузоперевозок: в 1985 г. по сравнению с 1975 г. он увеличился на 22,8 %.

Наша страна, омываемая четырнадцатью морями, должна иметь большое количество судов для выполнения каботажных перевозок, т. е. для перевозок между советскими портами одного моря (малый каботаж) или между портами разных морей (большой каботаж). В прибрежных районах, особенно в районах Крайнего Севера и Дальнего Востока, на Черном море — между Украиной, Крымом и Кавказом, — морские транспортные суда являются наиболее выгодным, а иногда и единственным средством ввоза и вывоза сырья и промышленной продукции, перевозки пассажиров и пр.

Большая протяженность внутренних водных путей, имеющих особое значение в некоторых районах Сибири, и низкая стоимость перевозок грузов речным транспортом определяют потребность нашей страны в речных и озерных судах. По объему перевозок грузов речной транспорт СССР занимает одно из первых мест в мире.

Для освоения огромных водных богатств страны требуется большое количество промысловых добывающих и обрабатываю-

щих судов, а также промысловых баз различного назначения. Сейчас рыбопромысловый флот СССР занимает одно из первых мест в мире по добыче рыбы и морепродуктов.

Для освоения Северного морского пути, превращенного советскими моряками и полярниками в регулярную транспортную линию, необходимо большое количество ледоколов и транспорных судов ледового плавания.

Нужны суда для изучения и освоения богатств Мирового океана и континентального шельфа.

Наконец, огромная морская граница Советского Союза должна надежно охраняться кораблями Военно-Морского Флота.

Задача пополнения морского и речного флота нашей страны новыми судами решается работниками судостроительных заводов, конструкторских бюро, научно-исследовательских институтов, а также многих предприятий других отраслей промышленности, выполняющих заказы для судостроения. Большая роль в создании судов будущего принадлежит молодым судостроителям, для которых предназначена эта книга.

Глава первая

КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАЗВИТИЯ СУДОСТРОЕНИЯ

§ 1.1. Возникновение судостроения и эпоха парусного флота

Человек начал плавать по воде еще в доисторические времена. Плот, связанный из бревен, а потом челн, выдолбленный из ствола дерева, были первыми сооружениями, созданными первобытными людьми для передвижения по воде. Прошли тысячелетия, и на смену простейшим плавучим средствам пришли более сложные — появились обтянутые кожей лодки и ладьи, приводившиеся в движение мускульной силой человека при помощи весел.

Гребные морские суда, постройка которых началась в Древнем Вавилоне (примерно в XVII в. до н. э.), долгое время были единственным средством сообщения по морю. На них совершались торговые экспедиции, военные походы. Несколько позже, в XV — XII вв. до н. э. судостроение начало развиваться в Древнем Египте, затем в Греции и Риме. Повышения скорости морских судов пытались достигнуть увеличением количества гребцов, которых размещали иногда в несколько ярусов. Так, в X—V вв. до н. э. появились *униремы*, *биремы* и *триремы* (*триеры*), т. е. суда, на которых гребцы сидели в один, два и три яруса соответственно (рис. 1.1). Однако даже трирема передвигалась со скоростью 12—13 км/ч.

Уже в те времена суда, предназначенные для боевых операций и для торговли, строили по-разному. Более быстроходными были боевые корабли. Их делали узкими и длинными, чтобы разместить в них побольше гребцов. Зато торговые суда были шире, вместительнее (их грузоподъемность достигала 300 т). Главным оружием боевых кораблей служил таран — бревно, иногда окованное железом, или металлическая отливка, расположенная в носу. На палубе боевых кораблей — *пентерах* — устанавливали метательные машины.

Много сделали для развития судостроения финикийцы, населявшие восточное побережье Средиземного моря. Они были не только хорошими мореходами, но и прекрасными судостроителями. Финикийские деревянные суда (рис. 1.2) отличались обилием резных украшений. На носу судна часто изображали лошадиную голову — эмблему финикийского народа.

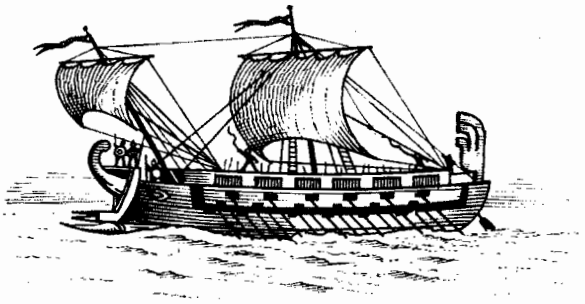


Рис. 1.1. Греческая трирема с тараном (V в. до н. э.)

Развивалось судостроение и в других странах. К глубокой древности относятся упоминания о быстроходных судах полинезийцев, населявших разбросанные на тысячи километров острова в юго-западной части Тихого океана. Они первыми создали очень остойчивые двухкорпусные плоты — *катамараны*, интерес к которым снова проявился уже в наши дни.

Знамениты и китайские *джонки*, появившиеся около 4000 лет тому назад и до сих пор весьма распространенные в Китае. Эти лодки удобны и мореходны.

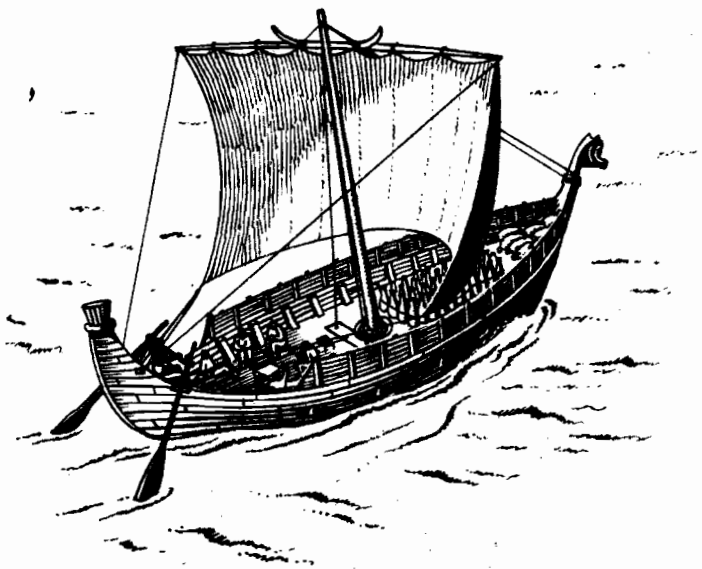


Рис. 1.2. Финикийское торговое судно (VI в. до н. э.)

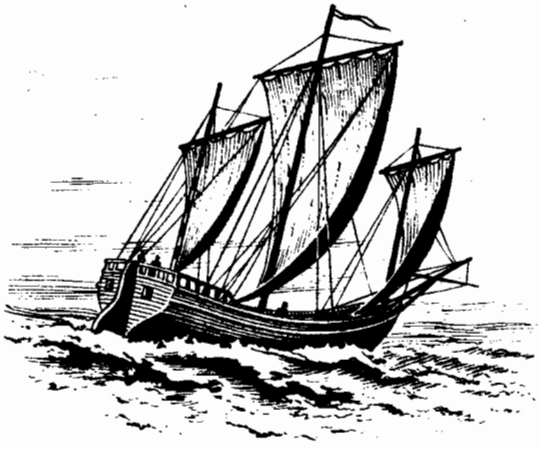


Рис. 1.3. Поморская ладья (XII в.)

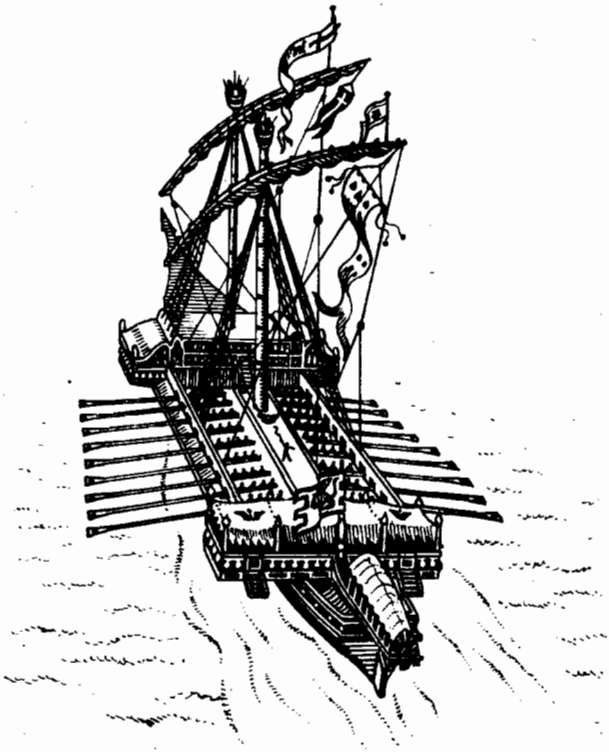


Рис. 1.4. Галера средиземноморская (XV в.)

Изобретенный китайцами магнитный компас способствовал развитию судоходства, а следовательно и судостроения, как в самом Китае, так и в других странах. Первыми заимствовали это изобретение арабы, чьи деревянные (из негниющего в воде тикового дерева), суда — *доу* — с успехом совершали длительные переходы в бассейне Индийского океана.

Начало судостроения и судоходства в России также уходит во времена глубокой древности. Археологические находки на р. Южный Буг, на побережье Ладожского озера и в других местах свидетельствуют о том, что древние славяне уже более 3000 лет тому назад строили челны-однодеревки, лодки из прутьев, коры или кожи. На смену им пришли более сложные и мореходные *лодии* (*ладьи*), на которых плавали по Черному морю в Константинополь. В XII в. получили распространение запорожские «чайки», вооруженные веслами и небольшим парусом. Эти быстроходные суда, которые вмещали до 70 казаков, были боевыми кораблями и совершали военные походы.

К IX—XI вв. относят период бурного развития судостроения на севере России. В это время новгородцы вели оживленную торговлю со странами в бассейне Балтийского моря, ходили на север в Баренцево и Белое моря, где промышляли рыбу и морского зверя, а поморы доходили до Новой Земли и Шпицбергена.

Русские северные морские *ладьи* (рис. 1.3) поднимали около 200 т, были устойчивы и мореходны. Скорость их доходила до 7 уз (около 13 км/ч).

Поморские и сибирские *кочи* — плоскодонные однопалубные одномачтовые суда длиной около 20 м и грузоподъемностью до 30 т — передвигались под веслами и парусами из оленьих шкур со скоростью 5—6 уз и служили для походов по рекам и прибрежным участкам Северного Ледовитого океана. Их можно считать первыми судами ледового плавания.

С развитием науки и техники постепенно увеличивались размеры судов и совершенствовалось парусное вооружение, а также создавались новые навигационные приборы и судовое оборудование. Однако гребные военные корабли, которые впоследствии называли *галерами*, участвовали в морских сражениях еще сравнительно недавно — около 200—300 лет тому назад (рис. 1.4). На галерах в качестве вспомогательного движущего средства устанавливали паруса. Первые парусные торговые суда появились в Древнем Египте около 3000 лет до н. э.

Первыми чисто парусными судами можно считать появившиеся в Европе в XIII в. *нефы* — одномачтовые суда с высокими бортами и башнями в носу и корме. В кормовой башне в несколько ярусов размещались каюты, а также командный пост управления судном. Нефы были широкими, тихоходными и отличались большой грузоподъемностью (до 1000 т груза или до 800 пассажиров), имели изогнутые штевни. В качестве руля на них использовалось рулевое весло.

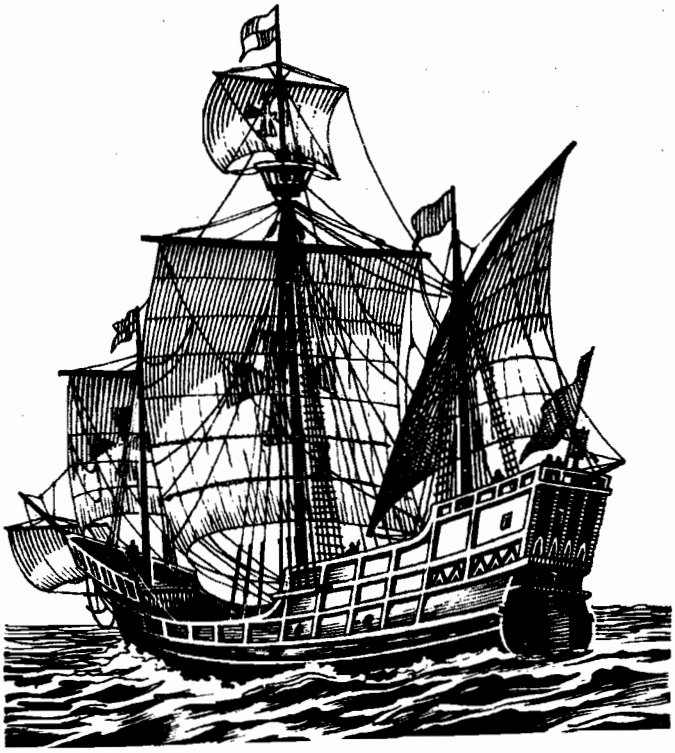


Рис. 1.5. Каравелла Христофора Колумба «Санта Мария» (конец XV в.)

В эпоху Великих географических открытий наибольшее распространение получили *каравеллы* — трех- или четырехмачтовые суда с очень высокой кормой, низким носом и сложной системой парусов (рис. 1.5).

Расширение торговли между странами, а следовательно, и мореплавания требовало увеличения грузоподъемности и скорости судов, улучшения их мореходных качеств и увеличения боевой мощи. Так появились быстроходные *галионы*, *флейты*, *пинасы*, а затем *фрегаты* — трехмачтовые корабли с двумя артиллерийскими палубами. Их скорость достигала 10 уз (18,5 км/ч). Двухмачтовые парусные суда с прямыми парусами называли *бригами*. *Барки* имели три или четыре мачты: кормовая мачта несла косые паруса, а остальные мачты — прямые.

Основным типом торгового парусного судна в XV—XVI вв. была *шхуна* с двумя-тремя или более мачтами и косыми парусами. Шхуны считались наиболее экономичными судами, так как с управлением косым парусным вооружением легко справлялась сравнительно небольшая команда. Однако эти суда были неустойчивы

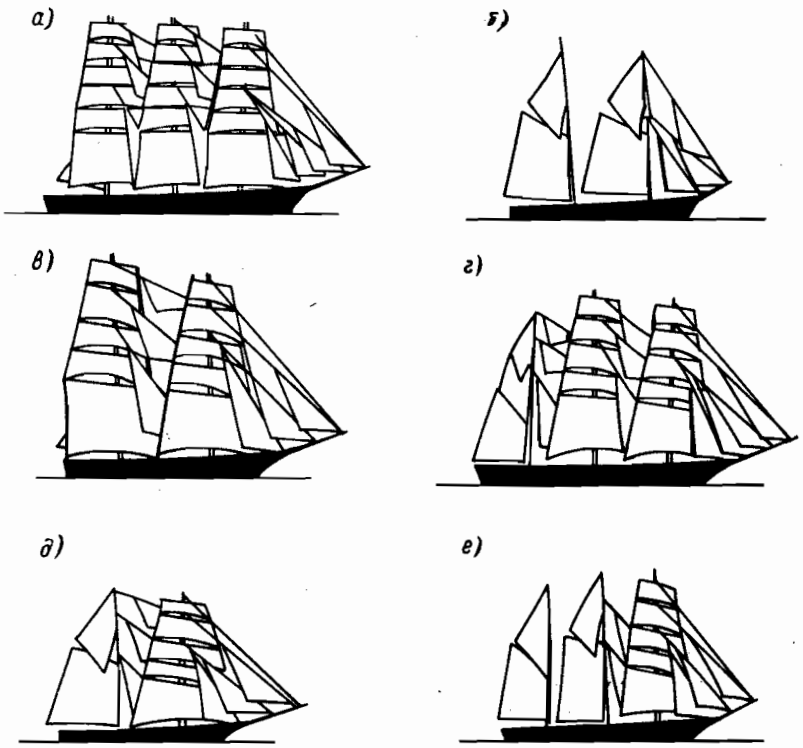


Рис. 1.6. Основные типы парусных судов: *а* — фрегат; *б* — шхуна; *в* — бриг; *г* — барк; *д* — бригантина (шхуна-бриг); *е* — баркентина (шхуна-барк)

на курсе, поэтому их сменили суда со смешанным парусным вооружением: *бригантины* (двухмачтовые) и *баркентины* (трех-, четырехмачтовые), у которых первая от носа мачта имела прямые паруса, а остальные мачты — косые (рис. 1.6).

Вершиной совершенства парусных торговых судов стали появившиеся в середине XIX в. *клиперы*, отличавшиеся большой площадью парусности и рекордной скоростью (рис. 1.7). Они служили для перевозки пассажиров и ценных грузов — австралийской шерсти и китайского чая (вследствие чего их и называли «чайными» клиперами). Длина клиперов достигала 60—80 м, грузоподъемность — 1000—2000 т, а скорость 18—19 уз (33—35 км/ч). На трех-четырех мачтах клипера (самая высокая из них — грот-мачта — возвышалась более чем на 60 м над палубой) располагались основные прямые и дополнительные косые паруса общей площадью около 3500 м². В 1855 г. «чайный» клипер «Джемс Бейнс» поставил мировой рекорд скорости — 21 уз (39 км/ч). Такой скорости могут позавидовать даже современные торговые суда с механическими двигателями.

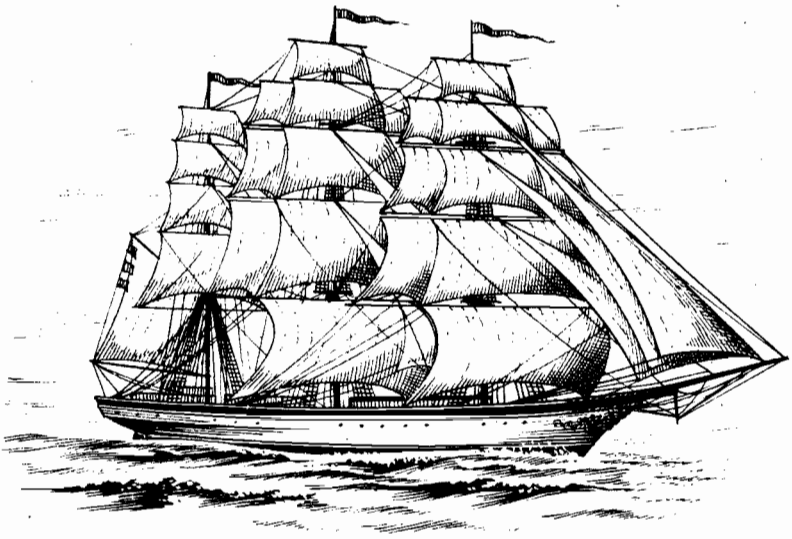


Рис. 1.7. «Чайный» клипер

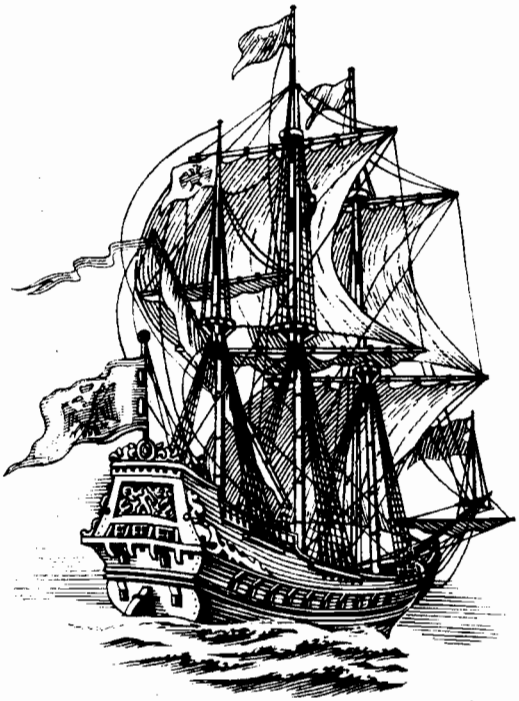


Рис. 1.8. Первый русский военный корабль «Орел» (1669 г.)

В России XV—XVI вв. регулярного морского флота не было — строили лишь отдельные морские суда. Однако и на них русские мореходы совершили немало выдающихся морских путешествий (плавания Афанасия Никитина в Персию, Индию и Африку, Семена Дежнева через Берингов пролив, Ерофея Хабарова вдоль Северо-Восточного побережья Азии и др.).

Новый этап в развитии русского судостроения начался в XVII в. В. 1669 г. на верфи в Дединове (на р. Оке) был построен первый русский военный корабль «Орел» (рис. 1.8). В 1696 г. Боярская дума по предложению Петра I приняла решение — «морским судам быть». Выдающуюся роль в создании русского военно-морского флота сыграл Петр I. Под его руководством начинается постройка судостроительных верфей в Петербурге, Архангельске, Олонце, Старой Ладоге, Новгороде, Воронеже — всего около 30. Особое внимание уделялось развитию русской корабельной науки. Основанные по инициативе Петра I Морская академия (1716 г.) и Академия наук (1724 г.) сыграли значительную роль в развитии судостроительной науки. В 1749 г. в Петербурге был издан первый в мире классический труд по теории корабля «Корабельная наука», созданный членом Петербургской Академии наук выдающимся ученым Л. Эйлером. К концу XVIII в. Россия превратилась в могущественную морскую державу.

Эпоха парусного флота закончилась в начале XIX в.

§ 1.2. Паровые суда и железное судостроение

В 1807 г. по проекту американского инженера Роберта Фультона был построен колесный пароход «Клермонт», который считают первым в мире речным пароходом. На нем была установлена изготовленная в Англии паровая машина Уатта мощностью 21 л. с. (15,4 кВт). Первый рейс пароход совершил по р. Гудзон со скоростью около 4,5 уз (8,5 км/ч).

В 1815 г. на Адмиралтейском заводе в Петербурге был построен первый в мире морской пароход * (рис. 1.9), предназначавшийся для линии Петербург—Кронштадт. Он был колесным с деревянным корпусом. Мощность его паровой машины равнялась 4 л. с. (2,9 кВт), скорость — 5 уз (9 км/ч).

В 1817 г. на Ижорском заводе был построен первый военный колесный пароход «Скорый» с паровой машиной мощностью 30 л. с. (22,1 кВт).

Первым паровым судном, пересекшим Атлантический океан в 1819 г., был американский трехмачтовый колесный пароход «Саванна» водоизмещением 350 т, имевший и полную парусную оснастку (кстати, свой первый рейс через Атлантический океан «Саванна» совершила в основном под парусами).

* Это судно известно под названием «Елизавета», которое, по-видимому, ему было присвоено позже.

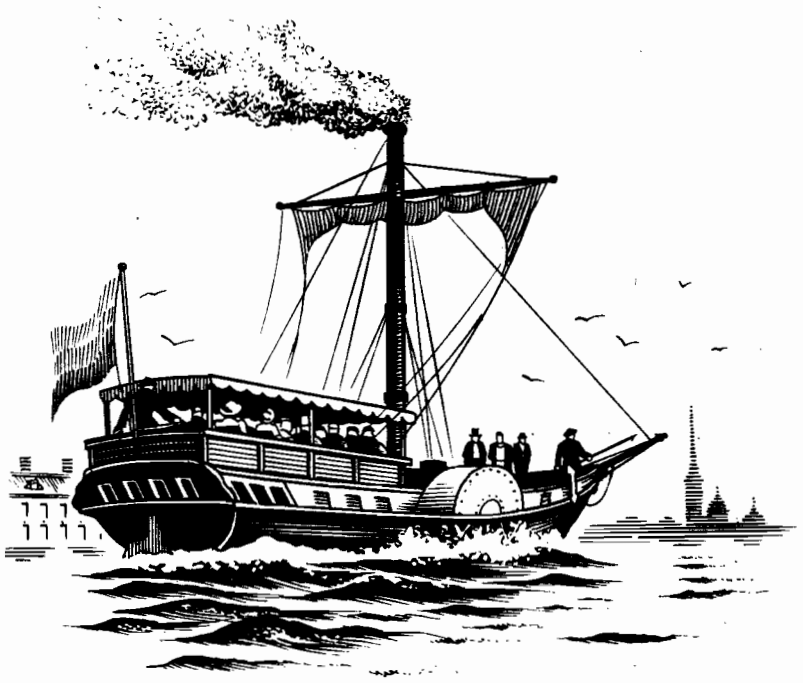


Рис. 1.9. Первый в мире морской пароход «Елизавета» (1815 г.)

Гребные колеса на морских судах, особенно в условиях волнения, плохо работали (обнажались при качке), часто ломались. Вскоре их заменили гребными винтами, которые в качестве судового движителя были предложены еще в 1752 г. известным ученым, членом Петербургской Академии наук Д. Бернулли. Первым русским винтовым судном был фрегат «Архимед», построенный в 1848 г. На нем установлена паровая машина мощностью 300 л. с. (220,6 кВт).

В первой половине XIX в. на смену деревянным конструкциям приходят железные. В 1843 г. было построено судно из железа «Грейт Бритн», а в 1858 г. — гигантский (длиной 211 м) английский океанский пассажирский пароход «Грейт Истерн» с паровой машиной мощностью 3400 л. с. (2500 кВт).

Вторая половина XIX в. ознаменовалась новыми прогрессивными изменениями — для постройки судов начинают применять сталь.

Развитию судостроения способствовало дальнейшее совершенствование и увеличение мощности судовых паровых машин, а также создание более экономичных паровых турбин и двигателей внутреннего сгорания. Использование паровых турбин на судах началось с 1901 г. в Англии, и в дальнейшем они получили широ-

кое распространение на крупных океанских судах и военных кораблях.

Первым в мире теплоходом, т. е. судном с двигателем внутреннего сгорания, работающим на сравнительно дешевом нефтяном топливе, является построенное в 1903 г. в Сормове речное нефтеналивное судно «Вандал», на котором были установлены три отечественных дизеля мощностью по 120 л. с. (88,2 кВт) каждый. Первый в мире морской теплоход «Дело» водоизмещением 8000 т был также построен в нашей стране в 1907 г.

В эти же годы нашел практическое применение предложенный еще в 1838 г. русским академиком Б. С. Якоби принцип электродвижения, т. е. вращения гребного винта при помощи электродвигателя, питаемого от аккумуляторных батарей или от генератора электрического тока, вращаемого другим двигателем (паровой турбиной, дизелем и т. д.). Такой способ оказался особенно полезным для тех типов судов (например, ледоколов, траулеров, железнодорожных паромов и т. п.), которые по характеру своей работы нуждаются в частом реверсировании (переходе с переднего на задний ход), изменении скорости и т. д.

§ 1.3. Современное гражданское судостроение и перспективы его развития

За последние двадцать лет объем мировых морских грузоперевозок увеличился в 3,7 раза, составив в 1988 г., около 3,6 млрд. т. Соответственно рос тоннаж мирового транспортного флота, который за этот же период увеличился более чем вдвое и достиг в 1987 г. 404 млн. рег. т (75 240 судов). Однако, если в первой половине этого периода мировой транспортный флот ежегодно увеличивал свой тоннаж (в конце 70-х гг. среднегодовой прирост тоннажа составлял 16—18 млн. рег. т), то в начале 80-х гг. из-за энергетического кризиса 1973—1975 гг., вызвавшего резкий спад заказов на крупнотоннажные танкеры и массовое списание их (или постановку на прикол), общий тоннаж мирового транспортного флота, достигнув максимума в 1980 г. — 419,9 млн. рег. т начал из года в год уменьшаться в среднем на 2—4 млн. рег. т. За последние пять лет тоннаж мирового флота уменьшился примерно на 12 млн. рег. т. Однако с 1988 г. вновь наметилась тенденция постепенного роста тоннажа мирового транспортного флота.

Дальнейший рост мирового транспортного флота зависит от увеличения морских грузоперевозок, которые по прогнозам специалистов будут возрастать.

Отличительной особенностью современного судостроения является техническое совершенствование судов, широкое внедрение сварки, применение новых материалов, развитие судовой энергетики, создание новых навигационных приборов и оборудования. Все это находит отражение прежде всего в увеличении размеров

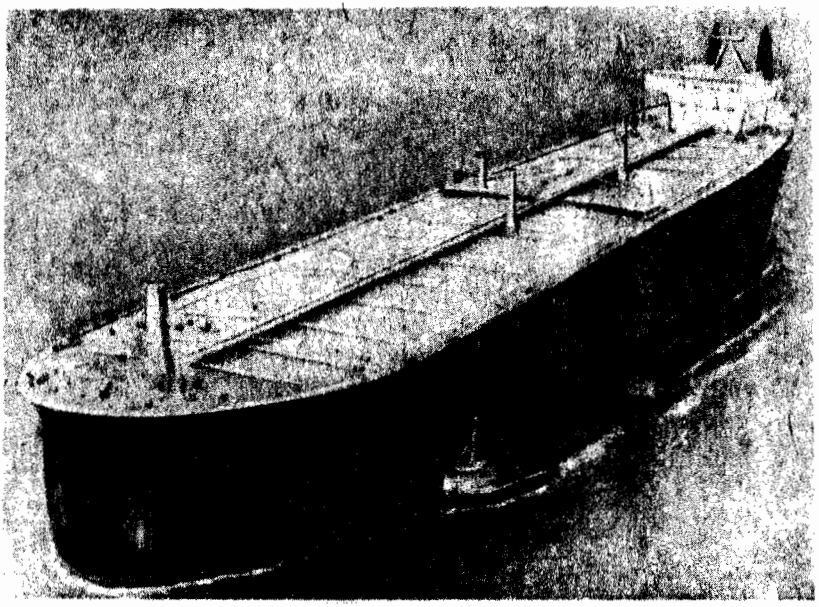


Рис. 1.10. Крупнейшее в мире судно — французский танкер «Батиллус» грузоподъемностью ок. 540 000 т (1976 г.)

и скорости судов, улучшении условий обитаемости на них, увеличении безопасности плавания, улучшении внешнего вида.

Грузоподъемность крупнейших в мире танкеров (рис. 1.10) достигает уже 540 000 т, длина — 390 м; длина самых больших пассажирских лайнеров превышает 300 м, а скорость — 35 уз (у судов на подводных крыльях она равна 50 уз и более).

В последние годы наметилась четкая специализация судов по назначению, появились новые типы судов: для перевозки навалочных грузов, сжиженных газов, сухогрузные суда открытого типа, специализированные высокоскоростные для перевозки грузов укрупненными местами (контейнеровозы, суда с горизонтальной грузообработкой, суда-лихтеровозы для перевозки плавучих барж), приспособленные для скоростной обработки в портах в течение нескольких часов и имеющие скорость 25—30 уз, комфортабельные пассажирские суда для морских путешествий, автомобильно-пассажирские паромы, специализированные промысловые суда и крупные промысловые базы, научно-исследовательские суда, суда для освоения континентального шельфа и Мирового океана (буровые суда, плавучие буровые установки и т. п.).

Происходит дальнейшее совершенствование и увеличение мощности паровых турбин и двигателей внутреннего сгорания, а также развитие новых типов главных энергетических установок. Боль-

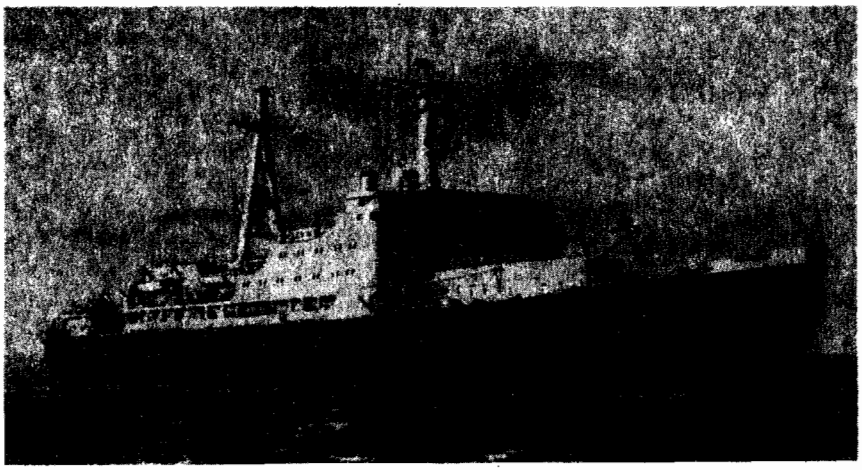


Рис. 1.11. Первый в мире атомный ледокол «Ленин» мощностью 32 340 кВт (1959 г.)

шое распространение получили малооборотные экономичные судовые дизели, мощность которых уже достигает 29 400 кВт в одном агрегате, газотурбинные и атомные энергетические установки. В области применения новых газотурбинных и атомных установок на гражданских судах наша страна занимает первое место в мире.

В 1959 г. был введен в эксплуатацию первый в мире атомный ледокол «Ленин» (рис. 1.11). Несколько лет спустя в США было построено атомное грузопассажирское судно «Саванна», в ФРГ — атомный рудовоз «Отто Ган», в Японии — научно-исследовательское судно «Муцу». В 1974—1977 гг. построены новые советские атомные ледоколы «Арктика» и «Сибирь», в 1985 г. — «Россия». В 1989 г. введен в эксплуатацию первый в мире атомный ледокольно-транспортный лихтеровоз-контейнеровоз «Севморпуть».

Значительных успехов достигли судостроители в области автоматизации и механизации управления судном, что позволило сократить состав экипажа, который составляет сейчас на больших грузовых судах не более 30—40 чел., повысить безопасность и рентабельность эксплуатации судов.

Усовершенствованы также судовые системы и устройства, спасательные и противопожарные средства. На всех современных судах устанавливаются совершенные радионавигационные приборы, включая радиолокаторы, обеспечивающие безопасное плавание в любую погоду и в любое время суток.

Несмотря на бурное развитие авиации, этого нового перспективного транспортного средства, роль морского флота в будущем не уменьшится, ибо судно всегда останется наиболее надежным и экономичным транспортным средством для перевозки больших



Рис. 1.12. Пассажирское судно на подводных крыльях «Метеор» на 150 пассажиров. (1960 г.). Скорость 80 км/час

партий груза между континентами, изучения и освоения богатств морских просторов, составляющих две трети всей поверхности земли.

Особую роль будут играть суда на подводных крыльях (рис. 1.12) и воздушной подушке, а также суда, двигающиеся в полупогруженном и подводном состоянии, и др. Они смогут развивать большую скорость, что позволит еще более повысить их конкурентоспособность с авиацией.

Основными направлениями развития судов будет не только увеличение скорости, но и грузоподъемности, повышение надежности и экономичности судовых механизмов, расширение автоматизации и механизации процессов управления судном с внедрением ЭВМ, улучшение условий обитаемости, внедрение новых легких и прочных материалов, повышение эксплуатационно-экономических показателей судна в целом.

§ 1.4. Развитие гражданского судостроения в СССР

До Великой Октябрьской социалистической революции морской транспортный флот в России почти не строился. В 1913 г. доля русского гражданского судостроения составляла менее 0,1 % общего объема судостроения, а тоннаж русского торгового флота равнялся лишь 2,1 % мирового. Почти все внешнеторговые морские перевозки осуществлялись на зафрахтованных иностранных судах. Но и тот небольшой торговый флот, которым располагала перед первой мировой войной царская Россия (около 700 судов валовой вместимостью примерно 900 тыс. рег. т), состоял из старых, технически несовершенных судов.

В речном судостроении Россия занимала ведущее положение. Русские речные пассажирские суда были лучшими в мире, в теплоходостроении русские судостроители на много лет опередили зарубежных.

Большие потери торгового флота в первую мировую войну еще более обострили и без того огромную нехватку судов. Перед молодым Советским государством в первые годы своего существования встала трудная задача — практически заново создать судостроительную промышленность.



Рис. 1.13. Сухогрузное судно типа «Бежица» грузоподъемностью 12 500 т (1964 г.)

Началом советского морского судостроения считают закладку в 1925 г. на Балтийском судостроительном заводе в Ленинграде первой серии советских лесовозов грузоподъемностью по 3000 т. Затем было построено еще пять серий лесовозов и несколько рефрижераторных судов. В 1931 г. начали строить первые советские рыболовные траулеры, буксиры, пассажирские суда.

Перед Великой Отечественной войной на Балтийском заводе было построено четыре самых в то время мощных ледокола водоизмещением по 11 000 т с паровыми машинами мощностью 7350 кВт.

Благодаря успехам всего народа за годы первых пятилеток морской флот нашей страны достиг довоенного уровня и уже более чем на половину состоял из судов отечественной постройки.

Нападение фашистской Германии на Советский Союз нанесло судостроительной промышленности нашей страны огромный ущерб. Но к концу первой послевоенной пятилетки судостроительные заводы были полностью восстановлены и значительно реконструированы.

В послевоенный период советские судостроители достигли больших успехов в области освоения новой прогрессивной технологии и улучшения организации производства. Был осуществлен

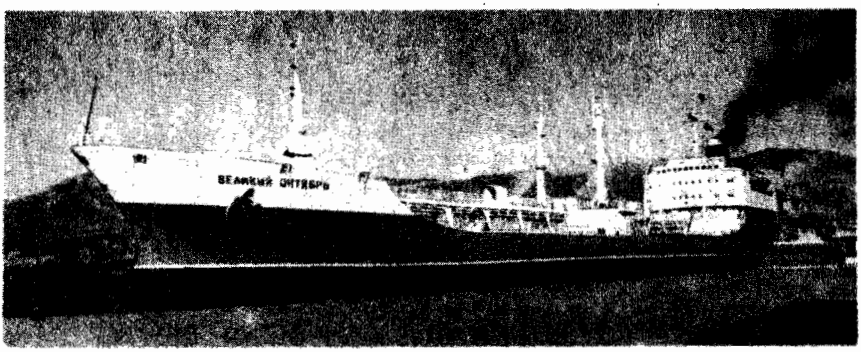


Рис. 1.14. Танкер «Великий Октябрь» грузоподъемностью 15 000 т (1967 г.)

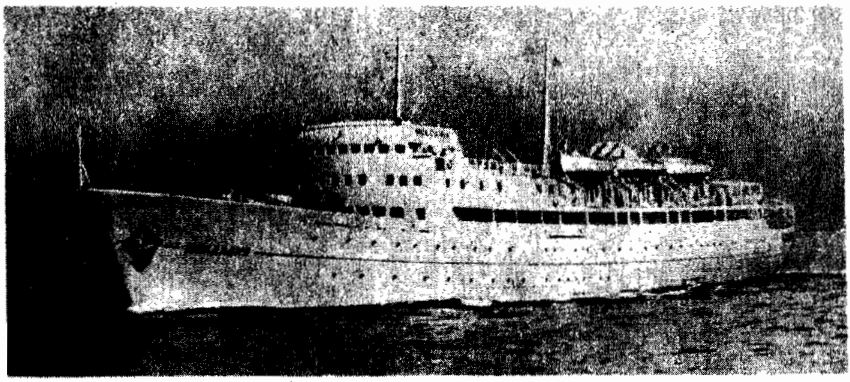


Рис. 1.15. Пассажирское судно на 250 пассажиров типа «Киргизстан» (1960 г.)

переход от клепки судовых корпусов к сварке, освоены секционный и блочный методы постройки судов, механизирован и автоматизирован ряд ручных трудоемких процессов по обработке корпусной стали и изготовлению корпусных конструкций, внедрена новая технология монтажных и корпусодостроечных работ и пр.

В 50—60-х годах в Советском Союзе были построены серии сухогрузных судов грузоподъемностью от 5000 до 16 000 т типов «Днепрогэс», «Пятидесятилетие комсомола», «Полтава» и «Бежица» (рис. 1.13), «Ленинский комсомол», новые крупнотоннажные сухогрузы типов «Славянск» и «Капитан Кушнаренко», большие серии лесовозов грузоподъемностью 5000 т типов «Павлин Виноградов» и «Вытегралес», серии танкеров типов «Казбек», «Великий Октябрь», «Прага» и «София» (рис. 1.14) грузоподъем-

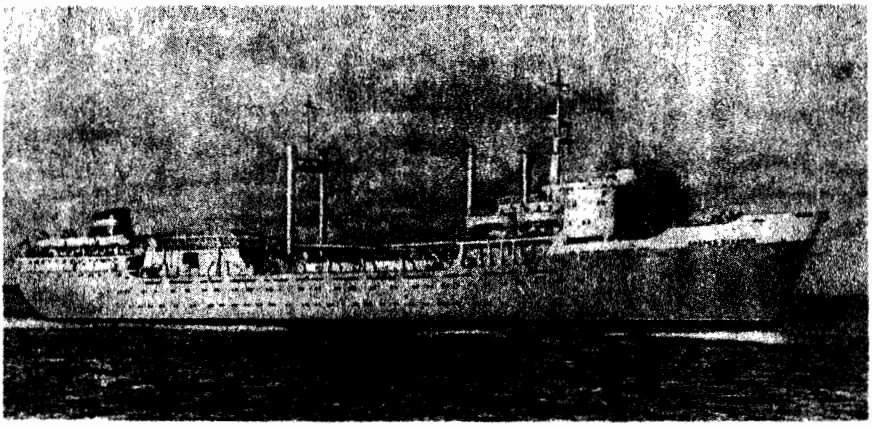


Рис. 1.16. Краборыбоконсервный завод «Андрей Захаров» водоизмещением ок. 16 000 т (1965 г.)

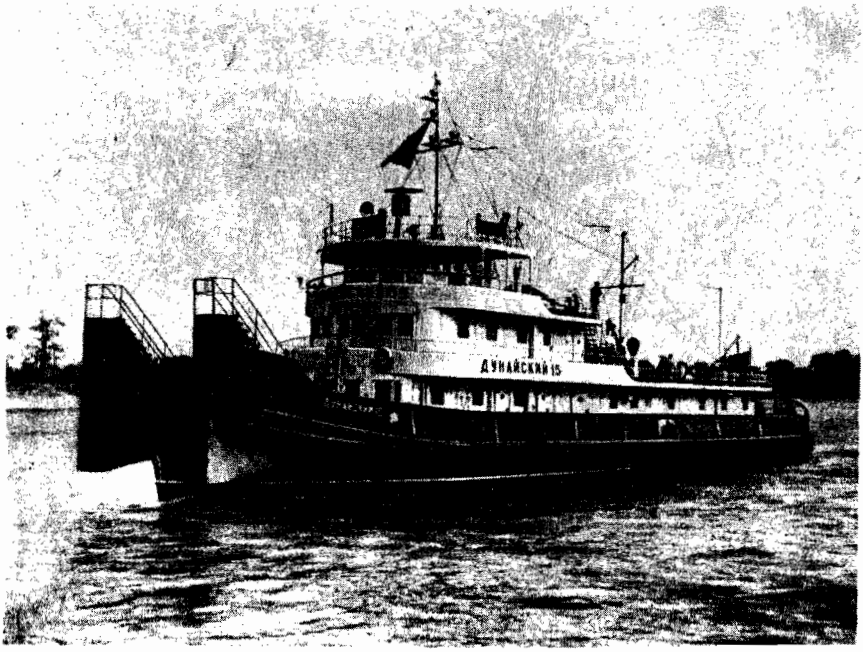


Рис. 1.17. Буксир-толкач мощностью 985 кВт

ностью соответственно 10 000, 15 000, 30 000 и 50 000 т, суда для перевозки навалочных грузов типа «Балтика» грузоподъемностью 35 000 т, ледокольно-транспортные суда типа «Амгуэма», пассажирские суда каботажного плавания типа «Киргизстан» (рис. 1.15), морские железнодорожно-пассажирские паромы типа «Советский Азербайджан».

Промысловый флот нашей страны в эти годы получил десятки мощных промысловых баз различного назначения и сотни добывающих судов. Среди них краборыбоконсервные плавучие заводы типа «Андрей Захаров» (рис. 1.16), большие рефрижераторно-морозильные рыболовные траулеры типа «Маяковский», морозильные суда типа «Севастополь», «Янтарный», транспортные рефрижераторы типа «Сибирь» и др.

Речной флот в этот период пополнился большим количеством первоклассных сухогрузных высокоавтоматизированных теплоходов типа «Волго-Дон» грузоподъемностью 5300 т, танкерами грузоподъемностью 5000 т, мощными буксирами-толкачами (рис. 1.17), способными буксировать секционные составы общей грузоподъемностью до 20 000 т, крупнейшими комфортабельными пассажирскими дизель-электроходами «Ленин» и «Советский Союз», различными катерами для местных линий, большим количеством несамоходных барж и другими судами.

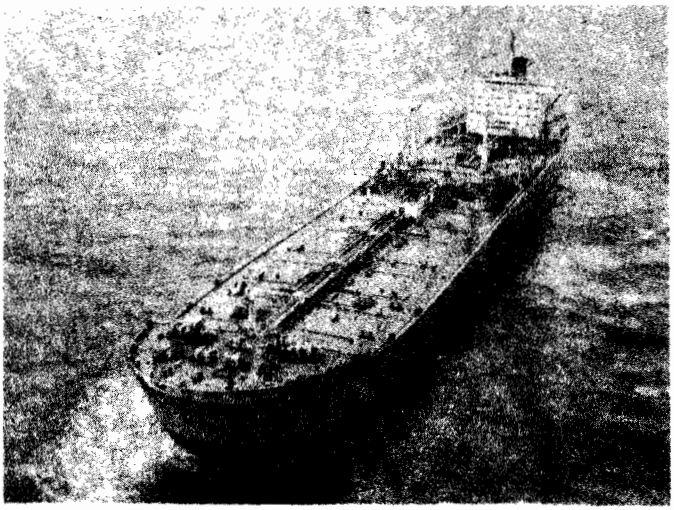


Рис. 1.18. Крупнотоннажный танкер «Крым» грузоподъемностью 150 000 т (1974 г.)

Значительный вклад в развитие отечественного судостроения внесли конструкторы и судостроители, создавшие в 50—60-х годах серии новых судов на подводных крыльях. Теплоходы на подводных крыльях «Ракета», «Метеор» (см. рис. 1.12) и другие заслужили высокую оценку и признание не только у нас в стране, но и за рубежом.

Еще больших успехов достигли советские судостроители в годы девятой и десятой пятилеток. В этот период были созданы принципиально новые для отечественного судостроения типы морских транспортных, вспомогательных, научно-исследовательских и промысловых судов.

В их числе крупнейшие в истории судостроения нашей страны танкеры типа «Крым» грузоподъемностью 150 000 т (рис. 1.18), среднетоннажные танкеры-продуктовозы типа «Командарм Федько» грузоподъемностью 25 000 т, первые отечественные суда с горизонтальной грузообработкой типов «Иван Скуридин» (рис. 1.19) и «Капитан Смирнов», первые советские контейнеровозы типов «Сестрорецк» и «Александр Фадеев», контейнеровозы типа «Капитан Сахаров», рудовозы «Зоя Космодемьянская», крупнотоннажные нефтерудовозы типа «Борис Бутома» грузоподъемностью 100 000 т, универсальные сухогрузные суда типов «Герои панфиловцы» и «Николай Жуков», лесовозы-пакетовозы «Пионер Москвы», уникальные научно-исследовательские суда «Космонавт Юрий Гагарин» (рис. 1.20), «Академик Сергей Королев», «Космонавт Владислав Волков», океанские спасатели типа «Ягуар» мощностью 6615 кВт, супертраулеры типа «Горизонт»,

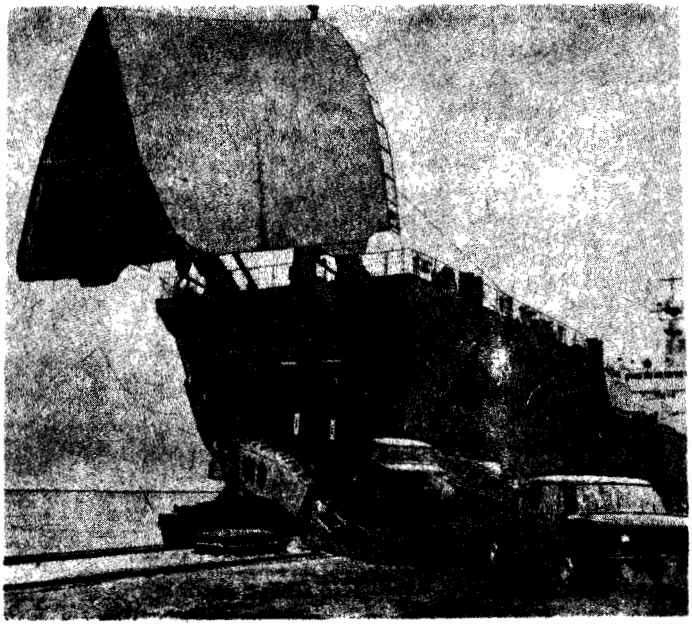


Рис. 1.19. Первое советское судно с горизонтальной грузообработкой «Иван Скуридин» на 600 автомашин (1975 г.)

транспортные рефрижераторы типа «Берингов пролив», плавучие электростанции «Северное сияние», самоподъемные буровые установки типа «Каспий», плавучие краны «Богатырь» и «Витязь» грузоподъемностью 300 и 1600 т соответственно, пассажирские суда на подводных крыльях типа «Колхида», «Восход» и др.

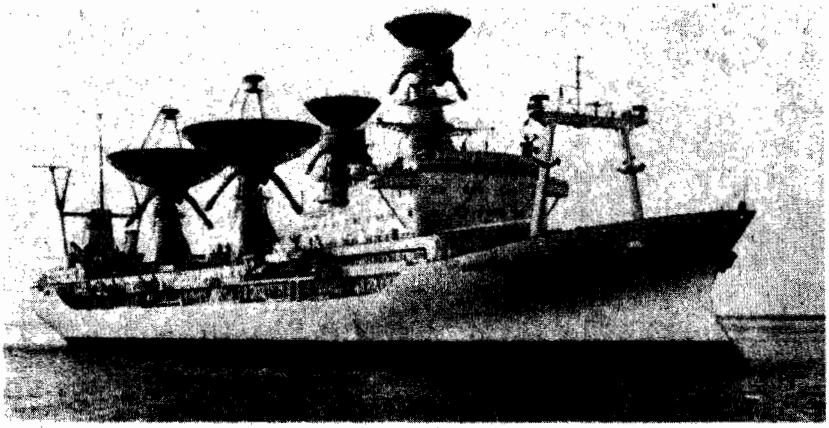


Рис. 1.20. Крупнейшее в мире научно-исследовательское судно «Космонавт Юрий Гагарин» (1971 г.)

Особую гордость советских судостроителей составляют созданные в эти годы два новых мощных атомных ледокола — «Арктика» и «Сибирь».

В первой половине 80-х гг. были созданы модернизированные суда с горизонтальной грузообработкой типа «Шестидесятилетие СССР» вместимостью 13 660 куб. м., строились экологически чистые танкеры-продуктовозы типов «Победа» дедвейтом 68 000 т и «Дмитрий Медведев» дедвейтом 28 750 т, построены первые отечественные лихтеровозы «Алексей Косыгин» и «Индира Ганди» на 82 лихтера, начата постройка серии модернизированных навалочников типа «Харитон Греку» дедвейтом 52 700 т, судов снабжения для Арктики типа «Витус Беринг» дедвейтом 10 690 т, новых судов с горизонтальной грузообработкой типа «Сергей Киров» вместимостью 23 600 куб. м, речных теплоходов-овощевозов грузоподъемностью 600/1300 т.

В эти годы создан для пассажирского флота судов на подводных крыльях газотурбоход на автоматически управляемых крыльях типа «Циклон» на 250 пассажиров со скоростью хода 42 уз.

Промысловое судостроение в одиннадцатой пятилетке начало поставку флоту рыбной промышленности серии рыбодобывающих-обрабатывающих судов типа «Моряна» водоизмещением 2630 т для лова каспийской кильки на электросвет, серии не имеющих аналогов в мировом судостроении консервных крилево-рыбных траулеров типа «Антарктида» водоизмещением 8110 т для производства консервов, мороженой продукции и кормовой муки, и др.

Среди служебно-вспомогательных судов и судов технического флота, построенных в 80-х гг., — научно-исследовательское судно «Академик Алексей Крылов», полупогружные плавучие буровые установки типа «Шельф-1», атомный ледокол «Россия». Развивая успехи применения атомной энергетики на морском транспорте, советские судостроители построили в 1988 г. первый в мире атомный ледокольно-транспортный лихтеровоз-контейнеровоз «Севморпуть», на 74 лихтера (1324 контейнера).

Построенные в последние годы суда отличаются высоким техническим уровнем, комплексной автоматизацией энергетической установки и высокой степенью автоматизации судовождения и работы ряда судовых устройств и систем.

На 1 января 1988 г. советский морской флот насчитывал 7983 судна общим тоннажем 25,99 млн. рег. т, в том числе около 3200 транспортных судов общим тоннажем 18,4 млн. рег. т.

Советские суда получили признание и за рубежом. С середины 60-х годов наша страна начала поставлять на экспорт не только суда на подводных крыльях, но и крупные транспортные и промысловые.

Успехи нашего судостроения — это результат творческих усилий многих тысяч рабочих, ученых, конструкторов, инженеров и техников судостроительной и других отраслей промышленности.

В перспективных планах советских судостроителей — создание новых судов разных типов, их техническое совершенствование на базе новейших достижений науки и техники, а также внедрение передовой технологии постройки судов с целью снижения их стоимости и обеспечения растущих потребностей народного хозяйства.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы морских парусных судов, их отличительные особенности.
2. Назовите первое в мире атомное судно гражданского флота. В каком году оно построено?

Глава вторая

КЛАССИФИКАЦИЯ ГРАЖДАНСКИХ СУДОВ

§ 2.1. Признаки классификации судов

Все гражданские суда классифицируют по ряду основных признаков, отличающих суда друг от друга (рис. 2.1).

Главным признаком классификации является назначение судов. К другим признакам, по которым суда разделяют уже независимо от их назначения, относятся: район плавания, средства движения, тип главного двигателя, характер движения по воде, вид движителя, материал корпуса, архитектурно-конструктивный тип, количество гребных валов (на винтовых судах) и т. п.

По *району плавания* суда подразделяют на морские (дальнего неограниченного и прибрежного плавания), рейдовые (для плавания в акватории портов и в устьях больших рек с выходом на морские рейды), внутреннего плавания (речные и озерные) и смешанного плавания («река—море» и «море—река»). К судам неограниченного района плавания по Правилам Регистра СССР относятся морские суда гражданского флота, плавающие в морях и океанах на удалении более 200 миль от порта-убежища. Суда, предназначенные для плавания в открытом море на удалении не более 200 миль от порта-убежища или в закрытых морях, составляют категорию судов I ограниченного района плавания. К категории судов II ограниченного района плавания относятся суда, плавающие на удалении от убежища не более чем на 50 миль, а суда, плавающие в прибрежных водах и на рейдах, — к судам III ограниченного района плавания.

По *средствам движения* суда подразделяют на самоходные — с механическим двигателем, являющимся источником энергии

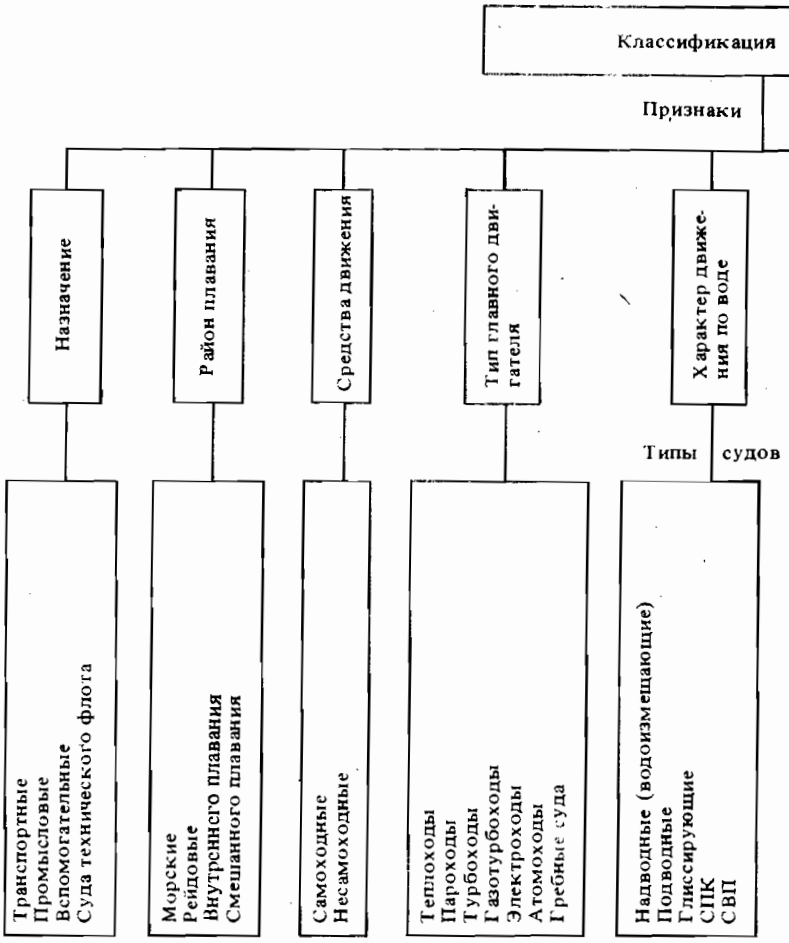


Рис. 2.1. Признаки

для движения судна, и несамоходные, передвигающиеся от источника энергии, находящегося вне судна (с помощью буксиров, толкачей, от энергии ветра).

По *типу главного двигателя* суда подразделяют на:

теплоходы (главный двигатель — двигатель внутреннего сгорания);

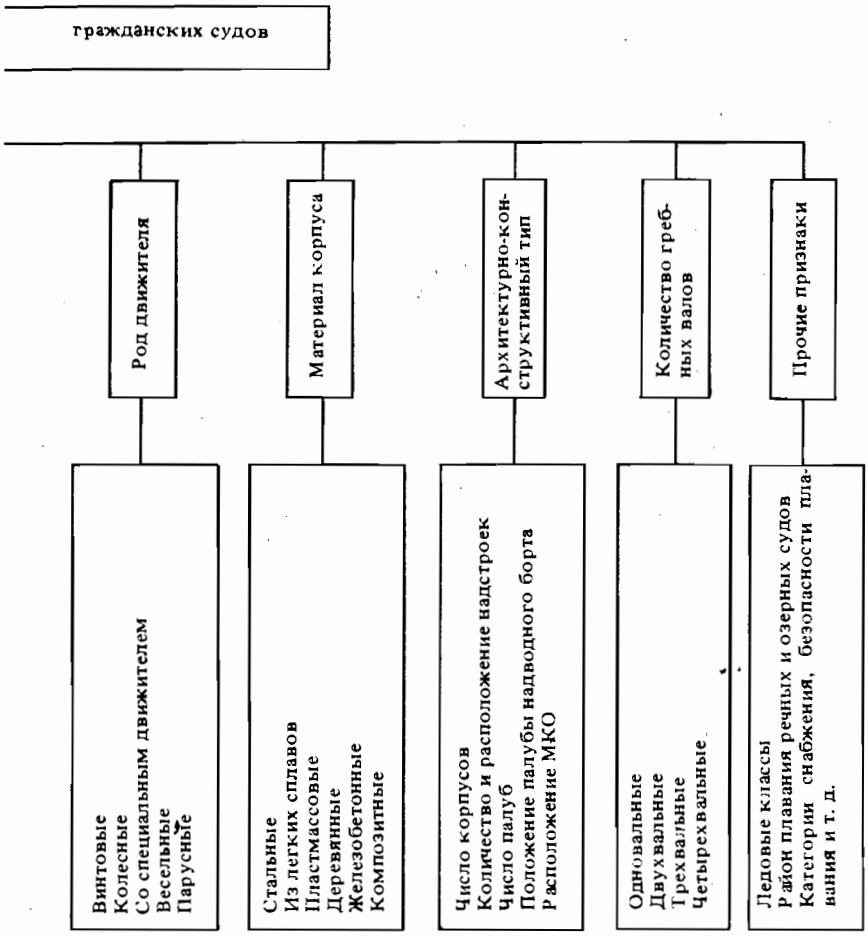
пароходы (главный двигатель — паровая поршневая машина);

турбоходы (главный двигатель — паровая турбина);

газотурбоходы (главный двигатель — газовая турбина);

электроходы (гребной винт вращается электродвигателем).

В зависимости от *рода двигателя*, приводящего в действие генератор электрического тока, различают турбоэлектроходы и дизель-электроходы;



классификации судов

атомоходы (источник тепловой энергии — атомный реактор);
гребные суда (двигатель — мускульная сила человека).

По *роду движения по воде* суда подразделяют на плавающие на поверхности воды (водоизмещающие), плавающие под поверхностью воды (подводные), глиссирующие (скользящие по поверхности воды), плавающие на подводных крыльях и парящие над поверхностью воды (суда на воздушной подушке и экранопланы).

По *виду движителя* суда подразделяют на винтовые, колесные, со специальными движителями (крыльчатыми, водометными, роторными и др.), весельные и парусные.

По *роду материала корпуса* суда подразделяют на стальные, из легких сплавов, пластмассовые, деревянные, железобетонные

и композитные (т. е. такие, корпус которых изготовлен частично из металла и дерева или другого материала).

По архитектурно-конструктивному типу суда разделяют в зависимости от числа корпусов (различают двухкорпусные, трехкорпусные — соответственно катамараны, тримараны и т. п.), от количества и расположения надстроек, от числа палуб, от положения палубы надводного борта, от расположения машинного отделения и др.

По *количеству гребных валов* винтовые суда подразделяют на одновальные (большинство грузовых и промысловых судов), двухвальные (пассажирские и специальные суда, трехвальные (большие контейнеровозы, ледоколы), четырехвальные (океанские пассажирские лайнеры-гиганты).

В необходимых случаях Правила Регистра СССР и Речного Регистра РСФСР разделяют суда и по другим признакам: по ледовым классам, т. е. приспособленности судна плавать в различной ледовой обстановке, в том числе в арктических и антарктических морях (см. § 6.1), для речных и озерных судов по районам плавания (классы «Р» — река, «О» — озеро, «М» — с выходом в крупные водохранилища), по различным категориям требований к безопасности плавания, степени автоматизации, снабжению и т. д.

§ 2.2. Типы судов в зависимости от их назначения

Все гражданские суда в зависимости от их типа и назначения подразделяют на транспортные, промысловые, служебно-вспомогательные и суда технического флота.

2.2.1. Транспортные суда

Транспортные суда составляют основу морского и речного флота — около 90 % общего тоннажа. Они предназначаются для перевозки различных грузов и пассажиров и подразделяются на грузовые, пассажирские, грузопассажирские и специальные.

Грузовые суда разделяют на два основных класса: сухогрузные и наливные, к которым, в свою очередь, относятся суда различных типов и назначений.

Класс сухогрузных судов (табл. 1) включает суда общего назначения и специализированные — для перевозки определенных грузов.

Сухогрузные суда общего назначения (рис. 2.2) предназначены для перевозки генеральных * грузов и являются наиболее распространенным типом транспортных судов — около 60 % (по количеству) всех грузовых транспортных судов относится к этому

* Генеральный (штучный) груз — груз в упаковке (ящиках, бочках, мешках, тюках, кипах и т. п.) или в отдельных местах (автомашины, металлоконструкции, стальные отливки и прокат, промышленное оборудование и т. п.).

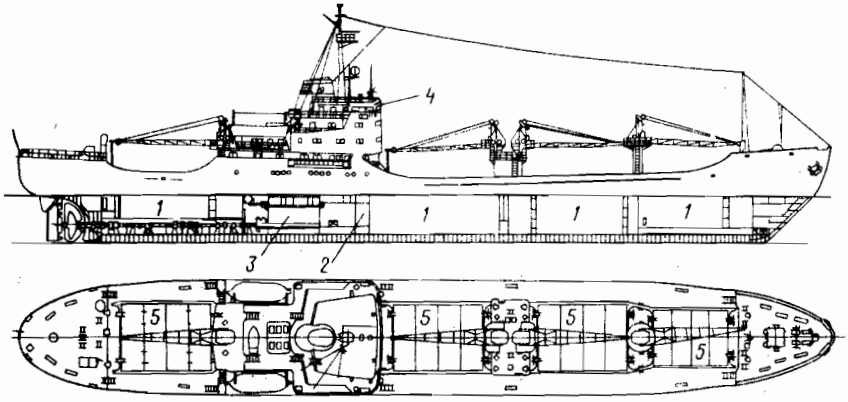


Рис. 2.2. Сухогрузное судно общего назначения для перевозки генеральных грузов.

1 — грузовые трюмы; *2* — топливный бункер; *3* — машинное отделение; *4* — рулевая рубка; *5* — грузовой люк

типу. Грузоподъемность морских судов для генеральных грузов составляет в среднем 4000—6000 т и достигает 16 000—20 000 т, скорость — соответственно 14—16 и 20—22 уз. Крупнейшие речные самоходные сухогрузные суда имеют грузоподъемность до 5000—6000 т и скорость 15—20 км/ч.

Сухогрузные суда имеют просторные грузовые трюмы, занимающие основную часть корпуса, и обычно две палубы (малые суда — однопалубные, большие — двух- и трехпалубные). Машинное отделение, как правило, с дизельной установкой, расположено в корме или сдвинуто в нос на один-два грузовых трюма. Каждый трюм имеет грузовой люк (иногда — два), закрываемый металлическими закрытиями с механизированным приводом. В качестве грузовых средств применяют краны грузоподъемностью 8—10 т или стрелы грузоподъемностью 3—10 т; для тяжеловесных грузов предназначены грузовые стрелы или специальные грузовые устройства грузоподъемностью 30—350 т (тяжеловесные стрелы грузоподъемностью более 60—100 т являются уникальными). На многих современных сухогрузных судах оборудуют один рефрижераторный трюм для перевозки скоропортящихся грузов и, иногда, диптанк для перевозки жидких пищевых масел.

Экипаж крупных сухогрузных судов состоит из 30—35 чел., размещаемых в жилой надстройке в одно- и двухместных каютах. На небольших, а также на высокоавтоматизированных судах экипаж составляет 12—18 чел.

К *специализированным сухогрузным судам* относятся рефрижераторные суда, контейнеровозы, лихтеровозы, суда с горизонтальным способом грузообработки, для перевозки тяжеловесов навалочных грузов, автомашин, скота, лесных грузов (лесовозы) и др.

Рефрижераторные суда предназначены для перевозки скоропортящихся продуктов (рыбы, мяса, фруктов). Их грузовые трюмы имеют надежную теплоизоляцию и холодильные установки, обеспечивающие охлаждение трюмов. В зависимости от рода перевозимого груза в трюмах поддерживается температура от +5 до —25 °С.

Таблица 1

Основные характеристики отечественных сухогрузных судов

Название судна	Водоизмещение, т	Дедвейт, т	Главные размерения, м				Кубатура трюмов (киповая), м³	Тип грузового устройства	Энергетическая установка		Скорость, уз
			Длина между перпендикулярами	Ширина	Высота борта	Осадка			Тип	Мощность, кВт	
Сухогрузные суда общего назначения											
«Капитан Алексеев»	23 000	16 740	156,0	21,8	13,2	10,00	23 100	Краны	Дизельная	8 820	19,5
«Герои-панфиловцы»	20 400	13 500	144,6	22,2	13,4	9,07	21 060	»	»	7 350	19,2
«Бежица»	19 500	13 520	140,0	20,6	12,3	9,50	18 030	»	»	7 275	17,5
«Славянск»	18 500	12 780	140,0	20,6	12,0	9,00	17 420	»	»	6 615	16,5
«Николай Жуков»	12 170	7 700	125,0	17,8	10,4	7,50	10 650	Стрелы	»	4 485	16,4
«Пятидесятилетие комсомола»	11 830	8 290	121,0	17,8	9,8	7,83	10 120	Краны	»	3 675	16,0
«Василий Шукшин»	6 480	4 000	117,0	16,4	7,5	4,50	6 680	»	»	2×1100	13,2
Лесовозы											
«Влас Ничков»	19 370	14 200	140,0	21,0	11,6	8,66	16 430	Стрелы	Дизельная	7 275	15,0
«Пионер Москвы»	10 710	6 780	119,0	17,3	8,5	7,33	8 270	»	»	4 485	15,8
«Петрозаводск»	9 870	5 830	113,0	16,7	8,3	7,13	7 485	Краны	»	3 600	14,6
«Константин Шестаков»	3 560	2 120	74,9	12,5	6,0	5,16	2 870	»	»	1 470	12,8
Суда для перевозки навалочных грузов											
«Борис Бутома»	122 000 * / 130 000	100 000 * / 108 000	244,0	39,8	21,4	14,5 * / 15,65	116 950 * / 114 300	—	Дизельная	15 510	15,2 * / 15,0
«Зоя Космодемьянская»	65 600	52 700	201,6	31,8	16,8	12,20	62 680	—	»	10 070	15,7

* В числителе — значение при перевозке навалочных грузов, в знаменателе — при перевозке нефти.

Название судна	Водоизмещение, т	Дедвейт, т	Главные размерения, м				Кубатура трюмов (киповая), м³	Тип грузового устройства	Энергетическая установка		Скорость, уз
			Длина между перпендикулярами	Ширина	Высота борта	Осадка			Тип	Мощность, кВт	
«Балтика»	47 850	38 250	186,0	27,8	15,6	11,21	47 130	—	Дизельная	10 070	16,2
«Советский художник»	31 975	24 380	172,0	22,9	14,1	10,10	29 220	—	»	8 820	16,8
«Капитан Панфилов»	20 165	14 550	134,0	20,6	12,9	9,42	16 890	—	»	4 485	14,0
Контейнеровозы											
«Художник Сарьян»	22 740	14 720	157,0	25,4	17,4	9,22	729 конт.	—	Дизельная	12 790	20,0
«Александр Фадеев»	12 680	6 390	118,2	19,2	10,4	7,50	324 конт.	—	»	4 485	16,2
«Сестрорецк»	10 040	6 010	119,0	17,3	8,5	6,93	218 конт.	—	»	4 485	15,8
«Капитан Сахаров»	10 020	5 720	119,0	17,3	8,5	6,92	320 конт.	—	»	4 485	16,0
Суда с горизонтальной грузообработкой (типа «ро-ро»)											
«Капитан Смирнов»	35 800	20 270	204,0	30,0	21,0	9,22	54 500	—	Газотурбинная	2×18 375	25,0
«Магнитогорск»	37 500	22 690	190,6	31,4	22,0	9,70	54 400	—	Дизельная	2×9 040	21,6
«Скульптор Коненков»	29 000	17 500	165,0	28,2	18,0	9,64	33 150	—	»	2×7 645	18,5
«Сергей Киров»	21 260	12 000	142,0	23,8	16,9	8,83	23 600	—	»	2×5 000	17,5
«Иван Скуридин»	10 600	4 600	127,4	19,2	13,1	6,62	11 820	—	»	4 485	17,0
«Инженер Мачульский»	10210	6 130	110	19,2	13,7	7,04	15 430	—	»	5870	16,8

Продолжение табл. 1

Название судна	Водоизмещение, т	Дедвейт, т	Главные размерения, м				Кубатура трюмов (киповая), м³	Тип грузового устройства	Энергетическая установка		Скорость, уз
			Длина между перпендикулярами	Ширина	Высота борта	Осадка			Тип	Мощность, кВт	
Лихтеровозы											
«Севморпуть»	62 000	33 780	228,8	32,2	18,3	11,78	673/651	Кран козловой грузоподъемностью 500 т	Атомная	29 400	20,7
«Алексей Косыгин»	61 950	39 970	232,0	32,2	18,3	11,65	777/710	То же	Дизельная	2×12 350	18,4
«Юлиус Фучик»	60 260	37 850	210,0	35,0	22,9	11,00	—	Подъемная платформа грузоподъемностью 2700 т	Дизель-редукторная	4×6 615	19,8
Многоцелевые суда											
«Известия»	17 780	12 680	122,8	20,5	12,2	9,4	20 000	Краны	Дизель-редукторная	2×2 335	15,4
«Витус Беринг»	20 200	10 690		22,4	12,0	9,0	—	»	Дизель-электрическая	2×5 735	16,4
«Академик Н. Вавилов»		7 670	126,0	21,48	13,1	8,2	10 720	»	Дизельная	9 630	20,0

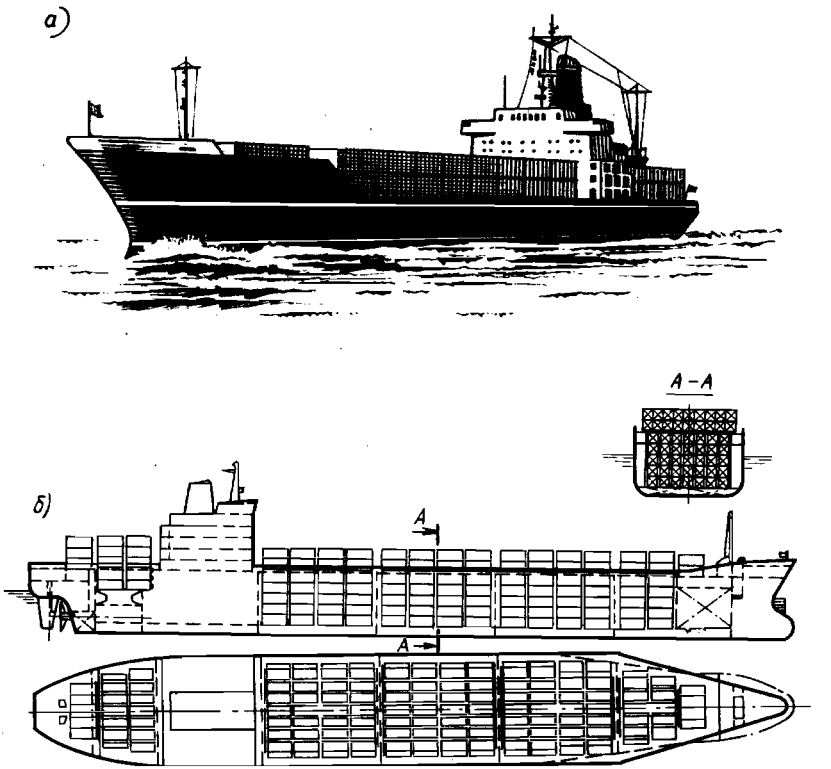


Рис. 2.3. Контейнеровоз: *а* — общий вид; *б* — продольный разрез, план и поперечное сечение

Некоторые рефрижераторные суда имеют мощные холодильные установки, не только поддерживающие заданную температуру, но и быстро замораживающие груз. Такие суда называют *производственно-транспортными рефрижераторами*. Суда, предназначенные для перевозки фруктов (банановозы), имеют усиленную вентиляцию трюмов.

Грузоподъемность рефрижераторных судов достигает 8000—12 000 т. Скорость несколько выше, чем сухогрузных судов общего назначения, так как скоропортящиеся грузы требуют быстрой доставки к месту назначения. В 70-х годах постройка рефрижераторных судов резко сократилась в связи с перевозкой скоропортящихся грузов в охлаждаемых контейнерах на контейнеровозах.

Контейнеровозы (рис. 2.3) предназначены для перевозки грузов, заранее упакованных в специальные большегрузные ящики — контейнеры, масса которых с грузом составляет 10—40 т. Грузоподъемность этих судов в среднем 8000—15 000 т, скорость — 20—24 уз. Грузоподъемность крупнейших контейнеровозов — 25 000—30 000 т и скорость 26—30 уз.

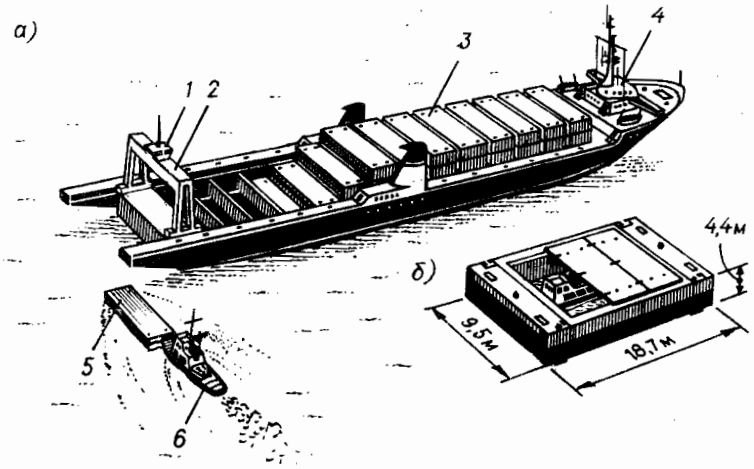


Рис. 2.4. Лихтеровоз (баржевоз) типа «ЛЭШ»: *а* — общий вид; *б* — лихтер (плавучий контейнер)

1 — пост управления краном; *2* — катучий мостовой кран грузоподъемностью 500 т; *3* — баржи (плавучие контейнеры); *4* — рулевая рубка; *5* — баржа на плаву; *6* — буксир-толкач

Благодаря тому, что в грузовые трюмы укладывают не штучный груз различного размера и массы, а стандартные контейнеры, погрузочно-разгрузочные операции на контейнеровозах выполняются в 4—7 раз быстрее, чем на обычных сухогрузных судах.

Контейнеровозы отличаются большим раскрытием палубы над грузовыми трюмами, что исключает такую трудоемкую операцию, как горизонтальное перемещение груза в трюме. На контейнеровозах грузовое устройство, как правило, отсутствует: грузовые операции выполняют портовыми средствами со специальных причалов, так называемых *терминалов*. На малых контейнеровозах, предназначенных для захода в необорудованные порты, устанавливают специальные краны.

Контейнерные перевозки особенно выгодны при смешанном сообщении (железнодорожный вагон — автомашина — судно), так как позволяют доставлять груз от отправителя до получателя с минимальными затратами на перегрузки с одного вида транспорта на другой и обеспечивать при этом хорошую сохранность груза. Поэтому контейнеровозы получают в последние годы широкое распространение, и являются наиболее перспективными типами сухогрузных судов.

Лихтеровозы являются разновидностью контейнеровозов и предназначаются для перевозки плавучих контейнеров-лихтеров (иногда их называют *баржевозами*). Такие лихтеры грузоподъемностью 370—850 т выгружают с судна непосредственно на воду, после чего их отбуксировывают к причалу грузополучателя (рис. 2.4). Различают несколько типов лихтеровозов в зависимости от способа грузообработки. Наиболее распространены лихтеровозы типов «ЛЭШ» и «Си-Би». На лихтеровозах типа «ЛЭШ» для

погрузки и выгрузки лихтеров применяют установленный на судне катучий козловой кран грузоподъемностью 500 т. Кран выдвигается на консоли в корме судна и поднимает лихтер, а затем вместе с ним перекатывается на место установки лихтера в трюме судна (спускают лихтер на воду в обратном порядке). Один грузовой цикл занимает 13—15 мин. На лихтеровозах типа «Си—Би» подъемно-спусковые операции осуществляют с помощью расположенного в корме лифтового подъемника, подающего лихтер на уровень погрузочной палубы, и механизма горизонтального перемещения лихтеров.

Суда с горизонтальным способом грузообработки (их называют также накатными судами, судами типа «ро-ро» или ролкерами) служат для перевозки грузов, находящихся в контейнерах, поддонах или так называемых трейлерах-автоприцепах, а также автомашин и колесной техники. Грузы на эти суда вкатывают или выкатывают с помощью вилочных автопогрузчиков, специальных штабелеров или катучих платформ — ролл-трейлеров в течение очень короткого времени — за несколько часов вместо нескольких суток на обычном сухогрузном судне. Грузоподъемность этих судов — 1000 — 20 000 т, скорость — 16—27 уз. Суда типа «ро-ро» бывают одно-, двух- и трехпалубными. На них в отличие от сухогрузных судов традиционного типа отсутствуют в грузовой части поперечные переборки и в корме (иногда, на малых судах, в носу) имеются открывающиеся ворота с перекидывающимся на причал мостом — аппарелью, — по которому вкатываются и выкатываются грузы и колесная техника (рис. 2.5). Перемещение грузов с палубы на палубу осуществляется по внутренним наклонным аппарелям или с помощью специальных лифтовых подъемников. Других грузовых устройств на этих судах нет. Как и контейнеровозы, суда типа «ро-ро» в последнее время получили большое распространение. Появились разновидности судов этого типа — суда, приспособленные для одновременной перевозки трейлеров (в трюмах) и контейнеров (на верхней палубе), и так называемые суда типа «ро-флоу», которые служат для перевозки плавучих понтонов с крупногабаритными тяжелыми грузами (суда для перевозки тяжеловесов). Для принятия понтона с грузом такое судно притапливается, понтон вводится через открытые кормовые ворота, после чего они закрываются и судно всплывает. Кроме того, груз можно закатывать через эти же ворота с причала на специальных тележках или грузить обычным способом с помощью мощных судовых козловых кранов (в советском морском флоте к числу этих судов относятся суда типа «Стахановец Котов»).

Суда для перевозки навалочных грузов, или *балкеры* (рис. 2.6), предназначены для перевозки руды, рудных концентратов, угля, минеральных удобрений, строительных материалов, зерна, сахара, цемента, древесной щепы и т. п. Эти грузы составляют около 70 % всех перевозимых морем сухих грузов, поэтому на долю балкеров приходится около 20 % тоннажа всего мирового транспортного флота.

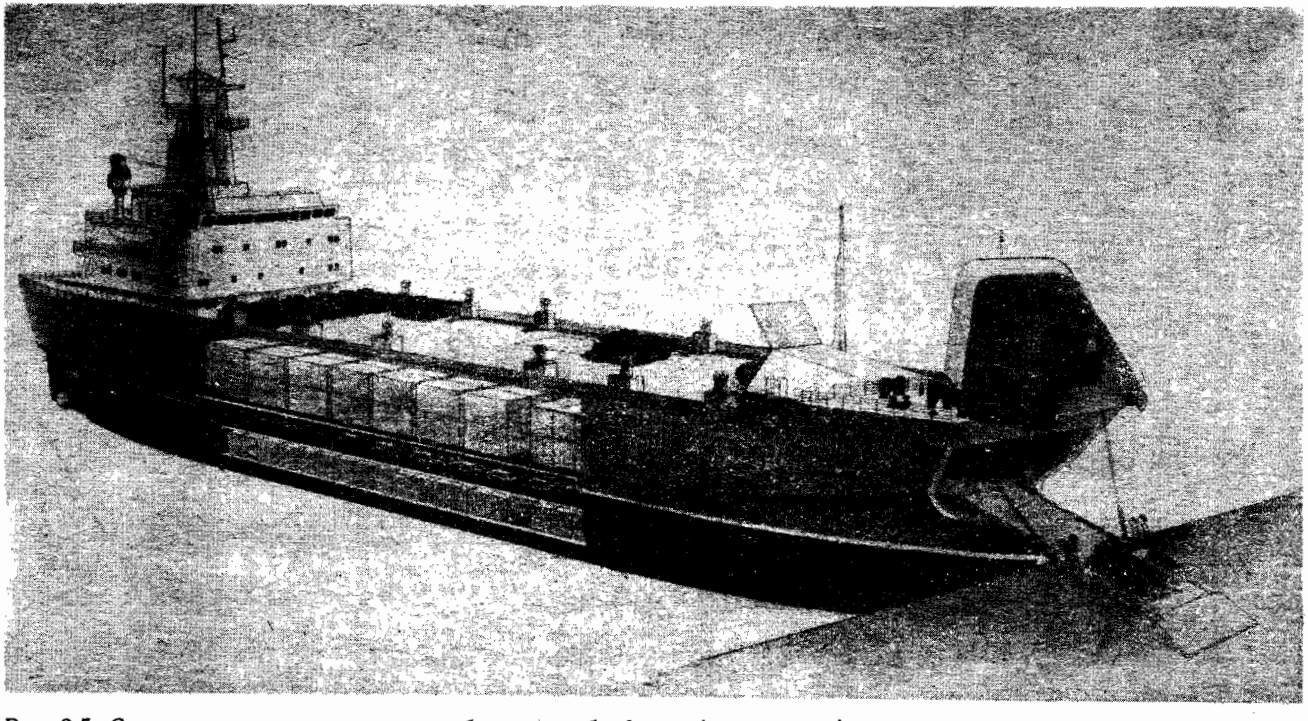


Рис. 2.5. Судно с горизонтальным способом грузообработки (типа «ро-ро)

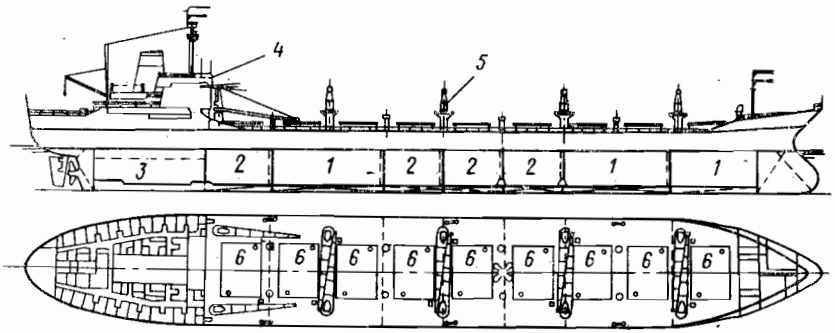


Рис. 2.6. Судно для перевозки навалочных грузов (типа «Балтика») грузоподъемностью 35 800 т.

1 — грузовые трюмы удлиненные; *2* — грузовые трюмы укороченные; *3* — машинное отделение; *4* — рулевая рубка; *5* — грузовой кран; *6* — грузовые люки

Суда для навалочных грузов подразделяют на рудовозы — суда, перевозящие наиболее тяжелый груз, суда для легкого навалочного груза и универсальные. Некоторые из этих судов имеют двойное назначение, например, в одном направлении они везут навалочный груз, а в обратном — автомобили, или туда — руду, а обратно— нефть (нефтерудовозы).

Суда этого типа — однопалубные, с машинным отделением и надстройкой, расположенными в корме. От других сухогрузных судов они отличаются большой грузоподъемностью (в среднем 25 000—35 000 т, максимум — 100 000—150 000 т) и относительно невысокой скоростью — около 14—16 уз.

Грузовые трюмы имеют, как правило, в нижней и верхней части наклонные стенки, обеспечивающие самораспределение груза (самоштивку) в продольном и поперечном направлениях. Цистерны, находящиеся между этими стенками и бортом, предназначены для приема водяного балласта, количество которого обычно значительно больше, чем на сухогрузных судах общего назначения. Некоторые суда имеют в грузовых трюмах продольные переборки, уменьшающие крен при смещении груза на борт, второе дно сделано с утолщенным настилом и подкреплениями, позволяющими проводить грузовые операции грейфером.

На большинстве судов для навалочных грузов нет грузовых устройств, их грузят и разгружают портовыми средствами; на остальных применяют либо поворотные, либо катучие козловые краны. Некоторые суда (цементовозы и т. п.) оборудуют ленточными транспортерами или другими специальными грузовыми устройствами, позволяющими автоматически выгружать груз из трюма (саморазгружающиеся суда).

Лесовозы (рис. 2.7) предназначены для перевозки лесных грузов — круглого леса и пиломатериалов. От сухогрузных судов общего назначения лесовозы отличаются меньшей скоростью (13—15 уз), наличием (независимо от размеров судна) только одной палубы и усиленными ледовыми подкреплениями, позволяющими им заходить в порты Арктического бассейна, откуда в основном и вывозят лес.

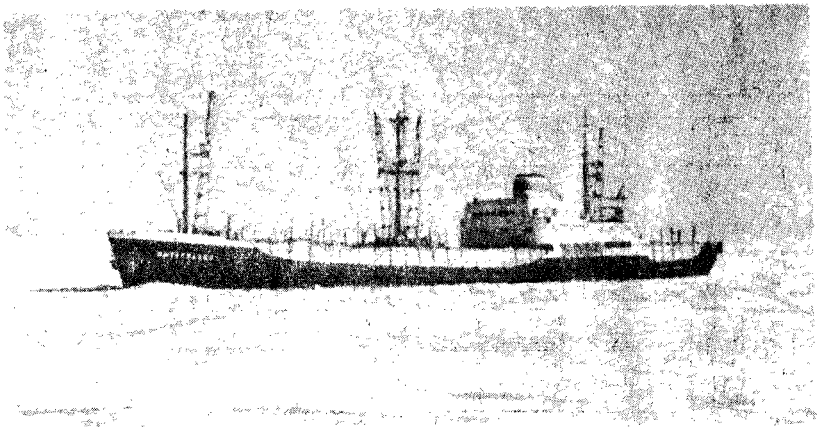


Рис. 2.7. Лесовоз «Вытегралес» грузоподъемностью 5000 т (1963 г.)

Усиленная верхняя палуба и люковые закрытия позволяют перевозить значительное количество груза (около 1/3) на открытой палубе. Лесовозы обычно даже с полным грузом принимают водяной балласт (около 8—10 % грузоподъемности) для обеспечения остойчивости (см. § 4.6), поэтому на них имеются балластные отсеки большой емкости.

Существуют и безбалластные лесовозы, но в рейсе без леса они испытывают порывистую качку, что нежелательно. В последнее время лес начали перевозить в пакетах. Такой способ позволяет более чем вдвое сократить стоянку под грузовыми операциями. Лесовозы-пакетовозы (рис. 2.8) имеют большие по размерам люки и высокопроизводительные грузовые устройства (поворотные или катучие козловые краны, краны-стрелы).

Разновидностью лесовозов являются *щеповозы* — специализированные суда для перевозки древесной щепы. Их дедвейт обычно достигает 15 000—20 000 т.

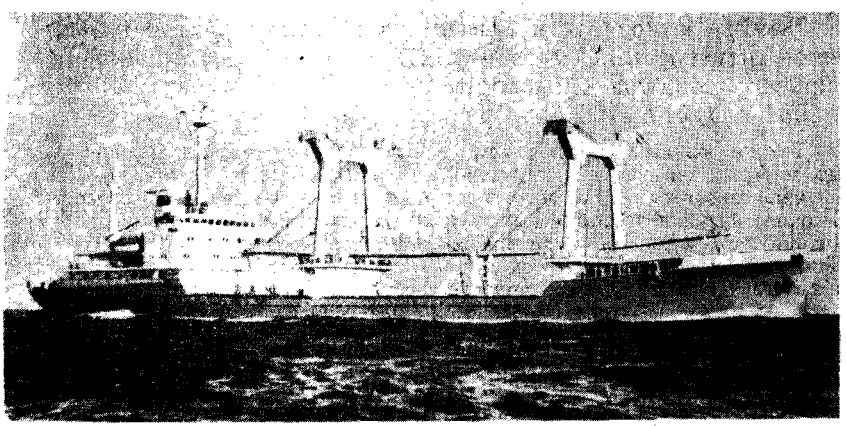


Рис. 2.8. Лесовоз-пакетовоз «Пионер Москвы» грузоподъемностью 5500 т (1974 г.)

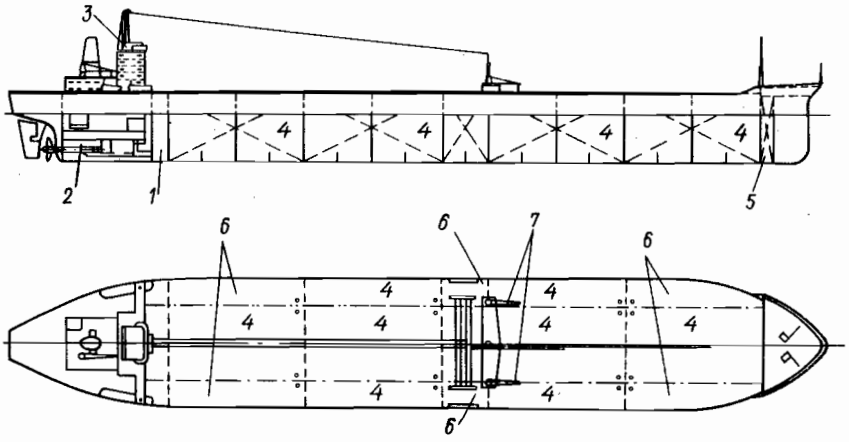


Рис. 2.9. Танкер грузоподъемностью 250 000 т.

1 — рулевая рубка; *2* — машинное отделение; *3* — насосное отделение; *4* — грузовые танки; *5* — балластные танки; *6* — диптанк; *7* — грузовое устройство для подъема шлангов

Наша страна занимает первое место в мире по лесным запасам, и около четверти мирового экспорта лесоматериалов приходится на ее долю. Она располагает крупнейшим в мире флотом лесовозов всех типов.

Класс наливных судов включает танкеры для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов (мазута, бензина, дизельного топлива, керосина и т. д.), суда для перевозки сжиженных газов (газовозы), химикалиев (кислоты, расплавленной серы и пр.), а также прочих жидких грузов (водолеи, виновозы, битумовозы). Танкеры, предназначенные для перевозки только нефтепродуктов, называют *продуктовозами*.

Танкеры относятся к одному из наиболее распространенных типов транспортных судов — на их долю приходится около 34 % мирового тоннажа транспортного флота, а суммарный тоннаж к 1988 г. достиг 128 млн. рег. т.

Бурное развитие танкерного флота было обусловлено тем, что районы основных мировых запасов нефти (Средний и Ближний Восток, Венесуэла, Северная Африка) находятся далеко от главных районов ее потребления и переработки — высокоразвитых в промышленном отношении стран Западной Европы, а также Японии, которая практически лишена нефтяных месторождений. Следует отметить, что сокращение перевозок нефти в связи с мировым энергетическим кризисом, начавшимся в 1973 г., привело к образованию избыточного тоннажа танкеров (к 1977 г. — около 45 млн. т) и уменьшению количества заказов на их постройку (особенно на супертанкеры).

Танкер (рис. 2.9) представляет собой однопалубное судно с кормовым расположением машинного отделения и надстройки. Грузовая часть танкера делится поперечными и одной, двумя или тремя продольными переборками на грузовые отсеки, называемые *грузовыми танками*. Часть танков отводят для водяного

Таблица 2

Основные характеристики отечественных танкеров

Название судна	Водоизмещение, т	Дедвейт, т	Главные размерения, м				Кубатура грузовых танков, м³	Энергетическая установка		Скорость, уз.
			Длина между перпендикулярами	Ширина	Высота борта	Осадка		Тип	Мощность, кВт	
«Крым»	182 000	150 500	277	45,0	25,4	17,00	184 000	Паротурбинная	22 050	16,0
«Победа»	84 500	68 000	228	32,0	18,0	13,62	71 120	Дизельная	12 350	15,8
«Рихард Зорге»	62 600	49 240	214	31,0	15,4	11,60	57 730	Паротурбинная	13 965	17,7
«Федор Полетаев»	64 600	48 930	215	31,0	15,5	11,82	58 900	Дизельная	13 965	17,2
«Пабло Неруда»	51 480	40 030	183	28,0	17,8	12,22	47 470	»	13 230	16,0
«Прага»	39 770	30 700	188	25,8	13,7	10,65	39 790	Паротурбинная	13 965	18,5
«Командарм Федько»	36 000	25 000	165	25,3	15,0	10,4	29 240	Дизельная	7 790	15,4
«Сплит»	28 220	20 950	174	23,4	12,5	9,20	29 670	»	8 820	17,1
«Великий Октябрь»	22 000	16 300	150	21,4	11,2	8,81	21 370	»	7 055	16,6
«Самотлор»	22 520	15 150	148	23,0	12,9	8,50	17 940	»	7 790	16,2
«Никифор Рогов»	16 250	12 000	138	17,4	11,2	8,06	14 700	»	2×1 835	13,3
«Казбек»	16 250	11 800	138	19,2	10,4	8,52	14 020	»	2 795	12,3

балласта, который судно всегда принимает в порожнем обратном рейсе. Грузовую часть в носу и корме отделяют от соседних помещений узкими непроницаемыми для нефти и газов сухими отсеками — коффердамами.

Для предотвращения разлива нефтегрузов и загрязнения ими моря при повреждениях корпуса многие современные отечественные и иностранные танкеры имеют двойное дно (танкеры типа «Крым») и даже двойное дно и двойные борта (танкеры типа «Победа» и «Дмитрий Медведев»). Наряду с повышением экономичности наличие двойного дна и двойных бортов позволяет разместить в междудонных и междубортовых пространствах цистерны для водяного балласта, а также сделать грузовые танки гладкостенными, что упрощает условия мойки танков. С этой же целью на новых танкерах иностранной постройки набор верхней палубы обращают не внутрь танка, как обычно, а наружу, располагая его поверх верхней палубы.

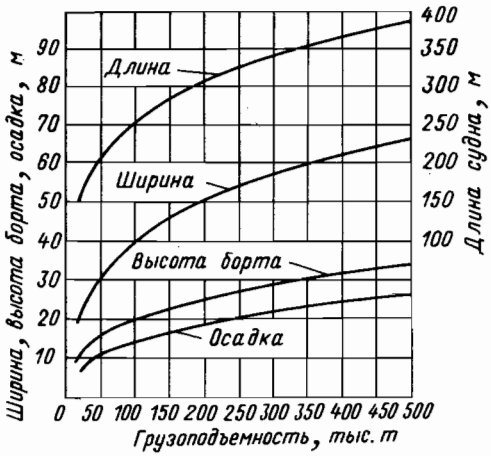


Рис. 2.10. Зависимость главных размерений танкеров от их грузоподъемности

В нос от машинного отделения располагают насосное отделение с грузовыми насосами для разгрузки судна. Для сообщения между кормовой надстройкой и палубой бака, на которой расположено якорно-швартовное устройство, оборудуют переходный мостик. Некоторые крупные танкеры в последние годы строят без переходного мостика, его заменяют дорожкой вдоль верхней палубы, а электротрассы, которые обычно прокладывают по переходному мостику, в этом случае тянут в металлических трубах. Танкеры, являющиеся особо опасными в пожарном отношении судами, оборудуют надежными противопожарными системами.

Грузоподъемность танкеров колеблется в больших пределах — от 500—1000 т у танкеров-раздатчиков до 300 000—540 000 т у гигантских супертанкеров, являющихся крупнейшими судами в мире. Грузоподъемность продуктовозов — 10 000—60 000 т. Размеры танкеров зависят от их грузоподъемности (рис. 2.10). Скорость составляет 12—14 уз у малых и 16—18 уз у больших танкеров (супертанкеры имеют скорость 14,5—16 уз). В качестве главного двигателя на танкерах грузоподъемностью до 100 000—120 000 т используют, как правило, дизельные установки на более крупных — паротурбинные и дизельные установки. В по-

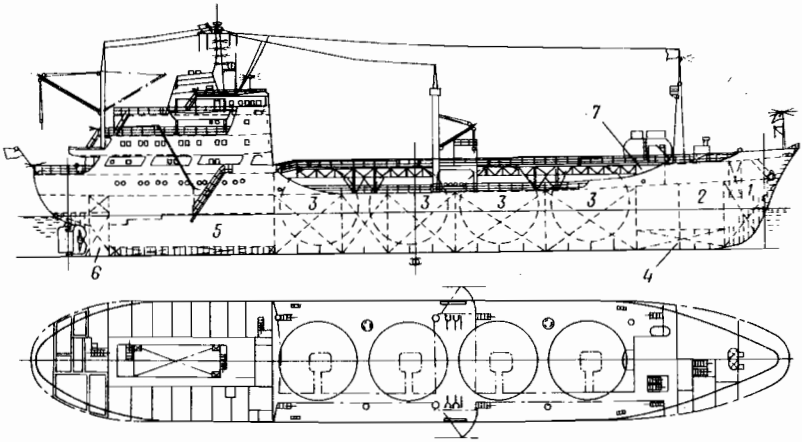


Рис. 2.11. Судно для перевозки сжиженных газов (газовоз)

1 — форпик; *2* — диптанк; *3* — грузовые цистерны для сжиженного газа; *4* — балластные цистерны; *5* — машинное отделение; *6* — топливная цистерна; *7* — насосно-компрессорное отделение

следние годы, из-за возросших в связи с энергетическим кризисом после 1973 г. цен на топливо в 13—17 раз, на крупных танкерах применяют только дизельные установки, как более экономичные. Грузоподъемность речных танкеров составляет 150—5000 т и скорость — 10—20 км/ч. Грузоподъемность речных наливных барж достигает 12 000 т.

Советский Союз ведет оживленную внешнюю торговлю нефтью. Для обеспечения экспортных перевозок в СССР создан мощный танкерный флот (табл. 2), занимающий сейчас шестое место в мире.

Газовозы (рис. 2.11) предназначены для перевозки сжиженных природных и нефтяных, т. е. выделяющихся при добыче нефти, газов — метана, пропана, бутана, аммиака. Эти газы, представляющие превосходное топливо и ценное сырье для химической промышленности, перевозят в сжиженном, охлажденном состоянии (в изолированных цистернах) или под давлением.

В отличие от танкеров, грузовые танки которых образуют элементы конструкции корпуса, газовозы имеют вкладные или встроенные грузовые цистерны — цилиндрические (вертикальные или горизонтальные), сферические или прямоугольные. Газовозы, предназначенные для перевозки сжиженного природного газа метана в охлажденном состоянии (до —161,5°), имеют вкладные (сферические или призматические) или встроенные (прямоугольные) цистерны с надежной изоляцией. На судах, перевозящих сжиженные нефтяные газы, делают только вкладные цистерны призматической или цилиндрической формы.

Для выполнения грузовых операций газовозы оборудуют грузовой системой, состоящей из насосов, компрессоров, трубопроводов и промежуточной цистерны. Так как в грузовые цистерны принимать водяной балласт запрещается, на газовозах оборудуют балластные цистерны (в двойном дне или по бортам).

Транспортировка сжиженных газов связана с повышенной пожаро- и взрывоопасностью. Во избежание образования взрывоопасных газовоздушных смесей на газовозах предусмотрена надежная вентиляция насосных и компрессорных

Таблица 3

Основные характеристики пассажирских судов отечественного флота

Название судна	Водоизмещение, т	Главные размерения, м				Количество пассажиров, чел.	Экипаж, чел.	Груз, т	Энергетическая установка		Скорость	
		Длина наибольшая	Ширина	Высота борта до верхней палубы	Осадка				Тип	Мощность, кВт	Узлы	км/ч
«Леонид Собинов»	23 920	185,4	24,5	11,35	8,56	800	429	1500	Паротурбинная	2×7900	18,0	—
«Максим Горький»	19 730	194,7	26,6	11,2	8,27	792 (в крузе — 660)	404	—	То же	2×8440	20,0	—
«Александр Пушкин»	18 820	176,1	23,6	13,5	8,3	750	220	1500	Дизельная	2×7720	19,0	—
«Азербайджан»	10 560	153,0	21,8	16,31	5,9	500	209	255 автомаш.	»	2×6615	21,0	—
«Одесса»	9 030	136,3	21,5	12,9	5,8	550	250	—	»	2×5900	18,5	—
«Михаил Калинин»	5 640	122,2	16,0	7,6	5,1	337	114	150	»	2×2940	18,2	—
«Мария Ермолова»	4 160	100,0	16,2	7,0	4,5	206	83	200	»	2×1940	17,2	—
«Киргизстан»	2 970	101,5	14,6	8,1	3,76	250	76	145	»	2×1470	16,0	—
«Ленин» (озерно-речной)	2 100	121,4	12,4	4,0	2,2	470	84	120	»	2×662	—	27
«Чкалов» (озерно-речной)	1 350	96,5	12,0	4,3	2,25	368	71	150	»	2×882	—	25
Суда на подводных крыльях:												
«Комета»	55,8	35,1	9,6	7,8	3,2	118	5	—	»	2×882	34	—
«Вихрь»	121,3	47,9	12,0	10,1	4,1	260		—	»	2×882	38	—
«Метеор»	52,9	34,6	9,5	6,0	2,3	124	4	—	»	2×882	—	80
«Ракета»	25,0	27,0	5,0	4,5	1,8	66	4	—	»	882	—	70
Суда на воздушной подушке «Орион»	34,7	25,8	6,5	1,5	0,6	80	3	—	»	382	—	53

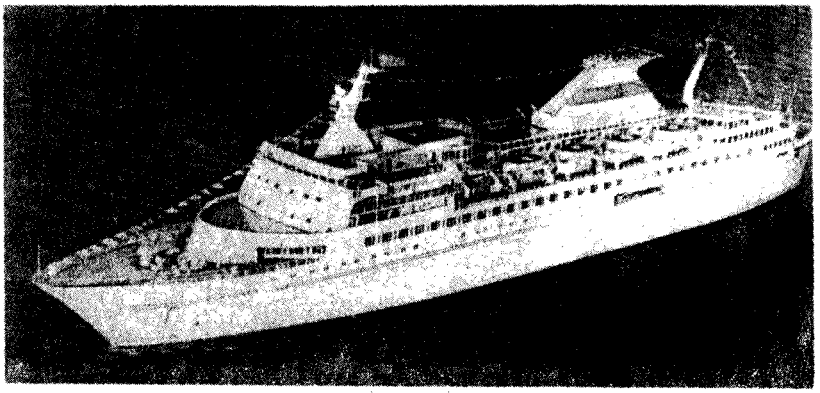


Рис. 2.12. Пассажирское судно для морских путешествий «Белоруссия» на 500 пассажиров и 255 автомашин (1975 г.)

отделений, располагаемых в носу, и система сигнализации об образовании опасных концентраций газа. Для тушения пожаров обычно применяют углекислотную систему.

Большинство построенных судов для перевозки сжиженных нефтяных газов имеет вместимость грузовых цистерн 2000—10 000 м^3 (максимум—100 000 м^3), скорость 12—14 уз. Вместимость судов-метановозов достигает 125 000 м^3, скорость — 18—20 уз.

В настоящее время быстро развивается класс комбинированных судов, т. е. судов, приспособленных для перевозки нескольких определенных родов груза. Это очень выгодно при встречных перевозках, так как исключает порожние балластные переходы. К этому классу грузовых судов относятся нефтерудовозы, нефтесухогрузы (суда типа «ОВО»), хлопколесовозы и т. п. Грузоподъемность нефтерудовозов достигает 160 000—200 000 т, судов типа «ОВО» — 100 000—150 000 т.

Класс пассажирских судов включает суда, специально предназначенные для перевозки пассажиров. *

По назначению *пассажирские суда* подразделяют на суда для обслуживания регулярных линий, для туристских путешествий, массовых перевозок и суда местного сообщения (табл. 3).

Суда для обслуживания регулярных пассажирских линий совершают рейсы между заданными портами по определенному расписанию. Особый интерес представляют рассчитанные на 1500—2000 пассажиров трансокеанские пассажирские лайнеры водоизмещением 50 000—70 000 т и скоростью до 30—35 уз (в среднем—22—26 уз).

---

* Иногда на обычных грузовых судах предусматривают пассажирские каюты. Такие суда называют *грузопассажирскими*. Если они берут на борт более 12 пассажиров, то должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к пассажирским судам. Грузопассажирскими также называют пассажирские суда с грузовыми трюмами.

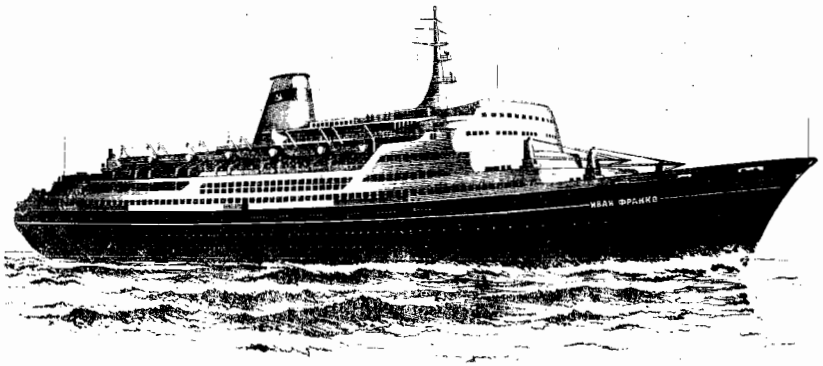


Рис. 2.13. Пассажирский лайнер «Иван Франко» на 750 пассажиров (1964 г.)

Пассажирские суда для туристских путешествий (круизов), получившие особенно широкое распространение в последнее время, рассчитаны на 200—500 пассажиров. У них меньше скорость (18—22 уз) и размеры. В последнее время на подобных судах стали предусматривать возможность перевозки 50—200 легковых автомашин (рис. 2.12).

Речные пассажирские суда, обслуживающие регулярные линии или используемые для туристских путешествий, перевозят до 350—500 пассажиров со скоростью 25—27 км/ч.

На современных океанских пассажирских судах пассажирам предоставлены одно-, двух-, реже, трех- или четырехместные каюты с удобствами. Для отдыха предусмотрены салоны, комнаты игр, спортзалы, плавательные бассейны и т. д. Отличительной особенностью больших пассажирских судов является наличие нескольких палуб и платформ в корпусе и многоярусной развитой надстройке. Особое внимание уделяют обеспечению безопасности плавания (наличию спасательных и противопожарных средств), а также непотопляемости судна.

Все крупные пассажирские суда оборудуют системами кондиционирования воздуха, успокоителями качки (рис. 2.13).

К судам для местных сообщений обычно относят небольшие пассажирские суда и катера, реже крупные суда на 500—600 пассажиров. В настоящее время широкое распространение получают скоростные речные и морские суда на подводных крыльях со скоростью 60—70 км/ч, рассчитанные на 60—300 пассажиров, а также суда на воздушной подушке (см. § 4.8).

Класс специальных транспортных судов включает различные паромы, транспортные барже-буксирные суда, составы (секционные или составные), толкачи, буксиры-толкачи и несамоходные толкаемые секции или баржи.

Морские паромы бывают железнодорожные, железнодорожно-автомобильные, автомобильно-пассажирские и пассажирские. Они служат для перевозки железнодорожных вагонов, автомобилей, а также пассажиров на паромных переправах, связывающих сухопутные дорожные артерии (например, через Керченский и Татар-

ский проливы, через Каспийское море на линии Баку—Красноводск и т. п.). В последние годы получили распространение автомобильно-пассажирские паромы дальнего плавания — для туристских путешествий (см. выше).

Внешне морскне паромы похожи на пассажирские суда и отличаются лишь наличием специальных грузовых (автомобильных или железнодор ожных) палуб. Железнодорожные паромы имеют одну грузовую палубу, а автомобильные — одну—две. Автомобили на палубу грузят обычно с берега на одну из палуб, на другую палубу их переводят либо лифтом, либо по наклонным съездам — пандусам.

На железнодорожных паромах на грузовую палубу въезжают с кормы, на автомобильных — с кормы или с борта. Входные проемы (лацпорты) закрывают откидными крышками. На некоторых автомобильных паромах откидывается в носу часть конструкции корпуса — так называемый откидной нос. Пассажирские помещения, включающие сидячие и спальные места (в зависимости от длительности рейса), а также салоны, бары, рестораны на паромах располагают в надстройке. Паромы имеют обычно два поста управления (в носу и в корме), успокоители качки и подруливающие устройства для обеспечения хорошей маневренности при швартовках.

Грузоподъемность современных паромов колеблется от 200 до 2000 т (в среднем 600—800 т). Средний автомобильно-пассажирский паром вмещает около 120 автомашин и 1000 пассажиров, железнодорожный — 30—50 вагонов. Скорость — 17—20 уз.

Толкачи и буксиры-толкачи служат для движения несамоходных и составных судов, в основном на внутренних водных путях, где, несмотря на развитие в последние годы самоходного грузового флота, около половины грузов все еще перевозят на баржах, в секционных составах и пр. Кроме того, толкачи и буксиры-толкачи используют для транспортировки различных несамоходных плавающих сооружений и плотов (*буксиры-плотовозы*). В отличие от буксиров толкачи перевозят несамоходные плавающие объекты методом толкания. Буксиры-толкачи могут и буксировать и толкать составы (см. § 7.7).

2.2.2. Промысловые суда

Промысловые суда служат для добычи, переработки и транспортировки рыбы, крабов, морского зверя и морских растений. По назначению промысловые суда делятся на добывающие, добывающе-перерабатывающие, перерабатывающие и обслуживающие. Общий тоннаж мирового флота промысловых судов составляет около 5 % всего мирового тоннажа судов. Характеристики и особенности промысловых судов разного назначения определяются формой организации промысла.

Существуют две формы организации промысла — автономная и экспедиционная. При *автономной организации* судно вылавливает рыбу и по заполнении трюмов транспортирует ее в порт в обработанном виде, в виде сырца или полуфабрикатов. *При экспедиционной организации* рыболовные суда уходят на промысел на длительное время и заняты только добычей рыбы. Обработка и транспортировка улова в порт осуществляется специальными производственно-транспортными судами. Некоторые добывающие суда не только ловят, но сами и обрабатывают улов, однако они тоже сдают продукцию рефрижераторам, перевозящим ее в порт.

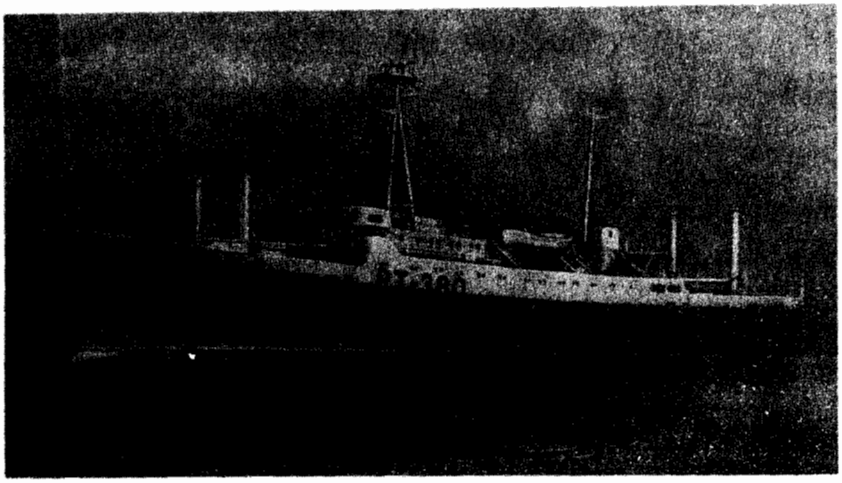


Рис. 2.14. Большой морозильный рыболовный траулер-рыбозавод (БМРТ)

Добывающие и добывающе-перерабатывающие суда составляют ядро промыслового флота. К *добывающим судам* относятся рыболовные суда (траулеры, сейнеры, тунцеловы, рыболовные боты, сетеподъемники), краболовы. К *добывающе-перерабатывающим* судам относятся большие морозильные траулеры-рыбозаводы (БМРТ), большие сардинные траулеры-рыбоконсервные заводы, морозильные траулеры и др.

Траулеры являются наиболее распространенным типом рыболовного судна. В зависимости от размеров различают большие, средние и малые траулеры.

По способу траления различают траулеры *бортового* и *кормового* траления. Все большие рыболовные траулеры строят только с кормовым тралением. Средние и малые траулеры часто кроме трала оборудуют и другими средствами лова (дрифтерными сетями, кошельковым неводом и т. п.), что позволяет использовать эти суда в любое время года для лова разных пород рыб.

Траулеры различают также по степени переработки улова. *Траулеры-ловцы* ежесуточно передают непереработанный улов на другие суда или береговую базу. На *траулерах с частичной переработкой улова* рыбу потрошат, пересыпают льдом, собирают отходы и сдают полуфабрикат на базы раз в несколько суток. *Траулеры-рыбозаводы* (рис. 2.14) полностью перерабатывают рыбу и сдают готовую к реализации продукцию.

Большие рыболовные траулеры имеют водоизмещение около 3000—3500 т, крупнейшие — 10 000 т (например, консервно-морозильный траулер типа «Наталия Ковшова»), средние траулеры — 250—900 т, малые траулеры и рыболовные боты — до 300 т. Скорость больших траулеров — 12—14, средних 9,5—12, малых — 8—9 уз.

Малые и средние траулеры обычно однопалубные, большие траулеры-рыбозаводы: двухпалубные, со слипом в корме (по слипу улов втаскивают на рабочую палубу). Траулеры-рыбозаводы имеют в зависимости от назначения несколько

Таблица 4

Основные характеристики некоторых серий больших рыболовных траулеров отечественного промыслового флота

Тип и название судна	Водоизмещение, т	Дедвейт, т	Главные размерения, м				Кубатура грузовых трюмов, м³		Вместимость цистерн рыбьего жира, м³	Энергетическая установка		Скорость, уз	Автономность, сут	Экипаж, чел.
			Длина между перпендикулярами	Ширина	Высота борта до верхней палубы	Осадка	общая	рефрижераторных		Тип	Мощность, кВт			
Консервно-морозильный траулер «Наталия Ковшова»	9930	4410	115,0	19	12,0	7,0	3043	3043	—	Дизельная	3×1850	13,66	120	226
Траулер — производственный рефрижератор «Рембрандт»	5600	2600	91,0	16,6	11,3	5,5	3640	3440	114	»	2200	14,0	60	102
Траулер — производственный рефрижератор «Грумант»	5560	2570	91,0	16	11,1	5,52	3700	3395	149	»	2280	14,0	60	102
БМРТ «Маяковский»	3660	1300	75,0	14,0	10,0	5,4	1680	1365	37	»	1470	13,0	60	102
БМРТ «Лесков»	3540	1250	75,0	13,8	9,75	5,4	1640	1300	58	»	1765	12,5	60	104
БМРТ «Пушкин»	3510	1240	75,0	13,4	10,0	5,2	1610	1350	61	»	1395	12,5	65	105
БМРТ «Атлантик»	3200	900	73,0	13,6	9,55	5,0	1265	1100	25	»	2×853	12,8	60	78
РТМ «Тропик»	3260	860	71,0	13,2	7,0	4,9	1050	940	40	»	2×492	11,7	60	76
МРСТ «Север»	2530	730	64,0	13,1	8,2	4,8	830	830	27	Дизель-электрическая	3×735	13,0	50	51
РТ «Кремль» (с бортовым тралом)	2810	1570	68,0	11,8	6,30	5,20	1480	—	—	Дизельная	794	12,0	90	58

специально оборудованных цехов: рыбообрабатывающий, морозильный, консервный, утилизационный (вырабатывающий кормовую муку из отходов). Для хранения готовой продукции (рыбного филе, консервов и т. д.) предусмотрены рефрижераторные и обычные трюмы. Их оборудуют разборными стеллажами — «чердаками» — для хранения рыбы, транспортерами и желобами для погрузки и выгрузки, а также элеваторами (на больших траулерах-рыбозаводах) (табл. 4).

Траулеры обладают большой автономностью плавания — до 3—4 месяцев, поэтому на них по возможности создают хорошие бытовые условия для команды.

Сейнерами называют суда для ловли рыбы кошельковым неводом. Различают большие, средние и малые рыболовные сейнеры. Их разделяют на одноплощадочные и двухплощадочные (площадка расположена на открытой палубе сейнера и предназначена для рабочих операций). Малые сейнеры — только одноплощадочные, средние и большие — одно- и двухплощадочные.

У одноплощадочных сейнеров рабочая площадка размещается на корме. Так как улов кошельковым неводом носит резко выраженный сезонный характер, сейнеры оборудуют и другими орудиями лова (тралом, снюрреводом). Водоизмещение больших рыболовных сейнеров достигает 160—300 т, средних — 100—150, малых — 45—80; скорость — 7—10 уз, автономность плавания — 4—10 сут. Экипаж — 8—12 человек.

Перерабатывающие суда предназначены для приема и переработки улова. Кроме того, они снабжают рыболовецкие суда всем необходимым. На них имеются медицинские и культурно-бытовые службы, обслуживающие экипажи добывающих судов в условиях экспедиционного промысла.

К перерабатывающим судам относятся: сельдяные, краболовные, рыбоконсервные плавучие базы, рыбомучные и морозильные суда (производственные рефрижераторы) и т. п.

Плавучие базы — крупнейшие промысловые суда водоизмещением в среднем от 10 000 до 15 000 т (табл. 5).

Эти суда имеют несколько палуб и развитые надстройки. Внутренние помещения их делятся на служебные, жилые, общественные, производственные и грузовые. В производственных помещениях размещают цехи по обработке улова. На *рыбоконсервных базах* предусмотрены цехи по предварительной обработке рыбы, разделочный, икорный цех, рыбозавод и т. д. На *сельдяных базах* производственные операции сводятся к обработке поставляемых ловцами полуфабрикатов (мойка, фасовка в бочки или блоки, засолка или замораживание, приготовление сельди баночного и ящичного посола). Хранят готовую продукцию на плавучих базах в рефрижераторных и обычных трюмах или в танках. Плавучие базы имеют развитые цистерны для топлива и масел, кладовые для провизии и других запасов для снабжения судов в районе промысла. Большие площади отводятся под жилые помещения команды и производственного персонала, достигающего на судне 300—600 чел., а также для смеиных экипажей ловецких судов. Многочисленные общественные, культурно-бытовые и медицинские помещения превращают базу в культурный центр экспедиции.

В качестве главных двигателей на плавучих базах применяют паровые турбины и мощные малооборотные дизели. Скорость современных плавучих баз — 13—16 уз.

Таблица 5

Основные характеристики крупнейших плавучих баз отечественного промыслового флота

Тип и название судна	Водоизмещение, т	Дедвейт, т	Главные размерения, м				Кубатура трюмов, м³	Энергетическая установка		Скорость, уз	Автономность, сут	Экипаж, чел.
			Длина между перпендикулярами	Ширина	Высота борта до верхней палубы	Осадка		Тип	Мощность, кВт			
Автономная рыбопромысловая база «Восток»	43 400	21 700	210,0	28,0	16,7	10,0	27 970	Паротурбинная	2×9555	ок. 19	120	594
Плавучий рыбоконсервный завод «Андрей Захаров»	15 300	7 340	150,0	20,0	12,5	7,1	3 880	Дизельная	2×1470	12,0	75	640
Плавучая морозильно-мучная база «Пионерск»	19 590	10 140	149,0	21,3	12,6	8,1	10 550	»	4595	15,0	75	250
Плавучая сельдяная база «Северодвинск»	17 140	9 800	142,0	20,0	11,6	8,2	10 200	Паровая машина и турбина	2720 + 960	13,0	60	262
Рыбомучная база «Посьет»	29 100	11 000	182,0	26,4	14,5	7,9	14 800	Дизельная	6615	15,0		486
Тунцеловная база «Ленинский луч»	7 160	3 005	105,0	17,4	8,8	5,6	1 900	»	2536	14,7		180

Производственные рефрижераторы служат для приема и обработки рыбы, передаваемой с судов-ловцов, не имеющих технологического и морозильного оборудования. Обслуживая удаленные районы промысла, рефрижераторы передают готовую продукцию на транспортные рефрижераторы или транспортируют ее на береговую базу сами.

В зависимости от суточной производительности морозильного оборудования эти суда делятся на три группы: с суточной производительностью 75—100, 25—50 и до 20 т. Суда первой группы имеют водоизмещение 7000—9000, второй группы — 3000—6000, третьей группы — 1000—3000 т. Скорость 10—18 уз.

К **обслуживающим судам** относятся приемотранспортные, живорыбные, поисковые, научно-промысловые и другие аналогичные суда, предназначенные для обслуживания промысловых экспедиций.

2.2.3. Служебно-вспомогательные суда

Служебно-вспомогательные суда представляют относительно небольшую по тоннажу, но весьма многочисленную по номенклатуре группу судов (плавучих средств), обслуживающих флот, портовое хозяйство, водные пути и акватории.

Служебно-вспомогательные суда разделяют на обслуживающие и служебные.

К **обслуживающим** относятся ледоколы, буксиры, спасатели, противопожарные суда, судоподъемные, плавучие маяки, снабженческие суда (бункеровщики, раздатчики), зерноперегружатели и пр.

Ледоколы служат для поддержания навигации в зимнее время. В зависимости от района плавания ледоколы бывают *портовые*, *морские и речные*. Особую группу составляют *арктические линейные* ледоколы, обеспечивающие проводку караванов судов по Северному морскому пути.

Корпус ледокола отличается особой прочностью. Ледоколы имеют два-три кормовых винта и нередко один-два носовых. Носовые винты несколько ухудшают ходовые качества ледокола на свободной воде, зато при движении во льдах они засасывают воду из-под льда, облегчая тем самым его продавливание (ледоколы форсируют лед толщиной более 0,5—0,8 м, продавливая его носовой частью, имеющей наклонный подрез). Для освобождения ледокола, зажатого льдами, его раскачивают — перекачивают воду в специальные креновые и дифферентные цистерны, расположенные по бортам и в оконечностях судна.

В качестве энергетических установок на ледоколах применяют в основном дизель-электрические и турбоэлектрические установки (на старых ледоколах были распространены паровые поршневые машины). Мощность установок колеблется в широких пределах: до 3675—4410 кВт у портовых, 5880—7350 кВт — у морских и свыше 7350 кВт — у линейных арктических. Крупнейшие из них имеют энергетические установки мощностью до 36 750—55 125 кВт. Скорость ледоколов на чистой воде — 13—18 уз.

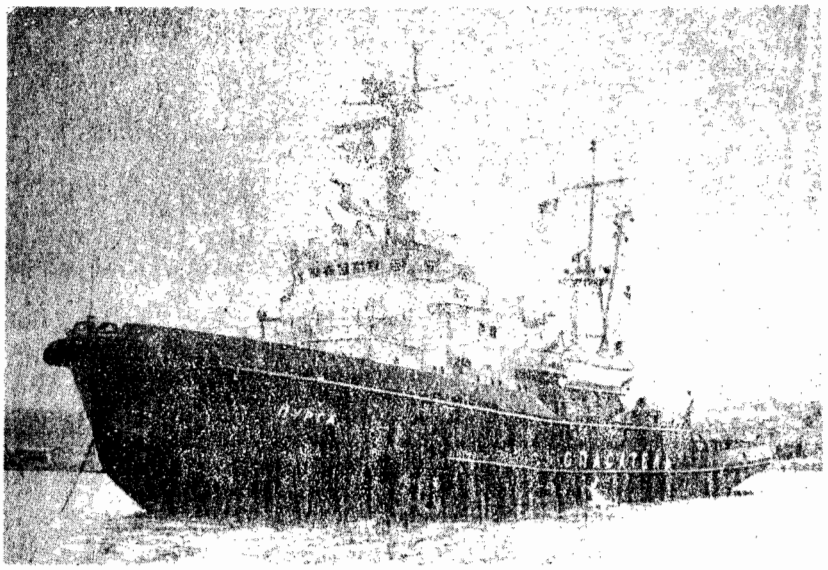


Рис. 2.15. Морской буксир-спасатель мощностью 2200 кВт типа «Пурга»

Буксиры (рис. 2.15), относящиеся к классу обслуживающих судов, разделяют на *океанские, морские, рейдовые, портовые* и *для внутренних водоемов.*

Буксиры (особенно портовые) отличаются малой длиной, обеспечивающей необходимые им маневренные качества, и большой остойчивостью (см. § 4.6). Энергетические установки современных буксиров — дизель-электрические, дизельные. Мощность установок наиболее крупных океанских буксиров достигает 2200—9190 кВт, портовых — 735—2570 кВт. Скорость океанских и морских буксиров — 12—18 уз, портовых и рейдовых — 10—12 уз.

В последние годы в связи с необходимостью организации спасательной службы на море возник новый тип специализированных обслуживающих судов — спасателей. Они отличаются высокой скоростью (18—22 уз), большой мощностью энергетической установки (6615—16 170 кВт) и оснащены разнообразным оборудованием для оказания помощи терпящим бедствие судам — для тушения пожаров, откачки воды, стаскивания с мели, подводного осмотра и ремонта, буксировки, а также спасения людей и оказания им первой медицинской помощи. В отдельных случаях спасатели выполняют дополнительные функции — снабжают экспедиции, работающие в открытом море.

Для тушения крупных пожаров на судах и прибрежных строениях служат специальные пожарные суда, имеющие мощные противопожарные средства: системы водо- и пенотушения. Дальность действия лафетных стволов, подающих воду или другие

огнегасящие средства, достигает 60—100 м. Эти суда имеют высокую скорость (12—14 уз) и хорошую маневренность.

К **служебным судам** относятся *научно-исследовательские* (гидрографические, океанографические суда, суда погоды и пр.), *медико-санитарные* (плавучие госпитали, карантинные суда), *плавучие гостиницы*, *суда-выставки*, *учебные* суда и пр.

2.2.4. Суда технического флота

Суда технического флота предназначены для технического обслуживания различных судов, портового хозяйства и водных путей. К ним относятся дноуглубительные снаряды, грунтоотвозные шаланды, суда-нефтесборщики, удаляющие остатки разлитых на поверхности моря нефтепродуктов, плавучие краны (рис. 2.16), крановые суда, плавучие доки, плавучие мастерские. К этой группе судов причисляют также промышленно-хозяйственные суда, предназначенные для выполнения различных строительных, мелиоративных и лесосплавных работ, для прокладки кабеля, а также добычи нефти и газа в открытом море, песка, гравия и других работ по освоению континентального шельфа и Мирового океана: плавучие буровые установки (рис. 2.17), буровые суда, трубоукладчики, цементировщики скважин, плавучие электростанции, суда-кабелепрокладчики, лесосплавные суда, суда обслуживания плавучих буровых установок и т. п.

Дноуглубительные снаряды предназначены для отделения грунта от дна водоема и подъема грунта из воды. В зависимости от способа отделения и подъема грунта различают *снаряды с механическим* (грейферные, одночерпаковые и многочерпаковые), *гидравлическим* (землесосы без разрыхлителей и с гидравлическими разрыхлителями) и *комбинированным* (землесосы с механическим разрыхлителем) *устройством* для отделения грунта.

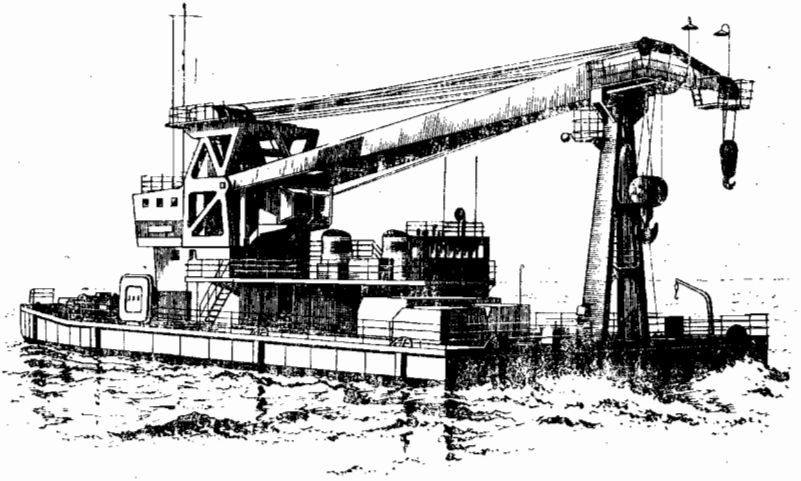


Рис. 2.16. Плавучий кран «Черноморец» грузоподъемностью 100 т

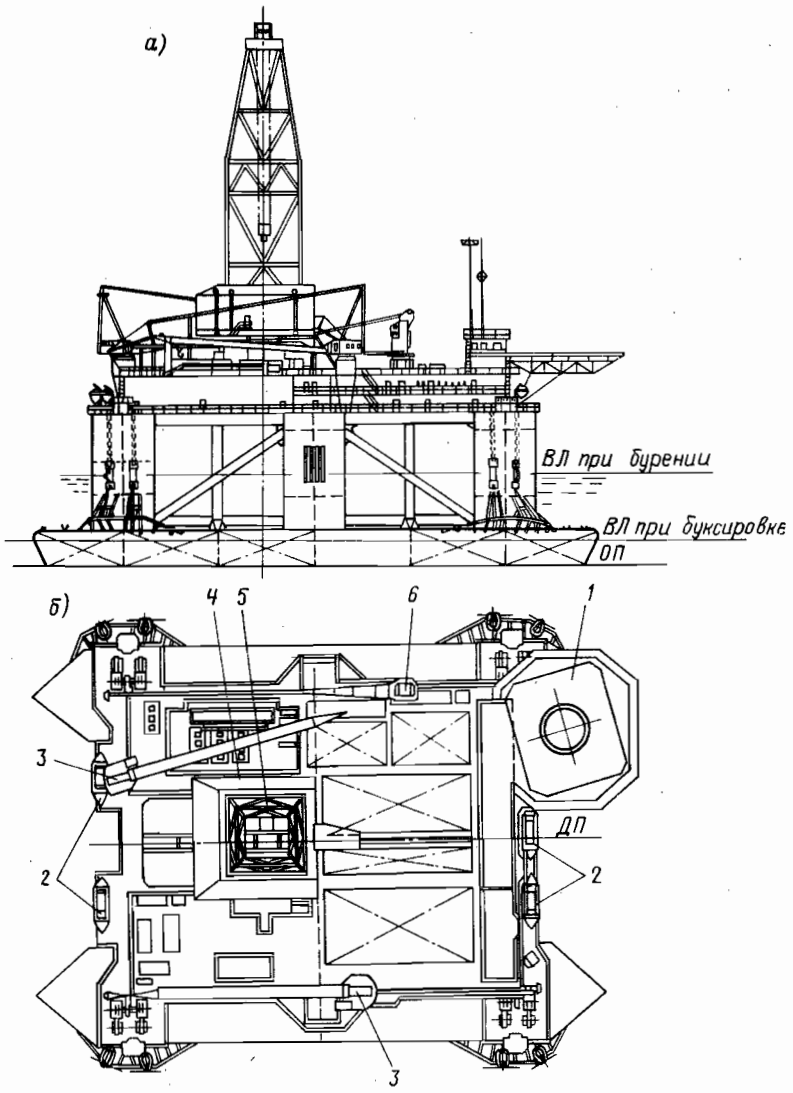


Рис. 2.17. Общее расположение плавучей полупогружной буровой установки типа «Шельф»: *а* — боковой вид; *б* — вид сверху.

1 — вертолетная площадка; *2* — спасательные шлюпки на 30 чел. каждая; *3* — кран грузовой электрогидравлический грузоподъемностью 63 т; *4* — подвышечный портал; *5* — буровая вышка; *6* — кран грузовой электрогидравлический грузоподъемностью 12 т

Одной из разновидностей землесосов является *эрлифт* — дноуглубительный снаряд, на котором всасывание грунта происходит в результате подачи во всасывающую трубу сжатого воздуха, увлекающего воду с грунтом (пульпу).

Для транспортировки поднятого из воды грунта используют грунтоотвозные шаланды (саморазгружающиеся или разгружаемые с по-

мощью шаландоразгружателей), применяют рефулерный способ (пульпа подается насосом от снаряда к месту свалки по грунтопроводным трубам на 200—300, иногда на 500—600 м, от снаряда) либо д н о у г л у б и т е л ь н ы е с н а р я д ы, которые, приняв поднятый грунт в грунтовые трюмы, сами отвозят его к месту свалки (самоотвозный способ).

Производительность многочерпаковых снарядов достигает 1000—1200 м³/ч, землесосных — 5000 м³/ч, эрлифтов — 6000—7000 м³/ч. Глубина всасывания (черпания) — 12—23 м.

Контрольные вопросы

1. По каким признакам классифицируют гражданские суда?
2. Назовите основные типы морских транспортных судов.
3. Расскажите о назначении основных типов траулеров.

Глава третья

ФОРМА КОРПУСА СУДНА

§ 3.1. Основные сечения корпуса

Корпус судна представляет собой удлиненное тело, ограниченное сверху, снизу и с бортов кривыми поверхностями — верхней палубой, днищем и бортами, — которым придается удобообтекаемая форма, обеспечивающая наименьшее сопротивление воды и воздуха движению судна.

Эти поверхности представляют собой поверхности сложной кривизны, которые невозможно развернуть, т. е. совместить с плоскостью, и трудно выразить математически, но в этом направлении сейчас много работают, так как математическое выражение формы корпуса позволяет широко внедрить в судокорпусостроение электронно-вычислительные машины (ЭВМ).

На тихоходных речных судах, а в последнее время и на некоторых крупных морских судах, применяют упрощенные обводы корпуса, образуемые плоскими поверхностями, что существенно уменьшает трудоемкость изготовления судна.

Общее представление о характере обводов можно получить по сечениям корпуса тремя взаимно перпендикулярными плоскостями (рис. 3.1):

1) вертикальной продольной плоскостью, проходящей посредине ширины судна, называемой *диаметральной плоскостью* (сокращенно ДП);

2) вертикальной поперечной плоскостью, проходящей посредине расчетной длины судна, называемой *плоскостью мидель-шпангоута*;

3) горизонтальной плоскостью, совпадающей с поверхностью воды и называемой *плоскостью ватерлинии*.

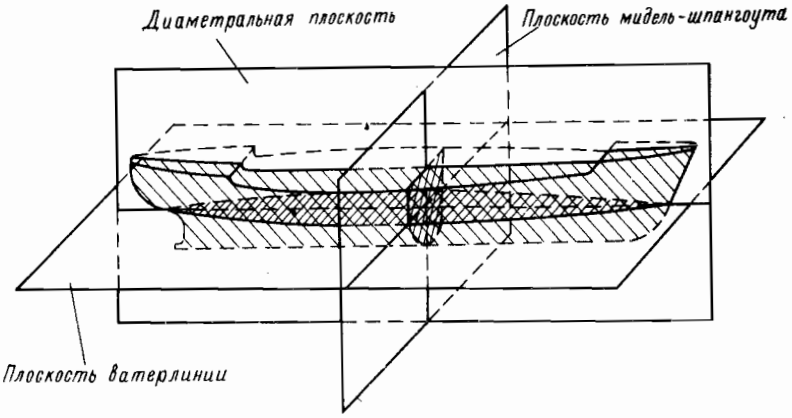


Рис. 3.1. Сечение корпуса судна тремя взаимно-перпендикулярными плоскостями

Корпус судна симметричен относительно диаметральной плоскости и, как правило, несимметричен относительно плоскости ватерлинии и плоскости мидель-шпангоута.

Сечение корпуса плоскостью мидель-шпангоута (рис. 3.2) характеризует полноту обводов в средней части, показывает форму поперечного сечения судна — наклон бортов, килеватость днища, размер и форму скулы и погиб палубы. Кроме наиболее распространенных судов с вертикальными бортами различают суда с развалом (борт наклонен наружу от ДП) и с завалом (борт наклонен внутрь к ДП).

Килеватость днища образуется наклоном днища от ДП к бортам. Суда с большим наклоном называются острокильными.

Скула — закругление в месте перехода борта в днище — может иметь больший или меньший радиус, благодаря чему она будет соответственно менее или более выражена.

Погибь — это уклон палубы от ДП к бортам. Обычно погибь имеют открытые палубы (верхняя и палубы надстроек). Вода, попадающая на палубы, благодаря наличию погиби, стекает к бортам и оттуда отводится за борт. Стрелку погиби (максимальное возвышение палубы в ДП по отношению к бортовой кромке) обычно принимают равной $^1/_{50}$ ширины судна. В поперечном сечении погибь представляет собой параболу, иногда, для упрощения технологии изготовления корпуса, ее образуют в виде ломаной линии. Платформы и палубы, лежащие ниже верхней палубы, погиби не имеют. Плоскость мидель-шпангоута делит корпус судна на две части— носовую и кормовую. Оконечности корпуса выполняются в виде штевней (литых, кованых или сварных). Носовой штевень называется *форштевнем*, кормовой — *ахтерштевнем*.

Сечение корпуса диаметральной плоскостью дает представление о форме штевней, а также палубной и килевой линий. Форма штевней бывает весьма разнообраз-

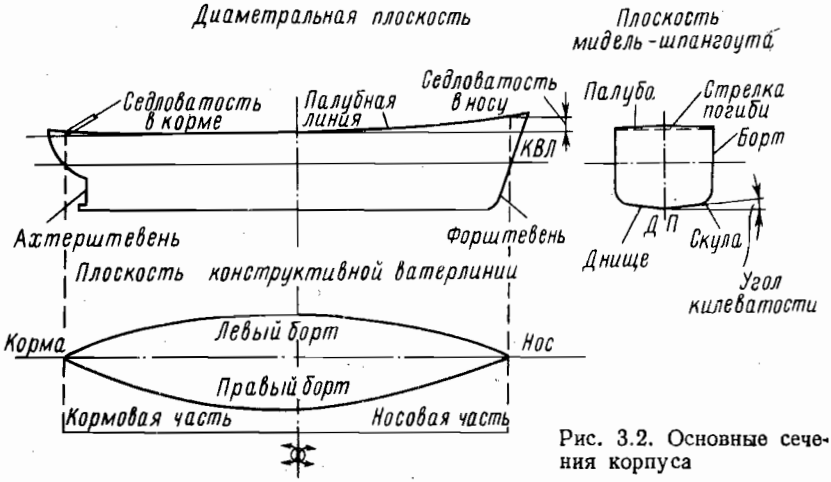


Рис. 3.2. Основные сечения корпуса

ной и зависит от типа и назначения судна. Палубная линия у морских судов имеет обычно вид плавной кривой с подъемом от средней части в направлении носа и кормы и образует *седловатость* палубы. Основное назначение седловатости — уменьшить заливаемость палубы при плавании судна на волнении и обеспечить непотопляемость при затоплении его оконечностей. Речные и морские суда с большой высотой надводного борта седловатости, как правило, не имеют. Подъем палубы в корме устанавливают, исходя, прежде всего, из условия незаливаемости и непотопляемости.

Килевая линия может быть горизонтальной (у большинства морских и речных транспортных судов), наклонной в корму или в нос (суда с конструктивным дифферентом на корму или на нос — многие промысловые и буксирные суда) и криволинейной (некоторые малые спортивные и специальные суда).

Диаметральная плоскость делит корпус судна на две симметричные части — правого и левого борта (если встать в ДП лицом к носу, то справа будет правый борт (ПрБ), а слева — левый (ЛБ).

Сечение корпуса плоскостью ватерлинии дает представление о форме бортовых обводов судна в горизонтальной плоскости. Различают конструктивную, грузовую и расчетную ватерлинии.

Конструктивной ватерлинией (КВЛ) называют линию, положенную в основу построения теоретического чертежа и соответствующую полученному предварительным расчетом полному водоизмещению.

Грузовой ватерлинией (ГВЛ) называют кривую пересечения поверхности судна горизонтальной плоскостью, совпадающей с поверхностью воды при плавании судна с полным грузом. У морских транспортных судов КВЛ и ГВЛ, как правило, совпадают.

Расчетной ватерлинией называют ватерлинию, соответствующую осадке судна, для которой определяют его характеристики.

§ 3.2. Главные размерения и коэффициенты полноты

Главными размерениями судна являются длина, ширина, осадка и высота борта.

Длина судна L.

Различают:

длину по конструктивной ватерлинии $L_{квл}$ — расстояние, измеренное в плоскости КВЛ между точками пересечения ее носовой и кормовой частей с ДП (рис. 3.3, *а* и *в*). Аналогично определяют для любой расчетной ватерлинии длину по ватерлинии $L_{вл}$;

длину между перпендикулярами $L_{пп}$ — расстояние, измеренное в плоскости КВЛ между носовым и кормовым перпендикулярами (рис. 3.3, *а* и *в*). При этом за носовой перпендикуляр (НП) принимают линию пересечения ДП с вертикальной поперечной плоскостью, проходящей через крайнюю носовую точку КВЛ (рис. 3.3, *д*), а за кормовой (КП) линию пересечения ДП с вертикальной поперечной плоскостью, проходящей через точку пересечения оси вращения руля с плоскостью КВЛ; у судов, имеющих погруженную транцевую корму (рис. 3.3, *в*), в качестве кормового перпендикуляра можно принимать вертикаль, проходящую через нижнюю точку боковой проекции среза транца);

длину наибольшую $L_{нб}$ — расстояние, измеренное в горизонтальной плоскости между крайними точками носовой и кормовой оконечностей корпуса без выступающих частей (рис. 3.3, *а* и *в*);

длину габаритную $L_{гб}$ — расстояние, измеренное в горизонтальной плоскости между крайними точками носовой и кормовой оконечностей с учетом постоянно выступающих частей (рис. 3.3, *б*).

Ширина судна *B* (рис. 3.3, *г*).

Различают:

ширину по КВЛ — $B_{квл}$ — расстояние, измеренное в наиболее широкой части судна на уровне КВЛ в точках пересечения ее с внутренней поверхностью обшивки корпуса. Аналогично определяют для любой расчетной ватерлинии ширину по ватерлинии $B_{вл}$;

ширину на мидель-шпангоуте B — расстояние, измеренное на мидель-шпангоуте перпендикулярно к ДП на уровне КВЛ или расчетной ВЛ между внутренними поверхностями обшивки корпуса;

ширину наибольшую $B_{нб}$ — расстояние, измеренное в наиболее широкой части перпендикулярно к ДП между крайними точками корпуса без учета обшивки, привальных брусьев и других постоянно выступающих частей;

ширину габаритную $B_{гб}$ — расстояние, измеренное в наиболее широкой части перпендикулярно к ДП между крайними точками корпуса с учетом любых выступающих частей.

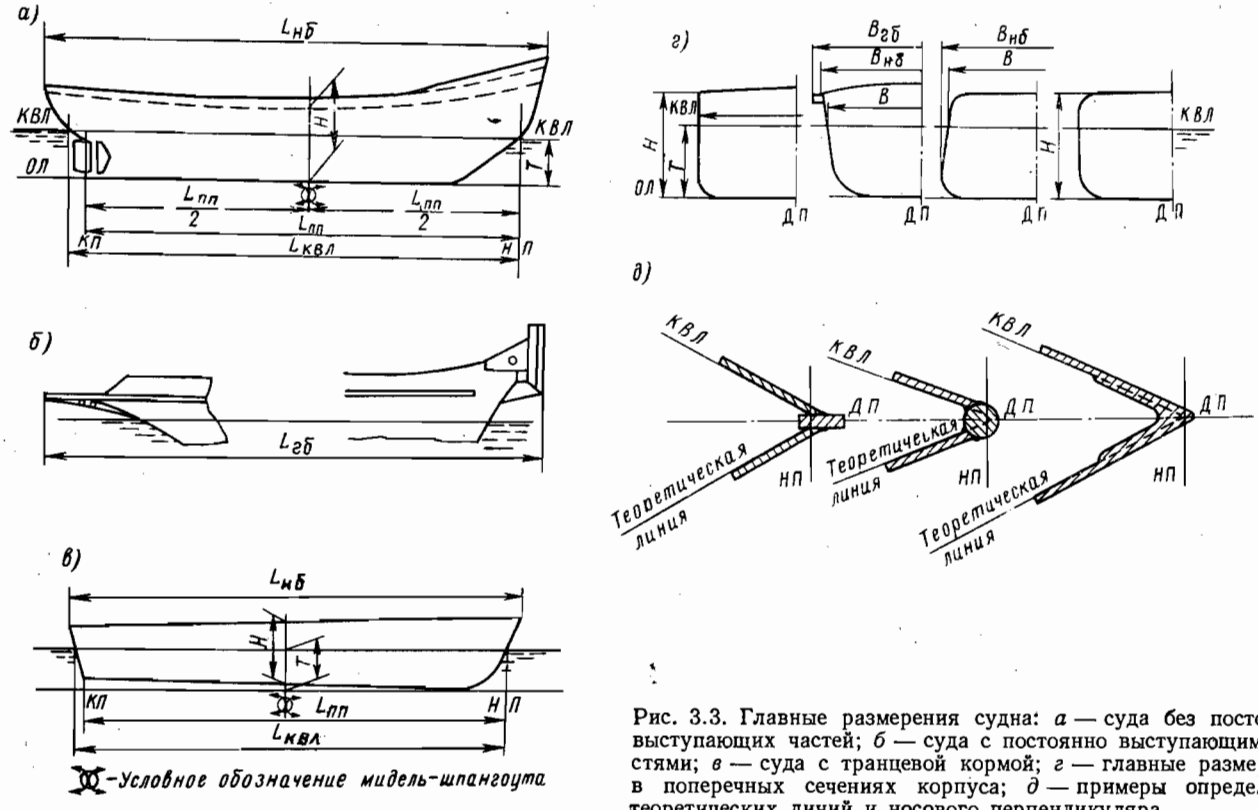


Рис. 3.3. Главные размерения судна: *а* — суда без постоянно выступающих частей; *б* — суда с постоянно выступающими частями; *в* — суда с транцевой кормой; *г* — главные размерения в поперечных сечениях корпуса; *д* — примеры определения теоретических линий и носового перпендикуляра

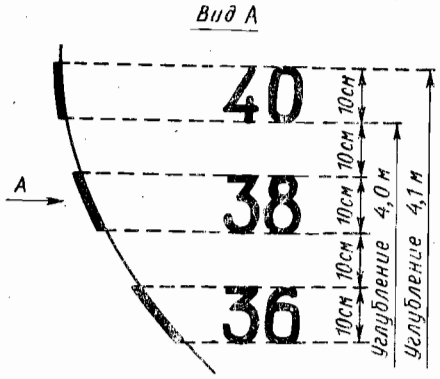


Рис. 3.4. Марки углубления

Осадка судна T — вертикальное расстояние, измеренное в плоскости мидель-шпангоута от основной плоскости до плоскости КВЛ или расчетной ВЛ.

Различают: *осадку расчетную, или теоретическую, носом* $T_н$ и *кормой* $T_к$ — расстояния по вертикали на носовом и кормовом перпендикулярах от плоскости расчетной ватерлинии до прямой, составляющей продолжение килевой линии; *среднюю осадку* $T_{ср} = (T_н + T_к)/2$; *осадку наибольшую* $T_{нб}$, измеренную от КВЛ до внешней кромки наружной обшивки или брускового киля; *осадку габаритную* $T_{гб}$, измеренную от КВЛ до наинизшей точки судна с учетом всех выступающих частей. Если $T_н = T_к$, то говорят, что «судно плавает на ровный киль»; если $T_н \neq T_к$, то говорят, что «судно плавает с дифферентом», равным разности этих осадок, причем если осадка кормой больше, то говорят «дифферент на корму», если осадка носом больше — «дифферент на нос». Средняя осадка, дифферент и угол крена характеризуют *посадку судна.*

Контроль за посадкой судна (определение осадки носом, кормой и на миделе с каждого борта) во время эксплуатации судна осуществляется по *маркам углубления* (рис. 3.4). Марки показывают углубление судна в данном месте. В отличие от осадки, которую отсчитывают от теоретической основной линии (т. е. от внутренней поверхности наружной обшивки), углубление учитывает также толщину горизонтального киля или других находящихся ниже основной линии выступающих частей.

Марки углубления наносят арабскими цифрами на обоих бортах на форштевне, в районе мидель-шпангоута и на ахтерштевне и обозначают углубление в дециметрах (до июля 1969 г. марки наносили на левом борту римскими цифрами и обозначали углубление в футах).

Высота борта судна H — вертикальное расстояние, измеренное на мидель-шпангоуте у борта от внутренней кромки вертикального киля до верхней кромки бимса палубы надводного борта (палубой надводного борта называют самую верхнюю непрерывную открытую палубу, имеющую постоянные средства закрытия всех отверстий на открытых ее частях и постоянные средства закрытия отверстий в бортах судна ниже этой палубы).

Высота надводного борта F — это разность между высотой борта и осадкой: $F = H - T$.

Надводный борт во время рейса изменяется в зависимости от осадки судна, которая, в свою очередь, зависит от количества находящихся на судне грузов (включая судовые запасы).

Минимальная высота надводного борта определяется Международными правилами о грузовой марке или по условиям обеспе-

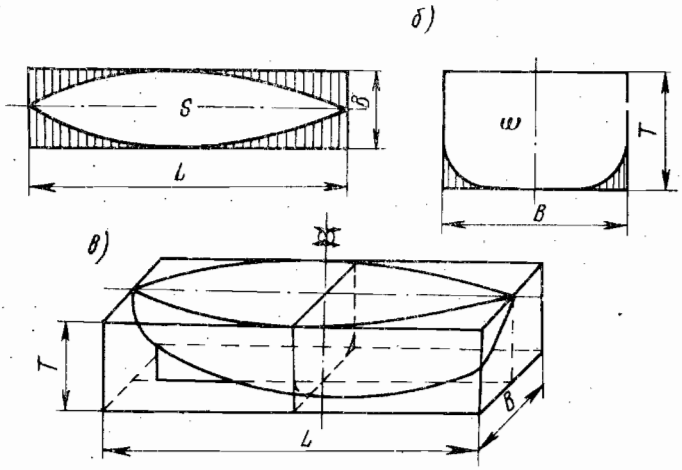


Рис. 3.5. К определению коэффициентов полноты: *а* — площади ватерлинии; *б* — площади мидель-шпангоута; *в* — водоизмещения

чения непотопляемости. Ее значение наносят на борту судна (см. § 4.1).

Главные размерения L, B, H, T не только определяют размеры судна, но и в известной степени характеризуют его форму. С этой целью рассматривают соотношения главных размерений, например L/B; B/T; H/T; L/H и B/H, которые могут служить первичной характеристикой формы корпуса судна.

Соотношения главных размерений оказывают влияние на различные мореходные качества судна. Чем больше отношение L/B, тем быстроходнее судно. Увеличение отношения B/T существенно увеличивает остойчивость, влияет на качку и поворотливость. Чем больше отношение H/T, тем выше степень непотопляемости судна.

Кроме перечисленных линейных главных размерений судно характеризуется объемными и массовыми измерителями, к числу которых относятся: *водоизмещение объемное* V, м^3 — объем подводной части судна, и *водоизмещение* D, т — масса судна. Водоизмещение равно объемному, умноженному на плотность воды, в которой плавает судно.

Для более полного представления об особенности формы корпуса судна рассматривают следующие безразмерные **коэффициенты полноты** подводной части корпуса (рис. 3.5):

коэффициент полноты конструктивной ватерлинии α — отношение площади КВЛ S к площади прямоугольника, стороны которого равны L и B:

$$\alpha = S/LB;$$

коэффициент полноты мидель-шпангоута β — отношение площади мидель-шпангоута ω к площади прямоугольника со сторонами B и T:

$$\beta = \omega/BT;$$

Таблица 6

Соотношения главных размерений и коэффициенты полноты некоторых типов гражданских судов

Тип судна	Соотношения главных размерений				Коэффициенты полноты		
	L/B	B/T	H/T	L/H	δ	α	β
Океанские пассажирские лайнеры	7—10	2,4—3,1	1,35—1,70	12—15	0,56—0,70	0,70—0,80	0,95—0,96
Морские пассажирские суда	6,5—7,5	2,6—3,2	1,35—1,45	10—14	0,50—0,60	0,70—0,80	0,85—0,96
Сухогрузные суда общего назначения:							
большие	7,2—8,0	2,4—2,6	1,30—1,50	12—14	0,62—0,72	0,80—0,85	0,95—0,98
средние	6,5—7,5	2,3—2,5	1,30—1,50	10—14	0,65—0,75	0,80—0,85	0,96—0,98
малые	6,0—7,0	2,2—2,4	1,20—1,40	10—14	0,70—0,75	0,80—0,85	0,96—0,98
Суда для навалочных грузов	6,2—7,0	2,3—2,8	1,30—1,40	10,5—13,0	0,73—0,80	0,78—0,83	0,96—0,99
Контейнеровозы:							
большие	6,2—7,0	2,7—3,0	1,7—2,0	9,0—11,0	0,60—0,68	0,80—0,85	0,95—0,98
малые	6,0—6,5	2,5—3,2	1,4—1,8	9,0—11,5	0,65—0,70	0,82—0,86	0,97—0,98
Суда с горизонтальной грузообработкой:							
большие	6,5—7,0	3,0—3,5	2,0—2,3	8,8—10,5	0,58—0,65	0,85—0,88	0,93—0,95
малые	5,8—6,5	2,8—3,8	1,9—2,2	8,2—9,2	0,62—0,70	0,82—0,85	0,95—0,97
Танкеры:							
крупнотоннажные	5,5—7,0	2,5—3,5	1,29—1,40	12—14	0,75—0,85	0,83—0,88	0,96—0,99
среднетоннажные	6,0—7,5	2,3—2,5	1,29—1,31	12,5—14	0,72—0,78	0,78—0,86	0,97—0,99
Ледоколы	3,5—4,5	2,2—3,2	1,40—1,70	7—10	0,45—0,55	0,75—0,77	0,80—0,85
Рыбопромысловые суда	5,0—6,0	2,0—2,4	1,20—1,30	9—11	0,50—0,60	0,75—0,80	0,77—0,85
Буксиры морские	3,0—4,0	2,4—3,0	1,20—1,40	6—8	0,45—0,55	0,70—0,78	0,80—0,90

коэффициент общей полноты δ — отношение объемного водоизмещения V к объему параллелепипеда, построенного на главных размерениях судна L, B и T:

$$\delta = V/LBT;$$

коэффициент продольной полноты φ — отношение объемного водоизмещения к объему призмы, имеющей основанием площадь мидель-шпангоута ω и высоту L:

$$\varphi = V/\omega L = \delta LBT/\beta BTL = \delta/\beta;$$

коэффициент вертикальной полноты χ — отношение объемного водоизмещения V к объему призмы, имеющей основанием площадь конструктивной ватерлинии S и высоту T:

$$\chi = V/ST = \delta LBT/\alpha LBT = \delta/\alpha.$$

Как и соотношения главных размерений, коэффициенты полноты используют для характеристики формы подводной части судна и определения его мореходных качеств. Более быстроходным судам отвечают меньшие значения δ, φ и α, характеризующие более заостренную и удобообтекаемую форму. С увеличением δ ухудшается начальная остойчивость, а с увеличением α она, наоборот, увеличивается.

Для различных типов судов характерны определенные соотношения главных размерений и коэффициенты полноты корпуса (табл. 6).

§ 3.3. Теоретический чертеж

Три основные взаимно перпендикулярные сечения корпуса позволяют получить только самое общее приближенное графическое представление о форме обводов. Наиболее точное изображение обводов судового корпуса дает *теоретический чертеж судна*. Теоретическим его называют потому, что он изображает теоретическую поверхность корпуса: без учета наружной обшивки — для металлических судов и с учетом наружной обшивки — для деревянных и железобетонных судов. Теоретический чертеж судна необходим для выполнения всех расчетов и экспериментов, связанных с определением мореходных качеств, для разработки чертежей общего расположения, конструктивных чертежей и для разбивки корпуса на плазе при постройке судна.

На теоретическом чертеже (рис. 3.6) корпус судна изображается в проекциях на три взаимно перпендикулярные плоскости: диаметральную (ДП), конструктивной ватерлинии (КВЛ) и мидель-шпангоута (⋈), называемых соответственно «Бок», «Полуширота» и «Корпус». На проекции «Бок» помимо следа ДП изображают также кривые пересечения поверхности корпуса с плоскостями, параллельными ДП, называемые *батоксами* (обычно проводят 2—3 батокса на каждый борт). Прямая линия, про-

веденная в ДП через точку пересечения мидель-шпангоута с килевой линией и параллельно грузовой ватерлинии, называется *основной линией* (ОЛ).

На проекции «Полуширота» кроме КВЛ изображают ватерлинии, представляющие собой кривые пересечения поверхности корпуса с горизонтальными плоскостями, параллельными плоскости КВЛ. Эти плоскости проводят на равных расстояниях одну от другой в количестве — 5—7 ниже КВЛ и столько же—выше КВЛ. Кроме того, на «Полушироте» вычерчивают линии верхней палубы и бака.

На проекции «Корпус» вычерчивают сечение по мидель-шпангоуту, а также кривые пересечения поверхности корпуса с плоскостями, параллельными плоскости мидель-шпангоута, называемые *теоретическими шпангоутами*. Эти плоскости проводят на одинаковых расстояниях одну от другой, равных обычно $^1/_{20}$ длины судна между перпендикулярами.

Следует иметь в виду, что следы секущих плоскостей изображаются на одной проекции в виде кривых, а на других — в виде прямых линий Так, в виде прямых линий теоретические шпангоуты изображают на «Боку» и «Полушироте»; ватерлинии — на «Боку» и «Корпусе»; батоксы — на «Корпусе» и «Полушироте».

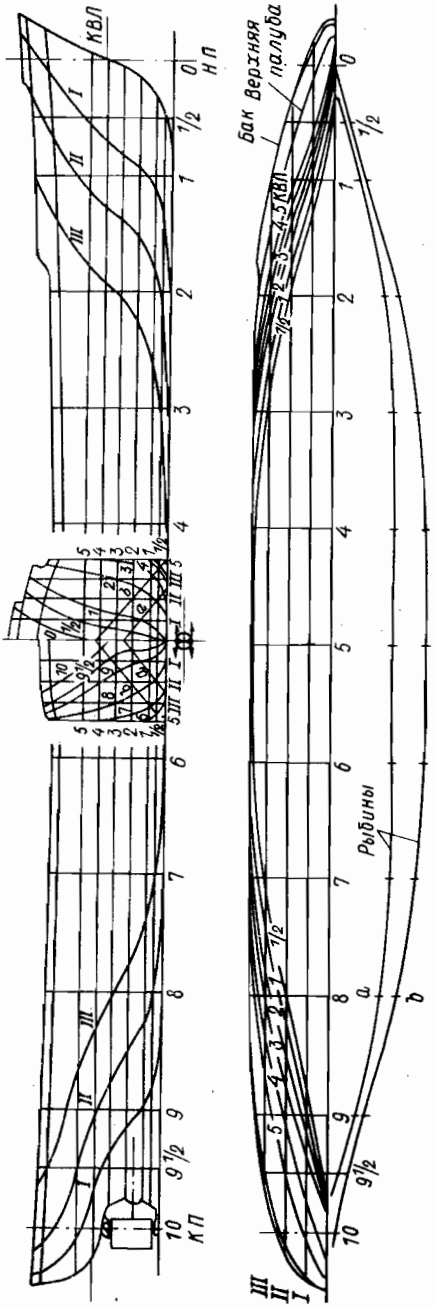


Рис. 3.6. Теоретический чертеж судна

Благодаря симметрии корпуса судна относительно ДП на «Полушироте» обычно вычерчивают ватерлинии только левого борта, а теоретические шпангоуты изображают на «Корпусе» только на один борт; при этом обводы носовых шпангоутов вычерчивают справа от ДП, а обводы кормовых шпангоутов — слева от нее.

Кроме названных основных секущих плоскостей при вычерчивании теоретического чертежа применяют иногда сечения поверхности судна плоскостями, наклонными к ДП и перпендикулярными к плоскости мидель-шпангоута, называемыми *рыбинами*. Рыбины вычерчивают на «Полушироте» или на «Боку» в их истинном виде. Обычно «Бок» располагают в виде основной проекции в верхней левой части листа, под ним — «Полушироту» и справа от «Бока» на одном с ним уровне, — «Корпус». Если судно имеет большую цилиндрическую вставку (несколько одинаковых по форме и размерам теоретических шпангоутов в средней части), то «Корпус» располагают в средней части проекции «Бока», благодаря чему сокращается длина чертежа.

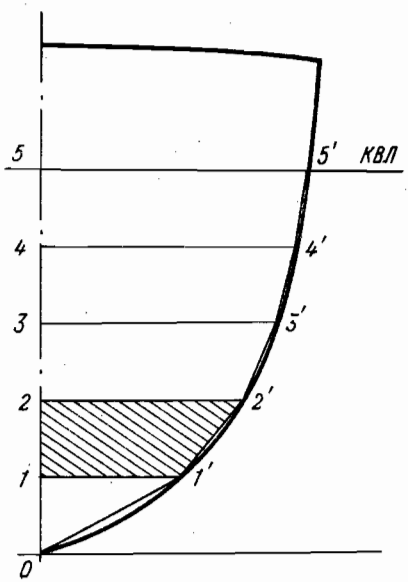


Рис. 3.7. Определение площади шпангоута

Проектные теоретические чертежи крупных судов выполняют в масштабе 1 : 100 (судов длиной более 250 м — 1 : 200), малых судов — 1 : 50 или 1 : 25.

С помощью теоретического чертежа можно, несмотря на сложность формы корпуса судна, достаточно просто и точно определить его объем. Для этого прежде всего рассчитывают площадь всех теоретических шпангоутов, которые делят длину судна на 10 или 20 равных частей. Чтобы найти площадь одного шпангоута, необходимо разбить ее на несколько горизонтальных полос (рис. 3.7). В каждой из этих полос криволинейную кромку можно без большой погрешности заменить прямолинейной (чем на большее число полос будет разбита площадь, тем меньше будет погрешность). После этого площадь каждой полоски, представляющей собой трапецию, легко подсчитать. Складывая площади всех полосок, на которые разбита площадь шпангоута, и удвоив их, так как на теоретическом чертеже изображают только половины шпангоутов, получают численную величину площади шпангоута.

Вычислив таким способом площади всех 10 (или 20) теоретических шпангоутов, изображенных на теоретическом чертеже,

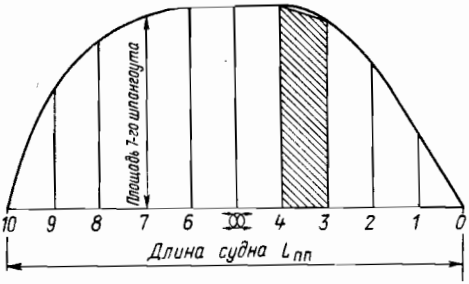


Рис. 3.8. Строевая по шпангоутам

можно построить кривую, которая показывает, как изменяется площадь поперечного сечения по длине судна. Такую кривую называют *строевой по шпангоутам* (рис. 3.8).

Для ее построения надо взять произвольную прямую и разделить ее на 10 или 20 равных отрезков (по числу теоретических шпангоутов), затем восстановить из конца каждого отрезка перпендикуляр, длина которого в некотором выбранном масштабе отражает площадь соответствующего шпангоута.

Площадь строевой по шпангоутам равна в выбранном масштабе объему корпуса судна по той ватерлинии, до которой определяли площади шпангоута. Ее находят таким же образом, как и площадь шпангоута: делением на ряд полос, площадь которых рассчитать несложно. Помимо объема корпуса судна, по теоретическому чертежу можно определить ряд других важных геометрических характеристик, например положение центра тяжести объема подводной части корпуса (центра величины), площадь ватерлинии, коэффициенты полноты и прочие элементы, позволяющие рассчитать и оценить предполагаемые мореходные качества будущего судна. В настоящее время в конструкторских бюро все названные расчеты выполняют с помощью ЭВМ. При постройке судна на заводе теоретический чертеж выполняют на специальной площадке — плазе — в масштабе 1 : 1. Для крупных судов чаще применяют разбивку корпуса в масштабе 1 : 10. По вычерченному в масштабе 1 : 1 (или 1 : 10) теоретическому чертежу можно определять достаточно точно истинные размеры и конфигурацию отдельных конструктивных элементов корпуса.

Контрольные вопросы

1. Перечислите главные размерения судна.
2. Назовите основные коэффициенты полноты. Как их обозначают?
3. Что представляет собой теоретический чертеж судна? Для чего он предназначен?

Глава четвертая

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И МОРЕХОДНЫЕ КАЧЕСТВА СУДНА

Судно представляет собой сложное инженерное сооружение, предназначенное для передвижения по воде с различными грузами. Транспортное судно, как и любое инженерное транспортное сооружение, характеризуется рядом *эксплуатационных ка-*

честв — грузоподъемностью, грузовместимостью, скоростью, дальностью плавания, автономностью, надежностью и пр.

Так как судно является одновременно и плавающим сооружением, оно характеризуется еще и *мореходными качествами* — плавучестью, остойчивостью, непотопляемостью, ходкостью, качкой и управляемостью.

§ 4.1. Грузоподъемность

Грузоподъемностью называют массу различного рода грузов, которые может перевезти судно. Различают чистую грузоподъемность и дедвейт.

Чистая грузоподъемность — это полная масса перевозимого судном полезного груза, т. е. масса груза в трюмах и масса пассажиров с багажом и предназначенных для них пресной водой и провизией, масса выловленной рыбы и т. п., при загрузке судна по расчетную осадку.

Дедвейт (иногда его называют *полной грузоподъемностью*) представляет собой общую массу перевозимого судном полезного груза, составляющего чистую грузоподъемность, а также массу запасов топлива, котельной воды, масла, экипажа с багажом, запасов провизии и пресной воды для экипажа тоже при загрузке судна по расчетную осадку. Если судно с грузом принимает жидкий балласт (например, лесовозы, некоторые пассажирские или научно-исследовательские суда), то масса этого балласта включается в дедвейт судна.

Таким образом, дедвейт представляет собой сумму всех так называемых переменных грузов, т. е. тех, масса которых может меняться или в течение рейса (судовые запасы) или от рейса к рейсу (перевозимый полезный груз).

При этом дедвейт для каждого судна является постоянным и определяется общей массой переменных грузов, которые могут быть приняты на судно при загрузке его по расчетную осадку.

В отличие от дедвейта водоизмещение (масса) порожнего судна представляет собой сумму всех постоянных масс, из которых слагается масса конструкции построенного судна (масса корпуса, механизмов, судовых устройств, систем и оборудования) и масса постоянного инвентарного снабжения. Сюда включается масса тех частей запаса топлива, воды и масла, которые находятся в котлах, механизмах и трубопроводах подготовленной к запуску энергетической установки судна, а также масса тех остатков различных жидких грузов в цистернах, которые не могут быть удалены при откачке (так называемый мертвый запас). Твердый балласт, укладываемый на некоторых судах для обеспечения остойчивости, учитывают при вычислении водоизмещения порожнего судна.

Удельное значение масс отдельных элементов судна (статей нагрузки), входящих в водоизмещение порожнего судна, неоди-

Таблица 7

Удельное значение элементов судна (статей нагрузки) (в процентах от водоизмещения порожнего судна)

Тип судна	Корпус	Металлический корпус	Оборудование помещений	Судовые устройства	Судовые системы	Машинная установка	Электрооборудование	Навигационное оборудование и средства связи	Остатки жидких грузов	Прочее (инвентарное снабжение, запас водоизмещения)
Сухогрузные суда общего назначения	79—81	57—62	1,1—1,2	5,5—6,6	3,1—3,8	9,2—12,3	2,5—4,5	0,10—0,15	2,0—2,3	1,3—1,8
Лесовозы	77—79	55—59	1,1—1,9	6,0—7,5	2,5—3,5	8,5—11,0	3,0—4,0	0,50—0,70	1,8—2,5	1,5—2,0
Суда для навалочных грузов	84—86	72—74	0,5—0,6	3,5—4,5	2,5—2,6	7,0—9,0	1,4—1,7	0,1—0,2	1,7—2,9	1,2—1,7
Танкеры:										
среднетоннажные	72—83	58—72	0,7—0,8	3,5—4,5	4,7—8,2	8,0—12,0	1,0—2,9	0,10—0,12	2,1—3,4	1,1—1,5
крупнотоннажные	86—88	80—83	0,15—0,25	3,0—4,0	4,5—4,8	4,0—5,0	1,0—1,4	0,03—0,04	1,4—1,5	0,8—1,2
Буксиры-спасатели	67—69	43—45	0,8—2,2	8,2—9,2	7,0—8,0	9,5—15,0	5,0—6,1	0,80—1,30	2,5—4,2	1,7—2,0

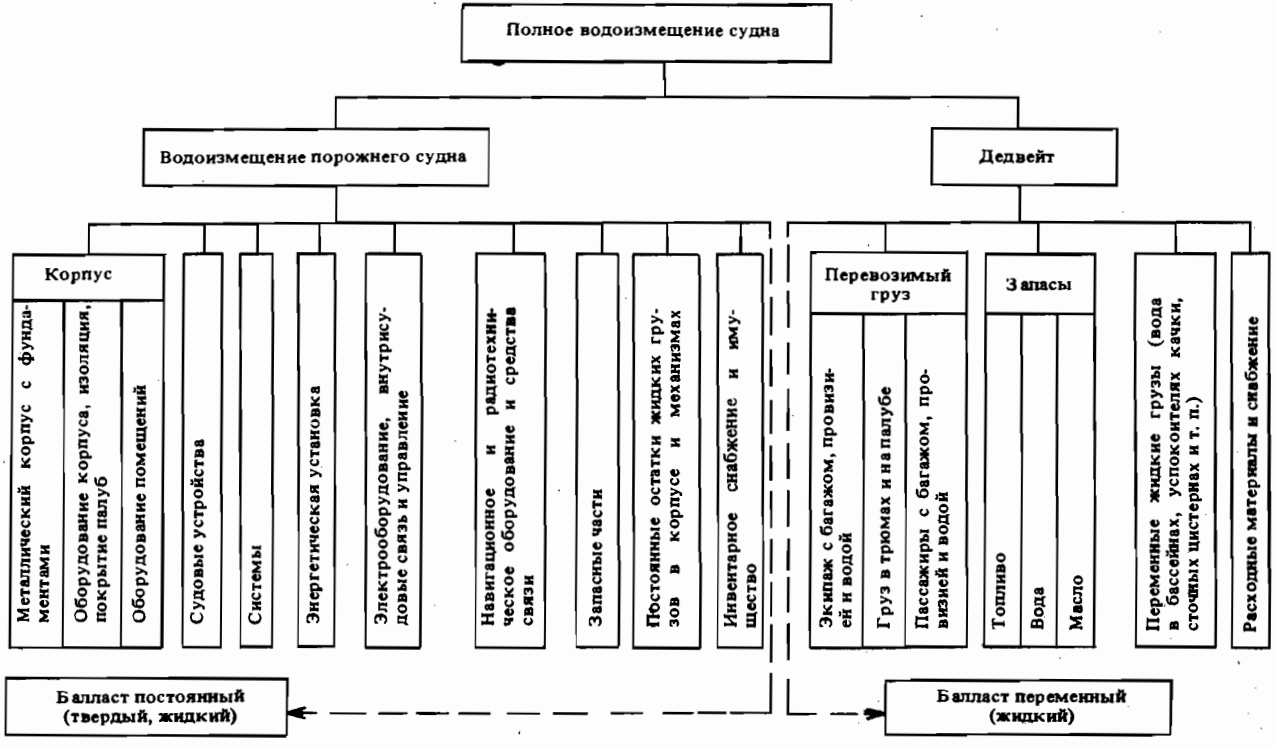


Рис. 4.1. Основные статьи полного водоизмещения судна

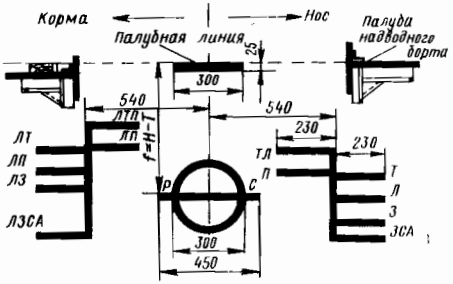


Рис. 4.2. Знак грузовой марки и линии, применяемые с этим знаком (слева — лесная «гребенка» лесовозов)

наково и распределяется в процентах от массы порожнего судна в пределах, приведенных в табл. 7.

Складывая водоизмещение порожнего судна с дедвейтом, получаем *полное водоизмещение*, или *водоизмещение с полным грузом* (рис. 4.1): $D = D_{\text{пор}} + D_w$, где D — полное водоизмещение, т; $D_{\text{пор}}$ — водоизмещение порожнего судна, т; D_w — дедвейт, т. Дедвейт современных грузовых судов составляет 65—75 % от полного водоизмещения (у крупнотоннажных танкеров до 82—85 %). Во избежание недопустимой перегрузки судна с конца XIX — начала XX вв. на грузовых судах наносят знак *грузовой марки*, определяющий в зависимости от размеров и конструкции судна, района его плавания и времени года минимальную допустимую величину надводного борта. В настоящее время грузовую марку наносят в соответствии с Правилами Регистра СССР, основанными на Международной конвенции о грузовой марке 1966 г.

Знак грузовой марки (рис. 4.2) наносят на правом и левом бортах в средней части судна.

Горизонтальная полоса, нанесенная посредине изображенного на грузовой марке диска, соответствует летней грузовой ватерлинии, т. е. ватерлинии при плавании судна летом в океане при плотности воды 1,025 т/м³. В нос от диска наносят «гребенку» — вертикальную линию с отходящими от нее грузовыми марками — горизонтальными линиями, до которых может погружаться судно при различных условиях плавания: летом (Л), зимой (З), зимой в Северной Атлантике (ЗСА), в тропиках (Т), в пресной воде в устьях рек (П), в пресной воде в тропиках (ТП).

Зимнюю марку З наносят ниже летней на $^1/_{48}$ летней осадки; зимнюю для Северной Атлантики ЗСА—на 50 мм ниже зимней (на судах длиной более 100 м марку ЗСА не наносят). Тропическую марку Т наносят выше летней на $^1/_{48}$ летней осадки. При нанесении марок для плавания в пресной воде П и ТП учитывают, что при переходе судна из пресной воды рек в соленую морскую осадка судна уменьшится из-за разности в плотности воды.

При приеме груза судно не должно погружаться в воду глубже соответствующей марки. На некоторых судах наносят помимо обычных марок специальные.

Суда, приспособленные для перевозки леса, снабжают дополнительно специальной *лесной грузовой маркой*, располагаемой в корму от диска. Эта марка допускает некоторое увеличение осадки в том случае, когда судно перевозит лесной груз на открытой палубе.

Суда, совершающие рейсы между портами СССР, ГДР и ПНР в пределах Балтийского моря, между портами СССР, СРР и НРБ в пределах Черного моря, а также между портами СССР в пределах Японского, Белого и Каспийского морей, получают *специальную грузовую марку ограниченного района плавания*. Эту марку при наличии у судна Международной грузовой марки наносят на расстоя-

нии 1200 мм в нос и корму (у лесовозов) от центра круга Международной грузовой марки в виде вертикальной линии и примыкающих к ней горизонтальных линий длиной 250 мм, обозначенных буквами Л (летняя осадка ограниченного района плавания), З и П (зимняя и в пресной воде). Если судно не имеет Международной грузовой марки, то грузовую марку ограниченного района плавания наносят на ее месте. В этом случае круг имеет внутри дополнительную вертикальную линию толщиной 25 мм, проходящую через его центр, а «гребенку» наносят на расстоянии 540 мм в нос и корму (у лесовозов) от центра круга.

Суда, плавающие только между портами СССР в пределах Финского и Рижского заливов, а также Азовского и северной части Каспийского моря, снабжают *грузовой маркой местного плавания.*

§ 4.2. Грузовместимость

Грузовые трюмы и прочие помещения, предназначенные для размещения груза, характеризуются объемом. Суммарный объем всех грузовых помещений называют грузовместимостью судна, измеряемой в кубических метрах.

Различают грузовместимость по штучному и сыпучему грузу. Вместимость по сыпучему грузу — *зерновая вместимость* — равна теоретическому объему грузовых помещений за вычетом объема набора и других конструкций, находящихся внутри грузовых помещений (полупереборки, пиллерсы, шахты, трапы, трубы, подкрепления и т. д.). Обычно этот объем составляет 4—5 % теоретического объема грузового помещения.

Вместимость по штучному грузу — *киповая вместимость* — на 8—10 % меньше вместимости по сыпучему грузу, так как в нее не включают пространство между шпангоутами, бимсами и стойками переборок, которое не может быть использовано для размещения ящиков, бочек, кип хлопка и пр.

Каждый груз обладает определенным *удельным погрузочным объемом* — так называют средний объем, исчисляемый в кубических метрах ($м^3$), который необходим для размещения 1 т груза. Этот объем составляет: для свинцовых чушек — 0,2 $м^3/т$, для руды — 0,4—0,5 $м^3/т$, для пшеницы в зернах — 1,25—1,30 $м^3/т$, для лесных пиломатериалов — 2,3—2,7 $м^3/т$, для большинства штучных (генеральных) грузов — 1,9—2,1 $м^3/т$, для крупногабаритных грузов типа автомашин, тракторов и т. д. — 10—20 $м^3/т$.

Поэтому одной из важных эксплуатационных характеристик грузового судна является его *удельная грузовместимость* μ ($м^3/т$), определяемая как отношение кубатуры W трюмов (зерновой или киповой) к чистой грузоподъемности $P_{гр}$: $\mu = W/P_{гр}$. Удельную грузовместимость выбирают в зависимости от назначения судна и устанавливают в техническом задании на его проектирование. У сухогрузных судов для генеральных грузов ее принимают равной 1,9—2,2, у судов для массовых грузов — 1,4—1,6, у лесовозов — 2,32—2,7, у танкеров — 1,1—1,4 $м^3/т$.

§ 4.3. Регистровая вместимость

Вместимость грузовых трюмов, так же как и грузоподъемность судна, не дает полного представления о его величине. Поэтому для единообразной оценки размеров судна и, в первую очередь, размеров его помещений в мировой практике принято понятие *регистровой вместимости*, или *регистрового тоннажа.* За еди-

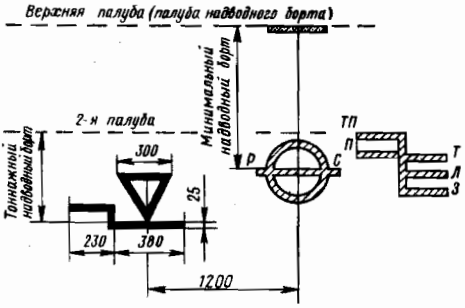


Рис. 4.3. Знак тоннажной марки

ницу объема в этом случае принимают регистровую тонну, равную 2,83 м³ (или 100 куб. футам).

Регистровая тонна является мерой объема, ее нельзя путать с обычной тонной — единицей массы.

Различают *валовую вместимость* судна (брутто) и *чистую вместимость* (нетто). Их вычисляют по Правилам обмера судов, принятым в международной практике.

Валовая вместимость, измеряемая в регистровых тоннах (рег. т), представляет собой полный объем помещений корпуса и закрытых надстроек, за исключением объемов отсеков двойного дна, цистерн водяного балласта, а также объемов некоторых служебных помещений и постов, расположенных на верхней палубе и выше (рулевой и штурманской рубки, радиорубки, камбуза, санузлов экипажа, световых люков, шахт, помещений вспомогательных механизмов и пр.).

Чистую вместимость получают в результате вычета из валовой вместимости объемов помещений, непригодных для перевозки коммерческого груза, пассажиров и запасов, в том числе жилых, общественных и санитарных помещений экипажа, помещений, занятых палубными механизмами и навигационными приборами (румпельное отделение, помещения механизмов шпилей и брашпилей, штурманская рубка, кладовые карт, навигационных приборов, навигационных инструментов, шкиперских запасов и т. п.), а также помещений, занятых «движущими механизмами», т. е. машинно-котельных отделений и др. Иными словами, в чистую вместимость входят только помещения, которые приносят судовладельцу непосредственный доход — грузовые помещения и помещения, занимаемые пассажирами или предназначаемые для их обслуживания.

Следует отметить, что вместимость не точно соответствует кубатуре имеющихся на судне помещений, так как международные Правила обмера основаны на ряде традиционно сложившихся условностей. В частности, при определении чистой вместимости вычитают не фактический объем помещений, занятых «движущими механизмами», а равный $^{32}/_{13}$ фактического процента от валовой вместимости, если фактический объем помещений составляет менее 13 % валовой вместимости; если фактический объем этих помещений равен или более 20 % валовой вместимости, то вычет в 1,75 раза больше их фактического объема; если же он более 13 %, то менее 20 % валовой вместимости, то вычет составляет 32 % валовой вместимости.

Еще более условным является расчет регистровой вместимости двух- и более палубных судов. Правила обмера допускают в некоторых случаях не включать в валовую и чистую вместимость объем грузового пространства (твиндека) между верхней и второй палубами, а именно при ограничении осадки судна, т. е. при наличии специальной *тоннажной марки*, которую наносят на борту в корму от грузовой марки на расстоянии 1200 мм. По вертикали тоннажная марка располагается либо на уровне самой верхней линии грузовой марки, определенной по Правилам о грузовой марке из условия, что палубой надводного борта является не верхняя, а вторая палуба, либо на определенном по Правилам обмера расстоянии вниз от второй палубы, если расчет надводного борта производился от верхней палубы (рис. 4.3).

Вычисленные с учетом этого условия валовую и чистую вместимости называют соответственно *измененными* и *дополнительными вместимостями*. В первом случае (когда тоннажная марка

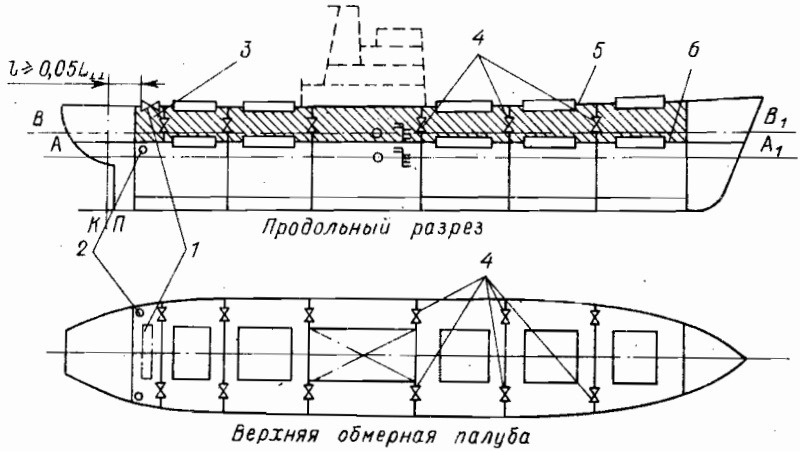


Рис. 4.4. Шельтердечное судно открыто-закрытого типа.

1 — обмерный люк; *2* — шпигат (закрываемый при закрытом шельтердеке); *3* — обмерный колодец; *4* — обмерные отверстия; *5* — «верхняя» палуба при закрытом шельтердеке; *6* — при открытом шельтердеке AA_1 — грузовая ватерлиния при открытом шельтердеке; BB_1 — грузовая ватерлиния при закрытом шельтердеке; заштрихованный объем при открытом шельтердеке исключается на регистровой вместимости (независимо, есть ли в нем груз или нет), а при закрытом шельтердеке — включается в нее

нанесена по расчету надводного борта, определенного от второй палубы) судно имеет только одну измененную валовую и одну измененную чистую вместимость, а во втором (когда тоннажная марка наносится по Правилам обмера) две валовые и две чистые вместимости (в том числе по одной дополнительной), которые применяют в зависимости от того, погружена или не погружена в воду тоннажная марка: если погружена, то вместимость не уменьшается, а если не погружена, то ее величину уменьшают. До последнего времени условием для вычета из вместимости грузового пространства между верхней и второй палубами являлось наличие в верхней палубе и поперечных переборках в твиндеке так называемых обмерных отверстий определенной конструкции и размера. Суда с обмерными отверстиями в твиндеке называют *шельтердечными*. Большое распространение в начале 60-х годов получили шельтердечные суда открыто-закрытого типа (рис. 4.4). У них были две грузовые марки, определявшиеся соответственно от верхней и второй палуб, а также специальные конструкции для закрытия обмерных отверстий. Это давало возможность в зависимости от характера перевозимого груза либо исключать вместимость твиндека (при открытых отверстиях), плавая по нижнюю грузовую марку с уменьшенной грузоподъемностью, либо увеличивать грузоподъемность судна, погружаясь по верхнюю грузовую марку (при условии, что обмерные отверстия закрыты), без вычета объема твиндека. Нетрудно видеть, что наличие этих (даже закрытых) отверстий уменьшало безопас-

ность плавания судна. Поэтому по рекомендации ИМО (Межправительственной морской консультативной организации) новые Правила обмера учитывают вышеуказанные условия уменьшения вместимости, которые не отражаются на безопасности плавания. В настоящее время шельтердечные суда не строят.

Каждое судно получает мерительное свидетельство, в котором указывается его валовая и чистая регистровая вместимости, определенные по действующим в стране национальным Правилам обмера, а также мерительные свидетельства о регистровой вместимости, определенной по Правилам для судов, проходящих Суэцким и Панамским каналами (эти Правила несколько отличаются от национальных Правил обмера). Все взимаемые с судна сборы и пошлины (за пользование причалами, лоцманские и карантинные услуги, за проход каналов, маяков и т. д.) исчисляют пропорционально регистровой вместимости.

С 1982 г. наряду с национальными Правилами действуют Правила новой Международной Конвенции по обмеру судов 1969 г., которая распространяется только на новые суда. Эта Конвенция существенно упростила изложенный выше порядок установления валовой и чистой вместимости. Отныне их достаточно просто определяют по формулам в зависимости от объема всех закрытых пространств на судне (валовая вместимость) и от общего объема грузовых пространств (чистая вместимость). В отличие от регистровой вместимости, определявшейся по старым Правилам обмера и выражавшейся в регистровых тоннах, регистровая вместимость, определенная по Правилам Международной Конвенции 1969 г., обозначается безразмерной величиной.

На суда, построенные до 1982 г., Конвенция 1969 г. начнет распространяться начиная с 1994 г., т. е. через 12 лет после вступления Конвенции в силу. До этого времени учет мирового флота будет производиться только в регистровых тоннах, определенных по старым Правилам.

§ 4.4. Скорость. Дальность плавания. Автономность

С к о р о с т ь — важнейшее эксплуатационное качество судна, определяющее быстроту транспортных операций. Для морских судов ее измеряют в узлах, для речных — в километрах в час. Узел — единица скорости, равная одной морской миле в час (1,852 км/ч, или 0,514 м/с).

Чем выше скорость судна, тем больше его провозная способность, хотя и больше расходы на топливо, так как повышение скорости требует увеличения мощности главных механизмов и, следовательно, количества топлива. Поэтому при проектировании новых судов скорость выбирают, основываясь на экономических расчетах, которые позволяют определить наиболее выгодное ее значение. Обычно скорость транспортных судов несколько выше, чем это требуется по экономическим соображениям.

Скорость морских транспортных судов неизменно растет. Если до второй мировой войны скорость сухогрузных судов равнялась 9—14 уз, то теперь она составляет 16—19, а у быстроходных сухогрузных лайнеров — 22—26 уз. Еще выше скорость крупнейших пассажирских лайнеров — 30—36 уз. Скорость современных крупных контейнеровозов — 24—30, танкеров — 16—18, судов для навалочных грузов — 15—17, лесовозов — 13—16 уз. Однако в связи с резким возрастанием в последние годы цен на топливо, в конце 70-х гг. наметилась тенденция некоторого уменьшения скорости транспортных судов примерно на 10—20 %.

Дальностью плавания называют расстояние, которое судно может пройти с заданной скоростью без пополнения запасов топлива, котельно-питательной воды и масла. Дальность плавания зависит от назначения судна. В настоящее время в связи с развитием международной торговли и связанных с этим межконтинентальных рейсов значительно повысилась дальность плавания транспортных судов — она достигает 15 000—20 000 миль.

Автономность — это длительность пребывания судна в рейсе без пополнения запасов топлива, провизии и пресной воды, необходимых для жизни и нормальной деятельности находящихся на судне людей (экипажа и пассажиров).

Автономность судна также определяется его назначением. У небольших промысловых, речных и рейдовых судов, а также морских транспортных судов, обслуживающих короткие линии, она составляет лишь 3—5 сут; большие транспортные суда могут находиться в море без захода в порт до 1—2 месяцев; специальные суда — ледоколы, научно-исследовательские и гидрографические суда, промысловые базы и т. д. — имеют автономность до одного года.

При определении количества запасов провизии и воды обычно исходят из суточной нормы потребления. На одного человека она составляет 3—4 кг провизии, 40 л питьевой воды, включая нужды камбуза, мытье посуды и т. д., 60 л мытьевой воды. На судах с большой автономностью плавания или с большим числом людей запас воды берут на несколько суток и пополняют его с помощью специальной опреснительной установки.

§ 4.5. Плавучесть

Плавучестью называют способность судна плавать в определенном положении относительно поверхности воды при заданном количестве находящихся на нем грузов.

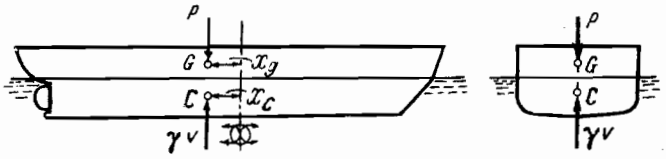


Рис. 4.5. Действие на судно силы тяжести и силы поддержания: x_g, x_c — расстояния от плоскости мидельшпангоута до центра тяжести и центра величины

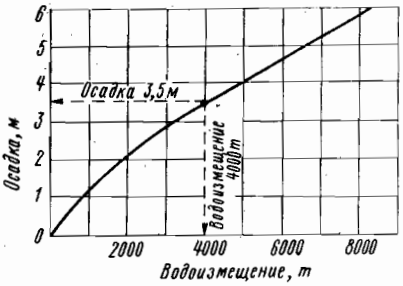


Рис. 4.6. Грузовой размер

По закону Архимеда вес или водоизмещение (масса) плавающего тела равны весу или массе вытесненной им воды:

$$P = \gamma V \text{ или } D = \rho V,$$

где P — вес судна, т; V — объем подводной части судна (объемное водоизмещение), м³; γ — удельный вес воды, кг/м³; D — масса судна, т; ρ — плотность воды (для соленой морской воды принимают обычно $\rho = 1{,}025$ т/м³).

Так как вес плавающего судна P равен его водоизмещению D, а объем подводной части судна выражается произведением его длины на ширину, осадку и коэффициент общей полноты, то уравнение плавучести принимает вид

$$P = D = \gamma\delta LBT.$$

Вес судна P определяется как сумма весов всех его частей (корпуса, механизмов, оборудования, запасов, груза, экипажа и пр.). Равнодействующая сил веса приложена в центре тяжести (ЦТ) судна и направлена вертикально вниз.

Равнодействующая сил давления воды (сил поддержания) на погруженную поверхность судна, равная водоизмещению судна D, приложена в ЦТ погруженного объема корпуса, называемом центром величины (ЦВ), и направлена вертикально вверх.

Если центр тяжести G и центр величины C находятся на одной вертикали, то судно плавает *без крена* и *дифферента* (рис. 4.5). Если ЦТ и ЦВ расположены в ДП, но не на одной вертикали, то судно плавает с *дифферентом на корму* (если ЦТ расположен в корму от ЦВ) или *на нос* (если ЦТ расположен в нос от ЦВ).

Если ЦТ расположен не в ДП, то судно плавает *с креном* на тот борт, в сторону которого смещен ЦТ.

Определение плавучести судна сводится к сопоставлению расчетов нагрузки масс (в результате которых по массе и местоположению отдельных составляющих масс судна определяют суммарную массу и положение ЦТ судна) с расчетами водоизмещения, выполненными по теоретическому чертежу (последние позволяют определить объем погруженной части корпуса, массу вытесненной им воды и положение ЦВ).

Если для разных осадок определить объем погруженной части корпуса и соответствующее этим осадкам водоизмещение судна, то можно построить график, называемый *грузовым размером* (рис. 4.6). По грузовому размеру можно легко определить, какой будет осадка при заданном водоизмещении судна и, наоборот, каким должно быть водоизмещение судна при заданной осадке. А так как водоизмещение состоит из неизменяемой части (водо-

измещение порожнего судна) и переменной части (дедвейт), то, определив с помощью грузового размера водоизмещение судна при данной осадке, можно узнать общую массу принятых судном грузов и запасов. Точно так же по количеству принимаемого груза (включая запасы) можно узнать, какой будет осадка судна.

Осадки и соответствующие им водоизмещения обычно сводят в таблицу, называемую *грузовой шкалой* (рис. 4.7), которая позволяет по осадке определять сразу и водоизмещение, и дедвейт. С помощью грузового размера или грузовой шкалы можно также легко установить, как изменится средняя осадка судна при приеме или расходовании известного количества груза. Таким образом, грузовая шкала и грузовой размер позволяют решать большое количество практических задач и являются важнейшими документами, которыми должен располагать капитан судна.

При приеме или снятии малого груза, т. е. груза, вес которого не превышает 5—10 % водоизмещения, изменение осадки можно приближенно определить по формуле $\Delta T \approx p/\gamma S$, где ΔT — изменение осадки, м; p — вес принимаемого или снимаемого груза, т; γ — удельный вес воды, т/м^3; S — площадь грузовой ватерлинии, м^2.

Иногда для ускорения расчетов пользуются величиной, называемой числом тонн на 1 см осадки, которую заранее рассчитывают для ряда осадок судна и наносят на грузовую шкалу. По мере уменьшения осадки судна число тонн на 1 см осадки постепенно уменьшается.

При переходе судна из соленой воды в пресную его осадка увеличивается пропорционально изменению солености воды. И, наоборот, при переходе судна из пресной воды в соленую осадка его соответственно уменьшается. На грузовой шкале, в средней ее части, прочерчивают наклонные прямые линии, позволяющие учесть поправку на соленость воды.

Для обеспечения безопасности плавания каждое судно должно

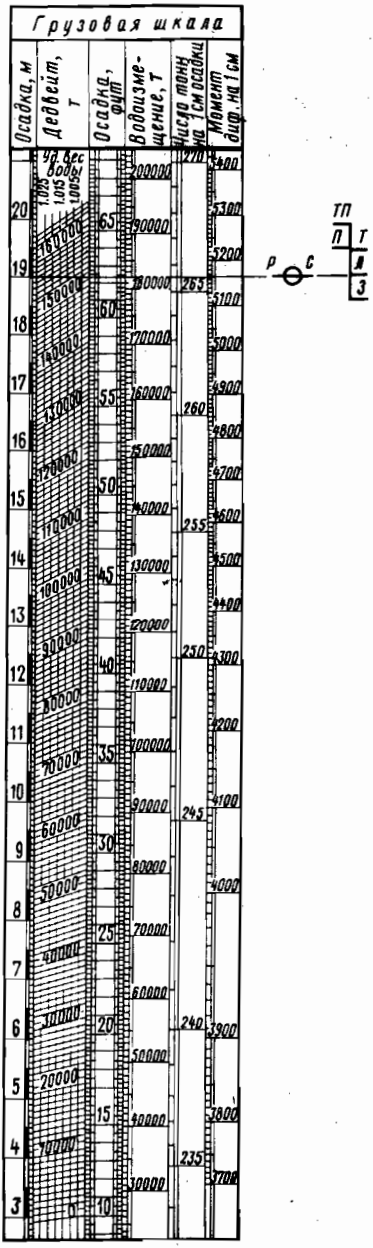


Рис. 4.7. Грузовая шкала

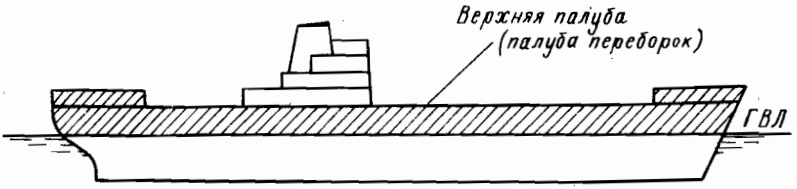


Рис. 4.8. Схема к определению запаса плавучести

обладать *запасом плавучести*, который представляет собой объем водонепроницаемого корпуса выше грузовой ватерлинии (рис. 4.8). Этот объем образуется помещениями под водонепроницаемой (обычно верхней) палубой, а также надстройками, имеющими водонепроницаемые закрытия. В случае попадания воды внутрь корпуса при аварии судно погрузится глубже (увеличится осадка), но благодаря запасу плавучести останется на плаву.

Обычно на транспортных сухогрузных судах запас плавучести составляет 30—50 % водоизмещения, на танкерах — 15—25 (до 40—45 % на супертанкерах с чистобалластными танками), на пассажирских судах — до 100 %, на речных судах — 10—15 %. На гражданских судах запас плавучести обеспечивается назначением судну минимально допустимой высоты надводного борта и нанесением на борту грузовой марки.

§ 4.6. Остойчивость

Остойчивостью называется способность судна, наклоненного действием внешних сил из положения равновесия, возвращаться к состоянию равновесия после прекращения действия этих сил.

Наклонения судна могут происходить под действием таких внешних сил, как перемещение, прием или расходование грузов, давление ветра, действие волн, натяжение буксирного троса и пр.

Остойчивость, которую судно имеет при продольных наклонениях, измеряемых углами дифферента ψ, называют *продольной*. Она, как правило, довольно велика, поэтому опасности опрокидывания судна через нос или корму никогда не возникает. Но изучение ее необходимо для определения дифферента судна при воздействии внешних сил.

Остойчивость, которую судно имеет при поперечных наклонениях, измеряемых углами крена θ, называют *поперечной*. Поперечная остойчивость является важнейшей характеристикой судна, определяющей его мореходные качества и степень безопасности плавания.

При изучении поперечной остойчивости различают начальную остойчивость (при малых наклонениях судна) и остойчивость на больших углах крена.

Начальная остойчивость. При крене судна на малый угол под действием какой-либо из названных внешних сил происходит

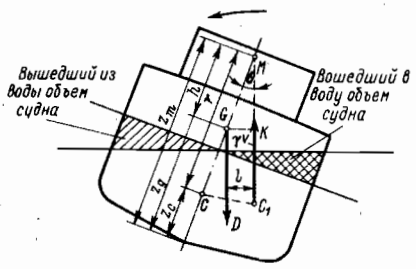


Рис. 4.9. Действие сил при крене судна

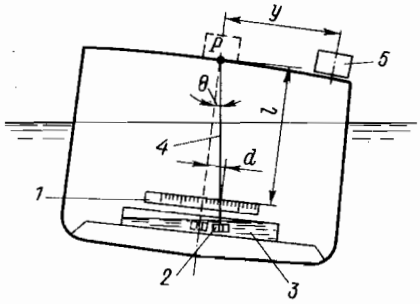


Рис. 4.10. Схема опыта кренования.
1 — рейка с делениями; *2* — грузик и крылатка; *3* — ванна с водой или маслом; *4* — нить веска; *5* — переносной крепящий груз

перемещение ЦВ за счет перемещения подводного объема (рис. 4.9). Величина образующегося при этом восстанавливающего момента зависит от величины плеча $l = \overline{GK}$ между силами веса и поддержания наклоненного судна. Как видно из рисунка, восстанавливающий момент $M_в = Dl = Dh \sin \theta$, где h — возвышение точки M над ЦТ судна G, называемое *поперечной метацентрической высотой* судна. Точка M носит название *поперечного метацентра* судна.

Метацентрическая высота является важнейшей характеристикой остойчивости. Она определяется выражением

$$h = z_c + r - z_g,$$

где z_c — возвышение ЦВ над ОЛ; r — поперечный метацентрический радиус, т. е. возвышение метацентра над ЦВ; z_g — возвышение ЦТ судна над ОЛ.

Значение z_g определяют при расчете нагрузки масс. Приближенно можно принять (для судна с полным грузом) $z_g = (0{,}65 \div 0{,}68)\, H$, где H — высота борта на миделе.

Значение z_c и r определяют по теоретическому чертежу или (для прикидочных расчетов) по приближенным формулам, например:

$$z_c = 0{,}5T \sqrt{\alpha/\delta}; \quad r = K\,(\alpha^2 B^2/\delta T),$$

где B — ширина судна, м; T — осадка, м; α — коэффициент полноты ватерлинии; δ — коэффициент общей полноты; K — коэффициент, зависящий от формы ватерлинии и ее полноты и изменяющийся в пределах 0,086—0,089.

Из приведенных формул видно, что поперечная остойчивость судна повышается с увеличением B и α; с уменьшением T и δ; с возвышением ЦВ z_c; с понижением ЦТ z_g. Таким образом, более остойчивы широкие суда, а также суда с низким расположением ЦТ. При понижении ЦТ, т. е. при расположении более тяжелых грузов — механизмов и оборудования — как можно ниже и при облегчении высокорасположенных конструкций (надстроек, мачт, труб, которые с этой целью иногда изготовляют из легких сплавов) метацентрическая высота увеличивается. И наоборот, при приеме тяжелых грузов на палубу, обледенении надводной части корпуса, надстроек, мачт и т. п., во время плавания судна в зимних условиях остойчивость судна уменьшается.

Опыт кренования. На построенном судне начальную метацентрическую высоту определяют (используя метацентрическую

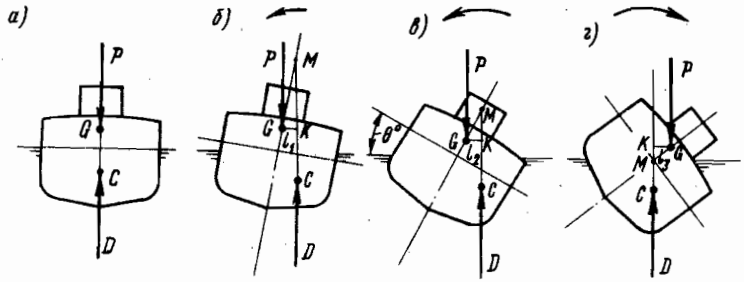


Рис. 4.11. Действие сил при накренении судна на большие углы

формулу остойчивости) опытным путем — кренованием судна, которое производят на угол 1,5—2° переносом с борта на борт заранее взвешенного груза. Схема опыта кренования показана на рис. 4.10.

Кренящий момент $M_{кр}$ вызывается переносом груза P на расстояние y: $M_{кр} = Py$. По метацентрической формуле остойчивости $h = M_{кр}/D\theta$ ($\sin\theta$ заменен величиной θ ввиду малости угла крена θ). Но $\theta = d/l$, поэтому $h = Pyl/Dd$.

Значения всех величин, входящих в эту формулу, определяют в процессе опыта кренования. Водоизмещение находят расчетным путем по осадкам, замеренным по маркам углубления.

На небольших судах перенос груза (чугунных чушек, мешков с песком и т. п.) иногда заменяют перебежками людей общей массой около 0,2—0,5 % водоизмещения порожнего судна. Угол крена θ замеряют весками, опущенными в масляные ванны. В последнее время вески заменяют специальными приборами, позволяющими точно замерять угол крена во время опыта кренования (с учетом происходящего при переносе груза раскачивания судна), — так называемыми *инклинографами*.

По найденной с помощью опыта кренования начальной метацентрической высоте рассчитывают по приведенным выше формулам положение ЦТ построенного судна.

Ниже приведены примерные значения поперечной метацентрической высоты для разных типов судов с полным грузом:

	h, м
Большие пассажирские суда	0,3—1,5
Средние и малые пассажирские суда	0,6—0,8
Большие сухогрузные суда	0,7—1,0
Средние » »	0,5—0,8
Большие наливные суда	2,0—4,0
Средние » »	0,7—1,6
Речные пассажирские суда	3,0—5,0
Баржи	2,0—10,0
Ледоколы	1,5—4,0
Буксиры	0,5—0,8
Рыбопромысловые суда	0,7—1,0

Остойчивость на больших углах крена. По мере увеличения угла крена судна восстанавливающий момент сначала растет (рис. 4.11, *а—в*), затем уменьшается, становится равным нулю

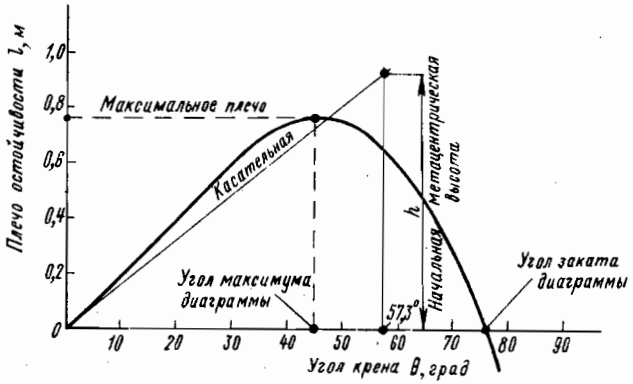


Рис. 4.12. Диаграмма статической остойчивости

и уже не препятствует, а, наоборот, способствует дальнейшему наклонению судна (рис. 4.11, *г*). Так как водоизмещение D для данного состояния нагрузки остается постоянным, то восстанавливающий момент $M_в$ изменяется пропорционально изменению плеча l поперечной остойчивости. Это изменение плеча остойчивости в зависимости от угла крена θ можно рассчитывать и изображать графически, в виде *диаграммы статической остойчивости* (рис. 4.12), которую строят для наиболее характерных и опасных относительно остойчивости случаев нагрузки судна.

Диаграмма статической остойчивости является важным документом, характеризующим остойчивость судна. С ее помощью можно, зная величину действующего на судно кренящего момента, например, от давления ветра, определяемого по шкале Бофорта (табл. 8), или от переноса на борт груза, от принятых несимметрично ДП водяного балласта или запасов топлива и т. п., — найти величину образующегося угла крена в том случае, если этот угол велик (более 10°). Малый угол крена вычисляют без построения диаграммы по приведенной выше метацентрической формуле.

По диаграмме статической остойчивости можно определить начальную метацентрическую высоту судна, которая равна отрезку между горизонтальной осью и точкой пересечения касательной к кривой плеч остойчивости в начале координат с вертикалью, проведенной при угле крена, равном одному радиану (57,3°). Естественно, чем круче в начале координат кривая, тем больше начальная метацентрическая высота.

Особенно полезна диаграмма статической остойчивости тогда, когда надо узнать угол крена судна от действия внезапно приложенной силы — при так называемом динамическом действии силы.

Если на судно действует какая-либо статически, т. е. плавно, без рывков, приложенная сила, то образуемый ею кренящий момент создает угол крена,

Таблица 8

Характеристика ветра и морского волнения

Скорость и давление ветра на высоте 6 м над уровнем моря (шкала Бофорта)						Морское волнение (шкала IV Гидрометслужбы, 1953 г.)		
Балл	Наименование ветра	Скорость ветра, м/с		Давление ветра, МПа (кгс/м²)		Балл	Характеристика волнения	Высота волн, м (при 3 %-й обеспеченности)
		средняя	при шквале	среднее	при шквале			
0	Штиль	0,0—0,5	1,0	0 (0,0)	1 (0,1)	0	Отсутствует	0
1	Тихий	0,6—1,7	3,2	2 (0,2)	8 (0,8)	I	Слабое	0,00—0,25
2	Легкий	1,8—3,3	6,2	9 (0,9)	30 (3,1)	II	Умеренное	0,25—0,75
3	Слабый	3,4—5,2	9,6	22 (2,2)	74 (7,5)			
4	Умеренный	5,3—7,4	13,6	44 (4,5)	147 (15,0)	III	Значительное	0,75—1,25
5	Свежий	7,5—9,8	17,8	77 (7,8)	252 (25,7)	IV	»	1,25—2,00
6	Сильный	9,9—12,4	22,2	123 (12,5)	392 (40,0)	V	Сильное	2,00—3,50
7	Крепкий	12,5—15,2	26,8	184 (18,8)	573 (58,4)	VI	»	3,50—6,00
8	Очень крепкий	15,3—18,2	31,6	265 (27,0)	798 (81,3)	VII	Очень сильное	6,00—8,50
9	Шторм	18,3—21,5	36,7	366 (37,5)	1076 (109,7)	VII	» »	
10	Сильный шторм	21,6—25,1	42,0	501 (51,1)	1407 (143,5)	VIII	» »	8,50—11,00
11	Жестокий шторм	25,2—29,0	47,5	671 (68,4)	1800 (183,5)	IX	Исключительное	Более 11,0
12	Ураган	Более 29,0	53,0	878 (89,5)	2246 (229,0)	IX	»	

который определяют по диаграмме статической остойчивости (построенной в форме кривой изменения восстанавливающих моментов Dl от угла крена) в точке пересечения с кривой горизонтальной прямой, проведенной параллельно горизонтальной оси на расстоянии, равном значению кренящего момента (рис. 4.13, *а*). В этой точке (точка *A*) кренящий момент от действия статической силы равен восстанавливающему моменту, возникающему при накренении судна и стремящемуся возвратить накрененное судно в исходное, прямое, положение. Угол крена, при котором кренящий и восстанавливающий моменты равны, и является искомым углом крена от статически приложенной силы.

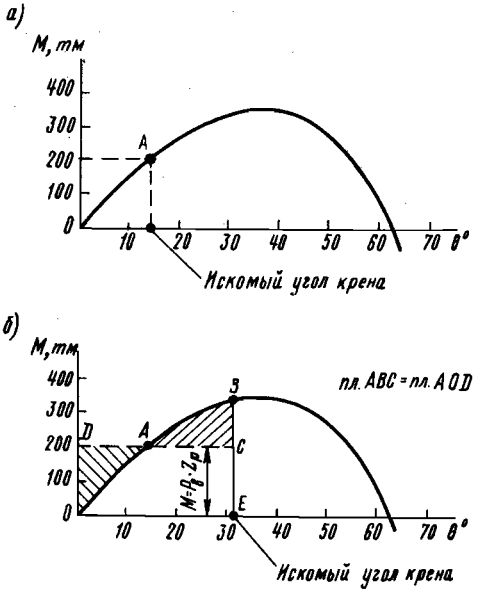


Рис. 4.13. Определение угла крена от действия статически (*а*) и динамически (*б*) приложенной силы

Если же кренящая сила действует на судно динамически, т. е. внезапно (порыв ветра, рывок буксирного троса и т. п.), то вызываемый ею угол крена определяют по диаграмме статической остойчивости иным образом. Горизонтальную линию кренящего момента, например от действия ветра при шквале, продолжают вправо от точки *A* (рис. 4.13, *б*) до тех пор, пока отсекаемая ею площадь *ABC* внутри диаграммы не станет равной площади *AOD* вне ее; при этом угол крена (точка *E*), соответствующий положению прямой *BC*, является искомым углом крена от действия динамически приложенной силы. Физически это соответствует углу крена, при котором работа кренящего момента (графически изображаемая площадью прямоугольника *ODCE*) оказывается равной работе восстанавливающего момента (площадь фигуры *OBE*). Если же площадь, ограниченная кривой восстанавливающих моментов, окажется недостаточной, чтобы сравняться с площадью фигуры, ограниченной кренящим моментом вне ее, то судно опрокинется. Поэтому одной из главных характеристик диаграммы, свидетельствующих об остойчивости судна, является ее площадь, ограничиваемая кривой и горизонтальной осью. На рис. 4.14 показаны кривые плеч статической остойчивости двух судов: с большой начальной остойчивостью, но с малой площадью диаграммы (*1*) и с меньшей начальной метацентрической высотой, но с большей площадью диаграммы (*2*). Последнее судно способно выдержать более сильный ветер, оно более остойчиво. Обычно площадь диаграммы больше у судна с высоким надводным бортом и меньше — с низким.

Остойчивость морских судов должна отвечать Нормам остойчивости Регистра СССР, предусматривающим в качестве основного критерия (называемого «критерием погоды») условие: опрокидывающий момент $M_{опр}$, т. е. минимальный динамически приложенный момент, который при одновременном воздействии бортовой качки и наихудшей загрузке вызывает опрокидывание судна, не должен быть меньше динамически приложенного к судну кренящего момента $M_{кр}$ от давления ветра, т. е. $K = M_{опр}/M_{кр} \geqslant 1{,}00$.

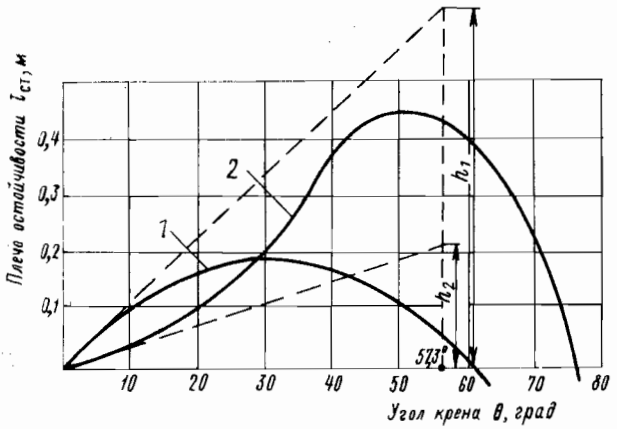


Рис. 4.14. Кривые статической остойчивости судна с высоким (*1*) и с низким (*2*) надводным бортом

При этом значение опрокидывающего момента находят по диаграмме статической остойчивости по особой схеме, а сопоставляемое с ним значение (в кН·м) кренящего момента (рис. 4.15) по формуле $M_{кр} = 0{,}001 P_в S_п z_п$, где $P_в$—давление ветра, МПа или кгс/м² (определяется по шкале Бофорта в столбце «при шквале» или по таблице Регистра СССР); $S_п$ — площадь парусности (площадь боковой проекции надводной части судна), м²; $z_п$ — возвышение центра парусности над ватерлинией, м.

При изучении диаграммы статической остойчивости представляет интерес угол, при котором кривая пересекает горизонтальную ось — так называемый *угол заката* (см. рис. 4.12). По Правилам Регистра СССР у морских судов этот угол не должен быть меньше 60°. Эти же Правила требуют, чтобы максимальные значения восстанавливающих моментов на диаграмме достигались при угле крена не менее 30°, а максимальное плечо остойчивости было бы не менее 0,25 м у судов длиной до 80 м и не менее 0,20 м — у судов длиной более 105 м.

Влияние жидких грузов на остойчивость. Имеющиеся в цистернах жидкие грузы при неполном заполнении цистерн в случае наклонения судна перемещаются в сторону наклонения. Из-за этого в ту же сторону перемещается ЦТ судна (из точки G_0 в точку G), что приводит к уменьшению плеча восстанавлива-

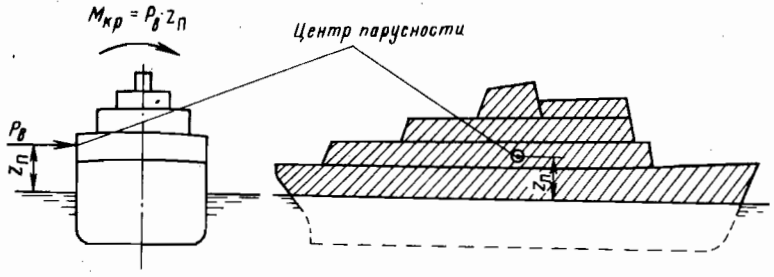


Рис. 4.15. К определению кренящего момента от действия силы ветра при шквале (площадь парусности заштрихована)

ющего момента. На рис. 4.16 показано, как плечо остойчивости l_0 при учете смещения жидкого груза уменьшается до l. При этом, чем шире цистерна или отсек, имеющие свободную поверхность жидкости, тем значительнее перемещение ЦТ и, следовательно, больше уменьшение поперечной остойчивости. Поэтому для уменьшения влияния жидких грузов стремятся уменьшить ширину цистерны, а во время эксплуатации — ограничить число цистерн, в которых образуются свободные уровни, т. е. расходовать запасы не сразу из нескольких цистерн, а поочередно.

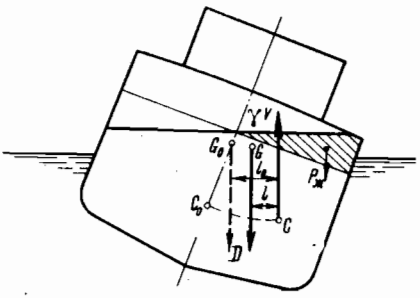


Рис. 4.16. К определению влияния свободной поверхности жидкого груза на остойчивость

Влияние сыпучих грузов на остойчивость. К сыпучим грузам относят зерно всех видов, уголь, цемент, руду, рудные концентраты и др.

Свободная поверхность жидких грузов всегда остается горизонтальной. В отличие от них сыпучие грузы характеризуются углом *естественного откоса*, т. е. наибольшим углом между поверхностью груза и горизонтальной плоскостью, при котором груз еще находится в покое и при превышении которого начинается пересыпание. У большинства сыпучих грузов этот угол находится в пределах 25—35°.

Сыпучие грузы, погруженные на судно, характеризуются также *пористостью*, или *скважистостью*, т. е. соотношением объемов, занятых непосредственно частицами груза, и пустот между ними. Эта характеристика, зависящая как от свойств самого груза, так и от способа его погрузки в трюм, определяет степень его усадки (уплотнения) во время транспортировки.

При перевозке сыпучих грузов (особенно зерна) в результате образования пустот по мере их усадки от тряски и вибрации корпуса во время рейса, при резких или больших наклонениях судна под действием шквала (превышающих угол естественного откоса) они пересыпаются на один борт и уже не возвращаются полностью к исходному положению после выпрямления судна. Количество пересыпавшегося таким образом груза (зерна) постепенно увеличивается и вызывает крен, который может привести к опрокидыванию судна. Во избежание этого принимают специальные меры — укладывают поверх насыпанного в трюм зерна мешки с зерном (мешкование груза) или устанавливают в трюмах дополнительные временные продольные переборки — *шифтинг-бордсы* (см. рис. 5.14). При невыполнении этих мероприятий происходят серьезные аварии и даже гибель судов. Статистика показывает, что более половины судов, погибших из-за опрокидывания, перевозили сыпучие грузы.

Особая опасность возникает при перевозке рудных концентратов, которые при изменении их влажности во время рейса, на-

пример при оттаивании или отпотевании, приобретают высокую подвижность и легко смещаются к борту. Это еще мало изученное свойство рудных концентратов стало причиной ряда тяжелых аварий судов.

§ 4.7. Непотопляемость

Непотопляемостью судна называют его способность после затопления части помещений (например, при аварии) оставаться на плаву и сохранять остойчивость, а также некоторый запас плавучести.

Массу влившейся внутрь корпуса воды можно рассматривать как массу дополнительного груза, прием которого, как известно, всегда вызывает увеличение осадки. При этом погружение судна будет происходить до тех пор, пока объем дополнительно погрузившейся неповрежденной части корпуса не окажется равным объему влившейся в корпус воды.

Можно также рассматривать объем поврежденной части корпуса, куда поступает вода, как объем, уже не принадлежащий судну и не участвующий в создании силы поддержания. А так как сила веса (сила тяжести) судна остается неизменной, то для сохранения равной ей силы поддержания потерянный (затопленный) объем должен быть компенсирован дополнительным объемом, который, будучи погруженным в воду, восстановит утраченную часть силы поддержания. Очевидно, что этот дополнительный объем должен быть равен затопленному объему корпуса (рис. 4.17). Чем больше запас плавучести судна, тем больше воды может оно принять, т. е. тем выше степень его непотопляемости. Поэтому главным направлением в борьбе за непотопляемость является увеличение запаса плавучести и принятие мер, ограничивающих количество поступающей в корпус воды при его повреждении. Первое достигается увеличением высоты надводного борта до верхней водонепроницаемой палубы, второе —

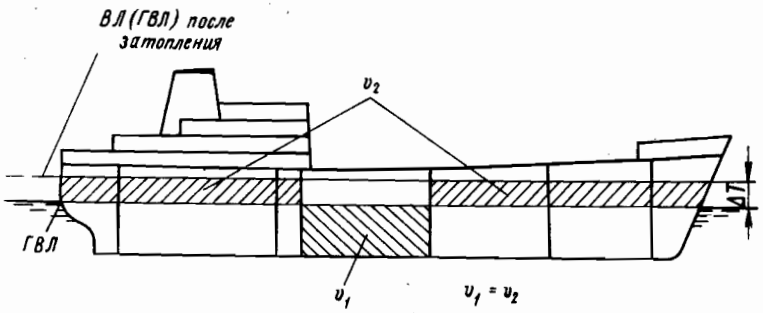


Рис. 4.17. Изменение осадки судна при затоплении отсека: ΔT — изменение осадки после затопления; v_1 — объем поврежденного отсека (до ГВЛ); v_2 — объем неповрежденной части корпуса, погрузившейся в воду

разделением корпуса на ряд относительно небольших отсеков водонепроницаемыми поперечными и продольными переборками.

Наибольшие допустимые расстояния между поперечными переборками определяют по *кривой предельных длин отсеков*, которую строят по результатам специального расчета.

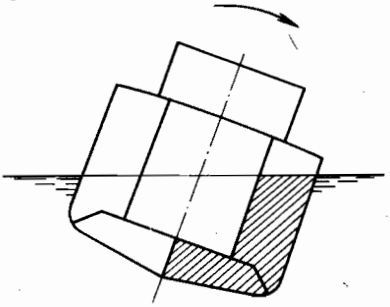


Рис. 4.18. Образование крена судна при несимметричном затоплении отсека

Однако эти мероприятия все же не гарантируют живучести судна в поврежденном состоянии, так как помимо плавучести должна быть обеспечена и аварийная остойчивость, которая в этом случае резко уменьшается. Уменьшение остойчивости происходит в основном из-за образования свободной поверхности воды в частично затопленных отсеках, а также высокого расположения самих затапливаемых отсеков. Особенно опасны дополнительные кренящие моменты, возникающие от несимметричного относительно ДП расположения затапливаемых отсеков. Это происходит главным образом из-за наличия на некоторых судах продольных водонепроницаемых переборок или бортовых цистерн судовых запасов. Повреждения корпуса происходят чаще с одного борта — удар при столкновении с другим судном, в военное время — попадание торпеды (снаряда), разрушения от взрыва авиабомбы вблизи судна и т. д. Поэтому вода, поступающая в отсек, ограниченный неразрушенной продольной водонепроницаемой переборкой, может вызвать опасный крен судна (рис. 4.18). Именно это обстоятельство явилось причиной потери остойчивости и опрокидывания трагически погибшего в 1956 г. итальянского пассажирского лайнера «Андреа Дориа», столкнувшегося со шведским лайнером «Стокгольм». Чтобы уменьшить крен при затоплении бортовых отсеков, принимают специальные меры по его выравниванию, которые сводятся либо к установке переточных труб между симметричными отсеками обоих бортов, либо к оборудованию креновой системы (на ледоколах, военных кораблях). Иногда крен выравнивают, принимая дополнительное количество воды в отсеки противоположного борта, если позволяет запас плавучести. Последний способ был предложен еще в конце прошлого века знаменитым русским адмиралом и ученым-кораблестроителем С. О. Макаровым и в дальнейшем разработан академиком А. Н. Крыловым, предложившим составлять для каждого боевого корабля так называемые *таблицы непотопляемости*. С помощью этих таблиц можно быстро определить, какие именно отсеки надо искусственно затопить, чтобы уменьшить крен и дифферент, образовавшиеся из-за затопления поврежденных отсеков.

При проектировании гражданских судов проверяют посадку судна при различных вариантах затопления и полученные результаты сравнивают с требованиями, которые предъявляются в части непотопляемости к разным типам судов. Для пассажирских судов такие требования сформулированы в Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 г. (СОЛАС—74). По правилам Регистра СССР эти требования предъявляются не только к пассажирским, но и к грузовым и промысловым судам, а также к ледоколам, буксирам и спасателям. В частности, судно считается непотопляемым, если после затопления одного любого отсека или нескольких смежных, количество которых определяется в зависимости от размеров и числа находящихся на судне людей (обычно это один, а для крупных пассажирских и любых атомных судов — два отсека), верхняя водонепроницаемая палуба, до которой доведены все водонепроницаемые переборки, не входит в воду. Кроме того, в месте наибольшего погружения высота надводного борта, от ватерлинии до этой палубы должна быть не менее 76 мм (3 дюймов). Для непассажирских судов допускается вход в воду открытой палубы, но при этом должно оставаться расстояние от поверхности воды до отверстий в палубе, через которые вода может распространяться внутрь корпуса, равное не менее 300 мм.

При несимметричном затоплении крен до принятия аварийных мер по выравниванию не должен превышать 15°, а после выравнивания — не более 7° — для пассажирских судов и не более 12° — для непассажирских (для пассажирских судов оговаривают максимальное время выравнивания — не более 15 мин). Начальная метацентрическая высота поврежденного судна должна быть не меньше 5 см, а максимальное плечо диаграммы статической остойчивости — не менее 10 см, при минимальной протяженности положительного участка диаграммы 20°.

§ 4.8. Ходкость

Ходкостью судна называется его способность перемещаться по воде с заданной скоростью под действием приложенной к нему движущей силы.

У транспортных судов различают *скорость на испытании* и *эксплуатационную*, т. е. скорость в эксплуатационном режиме работы энергетической установки при средних навигационных условиях.

Движущая сила, вызывающая перемещение судна, создается судовым движителем, натяжением буксирного троса, давлением ветра на парус и пр. Значение движущей силы зависит от мощности главных двигателей, типа движителя, мощности буксира, силы давления ветра и т. д. Лучшей ходкостью из двух близких по размерениям и водоизмещению судов обладает то, которое при одинаковой тяге развивает большую скорость или, наоборот, для достижения одинаковой скорости требует меньшей тяги.

Приложенная к судну тяга затрачивается на преодоление сопротивления движению судна, которое складывается из сопротивления воды и воздушного сопротивления. Наибольшее влияние на ходкость оказывает сопротивление воды, представляющей собой вязкую среду. Это сопротивление складывается из следующих величин: *сопротивления трения* $R_т$, вызываемого трением обтекающей корпус воды; *сопротивления формы* $R_ф$, вызываемого обтеканием корпуса судна вязкой жидкостью и образованием в носовой части зоны повышенного давления,

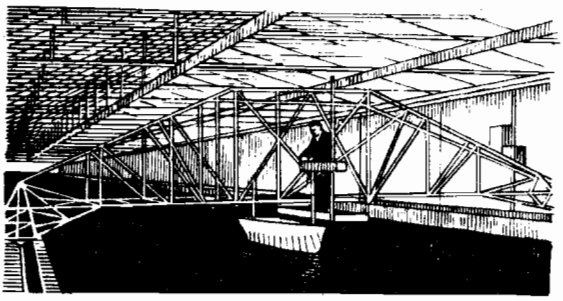


Рис. 4.19. Общий вид (*а*), схема (*б*) опытового бассейна с самоходной тележкой и схема бассейна с тросом, перемещающимся под действием падающего груза (*в*)

а в кормовой части — зоны пониженного давления и завихрений, тормозящих движение судна вперед; *волнового сопротивления* $R_в$, вызываемого волнообразованием от движения судна (в местах повышенного и пониженного давления воды), требующим соответствующей затраты энергии; *сопротивления выступающих частей* $R_{в.ч}$, вызываемого увеличением сопротивления трения и сопротивления формы от выступающих частей корпуса (рулей, скуловых килей, кронштейнов гребных валов и пр.).

Добавляя к сопротивлению воды *воздушное сопротивление* $R_{возд}$, получим полное сопротивление движению судна

$$R = R_т + R_ф + R_в + R_{в.ч} + R_{возд}.$$

Сопротивление трения зависит от скорости судна, вязкости жидкости, площади подводной поверхности судна (так называемой смоченной поверхности) и степени ее шероховатости, которая зависит от качества окраски и сварки корпуса, а также времени пребывания судна в морской воде после докования; со временем подводная поверхность обрастает морскими организмами и шероховатость увеличивается. Сопротивление трения легко поддается точному расчету.

Сопротивление формы и волновое сопротивление, объединенные в одно, так называемое *остаточное сопротивление*, можно рассчитать только приближенно. Для более точного определения остаточного сопротивления проводят испытания модели судна в опытовом бассейне (рис. 4.19).

В этом случае в бассейне длиной от нескольких десятков до нескольких сот метров буксируют изготовленную из парафина модель корпуса судна с помощью специальной тележки и динамо-

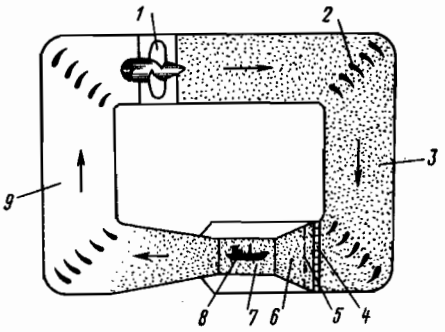


Рис. 4.20. Схема аэродинамической трубы.
1 — вентилятор; *2* — направляющие лопатки; *3* — труба; *4* — решетки, спрямляющие поток; *5* — сетка; *6* — сопло; *7* — рабочее пространство; *8* — испытываемая модель; *9* — обратный канал

метром фиксируют силу сопротивления движению этой модели. Полученная величина представляет собой полное сопротивление воды движению модели.

Если из нее вычесть величину сопротивления трения модели, то получим остаточное сопротивление, которое может быть пересчитано с модели на натуру, т. е. для натурного судна. Прибавив к нему вычисленное расчетом сопротивление трения натурного судна, получим полное сопротивление воды.

Воздушное сопротивление движению судна можно найти, испытывая модель надводной части судна в аэродинамической трубе (рис. 4.20). Модель судна помещают в рабочее пространство трубы и обдувают потоком воздуха, скорость которого может быть задана и измерена. Сопротивление модели измеряют с помощью аэродинамических весов.

Полное сопротивление движению судна равно усилию, возникающему в тросе при его буксировке, поэтому его обычно называют *буксировочным сопротивлением*.

Мощность, необходимая для буксировки судна со скоростью v, так называемая *буксировочная мощность* (в кВт или л. с.),

$$EPS = Rv/75.$$

В этой формуле сопротивление R выражается в Н или кгс, скорость v — в м/с.

Однако, чтобы обеспечить судну заданную скорость, мощность, подведенная к гребному винту (на гребном валу), должна быть больше буксировочной мощности вследствие неизбежных потерь, возникающих в процессе преобразования энергии, подводимой к гребному винту, в энергию поступательного движения судна.

Отношение буксировочной мощности EPS к мощности на гребном валу N_p называют *пропульсивным коэффициентом* $\eta = EPS/N_p$.

Пропульсивный коэффициент η равен произведению КПД гребного винта η_p на так называемый коэффициент влияния корпуса $\eta_к$, зависящий от формы кормовых обводов, местоположения гребного винта и ряда других факторов и равный 0,8—1,2. У современных судов пропульсивный коэффициент колеблется в пределах 0,55—0,75, причем, чем он больше, тем лучше качество

движителя и условия его работы за корпусом. Понятно, что мощность на фланце главного двигателя должна быть больше мощности на гребном валу, чтобы компенсировать потери в редукторе ($\eta_{ред} = 2 \div 4$ %), в подшипниках валопровода ($\eta_в = 2 \div 3$ %) или в других специальных передачах (электрической, гидравлической и т. п.). В результате мощность N_e на фланце главного двигателя при известной буксировочной мощности может быть определена выражением $N_e = EPS/\eta \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_в$.

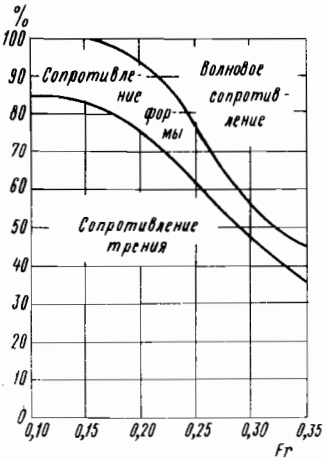


Рис. 4.21. Распределение составляющих полного сопротивления при изменении относительной скорости

Чтобы приближенно оценить мощность двигателя, необходимого для обеспечения заданной скорости, можно пользоваться формулой адмиралтейских коэффициентов $N_e = D^{2/3}v_3/C$, где N_e — мощность на валу главного двигателя, кВт; D — водоизмещение, т; v — скорость, уз; C — адмиралтейский коэффициент. Значение C определяется по известным величинам N_e и v близких по размерам однотипных судов. Обычно у морских транспортных судов $C = 340 \div 540$.

Доля различных составляющих полного сопротивления зависит от *относительной скорости* судна, которая выражается так называемым числом Фруда $\mathrm{Fr} = v/\sqrt{gL}$, где Fr — относительная скорость, или число Фруда; v — скорость, м/с; L — длина судна, м; g — ускорение свободного падения (9,81 м/с^2).

Суда, у которых $\mathrm{Fr} \leqslant 0{,}20$, называют тихоходными, 0,20—0,25 — среднескоростными, 0,25—0,35 — быстроходными. У тихоходных судов основную долю полного сопротивления (ок. 80 %) составляет сопротивление трения (рис. 4.21). У быстроходных судов, наоборот, растет доля остаточного сопротивления, которое достигает 50—55 % полного. Поэтому при проектировании тихоходных судов особое внимание обращают на уменьшение сопротивления трения, а при проектировании быстроходных на уменьшение сопротивления формы и волнового сопротивления.

Уменьшения сопротивления трения можно достичь, сократив площадь смоченной поверхности или уменьшив ее шероховатость. Перспективным, особенно для речных судов, является предложенный советскими учеными метод создания «воздушной смазки» под корпусом судна путем подачи воздуха от вентилятора через отверстия, расположенные в носовой части днища.

Снижения сопротивления формы стараются достичь, уменьшая коэффициент общей полноты, улучшая плавность обводов и отрабатывая форму кормовой оконечности.

Для уменьшения волнового сопротивления заостряют носовую оконечность. В ряде случаев применяют бульбовую форму носа

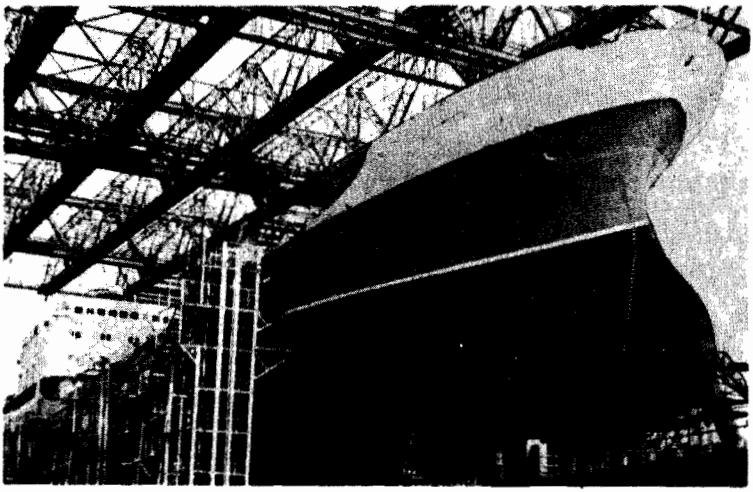


Рис. 4.22. Бульбовая форма носовой оконечности

(рис. 4.22), что особенно эффективно на судах с высокой относительной скоростью (более 0,25—0,26), а также на тихоходных судах с большими коэффициентами общей полноты и малыми отношениями L/B, к которым относятся, например, современные танкеры. В частности, на танкерах типа «София» применение «бульбы» позволило на 5 % увеличить скорость при прежней мощности (что равносильно уменьшению мощности, необходимой для достижения заданной скорости, на 15 %, т. е. примерно на 2200 кВт). Применение бульбовых обводов в подводной части носовой оконечности позволяет без ухудшения ходкости сократить длину, увеличить ширину и коэффициент общей полноты, что, в свою очередь, приводит к снижению массы корпуса судна и соответственному повышению его грузоподъемности. Благодаря экономической эффективности таких обводов их широко применяют при создании крупных морских судов.

Большое распространение получили в последние годы суда на подводных крыльях (СПК) (рис. 4.23). Благодаря укрепленным под корпусом судна пластинам (крыльям), оно по мере разбега и образования на крыльях подъемной силы приподнимается над водой. В результате резко уменьшается сопротивление воды движению судна, и оно развивает большую скорость при относительно небольшой мощности главного двигателя.

Еще большую скорость развивают суда на воздушной подушке (СВП) (рис. 4.24). Такие суда имеют специальные вентиляторы, которые нагнетают воздух под днище и создают между ним и поверхностью воды воздушную подушку толщиной в несколько сантиметров. Для уменьшения энергетических затрат на поддержание воздушной подушки на новых СВП устанавливают

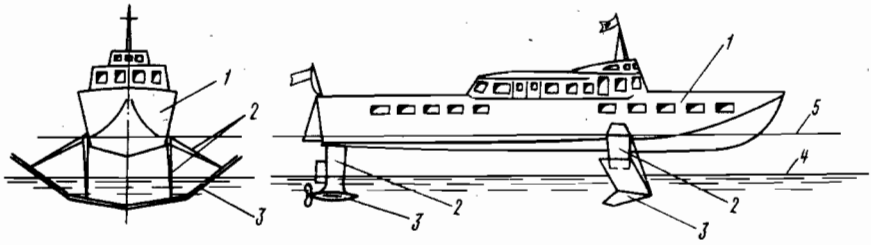


Рис. 4.23. Судно на подводных крыльях (схема):

1 — корпус; *2* — стойки; *3* — подводные крылья; *4* — ватерлиния на ходу судна; *5* — ватерлиния на стоянке судна

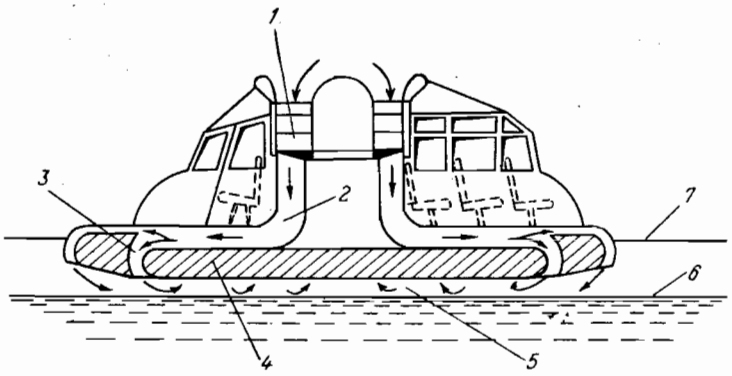


Рис. 4.24. Судно на воздушной подушке (разрез по воздушному каналу).

1 — вентилятор; *2* — воздушная шахта; *3* — воздушный канал; *4* — отсек плавучести; *5* — воздушная подушка; *6* — ватерлиния при работающем вентиляторе; *7* — ватерлиния при неработающем вентиляторе

по периметру частично погруженные в воду жесткие (скеги) или гибкие ограждения. СВП может перемещаться вдоль водной поверхности со скоростью 50—60 уз при относительно небольшой мощности двигателей. Пассажирские СВП, в том числе и достаточно крупные, построенные в разных странах, свидетельствуют об их перспективности.

Так как при движении судна под поверхностью воды полностью отсутствует волновое сопротивление, в последнее время появились проекты подводных транспортных судов, в частности, подводных танкеров водоизмещением 100 000—170 000 т, со скоростью до 30 уз. Однако строительство таких подводных танкеров пока еще нигде не начато.

§ 4.9. Качка

К а ч к о й называют колебательные движения около положения равновесия, совершаемые свободно плавающим на поверхности воды судном.

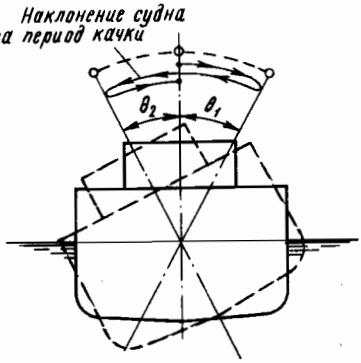


Рис. 4.25. Параметры качки: θ_1, θ_2 — амплитуды; $(\theta_1 + \theta_2)$ — размах

Качка судна возникает, как правило, на взволнованном море под действием набегающих волн. Но она может возникать и на тихой воде, если на судно действуют какие-либо внешние внезапно приложенные (динамические) силы, которыми могут быть шквал ветра, рывок буксирного троса, раскачивание подвешенного груза и пр.

Раскачивание судна под влиянием возмущающих периодических, т. е. действующих через определенные промежутки времени сил, например набегающих волн, называют *вынужденными колебаниями* судна. Такие колебания совершаются судном в течение всего времени действия возмущающих сил. Раскачивание судна на тихой воде под влиянием случайной возмущающей силы после прекращения ее действия называют *свободными колебаниями* судна. Благодаря наличию сил сопротивления качке (трения воды, сопротивления воздуха и пр.) свободные колебания постепенно затухают и прекращаются. Качка, как и любое колебательное движение, характеризуется следующими параметрами, или основными характеристиками (рис. 4.25): *амплитудой* — наибольшим отклонением от среднего до крайнего положения качающегося тела; *размахом* — суммой двух последовательных амплитуд; *периодом* — временем совершения двух полных размахов; *частотой* — количеством колебаний в единицу времени (величина, обратная периоду). Качка судна, вызывающая неприятные ощущения («морскую болезнь») у находящихся на нем людей, опасна и для установленных на судне механизмов и приборов, так как возникающие при изменении направления движения ускорения вызывают появление сил инерции, которые стремятся сдвинуть с фундаментов котлы, главные двигатели и другое оборудование, имеющее большую массу. Эти же силы нарушают нормальную работу механизмов и приборов, поэтому при проектировании судна, когда рассчиты-

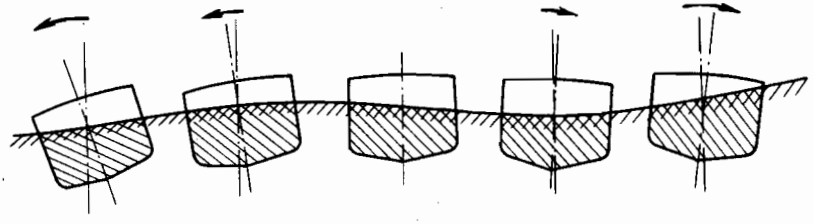


Рис. 4.26. Бортовая качка на волнении

вают фундаменты и крепления на них механизмов, учитывают действие сил, возникающих при качке, а судовое оборудование изготовляют в «морском исполнении».

Различают бортовую, килевую и вертикальную качки.

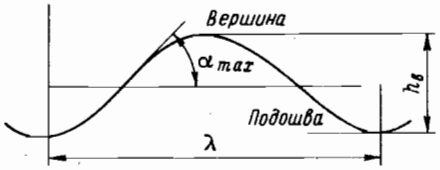


Рис. 4.27. Элементы ветровой волны: λ — длина волны; $h_в$ — высота волны; α_{max} — максимальный угол волнового склона

Бортовой качкой называют колебательные движения, совершаемые судном вокруг проходящей в ДП продольной оси (рис. 4.26). Она вызывается волнением при положении судна лагом к волне, т. е. параллельно гребням волн, или при косом курсе к волне, а также упомянутыми выше случайными динамическими силами. Бортовая качка наиболее опасна и неприятна, так как при относительно малом периоде (от 6—9 с у малых судов до 10—15 с у средних и больших судов) и больших амплитудах измеряемых в углах крена (10—30°), возникают большие ускорения, опасные для механизмов и неприятные для людей *. Период свободных колебаний при бортовой качке зависит от формы корпуса судна и распределения масс собственно судна и груза. Для приближенного определения периода свободных колебаний судна на тихой воде можно пользоваться известной «капитанской» формулой $T_б = CB/\sqrt{h}$, где $T_б$ — период бортовой качки судна, с; B — ширина судна, м; h — начальная поперечная метацентрическая высота, м; C — коэффициент, равный для грузовых судов 0,78—0,81; для пассажирских, промысловых баз и научно-исследовательских — 0,85—0,88.

Из приведенной формулы видно, что чем больше начальная метацентрическая высота h, тем меньше период бортовой качки $T_б$, т. е. тем порывистее и тяжелее качка. В этом одно из основных затруднений, возникающих при проектировании судна, так как стремление увеличить остойчивость судна приводит к увеличению порывистости качки. Поэтому значение начальной метацентрической высоты приходится выбирать минимально необходимым для обеспечения остойчивости, чтобы бортовая качка не была слишком порывистой.

При плавании судна на волнении, период которого, т. е. время между набеганием на судно двух соседних гребней волн, равен или близок периоду собственных колебаний судна, амплитуды вынужденных колебаний судна достигают наибольших значений. Наступает явление резонанса, которое может привести даже к опрокидыванию судна. Судоводитель должен знать период

* Наблюдения показывают, что нетренированный человек переносит без неприятных ощущений ускорения не более 0,1 земного ускорения, т. е. около 1 м/с².

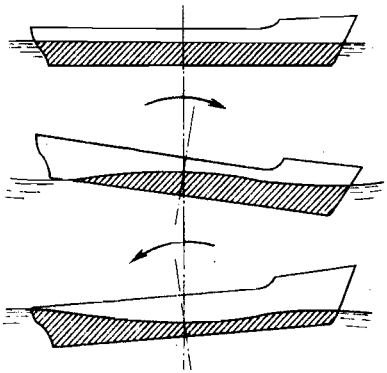


Рис. 4.28. Килевая качка

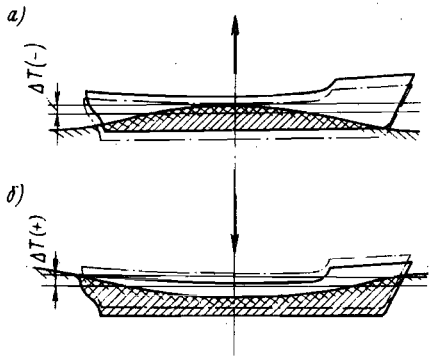


Рис. 4.29. Вертикальная качка на волнении: *а* — всплытие на вершине волны; *б* — погружение на подошве волны

собственных колебаний судна и период волны, который определяют в зависимости от длины волны, измеряемой расстоянием между соседними гребнями (рис. 4.27), по формуле $\tau = 0{,}8\sqrt{\lambda}$, где τ — период волны, с; λ — длина волны, м.

В океане чаще всего встречаются волны длиной 90—100 м, высотой 4—5 м и периодом 7—9 с. Самые длинные из наблюдавшихся волн — 900 м (высота 18—20 м). При изменении курса или скорости движения судна меняется кажущийся период набегающей волны и судно выходит из резонанса. Для правильного маневрирования на взволнованном море необходимо объективно оценивать степень волнения. В СССР волнение оценивается по девятибалльной шкале Главного управления гидрометслужбы в зависимости от высоты волны (см. табл. 8) *. Так как длина океанской волны в 15—35 раз больше ее высоты (в зависимости от бассейна; в среднем — в 20 раз), то, зная степень волнения, можно определить длину и период волн.

Килевой качкой называют колебательные движения, совершаемые судном вокруг поперечной оси. Килевая качка возникает главным образом при движении судна поперек волны (рис. 4.28).

Период килевой качки на тихой воде обычно меньше периода бортовой качки. Его можно приближенно определить по формуле $T_к = 2{,}4\sqrt{T}$, где $T_к$ — период килевой качки, с; T — осадка судна, м.

Но вследствие большого сопротивления судна килевой качке и большой продольной остойчивости свободные колебания при килевой качке на тихой воде быстро затухают. Поэтому при плавании судна в разрез волны килевая качка представляет собой только вынужденные колебания и совершается с периодом возмущающей силы, т. е. с периодом набегающей волны.

При килевой качке не возникает опасности опрокидывания судна через нос или корму, однако вполне возможно нежелательное заливание или оголение оконечностей и удары корпуса о воду (*слеминг*). Кроме того, несмотря на малые по сравнению с бортовой

* Приведенные в таблице высоты волн соответствуют волнам 3 %-ной обеспеченности (это означает, что из 100 последовательных волн в условиях нерегулярного волнения только три могут иметь высоту больше указанной).

качкой амплитуды, ускорения, возникающие при этом в оконечностях, значительно превосходят ускорения от бортовой качки и представляют опасность для расположенных там механизмов.

Вертикальной качкой называют колебательные движения, совершаемые судном в вертикальной плоскости вверх и вниз и вызываемые изменением сил поддержания при прохождении волны под судном. Если гребень волны находится под средней частью, т. е. более полной, чем оконечности, сила поддержания увеличивается, и судно всплывает (рис. 4.29, *а*). Когда под средней частью судна находится подошва волны, силы поддержания уменьшаются, и судно погружается глубже (рис. 4.29, *б*). Период вертикальной качки равен периоду волны, а ее амплитуды, измеряемые в метрах, зависят от размеров судна и волнения.

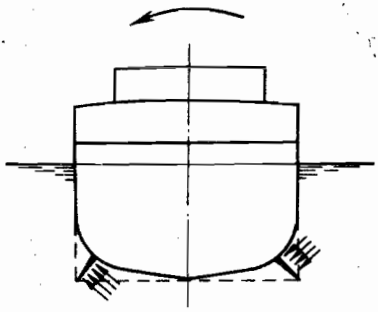


Рис. 4.30. Схема действия скуловых (боковых) килей

При плавании судна на взволнованном море оно испытывает одновременно бортовую, килевую и вертикальную качку.

Успокоители качки. Для предотвращения неприятных последствий от действия качки на судах применяют успокоители качки, которые по характеру действия делятся на пассивные — неуправляемые, и активные — управляемые.

Самыми простыми успокоителями качки, применяемыми практически на всех судах, являются *скуловые* (*боковые*) *кили* (рис. 4.30). Они представляют собой стальные пластины, установленные в районе скулы примерно на $^1/_3$ длины судна в средней его части. Кили создают дополнительное сопротивление при бортовой качке и способствуют значительному уменьшению амплитуд — в 1,5—2 раза (на период качки скуловые кили не влияют). Недостатком их является некоторое увеличение сопротивления воды из-за смоченной поверхности, что вызывает уменьшение скорости на 2—3 %. Скуловые кили относятся к числу пассивных успокоителей качки.

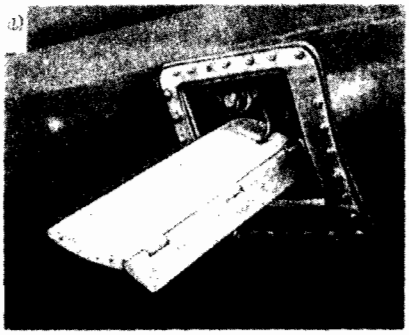
Более значительное уменьшение амплитуд бортовой качки можно получить, установив *активные боковые рули* (рис. 4.31). По конструкции это такие же рули, как и обычные, но их располагают в плоскости, близкой к горизонтальной, и устанавливают с каждого борта по одному или по два. Рули поворачиваются вокруг своей оси таким образом, чтобы при колебании судна создавалась сила, противодействующая его наклонению на этот борт. После переваливания судна на другой борт рули поворачиваются так, что противодействующая сила создается в обратном направлении. Рули приводятся в действие электрогидравличе-

скими машинами, управляемыми по сигналам датчиков, которые реагируют на направление и скорость наклонения судна.

Недостатком активных боковых рулей является их сложность, высокая стоимость и способность эффективно работать только на ходу судна (при скорости не менее 10—15 уз). Но, несмотря на это, все океанские пассажирские лайнеры оборудуют успокоителями именно этого типа, так как они уменьшают амплитуды качки с 15—20° до 2—3°. Такими успокоителями оборудованы советские лайнеры типа «Иван Франко», «Белоруссия» и др. Для успокоения качки используют также специальные цистерны с переливающейся в них водой (рис. 4.32).

Цистерны располагают по бортам и соединяют переливными трубами (в двойном дне) и воздушным каналом с разобщающим вентилем (в верхней части цистерн). Диаметр переливных труб и степень открытия вентиля на воздушном канале подбирают таким образом, чтобы при качке судна переливание воды с борта на борт несколько отставало от наклонения судна и тем самым создавало кренящие моменты, противодействующие наклонению. Успокоительные цистерны бывают *пассивные*, в которых вода переливается самотеком, и *активные* — в них воду перекачивают специальными насосами.

Большое распространение получили в последнее время пассивные успокоители качки типа «Флюм», состоящие из трех цистерн, расположенных поперек судна и соединенных между собой отверстиями в переборках, или перетоками (рис. 4.33). Уменьшение качки происходит за счет переливания жидкости из цистерны одного борта в цистерну противоположного борта через среднюю ци-



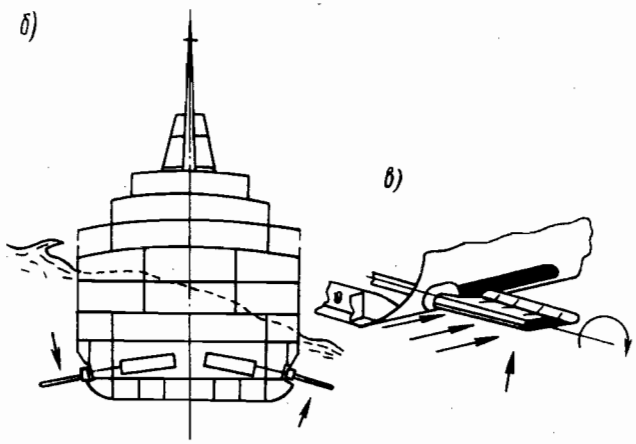


Рис. 4.31. Активные боковые рули: *а* — общий вид; *б* — схема действия; *в* — силы, действующие на боковой руль

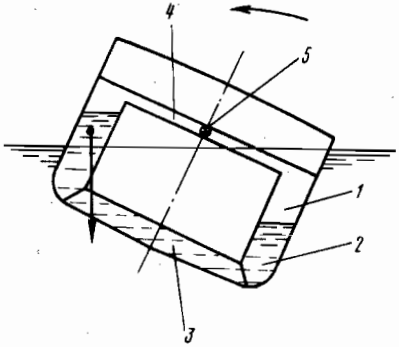


Рис. 4.32. Пассивные успокоительные цистерны.

1 — воздух; *2* — вода; *3* — переливная труба в двойном дне; *4* — соединительный воздушный канал; *5* — воздушный вентиль

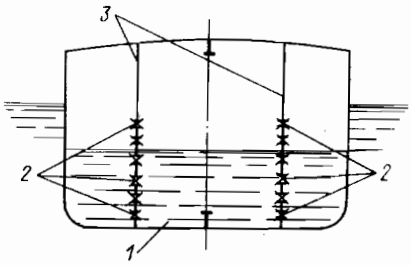


Рис. 4.33. Успокоительные цистерны (типа «Флюм» на танкере).

1 — рабочая жидкость (груз — нефть, или балласт); *2* — отверстия; *3* — продольные переборки

стерну. Сечения переливных отверстий (перетоков) подбирают заранее расчетным путем так, чтобы при качке судна образовывались препятствующие раскачиванию моменты от медленно перетекающей с борта на борт жидкости. Обычно в цистернах этого типа в качестве рабочей жидкости используют груз (на танкерах), топливо или жидкий балласт. Масса рабочей жидкости должна составлять примерно 2—3 % водоизмещения судна. Цистерны типа «Флюм» уменьшают амплитуды качки в 1,3—1,6 раза.

Успокоения килевой качки в принципе можно добиться, установив *управляемые горизонтальные рули* (типа боковых) в оконечностях судна, но пока такие успокоители практически не применяют. Одним из средств уменьшения килевой качки является соответствующее проектирование формы носовой оконечности судна и, в частности, создание большого развала бортов выше ватерлинии в носу. Успокоителей вертикальной качки судна не существует.

§ 4.10. Управляемость

Управляемость судна характеризуется двумя качествами: *поворотливостью*: т. е: способностью судна изменять по желанию судоводителя направление движения, и *устойчивостью* на курсе, т. е. способностью судна сохранять заданное ему прямое направление движения без отклонения в стороны. Неустойчивые на курсе суда называются *рыскливыми*. Как поворот, так и удержание на курсе осуществляют с помощью руля.

Судно движется под действием упора P, создаваемого движителем. При перекладке руля, т. е. при повороте его на некоторый угол от среднего положения, на одну сторону руля начинает действовать давление набегающего потока воды (рис. 4.34), создающее силу R.

Разложив силу R на два взаимно перпендикулярных направления — вдоль и поперек судна — получим силы R_x и R_y. Если приложить условно в ЦТ судна две одинаковые, противоположно направленные, т. е. взаимно исключающие

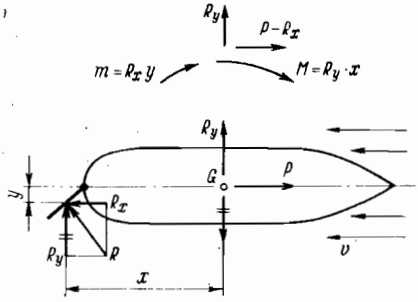


Рис. 4.34. Схема сил, действующих на судно при перекладке руля

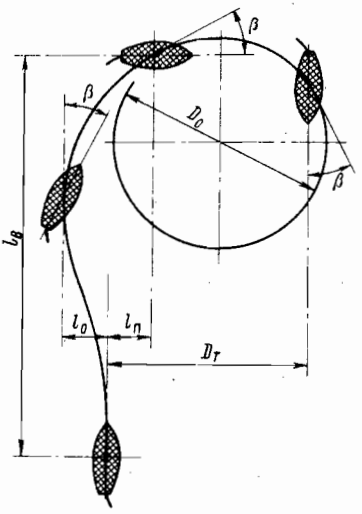


Рис. 4.35. Элементы циркуляции судна: l_0 — обратное смещение; $l_п$ — прямое смещение; $l_в$ — выдвиг; β — угол дрейфа; D_0 — диаметр циркуляции; $D_т$ — тактический диаметр циркуляции

друг друга силы, равные R_y, то получим систему сил, действующих на судно при перекладке руля.

Таким образом, на судно кроме упора P, уменьшенного на величину R_x, действует момент $M = R_y x$, поворачивающий судно, сила R_y, смещающая судно перпендикулярно к ДП, и небольшой момент $m = R_x y$, доворачивающий судно в направлении разворота (момент m образуется благодаря смещению из ДП точки приложения сил к плоскости пера руля). Чем больше угол перекладки руля, скорость судна (скорость набегающего потока воды) и площадь боковой поверхности руля, тем больше будет абсолютное значение силы R, а следовательно, и сил, поворачивающих судно.

Сразу же после перекладки руля на борт ЦТ судна начинает описывать в горизонтальной плоскости сложную кривую, называемую *циркуляцией* (рис. 4.35).

После начала маневра судно начинает дрейфовать в сторону, противоположную той, куда выполняется поворот. Так происходит потому, что появляющаяся при повороте руля сила R_y, будучи направлена перпендикулярно к движению судна, не только стремится повернуть его, но и сдвигает несколько вбок все судно (см. выше). Расстояние l_0, которое проходит при этом судно, называется *обратным смещением*.

Перемещение судна в противоположную повороту сторону длится недолго, и вскоре судно под действием переложенного на борт руля начинает поворачиваться в заданную сторону. При этом ЦТ судна начинает описывать правильную окружность, и ДП образует постоянный угол с направлением движения, называемый *углом дрейфа* β, который при максимальном угле перекладки руля (30—35°) обычно не превышает 12—15°.

Расстояние $l_п$, которое проходит ЦТ судна от прямого направления движения до момента, когда судно повернуто на 90°, называется *прямым смещением*, а расстояние $l_в$ от начала маневра до поворота на 90° (в направлении прямого курса) называется *выдвигом*. Диаметр правильной окружности D_0, которую начинает описывать судно после начала установившейся циркуляции, называется *диаметром циркуляции*, а расстояние $D_т$ (в направлении, перпендикулярном к прямому курсу) от начала маневра до момента поворота на 180° называется *тактическим диаметром циркуляции*.

Поворотливость судна обычно оценивают по диаметру циркуляции, отнесенному к длине судна. У большинства морских судов диаметр циркуляции равен 3—5, а у речных — 2—3 длинам судна. Устойчивость судна на курсе оце-

нивается по количеству малых перекладок руля с борта на борт, которые необходимо совершить в минуту для удержания судна на прямом курсе. Для устойчивого судна в спокойную погоду достаточно 4—6 перекладок руля на 3—5° в минуту.

Совершая циркуляцию, судно в первый момент перекладки руля кренится в сторону перекладки, а затем, по мере развития циркуляции, начинает крениться в сторону, противоположную перекладке, т. е. в сторону, наружную от центра циркуляции. Это происходит под действием момента гидродинамических сил бокового сопротивления воды, приложенных в ЦВ и в центре площади пера руля, а также под действием центробежных сил инерции, приложенных в ЦТ судна. У судов с малой остойчивостью крен на циркуляции на полном ходу может достигать 12—15°. На пассажирских судах крен на циркуляции более 7° нежелателен, а более 12° считается недопустимым.

Управляемость судна является одним из важнейших мореходных качеств, обеспечивающих безопасность плавания судна, поэтому улучшению управляемости уделяется большое внимание. В частности, с этой целью на судах, к которым предъявляются высокие требования по управляемости, а также для обеспечения хорошей управляемости на малых ходах и при швартовках, когда обычный руль неэффективен, применяют *средства активного управления судами* — подруливающие устройства, активные рули, вспомогательные движительно-рулевые колонки, поворотные насадки, а также крыльчатые и водометные движители.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные эксплуатационные и мореходные качества судна.
2. Что такое дедвейт судна? Его состав?
3. Что измеряют регистровыми тоннами? Чему равна одна регистровая тонна?
4. Напишите и объясните уравнение плавучести.
5. Что называют остойчивостью судна? Как увеличить остойчивость? Что такое начальная метацентрическая высота?
6. Чему равен один узел?
7. Назовите основные составляющие полного сопротивления воды движению судна. Что способствует их уменьшению?
8. Перечислите виды качки судна и ее основные параметры.
9. Чем характеризуется управляемость судна?

Глава пятая

АРХИТЕКТУРА СУДНА

§ 5.1. Архитектурно-конструктивные типы судов

Архитектурно-конструктивный тип судна определяется его внешней формой, а также числом палуб основного корпуса.

Внешняя форма судна зависит от формы основного корпуса; числа, расположения и формы надстроек и рубок; местоположения главных механизмов и формы дымовых труб; типа и расположения грузового устройства, рангоута (мачт) и т. д.

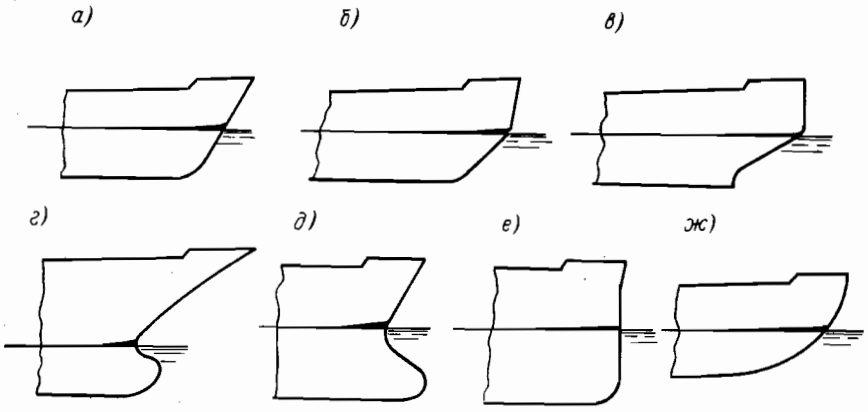


Рис. 5.1. Типичные формы носовой оконечности морских судов: *а* — обыкновенный нос транспортного судна с прямым наклонным форштевнем; *б* — нос судна ледового плавания («полуледокольная» форма); *в* — нос ледокола; *г* — клиперский нос с «бульбом» быстроходного пассажирского лайнера; *д* — бульбообразный нос; *е* — цилиндрический нос супертанкера; *ж* — ложкообразный нос рыбопромыслового судна

Форма основного корпуса характеризуется формой штевней, линии седловатости и килевой линии, обводами кормовой оконечности, определяемыми количеством гребных винтов, формой борта на миделе и т. д. На рис. 5.1 показаны наиболее распространенные *формы носовой оконечности* морских судов.

У обычных морских транспортных судов форштевень прямой, с наклоном вперед; это придает форме корпуса стремительность, улучшает всхожесть судна на волну и уменьшает заливаемость палубы.

Транспортные суда ледового плавания, а также некоторые буксиры имеют так называемую полуледокольную форму носовой оконечности — с наклоном форштевня в подводной части на 40—50° и с почти вертикальной надводной частью форштевня. Наклон форштевня в подводной части улучшает условия плавания в битом льду, а почти вертикальный форштевень в надводной части позволяет следовать судну за ледоколом при проводке через ледяные поля, упираясь носом в специальный выем в корме ледокола. Для улучшения ледовых качеств ледоколов их форштевень в подводной части выполняют с большим наклоном (примерно 25—30°).

На быстроходных пассажирских и сухогрузных судах носовая оконечность имеет бульбообразную форму в подводной части и клиперские образования в надводной. Наличие бульба, как указывалось выше, уменьшает волнообразование и способствует уменьшению сопротивления воды движению судна, а клиперский нос позволяет получить более стремительную форму и уменьшает заливаемость палубы (название «клиперский» перешло от парусных судов — клиперов, имевших аналогичную форму форштевня).

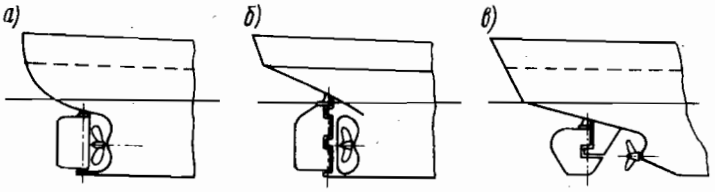


Рис. 5.2. Типичные формы кормовой оконечности морских судов: *а* — крейсерская корма; *б* — обыкновенная корма с подвором; *в* — транцевая корма

В последние годы бульбовую форму носа широко применяют на танкерах и сухогрузных судах с умеренными скоростями (см. § 4.8). На супертанкерах получила распространение, наряду с бульбовой, носовая оконечность цилиндрической формы, несколько похожая на утюг.

У небольших промысловых судов (траулеров, сейнеров и др.) форштевень имеет обычно округлую «ложкообразную» форму.

Форма кормовой оконечности морских судов (рис. 5.2) может быть самой различной, однако наиболее часто встречаются крейсерская, обыкновенная и транцевая корма, а также крейсерская, срезанная в надводной части по форме транца.

Для морских быстроходных транспортных судов (грузовых, пассажирских и пр.) наиболее характерна крейсерская корма. Обыкновенная корма с подзором типична для тихоходных и речных судов, транцевая — для специальных судов, быстроходных катеров и т. п. В последнее время транцевую форму кормы в надводной части и крейсерскую — в подводной широко применяют на морских транспортных и крупных промысловых судах.

Форма кормовой оконечности в значительной мере зависит от количества гребных винтов. У одновинтового судна в ДП в районе расположения винта делают достаточно большой вырез, или «окно», в ахтерштевне. У двухвинтового судна обводы в корме также должны обеспечивать размещение гребных винтов. Поэтому, когда говорят об архитектурном типе судна, обязательно указывают, сколько гребных винтов оно имеет. Форму подводной части кормы характеризует также форма и протяженность *дейдвуда* — узкой оконечности корпуса, в которую переходит килевая балка.

Седловатость верхней палубы, представляющая собой плавный подъем палубы от миделя в нос и в корму, также влияет и на внешний вид судна. Различают суда со стандартной седловатостью, определяемой по Правилам о грузовой марке, суда с уменьшенной или увеличенной седловатостью и суда без седловатости. Часто седловатость выполняют не плавно, а прямыми участками со сломами — два-три участка на половине длины судна. Благодаря

этому верхняя палуба не имеет двоякой кривизны, что упрощает ее изготовление.

Килевая линия большинства судов представляет собой горизонтальную прямую. Однако некоторые типы судов, например портовые буксиры, промысловые суда и пр., имеют наклонную килевую линию, т. е. так называемый конструктивный дифферент на корму (или, реже, на нос). Этим достигается лучшая поворотливость судна.

Форма борта на миделе бывает плоской или, редко, скругленной, вертикальной или наклонной (у судов ледового плавания).

По числу и расположению надстроек * различают следующие архитектурные типы судов (рис. 5.3): *трехостровные*, имеющие три надстройки: бак, среднюю надстройку и ют. Если сумма расстояний между надстройками составляет менее 25 % длины судна, то такое судно называют колодезным; *двухостровные*, имеющие две надстройки: чаще всего бак и ют. Эти суда также могут иметь удлиненный бак или удлиненный ют — в тех случаях, когда средняя надстройка сливается с баком или ютом; *одноостровные*, имеющие одну надстройку: бак или ют; *со сплошной надстройкой* по всей длине судна; *гладкопалубные без надстроек*, у которых имеются только рубки.

Кроме перечисленных основных архитектурных типов судов встречаются *квартердечные* суда, т. е. суда, имеющие квартердек — местный подъем верхней палубы на 0,8—1,2 м в кормовой части. Такие суда помимо квартердека могут иметь любые надстройки.

Характерным признаком, отличающим конструктивный тип судна и присущим всем морским судам, является соответствие предельно допустимой по Правилам о грузовой марке осадки той осадке, которая назначена судну при его проектировании и принята в расчетах прочности корпуса. Если проектная осадка соответствует осадке по Правилам, то такое судно называют *судном с минимальным надводным бортом*, или *полнонаборным*, если же она меньше, то — *судном с избыточным надводным бортом*.

Архитектурно-конструктивный тип с минимальным надводным бортом характерен для судов, перевозящих относительно тяжелые грузы: лес, зерно, руду, уголь, нефть, нефтепродукты и т. п. Суда, предназначенные для перевозки относительно легких грузов, имеют избыточный надводный борт. Суда с минимальным или избыточным надводным бортом могут иметь любые надстройки.

К признакам, отличающим архитектурно-конструктивный тип грузовых судов, относится также степень раскрытия палубы над грузовыми трюмами. Чем больше это раскрытие, тем удобнее

---

* При этом рубки, т. е. расположенные на верхней палубе помещения, бортовые стенки которых не доходят до бортов более чем на 0,04 ширины судна, не учитывают.

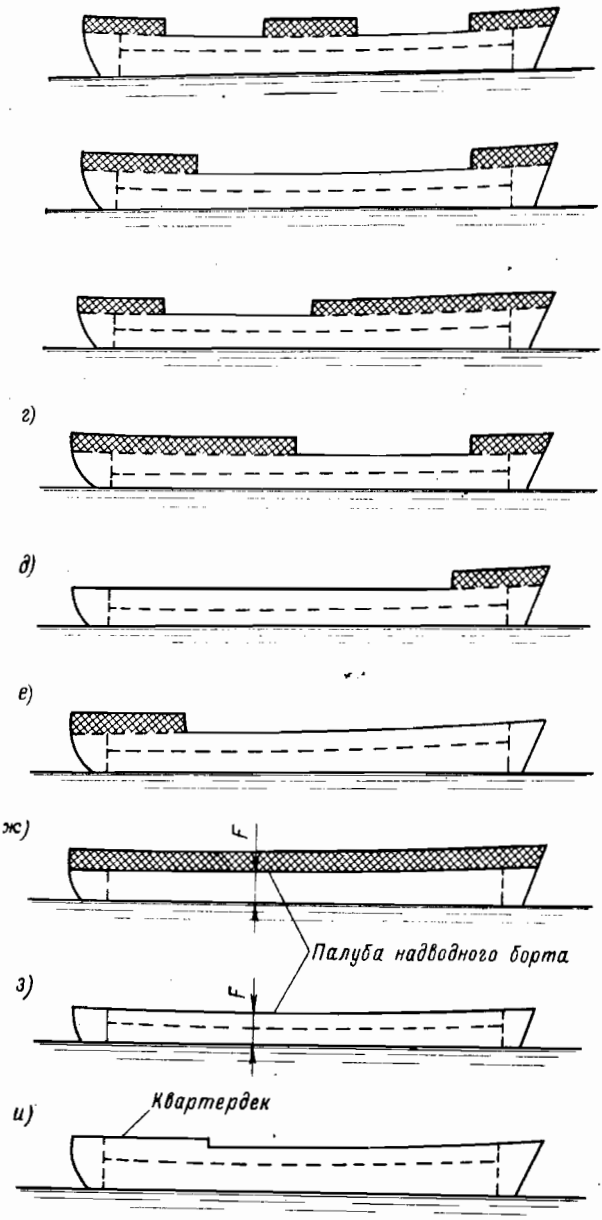


Рис. 5.3. Архитектурно-конструктивные типы судов, отличающиеся числом и расположением надстроек: *а* — трехостровное судно; *б* — двухостровное; *в* — двухостровное с удлиненным баком; *г* — двухостровное с удлиненным ютом; *д* — одноостровное с баком; *е* — одностороннее с ютом; *ж* — со сплошной надстройкой; *з* — гладкопалубное без надстроек; *и* — квартердечное

и быстрее проводятся погрузочно-разгрузочные операции, тем меньше простаивает судно в порту. В последние годы получили распространение так называемые суда открытого типа, т. е. такие, у которых степень раскрытия палубы составляет более 60—65 % ее площади над грузовой частью. Это достигается

за счет создания либо центральных грузовых люков больших размеров (шириной 0,7—0,8 от ширины судна), либо сдвоенных (парных) и даже строенных люков меньшего размера, расположенных соответственно по два-три по ширине судна. Одними из первых в мире судов открытого типа были советские сухогрузы типа «Полтава» и «Бежица» с парными люками.

§ 5.2. Архитектура внешней формы судна

При разработке проекта нового судна уже на самых начальных стадиях проектирования рука об руку с конструкторами-судостроителями работают специалисты в области судовой архитектуры. Их общая цель — создание наиболее совершенного судна, отвечающего не только технико-эксплуатационным, но и эстетическим требованиям. При этом большое внимание уделяется внешнему виду судна, особенно дальнего плавания, так как по нему судят о достижениях страны, которую оно представляет.

Большую роль в формировании архитектуры судна играет не только форма основного корпуса, выбираемая в соответствии с технико-эксплуатационными показателями, но и форма надстроек, количество ярусов, форма вырезов в фальшборте, а также дымовых труб и их количество, окраска корпуса и надстроек. Внешняя форма судов в результате творческого участия специалистов-архитекторов в создании проектов постоянно совершенствуется и отвечает особенностям современной архитектуры. Строившиеся в 60-х годах надстройки и рубки имели обтекаемые формы, а надстройки и рубки новых судов имеют очень лаконичные простые прямоугольные формы (рис. 5.4). Обтекаемые формы судовых рубок и дымовых труб, отличавшиеся сложностью изготовления, стали в последнее время заменять упрощенными плоскими конструкциями, рациональными технологически. Это позволяет широко использовать при их проектировании и производстве новые прогрессивные методы (типовые планировочные решения, автоматизацию изготовления конструктивных элементов и узлов, модульный метод формирования и обстройки помещений и т. п.). Все это способствует существенному снижению трудоемкости и стоимости постройки судов.

Особое внимание уделяется архитектуре крупных пассажирских судов. Форму и наклон вырезов в фальшборте, протяженность рубок, зависящих от количества ярусов, принимают по возможности такими, чтобы внешний вид и силуэт судна были динамичными (рис. 5.5).

Переходным кницам от бака к фальшборту и козырьку в носу придается удлиненная форма, а дымовой трубе — конусообразная, с наклоном верхней части. На многих дизельных судах трубу объединяют с сигнальной мачтой; нередко устанавливают две рядом стоящие трубы (рис. 1.10), что позволяет более удобно

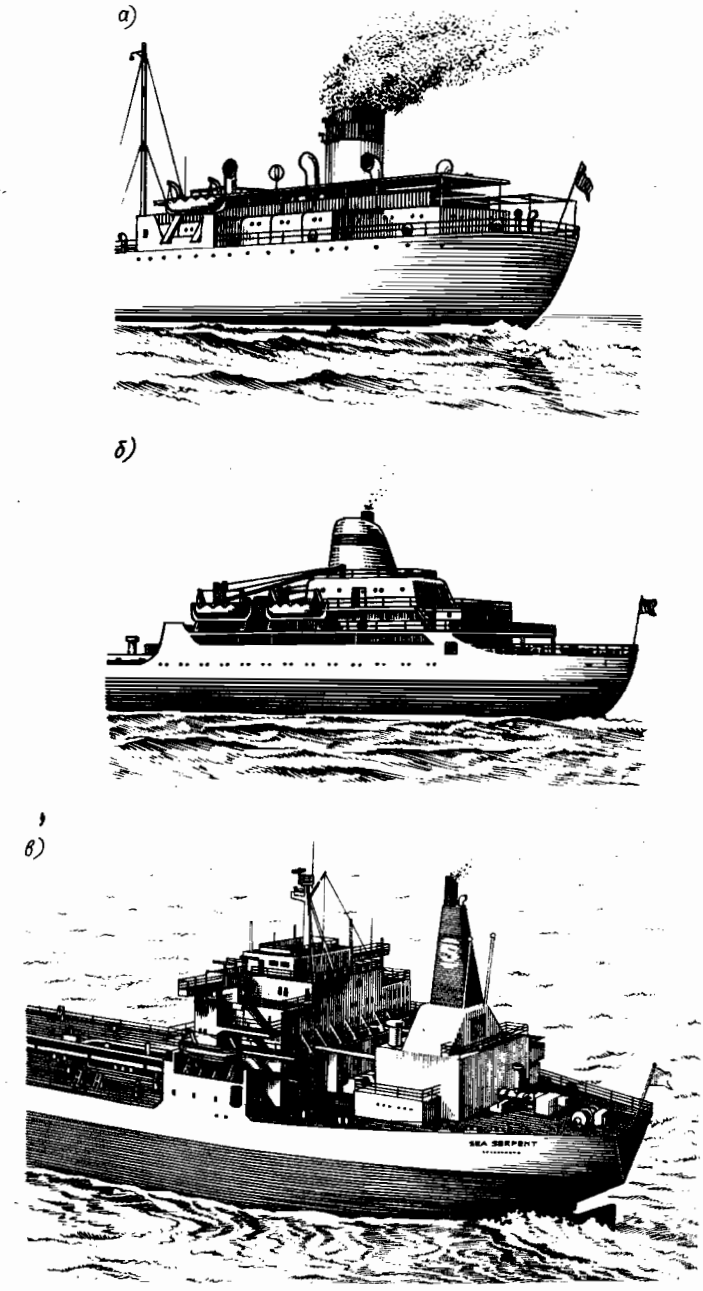


Рис. 5.4. Кормовая оконечность танкера: *а* — постройки 30-х годов; *б* — постройки 60-х годов; *в* — постройки 80-х годов

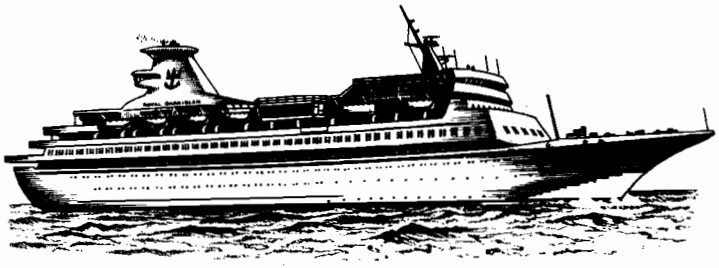


Рис. 5.5. Боковой вид современного океанского пассажирского лайнера

расположить дымоходы и получить значительную выгоду, особенно для океанских судов, имеющих большую ширину: супертанкеров, пассажирских лайнеров и т. п.

На архитектуру судна влияет также и местоположение машинно-котельного отделения (МКО) по длине, так как это определяет расположение основной жилой надстройки и дымовой трубы. Так, для судов, строившихся до начала 50-х годов, было характерно среднее расположение МКО, на современных морских транспортных судах чаще встречается чисто кормовое либо сдвинутое в корму от миделя так называемое п р о м е ж у т о ч н о е расположение (рис. 5.6).

В настоящее время практически все наливные суда, суда для перевозки навалочных грузов и большинство сухогрузных имеют кормовое расположение МКО и жилой надстройки. Размещение МКО в корме дает существенные преимущества: высвобождает удобные для укладки груза объемы в средней части корпуса; уменьшает кубатуру корпуса, занимаемую под МКО; сокращает длину валопровода, а следовательно, снижает его массу, т. е увеличивает полезную грузоподъемность судна; исключает необходимость предусматривать туннель гребного вала из района МКО в корму для размещения и обслуживания валопровода. Такой тунель, проложенный через грузовые трюмы, на судах со средним расположением МКО уменьшает полезную кубатуру трюмов и создает неудобства при выполнении грузовых операций.

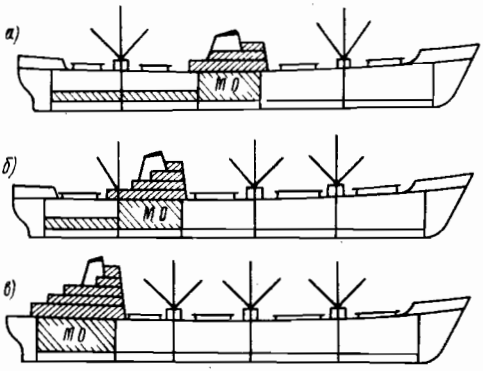


Рис. 5.6. Среднее (*а*), промежуточное (*б*) и кормовое (*в*) расположение машинного отделения и основной жилой надстройки

Однако чистокормовое расположение МКО и жилой надстройки усложняет условия удифферентовки, несколько ухудшает условия обитаемости, увеличивает «мертвую зону» видимости в носу, увеличивает длину МКО и пр. Поэтому вопрос о выборе того или иного архитектурного типа решается в каждом конкретном случае отдельно, с учетом назначения и особенностей эксплуатации судна.

§ 5.3. Классификация судовых помещений

Судовые помещения размещают в основном корпусе, надстройках и рубках (рис. 5.7).

Основной корпус включает все помещения, образованные наружной обшивкой, верхней непрерывной палубой, а также палубами, платформами, главными поперечными и продольными переборками и выгородками, расположенными внутри корпуса. Различают помещения, образованные основными переборками, палубами и платформами, — о т с е к и и прочие судовые помещения, образуемые выгородками и платформами в надстройках, рубках, а также в основном корпусе.

К числу наиболее важных отсеков основного корпуса относят: *форпик* — крайний носовой отсек; *ахтерпик* — крайний кормовой отсек; *междудонное пространство* — пространство между наружной обшивкой и вторым дном; *трюм* — пространство между вторым дном и ближайшей палубой; *твиндеки* — пространства между соседними палубами основного корпуса; *диптанки* — глубокие цистерны, расположенные выше второго дна; *коффердамы* — узкие нефте- и газонепроницаемые сухие отсеки, расположенные между отсеками или цистернами для нефтепродуктов и соседними помещениями; *отсеки главных и вспомогательных*

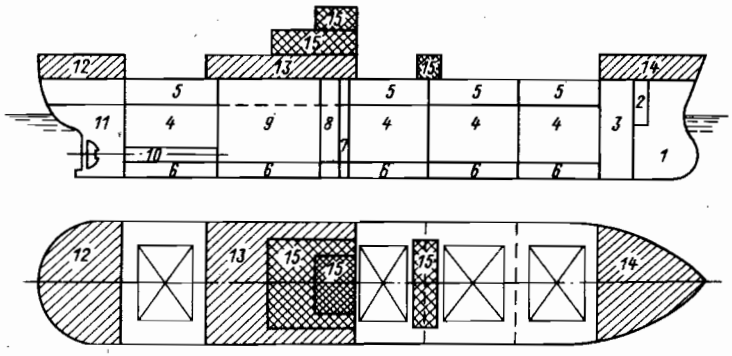


Рис. 5.7. Схема судовых помещений на сухогрузном судне:

1 — форпик; *2* — цепной ящик; *3* — диптанк; *4* — грузовой трюм; *5* — грузовой твиндек; *6* — междудонное пространство (двойное дно); *7* — коффердам; *8* — диптанк; *9* — машинное отделение; *10* — коридор гребного вала; *11* — ахтерпик; *12* — ют (кормовая надстройка); *13* — средняя надстройка; *14* — бак (носовая надстройка); *15* — рубки

механизмов, туннель гребного вала — на судах с МКО в средней части судна и т. п.

Наличие тех или иных из перечисленных выше отсеков на конкретных судах обусловлено назначением и конструкцией судна.

Надстройки расположены на верхней непрерывной палубе основного корпуса. Они простираются по ширине судна, или от борта до борта, или так, что их боковые стенки несколько отстоят от бортов, но не более чем на 0,04 ширины судна (в противном случае их называют рубками). Надстройки служат не только для размещения в них помещений, но и для улучшения мореходных качеств судна.

Носовая надстройка — бак — уменьшает заливаемость палубы, *кормовая надстройка — ют* — увеличивая надводный борт в корме, повышает запас плавучести и непотопляемости судна при повреждении кормовой оконечности и дифференте судна на корму, *средняя надстройка* увеличивает запас плавучести.

Рубки меньше надстроек по ширине. Их устанавливают на верхней палубе основного корпуса или на надстройках.

В зависимости от назначения все судовые помещения подразделяют на специальные, служебные, жилые, общественные, бытового обслуживания, пищеблока, санитарные, медицинского назначения, мастерские, судовых запасов и снабжения и отсеки топлива, воды, масла и водяного балласта.

Специальные помещения в зависимости от назначения судна служат: для размещения груза (грузовые трюмы) — на грузовых и грузопассажирских судах; для специального технологического оборудования для обработки рыбы — на промысловых судах; для лабораторий — на научно-исследовательских судах.

К числу специальных относятся также ангары для размещения на судне вертолетов и помещения для их обслуживания.

Служебные помещения предназначены для обеспечения нормальной эксплуатации судна как плавучего сооружения. В их число входят: *помещения главных и вспомогательных механизмов; помещения для размещения палубных механизмов и механизмов судовых систем* — румпельное отделение, станции углекислотного пожаротушения, дистанционного замера уровня груза и управления грузовыми операциями, станции приема и выдачи топлива, вентиляторные, помещения кондиционеров и пр.; *рубки, навигационные помещения и посты* — рулевая, штурманская, радиорубка, помещение лага и эхолота, гирокомпасная, пожарные и аварийные посты, АТС, трансляционная, аккумуляторные, агрегатные и пр.; *мастерские* — механическая, слесарная, электро- и радиотехническая, сварочный пост, мастерская по ремонту промыслового снаряжения, плавсредств, контрольно-измерительных приборов и пр.; *административные помещения* — судовая, машинная, грузовая канцелярии, бюро администратора, судовой архив, касса, диспетчерская, типография и пр.

Жилые помещения (каюты) предназначены для постоянного проживания экипажа судна и размещения пассажиров.

Каюты экипажа подразделяют на каюты комсостава, команды и обслуживающего персонала, различающиеся расположением, площадью и оборудованием. Каюты команды, предназначенные для размещения более четырех человек, обычно называют *кубриками*. Каюты пассажиров в зависимости от их расположения, площади, количества мест и оборудования подразделяют на каюты «люкс», каюты I, II и III классов. На большинстве современных лайнеров II и III классы обычно заменяют одним, так называемым туристским классом. На пассажирских судах местных линий предусматривают помещения для сидячих мест.

Общественные помещения служат для организации и проведения различных культурно-массовых мероприятий, коллективного отдыха и питания экипажа и пассажиров. Сюда входят общественные помещения для экипажа и отдельно общественные помещения для пассажиров, а также площадки на открытых палубах и проходные помещения.

К *общественным помещениям экипажа* относят кают-компанию, салоны комсостава и команды, столовые комсостава и команды, курительные, спортзал, бассейн, комнату для занятий, красный уголок, библиотеку, каюты общественных организаций. На крупных промысловых и научно-исследовательских судах имеются кинозалы; на судах с немногочисленным экипажем показ кинофильмов обычно проводят в столовых.

К *общественным помещениям пассажиров* относят рестораны, столовые, буфеты, бары, кафе, салоны (музыкальные, курительные, для игр, для отдыха), киноконцертный зал, спортзал, бассейн, библиотеку с читальным залом, детские комнаты.

Площадки на открытых палубах включают веранды, прогулочные палубы, солярии, открытые купальные бассейны (для взрослых и для детей), спортплощадки, танцплощадки и т. д.

К *проходным помещениям* относят коридоры, тамбуры, вестибюли, фойе, закрытые прогулочные палубы.

Помещения бытового обслуживания оборудуют на пассажирских, экспедиционных судах и крупных промысловых базах. К ним относят: ателье бытового обслуживания, парикмахерские, косметические салоны, фотоателье, судовые лавки, киоски, камеры хранения и пр.

Помещения пищеблока служат для приготовления и раздачи пищи экипажу и пассажирам, а также для мытья и хранения столовой посуды. Различают *камбузные* помещения (камбуз для пассажиров, камбуз для экипажа, пекарня, кладовые расходного запаса для камбуза и пекарни) и *подготовительные* (разделочные мяса, рыбы, овощей, хлеборезка, буфетные, посудомоечные, кладовые посуды и столового белья).

Санитарные помещения подразделяют на *санитарно-бытовые* (прачечные, сушильные, гладильные, кладовые чистого и грязного

белья, дезинфекционную камеру, помещения рабочего платья и пр.) и *санитарно-гигиенические* (мужские и женские умывальные, душевые, ванные, бани, санпропускники, туалеты и пр.).

Помещения медицинского назначения включают амбулаторию, приемную врача, операционную, рентгеновский, зубоврачебный и другие кабинеты (на судах с большим количеством людей), лазарет, изолятор, аптеку, медицинскую и санитарную кладовые и пр. Обычно комплекс помещений медицинского обслуживания на судах называют медблоком.

Помещения судовых запасов и снабжения служат для хранения запасов провизии, шкиперского, навигационного и прочего судового снабжения. В их число входят: *провизионные кладовые* — неохлаждаемые (для сухой провизии, хлеба, муки) и охлаждаемые (для мокрой провизии, мяса, рыбы, овощей, молочных продуктов, жиров, консервов), а также холодильные камеры; *хозяйственные кладовые* — для хранения ковров, дорожек, чехлов, спорт- и культинвентаря, кинолент, уборочного инвентаря и пр.; *шкиперские кладовые* — шкиперская, малярная, фонарная, плотницкая, такелажная, тентов и брезентов, парусная, химическая и пр.; *штурманская и навигационные кладовые* — штурманского и навигационного имущества, карт и пр.; *бельевые и вещевые кладовые*.

Отсеки и цистерны служат для размещения жидких грузов: нефти, воды, масла и водяного балласта. Кроме отсеков, образованных конструкциями основного корпуса и предназначенных для размещения основного количества жидких грузов, на судах предусматривают также цистерны для хранения небольших расходных запасов топлива, воды и масла (так называемые *вкладные* цистерны).

§ 5.4. Общее расположение судна

Под *общим расположением* судна понимают общую компоновку в корпусе, надстройках и рубках всех помещений, предназначенных для размещения на судне главных и вспомогательных механизмов, судового оборудования, запасов, перевозимых грузов, экипажа и пассажиров, а также всех служебных, бытовых, хозяйственных и санитарных помещений. Их взаимное расположение, планировка и оборудование зависят главным образом от типа и назначения судна, его размеров и предъявленных к нему требований. Например, на компоновку помещений внутри корпуса влияет разделение корпуса на водонепроницаемые отсеки, а планировка помещений в надстройках зависит от местоположения машинной установки и т. д. На однотипных и близких по размерам судах их общее расположение может различаться в зависимости от вкусов и требований заказчиков. Однако в последние годы в отечественном судостроении проводится большая работа по типизации судовых помещений, в первую очередь жилых, обще-

ственных и служебных (рулевой и радиорубок, камбуза, кладовых, санузлов и пр.) и рубок в целом. Поэтому рассмотрим только основные принципы их планировки.

Расположение судовых помещений. Для ориентации местоположения того или иного помещения на судне приняты следующие названия палуб и междупалубных помещений (рис. 5.8).

В корпусе (сверху вниз): верхняя палуба, вторая палуба, третья палуба (на многопалубных судах последнюю палубу называют нижней палубой), второе дно.

В надстройках и рубках (снизу вверх): палуба I яруса надстройки (бака, юта, средней надстройки), палуба II яруса рубки, палуба III яруса рубки и т. д. Иногда к этим терминам добавляют названия, характеризующие назначение палуб: прогулочная, палуба салонов, шлюпочная, спортивная, нижний (ходовой) мостик, верхний (навигационный) мостик и т. п.

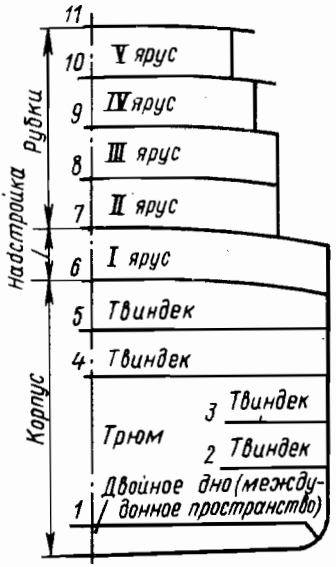


Рис. 5.8. Наименования палуб и междупалубных помещений.

1 — второе дно; *2* — вторая платформа; *3* — первая платформа; *4* — третья (нижняя) палубы; *5* — вторая палуба; *6* — верхняя палуба; *7* — палуба надстройки I яруса (палуба бака, юта и т. д.); *8* — палуба рубки II яруса (прогулочная палуба); *9* — палуба рубки III яруса (шлюпочная палуба); *10* — палуба рубки IV яруса (нижний, ходовой мостик); *11* — палуба рубки V яруса (верхний, навигационный мостик)

Пространство между наружной обшивкой днища и вторым дном называют *междудонным пространством* или *двойным дном*. Пространство между вторым дном и ближайшей палубой называют *трюмом*, остальные междупалубные пространства — *твиндеками*. Положение помещения по длине и ширине судна обозначают соответственно номерами шпангоутов, ограничивающих помещение по длине, и наименованием борта, на котором расположено помещение (правый и левый борт — ПрБ и ЛБ). Всем помещениям на судне присваиваются порядковые номера (по правому борту — нечетные, по левому — четные).

На рис. 5.9 показано расположение основных групп помещений на сухогрузном и пассажирском судах, а на рис.5.10 схема общего расположения помещений на танкере «Победа».

Специальные помещения — грузовые трюмы, помещения для обработки и хранения улова и т. д. — занимают основную часть объемов корпуса на грузовых и промысловых судах. Планировка этих помещений определяется требованиями, предъявляемыми к выполнению грузовых операций, хранению и размещению груза, приему, обработке и хранению улова и т. п.

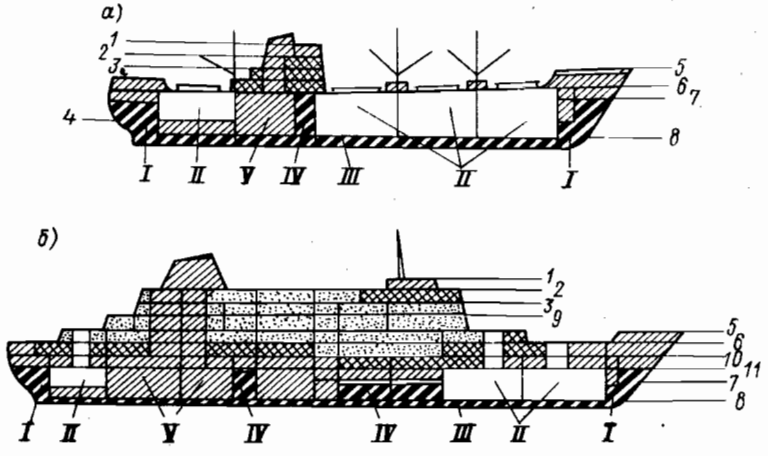


Рис. 5.9. Схема размещения отсеков и основных групп помещений сухогрузного (*а*) и пассажирского (*б*) судов.

I — пики; II — грузовые отсеки; III — междудонные отсеки; IV — диптанки; V — отсеки главных и вспомогательных механизмов.

1 — палуба рубки IV яруса (верхний мостик); *2* — палуба рубки III яруса (нижний мостик); *3* — палуба рубки II яруса (шлюпочная палуба); *4* — вторая платформа; *5* — палуба надстройки I яруса (палуба бака, юта); *6* — верхняя палуба; *7* — первая платформа; *8* — второе дно; *9* — палуба II яруса надстройки (прогулочная палуба); *10* — вторая палуба (палуба переборок); *11* — третья палуба. Обозначение помещений;

— служебные; — для экипажа; — для пассажиров; — грузовые; — для топлива, воды, балласта

От расположения специальных помещений, определяющих эксплуатационно-экономические показатели судна, зависит положение всех других судовых помещений.

Служебные помещения распределяют по всему судну, большей частью в трюме, в оконечностях судна, в рубках на верхней палубе, в помещениях бака, юта и т. д., иногда там, где не допускается размещать жилые помещения, например над фор- и ахтерпиком и ниже ватерлинии. Часть навигационных помещений — рулевую, штурманскую, радиорубку — располагают на мостике; помещение лага и эхолота — на втором дне.

Мастерские размещают обычно в районе МКО.

Жилые помещения экипажа на грузовых судах находятся, как правило, в надстройке или под верхней палубой основного корпуса, но не ниже ватерлинии, преимущественно ближе к средней части судна, где менее ощущается качка и вибрация от работающих гребных винтов. Исключение составляют большинство типов грузовых судов с чисто кормовым расположением МКО: на них все жилые помещения экипажа размещают в кормовой надстройке (на некоторых типах грузовых судов, например, лихтеровозах с кормовым расположением МКО, жилую надстройку располагают в носу). Для уменьшения шума в каютах, находящихся в районе шахты МКО, последнюю обстраивают помещениями вспомогательного назначения (кладовые, щитовые и т. п.), создающими своеобразный противошумный барьер. На крупнотоннажных танкерах и судах для перевозки навалочных грузов практикуют полное отделение жилой рубки от шахты МКО, жилую рубку ставят отдельно, впереди шахты, в виде сооружения, напоминающего точечный дом. На пассажирских судах каюты команды размещают в нос, в корму и ниже пассажирских кают, а каюты комсостава — на одном из верхних ярусов надстройки, обычно в районе рулевой рубки (ярусом ниже).

Каюта капитана обычно находится с правого борта на ярус ниже рулевой рубки. Все каюты помощников капитанов (штурманов) размещают здесь же или

ниже ярусом; каюты старшего (главного) механика, механиков и прочего персонала службы технической эксплуатации судна располагают, по возможности, ближе к МКО; каюту начальника радиостанции — ближе к рулевой рубке; каюты персонала службы эксплуатации (палубной команды) размещают по правому борту, персонала службы технической эксплуатации (машинной команды) — по левому.

Жилые помещения пассажиров на пассажирских судах располагают, по возможности, в средней части судна, преимущественно в надстройках и в верхних твиндеках основного корпуса. Размещать пассажирские каюты ниже палубы переборок не рекомендуется, а ниже ватерлинии — не допускается. Каюты пассажиров, как правило, имеют естественное освещение, однако на крупных судах, перевозящих большое количество пассажиров, имеются каюты и без естественного света.

Под *общественные помещения* отводят лучшие районы надстроек и палуб с хорошим обзором. Некоторые общественные помещения — рестораны, киноконцертный зал, закрытый купальный бассейн, спортзал и т. п. — оборудуют в помещениях, не имеющих естественного освещения.

Помещения бытового обслуживания оборудуют в районе общественных помещений, но они, как правило, не имеют естественного освещения.

Помещения пищеблока должны находиться вблизи тех объектов, которые они обслуживают. Так, камбуз, хлебопекарню и т. д. размещают вблизи столовой команды, кают-компании или ресторана, обычно на одной и той же палубе, или под ними, с оборудованием специального лифта для подачи пищи. В свою очередь, провизионные кладовые располагают рядом или на один-два яруса ниже камбуза. При размещении провизионных кладовых обязательно учитывают удобство погрузки провизии на судно с помощью судовых средств.

Санитарно-гигиенические помещения располагают в непосредственной близости от жилых помещений или в одном блоке с ними (например, туалетные в каютах). Банно-прачечный блок размещают в кормовой части корпуса ниже верхней палубы, в районе, не используемом для постоянного пребывания людей.

Помещения медицинского назначения располагают в надстройке, обычно в средней части судна, подальше от основных магистральных коридоров и мест скопления экипажа и пассажиров.

Помещения судовых запасов и снабжения располагают в районе жилых и общественных помещений (кладовые уборочного инвентаря, ковров, дорожек, чехлов, культ- и спортинвентаря), а также в районе открытых палуб (кладовые аварийно-спасательного, водолазного имущества и т. п.).

Запасы топлива, котельно-питательной воды, масла, а также водяной балласт размещают в отсеках *двойного дна и в диптанках*, которые оборудуют в районе МКО, форпика, а также в *двойных бортах*, если они имеются. Форпик и ахтерпик, как правило, используют в качестве балластных цистерн. Расходные топливные цистерны находятся в районе МКО. Запасы пресной воды хранят во вкладных цистернах.

Планировка и оборудование судовых помещений. Как отмечалось выше, в настоящее время широко практикуется унификация и типизация планировочных решений однотипных помещений и блоков (каюты разного назначения, пищеблок, медблок, кладовые, бытовые помещения, рулевая, штурманская и другие посты и т. д.), а также ведутся работы по разработке целых типовых рубок на основе модульного метода. Это прогрессивное направление создает предпосылки для использования электронно-вычислительной техники при разработке чертежей общего расположения и для внедрения прогрессивной технологии изготовления судовых рубок на всех этапах. При планировке и оборудовании судовых помещений учитывают требования, предъявляемые к ним в зависимости от назначения.

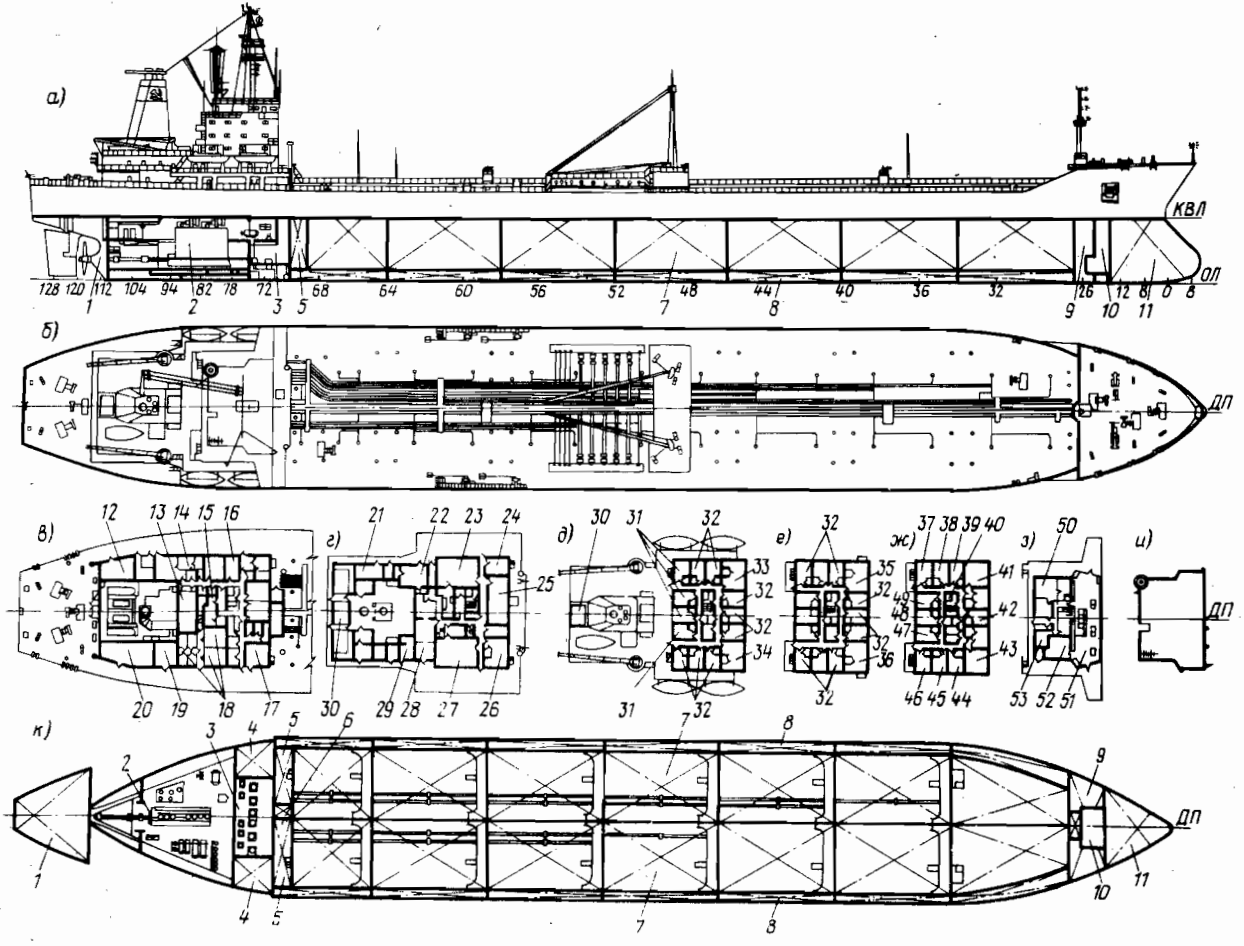

а)
КВЛ
ОП
128 120 112 104 94 82 78 72 68 64 60 56 52 48 44 40 36 32 26 12 8 0 8
1 2 3 5 7 8 9 10 11
б)
ДП
в)
12 13 14 15 16
20 19 18 17
г)
21 22 23 24 25
30 29 28 27 26
д)
30 31 32 33 34
31 32
е)
32 35 36
32
ж)
37 38 39 40 41 42 43 44 45 46
з)
50 51 52 53
и)
ДП
к)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
ДП

Рис. 5.10. Схема общего расположения помещений на танкере «Победа» (1981 г.): *а* — вид сбоку; *б* — вид сверху; *в* — верхняя палуба; *г* — палуба рубки I яруса; *д* — палуба рубки II яруса; *е* — палуба рубки III яруса; *ж* — палуба рубки IV яруса; *з* — палуба рубки V яруса; *и* — верхний мостик; *к* — трюм.

1 — ахтерпик; *2* — машинно-котельное отделение; *3* — грузовое насосное отделение; *4* — топливные цистерны; *5* — отстойные танки; *6* — цистерна сбора отстоев; *7* — грузовой танк; *8* — балластные цистерны (двойное дно и двойные борта); *9* — диптанк; *10* — носовое насосное отделение; *11* — форпик; *12* — аварийный дизель-генератор; *13* — кондиционеры; *14* — душевая с парильней; *15* — прачечная с кладовыми грязного и чистого белья; *16* — амбулатория; *17, 29* — станция объемного пенотушения; *18* — провизионные кладовые; *19* — инсинератор; *20* — станция инертных газов; *21* — сварочная мастерская; *22* — спорт-каюта; *23* — столовая и салон; *24* — курительная; *25* — пост управления грузовыми операциями (ПУГО); *26* — каюта II помощника капитана; *27* — кают-компания и салон; *28* — камбуз; *30* — бассейн; *31* — каюты практикантов (двухместные); *32* — каюты команды (одноместные); *33* — каюта электромеханика; *34* — каюта врача; *35* — каюта I помощника капитана; *36* — каюта старшего помощника капитана; *37* — каюта IV механика; *38* — каюта III механика; *39* — каюта II механика; *40* — лифт; *41* — каюта старшего механика; *42* — каюта лоцмана; *43* — каюта капитана; *44* — каюта начальника радиостанции; *45* — каюта III помощника капитана; *46* — каюта IV помощника капитана; *47* — каюта радиооператора; *48* — каюта боцмана; *49* — каюта донкермана; *50* — операторная; *51* — рулевая; *52* — аппаратная; *53* — трансляционная

Жилые и общественные помещения экипажа и пассажиров должны быть удобны для обитания людей. Эти требования регламентируются в нашей стране Санитарными правилами для морских судов СССР, положениями Международной конвенции 1970 г. о помещениях для экипажа, Правилами Регистра СССР, а также устанавливаются ведомствами, эксплуатирующими суда. Они определяют минимальную площадь, кубатуру и высоту жилых и общественных помещений, а также номенклатуру оборудования, необходимого для создания нормальных бытовых условий. Ширина проходов, уклон и ширина трапов, противопожарные конструктивные мероприятия и другие требования безопасности также регламентируются.

Комсостав размещают, как правило, в одноместных каютах (рис. 5.11), причем каюты старшего комсостава — капитана, старшего штурмана и старшего (главного) механика — состоят из кабинета, спальни и туалета с ванной (душем). На больших судах блок капитана имеет также салон, а все каюты комсостава — туалет с душем.

Команда (рядовой состав) размещается в одно- и двухместных каютах, оборудованных всем необходимым (на судах, где невозможно предусмотреть в каждой каюте экипажа санузел, его предусматривают не более чем на каждые шесть человек). В каждой каюте помимо мягких одно- и двухъярусных коек (минимальные внутренние размеры койки — 1900×800 мм) имеются диван, стулья (кресло), шкафы для одежды, письменный стол, полочки для книг и графина со стаканами, умывальник с горячей и холодной водой (на современных супертанкерах — туалет с душем).

Все каюты экипажа оборудуют системами кондиционирования воздуха, хорошо освещены, имеют естественное освещение через иллюминатор.

Судовое оборудование помещений изготовляют в морском исполнении, т. е. оно может нормально функционировать в условиях качки. Для этого вся судовая мебель, которую в обычных условиях

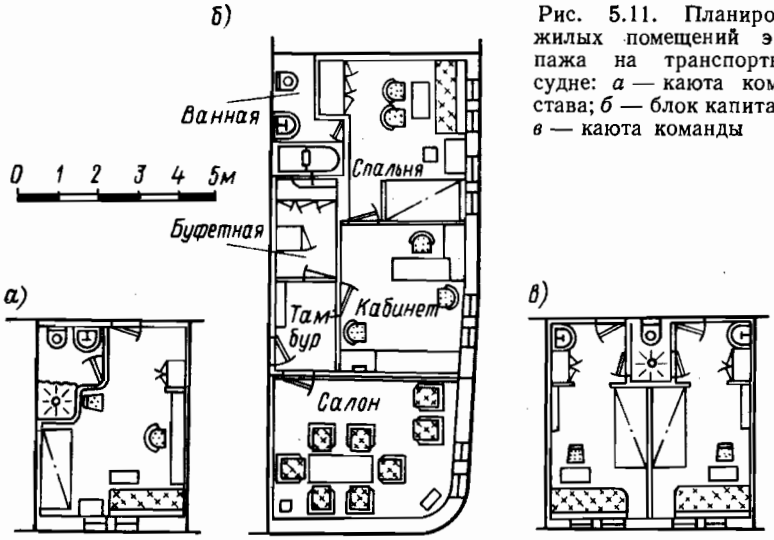


Рис. 5.11. Планировка жилых помещений экипажа на транспортном судне: *а* — каюта комсостава; *б* — блок капитана; *в* — каюта команды

можно передвигать, имеет штормовые крепления, надежно удерживающие ее во время шторма. Судовые койки имеют небольшой буртик, предотвращающий падение с койки при качке. На столах по периметру также ставят невысокие буртики. На полках, особенно с посудой, для каждого предмета, делают гнезда-крепления. Все прочее оборудование — радиоприемники, телевизоры, телефоны, настольные лампы и т. д. — также снабжают штормовым креплением. Для безопасного прохода по коридорам вдоль переборок устанавливают штормовые поручни. Предусматривают надежное крепление каютных дверей как в закрытом, так и открытом положениях.

Общественные помещения экипажа, располагаемые вблизи кают, оборудуют с таким расчетом, чтобы создать хорошие условия для отдыха, приема пищи.

Еще более комфортабельны жилые и общественные помещения для пассажиров на пассажирских судах. Океанские лайнеры, которые в последнее время все чаще используют для совершения длительных морских путешествий, оборудуют как лучшие современные гостиницы. Пассажиры размещаются в одно- и двухместных (реже, четырехместных) каютах со всеми удобствами. Предусматривают салоны отдыха, музыкально-танцевальные залы, курительные, рестораны, кафе, бары, комнаты для игр, бассейн, гимнастический зал, детскую комнату, библиотеку, кинозал и пр.

Для отделки и оборудования жилых и общественных помещений широко применяют пластмассы и новые синтетические материалы. Особое внимание уделяется размещению открытых веранд, соляриев, бассейнов, спортплощадок, занимающих значительную площадь на верхней палубе и палубах надстройки в кормовой, защищенной от ветра части (рис. 5.12).

На пассажирских судах жилые и общественные помещения пассажиров отделены от соответствующих помещений экипажа. Поэтому большое значение придают коммуникациям, т. е. путям перемещения пассажиров и экипажа по судну. И те и другие должны иметь изолированный друг от друга доступ к «своим» общественным помещениям, а экипаж, кроме того, и к рабочим местам. Для этого оборудуют специальные магистральные коридоры и трапы — раздельно для пассажиров и экипажа.

Из хозяйственных помещений наибольший интерес представляет пищеблок с провизионными кладовыми (рис. 5.13).

При планировке *медблока* особо учитывают в первую очередь удобство транспортировки больных в лазарет и из него. В изолятор обязательно должен быть вход с открытой палубы через тамбур. К койке в изоляторе должен быть подход с трех сторон. *

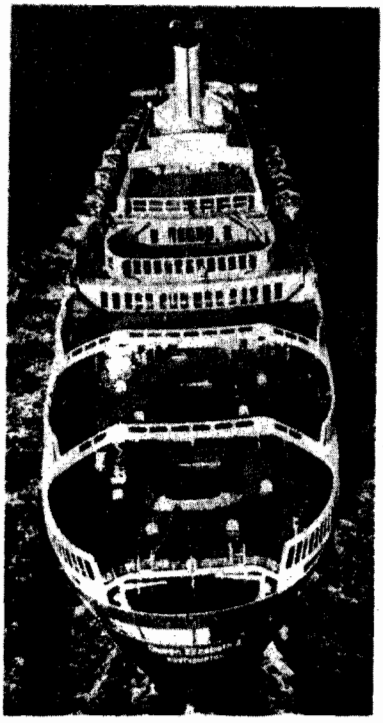


Рис. 5.12. Прогулочные и спортивные палубы и открытые купальные бассейны английского лайнера «Куин Элизабет 2»

Специальные грузовые помещения на грузовых судах грузовые трюмы, занимающие около 60 % кубатуры основного корпуса, оборудуют в соответствии с их назначением. Длину грузовых трюмов принимают возможно большей (в пределах требований обеспечения непотопляемости при затоплении одного отсека). Изнутри грузовой трюм сухогрузного судна обшивают деревом: по настилу второго дна от борта до борта — сплошным настилом — *пайолом* — из досок толщиной около 50 мм, укладываемых на идущие в поперечном направлении бруски (лаги) толщиной примерно 40 мм; по бортам — съемными деревянными брусьями сечением 50×200 мм — *рыбинсами*, устанавливаемыми вдоль трюма поверх бортового набора на расстоянии 200—300 мм один от другого.

Рыбинсы не только изолируют груз от соприкосновения с влажным бортом, но и предохраняют груз и борт от случайных повреждений. Аналогично трюмам оборудуют и грузовые твиндеки.

---

* О планировке машинно-котельного и навигационного отделений см. в гл. 9 и 11.

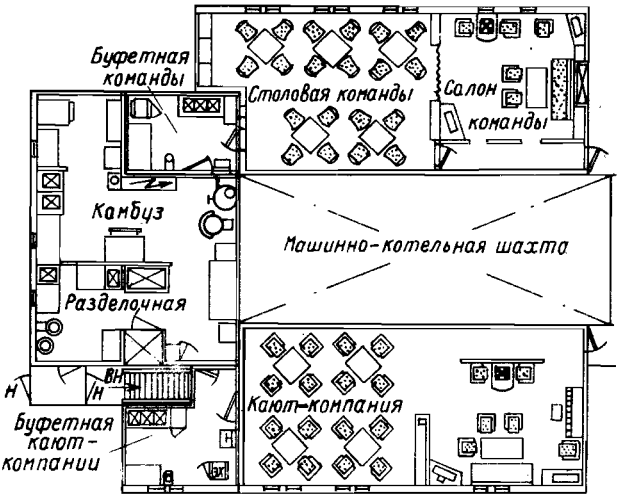


Рис. 5.13. Планировка пищеблока сухогрузного судна

На судах, перевозящих грузы, выгружаемые грейфером, деревянный пайол в трюмах заменяют настилом второго дна, усиленным не менее чем на 4 мм.

На судах, перевозящих зерно, в грузовых трюмах в их верхней части устанавливают временные съемные продольные переборки в ДП, высотой, равной примерно $^1/_3$ высоты трюма. Эти переборки, называемые *шифтинг-бордсами*, предотвращают пересыпание зерна на один борт при качке судна, которое может привести к опрокидыванию судна. Шифтинг-бордсы изготовляют

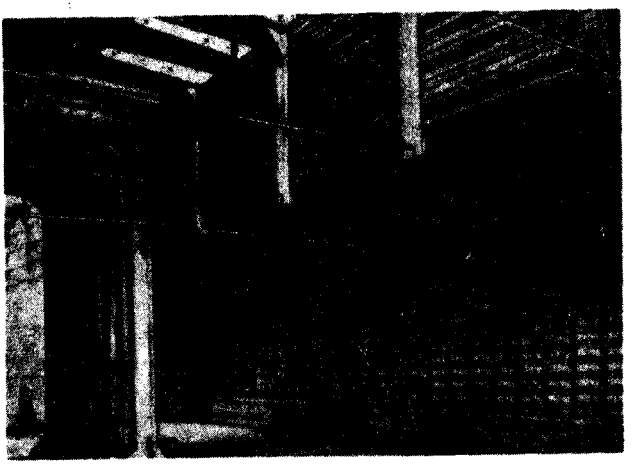


Рис. 5.14. Шифтинг-бордсы в грузовом трюме перед погрузкой зерна (на заднем плане виден борт с горизонтальными деревянными рейками — рыбинсами)

из металлических стоек и закладных досок либо предусматривают штатными и выполняют в виде складных щитов (рис. 5.14).

Внутренние поверхности рефрижераторных трюмов покрывают теплоизолирующим материалом и зашивают листами из легкого сплава. Такие трюмы оборудуют хорошей вентиляцией и устройствами для размещения и крепления груза: клети — на рыбопромысловых рефрижераторах, этажерки — на банановозах, крючья под подволоком — на судах для перевозки мяса и т. п.

Трюмы специализированных контейнеровозов имеют ячеистую конструкцию, т. е. состоят из образованных специальными вертикальными стойками *направляющих ячеек*, в которые вставляют контейнеры. На судах типа «ро-ро», автомобильных паромах и других судах, перевозящих колесную технику, грузовые трюмы и твиндеки оборудуют специальными креплениями для раскрепления в них грузов — автомашин, трейлеров, контейнеров, а также предусматривают хорошую вентиляцию (до 20 обменов воздуха в час), предупреждающую образование взрывоопасных концентраций паров бензина от перевозимых автомашин.

Ненадежность креплений может привести к смещению груза при качке, ударам и возгоранию от ударов топлива в автомашинах, а прием воды в трюм для тушения пожара — к чрезмерному крену и гибели судна от потери остойчивости.

§ 5.5. Изоляция, зашивка и отделка судовых помещений. Палубные покрытия

Все судовые помещения, размещаемые в междупалубных пространствах, разделены различного рода *переборками* и *выгородками*; причем некоторые из них являются частью конструкции корпуса и выполнены из стали или легкого сплава. Из стали изготовляют также переборки, разделяющие помещения на противопожарные зоны и препятствующие распространению огня. Однако значительную часть выгородок, образующих каюты, изготовляют из тонких листов алюминиево-магниевого сплава либо из асбодревесных или других плит, из конструкционной пластмассы. Для крепления выгородок устанавливают специальный металлический или деревянный каркас — *обрешетник*, который зашивают конструкционным и изоляционным материалом и покрывают снаружи отделочным материалом (рис. 5.15).

Изоляция судовых помещений необходима для предотвращения проникновения огня (противопожарная изоляция), тепла (тепловая изоляция), шума (звуковая изоляция) и вибрации (вибродемпфирующие покрытия).

В качестве изолирующих материалов раньше широко применяли алюминиевую фольгу (термаль), стекловойлок, минеральный войлок, пробковые плиты (экспанзит), крошеную пробку, асбестовые ткани, шлаковату и пр. В настоящее время все чаще

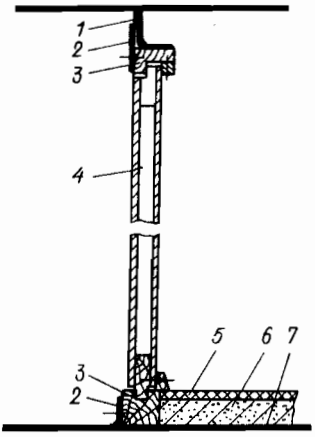


Рис. 5.15. Конструкция легкой выгородки (поперечное сечение).

1 — подпалубный набор; *2* — накладки; *3* — комингсы; *4* — щит; выгородка; *5* — линолеум; *6* — палубное покрытие (мастика); *7* — палубный настил (стальной корпус)

применяют синтетические материалы, поставляемые химической промышленностью, в том числе плиты из пористого пластика, пенопласта и стекловолокна и др.

Зашивка изоляции необходима для придания помещению хорошего вида, а также для защиты изоляции от механических повреждений. Для этого используют листы из легких сплавов, фанерные щиты, слоистые пластики, древесно-волокнистые плиты, отделанные под ценные породы дерева или окрашенные масляной краской и лаком, в зависимости от назначения помещения.

Конструктивно зашивку выполняют по обрешетнику или щитами (рис. 5.16). Последний способ прогрессивнее, так как позволяет большую часть отделочных работ перенести с судна в цех. При применении модульного метода формирования и обстройки помещений их размеры выбирают кратными принятому модулю, т. е. базовому размеру, который кладется в основу размеров типовых щитов и элементов зашивки. Благодаря при-

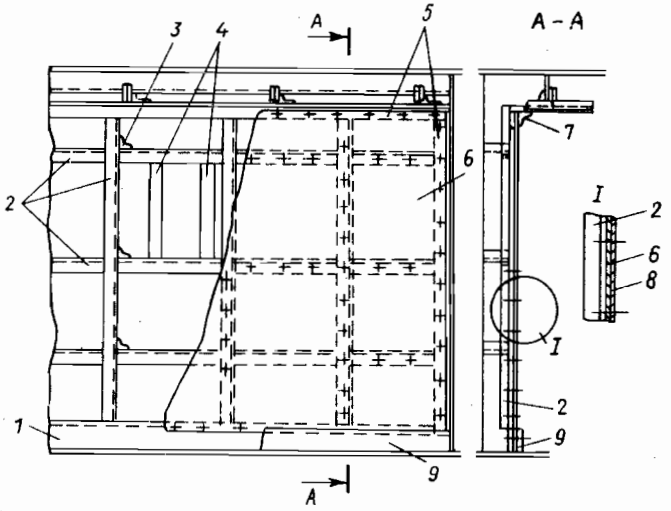


Рис. 5.16. Конструкция зашивки по металлическому обрешетнику.

1 — комингс; *2* — металлический обрешетник; *3* — коротыши-угольники; *4* — заполнители для крепления оборудования; *5* — винты; *6* — листы зашивки (из легкого алюминневого сплава); *7* — раскладка угловая; *8* — парусиновая прокладка; *9* — плинтус

менению специальных конструктивных элементов для стыковых и угловых соединений заранее изготовленных щитков зашивки трудоемкость работ по обстройке помещений резко сокращается, а качество — повышается. Поэтому модульный метод обстройки судовых помещений в настоящее время является основным. Для изготовления зашивки большинства помещений применяют новые конструкционно-изоляционные материалы — маринит, нептунит, черноморит, пиатерм, асбосилит-609 и пр., облицованные по поверхности декоративным пластиком.

Для *отделки жилых и общественных помещений* используют преимущественно новые синтетические декоративно-отделочные материалы: слоистые пластики, цветной павинол, различные заменители кожи, декоративные огнезащитные ткани, художественную роспись стен и пр.

Покрытия палуб выполняют с помощью специальных мастик, которые в жилых помещениях покрывают сверху цветным линолеумом. На открытых участках палуб применяют нескользящие мастики. Палубы деревом в настоящее время почти не покрывают. На некоторые участки палуб, там, где необходима звуковая изоляция (например, в коридорах), накладывают специальные покрытия на резиновой основе. С этой же целью палубы в каютах иногда покрывают синтетическими коврами.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные формы носовой и кормовой оконечностей судна.
2. Что означают понятия «погибь бимсов» и «седловатость» палубы?
3. Назовите основные отсеки основного корпуса.
4. Что отличает рубку от надстройки?
5. Перечислите основные типы судовых помещений.

Глава шестая

КОНСТРУКЦИЯ КОРПУСА

§ 6.1. Понятие о прочности судна

Конструкции корпуса судна должны быть достаточно прочными и жесткими, т. е. способными выдерживать действующие на корпус силы без разрушений и недопустимых деформаций.

Корпус судна испытывает нагрузку от собственной массы, массы перевозимого груза, запасов и давления воды. *Силы веса (тяжести)* корпуса судна, его механизмов, оборудования, а также перевозимого груза и судовых запасов (топлива, воды, масла, провизии и пр.) действуют в месте расположения этих составляющих нагрузки масс и направлены вертикально вниз

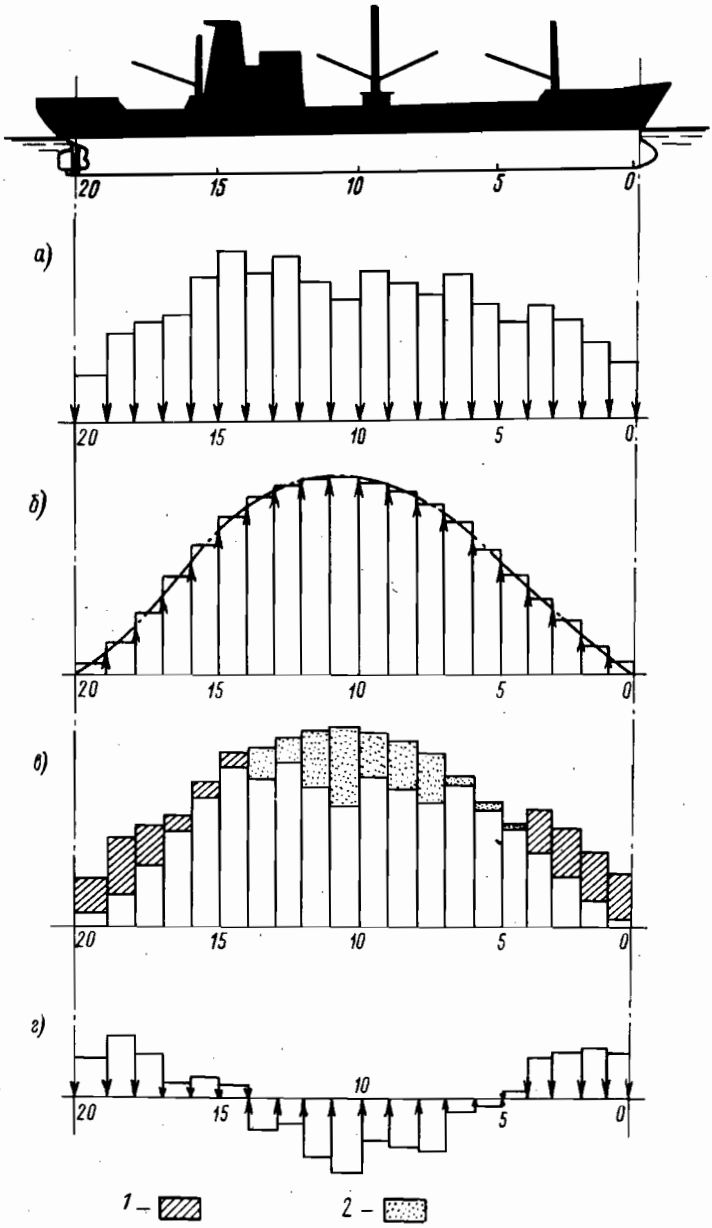


Рис. 6.1. Нагрузка судна: *а* — кривая сил веса; *б* — кривая сил поддержания (с приведением к ступенчатой кривой); *в* — наложение кривой сил веса на кривую сил поддержания; *г* — результирующая кривая нагрузки, действующей на судно.

***1* — избыток сил веса; *2* — избыток сил поддержаиия**

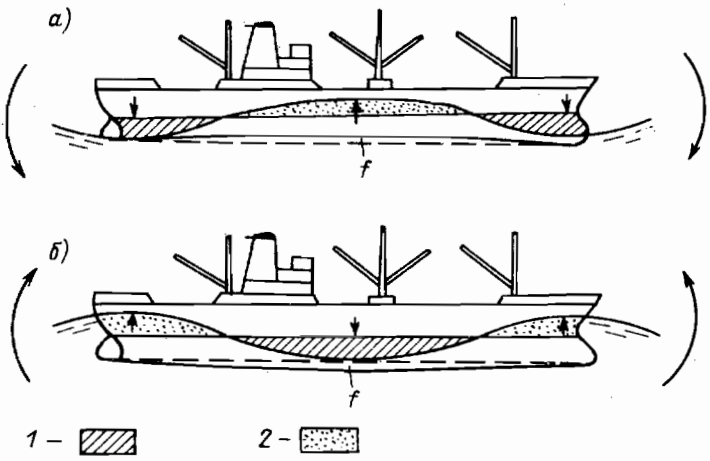


Рис. 6.2. Изгиб судна на волнении: *а* — на вершине волны; *б* — на подошве волны.

1 — вышедший из воды объем; *2* — вошедший в воду объем; *f* — стрелка прогиба корпуса от действующих на него сил

(рис. 6.1, *а*). Силы давления воды — *силы поддержания* — пропорциональны объему погруженной части судна в данном месте и действуют вертикально вверх (рис. 6.1, *б*). Суммарная нагрузка от действия этих сил вызывает *общий продольный изгиб* судна (рис. 6.1, *в* и *г*).

Силы веса (тяжести) судна и груза в течение рейса постоянны; силы веса (тяжести) судовых запасов в течение рейса изменяются. Однако в какой-то определенный момент их также можно рассматривать как постоянные. Силы поддержания в условиях тихой воды постоянны, а в условиях волнения непрерывно меняются, в зависимости от того, на вершине или подошве волны в данный момент находится судно.

Когда вершина волны находится посредине длины судна (рис. 6.2) и силы поддержания сосредоточиваются в его средней части, а в оконечностях образуется избыток сил веса (тяжести) и судно изгибается средней частью вверх, получается так называемый *перегиб* судна. В следующий момент судно средней частью попадает на подошву волны, силы поддержания здесь уменьшаются, но образуется избыток сил веса (тяжести) — судно изгибается серединой вниз — получается *прогиб* судна.

Следует иметь в виду, что и на тихой воде судно может иметь перегиб или прогиб — все зависит от взаимного распределения по длине судна сил веса (тяжести) и сил поддержания.

Возникающие при общем продольном изгибе корпуса напряжения (т. е. отношение равнодействующей внутренних сил к площади поперечного сечения) достигают наибольших значений

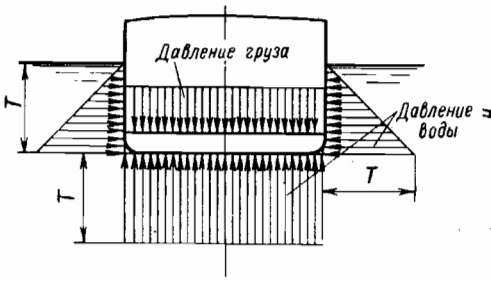


Рис. 6.3. Схема давления воды и груза на корпус судна

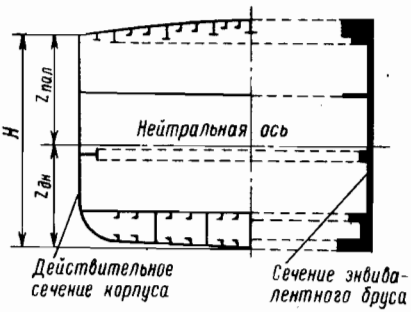


Рис. 6.4. Эквивалентный брус

в крайних связях корпуса — в наружной обшивке днища и в настиле верхней палубы. Поэтому при проектировании и изготовлении этих связей корпуса им уделяется особое внимание.

Помимо сил, вызывающих общий продольный изгиб, на судно действуют местные поперечные нагрузки, главным образом давление забортной воды. Чем глубже в воде находится конструкция, тем больше действующее на нее давление воды (рис. 6.3). Кроме того, на корпус действуют такие динамически переменные и ударные силы, как силы инерции при качке, удары волн и пр. Конструкция корпуса судна должна обеспечивать его прочность как при общем изгибе, так и при действии различного рода местных нагрузок.

О б щ у ю п р о ч н о с т ь корпуса обеспечивают все продольные конструктивные связи, непрерывные на значительной длине (более 15 % длины судна).

М е с т н у ю п р о ч н о с т ь корпуса, главным образом при воздействии давления забортной воды и находящегося внутри корпуса груза и жидкого топлива, обеспечивают пластины днища, бортов, поперечных и продольных переборок, а также палуб (испытывающих давление палубного груза или давление вкатывающейся на палубу судна воды).

Для расчета прочности определяют действующие на корпус внешние силы и вызываемые ими в конструкции напряжения и деформации и сравнивают их с допускаемыми. Конструктивные размеры прочных связей корпуса морских гражданских судов определяют по Правилам классификации и постройки морских судов Регистра СССР, речных — по соответствующим Правилам Речного Регистра РСФСР.

Определение действующих на судно при общем изгибе внешних сил сводится к построению кривой сил веса (тяжести), ординаты которой алгебраически складывают на каждом участке длины судна с ординатами кривой сил поддержания.

Кривую сил веса (тяжести) (см. рис. 6.1, *а*) строят по данным нагрузки масс судна, распределяемой в соответствии с местоположением конструкций и грузов вдоль судна между двадцатью равными по длине участками — теоретическими шпациями, на которые делят длину судна.

Кривую сил поддержания (см. рис. 6.1, *б*), показывающую их изменение по длине судна, строят как для судна на тихой воде, так и на волнении, т. е. на подошве или на вершине волны, длину которой принимают равной длине судна.

Найденные по кривым сил веса (тяжести) и сил поддержания действующие на судно внешние силы позволяют определить *изгибающий момент*, на действие которого проверяют общую продольную прочность корпуса. При предварительном проектировании корпуса расчетный (наибольший) изгибающий момент можно приближенно определить по формуле $M_{изг} = DL/K$, где $M_{изг}$ — изгибающий момент, кН·м; D — водоизмещение судна, т; L — длина судна, м; K — коэффициент, зависящий от типа судна: для сухогрузных судов $K = 250—360$; для танкеров $K = 350—420$; для пассажирских судов $K = 300—350$.

Прочность каждой связи проверяют, сопоставляя действующие в ней напряжения с допускаемыми. Нормальные напряжения от общего изгиба, действующие в данной связи, определяют по формуле $\sigma = M_{изг}/W$, где σ — нормальные напряжения, Н/мм^2; $M_{изг}$ — изгибающий момент, кН·м; W — момент сопротивления поперечного сечения, соответствующий положению рассматриваемой связи, м·см^2.

Определение момента сопротивления поперечного сечения корпуса из-за сложности сечения вызывает некоторые трудности, поэтому действительное поперечное сечение корпуса заменяют так называемым *эквивалентным брусом* (рис. 6.4). Он представляет собой условный брус с поперечным сечением, составленным из сосредоточенных у ДП правильных геометрических фигур (обычно прямоугольников), площадь и момент инерции которого равны площади и моменту инерции поперечного сечения корпуса.

Такая замена допустима, так как значение момента сопротивления составной балки, каковой является корпус судна, не зависит от расположения связей по ширине, а определяется расположением их по высоте. Эквивалентный брус наглядно показывает, как распределяется площадь сечения конструктивных связей корпуса, принимающих участие в сопротивлении продольному изгибу по высоте. Учитывая симметричность судового корпуса относительно ДП, эквивалентный брус рассчитывают для половины сечения корпуса.

При определении размеров прочных связей по Правилам Регистра СССР исходят из главных размерений и конструктивной схемы корпуса, а также учитывают особенности района эксплуатации и назначения судна. В частности, если судно будет плавать в мелкобитом льду в легких ледовых условиях Балтийского и Черного морей, ему присваивают класс «Л3» и соответственно подкрепляют корпус. Более значительные подкрепления корпуса предусмотрены для судов, плавающих в разреженном мелкобитом льду Балтийского моря (класс «Л2») и в разреженном битом льду северных неарктических морей типа Белого (класс «Л1»). Если судно предназначено для плавания в битом льду арктических морей в течение всей навигации, то его корпус подкрепляют еще больше и присваивают класс «УЛ». И, наконец, самые мощные ледовые подкрепления имеют корпуса судов, предназначенных для самостоятельного плавания в арктических и антарктических морях при толщине льда до 0,5 м, а также в крупнобитом льду или за ледоколом в течение навигационного периода; им присваивают класс «УЛА». Специальные ледовые подкрепления для речных судов, плавающих эпизодически в битом льду, предусмотрены также Правилами Речного Регистра РСФСР.

§ 6.2. Системы набора. Шпация

Корпус судна представляет собой оболочку, состоящую из горизонтальных и вертикальных пластин, подкрепленных балками. Совокупность пластины с подкрепляющими ее балками называют перекрытием. Различают *днищевое*, *бортовое* и *палубное перекрытия* (рис. 6.5). Для каждого перекрытия судового корпуса опорным контуром служат другие смежные перекрытия. Подкрепляющие каждое перекрытие балки идут в двух взаимно

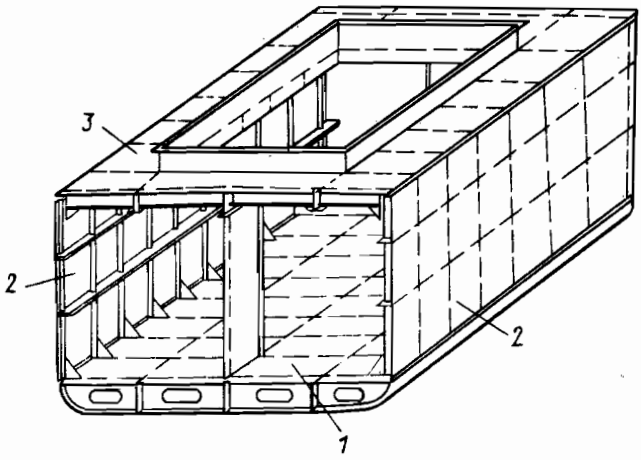


Рис. 6.5. Основные перекрытия корпуса судна.
1 — днищевое; *2* — бортовое; *3* — палубное

перпендикулярных направлениях: продольном и поперечном. Обычно несколько более жестких балок, идущих в одном направлении, поддерживают большее количество менее жестких балок другого направления. Первые называют перекрестными связями, а вторые — балками главного направления. Примером перекрытия может служить днищевое перекрытие танкера (рис. 6.6).

В зависимости от ориентации балок главного направления различают поперечную или продольную системы набора судовых перекрытий.

При *поперечной системе набора* (рис. 6.7, *а*) балки главного направления идут поперек судна — от борта к борту на днищевых и палубных перекрытиях или от днища к палубе — на бортовых перекрытиях. В этом случае длинная сторона пластин перекрытия, ограниченных набором, расположена поперек судна. Общая продольная прочность обеспечивается наружной обшивкой, настилами палуб и конструкцией вертикального киля.

Поперечную систему набора всех судовых перекрытий применяют, как правило, на небольших судах с относительно малым отношением длины судна к высоте борта; на крупных судах поперечную систему набора используют в основном только для бортовых перекрытий.

При увеличении размеров судна и отношения длины корпуса к высоте борта становится все труднее обеспечить продольную прочность и жесткость корпуса, так как толщина наружной обшивки возрастает и масса корпуса увеличивается. Поперечная система набора верхней палубы и днища становится невыгодной.

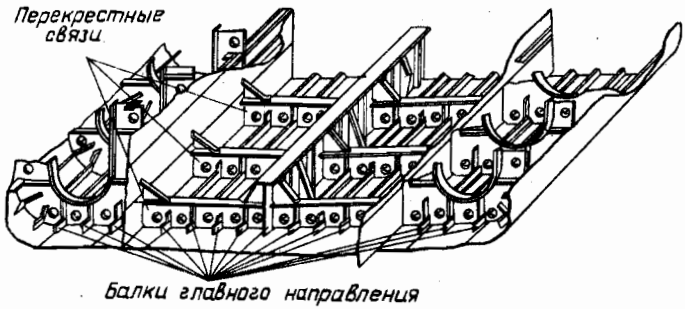


Рис. 6.6. Днищевое перекрытие танкера

При *продольной системе набора* (рис. 6.7, *б*) балки главного направления располагают вдоль судна, а перекрестные связи в виде рам — поперек. В этом случае длинная сторона пластин перекрытия направлена вдоль судна. Благодаря большому количеству продольных ребер жесткости удается с меньшими затратами металла обеспечить устойчивость перекрытий в продольном направлении, что дает выигрыш в массе корпуса.

Продольную систему набора применяют для днищевых, палубных и, иногда, бортовых перекрытий на крупных, а также на быстроходных морских судах (танкерах, пассажирских и грузопассажирских, больших сухогрузных судах, быстроходных контейнеровозах, больших промысловых плавучих базах и т. п.).

Кроме чисто поперечной и продольной встречается смешанная («клетчатая») система набора.

При *смешанной системе* (рис. 6.7, *в*) набор состоит из сетки продольных и поперечных балок, расставленных на примерно одинаковых расстояниях друг от друга, в связи с чем нельзя выделить из них балки главного направления и перекрестные связи (конфигурация пластин, ограниченных набором, приближается к квадрату). Однако, как правило, при этой системе преобладают поперечные связи.

Балки поперечного набора устанавливают на определенном расстоянии одну от другой, называемом *шпангоутным расстоянием*. Промежуток между этими балками называют *шпацией*.

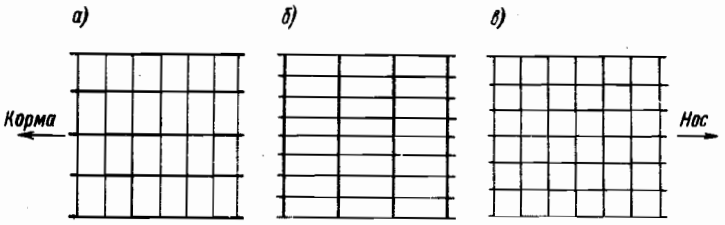


Рис. 6.7. Системы набора: *а* — поперечная; *б* — продольная; *в* — смешанная

Шпангоуты, на которых установлены балки поперечного набора, называют *практическими шпангоутами*, в отличие от теоретических, или просто *шпангоутами*.

При поперечной системе набора нормальное шпангоутное расстояние в средней части судна по Правилам Регистра СССР $S_0 = 0{,}002L + 0{,}48$, где L — длина судна между перпендикулярами, м.

Допускаемое отклонение величины определенной по формуле шпации равно ±25 %. В форпике и ахтерпике на судах любых размеров шпация, равная более 600 мм, как правило, не допускается. На расстоянии до $0{,}2L$ от носового перпендикуляра шпация не должна быть более 700 мм.

Чтобы создать предпосылки для более широкой унификации, нормализации и стандартизации в области судовых корпусных конструкций, дельных вещей и фундаментов, при проектировании судов определяемые приведенными выше Правилами Регистра СССР шпангоутные расстояния принимают округленно, а именно: 500, 550, 600, 700, 750, 800, 900, 1000 мм.

При продольной системе набора расстояния между балками главного направления — продольными ребрами — по технологическим соображениям должно быть не менее 500 мм у сухогрузных судов и 600 мм — у танкеров.

§ 6.3. Основные конструктивные элементы корпуса

Оболочка корпуса, состоящая из днищевого, двух бортовых и палубного перекрытий, подкрепляется изнутри поперечными и продольными переборками и промежуточными палубами и платформами, необходимость которых, а также их количество и расположение определяются размерами и назначением судна.

Вместе с оконечностями и штевнями они образуют основной корпус и относятся поэтому к числу *основных конструктивных элементов корпуса*. Наряду с этим важную роль в формировании

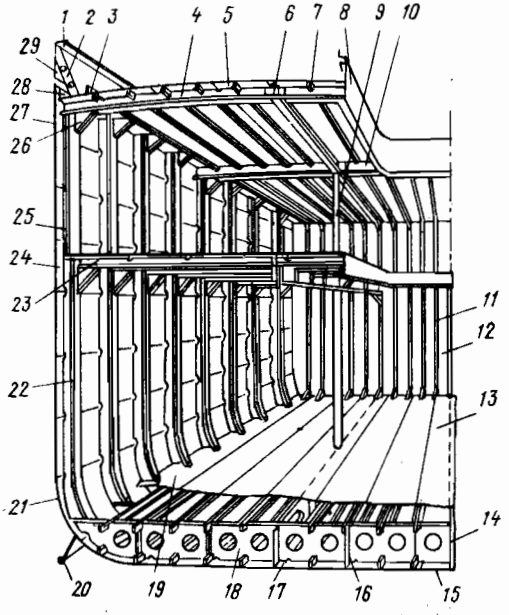


Рис. 6.8. Поперечный разрез сухогрузного судна.

1 — планширь; *2* — стойка фальшборта; *3* — полоса ватервейса; *4* — бимс рамный; *5* — настил палубы; *6* — карлингс; *7* — ребро продольное; *8* — комингс люка; *9* — пиллерс; *10* — бимс концевой; *11* — стойка переборки; *12* — переборка непроницаемая; *13* — настил второго дна; *14* — киль вертикальный; *15* — киль горизонтальный; *16* — стрингер днищевой; *17* — обшивка наружная днищевая; *18* — флор; *19* — лист крайний междудонный; *20* — киль скуловой; *21* — пояс скуловой; *22* — шпангоут трюмный; *23* — бимс; *24* — обшивка наружная; *25* — шпангоут твиндечный; *26* — кница бимсовая; *27* — ширстрек; *28* — угольник стрингериый; *29* — фальшборт

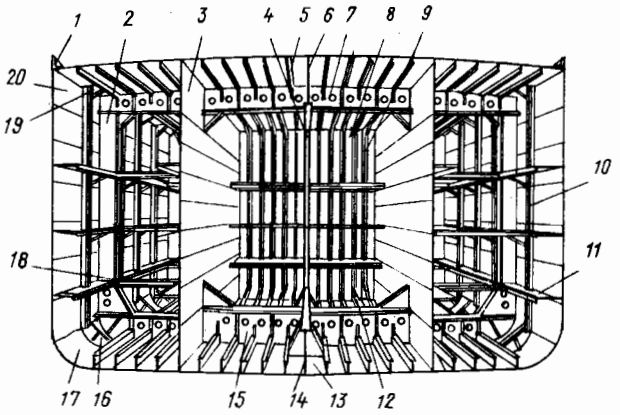


Рис. 6.9. Поперечный разрез нефтеналивного судна.

1 — угольник стрингерный; *2* — шпангоут рамный; *3* — переборка продольная; *4* — стойка доковая; *5* — ребро продольное; *6* — карлингс; *7* — бимс рамный; *8* — переборка поперечная; *9* — стойка переборки; *10* — шпангоут; *11* — стрингер бортовой; *12* — шельф; *13* — киль горизонтальный; *14* — киль вертикальный; *15* — флор; *16* — кница скуловая; *17* — пояс скуловой; *18* — распорка; *19* — кинца бимсовая; *20* — ширстрек

корпуса играют и другие конструктивные элементы: выгородки, шахты, пиллерсы, комингсы люков, надстройки и рубки, а также фундаменты под различные механизмы. Большинство этих элементов показано на поперечных разрезах сухогрузного и нефтеналивного судов (рис. 6.8 и 6.9).

6.3.1. Наружная обшивка, палубный настил и настил второго дна

Наружная обшивка, настил палуб и настил второго дна являются основными связями, определяющими общую продольную прочность корпуса. Одновременно они образуют непроницаемую оболочку, которая предотвращает попадание воды внутрь судна сверху (настил верхней палубы), обеспечивает плавучесть судна (наружная обшивка) и непотопляемость при повреждении наружной обшивки днища (настил второго дна). Кроме того, настил второго дна образует междудонное пространство.

Наружная обшивка представляет ряд поясьев, состоящих из отдельных листов, расположенных длинной кромкой вдоль корпуса судна. Ширина поясьев — 1,5—2,5 м, а на крупных судах — 3,0—3,2 м. Длина листов — до 16 м.

Разбивка наружной обшивки на поясья производится на чертеже растяжки наружной обшивки (рис. 6.10, *а*), который представляет собой развертку наружной обшивки одного борта на плоскость. Так как ширина растяжки наружной обшивки в оконечностях меньше, чем в средней части судна, поясья наружной обшивки в районе оконечностей начинают

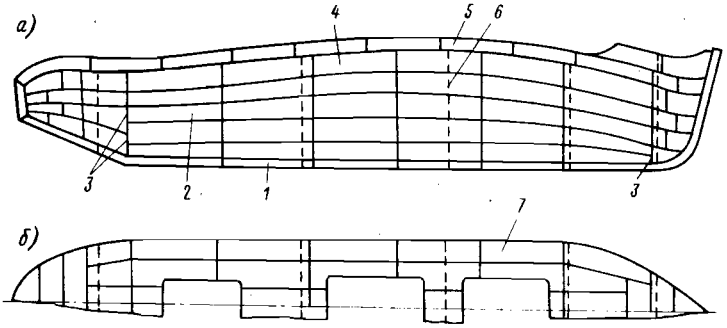


Рис. 6.10. Растяжка наружной обшивки (*а*) и настила верхней палубы (*б*).

1 — горизонтальный киль; *2* — скуловой пояс; *3* — потеряй; *4* — ширстрек; *5* — фальшборт; *6* — след поперечной переборки; *7* — палубный стрингер

сужаться. Во избежание чрезмерного сужения в этом случае вводят *потеряи*, т. е. поясья, в которые переходят два смежных суженных пояса, заканчиваемые в одном сечении.

Поясья наружной обшивки, образующие ее днищевую часть, называются днищевыми, образующими бортовую часть, — бортовыми. Верхний пояс бортовой обшивки называется *ширстреком*; пояс, идущий между днищем и бортом (по скуле), — *скуловым*; а средний пояс, расположенный вдоль днища симметрично ДП, — *горизонтальным килем*.

Горизонтальный киль в средней части судна делают толще примыкающих к нему поясьев днищевой обшивки. Ширстрек также утолщают (по сравнению с остальными поясьями борта). Толщина листов наружной обшивки в оконечностях меньше, чем в средней части судна (кроме судов ледового плавания). На судах, имеющих ледовые подкрепления, бортовая обшивка в районе ватерлинии делается утолщенной — это так называемый *ледовый пояс*.

Палубный настил на листы разбивают на чертеже растяжки палубного настила (рис. 6.10, *б*). Крайние примыкающие к борту листы палубного настила составляют *палубный стрингер*; его делают толще, чем другие листы палубного настила, и располагают вдоль судна. Кроме него, иногда утолщают листы, примыкающие к большим вырезам в палубе, например в районе грузовых люков или в местах соединения с поперечными переборками. Внутренние листы палубного настила располагают вдоль или, реже, поперек судна — в зависимости от наличия вырезов в палубе и удобства раскроя.

Для соединения листов наружной обшивки и настилов палуб и второго дна используют сварку. В виде исключения иногда прибегают к клепке — в месте соединения палубного стрингера с ширстреком, а при необходимости образования так называемых

барьерных швов — в районе скулы и по верхней палубе. Барьерные швы, идущие вдоль судна, препятствуют распространению случайных трещин по всему поперечному сечению наружной обшивки и палубы. В настоящее время барьерных клепаных швов почти не делают.

6.3.2. Днищевые перекрытия

Днищевые перекрытия небольших судов (менее 50 м) обычно состоят из наружной обшивки и балок продольного и поперечного набора. У судов длиной от 50 до 61 м в районе МКО и в нос от него до форпиковой переборки, а у судов длиной более 61 м на всем протяжении между форпиковой и ахтерпиковой переборками в днищевое перекрытие кроме наружной обшивки и набора входит настил и набор второго (внутреннего) дна, образуя так называемое *двойное дно*. В районе форпика, ахтерпика и диптанков, а также в районе грузовых танков и насосных отделений наливных судов двойного дна, как правило, не предусматривают. *

Набор днищевых перекрытий на судах без двойного дна (рис. 6.11) состоит из продольных связей — вертикального киля и днищевых стрингеров, а также поперечных связей — флоров.

Вертикальный киль представляет собой продольную балку, идущую в ДП и являющуюся основной продольной связью корпуса, устанавливаемой по всей длине судна от носа до кормы. На небольших судах вертикальный киль соединяется внизу с утолщенной полосой, называемой *брусковым килем* (рис. 6.12, *а*). В остальных случаях нижним пояском балки служит средний

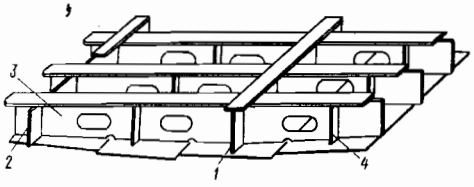
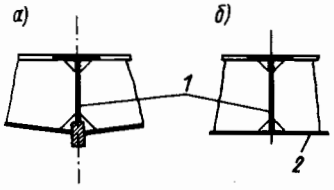


Рис. 6.11. Конструкция днищевого перекрытия без двойного дна (поперечная система набора).
1 — вертикальный киль; *2* — стрингер; *3* — сплошной флор; *4* — ребро жесткости



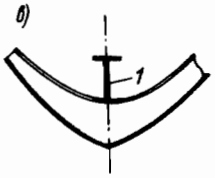


Рис. 6.12. Конструкция вертикального киля на судах без двойного дна: *а*, *б* — в виде тавровой балки по днищу; *в* — в виде прогона поверх флоров.
1 — вертикальный киль; *2* — горизонтальный киль

* На советских танкерах типа «Крым», «Победа» и «Дмитрий Медведев» для более надежной защиты моря от загрязнения нефтью при случайных повреждениях днища предусмотрено двойное дно (у двух последних и двойные борта).

пояс наружной обшивки — *горизонтальный киль* (рис. 6.12, *б*). Верхний поясок киля выполняют в виде горизонтальной полосы.

Вертикальный киль — это, как правило, неразрезная балка, которая разрезается между флорами только в оконечностях, где наружная обшивка начинает притыкаться к нижнему пояску горизонтального киля под углом более 50°.

Иногда на небольших судах, чтобы не резать флоры, вертикальный киль выполняют в виде прогона поверх флоров (рис. 6.12, *в*).

Днищевые стрингеры — это балки, разделяемые флорами. Верхний поясок — неразрезной. Расстояние между днищевыми стрингерами, а также расстояние от вертикального киля или борта до стрингера не должно превышать 2,2 м (в носу на протяжении $0{,}25L$ от форштевня это расстояние не должно быть более 1,1 м).

Флоры представляют собой поперечные балки, служащие опорой для наружной обшивки. Верхний поясок флора выполняют либо в виде отогнутого фланца, либо в виде приваренной полосы. На судах без двойного дна флоры устанавливают на каждом шпангоуте. Высота флоров в ДП должна быть не менее $^1/_{18}$ ширины судна, а толщина — не менее 1 % их высоты в ДП плюс 3,5 мм (но не толще днищевой обшивки).

Набор днищевых перекрытий с двойным дном при поперечной системе набора (рис. 6.13, *а*) состоит из продольных балок — вертикального киля, днищевых стрингеров и крайнего междудонного листа, а также поперечных связей — флоров, устанавливаемых на каждом шпангоуте.

В междудонном наборе при продольной системе набора (рис. 6.13, *б*) имеются продольные ребра жесткости, идущие между стрингерами и вдоль них; флоры на каждом шпангоуте отсутствуют. В этом случае их устанавливают в виде рамных связей на расстоянии не более 3,2 м друг от друга.

Вертикальный киль в средней части на длине не менее $0{,}6L$ выполняют непрерывным; в оконечностях его можно разрезать. Высота вертикального киля должна быть не менее 660 мм (чтобы можно было выполнять работы в отсеках двойного дна). В листах вертикального киля в средней части судна на протяжении $0{,}75L$ вырезов не делают. Вырезы, допущенные в исключительных случаях, должны быть подкреплены (рис. 6.14).

Иногда вместо вертикального киля на судах с двойным дном устанавливают *туннельный киль* (рис. 6.15), состоящий из двух стенок, расположенных по обе стороны ДП. Расстояние между стенками определяют по Правилам Регистра — оно должно быть не более 1,5 м. В туннельном киле оборудуют обычно коридор трубопроводов и обязательно предусматривают запасные выходы в виде водонепроницаемых шахт, доведенных до палубы переборок.

Днищевые стрингеры устанавливают вдоль судна между вертикальным килем и бортом на расстоянии от вертикального киля

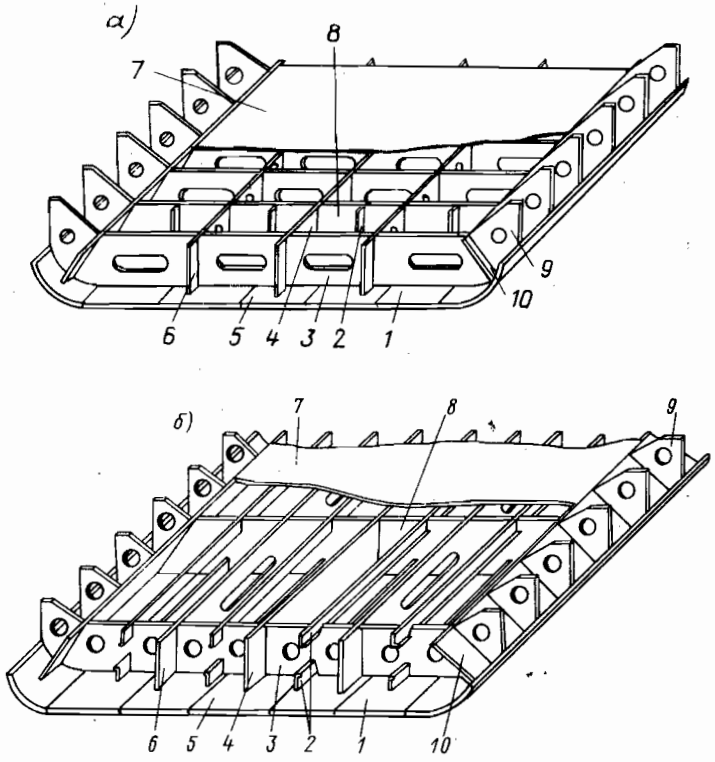


Рис. 6.13. Конструкция днищевого перекрытия с двойным дном: *а* — поперечная система набора; *б* — продольная система набора.

1 — наружная обшивка; *2* — ребро; *3* — флор проницаемый; *4* — вертикальный киль; *5* — горизонтальный киль; *6* — стрингер днищевой проницаемый; *7* — настил второго дна; *8* — флор непроницаемый; *9* — скуловая кница; *10* — стрингер днищевой непроницаемый (крайний междудонный лист)

и друг от друга не более 4,0—4,15 м при поперечной системе набора и не более 4,5—4,65 м — при продольной. В носу на протяжении 0,25*L* от носового перпендикуляра расстояние между днищевыми стрингерами не должно превышать 2,2 м. Для доступа ко всем частям двойного дна в проницаемых стрингерах делают вырезы: овальные (размером не менее 350×450 мм) или круглые (диаметром не менее 300 мм); максимальный вырез не должен превышать 0,5 высоты стрингера. В шпациях, примыкающих к поперечным переборкам, и под пиллерсами вырезы делать нельзя. Если все же их необходимо сделать, то в этих местах делают подкрепления, так же как в вертикальном киле.

Крайними междудонными листами называют крайние днищевые стрингеры или листы двойного дна, расположенные вдоль скулы по каждому борту и замыкающие по бортам отсеки двойного дна (рис. 6.16). Эти листы делают наклонными или горизон-

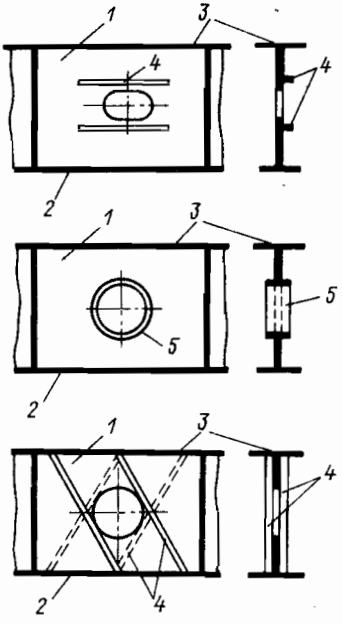


Рис. 6.14. Подкрепление вырезов в вертикальном киле.

1 — вертикальный киль; *2* — наружная обшивка; *3* — второе дно; *4* — подкрепляющие ребра жесткости; *5* — кольцевая обделочная полоса

тальными. Толщину крайнего междудонного листа принимают несколько большей, чем толщину второго дна в этом районе: для наклонного листа — на 2,5 мм, для горизонтального — на 1 мм (в котельном отделении—на 2 мм). Наклонные крайние междудонные листы в месте примыкания к наружной обшивке образуют *льяла* —водостоки, куда стекает попавшая в трюм вода.

Флоры двойного дна бывают сплошные и открытые. В свою очередь, сплошные флоры бывают проницаемые и водонепроницаемые, а открытые — бракетными и облегченными.

Сплошные проницаемые флоры (рис. 6.17, *а*) состоят из целых листов, подкрепленных ребрами жесткости и имеющих вырезы. Ребра жесткости высотой не более 90 мм устанавливают при продольной системе набора в плоскости каждой или каждой второй продольной балки, а при поперечной системе — на расстоянии не более 1,5 м друг от друга. Вырезы для облегчения флора, служащие одновременно лазами для передвижения в двойном дне, по максимальному размеру должны быть не больше половины высоты флора. В носовой оконечности на протяжении $0{,}25L$ от носового перпендикуляра, в МКО, а также в районе грузовых трюмов судов, систематически выгружаемых грейферами (т. е. судов для навалочных грузов), сплошные флоры устанавливают на каждом шпангоуте при поперечной системе набора и на каждом втором шпангоуте — при продольной системе. Сплошные флоры в районе грузовых трюмов прочих судов ставят при поперечной системе набора — на каждом шпангоуте, при продольной системе — на каждом третьем шпангоуте (но не реже чем через 3,2 м). По Правилам Регистра СССР допускается при поперечной системе набора устанавливать сплошные флоры не дальше чем на четыре шпангоутных расстояния друг от друга (но не реже чем через 3,6 м) при условии, что на каждом шпангоуте между ними будет поставлен бракетный или облегченный флор. Сплошные флоры обязательно устанавливают также под фундаментами упорных подшипников и котлов, под поперечными переборками и т. п.

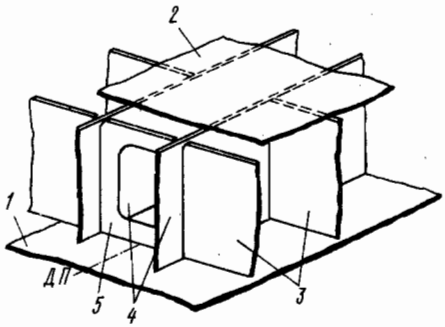


Рис. 6.15. Туннельный киль.

1 — наружная обшивка; *2* — настил второго дна; *3* — флоры; *4* — днищевые стрингеры; *5* — бракета

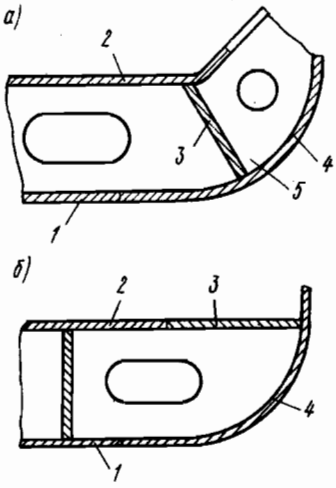


Рис. 6.16. Крайний междудонный лист: *а* — наклонный; *б* — горизонтальный.

1 — наружная обшивка; *2* — настил второго дна; *3* — крайний междудонный лист; *4* — скула; *5* — льяло

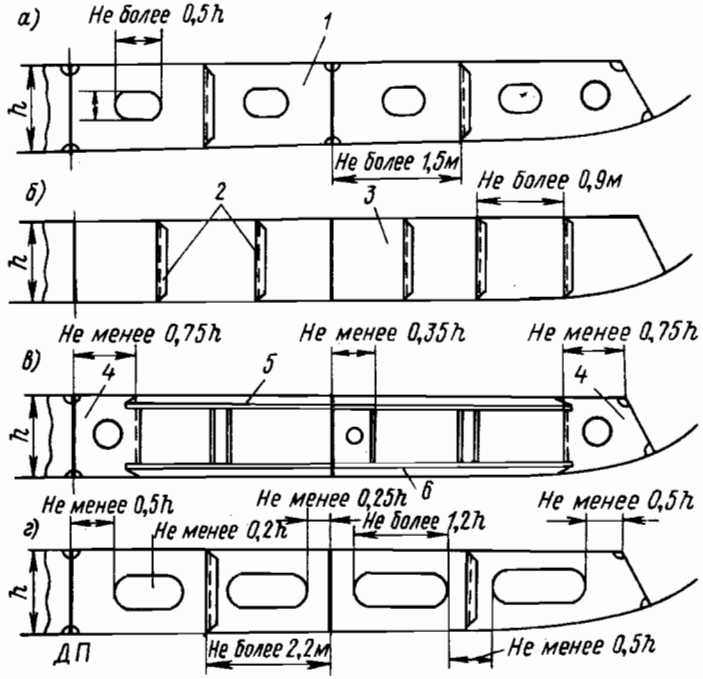


Рис. 6.17. Виды флоров: *а* — сплошной проницаемый; *б* — сплошной непроницаемый; *в* — открытый бракетный; *г* — открытый облегченный.

1 — сплошной флор; *2* — ребра жесткости; *3* — непроницаемый флор; *4* — бракета; *5* — верхняя балка; *6* — нижняя балка

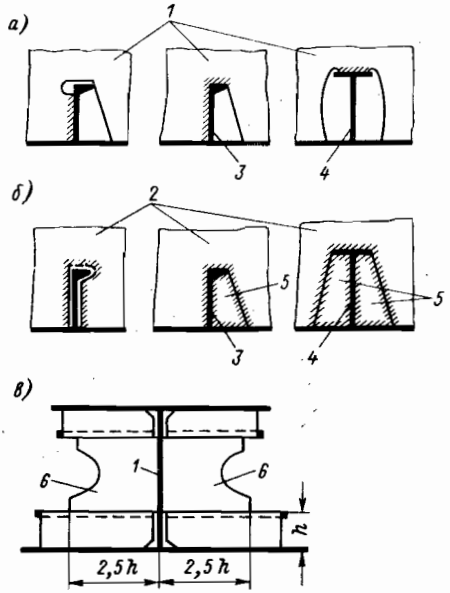


Рис. 6.18. Узлы прохода различных профилей через проницаемые (*а*) и непроницаемые (*б*, *в*) флоры.

1 — флор проницаемый; *2* — флор непроницаемый; *3* — полособульб (продольная балка); *4* — двутавр (продольная балка); *5* — заделочная планка; *6* — бракета

Сплошные водонепроницаемые флоры (рис. 6.17, *б*) ограничивают междудонные цистерны и водонепроницаемые отсеки. Их делают несколько большей толщины, чем сплошные проницаемые флоры (не менее чем на 2 мм) и подкрепляют вертикальными ребрами жесткости не реже чем через 0,9 м.

Чтобы исключить проникновение воды (или нефти) в местах прохода продольного набора, в водонепроницаемых флорах делают соответствующие вырезы и ставят заделочные планки, которые приваривают встык или внахлест (рис. 6.18). Допускается разрезать продольный набор на водонепроницаемых флорах. В этом случае его крепят к флорам с помощью бракет шириной, равной 2,5 высоты днищевых балок продольного набора (рис. 6.18, *в*).

Открытые бракетные флоры (см. рис. 6.17, *в*) состоят из нижних и верхних балок, соединенных бракетами у вертикального киля, основных днищевых стрингеров и крайнего междудонного листа. Толщину этих бракет принимают равной толщине сплошных флоров в данном районе, а ширину крайнего междудонного листа и вертикального киля — не менее 0,75 его высоты, а стрингеров — не менее 0,35 высоты вертикального киля. При высоте двойного дна 800 мм и более свободную кромку бракет отгибают или приваривают к ней поясок шириной, равной 10 толщинам, но не более 90 мм.

Открытые облегченные флоры (см. рис. 6.17, *г*) состоят из листов с большими вырезами (но не более 1,2 высоты вертикального киля), размеры которых обусловлены Правилами Регистра СССР. Облегченные флоры имеют вертикальные ребра жесткости, устанавливаемые не далее чем на 2,2 м друг от друга.

6.3.3. Бортовые перекрытия

Бортовые перекрытия (рис. 6.19) состоят из наружной обшивки борта и бортового набора. Они воспринимают действие давления воды, значение которого растет пропорционально глубине погру-

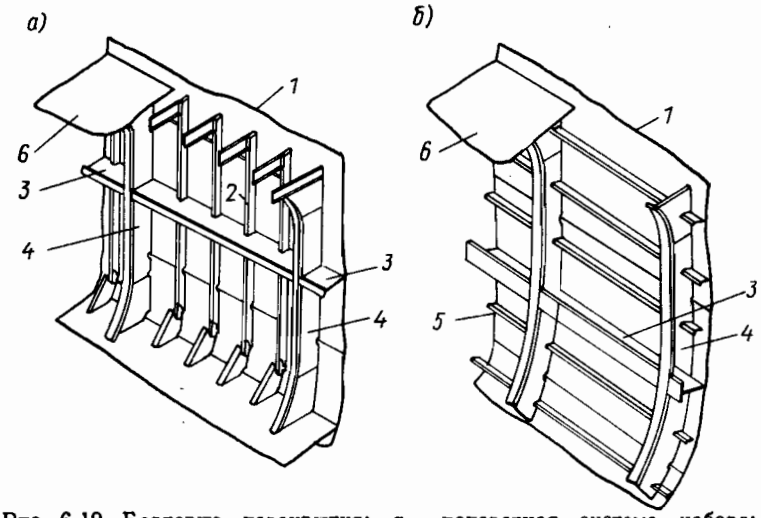


Рис. 6.19. Бортовые перекрытия: *а* — поперечная система набора; *б* — продольная система набора.

1 — обшивка борта; *2* — шпангоут; *3* — бортовой стрингер; *4* — рамный шпангоут; *5* — продольные ребра; *6* — палуба

жения борта (см. рис. 6.3). При плавании судна на взволнованной поверхности и при бортовой качке величина этого давления периодически меняется в значительных пределах. Особенно заметные изменения нагрузки испытывает бортовое перекрытие в районе носовой оконечности, где к указанным выше нагрузкам добавляется динамическая нагрузка от ударов волн (слеминга). Конструкции бортовых перекрытий судов, плавающих во льду, испытывают также действие ледовой нагрузки.

Бортовой набор состоит из балок, идущих в поперечном направлении, — шпангоутов. В зависимости от принятой системы набора, местоположения бортового перекрытия и ледового класса судна в состав бортового набора могут входить продольные балки, называемые *бортовыми стрингерами*, а также продольные ребра жесткости.

Конструкцию бортового перекрытия выполняют по поперечной или продольной системе, независимо от принятой системы набора днищевого и палубного перекрытия. Однако на сухогрузных судах, как правило, применяют только поперечную систему набора бортовых перекрытий.

Если бортовое перекрытие выполнено по поперечной системе набора, то шпангоуты в виде катаных или составных профильных балок устанавливают нормально (т. е. под прямым углом) к ДП на всем протяжении судна, за исключением района кормы (у ледоколов — кормы и носа), где шпангоуты ставят нормально к наружной обшивке; в этом случае их называют *поворотными шпангоутами* (рис. 6.20).

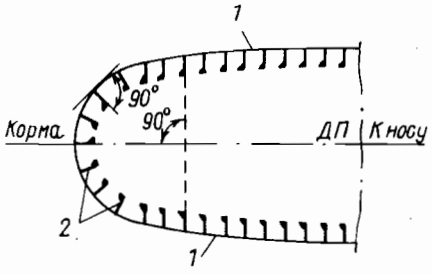


Рис. 6.20. Установка шпангоутов.
1 — бортовая обшивка; *2* — поворотные шпангоуты

Шпангоуты, устанавливаемые при поперечной системе набора в каждой шпации, называются *основными*. В районе трюмов ветви основных шпангоутов называют *трюмными*, а в междупалубных помещениях — твиндеках — *твиндечными*. Так как нагрузка на бортовое перекрытие в нижней его части больше, чем в верхней, трюмные шпангоуты имеют большее сечение, чем твиндечные. Нижние концы трюмных шпангоутов соединяют с крайним междудонным листом или с днищевым набором при помощи *скуловых книц* или путем обычного перекроя бортовым шпангоутом днищевого флора (рис. 6.21). Высота скуловой кницы, измеренная от верхней кромки флора, должна составлять не менее 0,1 пролета шпангоута, т. е. расстояния от второго дна до палубы. Верхние концы шпангоутов крепят к подпалубному набору также с помощью книц, называемых бимсовыми (см. ниже). В районе МКО в соответствии с Правилами Регистра СССР устанавливают не реже чем через каждые пять шпаций *рамные шпангоуты* усиленного профиля и *бортовые стрингеры* — горизонтальные балки, идущие вдоль борта. При этом рамные шпангоуты должны иметь высоту стенки не менее 0,1 пролета между настилом второго дна и самой нижней палубой в этом районе, а бортовые стрингеры — высоту, равную высоте рамного шпангоута. Расстояние между бортовыми стрингерами и настилом второго дна или палубой не должно превышать 2,5 м. Рамные шпангоуты и стрингеры обеспечивают повышенную прочность борта в этом очень важном отсеке корпуса. Бортовой набор в форпике

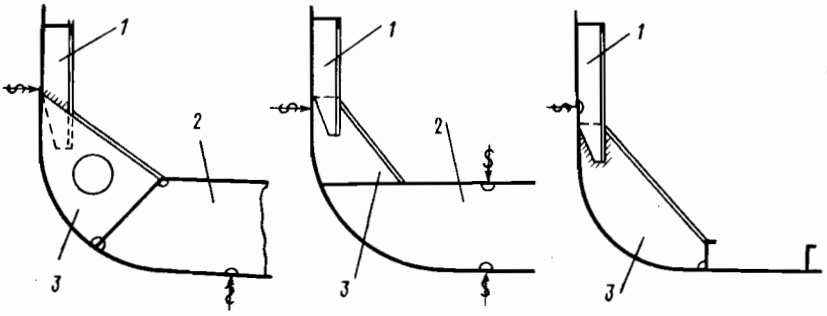


Рис. 6.21. Варианты крепления нижнего конца трюмного шпангоута с днищевой конструкцией.
1 — шпангоут; *2* — флор; *3* — скуловая кница

и ахтерпике, а также на протяжении 0,15 длины судна от носового перпендикуляра тоже усиливают. Это выражается в уменьшении расстояния между шпангоутами (в пиках — не более 600 мм, в носовой части на протяжении $0{,}2L$ — не более 700 мм), в установке бортовых стрингеров не реже чем через 2 м и в усилении прочности самих шпангоутов.

Кроме того, Правила предписывают усиливать на 15 % прочность бортовых шпангоутов в районе балластных и топливных цистерн либо устанавливать на этих участках бортовые стрингеры.

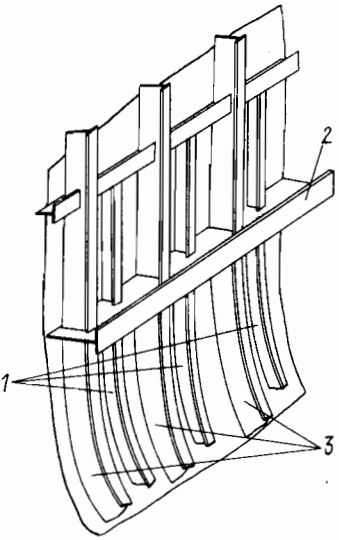


Рис. 6.22. Подкрепления борта судов ледового плавания.
1 — промежуточные шпангоуты; *2* — бортовой стрингер; *3* — основные шпангоуты

Для усиления прочности бортового перекрытия при действии ледовой нагрузки в бортовой набор включают *промежуточные шпангоуты*, которые ставят между основными (рис. 6.22), а также бортовые стрингеры, устанавливаемые не реже чем через 1,4 м друг от друга. Размеры этих подкреплений и протяженность района, в котором их устанавливают, определяют по Правилам Регистра СССР в зависимости от ледового класса судна.

У *танкеров с поперечной системой набора бортовых перекрытий* (рис. 6.23, *а*) набор состоит из основных, а также рамных шпангоутов (устанавливаемых в плоскости рамных флоров на танкерах, у которых расстояние между поперечными переборками превышает 10 м) и нескольких бортовых стрингеров, расположение и размеры которых определяются Правилами Регистра СССР. Бортовые стрингеры соединяют с поперечными переборками и с рамными шпангоутами с помощью книц.

При *продольной системе набора бортовое перекрытие танкера* (рис. 6.23, *б*) состоит из горизонтально расположенных продольных балок, опирающихся на широко расставленные рамные шпангоуты, которые устанавливают в плоскости рамных флоров. Высота стенки рамных шпангоутов должна быть не менее 0,08 пролета между внутренними кромками флора и рамного бимса и может уменьшаться к верхнему концу и увеличиваться к нижнему на 10 % (так как нагрузка в нижней части корпуса увеличена по сравнению с верхней). В связи с тем, что рамные шпангоуты танкеров, особенно крупных, имеют большую высоту, их подкрепляют кницами.

На танкерах с двумя продольными переборками в бортовых танках часто ставят *распорки*, перевязывающие бортовые стрин-

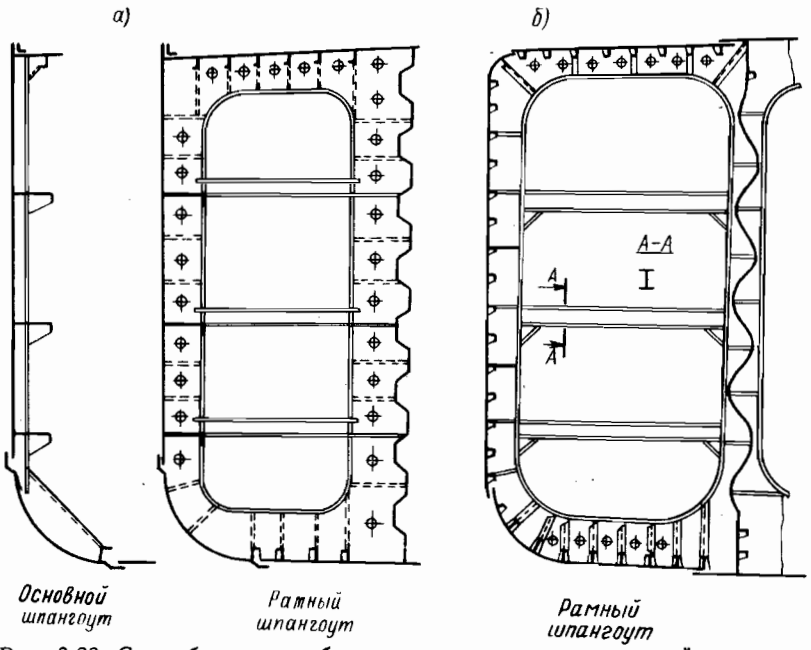


Рис. 6.23. Схема бортового набора танкеров: *а* — при поперечной системе; *б* — при продольной системе

геры с набором продольных переборок. Распорки устанавливают в плоскости рамных шпангоутов как при продольной, так и при поперечной системе набора (рис. 6.23). При отсутствии распорок высоту рамного шпангоута увеличивают с 0,08 до 0,11 длины пролета между внутренними кромками флора и бимса.

Применение продольной системы бортовых перекрытий на танкерах дает некоторый выигрыш в массе корпуса, поэтому для них данная система довольно характерна. Этому способствует и то, что крупные танкеры не плавают в ледовых условиях, в которых была бы эффективнее поперечная система бортового набора.

Недостатком продольной системы набора, применяемой на танкерах, является ухудшение условий мойки бортовых танков, так как смываемые остатки нефти задерживаются на продольных балках. Правила Регистра СССР рекомендуют на танкерах длиной более 180 м применять по бортам продольную систему набора.

6.3.4. Палубы и платформы

П а л у б ы представляют собой горизонтальные перекрытия, расположенные по всей (или почти по всей) длине судна; такие же перекрытия, но расположенные на части длины или ширины судна, называют п л а т ф о р м а м и. В корпусе судна может быть одна или несколько палуб и платформ.

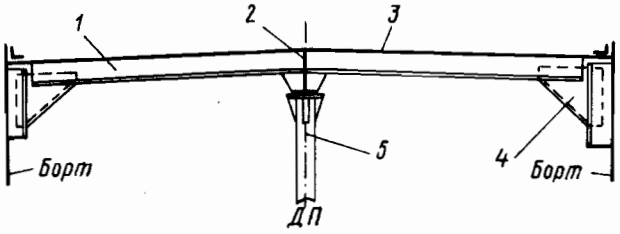


Рис. 6.24. Конструктивные элементы палубного перекрытия.

1 — бимс; *2* — карлингс; *3* — палубный настил; *4* — бимсовая кница; *5* — пиллерс

Верхняя непрерывная палуба корпуса является важнейшей продольной связью, обеспечивающей общую прочность корпуса. Эту палубу, называемую также главной палубой, рассчитывают на действие усилий от общего изгиба, а также на действие местных нагрузок от массы палубного груза, давления вкатывающейся на палубу воды во время шторма, массы льда при обмерзании в зимних условиях и т. д. Палубные перекрытия состоят из палубного настила и палубного набора (рис. 6.24).

Палубный набор включает подпалубные балки — поперечные (бимсы) и продольные (карлингсы).

При *поперечной системе палубного набора* (рис. 6.25, *а*) бимсы, установленные на каждом шпангоуте, поддерживаются одним или несколькими карлингсами, представляющими собой сварные тавровые балки с вырезами в стенках, через которые проходят бимсы, имеющие, как правило, меньшую высоту. Вместе со шпангоутами борта и флорами днища бимсы образуют в одном поперечном сечении корпуса *шпангоутную рамку*. В местах расположения рамных шпангоутов устанавливают усиленные *рамные бимсы*.

При *продольной системе палубного набора* (рис. 6.25, *б*) бимсы в виде высоких рам ставят в плоскости бортовых рамных шпан-

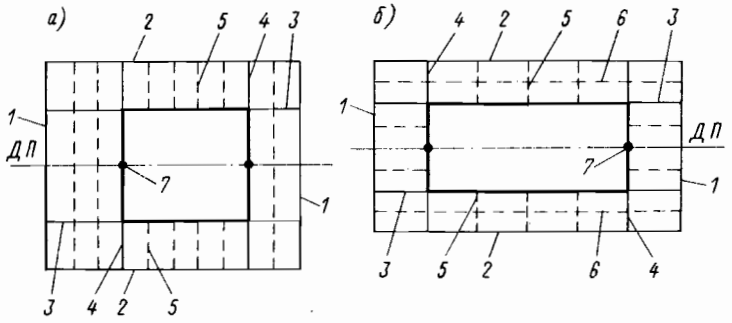


Рис. 6.25. Конструктивные схемы палубного набора: *а* — при поперечной системе; *б* — при продольной системе.

1 — поперечная переборка; *2* — борт; *3* — карлингс; *4* — концевой бимс; *5* — полубимс; *6* — продольное ребро жесткости; *7* — пиллерс

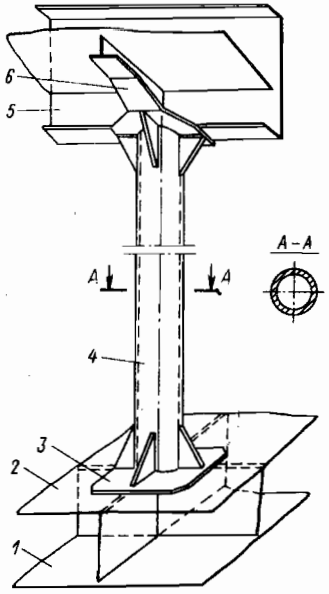


Рис. 6.26. Пиллерс (конструкция и установка).

1 — наружная обшивка днища; *2* — настил второго дна; *3* — накладной лист; *4* — пиллерс; *5* — поперечный комингс люка; *6* — утолщенный поясок карлингса

гоутов (при продольной системе бортового набора) и рам днищевого перекрытия. В этом случае в продольном направлении помимо карлингсов располагают продольные ребра, которые проходят сквозь рамные бимсы.

Продольную систему палубного набора применяют обычно только на крупных судах, где она позволяет получить некоторый выигрыш в массе палубного перекрытия. Однако из-за наличия высоких поперечных рам рационально использовать подпалубное пространство затруднительно, поэтому даже на крупных сухогрузных и пассажирских судах продольную систему палубного набора используют редко. Палубные перекрытия опираются на борта, продольные и поперечные переборки, а при большой величине пролета поддерживаются еще и *пиллерсами* (рис. 6.26), или *полупереборками*. Установка пиллерсов способствует уменьшению массы палубных перекрытий. Пиллерсы ставят либо по концам грузового люка в ДП (два пиллерса на каждый трюм), либо по углам грузового люка (четыре пиллерса на каждый трюм). На многопалубных судах пиллерсы, по возможности, располагают один под другим, причем чем ниже находится пиллерс, тем большую нагрузку он воспринимает и, следовательно, тем больше его размеры.

Большие вырезы в палубах в районе грузовых люков подкрепляют по периметру мощными балками — комингсами, которые опираются на пиллерсы или, чаще, на продольные полупереборки, устанавливаемые в ДП (рис. 6.27).

Усиленные бимсы, совпадающие с носовой или кормовой кромкой грузового люка, называют *концевыми бимсами*.

Высота комингсов грузовых люков на верхней палубе (от палубного настила) регламентируется Правилами Регистра СССР с учетом безопасности при заливании. У судов дальнего плавания она должна быть не менее 600 мм в носовой части судна на протяжении $^1/_4$ длины от носового перпендикуляра и не менее 450 мм — в остальном районе судна.

На нижележащих палубах верхние кромки комингсов грузовых люков располагают заподлицо с настилом палубы (в закрытых водонепроницаемых помещениях высота комингса Правилами

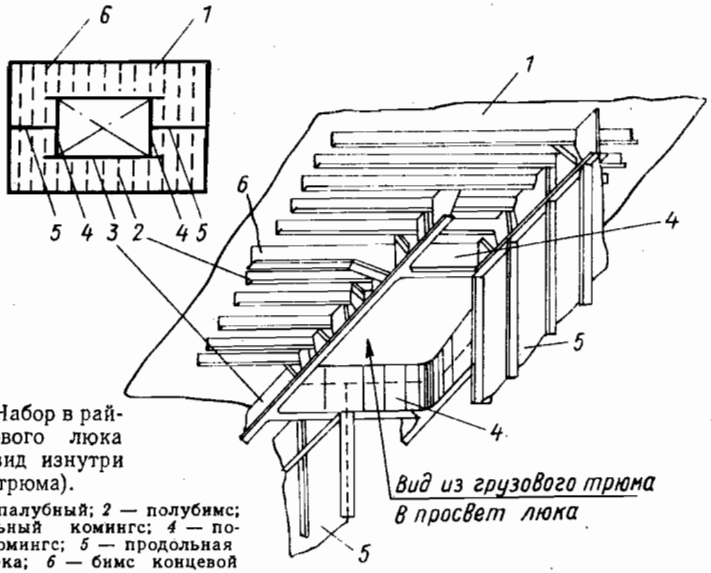


Рис. 6.27. Набор в районе грузового люка (схема и вид изнутри грузового трюма).

1 — настил палубный; *2* — полубимс; *3* — продольный комингс; *4* — поперечный комингс; *5* — продольная полупереборка; *6* — бимс концевой

Регистра СССР не регламентируется). Верхние кромки комингсов грузовых люков служат опорным контуром для люковых закрытий и имеют соответствующее оформление.

Бимсы, расположенные в районе грузовых люков между бортом и продольным комингсом грузового люка, называют *полубимсами* (рис. 6.27). Если бимс не покрыт палубным настилом, его называют *холостым*.

6.3.5. Главные поперечные и продольные переборки

Главные поперечные и продольные переборки образуют отсеки в корпусе судна и тем самым обеспечивают его непотопляемость при повреждении. Поэтому их относят к числу основных конструкций корпуса (рис. 6.28). Главные

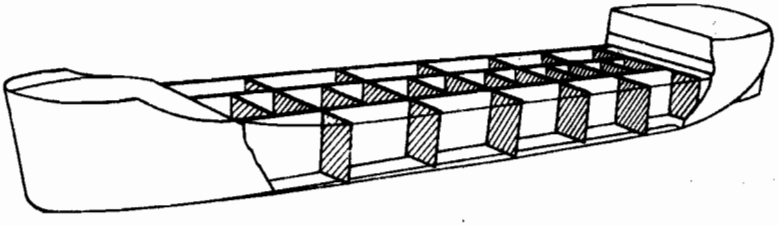


Рис. 6.28. Расположение главных продольных и поперечных переборок на танкере

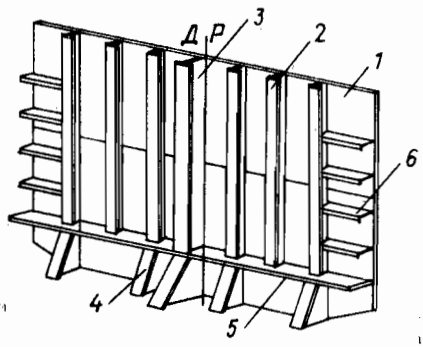


Рис. 6.29. Конструкция поперечной переборки.

1 — полотнище; *2* — стойки; *3* — доковая стойка; *4* — кница; *5* — шельф; *6* — ребра жесткости

продольные переборки участвуют в создании общей продольной прочности корпуса. Главные поперечные переборки обеспечивают местную прочность. Переборки бывают водо-, нефте- и газонепроницаемые. Переборки, не предназначенные для образования замкнутых отсеков, могут быть проницаемыми.

Первая носовая поперечная переборка называется *переборкой форпика (таранной)*. Ее устанавливают на расстоянии не менее чем 0,06L и не более чем 0,05L плюс 3,05 м от носового перпендикуляра для создания крайнего носового отсека, называемого *форпиком*. Переборку форпика доводят до верхней водонепроницаемой палубы, а при наличии расположенных выше палубы переборок удлиненного бака или непрерывной палубы — до палубы вышележащего яруса.

Крайний кормовой отсек корпуса судна — *ахтерпик* — образуется переборкой ахтерпика. Длину его выбирают с учетом конструкции кормовой оконечности и дейдвудного устройства (см. ниже).

Водонепроницаемые поперечные переборки служат также для разграничения МКО, грузовых трюмов или грузовых танков, топливных бункеров и т. п. Общее количество поперечных переборок на гражданских судах не должно быть меньше требуемого Регистром СССР, причем длина отсека не должна быть более 30 м (на танкерах — не более 0,2L).

Главные поперечные переборки устанавливают: на судах без двойного дна — на наружную обшивку днища; на судах с двойным дном — на настил второго дна; при этом под поперечной переборкой в двойном дне ставят непроницаемый флор.

Главные продольные переборки на танкерах (обычно их бывает две, реже, одна или три) ставят на днищевую обшивку на расстоянии друг от друга около 0,6 ширины судна. По высоте все главные переборки доводят до палубы переборок.

Поперечные и продольные переборки состоят из полотнища и набора (рис. 6.29).

Полотнище состоит из стальных листов, располагаемых, как правило, горизонтально, причем толщина их убывает снизу вверх, так как снизу вверх убывает и давление воды, на действие которого рассчитывают прочность переборок.

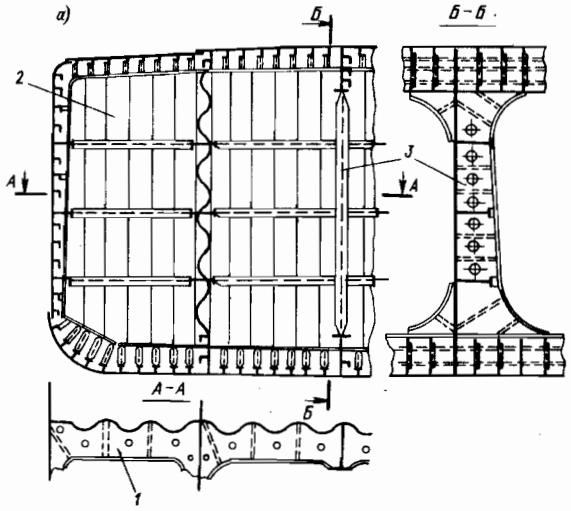
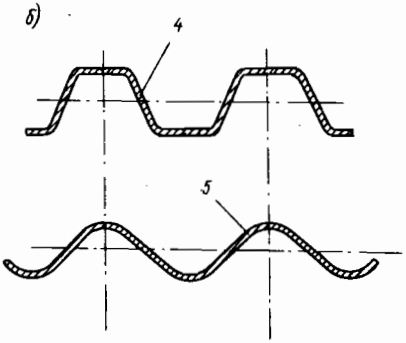


Рис. 6.30. Гофрированная поперечная переборка: *а* — конструкция гофрированной переборки; *б* — типы гофров.

1 — шельф; *2* — полотнище (гофрированное); *3* — доковая стойка; *4* — коробчатый гофр; *5* — волнистый гофр



Набор состоит из балок — угольников, полос, полособульбов, тавров, сварных тавров и пр., устанавливаемых вертикально (*стойки переборок*) или горизонтально (*горизонтальные ребра переборок*). На крупных судах набор переборок состоит из балок главного направления и перекрестных связей, называемых *шельфами*, если они установлены горизонтально, или *рамными стойками*, если они установлены вертикально.

Стойку, расположенную в ДП, изготовляют обычно усиленной, так как она является доковой, т е. воспринимает усилия от кильблоков при постановке судна в док. Концы стоек крепят к настилу второго дна и палубам с помощью книц или приваривают торцы стоек к настилу.

Распространение получили *гофрированные поперечные* и *продольные переборки* (рис. 6.30), которые изготовляют из коробчатых или волнистых штампованных гофров. На танкерах продольные гофрированные переборки имеют, как правило, только горизонтально расположенные гофры, а поперечные — или горизонтальные, или вертикальные гофры. При этом продольные гофрированные переборки танкеров должны у днища и у палубы

иметь плоские участки шириной не менее 0,1 высоты борта (при необходимости эти участки подкрепляют ребрами жесткости).

Трудоемкость изготовления гофрированных переборок на 10—15 % меньше, чем плоских. Еще значительнее выигрыш в массе; например, на танкерах водоизмещением 15 000—20 000 т он достигает 20—25 %. Кроме того, гофрированные переборки упрощают очистку танков.

Недостатком гофрированных переборок является отсутствие плоских поверхностей и несколько больший объем, занимаемый ими на судне, а также сложность соединения гофрированных переборок между собой и со смежными конструкциями. С увеличением размеров судна, а следовательно, толщин и размеров гофров переборок, экономия в трудоемкости и массе конструкций постепенно уменьшается. Поэтому на крупнотоннажных танкерах гофрированные переборки почти не применяют. В последнее время их реже используют и потому, что на новых автоматизированных линиях изготовление корпусных конструкций с гофрированными полотнищами затруднено.

6.3.6. Выгородки и шахты

Выгородки (рис. 6.31) служат для образования судовых помещений в междупалубных пространствах, надстройках и рубках. Их изготовляют из стали или легких алюминиево-магниевых сплавов. Выгородки состоят из полотнища и набора в виде

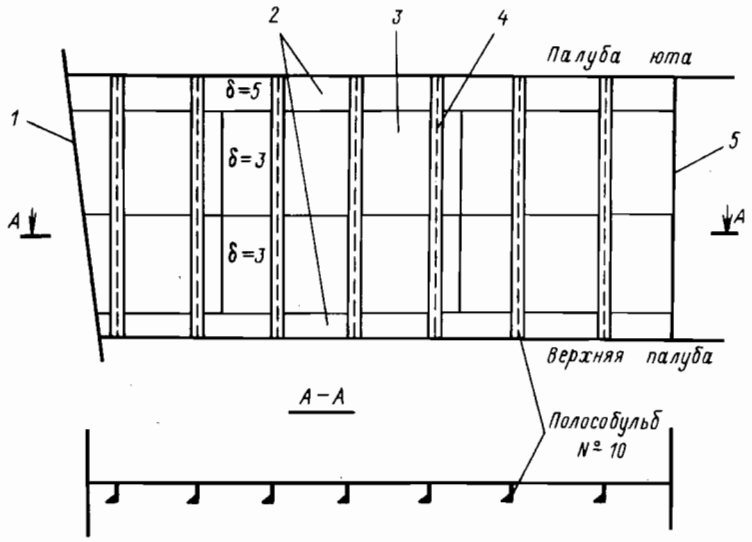


Рис. 6.31. Легкая поперечная выгородка в ютовой надстройке.

1 — наружная обшивка; *2* — комингс; *3* — полотнище переборки; *4* — стойка переборки (полособульб); *5* — продольная переборка

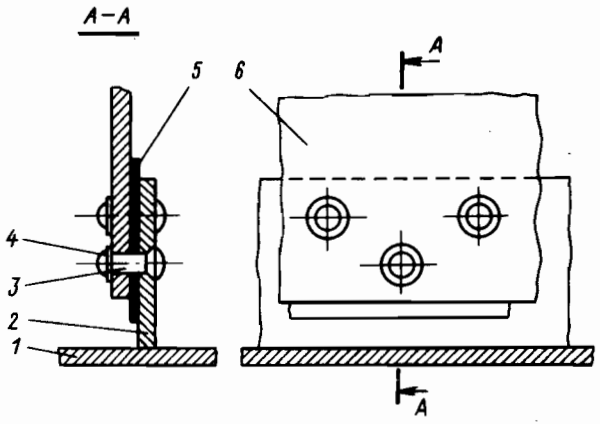


Рис. 6.32. Соединение конструкций надстройки из алюминиево-магниевого сплава со стальным корпусом.

1 — настил верхней палубы; *2* — комингс (сталь); *3* — стальная заклепка; *4* — стальная оцинкованная шайба; *5* — изоляционная прокладка (тиоколовая лента, ткань, пропитанная грунтом, резина, цинковая фольга и пр.); *6* — конструкция из алюминиево-магниевого сплава

вертикальных стоек из полособульбового, полосового или углового профилей; иногда их делают гофрированными. Набор во избежание деформаций приваривают к полотнищу точечным или прерывистым швом (применение точечной приварки набора допускается в конструкциях надстроек и рубок не ниже второго яруса, а также в прочих конструкциях, не испытывающих ударных и вибрационных нагрузок).

Толщина листов выгородок — 3—6 мм. Чтобы обеспечить прочность и непроницаемость выгородок, по их периметру устанавливают комингсы высотой 230—250 мм внизу и 1,5—1,7 высоты бимса палубы — вверху. Стальные выгородки приваривают к комингсу,

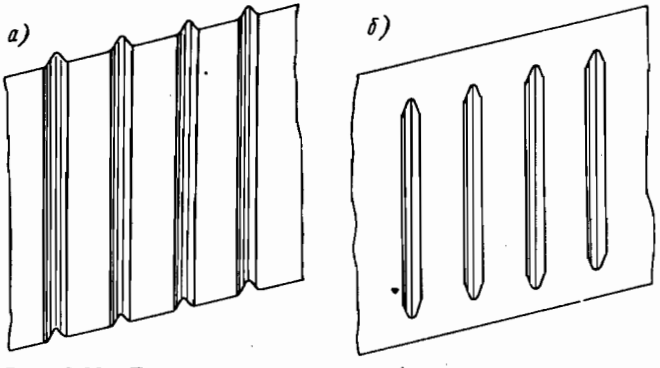


Рис. 6.33. Легкие штампованные гофрированные выгородки с вертикальными гофрами: *а* — открытого типа; *б* — закрытого типа

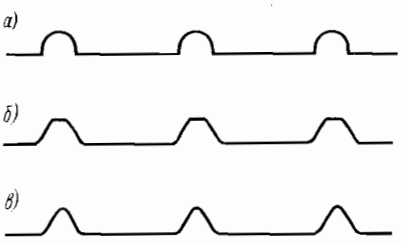
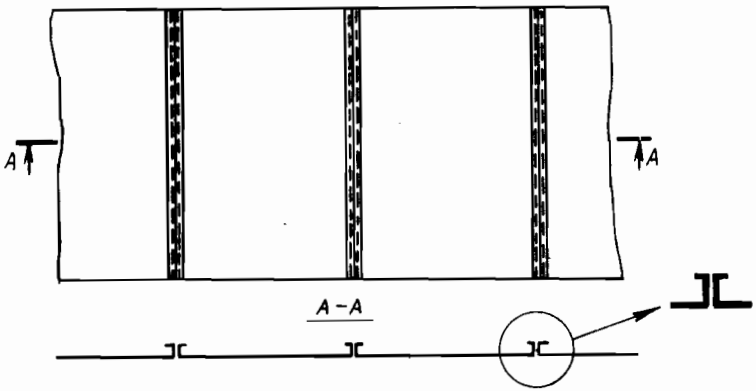


Рис. 6.34. Типы гофров легких выгородок: *а* — волнистые; *б* — коробчатые; *в* — зигзагообразные

Рис. 6.35. Конструкция легкой выгородки



а алюминиево-магниевые (в местах соединения со стальными конструкциями палубы) — приклепывают. При этом во избежание коррозии, а также для обеспечения непроницаемости в соединение между конструкцией из алюминиево-магниевого сплава и стальным комингсом включают прокладку из изолирующего материала (рис. 6.32) или же применяют специальную грунтовку сопрягаемых деталей, а заклепочные отверстия непосредственно перед клепкой грунтуют.

Гофрированные выгородки изготовляют из штампованных листов с вертикальными гофрами открытого или закрытого типа (рис. 6.33). Гофры применяют волнистые, коробчатые и зигзагообразные (рис. 6.34).

Легкие выгородки толщиной до 3 мм изготовляют из специально отбуртованных листов, причем соединяемые между собой фланцы соседних листов образуют стойки, являющиеся ребрами жесткости (рис. 6.35).

Ш а х т а м и называют специально выгороженные пространства — колодцы — между двумя или несколькими палубами или ярусами надстроек (машинно-котельные шахты, аварийные выходы). По конструкции стенки шахт практически не отличаются от выгородок.

6.3.7. Надстройки и рубки

Н а д с т р о й к и располагают на верхней непрерывной палубе. Количество и длина их определяется конструктивным типом судна (см. рис. 5.3). Средняя надстройка при длине более 15 %

длины судна участвует в обеспечении общей продольной прочности корпуса, а рубки, как правило, нет. Надстройки (или рубки) длиной менее 15 % длины судна называют *короткими*, а надстройки большей длины — *длинными*. Короткие надстройки и рубки делают легкими. Легкие рубки большой протяженности, например, на пассажирских судах разбивают по длине на короткие участки (длиной не более 5,5 высоты рубки), которые соединяют друг с другом при помощи *скользящих соединений* (рис. 6.36). Надстройки состоят из плоских перекрытий, образующих борта, палубы и лобовую и концевую переборки. Полотнища этих перекрытий состоят из листов толщиной 3—8 мм, а набор — из полособульбового или углового профильного проката.

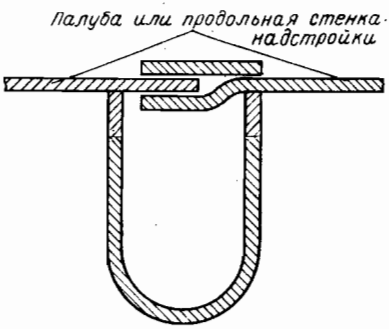


Рис. 6.36. Конструкция скользящего соединения

Р у б к и также состоят из перекрытий, причем вертикальные перекрытия, ограничивающие рубки, называют *стенками* (кроме лобовой стенки рубок основной надстройки, называемой обычно лобовой переборкой). Верхнее перекрытие рубки называют *крышей*, если оно не шире рубки, или *палубой*, если оно выходит за ее пределы и доходит до бортов. Конструкция перекрытий рубок такая же, как и надстроек, только они более легкие. Иногда вертикальные перекрытия рубок делают гофрированными.

В последнее время широко применяют надстройки и рубки из легких алюминиево-магниевых сплавов. Несмотря на то, что толщину их перекрытий принимают на 1 мм больше, чем у стальных, эти надстройки и рубки получаются почти вдвое легче стальных, что позволяет соответственно увеличить грузоподъемность и повысить остойчивость судна. Особенно часто используют легкие сплавы при изготовлении развитых, высоко расположенных надстроек и рубок на пассажирских судах, так как при этом можно понизить ЦТ судна и увеличить тем самым его остойчивость. Надстройки и рубки выполняют сварными. Очень редко, когда при сварке тонких листов возникают трудно устранимые бухтины, для улучшения внешнего вида вместо сварки применяют клепку. В этих случаях конструкции надстройки из легких сплавов приклепывают к стальному комингсу, приваренному к палубе (см. рис. 6.32).

6.3.8. Фальшборт, привальный брус и боковые кили

Ф а л ь ш б о р т (рис. 6.37) представляет собой конструкцию из листов с подкрепляющим набором, предназначенную для ограждения открытых палуб от действия волн и ветра. На верхней палубе

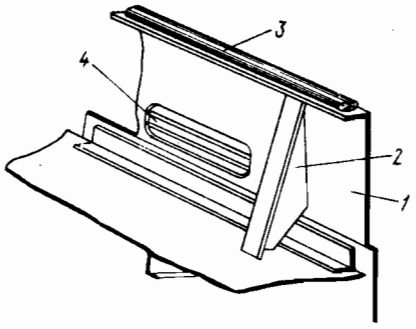


Рис. 6.37. Конструкция фальшборта.
1 — фальшборт; *2* — стойка; *3* — планширь; *4* — штормовой портик с решеткой

фальшборт устанавливают в плоскости наружной обшивки, поэтому снаружи он кажется продолжением ширстрека. Высоту фальшборта принимают не менее 1,0 м (обычно 1,1—1,2 м). Более высокий фальшборт (1,3—1,5 м) оборудуют на судах, перевозящих палубные грузы — на лесовозах, контейнеровозах, судах типа «ро-ро» и пр.

Фальшборт состоит из листов толщиной 3,0—8,5 мм (в зависимости от длины судна), устанавливаемых длинной кромкой вдоль палубы. Через каждые две-три шпации, но не реже чем через 1,8 м (на судах, перевозящих палубный груз, не реже чем через 1,2 м) устанавливают *подкрепляющие стойки* в виде книц с отогнутым фланцем шириной 60—90 мм. Толщина стоек на 1 мм больше толщины листов фальшборта, а ширина их внизу зависит от длины судна и колеблется в пределах 200—360 мм. Ширину стоек вверху принимают равной ширине *планширя*, представляющего собой горизонтально расположенную поверх листа фальшборта полосу из профильной или полосовой стали шириной 75—150 мм. Поверх металлического планширя иногда укладывают деревянный. В нижней части фальшборта делают вырезы — *штормовые портики*, предназначенные для стока за борт попавшей на палубу воды. В штормовых портиках имеются решетки, препятствующие выбрасыванию за борт смываемых волной предметов. Площадь вырезов, определяемая по Правилам о грузовой марке, должна быть достаточной для удаления всей массы воды за полупериод качки. Иногда вместо штормовых пор-

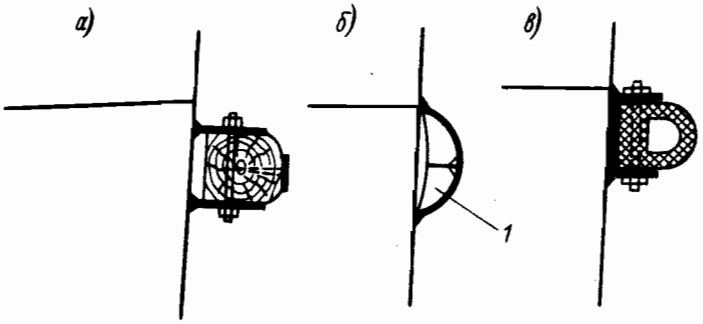


Рис. 6.38. Привальный брус: *а* — деревянный; *б* — металлический; *в* — резино-металлический.
1 — кница (через одну шпацию)

тиков в фальшборте делают сплошной вырез по линии соединения его с ширстреком.

Привальный брус (рис. 6.38) — это деревянная, металлическая или резинометаллическая конструкция, устанавливаемая вдоль борта выше ватерлинии и предназначенная для защиты борта судна при швартовке от ударов о пирс или другое швартуемое к борту судно.

Боковые кили служат для уменьшения размахов (амплитуд) бортовой качки. Их устанавливают в районе скулы в средней части судна на протяжении около 0,25—0,35L. Местоположение боковых килей обычно определяют так, как показано на рис. 6.39. При этом обеспечивается наименьшее сопротивление воды движению судна, так как боковые кили располагаются вдоль линии обтекания корпуса водой, а также наибольшее умерение бортовой качки, поскольку в этом случае плечо противодействующего раскачиванию судна момента будет наибольшим. Особое внимание обращают на то, чтобы кили не вышли за пределы прямоугольника, описывающего мидель-шпангоут судна: в противном случае возможны повреждения килей при швартовке. Боковые кили обычно делают плоскими — из листа с внешней кромкой, подкрепленной круглым или полукруглым прокатом, или двухслойными — из двух расположенных под углом листов с подкрепляющими поперечными бракетами, на расстоянии около 2,0 м одна от другой (рис. 6.40). Кромку боковых килей, примыкающих к наружной обшивке, обычно делают гребенчатой: это уменьшает сварочные напряжения и препятствует распространению на наружную обшивку трещин, возникающих в боковых килях.

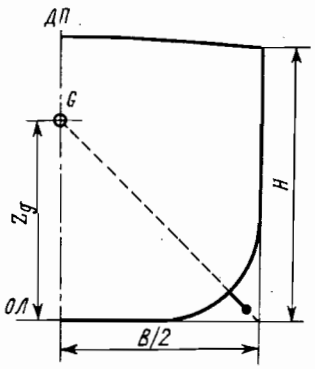


Рис. 6.39. Определение места притыкания боковых килей к корпусу судна: G — центр тяжести судна; $B/2$ — полуширота; H — высота борта

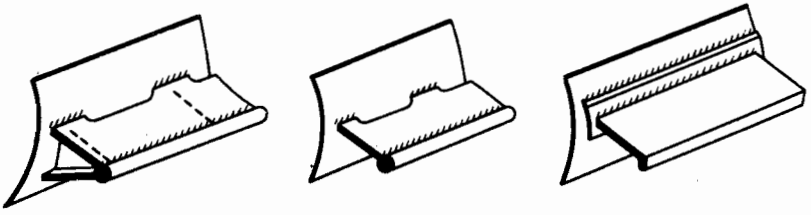


Рис. 6.40. Конструкции боковых килей

6.3.9. Штевни и кронштейны гребных валов

Носовую и кормовую оконечности корпуса судна ограничивают соответственно форштевнем и ахтерштевнем, которые надежно соединены с обшивкой правого и левого бортов, вертикальным килем, бортовыми стрингерами и палубами.

Форштевень (рис. 6.41) принимает на себя удары при столкновениях с другими судами, о грунт, причал, лед. Форштевни бывают литыми, коваными, сварными из литых и кованых частей и, чаще всего, сваренными из гнутых стальных листов. Форштевень большого судна делится по высоте на несколько частей, которые соединены между собой «в замок» с помощью дуговой или ванно-шлаковой сварки. Примыкающие к форштевню листы обшивки приваривают угловым швом.

Палубы и доходящие до форштевня бортовые стрингеры приваривают к горизонтальным ребрам форштевня — *брештукам* — треугольным или трапециевидным листам, подкрепляющим гнутые листы форштевня. В подводной части брештуки устанавливают не реже чем через 1 м, выше ватерлинии — не реже чем через 1,5 м. Вертикальный киль приваривают к продольному ребру жесткости форштевня. Размеры сечения литого форштевня или толщину сваренного из листов определяют по Правилам Регистра СССР.

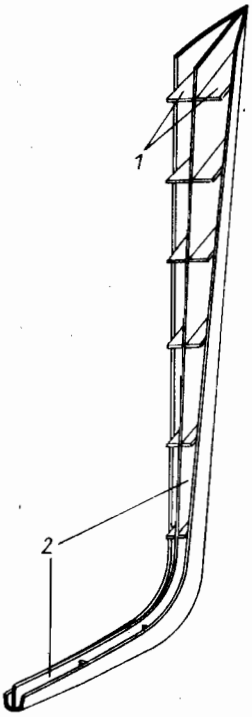


Рис. 6.41. Форштевень сварной.

1 — брештуки; *2* — продольное ребро жесткости

Ахтерштевень (рис. 6.42) — мощная литая или сварная конструкция, которая завершает кормовую оконечность кор-

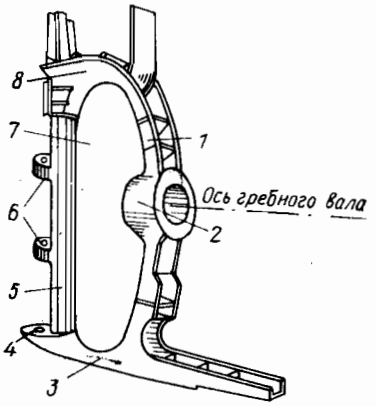


Рис. 6.42. Ахтерштевень одновинтового судна.

1 — старнпост; *2* — яблоко; *3* — подошва; *4* — пятка; *5* — рудерпост; *6* — петля руля; *7* — окно; *8* — арка

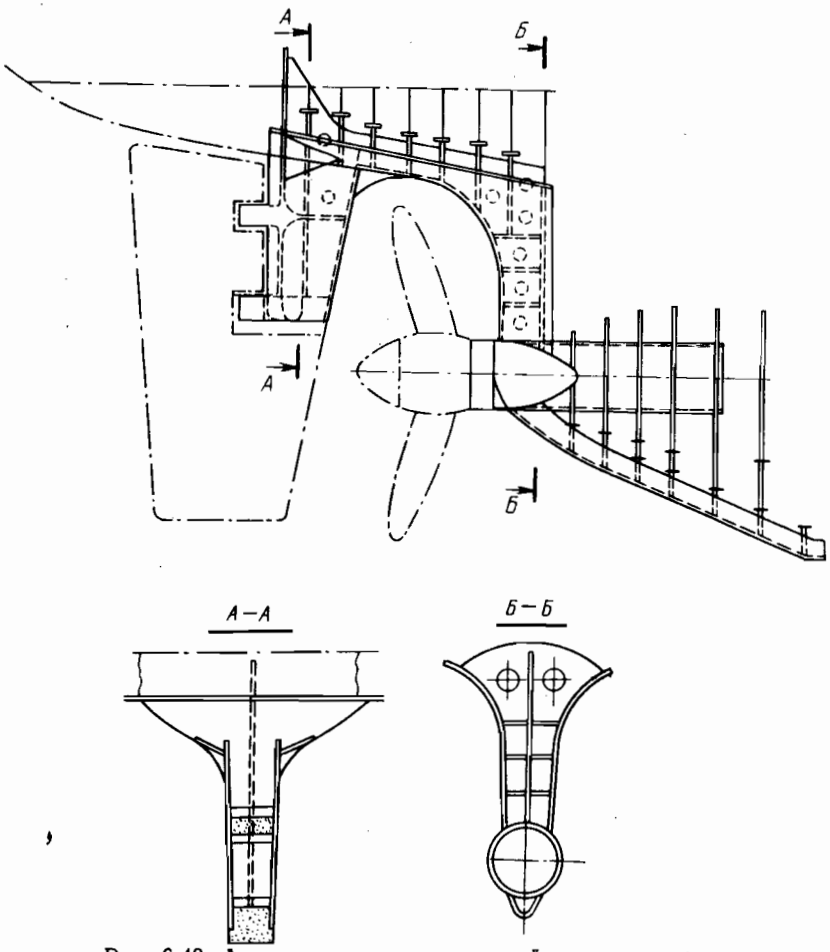


Рис. 6.43. Ахтерштевень судна с кормой «открытого» типа

пуса. На одновинтовых судах ахтерштевень служит одной из опор для дейдвудной трубы (см. ниже), которая проходит через отверстие в яблоке ахтерштевня, расположенном в передней его стойке, именуемой *старнпостом*. Ахтерштевень служит также опорой для руля, который вращается на штырях, соединенных с его вертикальной стойкой — *рудерпостом*. Старнпост и рудерпост соединяют в верхней части *аркой*, а в нижней — *подошвой*, замыкая таким образом *окно ахтерштевня*.

На некоторых судах, имеющих полубалансирный руль, рудерпост представляет собой кронштейн, не связанный внизу со старн-постом (рис. 6.43). Подобный ахтерштевень образует корму «открытого» типа, названную так из-за отсутствия окна ахтерштевня (гребной винт работает в незамкнутом пространстве).

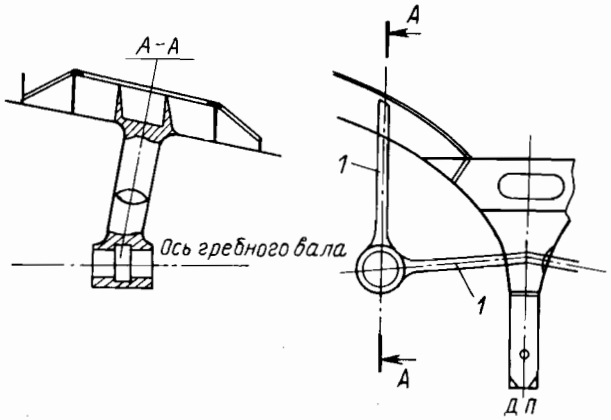


Рис. 6.44. Двулапый кронштейн гребного вала.
1 — лапа

Ахтерштевни бывают литыми, сварными из литых и кованых частей и сварными из листов. Масса литых ахтерштевней крупных судов достигает 60—180 т, поэтому их изготовляют из нескольких свариваемых частей.

Прочное соединение ахтерштевня с основными корпусными конструкциями достигается при помощи сварки их с ребрами жесткости ахтерштевня. Ахтерштевни судов ледового плавания, которые для защиты руля и винта имеют, как правило, крейсерскую корму с острыми образованиями, должны иметь расположенный в корму от руля *льдоотвод*, т. е. конструкцию из стальных листов с подкрепляющими ребрами, защищающую руль от повреждений.

Кронштейны гребных валов (рис. 6.44) — это опорные конструкции для бортовых гребных валов двух-, трех- и четырехвинтовых судов. Кронштейны в основном бывают литыми и, реже, сварными, однолапыми и двулапыми. Площадь сечения каждой лапы двулапого кронштейна принимают равной не менее чем 60 % площади поперечного сечения гребного вала. Лапы двулапых кронштейнов располагают по отношению друг к другу под углом, близким к 90°. Осевые линии лап должны пересекаться на оси гребного винта. Лапы крепят к набору корпуса и наружной обшивке с помощью сварки или клепки. При этом площадь сечения сварного шва или площадь сечения заклепок, крепящих каждую лапу, должна составлять не менее 25 % площади поперечного сечения вала.

6.3.10. Дейдвудные трубы и мортиры

Дейдвудная труба (рис. 6.45) служит для поддержания гребного вала и обеспечения водонепроницаемости в том месте, где он выходит из корпуса. Одним концом труба соединяется

Рис. 6.45. Расположение дейдвудной трубы.

1 — ахтерпиковая переборка; *2* — дейдвудная труба; *3* — яблоко ахтерштевня; *4* — гребной вал

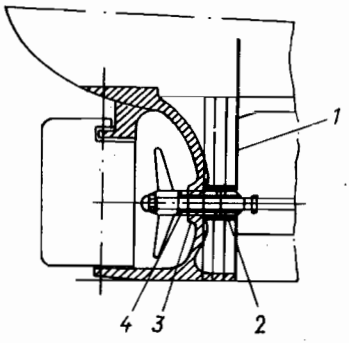
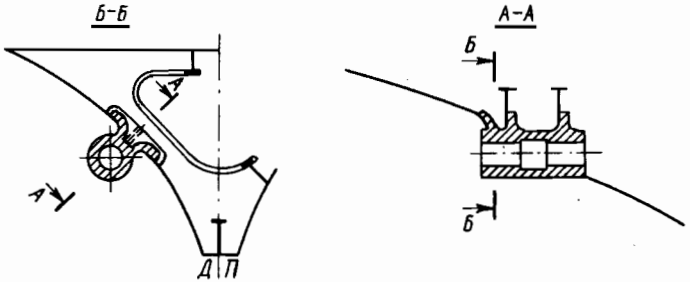


Рис. 6.46. Мортира



с переборкой ахтерпика, а другим — с яблоком ахтерштевня. В месте соединения с переборкой ахтерпика устанавливают сальник. В дейдвудную трубу вставляют бронзовую или латунную втулку, в которой создают две опорные поверхности — подшипники скольжения, служащие опорами гребного вала (см. рис. 9.26). Для уменьшения вибрации, возникающей при работе гребного вала, трубу жестко соединяют с флорами, которые в этом районе делают утолщенными.

Мортиры (рис. 6.46) обеспечивают непроницаемость в месте выхода из корпуса бортовых гребных валов многовальных судов. Мортиры представляют собой трубы с фланцами, отлитыми по обводу корпуса в месте выхода вала. Фланец мортиры приваривают к наружной обшивке корпуса. Иногда мортиры делают сварными из кованых и литых частей. Непроницаемость обеспечивают сальником такого же типа, что и у дейдвудной трубы, который устанавливают на носовом конце мортиры. Удлиненные мортиры служат одновременно опорами для гребного вала, выполняя в этом случае роль кронштейнов.

6.3.11. Фундаменты и крепления

Главные, вспомогательные, палубные и другие механизмы и агрегаты, предметы оборудования, детали устройств и т. п. устанавливают на фундаментах, которые помимо веса установленного на них оборудования должны воспринимать также и усилия от сил инерции, образующихся при качке судна, а для

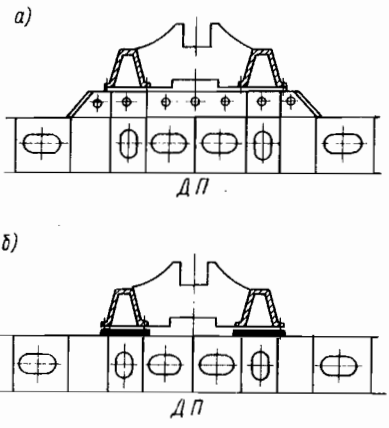


Рис. 6.47. Типы фундаментов под главный двигатель: *а* — на настиле второго дна; *б* — встроенный в конструкцию двойного дна

большинства механизмов — и от неуравновешенных усилий, возникающих при их работе.

Эти фундаменты передают воспринимаемые ими усилия на корпусные конструкции, обладающие большой жесткостью по отношению к усилиям, действующим в их плоскости. Поэтому в местах установки фундаментов перекрытия обычно усиливают специальными *подкреплениями*, т. е. добавочными связями или утолщениями элементов конструкции.

Фундаменты главных механизмов (рис. 6.47) представляют собой продольные балки с опорными горизонтальными полосами, на которые ставят лапы или раму главного двигателя. Эти балки располагают в плоскости днищевых стрингеров и связывают одну с другой на каждом шпангоуте поперечными бракетами, а с наружной стороны подкрепляют кницами. Если же основные балки фундамента почему-либо поставить в плоскости днищевых стрингеров и флоров нельзя, то под настилом второго дна устанавливают дополнительные стрингеры меньшей высоты, а флоры не на всю ширину судна. В этом случае их называют *полустрингерами* и *полуфлорами*.

Фундаменты под котлы аналогичны фундаментам под главные механизмы. Особенностью их является наличие опор, предотвращающих смещение котлов с фундаментов под действием сил инерции при качке, которые из-за значительной массы котлов могут достигать большой величины.

Конструкция фундаментов под вспомогательные механизмы зависит от их типа и места установки, а также формы фундаментной рамы. Фундаменты под механизмы, устанавливаемые на настиле второго дна, платформах и палубах, изготовляют из листов; они представляют собой рамы с опорными площадками, подкрепленными вертикальными бракетами. Фундаменты механизмов, устанавливаемых на переборках и бортах, обычно выполняют в виде кронштейнов. Небольшие механизмы и предметы оборудования устанавливают на так называемые *крепления*, состоящие из одного-двух отрезков металла (углового профиля), приваренного к корпусу судна.

Во всех случаях конструкция фундаментов под вспомогательные механизмы должна обеспечивать прочное крепление механизма и не вызывать местной вибрации корпусных конструкций.

§ 6.4. Соединения деталей корпуса судна

Соединения деталей корпусных конструкций бывают сварные и заклепочные.

Сварные соединения — наиболее распространенный тип соединений корпусных конструкций. Различают: соединения встык, тавровые, угловые и внакрой (рис. 6.48).

Кроме того, встречаются разновидности этих основных типов. Например, *прорезные* (разновидность соединений внакрой) и *гребенчатые* (разновидность тавровых соединений). Соединения внакрой применять не рекомендуется; их по возможности заменяют стыковыми.

Швы сварных соединений корпуса бывают стыковые, угловые и пробочные. Стыковыми швами сваривают стыковые соединения, пробочными — прорезные и угловыми — остальные типы сварных соединений.

Сварку выполняют ручным, полуавтоматическим и автоматическим способами. В зависимости от толщины свариваемых деталей и способа сварки различают следующие *типы стыковых сварных швов* (рис. 6.49): по отбортовке — при толщине от 0,5 до 3 мм; без скоса кромок — при толщине от 3 до 8 мм; с V-образной разделкой кромок — при толщине от 6 до 30 мм; с X-образной разделкой кромок — при толщине от 16 до 40 мм; с U-образной разделкой кромок — при толщине от 25 до 50 мм.

При стыковом соединении двух листов, у которых толщины отличаются больше чем на 2 мм, на более толстом листе снимается «ласка» шириной, равной пятикратной разности толщин стыкуемых листов (рис. 6.50).

Угловые швы тавровых соединений бывают (рис. 6.51): без скоса кромок — при толщине притыкаемого листа до 4 мм; с односторонним скосом кромок — при толщине притыкаемого листа

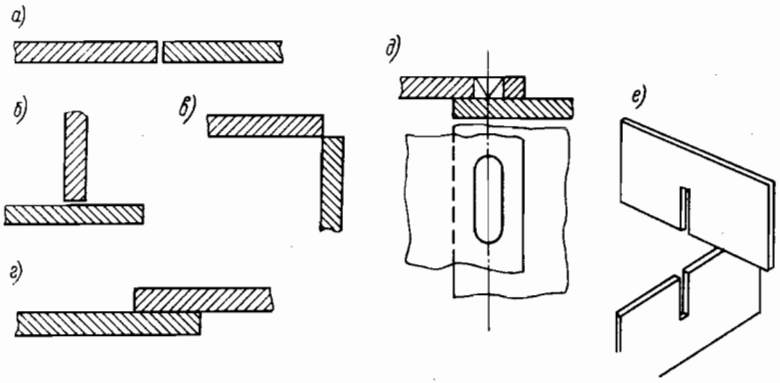


Рис. 6.48. Типы сварных соединений: *а* — встык; *б* — тавровое; *в* — угловое; *г* — внакрой; *д* — прорезное; *е* — гребенчатое

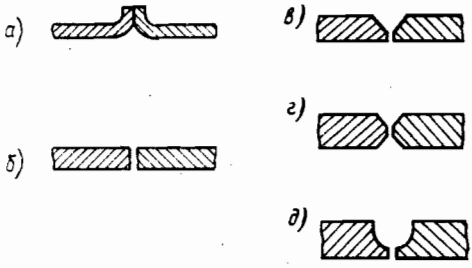


Рис. 6.49. Стыковые швы (подготовка кромок): *а* — с отбортовкой; *б* — без скоса; *в* — с V-образной разделкой; *г* — с X-образной разделкой; *д* — с U-образной разделкой

от 4 до 15 мм; с двусторонним скосом кромок — при толщине притыкаемого листа 8 мм и более.

По расположению в пространстве сварные швы могут быть *нижними*, *вертикальными*, *горизонтальными и верхними* (потолочными).

Сварные швы выполняют *сплошными* и *прерывистыми*. Прерывистые швы допускаются в соединениях, не испытывающих вибрационных нагрузок, за исключением приварки балок бортового набора, набора в районе ледового пояса, а также флоров и стрингеров в районе подкреплений носовой оконечности.

Заклепочные соединения сейчас используют только в отдельных судовых конструкциях, например при барьерном соединении ширстрека с палубным стрингером, или для барьерных швов на верхней палубе и в районе скулы.

Заклепочные соединения листов выполняют внакрой, внакрой с фланжировкой, встык на одной стыковой планке, встык на двух стыковых планках (рис. 6.52).

Заклепочные соединения разделяют: по назначению — на прочные, плотные и прочно-плотные швы; по типу заклепок — на соединения заклепками с полукруглой, конической, потайной и полупотайной закладной головкой (рис. 6.53); по расположению заклепок — на цепные однорядные и многорядные и шахматные многорядные швы (рис. 6.54).

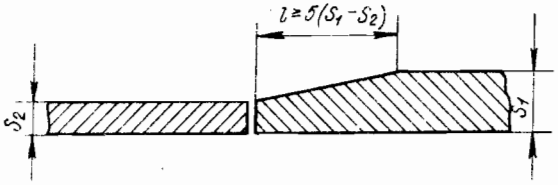


Рис. 6.50. Стыковое соединение листов разных толщин (со снятием «ласки»)

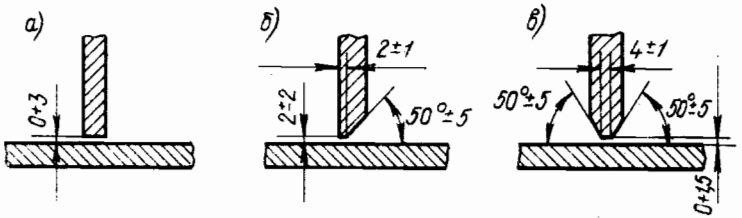


Рис. 6.51. Угловые швы тавровых соединений (подготовка кромок): *а* — без скоса; *б* — с односторонним скосом; *в* — с двусторонним скосом

Многорядные заклепочные соединения, как правило, имеют цепное расположение заклепок; шахматная клепка допускается только на малых судах. Чтобы обеспечить плотность заклепочных швов, их чеканят.

Кроме сварных и заклепочных соединений, в судостроении применяют также болтовые, гужонные и шпилечные соединения. С помощью болтов соединяют некоторые съемные листы, фундаменты и т. п.

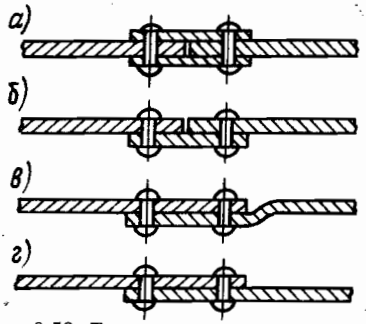


Рис. 6.52. Типы заклепочных соединений: *а* — внакрой; *б* — внакрой с фланжировкой; *в* — встык на одной стыковой планке; *г* — встык на двух стыковых планках

Гужоны представляют собой заклепки большого диаметра с нарезкой и потайной головкой, имеющей в верхней плоскости квадрат под ключ. Их применяют при соединении листов большой толщины, а также в тех местах, где установка заклепок затруднительна. После ввертывания гужона его верхнюю часть срубают и головку зачеканивают. В последнее время гужоны стали заменять электрозаклепками.

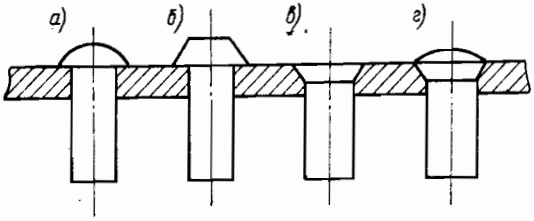


Рис. 6.53. Типы заклепок: *а* — с полукруглой головкой; *б* — с конической головкой; *в* — с потайной головкой; *г* — с полупотайной головкой

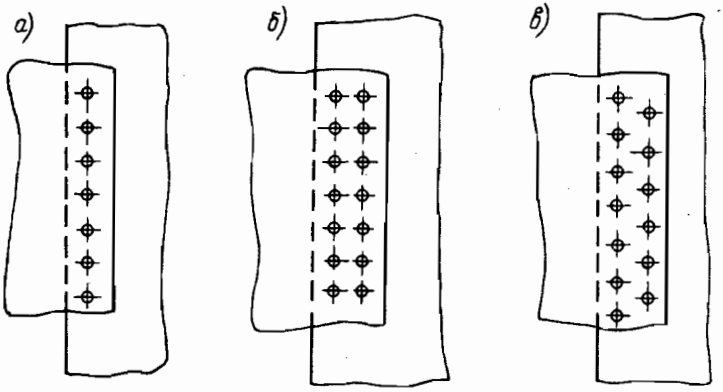


Рис. 6.54. Типы заклепочных швов: *а* — цепной однорядный; *б* — цепной многорядный; *в* — шахматный многорядный

Шпильки применяют для крепления крышек горловин, досок деревянного палубного настила, изоляции и т. д. Шпильки, в отличие от болтов, имеют нарезку с двух сторон и ввертываются одним концом в деталь. Часто применяют приварные шпильки.

Контрольные вопросы

1. Какие силы действуют на плавающее судно?
2. Что обеспечивает общую и местную прочность судна?
3. Назовите основные системы набора корпуса. Их отличительные особенности.
4. Расскажите о конструкции днищевого перекрытия с двойным дном.
5. Назовите основные типы флоров.
6. Как подкрепляют борт судов ледового плавания?
7. Для чего предназначаются главные поперечные переборки, какова их конструкция?
8. Расскажите о типах штевней.
9. Какова конструкция фундаментов под главные механизмы?
10. Перечислите основные типы сварных соединений. Чем они различаются?

Глава седьмая

СУДОВЫЕ УСТРОЙСТВА И ДЕЛЬНЫЕ ВЕЩИ

Судовые устройства служат для обеспечения необходимых эксплуатационных и навигационных качеств судна.

К основным судовым устройствам, которыми оборудуют почти все суда, независимо от их типа и назначения, относятся: рулевое, якорное, швартовное, кранцевое, шлюпочное, грузовое, буксирное, леерное, тентовое и др. Кроме того, на некоторых судах специального назначения — лесовозах, контейнеровозах, паромах, судах с горизонтальной грузообработкой, лихтеровозах, а также промысловых, гидрографических, исследовательских судах, судах технического флота — применяют различные дополнительные устройства, обеспечивающие выполнение специальных задач. К ним относятся устройства для крепления палубного леса, контейнеров, автомашин, вагонов, аппарельные и промысловые устройства, устройства для спуска и подъема забортных аппаратов (СПУ), подводного бурения, цементировки скважин, укладки трубопроводов и подводного кабеля, устройства для очистки поверхности моря, дноуглубительных работ, лядовые устройства (для откидывания и закрывания днищевых дверец грунтоотвозных шаланд и саморазгружающихся землесосов) и т. п. Расположение основных судовых устройств показано на рис. 7.1. Судовые устройства работают с помощью механизмов, называемых обычно палубными, так как большинство из них находится на палубах. Привод этих механизмов может быть

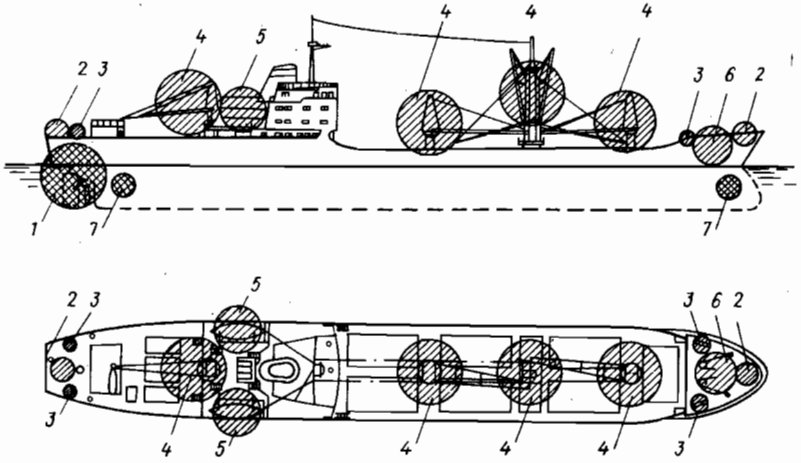


Рис. 7.1. Расположение основных судовых устройств.
1 — рулевое; *2* — буксирное; *3* — швартовное; *4* — грузовое; *5* — шлюпочное; *6* — якорное; *7* — подруливающее

электрическим, гидравлическим, электрогидравлическим, паровым или дизельным.

Выбор типа привода зависит от эксплуатационных и конструктивных особенностей, определяющих целесообразность применения того или иного вида энергии; большую роль при этом играет принятый на судне тип главного двигателя.

§ 7.1. Рулевое и подруливающее устройства

Рулевое устройство (рис. 7.2), в состав которого входят руль и привод руля, предназначено для управления судном.

Руль (рис. 7.3) состоит из пера и баллера.

Перо — это плоский или, чаще, двухслойный обтекаемый щит с внутренними подкрепляющими ребрами, площадь которого у морских судов составляет $^1/_{40}$—$^1/_{60}$ площади погруженной части ДП (произведения длины судна на его осадку LT). Внутреннюю полость пера руля заполняют пористым материалом, предотвращающим попадание воды внутрь. Основу пера руля составляет *рудерпис* — массивный вертикальный стержень, к которому крепят горизонтальные ребра пера руля. Вместе с рудерписом отливают (или отковывают) петли для навешивания руля на рудерпост (его иногда заменяют жесткой сварной конструкцией).

Баллер — это стержень, при помощи которого поворачивают перо руля. Нижний конец баллера имеет обычно криволинейную форму и заканчивается *лапой* — фланцем, служащим для соединения баллера с пером руля при помощи болтов. Это разъемное соединение баллера с пером руля необходимо для съема руля

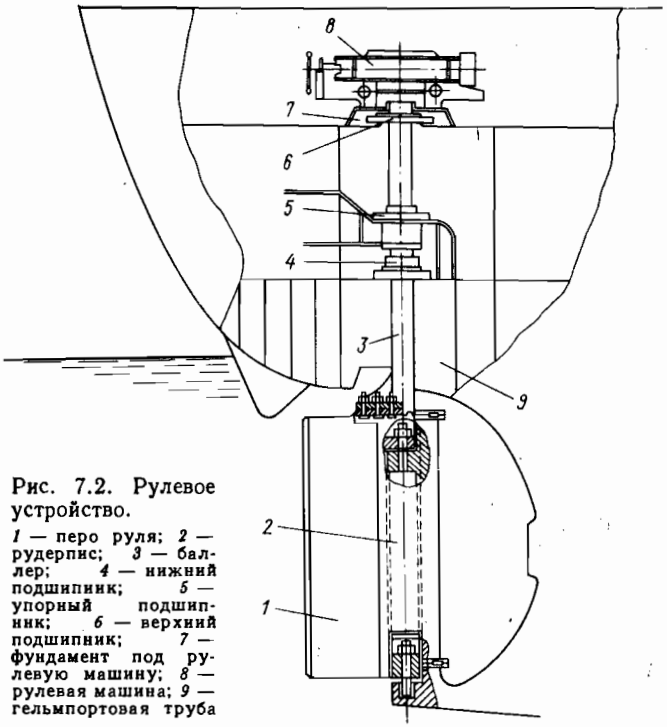


Рис. 7.2. Рулевое устройство.

1 — перо руля; *2* — рудерпис; *3* — баллер; *4* — нижний подшипник; *5* — упорный подшипник; *6* — верхний подшипник; *7* — фундамент под рулевую машину; *8* — рулевая машина; *9* — гельмпортовая труба

при ремонте. Иногда вместо фланцевого применяют замковое или конусное соединение.

Баллер руля входит в кормовой подзор корпуса через *гельмпортовую трубу* и поддерживается специальным упорным подшипником, расположенным на одной из платформ или палуб. Верхняя часть баллера проходит через второй подшипник и соединяется с румпелем.

В зависимости от расположения руля относительно оси вращения различают (см. рис. 7.3): *обыкновенные рули*, у которых перо полностью расположено в корму от оси вращения; *балансир*

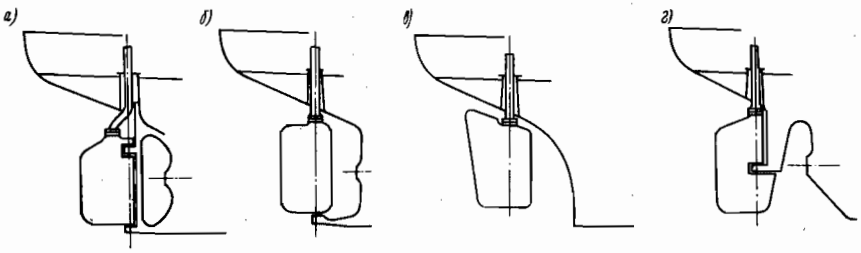


Рис. 7.3. Основные типы рулей: *а* — обыкновенный; *б* — балансирный; *в* — балансирный подвесной; *г* — полубалансирный одновинтового судна

ные рули, у которых перо разделено осью вращения на две неравные части: бóльшая — в корму от оси, меньшая — в нос; *полубалансирные рули* отличаются от балансирных тем, что балансирная часть сделана не по всей высоте руля.

Балансирные и полубалансирные рули характеризуются коэффициентом компенсации, т. е. отношением площади балансирной части к полной площади руля (обычно он равен 0,25—0,35). Для их перекладки требуется меньше усилий и, следовательно, менее мощная рулевая машина. Однако крепление таких рулей к корпусу судна сложнее, поэтому на тихоходных судах, на которых требуются небольшие усилия для перекладки руля с борта на борт, применяют обыкновенные рули.

Разновидностью балансирного руля является широко известный руль типа Симплекс (рис. 7.4) со съемным неподвижным шпинделем, заменяющим рудерпост, на который навешивают перо руля. Эти рули более надежны, обладают большей жесткостью крепления к корпусу судна и их удобнее демонтировать.

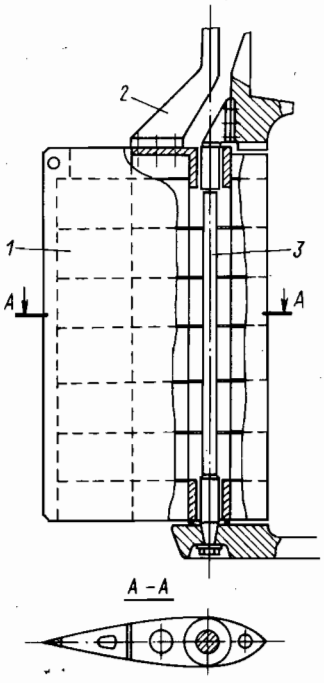
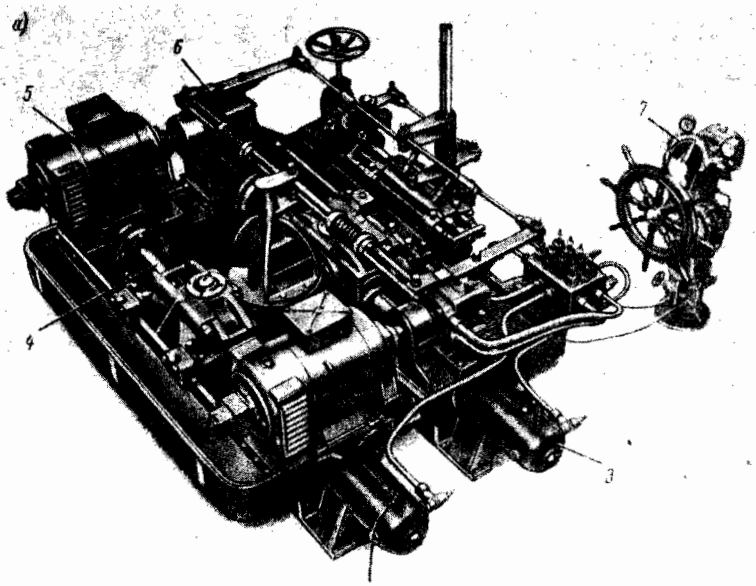


Рис. 7.4. Балансирный руль типа Симплекс.

1 — перо руля; *2* — лапа баллера; *3* — неподвижный шпиндель

Привод руля состоит из механизмов и устройств, предназначенных для перекладки руля на борт. В их число входят рулевая машина, рулевой привод, т. е. устройство для передачи вращающего момента от рулевой машины к баллеру, и привод управления рулевой машиной (рулевая передача). По Правилам Регистра СССР каждое морское судно должно иметь три привода, действующих независимо друг от друга на руль: основной, запасной и аварийный. Обычно для основного привода применяют рулевые машины, а запасной и аварийный делают ручными, за исключением судов, у которых диаметр головы баллера руля больше 335 мм, а также пассажирских судов с диаметром головы баллера более 230 мм; для них требуется механический запасной привод. Рулевую машину обычно размещают в специальном *румпельном отделении*, поблизости от руля, а на малых судах и катерах — в посту управления судном.

В качестве приводов для рулевых машин в настоящее время используют электродвигатели, электрогидравлические, гидравлические и, реже, паровые машины. Наиболее распространены электрогидравлические машины (рис. 7.5). Мощность рулевой



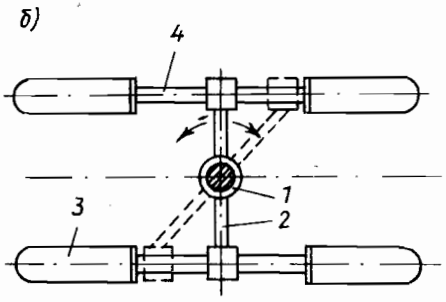


Рис. 7.5. Общий вид и схема действия электрогидравлической рулевой машины.

1 — баллер; *2* — румпель; *3* — цилиндр; *4* — плунжер; *5* — электродвигатель; *6* — масляный насос; *7* — пост управления

машины в основном рулевом приводе должна обеспечить на максимальном переднем ходу судна перекладку руля с 35°одного борта до 30° на другой борт не более чем за 28 с. На небольших судах допускается и ручной основной привод в тех случаях, если при выполнении изложенных выше условий усилие на рукоятке штурвала не превысит 160 кН (16 кгс), а число оборотов штурвала будет не более 25 за одну полную перекладку.

Передача на руль усилий, развиваемых в рулевой машине, осуществляется с помощью рулевого привода в виде тросов, цепей или гидравлической системы либо путем жесткой кинематической связи между рулевой машиной и рулем (зубчатые секторы, винты и пр.). Различают румпельный, секторный и винтовой приводы.

Румпельный привод представляет собой одноплечий рычаг — румпель, один конец которого соединен с верхним концом баллера, а другой — с тросом, цепью или гидросистемой, предназначенными для связи с рулевой машиной или постом управления

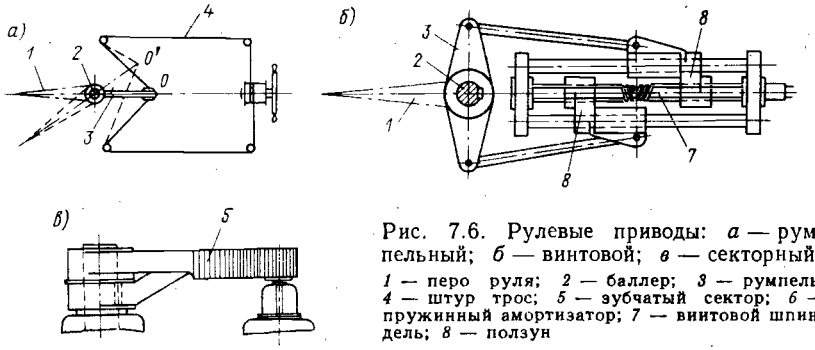
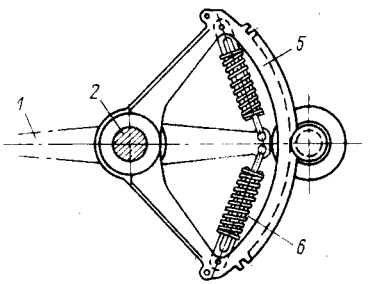


Рис. 7.6. Рулевые приводы: *а* — румпельный; *б* — винтовой; *в* — секторный.
1 — перо руля; *2* — баллер; *3* — румпель; *4* — штур трос; *5* — зубчатый сектор; *6* — пружинный амортизатор; *7* — винтовой шпиндель; *8* — ползун



(рис. 7.6). Этот привод, называемый иногда продольно-румпельным, применяют на небольших судах, а также спортивных и несамоходных судах внутреннего плавания. В отличие от него поперечно-румпельный привод представляет собой румпель в виде двухплечего рычага. Он широко распространен на крупных судах, обслуживаемых четырехплунжерными гидравлическими рулевыми машинами.

Секторный привод широко применяют при передаче усилий на руль от электрических рулевых машин. В этом случае находящаяся в зацеплении с сектором шестерня вращается от электродвигателя. Для компенсации ударных нагрузок на руль в секторе устанавливают пружинные компенсаторы.

Винтовой привод обычно бывает запасным, его ставят непосредственно у руля в румпельном отделении. Вращение от штурвала передается винтовому шпинделю, имеющему по концам резьбу противоположных направлений. Перемещающиеся при вращении шпинделя ползуны с правой и левой резьбой через систему тяг воздействуют на плечи поперечного румпеля, насаженного на баллер руля. Винтовой привод компактен и позволяет снизить до необходимого предела усилия на штурвал благодаря возможному большому передаточному числу. Недостатком его является более низкий КПД из-за потерь при трении винтовой пары.

Привод управления рулевой машиной (*рулевая передача*) служит для передачи команд из рулевой рубки на рулевую машину, находящуюся обычно на большом расстоянии от мостика. На современных крупных судах наиболее распространены электрический и гидравлический приводы. Реже применяют тросовый или валиковый приводы.

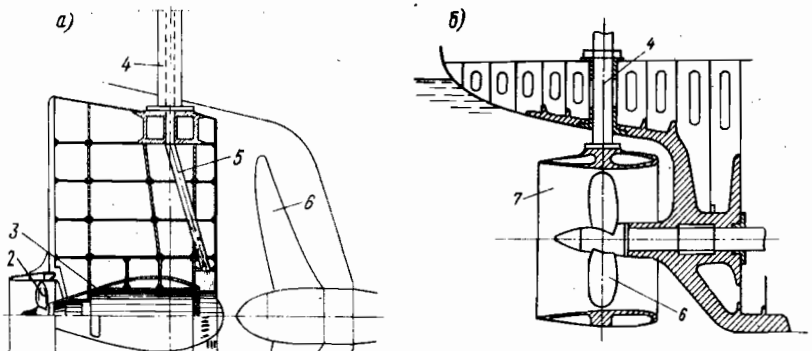


Рис. 7.7. Активный руль (*а*) и поворотная насадка (*б*).

1 — перо руля; *2* — винт подруливающего устройства; *3* — гидравлический двигатель; *4* — баллер; *5* — трубопровод; *6* — гребной винт; *7* — поворотная насадка

Положение пера руля контролируется специальными указателями. Для обеспечения бесперебойной работы рулевого устройства пост управления машиной дублируют, располагая запасный пост в румпельном отделении или рядом с ним.

На малых судах, не имеющих рулевых машин, перекладка руля вручную при вращении штурвала выполняется с помощью *штуртросовой проводки*, состоящей из троса, прикрепленного с двух сторон к румпелю и проведенного через направляющие ролики от румпеля к штурвалу. Закрепленные на барабане штурвала штуртросы при вращении штурвала навиваются на барабан или сматываются с него, усилие передается на румпель, а затем на руль. Для устранения возникающей при повороте румпеля слабины штуртроса в схему вводят пружинные компенсаторы или ползуны, перемещающиеся вдоль румпеля.

Разновидностью ручного привода с секторной передачей усилия на баллер руля является *валиковая передача*. Она состоит из нескольких валиков, соединенных при помощи муфт и карданных шарниров, а в местах крутых изломов — коническими передачами. Вращение от штурвала через валиковую передачу сообщается шестерне, сцепленной с сектором руля. Валиковая передача обладает большим КПД, чем штуртросовая.

Дополнительные средства управления. Для улучшения маневренности судна на малых ходах, когда обычное рулевое устройство недостаточно эффективно, особенно при швартовке судна у пирса и движении в узких местах (каналы, шхеры, ограниченный фарватер), устанавливают дополнительные средства управления: носовые рули, а также средства активного управления (САУ) — направляющие насадки, активные рули, подруливающие устройства и вспомогательные движительно-рулевые колонки (ВДРК).

Носовой руль размещают в нижней части носовой оконечности. Его применяют на паромах так называемого челночного типа, т. е. плавающих попеременно носом и кормой. Широкого распространения не получил.

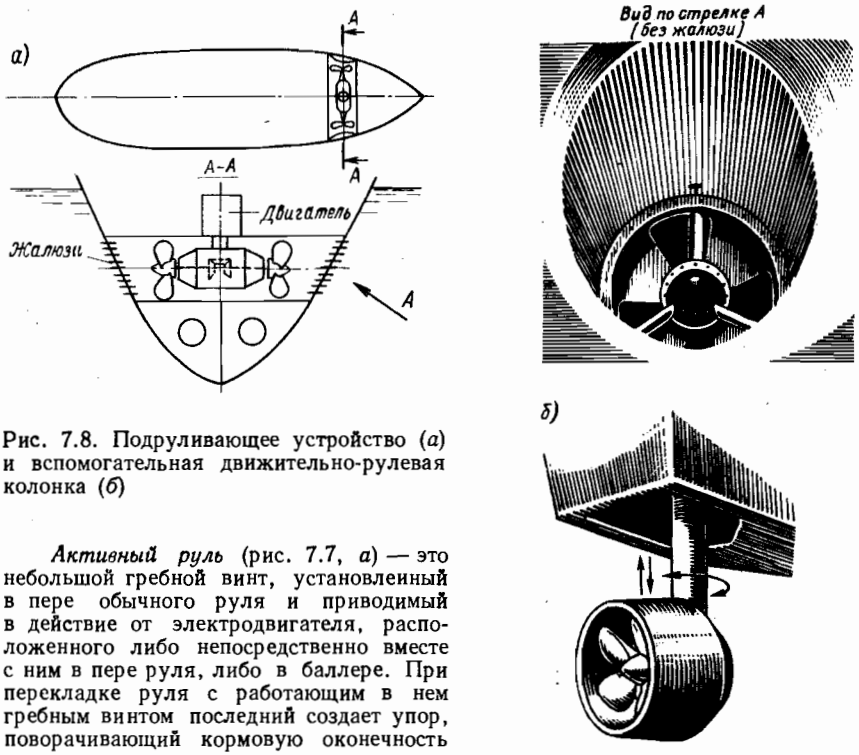


Рис. 7.8. Подруливающее устройство (*а*) и вспомогательная движительно-рулевая колонка (*б*)

Активный руль (рис. 7.7, *а*) — это небольшой гребной винт, установленный в пере обычного руля и приводимый в действие от электродвигателя, расположенного либо непосредственно вместе с ним в пере руля, либо в баллере. При перекладке руля с работающим в нем гребным винтом последний создает упор, поворачивающий кормовую оконечность судна, даже если оно не имеет хода. Работающий гребной винт активного руля может также сообщать судну малый ход вперед. Активные рули применяют на траулерах, паромах, исследовательских и других судах. Недостатком их является вызываемое дополнительное сопротивление движению судна на полном ходу и в связи с этим некоторое снижение скорости.

Поворотная насадка (рис. 7.7, *б*) представляет собой кольцеобразное тело, укрепляемое на баллере, ось которого расположена в плоскости диска гребного винта. При повороте насадки (устанавливаемой вместо руля) отбрасываемая гребным винтом струя воды отклоняется, что и вызывает поворот судна. Поворотная насадка не только значительно улучшает поворотливость судна на малых ходах (особенно на заднем), но и позволяет при постоянной мощности увеличить скорость на 4—5 %. Поворотные насадки широко применяют на речных судах, толкачах-буксирах и некоторых рыбопромысловых судах.

Подруливающее устройство (рис. 7.8, *а*) — это расположенная в носовой (реже, в кормовой) оконечности труба, перпендикулярная к ДП, со сквозными выходами на оба борта, закрываемыми обычно жалюзи. В этой трубе размещают гребной винт или крыльчатый движитель, образующий направленную перпендикулярно к ДП судна струю воды, создающую упор, под действием которого и поворачивается нос (или корма) судна. При установке двух подруливающих устройств (в носу и корме) эффективность их действия возрастает благодаря возможности одновременной работы в разные стороны. При работе обоих устройств в одном направлении судно может перемещаться лагом, что очень удобно при швартовке у пирса. Подруливающие устройства обеспечивают высокую маневренность в дрейфе и на малых ходах (при скорости не более 2—6 уз), поэтому их обычно ставят на судах, имеющих частые швартовки (например, на пассажирских судах, паромах, спасателях и др.). Подруливающее устройство

на океанских пассажирских лайнерах и крупнотоннажных судах позволяет им входить в порты, подходить к причалу и отходить от него без помощи буксиров.

В последнее время на некоторых танкерах встречается подруливающее устройство в виде водометного движителя, использующего энергию балластного, или грузового насоса. Интересны также применяемые на некоторых паромах, промысловых и исследовательских судах и на судах технического флота ВДРК — выдвигаемые под днищем поворотные колонки с гребным винтом, создающим упор в нужном направлении (рис. 7.8, *б*).

Как показывают расчеты, для удовлетворительной управляемости на малых ходах подруливающее устройство должно создавать упор, равный 40—60 кН (4—6 кгс) на каждый квадратный метр площади подводной части ДП судна.

§ 7.2. Якорное устройство

Якорное устройство служит для обеспечения надежной стоянки в море, на рейде и в других местах, удаленных от берега, путем крепления за грунт с помощью якоря и якорной цепи. В его со-

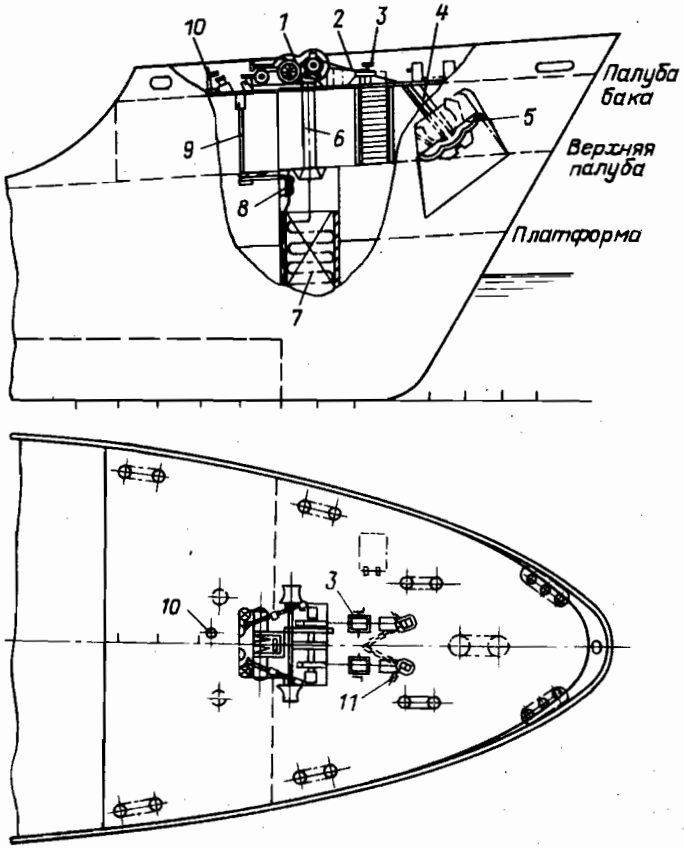


Рис. 7.9. Расположение якорного устройства.

1 — брашпиль; *2* — якорная цепь; *3* — винтовой стопор; *4* — клюз якорный; *5* — якорь; *6* — цепная труба; *7* — цепной ящик; *8* — устройство для крепления якорной цепи; *9* — привод экстренной отдачи якорной цепи; *10* — контроллер управления брашпилем; *11* — цепной стопор

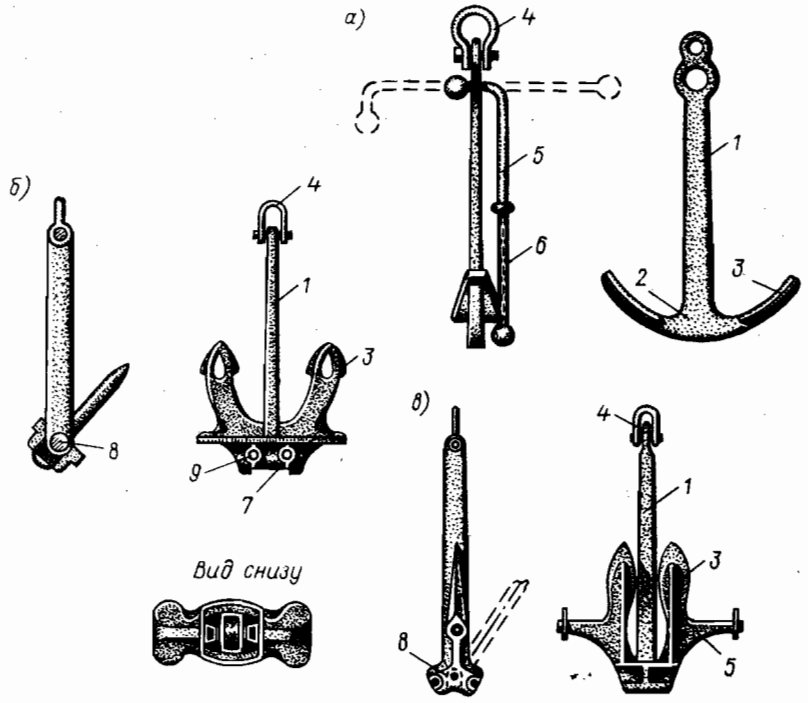


Рис. 7.10. Типы якорей: *а* — адмиралтейский; *б* — якорь Холла; *в* — якорь Матросова.

1 — веретено; *2* — рог; *3* — лапа; *4* — якорная скоба; *5* — шток; *6* — чека; *7* — голова; *8* — валик; *9* — штыри

став входят (рис. 7.9): якоря, якорные цепи (канаты), якорные машины, якорные клюзы и стопоры.

Якоря в зависимости от их назначения разделяют на *становые*, предназначенные для удержания судна в заданном месте, и *вспомогательные* — для удержания судна в заданном положении во время стоянки на основном якоре. К вспомогательным относится кормовой якорь — стоп-анкер, масса которого составляет $^1/_3$ массы станового. Размеры, массу и количество якорей назначают по Правилам Регистра СССР в зависимости от размеров корпуса и надстроек судна. Держащая сила якоря в среднем в 10 раз больше его массы.

Основными частями любого якоря являются веретено и рога (лапы). Якоря различают по подвижности и количеству лап (до четырех) и наличию штока. К безлапым относят *мертвые якоря* (грибовидные, винтовые, железобетонные), используемые при установке плавучих маяков, дебаркадеров и других плавучих сооружений.

На морских судах в качестве становых и стоп-анкеров применяют двулапые якоря (рис. 7.10): бесштоковые, с поворотными ла-

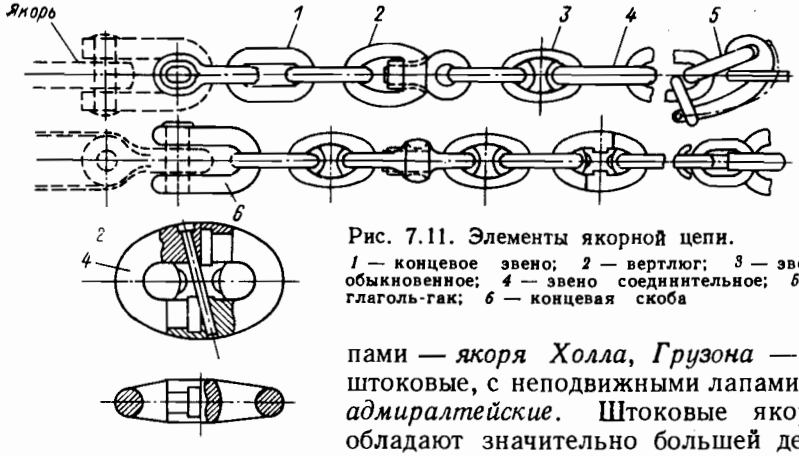


Рис. 7.11. Элементы якорной цепи.
1 — концевое звено; *2* — вертлюг; *3* — звено обыкновенное; *4* — звено соединительное; *5* — глаголь-гак; *6* — концевая скоба

пами — *якоря Холла, Грузона* — и штоковые, с неподвижными лапами— *адмиралтейские*. Штоковые якоря обладают значительно большей держащей силой, чем бесштоковые (у адмиралтейского она равна 10—12 массам самого якоря), но наличие штока затрудняет их уборку и отдачу. Поэтому на крупных судах, как правило, применяют тяжелые бесштоковые якоря Холла, легко убираемые в клюзы. В последнее время появились якоря повышенной держащей силы — с поворотными лапами и штоком в виде поперечных утолщений на лапах. К этому типу относят, в частности, *якорь Матросова*, применяемый на катерах и буксирах. На малых судах и баржах используют многолапные бесштоковые якоря, называемые *кошками*. Суда ледового плавания снабжают специальными однолапыми бесштоковыми *ледовыми якорями*, предназначенными для удержания судна у ледового поля.

Якорная цепь служит для крепления якоря к корпусу судна. Она состоит из звеньев (рис. 7.11), образующих смычки длиной 25—27 м, соединенные одна с другой при помощи специальных разъемных звеньев. Смычки образуют якорную цепь длиной от 50 до 300 м. В зависимости от расположения в якорной цепи различают *якорную* (крепящуюся к якорю), *промежуточные* и *коренную смычки*. Крепят якоря к якорной цепи при помощи якорных скоб. Чтобы предупредить скручивание цепи, в нее включают поворотные звенья — *вертлюги*. Для крепления и экстренной отдачи коренного конца якорной цепи применяют специальные устройства с откидным гаком, так называемым *глаголь-гаком*, позволяющим легко освободить судно от вытравленной якорной цепи. По Правилам Регистра СССР устройство для быстрой отдачи якорной цепи, устанавливаемое в цепном ящике, должно иметь дистанционный привод управления, выведенный на открытую или другую палубу в доступном месте.

Якорные цепи различают по их калибру — диаметру поперечного сечения прутка звена. Звенья цепей калибром более 15 мм должны иметь распорки — контрфорсы. У крупнейших судов калибр якорных цепей достигает 100—130 мм. В походном положении

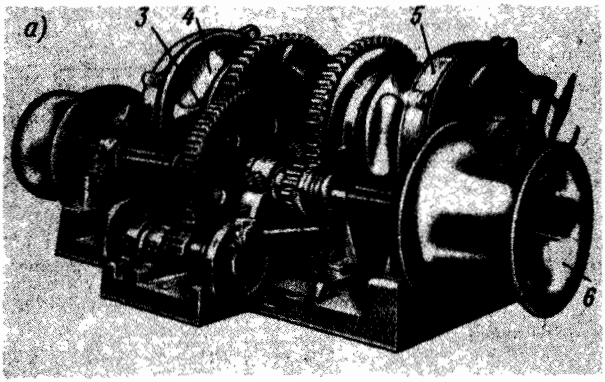
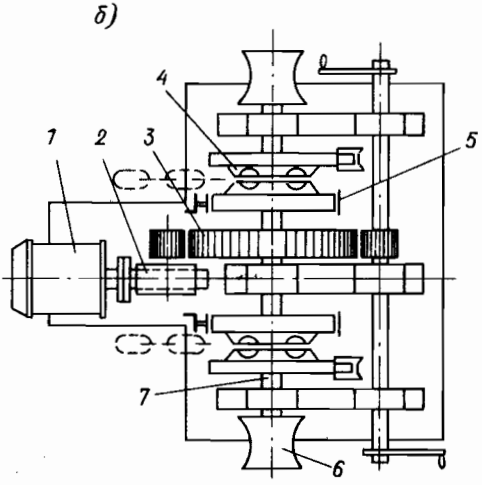


Рис. 7.12. Брашпиль: *а* — паровой; *б* — электрический (схема).

1 — двигатель; *2* — червячный редуктор; *3* — цилиндрические шестерни; *4* — цепная звездочка; *5* — ленточный тормоз; *6* — турачка (швартовный барабан); *7* — грузовой вал



якорную цепь хранят в *цепном ящике* с деревянной обшивкой. Для обеспечения самоукладки якорной цепи цепные ящики имеют обычно круглое сечение, диаметр которого составляет около 30—35 калибров якорной цепи.

Якорными машинами для подъема якоря служат лебедки с горизонтальной осью вращения барабана — *брашпили* (рис. 7.12) — или с вертикальной осью вращения барабана — *шпили* (рис. 7.13). Брашпиль, устанавливаемый в ДП, обслуживает якорные цепи правого и левого бортов (на супертанкерах применяют *полубрашпили* — раздельные брашпили, смещенные от ДП к бортам). Отдача якоря происходит за счет собственной массы. При этом во избежание чрезмерного разгона якорная цепь, сматывающаяся через звездочку брашпиля, притормаживается ленточным тормозом. На оси звездочек брашпиля, по ее концам, обычно устанавливают *турачки* — барабаны для наматывания швартовных тросов при швартовке. Благодаря наличию специальных муфт турачки могут работать при неподвижной звездочке и наоборот. Шпиль обслуживает только одну якорную цепь каждого борта. Механизм шпиля разделяют обычно на две части: верхнюю, состоящую из звездочки со швартовным барабаном и находящуюся

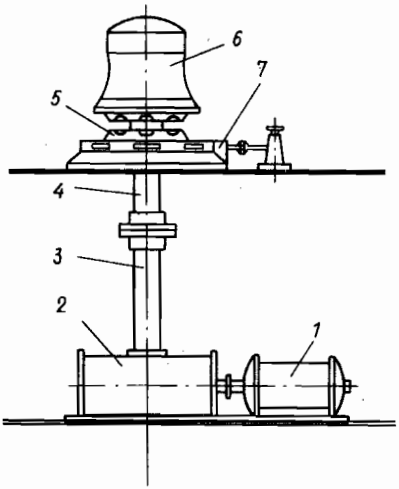


Рис. 7.13. Якорный шпиль.

1 — электродвигатель; *2* — редуктор (червячный); *3* — вертикальный вал; *4* — грузовой вал; *5* — цепная звездочка; *6* — шварговый барабан; *7* — колодочный тормоз

над палубой, и нижнюю, состоящую из двигателя и редуктора, располагаемых под палубой. Тормозят вытравливаемую якорную цепь с помощью колодочного тормоза. Брашпили и шпили имеют электрический, электрогидравлический или паровой привод. В случае необходимости небольшие шпили могут иметь ручной привод. Они приводятся во вращение вручную при помощи *вымбовок* — съемных деревянных рычагов, вставляемых в выемки шварговного барабана.

Якорные клюзы — палубные и бортовые — служат для направления якорной цепи и уборки якоря. В зависимости от типа и назначения судна различают клюзы обычные, открытые и с нишей. *Обычные клюзы* устанавливают на большинстве транспортных, промысловых и вспомогательных судов; их изготовляют литыми или сварными.

Открытые клюзы, представляющие собой массивную отливку с желобом для прохода якорной цепи и веретена якоря, устанавливают в месте соединения палубы с бортом. Их применяют на низкобортных судах, на которых обычные клюзы в виде труб, оканчивающихся бортовыми и палубными раструбами, нежелательны, так как через них на волнении на палубу попадает вода.

Клюзы с нишей в бортовой обшивке позволяют убирать якорь заподлицо с обшивкой, уменьшая тем самым возможность повреждения при движении во льдах, буксировке и швартовках. Их предусматривают на судах ледового плавания, буксирах, спасателях, пассажирских и промысловых судах.

Стопоры (рис. 7.14) предназначены для крепления якорных цепей и удержания якоря в клюзе в походном положении. Для этого используют *винтовые кулачковые стопоры*, стопоры с закладным звеном (*закладные стопоры*) и *эксцентриковые* (на малых судах). Для более надежного закрепления якоря служат дополнительные *цепные стопоры* — короткие цепные смычки, пропускаемые через якорную скобу и закрепляемые двумя концами к обухам на палубе. С помощью талрепа, включенного в один конец цепи, подтягивают якорь в клюз до плотного прилегания лап к наружной обшивке. Глаголь-гак, включенный в другой конец цепи, служит для быстрой отдачи стопора.

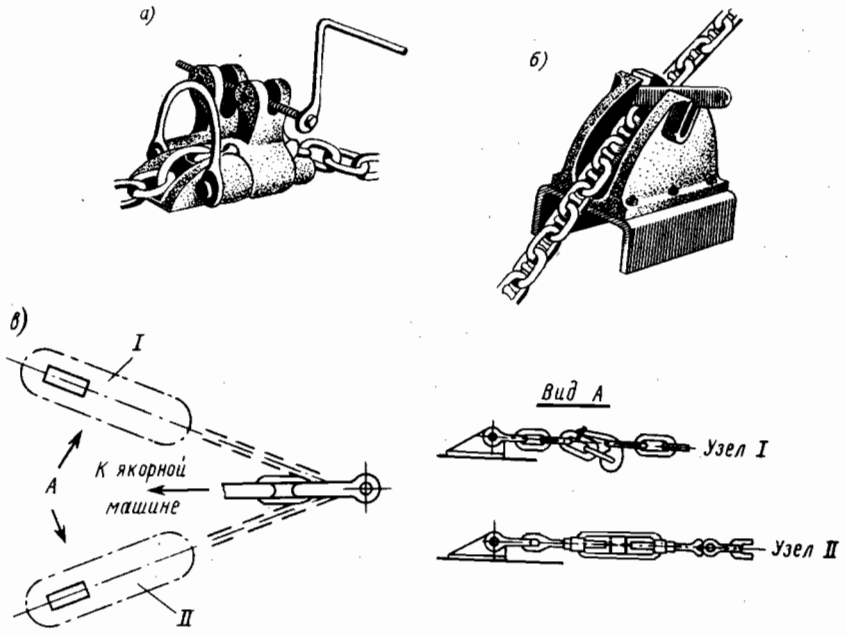


Рис. 7.14. Стопоры якорной цепи: *а* — винтовой; *б* — закладной; *в* — цепной стопор крепления по-походному

§ 7.3. Швартовное и кранцевое устройства

Швартовное устройство служит для обеспечения надежной стоянки судна у пирса или около другого плавучего сооружения (судна, бочки, дебаркадера). Крепят, как правило, судно, устанавливаемое бортом к стенке (рис. 7.15), с помощью канатов, называемых *швартовами*. Раньше в качестве швартовов применяли только растительные (сизальские, манильские, на небольших судах — пеньковые) или стальные тросы (имеющие не менее 144 проволочек и 7 сердечников). В последнее время появились более легкие, прочные и долговечные швартовы из волокон капрона, нейлона, полипропилена и других синтетических материалов. На танкерах, перевозящих нефтепродукты 1-го разряда, стальными тросами разрешается пользоваться только на палубах надстроек, если по ним не проходят трубопроводы приема и выдачи груза. Применять на танкерах тросы из искусственного волокна можно только по специальному разрешению Регистра СССР (так как при разрыве таких тросов нередко образуются искры от разрядов статического электричества). Диаметр стального троса или длину окружности растительного троса определяют по Правилам Регистра СССР в зависимости от размеров надводной части корпуса и надстроек судна.

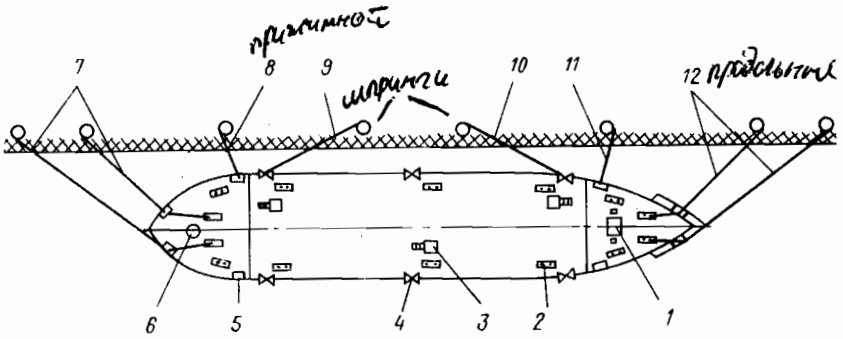


Рис. 7.15. Схема швартовного устройства и расположение швартовов при швартовке лагом

1 — брашпиль со швартовными барабанами; *2* — кнехт; *3* — швартовная лебедка; *4* — швартовный клюз; *5* — киповая планка; *6* — швартовный шпиль; *7* — кормовой продольный швартов (правый и левый); *8* — кормовой прижимной швартов; *9* — кормовой шпринг; *10* — носовой шпринг; *11* — носовой прижимной швартов; *12* — носовые продольные швартовы (правый и левый)

В состав швартовного устройства входят кнехты, клюзы, лебедки и шпили (рис. 7.16).

К н е х т ы — стальные или чугунные (литые или сварные) тумбы для крепления швартовов на судне. Кнехты могут быть одинарными и двойными, прямыми и крестовыми. Диаметр тумбы кнехта должен быть равен не менее 10 диаметрам стального швартова или одной окружности растительного. Для крепления стальных швартовов диаметром менее 8,4 м и растительных окружностью менее 60 мм вместо кнехтов служат *утки*.

Ш в а р т о в н ы е к л ю з ы — стальные или чугунные отливки с овальным отверстием в фальшборте для направления швартова к швартовному кнехту, устанавливаемому около клюза (но не ближе 1,5 м от него). Отверстия клюзов имеют плавные скругленные кромки, исключающие резкий изгиб проходящего через клюз швартова. Чтобы трос из-за трения при движении швартова о кромки клюза сильно не изнашивался, применяют специальные клюзы: *универсальные* — с двумя парами вертикальных и горизонтальных цилиндрических роликов, между которыми пропускается швартов — и *автоматические* (*поворотные*) — с вращающейся в клюзе обоймой, имеющей два ролика, между которыми пропущен швартов. На судах, проходящих через Панамский канал, устанавливают специальные *панамские клюзы*, приваренные к палубе.

В тех местах, где вместо фальшборта имеется леерное ограждение, устанавливают *киповые планки*, которые могут быть с с *роульсами* (от 1 до 3) или без них (на малых судах).

Если нельзя выполнить прямую проводку троса от клюза или киповой планки на швартовный барабан, то на палубе ставят одиночные роульсы.

Для закрепления швартовов на кнехтах служат *тросовые стопоры*—переносные механические зажимы колодочного или цепного типа. Стопоры крепят за тумбу кнехта или за рым в его корпусе.

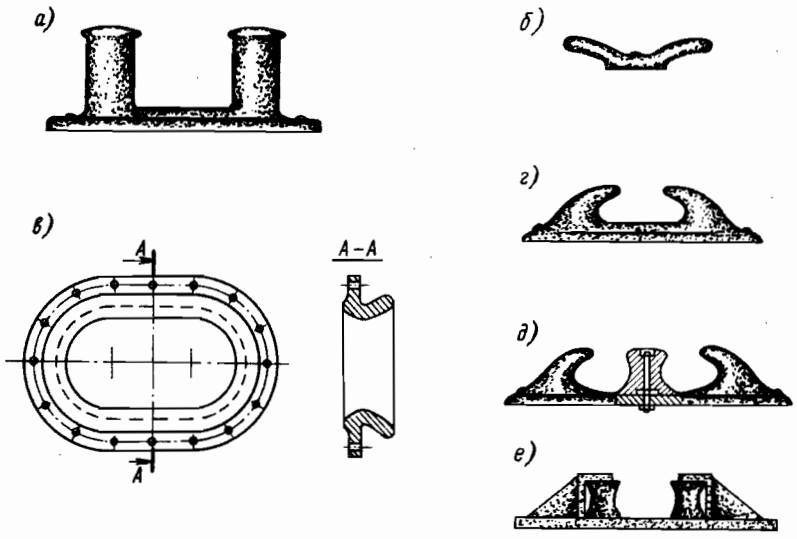


Рис. 7.16. Элементы швартовного устройства: *а* — кнехт; *б* — утка; *в* — швартовный клюз; *г* — киповая планка обыкновенная; *д*, *е* — киповая планка с одним и двумя роульсами

Швартовные лебедки, или шпили (паровые, электрические или гидравлические) предназначены для подтягивания судна к пирсу после закрепления на нем швартовов. Для швартовных операций на баке обычно используют швартовные барабаны механизмов якорного устройства (шпиля или брашпиля). В средней части судна и в корме устанавливают специальные швартовные механизмы (на сухогрузных судах используют швартовные барабаны грузовых лебедок).

Швартовные лебедки бывают *простые и автоматические*. Автоматические лебедки применяют на танкерах и судах для перевозки навалочных грузов, т. е. судах, у которых во время погрузочно-разгрузочных операций быстро изменяется осадка, что требует частых перешвартовок. При наличии автоматических швартовных лебедок стравливание или выбирание швартовов происходит автоматически, так как лебедка поддерживает постоянное натяжение швартовного троса. Для намотки и хранения швартовов служат вьюшки — барабаны с высокими бортиками, которые приводятся во вращение вручную: либо с помощью выступающего обода, либо от ручного зубчатого привода.

Чтобы предотвратить повреждения борта судна при швартовке к причалу, особенно при швартовке судов друг к другу в открытом море на волнении, на судах предусматривают **кранцевое устройство** (привальные брусья и кранцы) — мягкие или деревянные подушки, вываливаемые за борт или закрепленные постоянно на борту в местах, наиболее подверженных ударам.

Мягкие кранцы изготовляют в виде подушек из мешков, наполненных крошеной пробкой и оплетенных снаружи смоленым пеньковым канатом, либо из резины. В последнее время получили распространение резинотканевые надувные (пневматические) кранцы, а также кранцы в виде резиновых роликов с пружинными амортизаторами. Иногда в качестве кранцев используют навешенные вдоль борта автомобильные покрышки.

§ 7.4. Спасательные средства

Спасательные средства — это совокупность предусмотренных на судне средств спасания пассажиров и экипажа, включающая шлюпочное устройство, спасательные плоты, плавучие приборы и спасательные средства индивидуального пользования.

Шлюпочное устройство предназначено для спасения людей в случае гибели судна, а также для сообщения с берегом и другими судами во время рейдовой стоянки.

В состав шлюпочного устройства входят: *спасательные* шлюпки, *плоты и капсулы*, число, конструкцию и вместимость которых определяют в зависимости от количества людей, размеров судна, характера и района плавания и в соответствии с правилами Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 г. и Правилами по конвенционному оборудованию судов Регистра СССР; *рабочие шлюпки и разъездные катера; шлюпбалки*, служащие для быстрого и безопасного спуска и подъема спасательных шлюпок; *приспособления для хранения шлюпок и катеров по-походному* (кильблоки, найтовы, чехлы).

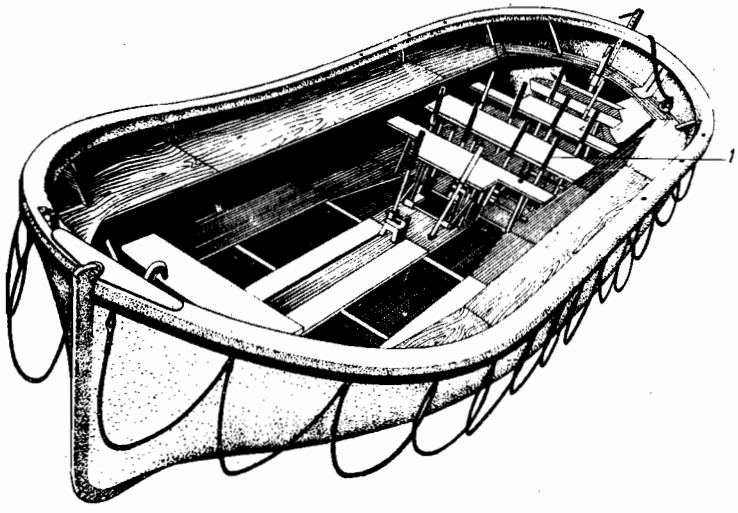


Рис. 7.17. Спасательная шлюпка (с ручным приводом к винту).
1 — рукоятка ручного привода

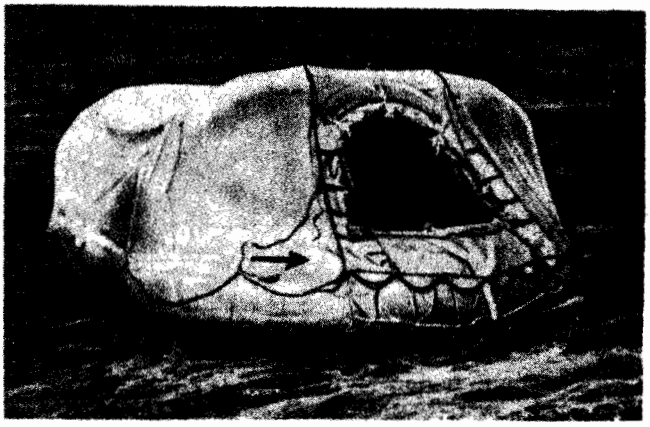


Рис. 7.18. Надувной спасательный плот

Спасательные шлюпки (рис. 7.17) вмещают от 10 до 150 человек. Общее число мест в спасательных шлюпках, устанавливаемых на каждом борту, должно быть равно: на пассажирских, экспедиционных и промысловых судах — половине общего количества находящихся на судне людей; на прочих морских судах дальнего плавания — общему количеству мест на судне. В дополнение к шлюпкам, а иногда взамен части их (на пассажирских судах — до 25 % мест) устанавливают специальные *надувные плоты* (рис. 7.18).

На морских судах неограниченного и ограниченного района плавания на каждом борту предусматривают по одной *моторной*

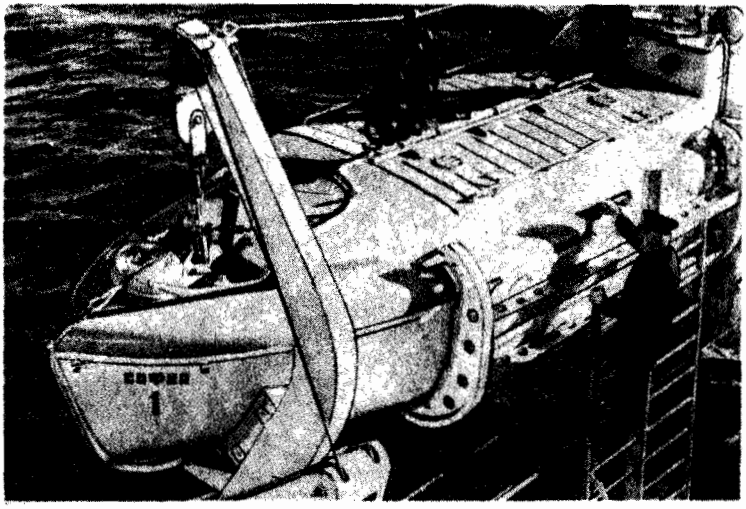


Рис. 7.19. Закрытая спасательная танкерная шлюпка

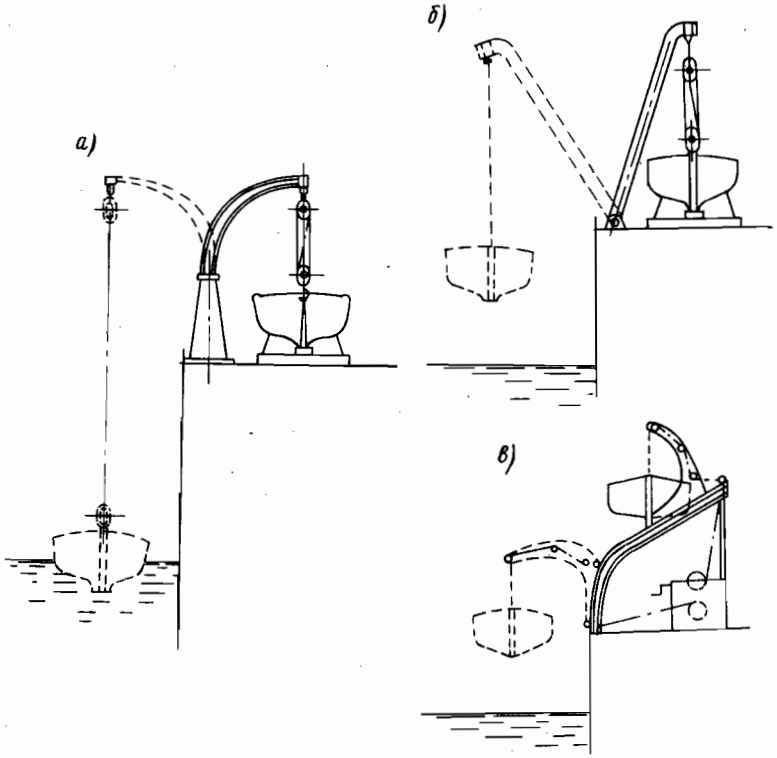


Рис. 7.20. Типы шлюпбалок: *а* — поворотная; *б* — заваливающаяся; *в* — гравитационная

шлюпке (*дежурной шлюпке*) длиной не более 8,5 м для немедленного использования при падении людей за борт.

Спасательные шлюпки для обеспечения плавучести в случае попадания в них воды снабжают встроенными в корпус воздушными ящиками. Правила регламентируют размеры спасательных шлюпок: длина должна быть не меньше 7,3 м (на малых судах — 4,9 м), вместимость — не более 150 человек и масса с людьми и снабжением — не более 20 т.

Спасательные шлюпки изготовляют из дерева, стали, бакелизированной фанеры, а также из легких алюминиево-магниевых сплавов и стеклопластика.

Шлюпки вместимостью до 30 человек допускается оборудовать гребным винтом с ручным приводом (см. рис. 7.17). Часть спасательных шлюпок (у грузовых судов — одну, у судов с большим количеством людей — по одной с каждого борта) снабжают мотором, обеспечивающим скорость не менее 6 уз. Шлюпки вместимостью более 30 человек делают только моторными.

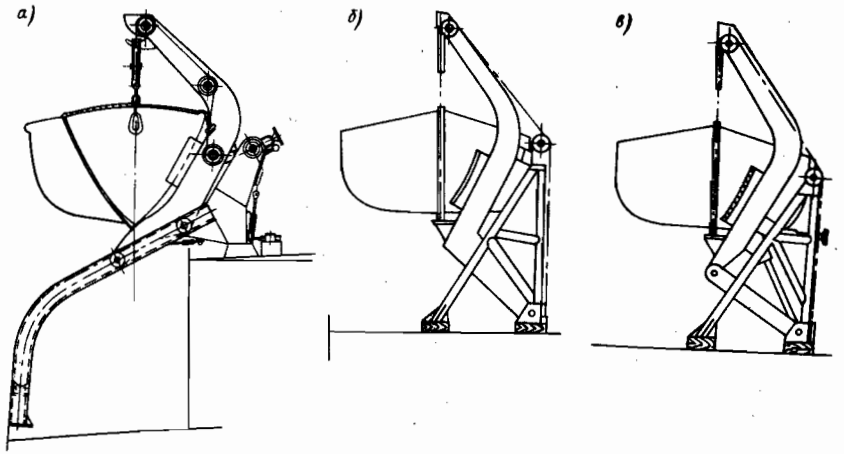


Рис. 7.21. Типы гравитационных шлюпбалок: *а* — скатывающаяся; *б* — одношарнирная; *в* — двухшарнирная

Предусматриваемые на спасательных шлюпках и плотах укрытия людей от непогоды окрашивают в видимый днем ярко-оранжевый цвет.

Спасательные шлюпки танкеров, в отличие от шлюпок других судов, приспосабливают для безопасного плавания в течение не менее 10 мин в зоне горящих нефтепродуктов при температуре до 1200 °С. Поэтому их делают закрытыми (рис. 7.19) и оборудуют специальной системой орошения водой наружной поверхности. Танкерные шлюпки должны иметь мотор, позволяющий развивать скорость не менее 6 уз. Запас сжатого воздуха на них должен обеспечивать в течение 10 мин пребывание людей и работу двигателя.

Все спасательные шлюпки снабжают веслами, парусом, мачтой, плавучим якорем, двумя топорами (в носу и корме), шлюпочным масляным фонарем, спичками, зажигающимися на ветру, ведрами с черпаками, осушительным насосом, запасом пресной воды (по 3 л на человека), провизией (из расчета 5000 кал на человека), комплектом рыболовных принадлежностей, аптечкой с медикаментами и таблетками от морской болезни, химическими грелками (по одной грелке на 10 человек), складным ножом с консервовскрывателем, индивидуальными спасательными средствами, компасом и т. д.

Для подачи сигналов бедствия на каждой шлюпке должны быть четыре парашютных сигнала, светящих ярко-красным светом на большой высоте, шесть фальшфейеров ярко-красного цвета, две плавучие дымовые шашки, выделяющие клубы дыма оранжевого цвета, электрический батарейный фонарь, годный для сигнализации по азбуке Морзе, и сигнальное зеркало (гелиограф). Кроме того, на судах, удаляющихся от порта-убежища более чем на 200 миль, одну из спасательных шлюпок снабжают легкой переносной радиоустановкой, которую при необходимости можно передать на другую шлюпку или плот. Все пластмассовые шлюпки снабжают также комплектом инструментов и приспособлений для ремонта. На моторных спасательных шлюпках, развивающих скорость не менее 6 уз, устанавливают прожектор.

Рабочие шлюпки (одна-две на судно) служат для связи с берегом или с судами, стоящими на рейде, заводки вспо-

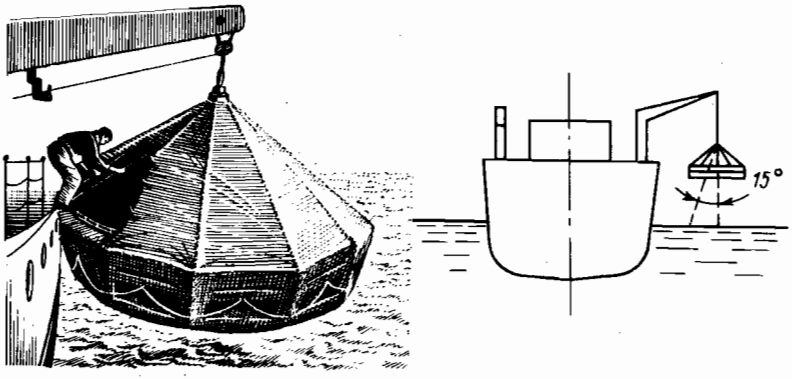


Рис. 7.22. Спуск надувного спасательного плота на воду

могательных якорей и других работ около судна. Они вмещают всего лишь несколько человек и по размерам значительно меньше спасательных шлюпок. На крупных морских судах кроме рабочих шлюпок для тех же целей используют катера.

Спасательные шлюпки, рабочие шлюпки и катера устанавливают на открытых палубах, но не ближе чем на $^1/_4$ длины судна от форштевня в защищенных от действия волн местах. При расположении спасательных шлюпок в корме расстояние от ахтерштевня кормовой шлюпки до лопастей гребных винтов (так как в этом районе спускать шлюпки небезопасно) не должно быть меньше полуторной длины шлюпки. Шлюпки следует располагать с таким расчетом, чтобы обеспечить безопасные посадку в них людей и спуск при крене судна на любой борт до 20° и дифференте до 10° в течение 30 мин (для пассажирских и промысловых судов неограниченного района плавания).

Спасательные шлюпки спускают с помощью ш л ю п б а л о к разных типов. Они бывают поворотные (или радиальные), заваливающиеся и гравитационные (рис. 7.20).

У *поворотных*, или *радиальных*, шлюпбалок вываливание шлюпки происходит в результате манипуляции со шлюпбалками и шлюпкой вручную, у шлюпбалок *заваливающегося* типа — в результате заваливания шлюпбалки с помощью винтового привода. Особенностью наиболее распространенных *гравитационных* шлюпбалок является то, что вываливание шлюпки происходит под действием силы тяжести после отдачи стопоров, поэтому их и называют гравитационными, т. е. работающими под действием силы тяжести. Эти шлюпбалки отличает быстрота вываливания шлюпки (не более 2 мин,), а также надежная работа в условиях антикрена до до 20°. Поэтому на пассажирских, паливных судах вместимостью более 1600 рег. т и на промысловых судах применяют только гравитационные шлюпбалки. Кроме того, они обслуживают спасательные шлюпки, масса которых в состоянии вываливания равна

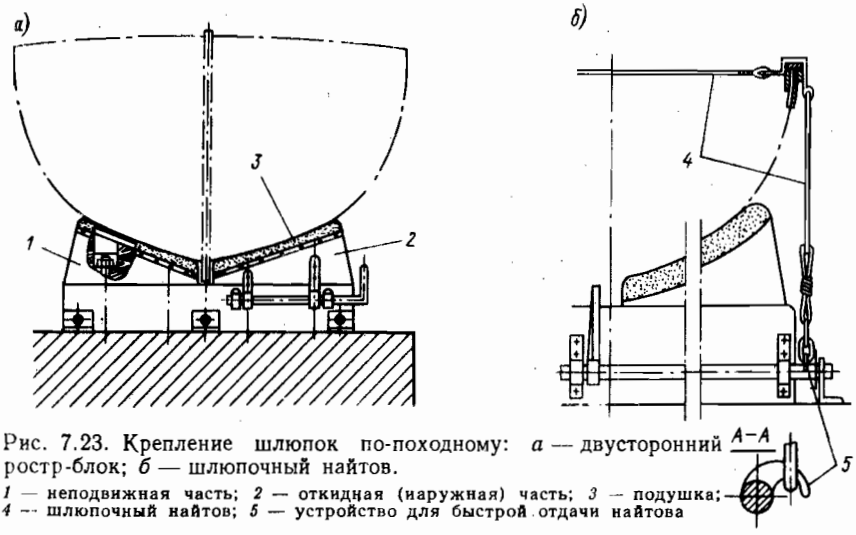


Рис. 7.23. Крепление шлюпок по-походному: *а* — двусторонний ростр-блок; *б* — шлюпочный найтов.

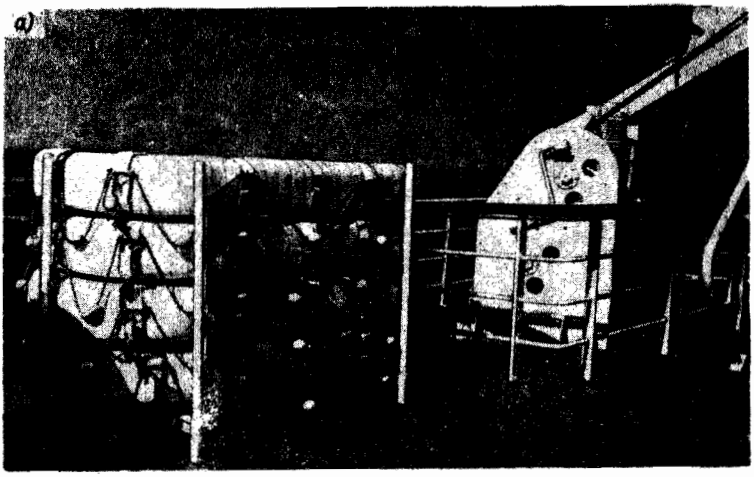
1 — неподвижная часть; *2* — откидная (наружная) часть; *3* — подушка; *4* — шлюпочный найтов; *5* — устройство для быстрой отдачи найтова

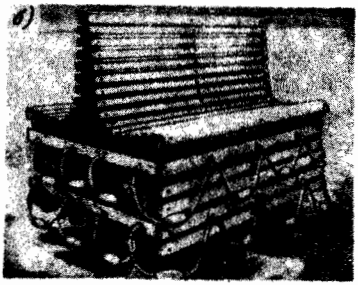
более 2300 кг, независимо от типоразмера судна, на котором они установлены.

Гравитационные шлюпбалки подразделяют на *скатывающиеся* (скользящие), у которых стрела с подвешенной к ней шлюпкой перемещается по направляющим станины на роликах, вываливая при этом шлюпку (рис. 7.21), *и шарнирные*, вываливающие шлюпку за счет поворота вокруг шарнира, расположенного у нижнего конца шлюпбалки. Разновидностью шарнирной шлюпбалки является *двухшарнирная*. При вываливании шлюпки она сначала вращается вокруг заднего шарнира, а затем — вокруг переднего, благодаря чему увеличивается вылет шлюпбалки. Дальнейшим усовершенствованием этого типа шлюпбалки являются *четырехшарнирные* шлюпбалки.

Заваливающиеся шлюпбалки предназначены для спуска спасательных шлюпок спусковой массой до 2300 кг. Поворотные (радиальные) шлюпбалки считают устаревшими, и их применяют только на малых судах или для рабочих шлюпок

Каждую пару шлюпбалок обслуживает одна шлюпочная лебедка ручным или механическим приводом. Механические шлюпочные лебедки бывают *безмоторные* (со специальным барабаном с тросом, свободный конец которого через канифас-блоки проводится на швартовный барабан грузовой лебедки, шпиля или брашпиля) и *приводные* (с электрическим или пневматическим приводом). Иногда применяют двухбарабанные лебедки, обслуживающие по две пары шлюпбалок. В последнее время появился принципиально новый тип спускового шлюпочного устройства: закрытая шлюпка устанавливается в корме на наклонном спусковом устройстве, расположенном, как правило, вдоль судна и вместе







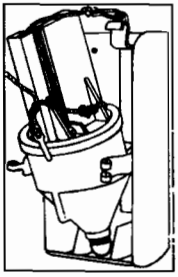


Рис. 7.24. Спасательные средства: *а* — спасательные плоты; *б* — спасательная скамейка; *в* — спасательный круг со светящим буем

с находящимися в ней людьми и свободно сбрасывается с него в корму носом в воду.

Спасательные надувные плоты (минимальная пассажировместимость — 5 чел.), заменяющие шлюпки, спускают на воду специальными кранами на одном шкентеле (рис. 7.22). Кран разворачивается в сторону борта, плот крепится к тросу, выносится за борт и автоматически надувается; после того как пассажиры займут места на плоту, начинается его спуск на воду со скоростью 30—40 м/мин (спускать можно при крене до 15°). Спущенный на воду плот автоматически (при уменьшении натяжения шкентеля) освобождается, и гак поднимается вверх для спуска следующего плота.

Спасательные надувные плоты, установленные сверх предусмотренных правилами обязательных шлюпок с достаточным количеством мест, можно не спускать, а сбрасывать на воду; сброшенный на воду плот автоматически надувается.

Рабочие шлюпки и катера спускают на воду с помощью шлюпбалок или обычными грузовыми кранами.

Крепят шлюпки по-походному (рис. 7.23) на *ростр-блоках* — деревянных или металлических опорах, у которых опорная часть выполнена по форме обвода и обита мягкой войлочной подушкой, обшитой парусиной. Ростр-блоки устанавливают либо прямо на палубе, либо на *рострах* — полубимсах, опирающихся одним концом на рубку, а другим — на стойку у борта либо на шлюпбалках S-образной формы. Ростр-блоки бывают односторонние, т. е. расположенные только с одного борта шлюпки, обращенного к ДП судна, или двусторонние. Чтобы шлюпку при вываливании за борт не надо было приподнимать, у двусторонних ростр-блоков наружную часть делают откидной на петлях.

Шлюпки крепят к ростр-блоках с помощью охватывающих шлюпку *найтовов* — стальных тросов с пеньковыми талрепами, закрепляемых к приваренным на палубе обухам с треугольными рымами. Для быстрой отдачи шлюпочных найтовов в них включают глаголь-гаки или предусматривают специальные устройства. Найтовы, крепящие шлюпки к гравитационным шлюпбалкам, отдаются автоматически, одновременно с отдачей стопора шлюпбалки.

Прочие спасательные средства (рис. 7.24). Кроме шлюпок, надувных плотов и катеров на судне имеются спасательные плоты жесткой конструкции (на 6—25 человек), скамейки, а также индивидуальные спасательные средства, а именно: спасательные круг со светящими буями, нагрудники, жилеты, костюмы-комбинезоны и пр.

Номенклатура и количество спасательных средств для каждого судна регламентируются конвенционными Правилами Регистра СССР и зависят от назначения судна, района плавания и количества находящихся на нем людей.

§ 7.5. Грузовые устройства

Грузовые устройства предназначены для выполнения погрузочно-разгрузочных работ судовыми средствами.

В состав грузовых устройств на сухогрузных судах входят грузовые стрелы или краны, закрытия грузовых люков и средства внутритрюмной механизации. На судах типа «ро-ро» к грузовым устройствам относят погрузочные лифты, аппарели (внутренние и забортные — рампы); на лихтеровозах типа «ЛЭШ» — катучие козловые краны. На наливных судах роль грузовых устройств выполняют насосы и трубопроводы, с помощью которых погружают и выгружают жидкий груз. На судах, перевозящих сыпучие грузы, древесную щепу и т. п., в состав грузовых устройств входят ленточные транспортеры, пневмопогрузчики и другие специальные устройства.

На пассажирских судах к числу грузовых устройств могут быть отнесены всевозможные лифты (для пассажиров, команды и

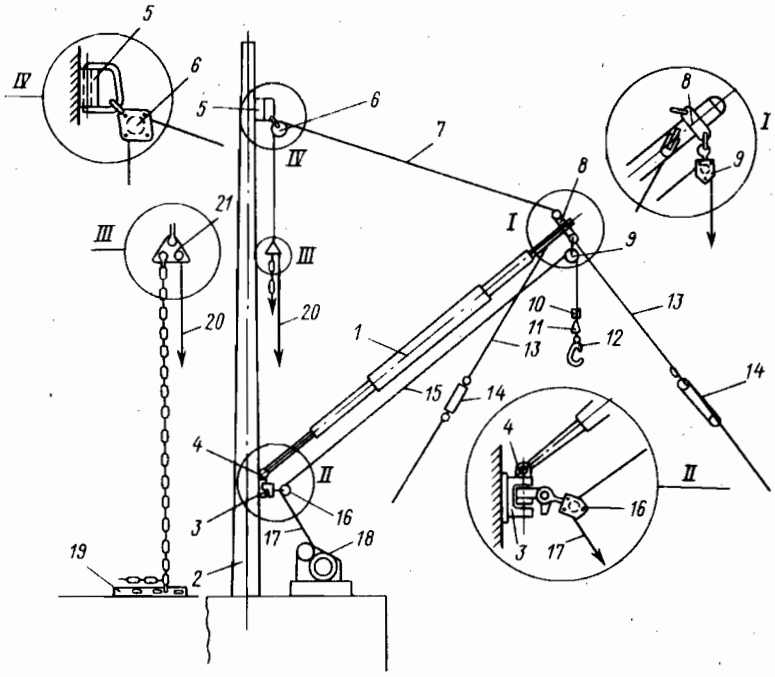


Рис. 7.25. Грузовая стрела.

1 — стрела; *2* — мачта; *3* — башмак шпора; *4* — вертлюг шпора; *5* — обух топенанта; *6* — блок топенанта; *7* — топенант; *8* — обух нока; *9* — грузовой блок; *10* — противовес; *11* — вертлюг; *12* — гак; *13* — оттяжка; *14* — талреп оттяжки; *15* — грузовой шкентель; *16* — направляющий блок; *17* — конец к лебедке; *18* — грузовая лебедка; *19* — палубный обух топенанта; *20* — конец к канифас-блоку; *21* — треугольное звено

багажа), а также устройства для погрузки на судно автомашин, багажа и провизии.

Грузовые стрелы бывают легкие, грузоподъемностью 1, 3, 5, реже 8—10 т, и тяжеловесные — грузоподъемностью более 10 т. Грузоподъемность тяжеловесных стрел может достигать 200—300 т, однако наиболее распространенными являются тяжеловесные стрелы на 40—60 т. Грузовые стрелы устанавливают на мачтах или грузовых колоннах.

Легкая грузовая стрела (рис. 7.25) состоит из длинного металлического (реже, деревянного) стержня трубчатой или ажурной конструкции, один конец которого — *шпор* — шарнирно связан с мачтой, грузовой колонной или самостоятельным фундаментом вблизи мачты, а второй конец — *нок* — поддерживается снастью, называемой *топенантом*. Благодаря шарниру стрела может поворачиваться в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Последнее достигается изменением длины топенанта, который выбирают или стравливают либо с помощью турачки грузовой лебедки, либо специальной топенантной лебедки. При отсутствии специальных

лебедок топенант в нужном положении стопорят с помощью цепного стопора с треугольным звеном, который накидывают на рым или обух палубы.

Перемещение груза осуществляют с помощью стального троса *шкентеля*, который наматывают на барабан грузовой лебедки. Грузовые лебедки бывают электрические, электрогидравлические и, реже, паровые. Тяговое усилие грузовых легких лебедок от 15 до 50 кН (от 1,5 до 5,0 тс), тяжеловесных — до 100 кН (10 тс).

Длина грузовой стрелы, а также длина шкентеля должна обеспечивать подъем и опускание груза из любой точки грузового трюма (в просвете люка), а также с расстояния не менее 2 м от борта судна на пирсе (это расстояние называют минимальным вылетом стрелы). Вылет тяжеловесных стрел должен составлять не менее 4 м.

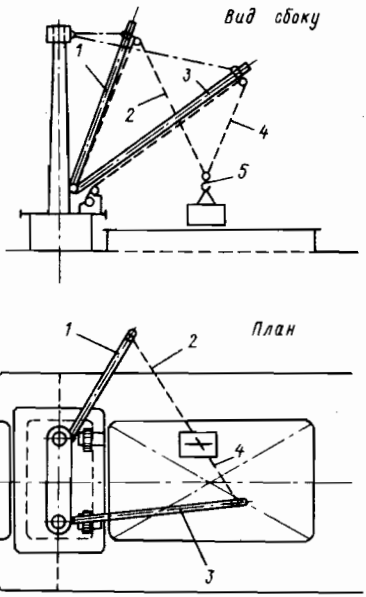


Рис. 7.26. Спаренная работа двух грузовых стрел.

1 — береговая стрела; *2* — шкентель береговой стрелы; *3* — люковая стрела; *4* — шкентель люковой стрелы; *5* — грузовой гак

Легкие грузовые стрелы могут работать поодиночке и спаренно. При выгрузке работа стрелы сводится к следующему: ее устанавливают над просветом люка под углом 25—30° и фиксируют в этом положении топенантом (угол наклона одиночной стрелы при перемещении груза не изменяется); застропленный в трюме груз поднимают на высоту, обеспечивающую свободный перенос его над фальшбортом, после чего стрелу с помощью оттяжек разворачивают за борт и, как только нок ее займет нужное положение над причалом (железнодорожной платформой, автомашиной и т. п.) опускают груз, стравливая грузовой шкентель с барабана грузовой лебедки. Продолжительность одного цикла работы стрелы довольно велика — 4—5 мин, а возможность подать груз в точно заданное место ограничена. Кроме того, разворачивать стрелу с грузом приходится либо вручную, либо с помощью лебедок неработающих стрел, что не всегда возможно. Поэтому на практике предпочитают спаренную работу двух стрел (рис. 7.26). В этом случае перемещение груза происходит вследствие согласованного изменения длины соединенных на одном грузовом гаке шкентелей двух грузовых стрел, из которых одна неподвижно закреплена над просветом грузового люка (люковая стрела), а другая вынесена за борт (береговая стрела). Несмотря на некоторое снижение грузоподъемности при спаренной работе грузовых стрел (около 40—60 % грузоподъемности одиночной стрелы), общая производительность такого грузового устройства увеличивается в 3—4 раза, так как рабочий цикл длится только 35—40 с. Однако и при спаренной работе сохраняется присущий одиночным стрелам недостаток — ограниченная возможность распределения груза. Этого недостатка лишены патентованные грузовые стрелы системы Халлена, Велле, Фарелла и др. с двумя топенантами, идущими от нока стрелы к двум разнесенным в обе стороны от ДП на широком салинге блокам и далее к топенантным лебедкам (рис. 7.27). При одновременном равномерном выбирании или стравливании обоих топенантов стрела поднимается или опускается.

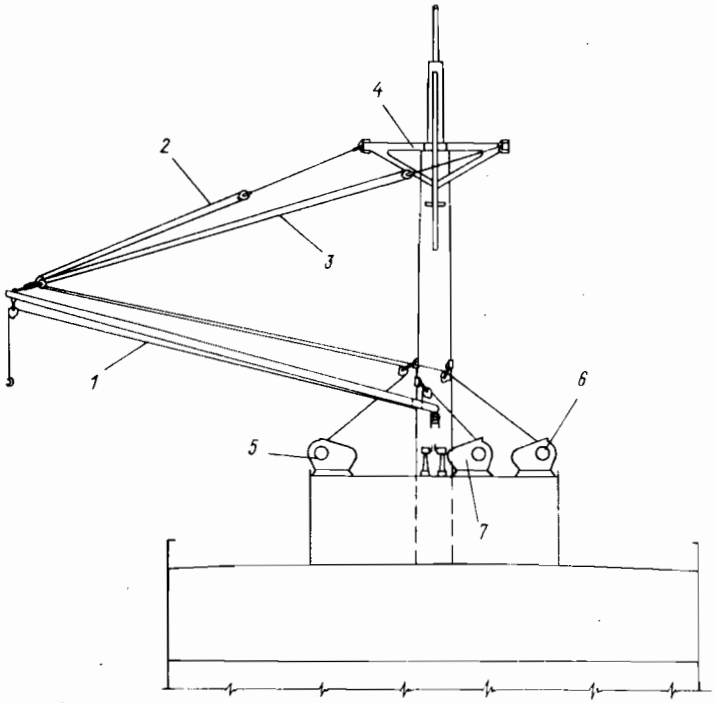


Рис. 7.27. Грузовая стрела с двойным топенантом (система Халлена).

1 — грузовой шкентель; *2, 3* — топенанты; *4* — салинг; *5, 6* — топенантные лебедки; *7* — грузовая лебедка

При стравливании топенанта одного борта и одновременном выбирании другого стрела будет автоматически под действием груза или собственной тяжести разворачиваться на противоположный борт.

В отличие от легких *тяжеловесные стрелы* опираются своим шпором не на мачту, а на специальный фундамент, установленный около нее. У тяжеловесных стрел грузоподъемностью более 20 т применяют врезной шкив в районе нока, через который проводят ходовой конец грузового шкентеля, направленного через канифасблок у салинга мачты к барабану грузовой лебедки. Работают тяжеловесные стрелы либо поодиночке (но с переменным вылетом), либо вместе с патентованными конструкциями с двойным топенантом. Тяжеловесную стрелу при одиночной работе обслуживают четыре лебедки (грузовой шкентель, топенант и две оттяжки), причем для этого зачастую используют те же грузовые лебедки, что и для легких стрел. Поэтому грузовой шкентель и топенант тяжеловесов работают через многошкивные тали (пяти-, шестикратные), называемые *гинями*.

Тяжеловесная грузовая стрела обычно работает на оба борта, обслуживая при этом только один грузовой трюм, над которым она

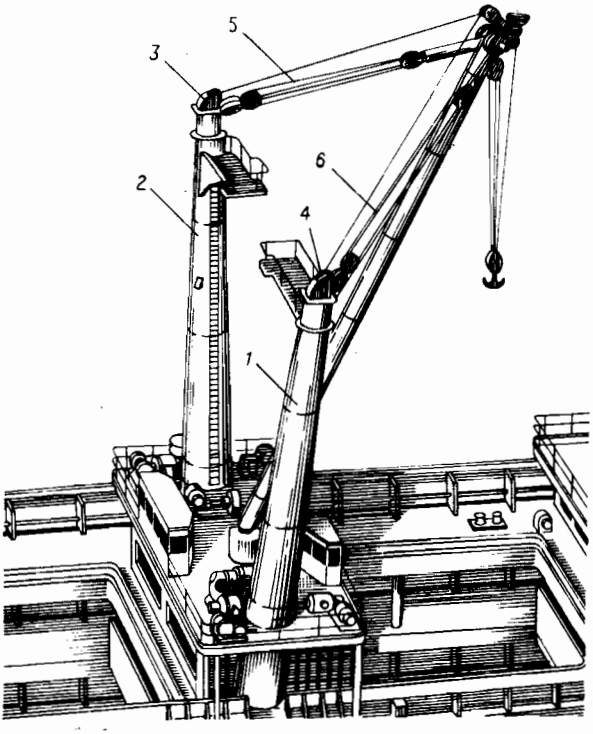


Рис. 7.28. Тяжеловесное грузовое устройство с перекидной стрелой грузоподъемностью до 300 т (система Штюлькен).

1, 2 — грузовые колонны; *3, 4* — вращающиеся головки; *5, 6* — топенант-тали

установлена. Если нужно обслужить соседний трюм, то стрелу переставляют. Чтобы исключить эту трудоемкую и длительную операцию, применяют систему с перекидным тяжеловесом (грузовое устройство системы Штюлькен), состоящую из двух вертикальных или слегка наклоненных к ДП массивных грузовых колонн, каждая из которых оканчивается вверху вращающейся головкой с блоками для топенанта. Тяжеловесную стрелу устанавливают между этими колоннами и с помощью топенантов перекидывают на любой из смежных трюмов, между которыми находится грузовое устройство (рис. 7.28).

Грузовые краны являются более сложным и дорогостоящим грузоподъемным средством, чем стрелы; к тому же они менее надежны при работе в условиях волнения и крена, но зато позволяют быстрее проводить погрузочно-разгрузочные работы, так как могут поднимать и укладывать груз в любое место в просветах люка без дополнительного горизонтального перемещения. Опыт показывает, что производительность кранов в сред-

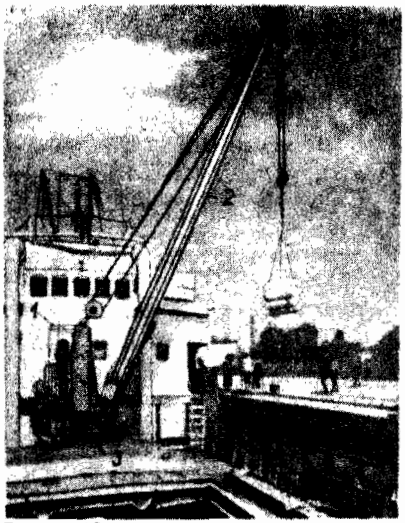


Рис. 7.29. Грузовой кран.
1 — колонна; *2* — грузовая стрела; *3* — поворотная площадка

нем на 20 % превышает производительность стрел.

Судовой грузовой кран (рис. 7.29) состоит из колонны со стрелой, обычно ажурной конструкции, поворотной площадки с подъемно-поворотным механизмом и постом управления баллера, являющегося основой крана для закрепления его на корпусе судна (баллер иногда проходит сквозь верхнюю палубу до нижележащей палубы). Для изменения длины топенанта, обеспечивающего перемещение стрелы в вертикальной плоскости, т. е. изменения вылета стрелы, используют специальную лебедку. Другая лебедка предназначена для обслуживания грузового шкентеля (подъем — опускание груза). Поворот площадки крана с мачтой и стрелой вокруг вертикальной оси — перемещение груза в горизонтальной плоскости — осуществляется *механизмом поворота*, который состоит из неподвижного зубчатого венца и находящейся с ним в зацеплении зубчатой шестерни, вращаемой от двигателя (он установлен на площадке крана). В зависимости от типа приводных механизмов различают электрические, гидравлические и электрогидравлические краны. Последние, благодаря исключительной маневренности, получили наибольшее распространение. К недостаткам судовых грузовых кранов следует отнести большую массу, высокую стоимость, невозможность производить работы при углах крена свыше 5—8°, ограниченную грузоподъемность (3—5, реже 7,5—8 т). Для увеличения грузоподъемности применяют *сдвоенные грузовые краны* — два отдельных крана грузоподъемностью по 5 т, стоящие на общей поворотной платформе (рис. 7.30, *а*). Каждый кран может работать как отдельно, так и совместно, поднимая в этом случае груз массой 10 т (при этом платформа поворачивается вместе с обоими кранами, поднявшими груз). Возможна работа двух кранов спаренно (рис. 7.30, *б*), при этом сокращается цикл грузовых операций, но масса поднимаемого груза ограничена до 3 т.

На судах, предназначенных для перевозки сыпучих грузов, иногда имеются разгрузочные ленточные транспортеры (рис. 7.31).

Существенно сокращает время погрузочно-разгрузочных работ механизированное устройство для закрытия грузовых люков, представляющее собой металли-

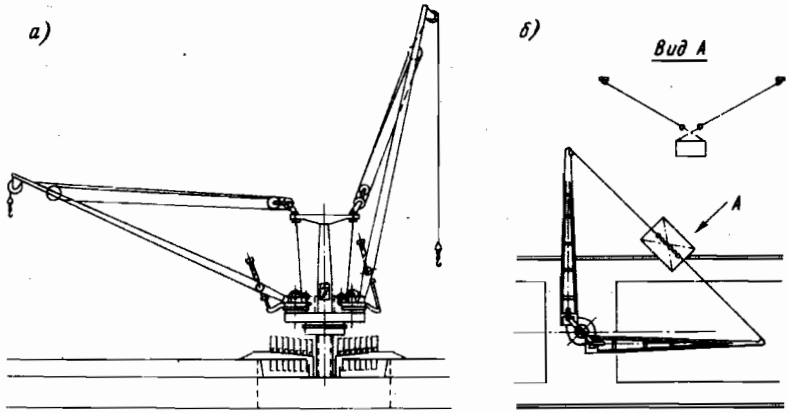


Рис. 7.30. Сдвоенный грузовой кран: *а* — положение при одиночной работе; *б* — положение при работе «телефоном»

ческие щиты (по 2—8 шт. на один люк), которые открываются механизированным способом: или откатываются с помощью грузовых стрел, кранов, или раскрываются с помощью гидравлического привода. Это позволяет сократить время на открытие (или закрытие) грузового люка до 1—2 мин.

Наиболее распространено откатываемое механизированное люковое закрытие из нескольких отдельных металлических секций, соединенных между собой

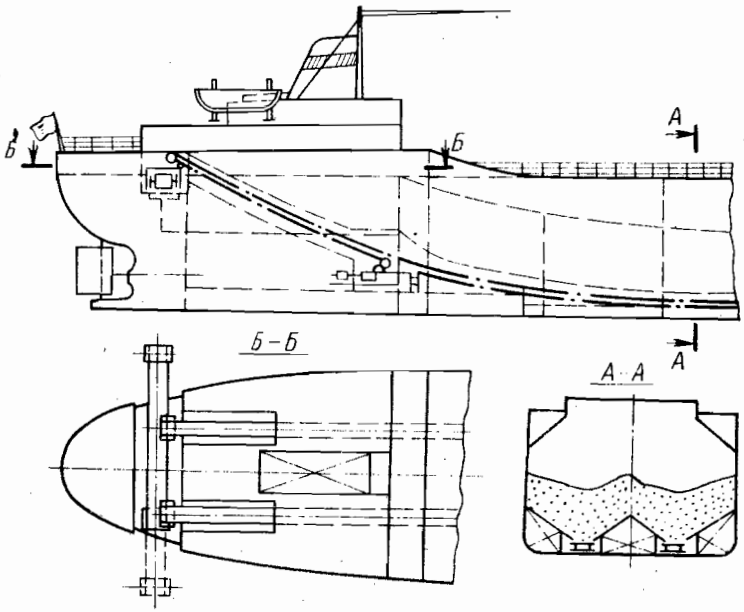


Рис. 7.31. Погрузочно-разгрузочное устройство с ленточными транспортерами для перевозки сыпучих грузов

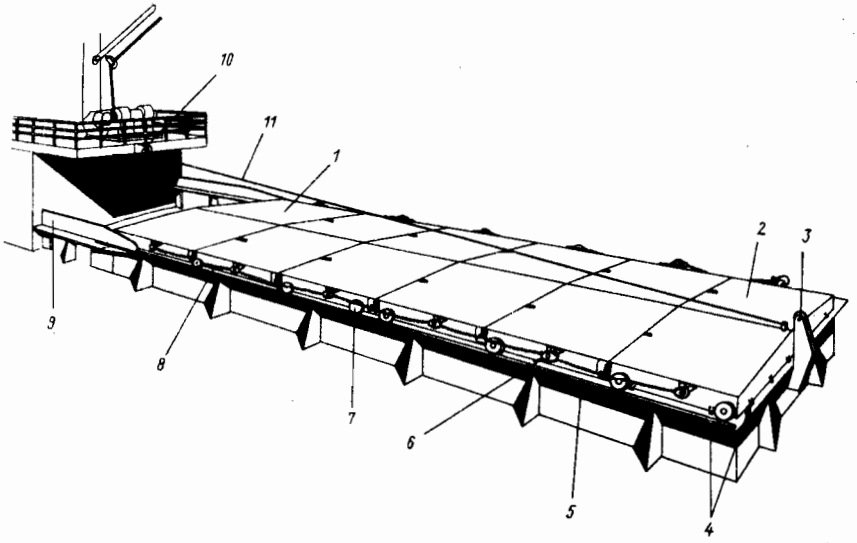
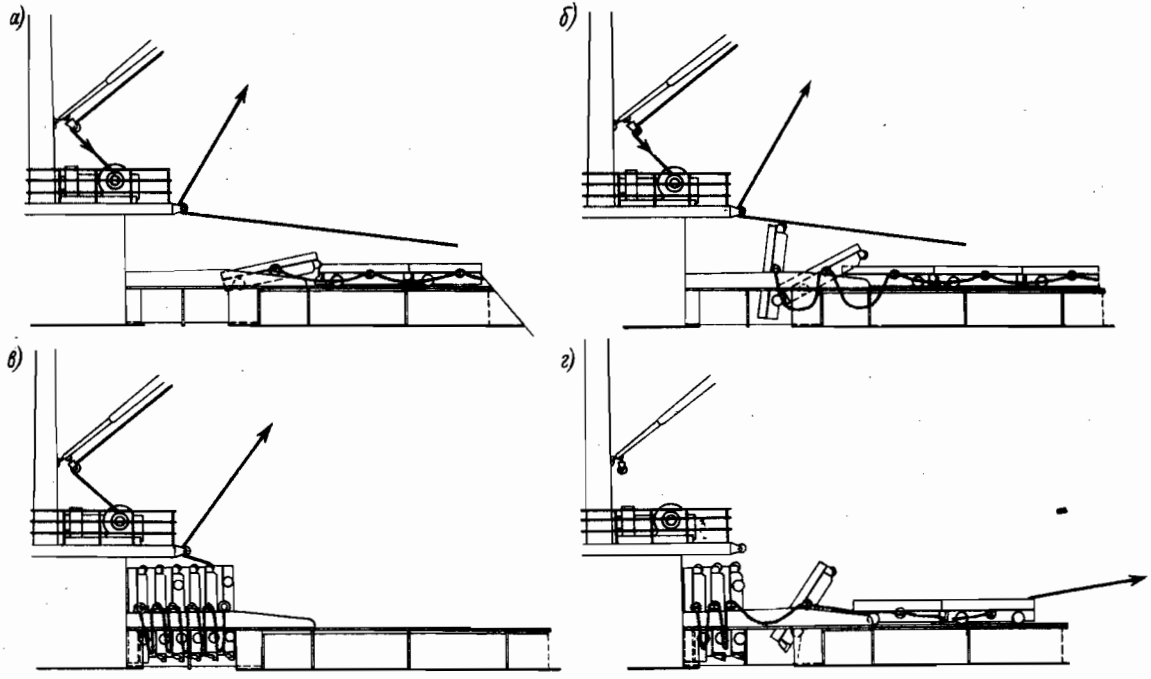


Рис. 7.32. Схема механизированного откатываемого металлического закрытия грузового люка.

1 — первая секция закрытия; *2* — последняя секция закрытия; *3* — шкив; *4* — зажимной болт; *5* — направляющая крайних роликов; *6* — средний ролик; *7* — крайний ролик; *8* — цепочка; *9* — направляющая средних роликов; *10* — направляющий блок на грузовой площадке; *11* — трос к гаку грузовой стрелы

короткими цепями (рис. 7.32). Для открывания грузового люка закрепленный на последней секции трос через специальный блок на грузовой площадке заводится на гак грузовой стрелы или на турачку грузовой лебедки. При натяжении троса освобожденные от зажимов секции начинают катиться на роликах по специальным направляющим, установленным на продольном комингсе люка. Каждая секция имеет на коротких сторонах по три ролика: два крайних катятся по внутренней стороне направляющей, а средний — по внешней, расположенной за пределами грузового люка (под грузовой площадкой). Выйдя за пределы люка, первая секция поднимается на средних роликах по их направляющей (рис. 7.33, *а*) и из-за несимметричности расположения оси средних роликов относительно оси секции поворачивается и становится вертикально (рис. 7.33, *б*). После того, как аналогично станут все оставшиеся секции, люк полностью раскроется (рис. 7.33, *в*). Закрытие люка происходит в обратном порядке (рис. 7.33, *г*). Специальные резиновые уплотнения кромок между секциями и по комингсу люка и зажимы для крепления по-походному обеспечивают водонепроницаемость закрытия (рис. 7.34).

Широкое распространение получили механизированные створчатые люковые закрытия (рис. 7.35). Они состоят из двух створок (каждая из одной-двух, реже, трех секций), открываемых в нос и корму, иногда к бортам с помощью гидравлических приводов. Гидропривод в виде гидравлического цилиндра со штоком или силового шарнира приводит в движение крайнюю секцию у поперечного комингса. Открываясь, эта секция открывает и соседнюю, соединенную с ней на петлях; для отк-



Р ис. 7.33. Последовательные стадии открывания нока с механизированным откатывающимся люковым закрытием: *а* — начало открывания; первая секция входит на направляющие средних роликов; *б* — первая секция откинута; *в* — люковое закрытие полностью открыто; *г* — начало закрывания люка: последние секции легли на комингс

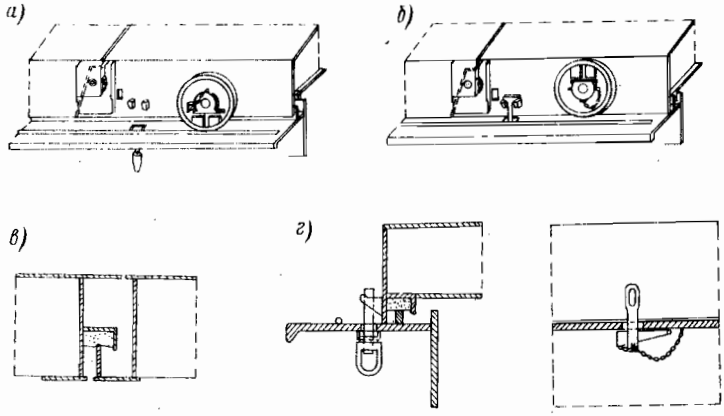


Рис. 7.34. Конструктивные элементы механизированного откатывающегося люкового закрытия: *а* — крайний ролик; положение перед откаткой; *б* — крайний ролик: положение перед задраиванием по-походному (ролик поднят); *в* — конструкция водонепроницаемого соединения секций между собой; *г* — зажимы секций по походному: слева винтовой; справа — клиновой

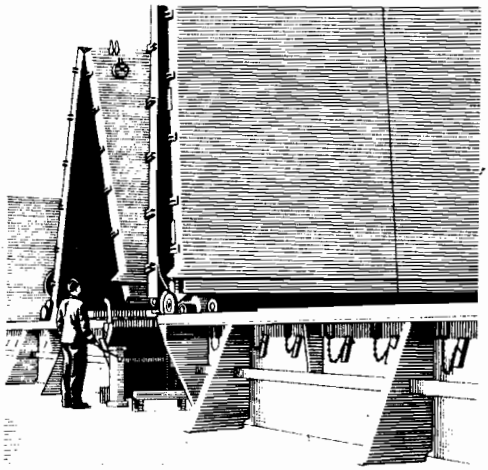
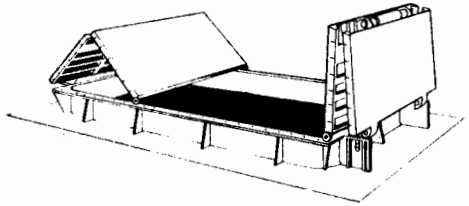


Рис. 7.35. Створчатое люковое закрытие с гидроприводом



рытия трехсекционной створки предусматривают дополнительный силовой шарнир или гидропривод между 2-й и 3-й секциями. Закрытия этого типа позволяют открывать или закрывать грузовой люк всего за 20—25 с.

Интересно *наматываемое закрытие* (рис. 7.36), состоящее из большого числа легких гофрированных секций, которые наматываются при открывании люка на специальный барабан, приводимый во вращение электродвигателем. Размеры секций по мере удаления от барабана увеличиваются с таким расчетом, чтобы по мере наматывания на барабан они могли накладываться друг на друга. Это закрытие, имеющее много шарнирных соединений между секциями, требует внимательного ухода и ненадежно в работе.

На контейнеровозах, имеющих большое раскрытие трюмов и, соответственно, люки больших размеров, применяют л ю к о-

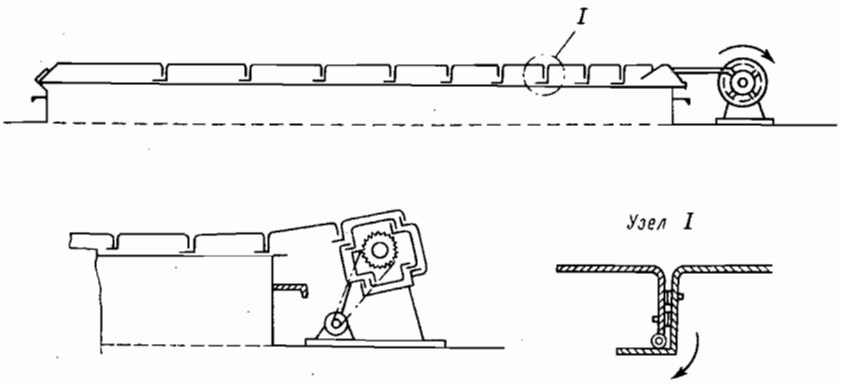


Рис. 7.36. Наматываемое люковое закрытие

вые закрытия понтонного типа. Эти люковые крышки выполнены в виде одной секции с размерами грузового люка. Понтонную крышку люка поднимают грузовым краном и укладывают на свободное место на палубе или пирсе. Для точной установки крышки на место по углам грузового люка делают специальные направляющие, фиксирующие ее в заданном положении.

§ 7.6. Прочие общесудовые устройства

Буксирное устройство позволяет при необходимости использовать судно в качестве буксира или самому быть взятым на буксир. С этой целью в носу и корме судна ставят усиленные буксирные кнехты и снабжают судно усиленным буксирным тросом.

Леерное устройство предназначено для ограждения открытых палуб, не имеющих фальшборта. В его состав входят леерные стойки высотой не менее 1,0 м, поручни и лееры — стальные

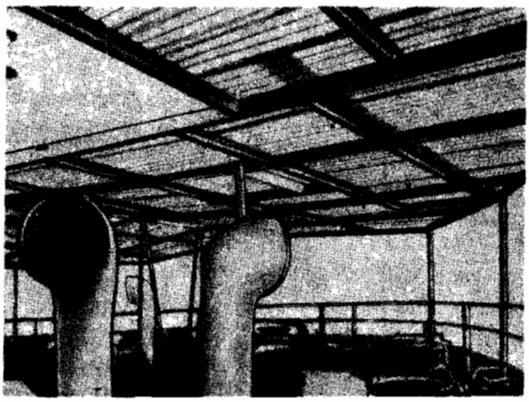


Рис. 7.37. Стационарное тентовое устройство с покрытием из стеклошифера

прутки или тросы, пропущенные в два-три ряда через леерные стойки на расстоянии не более 230 мм от палубы и не более 380 мм друг от друга. Там, где это необходимо, леерное устройство делается съемным или заваливающимся. На пассажирских судах на леер, ограждающий открытые прогулочные палубы, навешивают металлическую сетку.

Тентовое устройство (разборное или стационарное) устанавливается на некоторых участках открытой палубы для защиты от атмосферных осадков и солнца. Разборное тентовое устройство состоит из стальных тентовых стоек, устанавливаемых в специальные гнезда на палубе. Верхние концы стоек связываются друг с другом с помощью леера и съемных деревянных бимсов, на которых крепят тент из прочной парусины. Стационарное тентовое устройство состоит из металлического каркаса, на котором крепят тент — парусиновый, деревянный или из синтетического материала (цветной стеклошифер) (рис. 7.37).

Мачтовое устройство, или рангоут, на современных судах с механическими двигателями, предназначается для несения средств сигнализации и связи, а на грузовых судах со стреловым грузовым устройством — для поддержания грузовых стрел. Однако в последнем случае мачты все чаще заменяют более низкими грузовыми колоннами или полумачтами, которые одновременно используют в качестве вентиляторов. Обычно устанавливают две мачты, реже три. Передняя мачта называется фок-мачтой, средняя — грот-мачтой и кормовая — бизань-мачтой. Двухмачтовые суда имеют лишь фок- и грот-мачты.

М а ч т ы (рис. 7.38) изготовляют из стали (на малых судах из дерева) и прочно крепят в корпусе, перевязывая крепление мачты с продольным и поперечным набором, обычно — с переборками. Гнездо, в котором крепится шпор (нижняя часть) мачты, называется *степсом*. Отверстие в палубном настиле, через которое проходит мачта, называется *пяртнерсом*. Верхняя часть мачты, служащая главным образом для крепления горизонтального рангоута — *рей*, называется *стеньгой*. Крепят стеньгу к мачте с помощью сдвоенного бугеля — *эзельгофта*. Стеньга заканчивается вверху *клотиком*.

Для более надежного крепления мачты и стеньги их растягивают к корпусу специальными стальными тросами, которые имеют общее название — *стоячий такелаж*. Тросы, идущие от мачт прямо к бортам, называют *вантами*; к бортам назад — *бакштагами*; тросы, удерживающие стеньгу с боков и сзади, называют *фордунами*, а в ДП спереди — *штагами*.

На современных грузовых судах применяют безвантовые мачты, которые бывают одиночными, двуногими и треногими. Наибольшее распространение получили двуногие — Λ-образные и П-образные мачты. С помощью двуногих мачт удобнее расположить грузовые стрелы и легче обеспечить необходимый вылет их

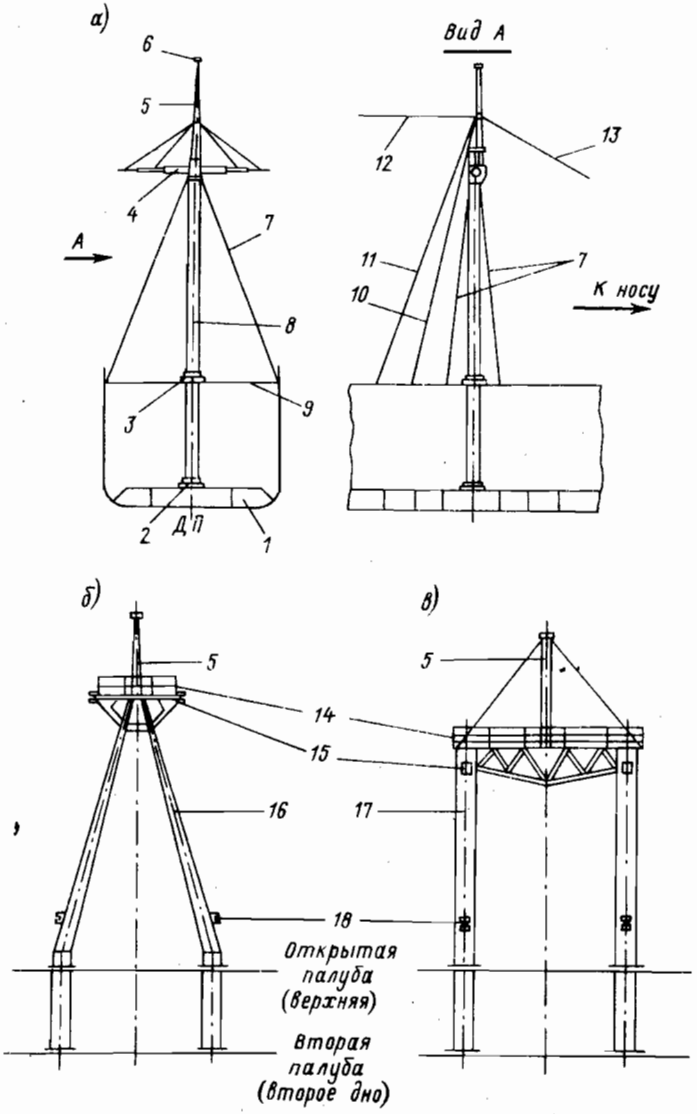


Рис. 7.38. Типы мачт: *а* — одиночная мачта; *б* — двуногая Λ-образная грузовая мачта; *в* — П-образная грузовая мачта.

1 — двойное дно; *2* — степс; *3* — пяртнерс; *4* — рей; *5* — стеньга; *6* — клотик; *7* — ваиты; *8* — мачта; *9* — верхняя палуба; *10* — бак-штаги; *11* — фордуны; *12* — штаг-карнак; *13* — штаг; *14* — салинг; *15* — обух топенанта; *16* — укосина; *17* — полумачта; *18* — башмак шпора

за борт. Двуногие рамы объединяют вверху жесткой *салинговой площадкой*, к которой крепят стеньгу и топенанты стрел.

Для подъема сигналов служат реи или, если реи отсутствуют, снасти, идущие от мостика к *штаг-карнаку* — так называют снасть, идущую в ДП судна от фок-мачты до трубы или грот-мачты. На грот-мачте в ДП устанавливают наклонный *гафель*, на котором судно несет государственный флаг.

§ 7.7. Буксирные устройства буксирных судов

Буксирное устройство, устанавливаемое на буксирных и спасательных судах, предназначено для буксировки несамоходных судов и плавсредств, а также самоходных судов, потерявших возможность двигаться своим ходом.

Выбор типа буксирного устройства зависит от назначения буксира и способа буксировки. При морских буксировках на длинном тросе применяют *кильватерный способ*; буксировку в порту и на рейде чаще выполняют *лагом* (борт о борт), а также в кильватер на коротком тросе (длиной до 100 м); для буксировок по внутренним водным путям характерны как первые два способа, так и способ *толкания*, распространившийся в послевоенные годы после создания специальных речных и озерных толкачей. Особым образом проводят буксировку во льдах: нос буксируемого судна вводят в углубление в корме буксира, надежно швартуют и в таком положении буксируют судно.

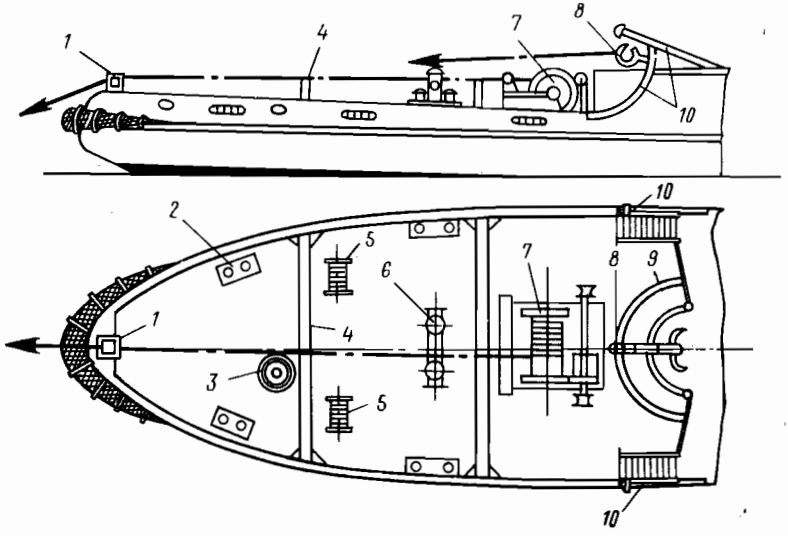


Рис. 7.39. Расположение буксирного устройства на морском буксире.
1 — буксирный клюз; *2* — швартовный кнехт; *3* — швартовный шпиль; *4* — буксирная арка; *5* — вьюшки с тросом; *6* — битенг; *7* — буксирная лебедка; *8* — буксирный гак; *9* — буксирная дуга; *10* — ограничитель буксирного троса

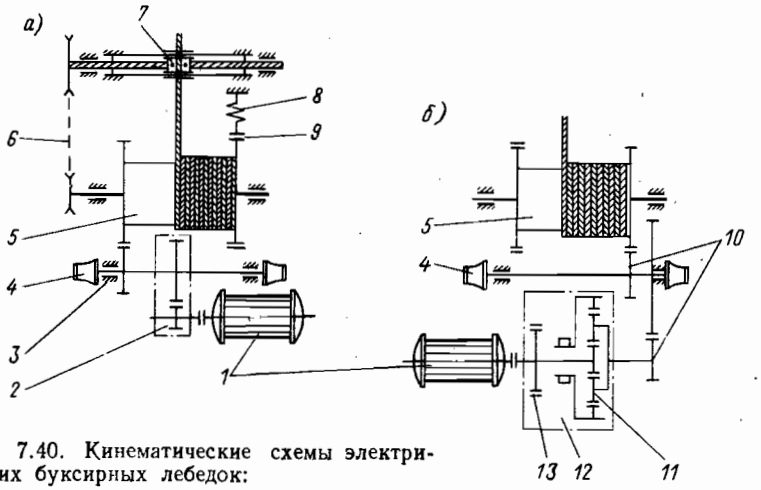


Рис. 7.40. Кинематические схемы электрических буксирных лебедок:

а — простого действия; *б* — автоматической.

1 — электродвигатель; *2* — редуктор; *3* — промежуточный вал; *4* — турачка; *5* — тросовый барабан; *6* — привод тросоукладчика; *7* — тросоукладчик; *8* — амортизатор пружинный; *9* — ленточный тормоз; *10* — зубчатые колеса редуктора; *11* — планетарная передача; *12* — механизм автоматического регулирования натяжения троса; *13* — электромагнитный тормоз

В состав буксирного устройства (рис. 7.39) входят буксирная лебедка (устанавливаемая только на морских буксирах и буксирах внутреннего плавания), трос, гак, или направляющий блок, буксирная дуга, арки, буксирный клюз и ограничители буксирного троса.

Буксирная лебедка предназначена для регулирования в процессе буксировки длины и натяжения буксирного троса. Длину обычно изменяют только во время буксировки судов по внутренним водным путям; в условиях извилистого фарватера, при проходе быстрин, перекатов и других мест, когда приходится уменьшать расстояние между буксиром и судном. Натяжение троса необходимо регулировать только при морской буксировке в условиях волнения, когда трос попеременно то ослабляется, то чрезмерно натягивается.

Буксирная лебедка имеет барабан, позволяющий принимать до 300 м троса на речных судах и до 900 м — на морских. Различают буксирные лебедки *простого действия* — на буксирах внутреннего плавания — и *автоматические* — на морских буксирах (рис. 7.40). При буксировке речных и озерных судов трос с буксируемого судна направляют на барабан лебедки простого действия, заторможенный ленточным тормозом (при неожиданных рывках срабатывает амортизатор в составе ленточного тормоза и барабан лебедки проворачивается). Конструкция лебедки позволяет стравливать буксирный трос на ходу судна и стопорить барабан лебедки при неработающем приводе с помощью тормоза.

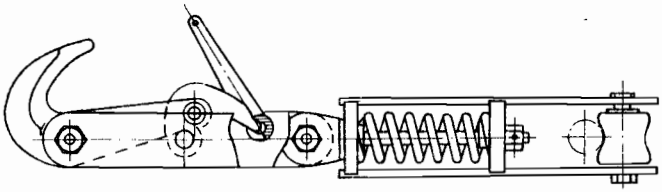


Рис. 7.41. Буксирный гак откидной, закрытый (с механическим затвором и амортизатором)

Возникающие на взволнованном море неоднократные рывки смягчаются специальным следящим автоматическим устройством, стравливающим трос при чрезмерном его натяжении и выбирающим его при появлении слабины. Во избежание спутывания троса на буксирных лебедках обязательно предусматривают тросоукладчик.

Буксирные лебедки имеют электрический или, реже, паровой привод с тяговым усилием от 6 до 100 тс. Для подачи и выбирания буксирных тросов и выполнения швартовных операций на буксирах, не имеющих специальных лебедок, используют электрические лебедки или лебедки-вьюшки.

Буксирные тросы, применяемые для буксировки, бывают стальные, растительные (пеньковые, манильские, сизальские) и из синтетических волокон (капроновые, нейлоновые, куралоновые). Последние имеют преимущества перед стальными и растительными тросами: они легче, эластичнее, однако из-за искрообразования при их разрыве применять тросы из искусственного волокна при буксировке судов, перевозящих нефтепродукты первого разряда, как правило, не разрешается.

Буксирный гак (рис. 7.41) служит для закрепления буксирного троса и его отдачи при буксировке без помощи специальной лебедки. На буксирах, имеющих буксирные лебедки, гак является резервным средством. Буксирные гаки бывают откидные и неоткидные, открытые и закрытые, с амортизатором или без него, с механическим или гидравлическим затвором, с автоматической, дистанционной или ручной отдачей. Правила Регистра СССР требуют, чтобы на морских буксирах применялись откидные закрытые гаки с амортизаторами, имеющие надежную и быстродействующую систему отдачи, что очень важно для безопасности буксира — при достижении им опасного крена трос должен быть немедленно отдан.

Буксирные гаки снабжают пружинными амортизаторами, предназначенными для поглощения энергии ударных волн, возникающих в тросе при буксировке. На некоторых буксирах ограниченного района плавания применяют буксирный направляющий блок, через который пропускают трос от лебедки к буксируемому судну. Направляющий блок крепят аналогично буксирному гаку— на буксирной дуге или (на буксирах внутреннего плавания) стационарно.

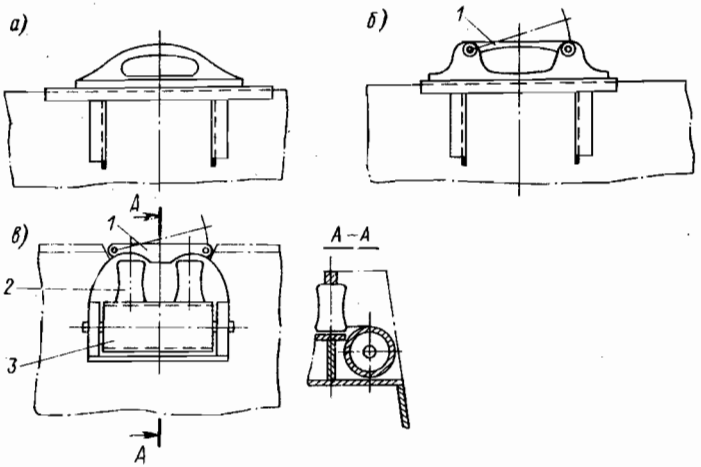


Рис. 7.42. Кормовой буксирный клюз: *а* — глухой; *б* — с откидывающейся наметкой; *в* — с роульсами.
1 — наметка; *2* — роульс вертикальный; *3* — роульс горизонтальный

Буксирную дугу устанавливают в районе ЦТ судна по длине и как можно ниже. Она предназначена для крепления буксирного гака к корпусу буксира с таким расчетом, чтобы он мог перемещаться в горизонтальной плоскости (у портовых буксиров не менее чем на угол 180°).

Буксирные арки из труб или круглой кованой стали располагают в кормовой части буксира (две-три арки) для защиты установленного на палубе оборудования и находящихся на ней людей от повреждения тросом. Кроме того, буксирные арки обеспечивают возможность плавного перехода буксирного троса с борта на борт.

Кормовой буксирный клюз (рис. 7.42) предназначен для ограничения перемещения буксирного троса в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Клюзы бывают глухие, с откидывающейся наметкой, а также с роульсами. В связи с тем что в глухие клюзы трудно заводить буксирный трос, их применяют только на небольших портовых и рейдовых буксирах. Более распространены клюзы с наметкой, а на больших буксирах — с роульсами.

Бортовые ограничители буксирного троса предотвращают занос его в горизонтальной плоскости в нос на угол, больший допускаемого угла горизонтального перемещения буксирного гака.

Перечисленные выше детали буксирного устройства применяют при буксировке судов кильватерным способом. Для буксировки лагом используют швартовные кнехты и шпили.

Предназначенные для толкания толкачи, также как и толкаемые суда или баржи, оборудуют сцальными устройст-

в а м и, обеспечивающими жесткую счалку толкаемого состава (толкач—баржа), эластичность при ударах и, при необходимости, быструю отдачу. Существует немало различных типов счальных устройств, но наибольшее распространение получил двухопорный счал из двух вертикальных сварных стальных балок коробчатого сечения и целой системы тросов, а также двухопорные счальные устройства с автоматическим сцепным замком, обеспечивающим автоматическое сцепление толкача с баржей и дистанционно управляемое расцепление в течение 20—30 с.

§ 7.8. Дельные вещи

Дельными вещами * называют металлические или пластмассовые части корпуса, а также отдельные конструкции, не входящие в состав набора корпуса, но прочно связанные с ним и составляющие часть его оборудования, необходимого для обеспечения нормальных условий эксплуатации судна. К дельным вещам относят также закрытия отверстий в наружной обшивке, в открытых палубах и переборках и в непроницаемых переборках основного корпуса. Согласно Правилам Регистра СССР, эти закрытия должны обеспечивать надежную защиту судна, груза, пассажиров и экипажа от морских волн и непогоды и одновременно служить эффективным средством, препятствующим распространению пожара.

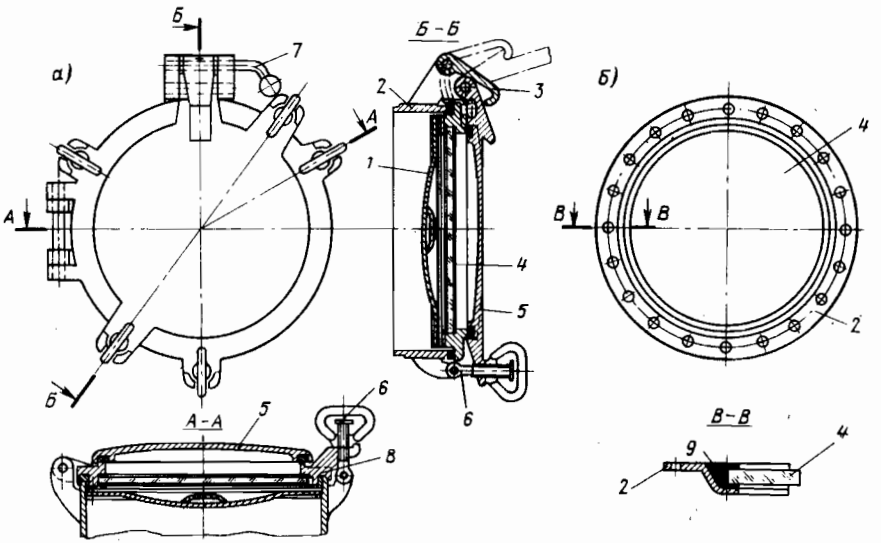


Рис. 7.43. Иллюминатор бортовой: *а* — створчатый; *б* — глухой.

1 — щиток затемнения; *2* — корпус; *3* — стопор; *4* — стекло; *5* — штормовая крышка; *6* — откидной болт с барашковой гайкой; *7* — ручка стопора; *8* — створка; *9* — герметик

* Иногда вместо термина «дельные вещи» применяют термин «оборудование корпуса».

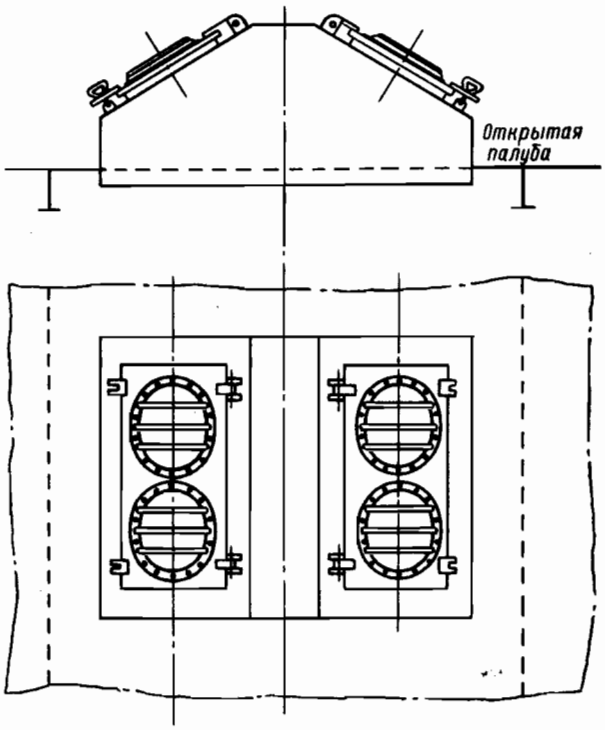


Рис. 7.44. Световой люк машинного отделения

К дельным вещам относят иллюминаторы, окна, световые люки, крышки сходных люков и горловин, двери, трапы. Иллюминаторы, окна и световые люки служат для создания естественного освещения в судовых помещениях.

Иллюминаторы (рис. 7.43) бывают глухие и створчатые, т. е. с открывающимся стеклом, обеспечивающим доступ воздуха в помещение. Иллюминаторы, устанавливаемые на бортах основного корпуса или в первом ярусе надстройки судна, снабжают штормовыми крышками, навешенными таким образом, чтобы с их помощью при повреждении стекла можно было легко и надежно задраить сам иллюминатор, обеспечив водонепроницаемость.

Иллюминаторы, устанавливаемые в наружной обшивке корпуса судна, называют *бортовыми*. Они имеют круглую форму (диаметр в свету у глухих — от 200 до 350 мм, у створчатых — до 400 мм) и по конструкции бывают тяжелыми или нормальными и отличаются толщиной стекла и способом задраивания. Тяжелые иллюминаторы имеют стекла не менее 10 мм при диаметре в свету до 200 мм и не менее 14 мм при диаметре 300—350 мм, нормальные— примерно на 2 мм тоньше. Тяжелые створчатые иллюминаторы

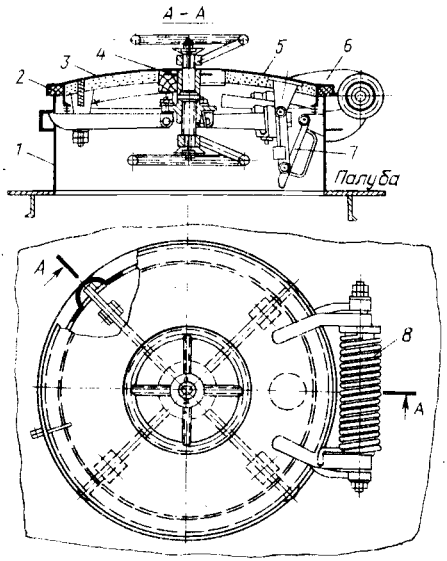


Рис. 7.45. Крышка водогазонепроницаемая.
1 — комингс; *2* — резиновое уплотнение; *3* — полотно крышки; *4* — устройство центрального задраивания; *5* — изоляция; *6* — петли; *7* — стопор крепления крышки в открытом положении; *8* — пружина для облегчения подъема крышки

должны вместо одного из барашков, задраивающих иллюминатор, иметь гайку, отдаваемую специальным ключом.

Правила Регистра СССР регламентируют применение разных типов бортовых иллюминаторов в зависимости от их расположения над ватерлинией. Установка иллюминаторов в местах, где их нижняя кромка располагается над летней грузовой ватерлинией менее чем на 2,5 % ширины судна или менее чем на 500 мм, категорически запрещена. Иллюминаторы в наружной обшивке корпуса ниже палубы переборок, а также в лобовых переборках первого яруса надстроек и рубок (или второго яруса на расстоянии менее 0,25*L* от носа) должны быть тяжелыми, с постоянно навешенными на них штормовыми крышками.

В надстройках и рубках выше первого яруса устанавливают прямоугольные *рубочные* иллюминаторы, имеющие размеры в свету 335×475, 400×560 и 560×800 мм. Различают еще *палубные*, т. е. устанавливаемые горизонтально заподлицо с палубой (диаметр до 200 мм, толщина стекла — не менее 15 мм), и *универсальные* иллюминаторы (глухие) — в стенках надстроек, рубок, дверях, световых люках и т. п.

Окна — глухие, створчатые и опускные — устанавливают на верхних ярусах в пассажирских каютах, на закрытых прогулочных верандах, в парадных общественных помещениях, в рулевой рубке. Их размеры не регламентированы.

Световые люки (рис. 7.44) обеспечивают доступ света и воздуха в помещения, удаленные от борта судна (МКО, коридоры и т. п.). Они имеют комингс, закрываемый водонепроницаемой крышкой, в которую вмонтированы универсальные иллюминаторы. Крышки световых люков МКО должны иметь привод для открывания их изнутри, а также иллюминаторы, стекла которых армированы металлической сеткой.

Крышки сходных люков предназначены для закрытия люков, ведущих в расположенные внизу помещения. В зависимости от места сходного люка и назначения помещений, в которых он расположен, применяют проницаемые и водогазонепроницаемые крышки (рис. 7.45). Водогазонепроницаемость крышек обеспечивается резиновыми прокладками и задрайками

(барашковыми, индивидуально-клиновыми и центрально-клиновыми). Обычно крышки сходных люков крепят к комингсам на петлях. Тяжелые крышки больших размеров имеют специальное устройство для открывания (пружинного или торсионного типа).

В помещениях, посещаемых особенно редко (цистерны, бункеры, коффердамы, двойное дно и пр.), вместо сходных люков делают г о р л о в и н ы (рис. 7.46). Их закрывают крышкой в виде стального листа, прижимаемого на шпильках через прокладку к приварышу, окаймляющему горловину. Последние имеют обычно овальную (400×500, 450×600 мм) или круглую (диаметр 500 мм) форму.

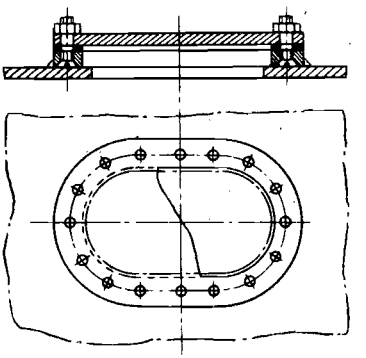


Рис. 7.46. Горловина

К о н с т р у к ц и я д в е р е й зависит от их назначения. Различают легкие (проницаемые), водогазонепроницаемые, клинкетные, противопожарные двери и двери в наружной обшивке основного корпуса — лацпорты.

Легкие (проницаемые) двери для кают, общественных, санитарно-бытовых и хозяйственных помещений изготовляют из стали, легких сплавов, дерева или пластмассы.

Водогазонепроницаемые двери (рис. 7.47) устанавливают на всех входах с открытых палуб в помещения основного корпуса надстроек и рубок, а также в кладовые, мастерские и другие служебные помещения судна. Их изготовляют из стали и снабжают быстродействующими приспособлениями для задраивания (клиновыми задрайками с центрально-рычажным приводом), которыми можно оперировать с обеих сторон. Непроницаемость достигается уплотнением с помощью резинового жгута по периметру двери. Водогазонепроницаемая дверь должна выдерживать напор определенного столба воды или напор струи воды из брандспойта под давлением, а также поливание рассеянной струей воды.

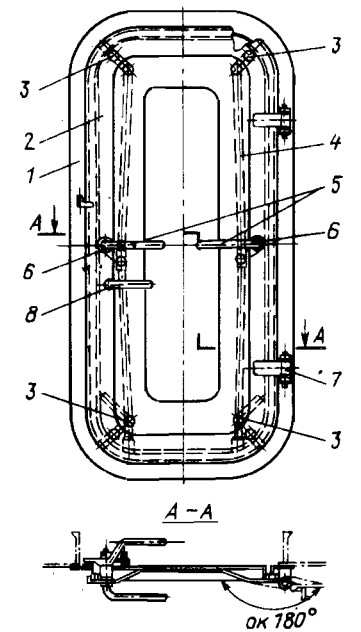


Рис. 7.47. Дверь водогазонепроницаемая.

1 — рама; *2* — полотно двери; *3* — задрайка клиновая (угловая); *4* — тяга; *5* — ручки средних задраек; *6* — задрайка клиновая (средняя); *7* — петля; *8* — ручка пружинная

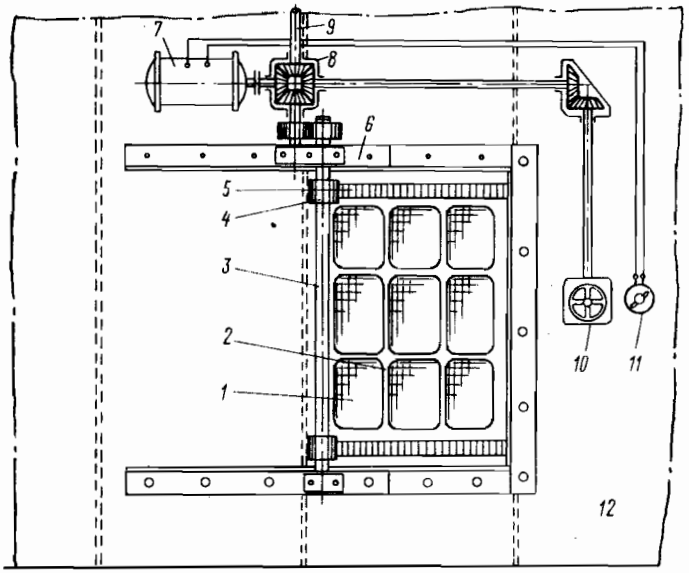


Рис. 7.48. Клинкетная дверь (горизонтальная).

1 — щит двери; *2* — ребра жесткости; *3* — вал привода; *4* — зубчатая шестерня; *5* — зубчатая рейка; *6* — рама двери; *7* — электромотор; *8* — редуктор; *9* — вал дистанционного привода; *10* — привод ручного открывания; *11* — пускатель; *12* — водонепроницаемая переборка

Клинкетные двери (рис. 7.48) ставят в водонепроницаемых переборках ниже палубы переборок в исключительных случаях для сообщения членов экипажа или пассажиров между водонепроницаемыми отсеками под палубой переборок. Установка клинкетных дверей в переборках между грузовыми трюмами, а также в форпиковой переборке не допускается.

Клинкетная дверь представляет собой стальной подкрепленный ребрами жесткости щит, скользящий в направляющих пазах рамы, вставленной в полотно переборки. В зависимости от направления перемещения различают горизонтальные (задвижные) и вертикальные (опускные) клинкетные двери. Водонепроницаемость достигается благодаря плотному прилеганию кромок щита двери к направляющим пазам рамы, которые обрабатывают предварительно на станках и пригоняют на месте. Перемещение щита, т. е. открывание и закрывание вертикальных дверей, происходит вследствие вращения ходового винта в закрепленной на щите двери гайке, а горизонтальных — благодаря перемещению закрепленных на щите двери зубчатых реек под действием вращающихся зубчатых шестерен.

Вращение винта или шестерен осуществляется вручную или от электродвигателя. Управление выполняется на месте или дистанционно: из поста управления судном (рулевой рубки), где имеются указатели, показывающие, открыта или закрыта в данный момент клинкетная дверь.

Противопожарные (*огнестойкие*) *двери* предназначены для перекрытия проходов в противопожарных переборках, которые делят корпус и надстройки судна на вертикальные противопожарные отсеки (зоны). На пассажирских судах протяженность каждого отсека, т. е. расстояние между противопожарными пере-

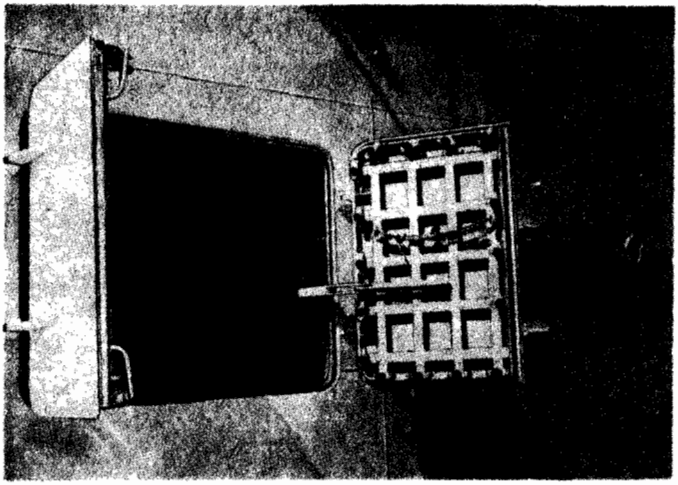


Рис. 7.49. Бортовой лацпорт

борками, не должна быть более 40 м. Противопожарные двери изготовляют из стали и для изоляции покрывают огнестойким материалом. Они всегда открыты и только при возникновении пожара автоматически закрывают проход: для этого имеется специальное устройство, которое обеспечивает закрытие двери при повышении температуры воздуха в помещении свыше 80°. Кроме того, у каждой двери предусмотрено ручное дистанционное (из рулевой рубки) закрывание.

Закрытую противопожарную дверь можно открывать в любую сторону, после чего специальная пружина возвращает ее в закрытое состояние (если ее специально не стопорят в открытом положении).

Согласно требованиям, предъявляемым Регистром СССР к противопожарной защите судов, огнестойкие противопожарные двери должны предотвращать проникновение дыма и огня из отсека в течение определенного времени и в условиях пожара. Главные противопожарные переборки и установленные на них двери не должны пропускать огонь и дым в течение часа при подъеме температуры при этом до 927° (конструкции класса А-60). Двери класса А-60 устанавливают также у входа к трапам, в МКО, посты управления судном, кинозалы и т. п.

В отличие от огнестойких противопожарных дверей существуют *огнезадерживающие двери* (класс Б-30), которые при повышении температуры в течение 30 мин до 843° должны препятствовать проникновению огня в соседние помещения. Обычно их изготовляют из конструкционных пластиков с высокими теплоизоляционными свойствами.

Лацпорты представляют собой закрытия отверстий в наружной обшивке судна для горизонтальной погрузки грузов и автомашин.

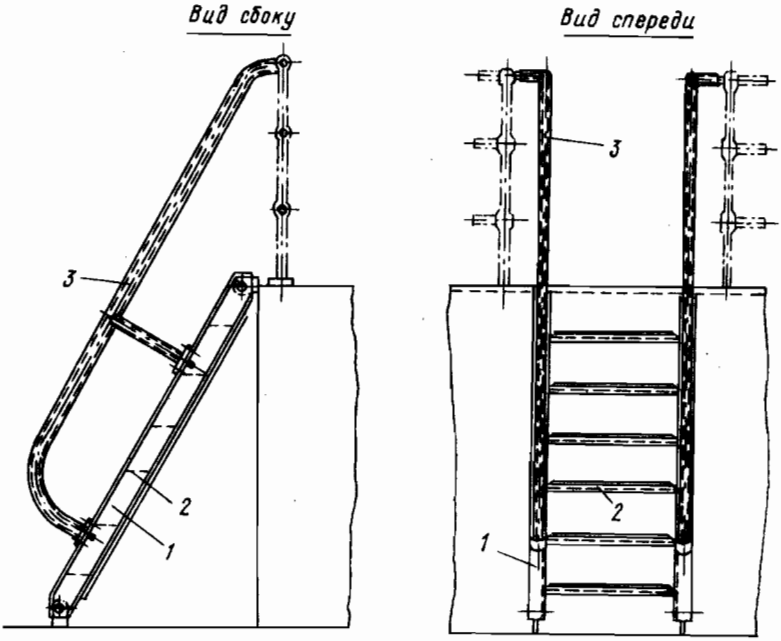


Рис. 7.50. Судовой наклонный трап.
1 — тетива; *2* — ступенька; *3* — поручень

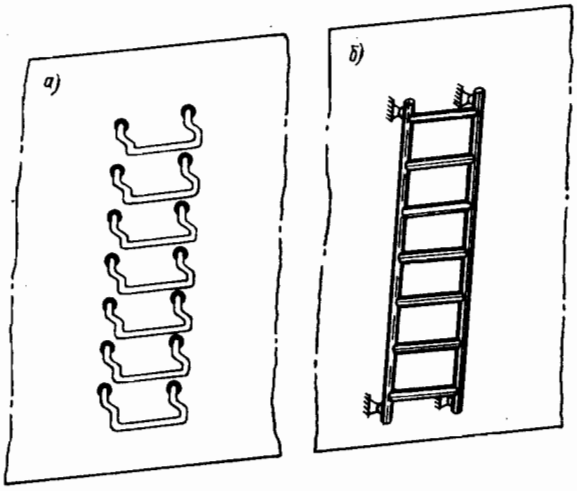


Рис. 7.51. Скоб-трап (*а*) и вертикальный трап (*б*)

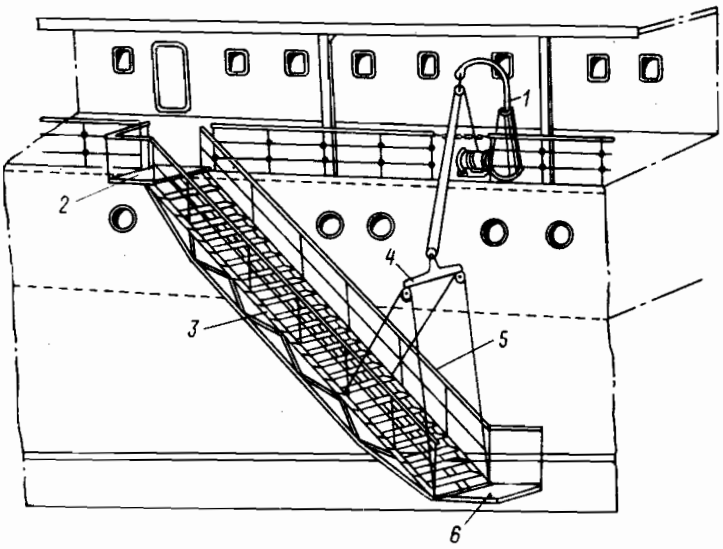


Рис. 7.52. Забортный трап.

1 — трап-балка; *2* — верхняя площадка; *3* — тетива; *4* — траверза; *5* — поручень; *6* — нижняя площадка

Конструктивно лацпорты выполняют в виде навесных открывающихся дверей (рис. 7.49) или наподобие клинкетных дверей, сдвигающихся вдоль наружной обшивки.

Т р а п ы подразделяют на внутренние, наружные и забортные. *Внутренние* бывают парадными (вестибюльными), наклонными и вертикальными. Все судовые трапы, как правило, располагают вдоль судна — на них безопаснее находиться во время бортовой качки. Изготовляют их из стали или легких сплавов (поручни — из пластмассы). Каждый судовой трап (рис. 7.50) состоит из тетивы, ступенек и поручней, одного или двух. Наклонный трап имеет угол наклона 55—60°; ширину 700—800 мм. Наклон трапов МКО — 65—70°. *Наружные* трапы, а также трапы, ведущие к спасательным шлюпкам, делают шире — не менее 1000 мм.

Парадные трапы имеют большую ширину, особенно на пассажирских судах, малый наклон и особое архитектурно-художественное оформление.

Вертикальные трапы, стационарные и переносные, шириной 300—400 мм служат для местного подъема; кроме того, их устанавливают в глубоких цистернах (диптанках), коффердамах и т. п. Разновидностью вертикальных трапов являются скоб-трапы (рис. 7.51), состоящие из стальных скоб, привариваемых к вертикальным конструкциям корпуса.

Забортные трапы (рис. 7.52) служат для подъема на судно, стоящее у пирса или на якорной стоянке. Их делают из легких

сплавов и устанавливают на каждом борту, спуская за борт с помощью специальных трап-балок. У забортного трапа можно изменять наклон тетивы в зависимости от положения нижней площадки трапа, определяемого посадкой судна и высотой пирса или какого-либо плавсредства, с которого поднимаются на судно. Благодаря шарнирному соединению ступенек с тетивой и наличию специального устройства ступеньки трапа при любом наклоне тетивы остаются горизонтальными.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные судовые устройства.
2. Назовите средства активного управления судами.
3. Из каких элементов состоит якорное устройство?
4. Что отличает шпиль от брашпиля?
5. Для чего предназначено шлюпочное устройство?
6. Расскажите об основных типах механизированных люковых закрытий.
7. Для чего предназначены клинкетные двери? Какова их конструкция.

Глава восьмая

СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ

§ 8.1. Общие сведения

Судовые системы представляют собой совокупность специализированных трубопроводов с механизмами, аппаратами, приборами и устройствами. Они предназначены для перемещения жидкостей, воздуха или газов в целях обеспечения нормальной эксплуатации судна (за исключением энергетической установки, трубопроводы которой в число судовых систем не входят).

Работа судовых систем обеспечивает живучесть судна, т. е. безопасность плавания, необходимые условия обитаемости, сохранность груза, а также выполнение специальных функций, связанных с назначением судна, например на танкерах, спасателях, промысловых судах и т. п.

На гражданских судах обычно предусматривают: *трюмные системы* — осушительная, водоотливная, перепускная, нефтесодержащих трюмных вод; *балластные системы* — балластная, дифферентная, креновая, замещения, нефтесодержащих балластных вод; *системы пожаротушения* — водяного пожаротушения, водяного орошения, спринклерная, водораспыления, водяных завес, паротушения, пенотушения, углекислотного тушения, объемного химического тушения, инертных газов, порошкового пожаротушения; *системы бытового водоснабжения* — бытовой пресной воды, питьевой воды, мытьевой воды, бытовой забортной воды, бытовой горячей воды; *сточные системы* — сточных вод, хозяйственно-бытовых вод, шпигатов открытых палуб; *системы микроклимата* — вентиляции, кондиционирования воздуха, отопления (парового, водяного, воздушного); *системы холодильных*

установок — холодильная, холодильного агента, холодоносителя; *системы хозяйственного пароснабжения*, подогрева жидкостей, пропаривания; *системы сжатого воздуха* — высокого давления, среднего давления, низкого давления, пневмоуправления; *система охлаждения судового оборудования*; *система гидравлики*.

Кроме названных основных на судах имеются различные вспомогательные системы: измерительных, воздушных и переливных труб; системы продувания и обогревания трубопроводов и арматуры, а также системы связи, сигнализации и управления, к которым относятся системы переговорных труб, трюмной сигнализации, пожарной сигнализации, контроля параметров работы и аварийной сигнализации.

К числу специализированных судовых систем, выполняющих функции, связанные с назначением судна, относятся: *специальные системы танкеров* — грузовая, зачистная, газоотводная, мойки грузовых танков, орошения грузовых танков; *специальные системы спасательных судов* — грунторазмыва, грунтоотсоса, водоотливно-спасательная, сжатых газов и газовых смесей; *специальные системы промысловых судов* — рыбьего жира, растительного масла, тузлука, рыбоподачи, производственной пресной воды, производственной забортной воды, производственной канализации, производственного пароснабжения.

Устройство судовых систем и их расположение на судне зависят от назначения системы, количества и расположения обслуживающих его потребителей. Если судовая система обслуживает несколько потребителей, то ее выполняют в виде основного магистрального трубопровода, от которого ответвляются отростки к потребителям.

Магистральный трубопровод обычно прокладывают по линейной или кольцевой схеме. Последняя обеспечивает большую живучесть, чем линейная, так как в случае повреждений в кольцевом трубопроводе система может функционировать по оставшейся разомкнутой части кольца. Однако магистральный трубопровод, проложенный по кольцевой схеме, несколько тяжелее (на 20—30 %), сложнее и дороже.

В зависимости от распределения механизмов, обслуживающих систему, различают автономный, групповой и централизованный принцип устройства судовых систем (рис. 8.1). При автономном трубопроводы и потребители каждого водонепроницаемого отсека обслуживаются самостоятельными механизмами. При групповом один механизм обслуживает потребителей нескольких водонепроницаемых отсеков. И, наконец, при централизованном принципе все потребители данной системы судна обслуживаются одним механизмом. Некоторые судовые системы, требующие высокой живучести, выполняют по комбинированному принципу: каждый отсек имеет автономную систему, но при выходе из строя насоса этот отсек может обслуживать насос соседнего отсека.

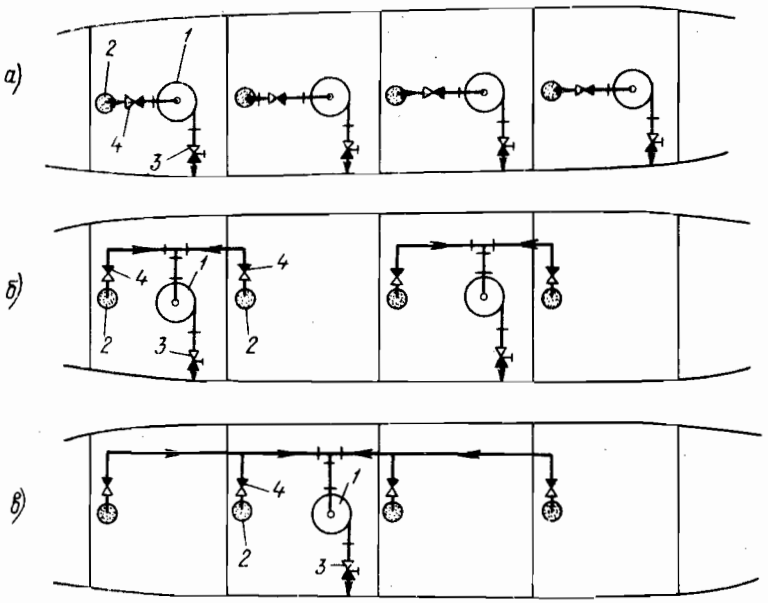


Рис. 8.1. Схемы судовых систем, выполненных по автономному (*а*), групповому (*б*) или централизованному (*в*) принципу.
1 — насос; *2* — приемник; *3* — проходной невозвратно-запорный клапан; *4* — проходной невозвратный клапан

Централизация расположения механизмов упрощает и удешевляет систему, но уменьшает ее живучесть. Именно поэтому предпочтение тому или другому принципу устройства данной системы отдается только после тщательного изучения особенностей ее эксплуатации и анализа ее роли в обеспечении безопасности плавания и живучести данного судна, а также требований экономии массы.

К конструкции и работе судовых систем предъявляют определенные требования. К *общим требованиям* относятся: высокая надежность; живучесть, т. е. способность системы выполнять свои функции при частичном повреждении или выходе из строя отдельных участков; коррозионная стойкость, компактность и минимальная масса; хорошая защищенность от механических повреждений во время эксплуатации, например при погрузочно-разгрузочных операциях; доступность для осмотра, окраски и ремонта; хороший внешний вид, отвечающий архитектуре помещений, в которых смонтированы системы; высокая степень автоматизации и механизации; экономичность постройки и эксплуатации; обеспечение требований техники безопасности.

Все судовые системы, имеющие забортные отверстия, должны иметь конструкцию, исключающую попадание забортной воды внутрь судна. Кроме того, конструкция всех систем должна быть

такова, чтобы затопление или пожар в одном отсеке не мог распространяться по трубопроводам в другие неповрежденные районы судна. Как правило, не допускается прокладка трубопроводов через топливные цистерны.

Отдельные требования определяются назначением и особыми условиями работы каждой системы. Так, системы, отливающие за борт сточные и льяльные воды, не должны допускать загрязнение акваторий остатками нефтепродуктов и других вредных отходов сверх санитарных норм, установленных Международной конвенцией по предотвращению загрязнения с судов МАРПОЛ 73/78, а механизмы трюмных систем, обеспечивающих живучесть судна, должны надежно работать даже при затоплении помещений, в которых они расположены, и т. п. Требования к системам, обеспечивающим безопасность плавания и охрану человеческой жизни, а также незагрязнение моря, регламентируются Правилами Регистра СССР.

§ 8.2. Конструктивные элементы судовых систем

В состав каждой судовой системы входят следующие конструктивные элементы: *трубы* с путевыми соединениями и запорно-регулирующей арматурой, образующие в совокупности *трубопровод*; *источники питания системы гидравлической энергией; аппаратура и приводы управления арматурой и машинами; контрольно-измерительные приборы; емкости* — хранилища рабочей среды. В состав ряда систем входят аппараты и установки, изменяющие агрегатное состояние или температуру рабочего тела.

Судовые трубы, путевые соединения и арматура, а также присоединяемые к судовым трубопроводам элементы механизмов, аппаратов и контрольно-измерительных приборов характеризуются условным проходом и условным давлением.

Под условным проходом $D_у$ понимают фактический внутренний диаметр проходного отверстия арматуры, измеряемый в миллиметрах (мм). Условный и фактический (наружный или внутренний) диаметры труб не совпадают. Чтобы унифицировать фланцы судовой арматуры и труб, принято следующее: каждому условному диаметру должен соответствовать один постоянный наружный диаметр, а внутренние диаметры могут изменяться в зависимости от толщины трубы.

Под условным давлением $P_у$ понимают давление (в Па или кгс/см^2), на которое рассчитывают арматуру при определенной температуре рабочего вещества. По условному давлению выбирают рабочее давление, при котором можно использовать арматуру в системе с заданной температурой рабочего вещества. При температуре рабочего вещества 120° рабочее и условное давления совпадают.

Рассмотрим важнейшие конструктивные элементы судовых систем.

Трубы являются основной частью каждой системы. Выбор материала для изготовления трубопровода зависит от свойств рабочего вещества, для которого предназначена система. В судовых системах этими веществами являются холодная и горячая

Таблица 9

Маркировка основных трубопроводов судовых систем

Судовая система (трубопроводы)	Отличительный цвет маркировки трубопровода	Количество и цвет маркировочных колец	
		широких	узких
Осушительная, водоотливная, перепускная	Черный	—	1 черное
Балластная, дифферентная, креновая	Зеленый	—	2 зеленых
Замещения	»	—	1 зеленое и 1 коричневое
Водяного пожаротушения	Красный	1 красное	—
Паротушения	»	—	1 красное и 1 красно-коричневое
Пенотушения	»	—	1 красное и 1 зеленое
Газотушения (углекислотной, химической, инертных газов)	»	—	1 красное и 1 синее
Питьевой воды	Шаровый	—	1 шаровое
Мытьевой »	»	—	1 шаровое и 1 зеленое
Забортной »	Зеленый	—	1 зеленое
Сточная	Черный	—	2 черных
Парового отопления	Красно-коричневый	—	1 красно-коричневое
Водяного »	Шаровый	—	1 шаровое и 1 красно-коричневое
Вентиляции (вдувной)	Синий	—	1 синее
Вентиляции (вытяжной)	»	—	2 синих
Грузовая (приемный трубопровод)	Коричневый	1 коричневое	—
Грузовая (напорный трубопровод)	»	1 коричневое	1 коричневое
Зачистная	»	1 коричневое	1 черное
Воздушных труб	Голубой	1 основного цвета системы	1 голубое
Измерительных труб	Основной цвет системы	—	1 основного цвета системы

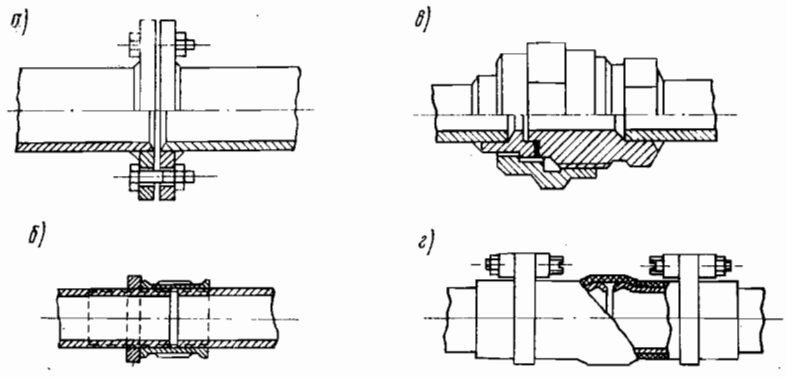


Рис. 8.2. Путевые соединения труб: *а* — фланцевое; *б* — фиттинговое (резьбовое); *в* — штуцерное; *г* — дюритовое

пресная и морская вода; водяной пар; воздух; масло; нефтепродукты; растворы некоторых солей; химические пены, фреоны, аммиак, углекислота и прочие вещества, отличающиеся друг от друга агрессивностью, а также температурой, давлением, скоростью течения. На судах применяют преимущественно цельнотянутые и сварные трубы из углеродистой стали, а также трубы из легированной стали, медные, медно-никелевые, латунные и дюралевые. Для агрессивных веществ применяют трубы из нержавеющей стали, полиэтилена, винипласта (последние отличаются высокой химической стойкостью и весят примерно в 6—7 раз меньше металлических); стальные трубы, футерованные полиэтиленом или биметаллические (снаружи — сталь, внутри — медь), а также стальные, оцинкованные изнутри.

Чтобы смонтированные трубопроводы разных судовых систем можно было легко отличать друг от друга и от трубопроводов энергетической установки, их маркируют цветными кольцами (широкими — 50 мм и узкими — 25 мм), наносимыми на хорошо заметных участках (табл. 9 и 10).

Путевые соединения участков труб между собой, в местах прохода через переборки, а также подсоединения к механизмам бывают разъемными и неразъемными. *Разъемные соединения* осуществляют при помощи фланцев, штуцеров, фитингов и дюритовых муфт (рис. 8.2). *Неразъемные соединения* в труднодоступных или не требующих разборки местах выполняют сваркой и пайкой.

Для разветвления труб и прокладки их через настилы судовых перекрытий — палуб, переборок — применяют фасонные части (рис. 8.3): *колена*, *тройники*, *четверники*, *стаканы* (переборочные и палубные), а чтобы уменьшить напряжения, возникающие в трубах при колебаниях температуры или деформаций корпусных конструкций, предусматривают *компенсаторы*, выполняемые в

Таблица 10

Маркировка основных трубопроводов энергетической установки

Трубопровод	Отличительный цвет маркировки	Количество и цвет маркировочных колец	
		широких	узких
Перегретого пара	Красно-коричневый	1 красно-коричневое	—
Насыщенного »	То же	—	1 красно-коричневое
Отработавшего »	»	—	1 красно-коричневое и 1 черное
Питательной воды	Шаровый	1 шаровое	—
Охлаждающей пресной воды	»	—	1 шаровое и 1 зеленое
Топливный (приемный и перекачивающий)	Коричневый	—	1 коричневое
Топливный питательный	»	—	2 коричневых
Масляный (приемный и перекачивающий)	Желтый	—	1 желтое
Масляный питательный	»	—	2 желтых
Сточного масла	»	—	1 желтое и 1 черное
Воздуха высокого давления	Голубой	1 голубое	—
Воздуха среднего давления	»	—	1 голубое
Воздуха низкого давления	»	—	2 голубых
Рабочих газов высокого давления	Фиолетовый	1 фиолетовое	—
Рабочих газов низкого давления	»	—	2 фиолетовых
Гидравлических приводов	»	—	1 фиолетовое

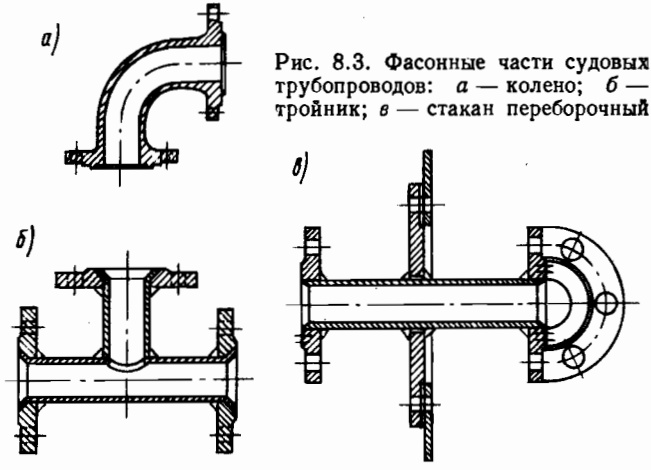


Рис. 8.3. Фасонные части судовых трубопроводов: *а* — колено; *б* — тройник; *в* — стакан переборочный

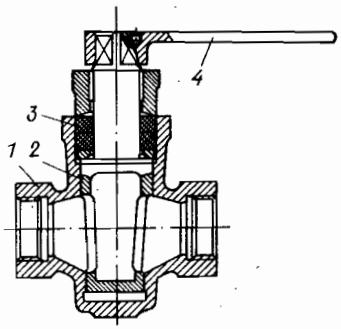


Рис. 8.4. Проходной кран с рукояткой.

1 — корпус; *2* — пробка; *3* — сальник; *4* — рукоятка

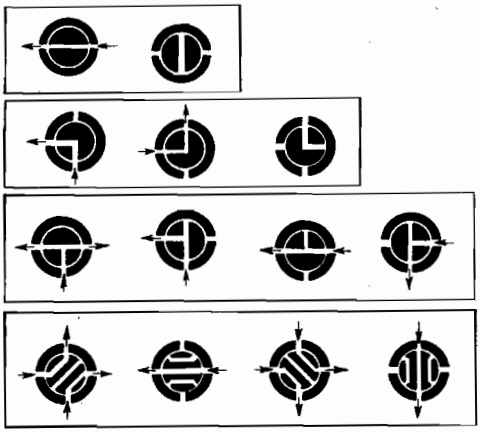


Рис. 8.5. Схемы действия кранов разных типов. I — проходной; II — трехходовой с L-образной пробкой; III — трехходовой с *T*-образной пробкой; IV — крановый манипулятор

виде изогнутых или гофрированных участков труб или специальных конструкций (на трубах больших диаметров), называемых *сильфонными компенсаторами*. Обычно все эти соединения изготовляют из того же материала, что и трубы.

Арматура судовых трубопроводов служит для пуска и выключения системы, разобщения отдельных ее участков, регулирования количества и давления рабочей среды, изменения направления ее движения. Эту арматуру относят к категории запорно-регулирующей в отличие от арматуры, изменяющей качество рабочего вещества, к которой относят различные фильтры, глушители, огневые предохранители и т. п.

В зависимости от назначения и конструкции запорно-регулирующую арматуру разделяют на краны, клапаны, клинкеты, захлопки и заслонки, которые изготовляют из углеродистой стали, латуни, бронзы, чугуна, легких сплавов, винипласта, полиэтилена, стеклопластика.

К р а н ы имеют в корпусе плотно притертую коническую пробку с одним или несколькими отверстиями. Различают проходные (рис. 8.4), трехходовые краны и крановые манипуляторы (переключатели) (рис. 8.5). Их применяют в судовых системах, находящихся под условным давлением до 2,5 МПа (25 кгс/см^2) и имеющих трубы с условным проходом до 80 мм, так как для больших давлений или диаметров трудно обеспечить необходимую герметичность простой притиркой пробки.

В последнее время в судовых трубопроводах стали применять проходные краны с шаровой пробкой, которые обладают хорошей герметичностью и просты в управлении. Их можно использовать на трубопроводах с условным проходом до 250 мм и условным давлением до 4,0 МПа (40 кгс/см^2).

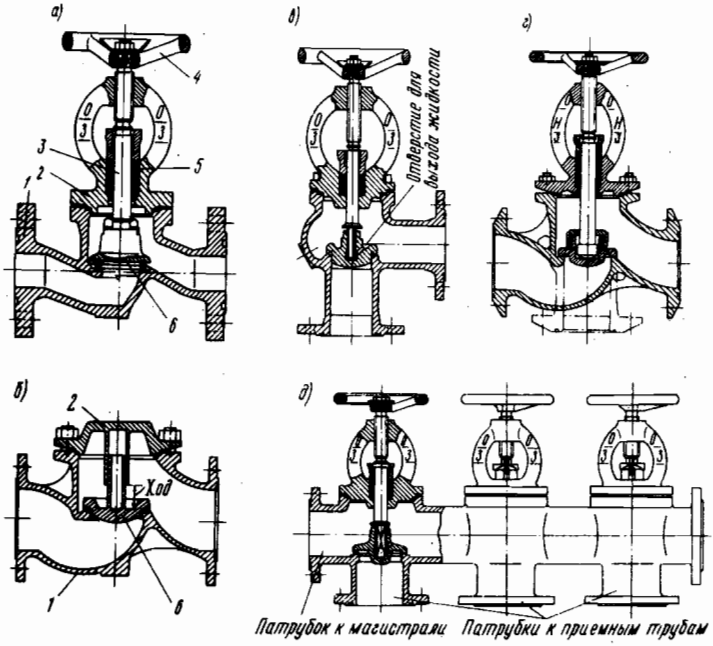


Рис. 8.6. Типы клапанов: *а* — запорный проходной; *б* — невозвратный проходной; *в* — невозвратно-запорный угловой; *г* — невозвратно-управляемый; *д* — трехклапанная коробка с невозвратно-запорными клапанами.

1 — корпус; *2* — крышка; *3* — шток; *4* — маховик; *5* — сальниковая набивка; *6* — тарелка

Клапаны (рис. 8.6) перекрывают проходные отверстия при помощи перемещающейся в корпусе клапана тарелки, плотно прилегающей к гнезду. В зависимости от назначения клапана и способа управления тарелкой различают запорные, невозвратные, невозвратно-запорные, невозвратно-управляемые, предохранительные и редукционные клапаны.

Для централизации управления системой несколько клапанов иногда объединяют в одном блоке, называемом *клапанной коробкой* или *клапанной колонкой*.

Запорные клапаны имеют тарелку, перемещаемую штоком, который вращают вручную (непосредственно или дистанционно) или с помощью механического привода. *Невозвратные клапаны* штока не имеют, а тарелка прижимается к гнезду под действием своей тяжести или пружины, что обеспечивает автоматическую работу клапана, пропускающего рабочую среду только в одном направлении.

Невозвратно-запорные клапаны имеют шток, не соединенный с тарелкой, а только ограничивающий ее подъем. Этот клапан при штоке, ввернутом до отказа, запирает трубопровод, а при вывернутом (поднятом) работает как невозвратный.

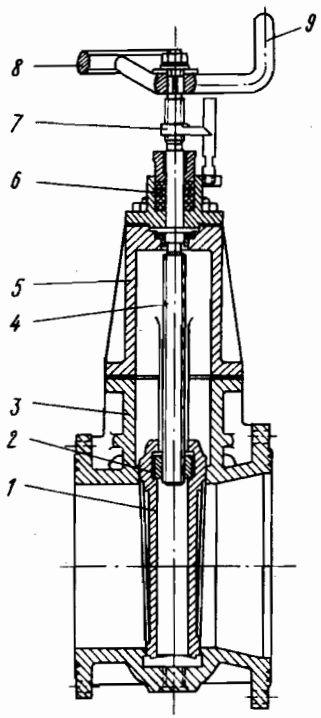
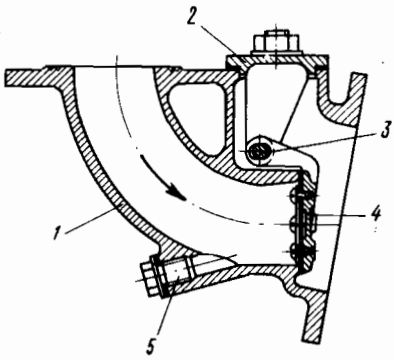


Рис. 8.7. Клинкет.

1 — клин (диск); *2* — гайка ходовая; *3* — корпус; *4* — шток; *5* — крышка; *6* — сальниковая набивка; *7* — указатель хода диска; *8* — маховик; *9* — рукоятка

Рис. 8.8. Захлопка бортовая фановой системы.

1 — корпус; *2* — крышка; *3* — валик; *4* — тарелка; *5* — пробка спускная



Невозвратно-управляемые клапаны имеют тарелку, соединенную со штоком с определенным зазором, допускающим смещение этих деталей относительно друг друга. Это позволяет запереть клапан, ограничить высоту подъема тарелки, вывернув шток на высоту в пределах указанного зазора, и поднять тарелку при дальнейшем вывертывании штока. Таким образом, этот клапан может работать как запорный, невозвратный и невозвратно-запорный.

Предохранительные клапаны работают по принципу невозвратных. Эти клапаны имеют пружину, прижимающую тарелку. Клапан срабатывает, если давление пружины становится больше заданного. Аналогично устроены и *редукционные клапаны*, предназначенные для поддержания заданного давления в магистрали.

Клинкеты (рис. 8.7) представляют собой запорный орган, у которого проход закрывается клиновым запором, имеющим вид диска с одним или двумя скосами. Клинкеты применяют на трубопроводах с условным диаметром от 50 до 900 мм и условным давлением 1,6 МПа (16 кг/см^2). Они меньше и легче, чем клапаны, но уступают им по плотности запирания.

Захлопки (рис. 8.8) — это клапаны с шарнирно-закрепленной тарелкой. Они относятся к категории быстрозапорной арматуры и работают по принципу невозвратно-запорного клапана. Используют их в основном для закрывания выходных отверстий отливных трубопроводов. В последние годы на трубо-

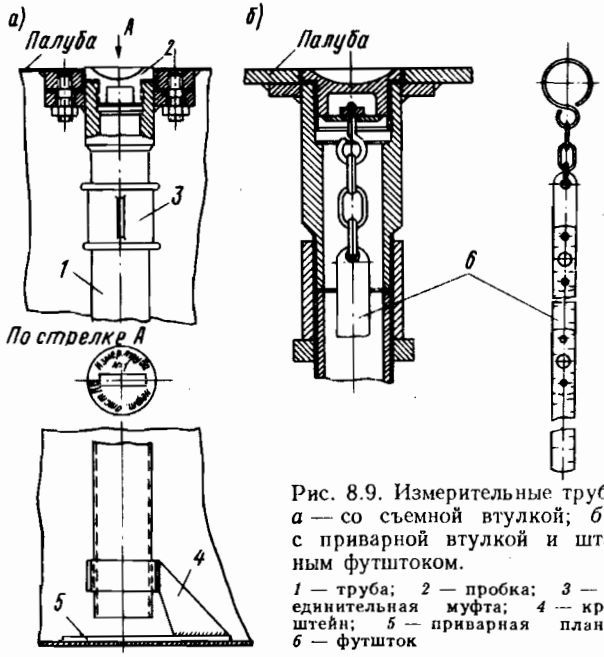


Рис. 8.9. Измерительные трубы: *а* — со съемной втулкой; *б* — с приварной втулкой и штатным футштоком.

1 — труба; *2* — пробка; *3* — соединительная муфта; *4* — кронштейн; *5* — приварная планка; *6* — футшток

проводах с условным диаметром 300—1000 мм и условным давлением до 0,1 МПа (1 кг/см²) широкое распространение получили *поворотные затворы*, у которых запорным органом служит круглый диск, вращающийся вокруг оси, проходящей перпендикулярно оси трубопровода. Эти затворы компактны, просты и удобные в управлении.

В трубопроводах систем вентиляции и кондиционирования воздуха применяют з а с л о н к и — особые пластины в виде шибера, закрывающего или открывающего канал.

Управление арматурой судовых систем осуществляется местными или дистанционными приводами вручную или же механическими двигателями. Дистанционные приводы бывают валиковые, электрические, пневматические и гидравлические.

На судах **источниками питания систем энергией** служат гидравлические насосы, вентиляторы и компрессоры (см. с. 291).

В качестве **контрольно-измерительных приборов** применяют манометры, вакуумметры, мановакуумметры, термометры, ареометры, солемеры, расходомеры, водомерные приборы. Для контроля за наполнением или осушением цистерн, определения количества топлива, масла, пресной воды, а также балласта в цистернах и трюмной или аварийной воды в отсеках используют измерительные трубы.

И з м е р и т е л ь н ы е т р у б ы (рис. 8.9) спускают с палубы переборок (в топливные и масляные цистерны — с открытой

палубы), в каждый отсек, цистерну или коффердам. Они представляют собой металлические трубы диаметром 32—50 мм с проходящими внутри них складными металлическими линейками с делениями — *футштоками*. Деления на линейке градуированы применительно к каждой цистерне или другой емкости таким образом, что по уровню жидкости в цистерне, т. е. по следу на линейке, можно определить объем, а по нему — массу находящейся в ней жидкости. Нижнюю часть измерительной трубы закрепляют на небольшом расстоянии от днища отсека или цистерны, а верхнюю часть выводят в легкодоступное для замеров место и снабжают завинчиваемой пробкой, на которой гравируют название обслуживаемой емкости. К пробке подвешивают футшток. Измерительные трубы цистерн, расположенных внутри МКО или под туннелем гребного вала (за исключением топливных и масляных), на палубу переборок обычно не выводят, а располагают на платформах, под которыми находятся эти цистерны. Во избежание переливания жидкости из этих цистерн в отсек через измерительные трубы последние оборудуют самозапирающимися кранами. Замеры уровня жидкости с помощью футштоков, несмотря на достаточно высокую точность, несколько затруднены, так как при этом приходится обходить все цистерны и опускать и выбирать футшток из каждой измерительной трубы. Поэтому на многих современных судах предусматривают дополнительно *дистанционную систему трюмной сигнализации*, которая обеспечивает централизованный замер уровня жидкости в цистернах на расстоянии. На судах наиболее распространена *пневмеркаторная система дистанционного замера уровня* (рис. 8.10). Для измерения уровня жидкости в приемник *1* через трубку *2* подают от насоса или баллона сжатый воздух под давлением 0,1—0,3 МПа (1—3 кгс/см²) и перекрывают его трехходовым краном *3*, соединяя трубку *2* с трубкой *4*, ведущей к жидкостному манометру *5*. Установившееся в трубках *2* и *4* давление сжатого воздуха равно давлению столба жидкости, находящегося в цистерне (так как находящийся при продувке цистерны под избыточным давлением воздух стравится через жидкость цистерны в атмосферу до установления равновесия). Отградуированный соответствующим образом жидкостный манометр покажет уровень жидкости в цистерне.

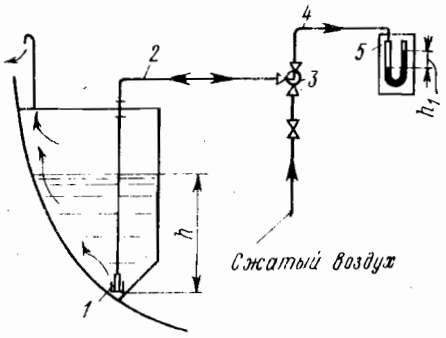


Рис. 8.10. Схема пневмеркаторной системы дистанционного замера уровня жидкости

Пневмеркаторная система достаточно точна, но громоздка, так как требует наличия большого количества труб, поэтому ее иногда заменяют менее точными, но более компактными *электрическими системами*, в которых в качестве измерителей уровня используют поплавковые или мембранные датчики. Существуют также *ультразвуковые и радиоизотопные системы дистанционного замера уровня жидкости* в цистернах, но широкого применения они еще не нашли.

Воздушные трубы служат для обеспечения поступления или выхода воздуха из цистерны при ее опорожнении или заполнении. Такие трубы устраняют возникновение воздушной подушки при заполнении цистерны жидкостью и образование вакуума при откачке жидкости из цистерны. Воздушные трубы диаметром не менее 40 мм для водяных и междудонных отсеков и не менее 50 мм для топливных устанавливают в наиболее высоких местах цистерн и отсеков и выводят на открытые участки палуб выше палубы переборок (на 0,9—1,0 м над верхней палубой и на 0,4—0,5 м над палубами надстроек и рубок). Верхний конец трубы загибают на 180°, образуя так называемый *гусёк*, или снабжают специальной головкой, защищающей от попадания забортной воды. На трубах топливных цистерн ставят также огнезащитные сетки (пламяпрерыватели), на трубах цистерн пресной воды — воздушные фильтры, предохраняющие от попадания пыли и вредных газов. Общая площадь сечения воздушных труб в каждой цистерне должна быть не меньше 1,25 площади сечения наливных труб.

§ 8.3. Трюмные системы

Трюмными называют группу судовых систем, предназначенных для удаления за борт воды, скапливающейся в корпусе судна в процессе нормальной эксплуатации, а также воды, попавшей в него в результате аварии. К ним относятся осушительная, водоотливная, перепускная системы и система нефтесодержащих трюмных вод, а также вспомогательные устройства, обслуживающие трюмные пространства (воздушные и измерительные трубы, трюмная сигнализация и пр.).

Осушительная система предназначена для повседневного удаления воды, скапливающейся в нижних частях корпуса судна при нормальных условиях эксплуатации (подразумевается вода, проникающая внутрь через неплотности в соединениях корпуса или образующаяся в результате отпотевания деталей, а также забортная вода и атмосферные осадки, проникающие через иллюминаторы, люки и неплотности в донной арматуре и трубопроводах). С помощью осушительной системы откачивают также остатки воды, оставшейся в отсеке после работы водоотливной, балластной или пожарной систем.

Осушительную систему (рис. 8.11) предусматривают на всех судах независимо от их назначения и района плавания.

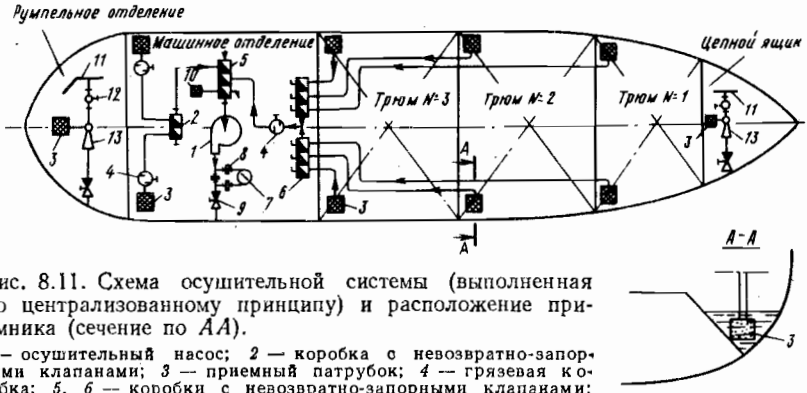


Рис. 8.11. Схема осушительной системы (выполненная по централизованному принципу) и расположение приемника (сечение по *АА*).

1 — осушительный насос; *2* — коробка с невозвратно-запорными клапанами; *3* — приемный патрубок; *4* — грязевая коробка; *5, 6* — коробки с невозвратно-запорными клапанами; *7* — сепаратор трюмных вод; *8* — клинкет; *9* — отливной невозвратно-запорный бортовой клапан; *10* — приемный отросток системы аварийного осушения помещения; *11* — магистраль водяной пожарной системы; *12* — клапан запорный пусковой напорной воды эжектора; *13* — водо-водяной эжектор

Она состоит из всасывающего трубопровода, приемников и отливного трубопровода, снабженных невозвратными или невозвратно-запорными клапанами. Приемники имеют защитные сетки и устанавливаются в местах наиболее вероятного скопления воды: в сборных колодцах двойного дна по бортам, в льялах у кормовых переборок водонепроницаемых отсеков, а также в ДП на судах, имеющих уклон второго дна к ДП. На отростках осушительной системы в МКО и на магистральных трубопроводах устанавливают дополнительные грязевые фильтры — так называемые *грязевые коробки*. Защитные сетки приемников и грязевые коробки предотвращают попадание грязи, ветоши, щепок и т. п. в насосы, арматуру и трубы.

Согласно требованиям Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., содержание остатков нефтепродуктов в выбрасываемой за борт воде допускается не более 15 мг/л, поэтому откачиваемые за борт трюмные воды предварительно очищаются в сепараторе трюмных вод.

Правила Регистра СССР требуют, чтобы на каждом судне было установлено не менее двух осушительных насосов с механическими приводами, способных осушить любой отсек и создать в магистральных трубопроводах скорость движения воды не менее 2 м/с. На пассажирских судах дальнего плавания, в зависимости от их размеров и количества пассажиров, должно быть не менее трех-четырех насосов.

В качестве осушительных на судах применяют центробежные самовсасывающие или поршневые насосы производительностью 15—400 м³ при напоре 10—30 м вод. ст. с высотой всасывания 5—6 м.

Осушительные насосы размещают в разных водонепроницаемых отсеках.

В удаленных от МКО отсеках, а также в отсеках с небольшой кубатурой (цепной ящик, коффердамы, румпельное отделение) для осушения используют автономные средства — ручные поршневые насосы, эжекторы, работающие от пожарной магистрали,— или предусматривают спускные и перепускные трубопроводы.

Осушительный трубопровод изготовляют из стальных цельнотянутых труб, имеющих внутри защитное покрытие (оцинковку, футеровку и т. д.). Диаметр труб определяют в зависимости от главных размерений судна и длины осушаемого отсека. Осушительный трубопровод выводят из каждого отсека к клапанным коробкам с невозвратно-запорными клапанами, которые установлены в МКО и соединены с осушительным насосом, откачивающим воду через отливной трубопровод за борт. Перекрывая соответствующим образом клапаны клапанной коробки, можно осушить любой отсек.

Водоотливная система предназначена для удаления из корпуса судна больших количеств воды, попавшей в него в результате аварии (пробоины в наружной обшивке, затопления отсека через разрушенные трубопроводы систем или при тушении пожара водой и т. п.). В отличие от осушительной водоотливная система снабжена погружными насосами (или эжекторами) более высокой производительности — до 1000 м³/ч, а ее трубопроводы имеют больший диаметр. Управление арматурой системы осуществляется дистанционно с поста управления, расположенного выше палубы водонепроницаемых переборок.

Водоотливная система должна обладать большой живучестью, поэтому ее выполняют по автономной или комбинированной схеме и предусматривают только на судах с особыми условиями плавания (ледоколах, буксирах, спасателях). На обычных судах функции водоотливной системы частично выполняет осушительная система, а при больших авариях — водоотливные системы буксиров-спасателей.

Перепускная система необходима для перепуска и спуска воды из помещений, в которых отсутствуют осушительные или водоотливные средства, в соседние и нижние помещения, имеющие приемники осушения или водоотлива. Перепускной трубопровод оборудуют также между бортовыми междудонными отсеками (на пассажирских судах, промысловых базах, научно-исследовательских судах и т. п.) для выравнивания крена судна при затоплении отсеков одного борта. Эта система не имеет насосов и управляется дистанционно или автоматически с помощью перепускной или спускной арматуры. Автоматическое управление основано на автоматическом открывании клапанов при достижении заданного уровня жидкости в отсеке.

Система нефтесодержащих трюмных вод предназначена для их сбора с целью последующей очистки этих вод перед откачкой за борт либо для передачи в береговые емкости—сборники. Суда, имеющие достаточные емкости для сбора

грязной трюмной воды в течение всего рейса, а также суда, на которые не распространяется действие Конвенции МАРПОЛ 73/78, этой системой не оборудуют. Система состоит из сборных емкостей, сепараторов, насосов, трубопроводов, контрольно-измерительных приборов и средств управления.

§ 8.4. Балластные системы

Балластными называют группу судовых систем, предназначенных для приема, транспортировки и выкачки водяного балласта (забортной воды) при изменении осадки, дифферента и крена судна. К ним относятся балластная, дифферентная и креновая (антикреновая) система. На большинстве морских судов функции всех этих систем выполняет одна балластная путем соответствующего распределения балласта по балластным цистернам.

Балластная система предназначена для приема водяного балласта в цистерны (отсеки) и последующей перекачки и удаления его за борт. Морские суда принимают водяной балласт для получения осадки, обеспечивающей надлежащие мореходные качества в порожнем — балластном — переходе (танкеры, рудовозы и другие суда, совершающие рейсы без груза), для обеспечения необходимой остойчивости при перевозке грузов на верхней палубе (лесовозы, контейнеровозы), для создания правильной посадки судна на ровный киль или с небольшим — не более 0,025—0,030 L — дифферентом на корму по мере расходования судовых запасов. Для приема водяного балласта на судах используют от-

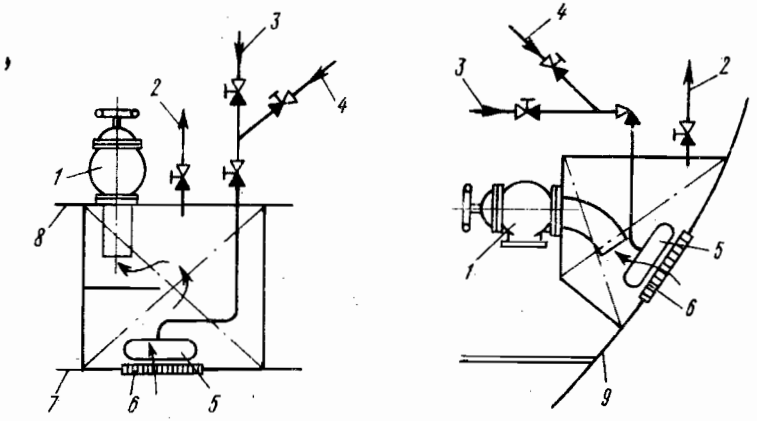


Рис. 8.12. Установка приемных кингстонов: *а* — днищевого; *б* — бортового.

1 — кингстон; *2* — воздушная труба для выпуска воздуха из выгородки; *3* — труба подачи пара; *4* — труба подачи воздуха; *5* — труба для выпуска горячего пара или сжатого воздуха для обогрева или продувки приемного отверстия с решеткой; *6* — решетка на приемном отверстии; *7* — наружная обшивка днища; *8* — настил второго дна; *9* — бортовая обшивка

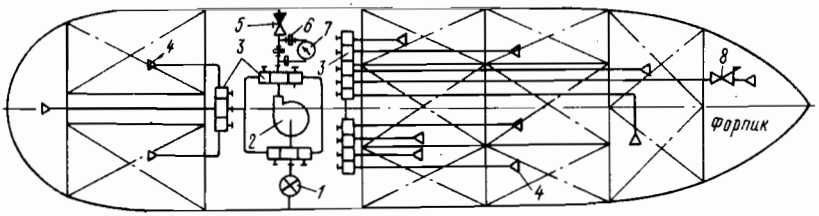


Рис. 8.13. Схема балластной системы.

1 — приемный кингстон; *2* — балластный насос; *3* — распределительная коробка с запорными клапанами; *4* — приемник; *5* — невозвратно-запорный клапан; *6* — клинкет; *7* — сепаратор трюмных вод; *8* — запорный клапан с дистанционным управлением

секи двойного дна, пики и диптанки. На танкерах балласт принимают в грузовые и специальные балластные танки, а на рудовозах, для уменьшения в балластном переходе избыточной остойчивости, ухудшающей качку, — в подпалубные цистерны. На сухогрузных и пассажирских судах количество водяного балласта достигает 25—30, а на танкерах 35—50 % водоизмещения судна.

Принимают балластную воду в цистерны, расположенные ниже ватерлинии, самотеком через днищевые или бортовые кингстоны, либо с помощью балластных насосов; удаляют водяной балласт только насосами. Балластную систему оборудуют на всех судах и для обеспечения резерва соединяют с осушительной. Приемные отверстия кингстонов (рис. 8.12) должны быть защищены от обмерзания и засорения. Обычно в балластных системах используют центробежные или поршневые насосы производительностью 100—400 м³/ч при напоре 15—20 м вод. ст. Производительность насосов выбирают так, чтобы обеспечить прием (или удаление) балласта из наибольшей цистерны не более чем за два часа, а всего балласта — за шесть—восемь часов. На танкерах, имеющих чисто балластные цистерны, наряду со специальными балластными используют и грузовые насосы. На всех судах кроме основного специального балластного насоса предусматривают резервные, в качестве которых используют осушительные, пожарные и др.

Балластный трубопровод прокладывают, как правило, в двойном дне. Наиболее удобен для этой цели коридор, образуемый на некоторых судах в междудонном пространстве, обычно вдоль вертикального киля. Балластные насосы, располагаемые в МКО (на танкерах — в насосном отделении), объединяют кольцевой магистралью, от которой через распределительные коробки с запорными клапанами в каждую балластную цистерну отводят отдельный трубопровод (рис. 8.13). Трубопровод, идущий в форпик, должен иметь расположенный в форпике разобщительный клапан, управляемый дистанционно с поста, находящегося выше палубы переборок.

Балластный трубопровод изготовляют из стальных бесшовных оцинкованных или футерованных полиэтиленом труб, диа-

метр которых, определяемый расчетом в зависимости от емкости цистерн, достигает на супертанкерах 400—500 мм. На тех танкерах, где для приема водяного балласта используют грузовые танки, а также на судах, у которых балласт принимают в порожние топливные цистерны (на новых судах, как правило, это не допускается), на отливном трубопроводе необходимо устанавливать сепаратор трюмных вод. Отливной трубопровод выводят за борт выше грузовой ватерлинии на 200—300 мм и заканчивают захлопкой, пропускающей балластную воду за борт, но препятствующей попаданию забортной воды внутрь. Управление насосами и арматурой балластной системы — централизованное, дистанционное.

Дифферентная система предназначена для приема в цистерны, перекачки и удаления из них водяного балласта при дифферентовке судна. Ее предусматривают только на тех судах, которые по условиям эксплуатации часто меняют дифферент, например на ледоколах, использующих изменения дифферента для улучшения условий форсирования льда. Система состоит из двух цистерн, носовой и кормовой, общей емкостью около 5—12 % водоизмещения судна; объединяющего их трубопровода; перекачивающего реверсивного насоса и кингстонов — приемного и отливного. На некоторых судах для перемещения воды из одной оконечности судна в другую вместо перекачивания ее насосом применяют продувку сжатым воздухом. Иногда дифферентную систему делают по автономному принципу: носовую и кормовую цистерны не соединяют одним трубопроводом, а оборудуют автономными средствами приема и удаления воды (кингстонами, эжекторами или сжатым воздухом).

Креновая система предназначается для выравнивания крена. Ее оборудуют на ледоколах, которым для освобождения от сжатия льдами, а также схода с кромки льда или снятия с мели необходимо создать крен, а также на паромах и судах с горизонтальной грузообработкой для борьбы с креном, возникающим при перемещении грузов по судну во время грузовых операций (ее на этих судах называют *антикреновой системой*).

Устройство креновой системы аналогично устройству дифферентной системы, если не считать, что креновые цистерны (объемом 5—8 % водоизмещения) расположены не в оконечностях судна, а в средней части (это позволяет создавать наибольший кренящий момент). Кроме того, у креновой системы больше диаметр переточных труб (до 700—1000 мм), и поэтому в качестве запорной арматуры применяют клинкеты и поворотные затворы.

§ 8.5. Системы пожаротушения

Различные горючие материалы (топливо, краски, дерево, изоляция и пр.) представляют опасность, так как являются источниками возникновения пожара и его распространения по судну. Пожар

Таблица 11

Использование различных систем пожаротушения для защиты судовых помещений

Наименование помещений	Системы пожаротушения										
	Водяная	Спринклерная	Водораспыления	Водяных завес	Водяного орошения	Пенотушения	Паротушения	Углекислотная	Тушения инертными газами	Объемного химического тушения	Порошкового тушения
Посты управления судном (рулевая, штурманская, радиорубка и трансляционная, аккумуляторные радиостанции и аварийного освещения, пожарные посты)	+	+									
Помещения аварийного дизель-генератора и пожарного дизель-насоса	+		+			+	+			+	+
Жилые и общественные помещения, медблок, пищеблок, помещения бытового обслуживания, санитарно-бытовые, провизионные кладовые	+	+									
Кладовые для хранения легковоспламеняющихся материалов: малярные, фонарные, шкиперские, плотницкие	+		+		+	+	+	+		+	+
Кладовые взрывчатых веществ (крюйт-камеры)	+				+						
Кладовые спецодежды, бельевые, багажные, таможенные, кинолент, культинвентаря, киоски книжные и промтоварные, сушилки, архив	+	+									
Ангары для вертолетов, гаражи	+	+									+
Закрытые палубы паромов и судов типа «ро-ро», на которых перевозится колесная техника в заправленном состоянии	+		+		+	+	+	+		+	
Открытые палубы паромов и судов тнпа «ро-ро»	+			+							
Сухогрузные и рефрижераторные трюмы транспортных и промысловых судов	+				+	+	+	+	+		
Грузовые танки, насосные отделения и коффердамы танкеров, топливные цистерны вне двойного дна	+						+	+			
Машинно-котельные отделения	+		+			+		+		+	

Продолжение табл. 11

Наименование помещений	Системы пожаротушения										
	Водяная	Спринклерная	Водораспыления	Водяных завес	Водяного орошения	Пенотушения	Паротушения	Углекислотная	Тушения инертными газами	Объемного химического тушения	Порошкового тушения
Аварийные выходы из машинно-котельного отделения, заключенные в шахту	+				+						
Производственные помещения промысловых судов								+		+	

на судне — одно из самых тяжелых бедствий, поэтому очень важно не только принять меры к быстрой ликвидации пожара, но и предупредить его возникновение. Существенную роль в успешной борьбе с пожаром играет своевременная *сигнализация*. К мероприятиям по предупреждению пожаров относятся: минимальное использование горючих материалов на судне; уменьшение горючести применяемых материалов путем пропитки или покрытия их негорючими или трудносгораемыми составами; надежная изоляция топливных и масляных цистерн и различных легковоспламеняемых материалов от нагрева; предупреждение искрообразования в местах возможного скопления огнеопасных газов; заполнение свободных объемов в грузовых трюмах и танках инертными газами, не поддерживающими горения.

Требования к противопожарной защите гражданских судов изложены в Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 г. и в Правилах Регистра СССР.

Для борьбы с пожаром используют различные средства, цель которых — локализовать пожар, остановить его распространение и создать вокруг горящего предмета атмосферу, не поддерживающую горения.

Системами пожаротушения называют группу судовых систем, предназначенных для подачи огнегасящих веществ (воды, пара, пены, инертных газов, легкоиспаряющихся жидкостей и т. п.) к очагу пожара или для обеспечения профилактических противопожарных мероприятий. На гражданских судах к ним относятся системы: водяная, водяного орошения, водяных завес, водораспыления, спринклерная, паротушения, пенотушения, объемного химического тушения, углекислотного тушения, тушения инертными газами, порошкового тушения (табл. 11), а также пожарной сигнализации.

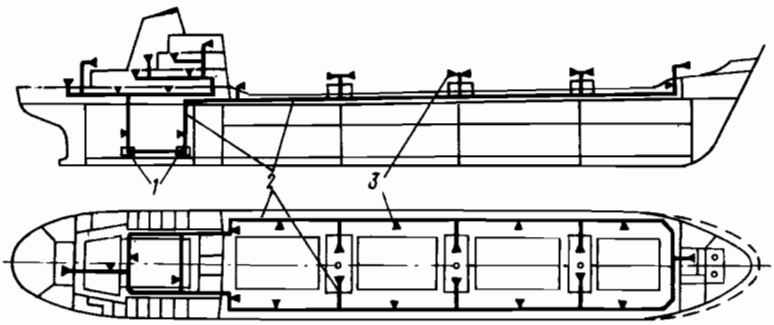


Рис. 8.14. Схема системы водяного пожаротушения.
1 — пожарный насос; *2* — магистральный трубопровод; *3* — пожарный рожок

Система водяного пожаротушения (рис. 8.14) подает забортную воду для тушения пожара компактными или распыленными водяными струями с использованием переносных (ручных) или стационарных (лафетных) стволов. Система состоит из пожарных насосов, подающих забортную воду в магистральный трубопровод, выполненный по кольцевой или линейной схеме, от которого к отдельным районам и помещениям идут отростки, оканчивающиеся пожарными рожками. К ним можно подсоединять гибкие шланги длиной 10—20 м.

Системы с линейной магистралью применяют на танкерах, среднетоннажных сухогрузных судах, навалочниках. Системой с кольцевой магистралью оборудуют крупные пассажирские суда, промысловые обрабатывающие базы, рефрижераторы и т. п. суда, имеющие развитые надстройки. На крупных грузовых судах валовой вместимостью 4000 рег. т и более систему водяного пожаротушения выполняют по комбинированной схеме; в районе грузовых трюмов — по линейной, в районе надстроек — по кольцевой.

По Правилам Регистра СССР давление в пожарных рожках должно быть в пределах 0,25—0,32 МПа (2,5—3,2 кгс/см^2) — в зависимости от типа и регистрового тоннажа судна. Под давлением ручной ствол выбрасывает водяную струю на 20—25 м. В закрытых помещениях пожарные рожки устанавливают через 20 м, а снаружи — через 40 м друг от друга. На специальных пожарных судах, буксирах, спасателях, ледоколах ставят лафетные стволы, выбрасывающие струю воды на 80—100 м.

В качестве *пожарных насосов* используют центробежные насосы с напором 65—150 м вод. ст. Производительность и количество пожарных насосов определяют по Правилам Регистра СССР в зависимости от типа и размеров судна; суммарная производительность на всех судах, кроме пассажирских, спасательных и пожарных, практически не превышает 250 м^3/ч, а количество их — двух (на указанных судах — от одного до трех). Минимальная производительность каждого насоса должна быть

достаточной для обеспечения одновременной работы двух стволов. Насосы размещают так, чтобы живучесть системы была максимальной. Они должны находиться по возможности в разных отсеках или в одном отсеке, но у разных бортов. Правила допускают использовать в качестве пожарных балластные, осушительные и другие насосы, если их производительность и напоры не ниже требуемых.

Кроме стационарных пожарных насосов на пассажирских, наливных судах валовой вместимостью 1000 рег. т и более и на всех прочих судах валовой вместимостью 2000 рег. т и более устанавливают аварийный пожарный насос, если нельзя обеспечить надлежащую живучесть стационарных пожарных насосов.

Аварийный насос располагают отдельно от стационарных (на наливных судах — в носовой части вне грузовых танков, но в корму от форпиковой переборки); он должен иметь автономный привод и местное управление (на танкерах — также с открытой палубы). Производительность аварийного насоса должна быть достаточной для одновременной работы двух стволов. Трубопровод противопожарной водяной системы выполняют из стальных или медных труб, рассчитанных на давление до 1,0 МПа (10 кгс/см^2).

Система водяного орошения служит для подачи воды к оросительным насадкам для тушения пожара в хранилищах взрывчатых и легковоспламеняющихся веществ (крюйт-камерах), а также для орошения палуб, переборок, шахт, трапов и сходов в МКО и т. п. Система срабатывает автоматически при определенном повышении температуры, о начале ее работы подается сигнал в рулевую рубку и каюту старшего помощника капитана.

Система водяных завес подает воду для создания сплошных водяных завес, препятствующих распространению пламени, и для охлаждения корпусных конструкций судна. Ее применяют для защиты открытых палуб паромов и судов типа «ро-ро», предназначенных для перевозки подвижной техники, заправленной топливом, а также для защиты проемов и водонепроницаемых дверей, не имеющих противопожарной изоляции.

Систему водораспыления оборудуют для подачи воды к распылительным насадкам, установленным для тушения пожара *распыленной водой* в МКО и *тонкораспыленной водой*, т. е. доведенной до туманообразного (дисперсного) состояния, — в отсеках жидкого топлива. Тонкораспыленная вода создает в топливных отсеках обедненную кислородом среду, и горение не поддерживается. Систему выполняют в виде кольцевых магистралей из медных труб с установленными на них через 1,2—1,5 м водораспылителями. Кольцевые магистрали располагают по высоте отсека ярусами не более чем через 5 м. Вода в магистраль подается от автоматически включенного насоса. Кроме основного насоса обязательно должен устанавливаться резервный.

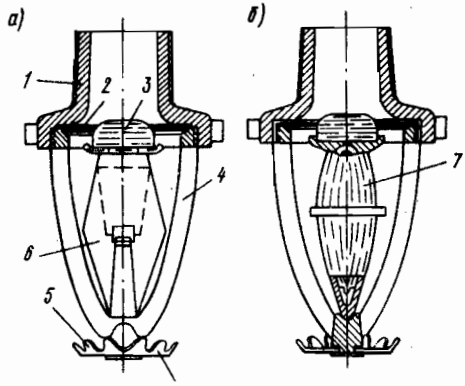


Рис. 8.15. Спринклеры: *а* — с металлическим замком; *б* — со стеклянной колбой.

1 — штуцер (корпус); *2* — диафрагма; *3* — стеклянный клапан; *4* — рама; *5* — водораспылительная розетка; *6* — металлический замок; *7* — стеклянная колба

Для тонкого распыления воды применяют сжатый воздух под давлением 0,6—0,8 МПа (6—8 кгс/см²).

Спринклерная система необходима для подачи воды к оросительным насадкам, которые включаются автоматически при повышении температуры в охраняемых помещениях до заданной величины (в жилых и служебных — до 80 °С). Основой спринклерной системы является спринклер (рис. 8.15) — распыляющая воду насадка с легкоплавким замком, открывающим выход водяной струе из трубопровода при достижении заданной температуры. Существуют спринклеры с замком из легкоплавкого металла или со стеклянной колбой, наполненной цветной легкорасширяющейся жидкостью. При повышении температуры металлический замок плавится, а колба лопается, и из спринклера поступает распыленная вода. Спринклеры размещают на расстоянии не более 3 м друг от друга так, чтобы все поверхности охраняемого помещения равномерно орошались. Трубопровод спринклерной системы должен всегда быть под давлением.

Система паротушения предназначена для подачи водяного насыщенного пара в охваченные пожаром грузовые трюмы, танки, котельные отделения и пр. Пар, заполняющий эти помещения, создает атмосферу, не поддерживающую горения.

Для паротушения используют насыщенный пар под давлением 0,6—0,8 МПа (6—8 кгс/см²) от главного или вспомогательного котлов. Паропроизводительность котла должна быть достаточной для подачи 1,33 кг пара в час на каждый кубометр объема наибольшего охраняемого помещения. Станции паротушения, в которых размещены распределительные коробки с запорными клапанами, располагают в МКО, надстройках, рубках и других легкодоступных местах. От распределительной коробки станции паротушения в каждое охраняемое помещение прокладывают трубопровод из труб диаметром не менее 15—25 мм. На танкерах для экономии массы и упрощения системы эти отростки идут прямо от магистрального трубопровода, проложенного под переходным мостиком. Для повышения живучести системы на магистральном трубопроводе через каждые 30—40 м, а также по концам средней надстройки предусматривают отсечные клапаны, которые в нормальных условиях постоянно открыты. Система паротушения отли-

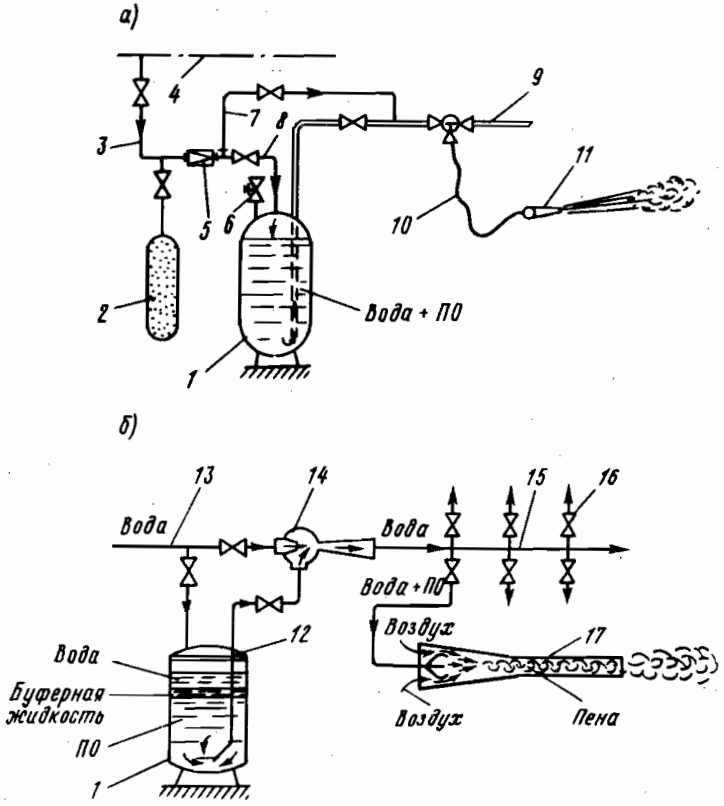


Рис. 8.16. Системы пенотушения: *а* — с внутренним пенообразованием; *б* — с внешним пенообразованием.

1 — резервуар; *2* — баллон со сжатым воздухом; *3* — трубопровод подачи сжатого воздуха; *4* — трубопровод судовой системы сжатого воздуха; *5* — редукционный клапан; *6* — предохранительный клапан; *7* — трубопровод подачи сжатого воздуха для пенообразования; *8* — трубопровод подачи сжатого воздуха для вытеснения жидкости из резервуара; *9* — пенопровод; *10* — гибкий шланг; *11* — ствол; *12* — рассеиватель; *13* — магистраль водяного пожаротушения; *14* — смеситель; *15* — пенопровод; *16* — отростки; *17* — ручной воздушно-пенный ствол

чается простотой и дешевизной, но имеет и недостатки: она опасна для жизни людей, возможна порча груза и оборудования насыщенным паром, поэтому ею можно пользоваться только в закрытых помещениях.

Система пенотушения. При тушении горящих нефтепродуктов наиболее эффективна подача огнегасящей пены, которая покрывает горящую поверхность или заполняет отсек, охваченный пожаром. Пена представляет собой ячеисто-пленочную структуру, образованную множеством пузырьков газа, разделенных тонкими пленками жидкости. Благодаря небольшому удельному весу (около 0,1 г/см^3) огнегасящая пена легко удержи-

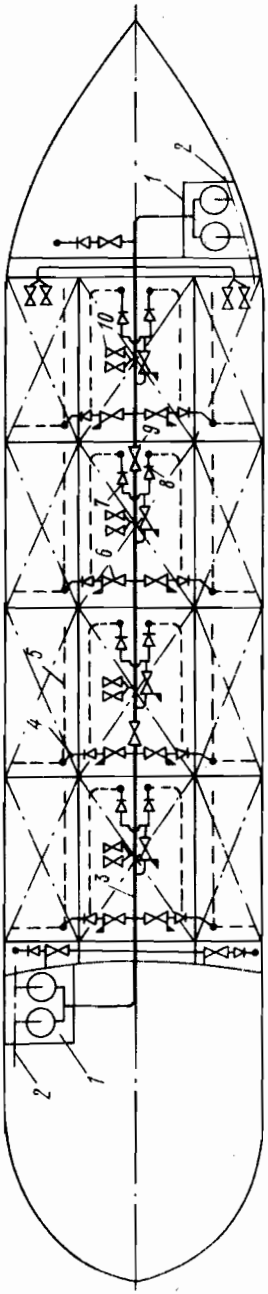


Рис. 8.17. Общее расположение системы воздушно-механического пенотушения на танкере.
1 — станция пенотушения; *2* — трубопровод системы водяного пожаротушения; *3* — магистральный трубопровод подачи к воздушно-пенным стволам смеси воды с пенообразователем со станции пенотушения; *4* — пенопровод; *5* — пеносливные перфорированные трубы в охраняемых помещениях; *6* — дистанционно управляемый запорный клапан (с пневмоприводом) для пуска в работу воздушно-пенного ствола; *7* — стационарный воздушно-пенный ствол; *8* — мембрана, закрывающая выход паров из танка (разрушается при пуске системы); *9* — разобщительный клапан на магистральном трубопроводе; *10* — сдвоенные рожки для присоединения ручных стволов

вается на поверхности любых нефтепродуктов. Покрывая горящую поверхность слоем 0,1—0,5 м, она охлаждает и изолирует ее от кислорода воздуха и прекращает горение.

В зависимости от состава и способа получения различают воздушно-механическую и химическую пену. В *системе воздушно-механического пенотушения* пена образуется при взаимодействии пенообразующей жидкости ПО-1 или ПО-6 с водой и воздухом. Пена вырабатывается либо в резервуарах на станции воздушно-механического пенотушения, либо непосредственно при выходе из магистрали в специальных воздушно-пенных стволах стационарного или переносного типа.

Станция воздушно-механического пенотушения с внутренним пенообразованием (рис. 8.16, *а*) состоит из двух (для надежности) резервуаров, в которых в заданной пропорции размещены пенообразователь и вода, и баллона со сжатым воздухом для образования пены и вытеснения ее в магистраль. Баллон соединяют с судовой магистралью сжатого воздуха. Для нормальной работы установки при длине пенопровода до 50 м необходим сжатый воздух под давлением 0,5—1,0 МПа (5—10 кгс/см^2).

Станция воздушно-механического тушения с внешним пенообразованием (рис. 8.16, *б*) состоит из двух резервуаров с пенообразователем, в которые подается от пожарной магистрали вода в момент тушения пожара. Эта вода служит только для выдавливания пенообразователя из резервуара к смесителю, где пенообразователь смешивается с водой. Для предотвращения смешивания пенообразователя с водой в резервуаре используют рассеиватель и слой буферной жидкости (смесь четыреххлористого углерода с маслом МС-20). Образовавшаяся в смесителе эмульсия подается к воздушно-пенным стволам, в которых она сме-

шивается с воздухом, образуя пену. Кратность обычной воздушной механической пены колеблется от 6 : 1 до 10 : 1 (в зависимости от типа пенообразователя). В последнее время для тушения пожаров применяют также *высокократную воздушно-механическую* пену с кратностью от 100 :1 до 1000 : 1. Ее получают из пенообразователя повышенной концентрации и вместо обычных воздушно-пенных стволов используют специальные высокократные пеногенераторы ПГВ (стационарные и переносные).

Трубопровод системы воздушно-механического пенотушения прокладывают между станциями, размещаемыми обычно в разных районах судна (рис. 8.17) Интенсивность подачи раствора на каждый квадратный метр площади охраняемого помещения регламентируется Правилами Регистра СССР и колеблется от 0,6 до 6,0 л/мин в зависимости от вида нефтепродуктов и типа пенообразователя для обычной пены и от 4 до 6 л/мин — для 100-кратной.

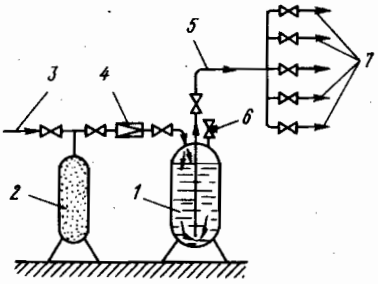


Рис. 8.18. Схема системы объемного химического тушения.

1 — баллон с огнегасительной жидкостью; *2* — баллон со сжатым воздухом; *3* — трубопровод сжатого воздуха; *4* — редукционный клапан; *5* — магистральный трубопровод; *6* — предохранительный клапан; *7* — разгрузочные трубопроводы, идущие в охраняемые помещения

Система химического пенотушения, уступающая по надежности и удобству эксплуатации воздушно-механической, на новых судах обычно не применяется.

Кроме стационарной системы воздушно-механического тушения и переносных воздушно-пенных стволов, на судах имеются пенные установки — химические или воздушно-механические — местного значения.

Система объемного химического тушения — одна из наиболее эффективных противопожарных систем — предназначена для подачи легкоиспаряющихся огнегасительных жидкостей из цистерн, хранилищ и баллонов в грузовые трюмы, машинные, котельные и другие помещения для тушения пожара путем заполнения этих помещений парами жидкости.

В качестве огнегасительной жидкости используют хладоны 13В1 и 114В2 или состав БФ-2, состоящий из 27 % (по массе) хладона 114В2 и 73 % бромистого этила. Расчетная норма расхода жидкости составляет 0,20—0,31 кг/м^3 в зависимости от назначения охраняемого помещения и типа огнегасительной жидкости; для состава БФ-2 она равна 0,215 кг/м^3.

Система состоит из баллона с огнегасительной жидкостью, находящейся в нем под давлением не более 0,2 МПа (2 кгс/см^2), и трубопроводов, идущих в каждое охраняемое помещение (рис. 8.18). Жидкость подается по трубопроводу с помощью сжатого воздуха под давлением 1,0—1,2 МПа (10—12 кгс/см^2) и распыляется по помещению через распылительные головки, установленные в верхней части помещения (при высоте помещения более 5 м распылители располагают в несколько ярусов). На станции химического тушения размещают не менее двух баллонов с жидкостью и двух баллонов со сжатым воздухом.

Система углекислотного тушения подает жидкую углекислоту из баллонов в грузовые трюмы, МКО и кладовые хранения легковоспламеняющихся материалов для тушения пожара путем заполнения этих помещений газообразной

углекислотой. Обезвоженную углекислоту хранят в стальных баллонах емкостью по 40 л (25 кг углекислоты), которые обычно группируют в батареи, по 10—12 шт. в каждой. Баллоны сообщаются с коллектором, откуда в каждое охраняемое помещение идет независимый трубопровод. Батареи устанавливают в помещении станции углекислотного тушения — в надстройке или рубке с непосредственным выходом на открытую палубу. При большом запасе углекислоты баллоны размещают в двух станциях углекислотного тушения, максимально удаленных друг от друга по длине судна. Высокое давление в баллонах (свыше 10 МПа) и возможность самопроизвольного выхода углекислоты из баллонов представляет опасность для находящихся на судне людей. Поэтому сейчас систему углекислотного тушения применяют крайне редко, в основном для тушения пожаров в грузовых трюмах сухогрузных судов (использовать ее в танках наливных судов нельзя).

Система тушения инертными газами предназначена для подачи инертных газов в сухогрузные трюмы для тушения пожара, а в танки наливных судов — для предупреждения пожара или взрыва путем заполнения газом этих помещений. Для получения инертного газа на судах используют выхлопные газы двигателей или котлов или же устанавливают специальные генераторы газа. Инертный газ не должен содержать более 5 % кислорода; в нем не должно быть окиси углерода и других горючих примесей. Получают его в генераторе путем сжигания топлива. Затем его очищают, охлаждают до 40 °С, осушают и подают в охраняемое помещение; в сухогрузные трюмы — в нижнюю часть, в танки — сверху. В последнее время эта система получила широкое распространение.

Система порошкового тушения предназначена для тушения пожаров в помещениях аварийных источников энергии, генераторов инертного газа, кладовых легковоспламеняющихся материалов, ангарах, гаражах, палубах грузовых отсеков газовозов и т. п. Система состоит из станции с резервуарами огнегасящего порошка, баллонами газоносителя и распределительным коллектором, постов тушения, трубопроводов и арматуры для пуска системы и подачи порошка к постам. В качестве огнегасящих порошков чаще всего используют порошки на основе бикарбонатов натрия или калия, а также фосфата аммония. В качестве газоносителя обычно применяют азот или другой инертный газ. Подача порошка в помещения осуществляется через распылители.

Системы пожарной сигнализации играют важную роль в общем комплексе противопожарных мероприятий на судне. Различают *сигнализацию обнаружения* пожара, т. е. подачу сигнала с места возникновения пожара в центральный пожарный пост (ЦПП), *сигнализацию оповещения* — уведомление экипажа и пассажиров о возникновении пожара на судне — и

сигнализацию предупреждения — уведомление экипажа, находящегося в охраняемом помещении, о пуске в действие системы объемного пожаротушения *. Все суда должны иметь ЦПП, в котором сосредоточены приемные станции сигнализации обнаружения и сигнализации оповещения. ЦПП располагают или в рулевой рубке, или в других постах, имеющих непосредственную связь с рулевой, и несут в них круглосуточную вахту.

Сигнализация обнаружения пожара разделяется на автоматическую и ручную. Автоматическую устанавливают во всех жилых и служебных помещениях, кладовых, постах управления, помещениях для сухих грузов, за исключением трюмов, не оборудованных системой объемного тушения, а также помещений, в которых полностью отсутствует горючая среда.

Существуют *электрические* и *дымовые* системы автоматической сигнализации обнаружения. Электрические системы состоят из датчиков-извещателей, которые автоматически сигнализируют в рулевую рубку или в специальный пожарный пост о появлении дыма, повышении температуры или появлении огня в контролируемом помещении.

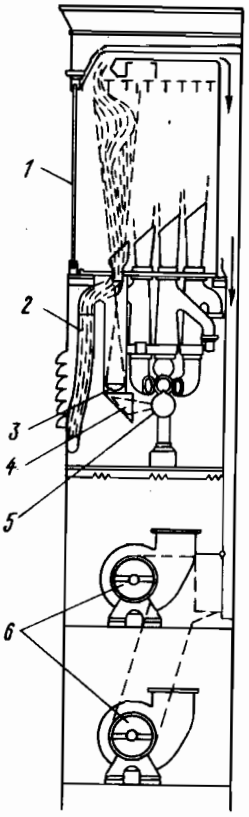


Рис. 8.19. Сигнальный шкаф.

1 — смотровое стекло; *2* — труба из отсека; *3* — линза; *4* — зеркало; *5* — лампа; *6* — вентиляторы

Дымовые системы на старых судах подают задымленный воздух в специальный шкаф, установленный в рулевой рубке (рис. 8.19) и контролирующий задымляемость воздуха на судне. Сейчас для контроля задымленности помещений применяют фотооптические и радиоактивные приборы. Их устанавливают в самих контролируемых помещениях, откуда они и подают электросигналы о появлении дыма в рулевую рубку и в ЦПП.

Кроме перечисленных средств сигнализации обнаружения в коридорах жилых, служебных и общественных помещений, в машинных и производственных помещениях, а также на открытых грузовых палубах устанавливают специальные датчики-извещатели, которые приводятся в действие вручную.

Сигнализация оповещения совмещается с общесудовой авральной сигнализацией и служит для подачи сигналов отдельно пас-

* Объемным тушением пожара называют тушение путем заполнения объема охраняемого помещения парами невоспламеняющихся жидкостей или газами, которые создают среду, не поддерживающую горение.

сажирам и экипажу. К ней относятся колокола громкого боя, световые сигналы, сирены. В качестве дублирующего средства предусмотрена возможность принудительного вещания по радиотрансляционной сети.

Сигнализацию предупреждения оборудуют только в охраняемых системах объемного тушения помещения, в которых при нормальной эксплуатации находятся люди. Сигнализация включается автоматически при пуске системы пожаротушения с таким расчетом, чтобы люди могли покинуть помещение до момента подачи огнегасящего вещества. В дополнение к громкому звуковому сигналу включается световое табло: «Газ! Уходи!» или «Пар! Уходи!»

§ 8.6. Системы бытового водоснабжения

Системами бытового водоснабжения называют **группу систем,** предназначенных для обеспечения хозяйственно-бытовых и санитарных нужд судна пресной и забортной водой. К этой группе относятся системы бытовой пресной воды, питьевой, мытьевой воды, бытовой горячей и бытовой забортной воды.

В соответствии с Санитарными правилами суда должны быть обеспечены в достаточном количестве пресной и мытьевой водой. Так, морские суда, совершающие рейсы с удалением от берега более чем на 100 миль и продолжительностью более суток, должны иметь запас пресной воды по 100 л на человека в сутки (40 л питьевой и 60 л мытьевой). На судах допускается объединять системы питьевой и мытьевой воды в одну, называемую системой бытовой пресной воды; при этом требуется, чтобы мытьевая вода по условиям хранения и качеству соответствовала питьевой, т. е. должна быть пресной, чистой, прозрачной и не содержать вредных примесей и микроорганизмов.

Система питьевой воды служит для приема, хранения и подачи питьевой воды на камбуз, к питьевым фонтанчикам и умывальникам. Она состоит из вкладных цистерн, насосов, пневмоцистерны (гидрофора), трубопроводов из оцинкованных водогазопроводных труб и водораспределительных устройств

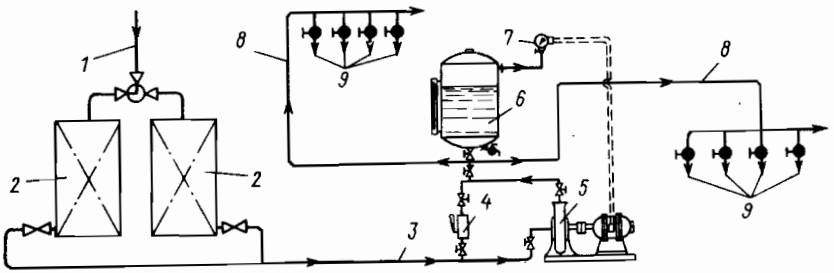


Рис. 8.20. Схема системы питьевой воды.

1 — наливной трубопровод; *2* — цистерна запаса питьевой воды; *3* — трубопровод от цистерны запаса к насосной установке; *4* — ручной насос; *5* — центробежный электронасос; *6* — гидрофор (пневмоцистерна); *7* — реле давления, управляющее работой электромотора насоса; *8* — напорная магистраль питьевой воды; *9* — водоразборные устройства (потребители)

(рис. 8.20). На судне предусматривают не менее двух цистерн питьевой воды с надежным защитным покрытием — цементным раствором, полиэтиленовой пленкой, этинолевой краской и т. п.— и снабженных водомерными стеклами или дистанционными уровнемерами (пользоваться футштоками запрещено).

Питьевую воду принимают в цистерны через выведенные на открытую палубу трубы, которые гибкими шлангами присоединяют к городскому водопроводу. Рожки приемных труб выводят на 400 мм выше открытой палубы и защищают от попадания морской воды, а на гуськах воздушных труб цистерн пресной воды предусматривают головки с фильтрами и защитой от морской воды.

Для поддержания в системе постоянного давления предусматривают *гидрофор*, т. е. герметически закрытую цистерну, заполненную водой и сжатым воздухом, который по мере заполнения гидрофора водой сжимается до 0,3—0,35 МПа (3—3,5 кгс/см²). Воздух подает питьевую воду в систему до тех пор, пока давление в гидрофоре не упадет до 0,12—0,16 МПа (1,2—1,6 кгс/см²), после чего автоматически включается водяной насос и гидрофор снова заполняется. Выключается насос также автоматически — при увеличении давления воздуха в гидрофоре сверх указанного.

На судах малого водоизмещения применяют упрощенную систему питьевой воды: вместо гидрофора на мостике устанавливают заполняемый насосом напорный бак (расходную цистерну), из которого вода самотеком поступает к потребителям.

Для длительного хранения питьевой воды в системе предусматривают *бактерицидную установку* (хлоратор, бактерицидные лампы и т. п.), но даже после специальной обработки хранить воду более 20—30 суток нельзя. На судах, обладающих большой автономностью и имеющих на борту большое количество людей, запас пресной воды принимают на 15—20 сут, пополняя его затем от опреснительной установки. Опресненную морскую воду (ее разрешается брать в море не ближе 25 миль от берега) обеззараживают и минерализуют, т. е. насыщают ее минеральными солями для придания ей вкусовых качеств.

Система мытьевой воды по своему устройству аналогична системе питьевой воды, однако мытьевую воду допускается хранить в корпусных цистернах, предусматривая защиту ее от загрязнения и порчи под действием тепла. Во избежание замерзания в зимнее время цистерны мытьевой воды оборудуют змеевиками подогрева (от хозяйственного паропровода). Мытьевую воду подают только в бани, ванные, душевую, прачечные, камбузы. В умывальники мытьевую воду подводить запрещено (так как ее нельзя использовать для питья), она должна быть питьевого качества.

Система бытовой горячей воды служит для централизованного снабжения горячей пресной водой хозяйственно-бытовых потребителей. Воду подогревают в специальном водоподогревателе и при температуре 60—70° направляют с по-

мощью насоса горячей воды по кольцевому трубопроводу к потребителям.

Система бытовой забортной воды необходима для подачи забортной воды к местам ее потребления (ванны, душевые, туалеты) и для мытья палубы, а также для охлаждения различных теплообменных аппаратов. В отличие от остальных эта система не имеет запасных цистерн. В качестве насоса обычно используют пожарный насос либо устанавливают автономный насос забортной воды с пневмоцистерной. Трубопровод забортной воды изготовляют из труб, обладающих высокой коррозионной стойкостью — стальных, оцинкованных, медных, медно-никелевых, полиэтиленовых или же стальных, футерованных полиэтиленом.

§ 8.7. Сточные системы

Сточными системами называют группу судовых систем, состоящую из системы сточных вод, системы хозяйственно-бытовых вод и системы шпигатов открытых палуб. Они предназначены для удаления с судна различных сточных вод (из унитазов, писсуаров, ванн, умывальников, раковин и других санитарных и хозяйственно-бытовых приборов), а также вод, попадающих на открытые палубы. В связи с тем, что по Санитарным правилам и требованиям Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 г. сбрасывать за борт сточные воды при нахождении судна в портах, каналах и прибрежной зоне запрещено, на судах предусматривают специальные цистерны, емкости которых достаточны для сбора сточно-фекальных вод в течение трехсуточной стоянки (50 л сточно-фекальных вод на человека в сутки).

Сточные воды поступают в цистерны самотеком и откачиваются из них насосами, эжекторами или сжатым воздухом в береговые резервуары, грязеотвозные шаланды или в открытое море. Для периодической очистки цистерны оборудуют системой обмыва и пропаривания, а во избежание переполнения — специальной сигнализацией о заполнении цистерны на 80 %. Выключаются насосы автоматически, при заполнении цистерны. На современных судах оборудуют отвечающие Конвенции установки для очистки и обеззараживания сточных вод, позволяющие производить сброс обработанных сточных вод в море. Обработка сточных вод осуществляется биологическим, электрохимическим, физико-химическим и другими методами.

Трубопроводы сточных систем изготовляют из медных или стальных оцинкованных труб с латунной или бронзовой арматурой. Фановый трубопровод (диаметром не менее 100 мм) не должен иметь горизонтальных участков (уклон не менее 0,05 %) и резких изгибов и поворотов. Сточный трубопровод может быть меньшего диаметра, и к его прокладке предъявляют менее жесткие требования. Для упрощения сточной системы гальюны

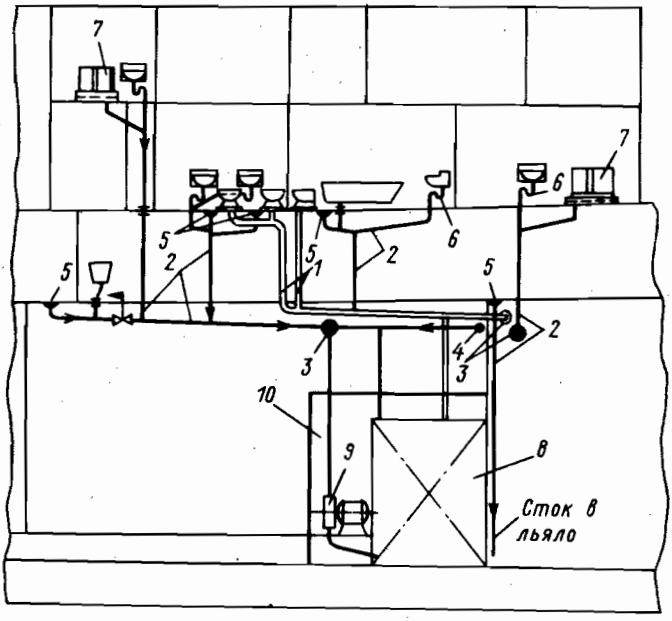


Рис. 8.21. Схема сточной системы.

1 — фановый трубопровод; *2* — сточный трубопровод; *3* — бортовая захлопка; *4* — труба, идущая с правого борта; *5* — шпигат; *6* — водяной затвор (сифон); *7* — писсуар; *8* — сточная цистерна; *9* — насос; *10* — выгородка сточной цистерны

стараются располагать по одной вертикали и группировать в определенных районах. Стойки из гальюнов и других санитарно-гигиенических помещений, как правило, не разрешается проводить через жилые и общественные помещения, камбуз, провизионные камеры, медблок и т. п. В случае крайней необходимости проходящие через эти помещения трубопроводы сточных систем должны быть тщательно звуко- и теплоизолированы, и их следует размещать в специальных выгородках.

Отливные отверстия сточных систем выводят обычно на левый борт на высоте 300 мм над грузовой ватерлинией; приемники всех других систем забортной воды размещают на правом борту. Выходное отверстие отливного трубопровода снабжают невозвратной захлопкой. Чтобы предотвратить проникновение неприятных запахов в гальюны и умывальники, у санитарных приборов устанавливают водяной затвор, обычно сифонного типа (рис. 8.21).

Система шпигатов открытых палуб состоит из установленных вдоль бортовой кромки палубы (по ватервейсу) шпигатов, переходящих в вертикальные спускные трубы, идущие в льяла, сточные колодцы или выводимые за борт в районе грузовой ватерлинии. Шпигаты снабжены сеткой для защиты спускных труб от засорения. На трубах, ведущих в льяла и сточные

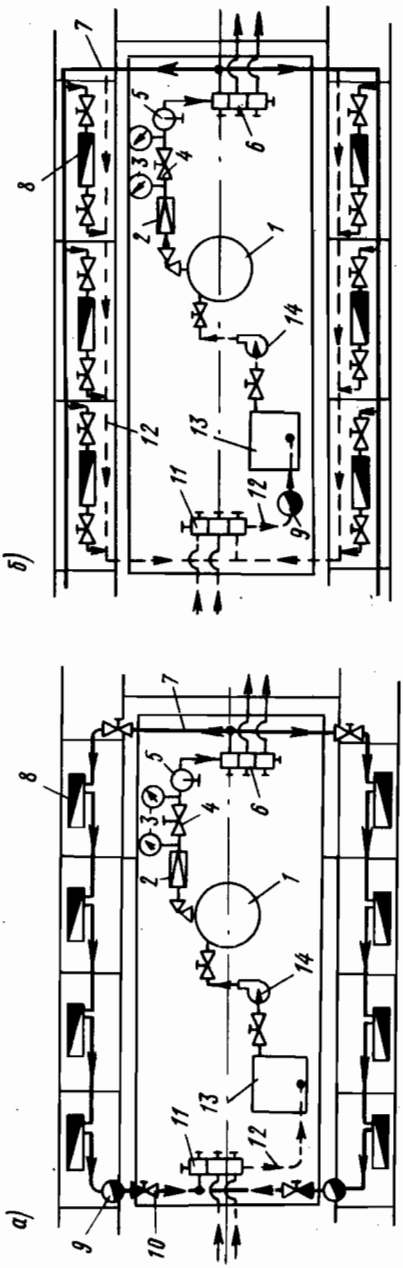


Рис. 8.22. Принципиальные схемы системы парового отопления: *а* — однопроводная; *б* — двухпроводная.
1 — паровой котел; *2* — редукционный клапан; *3* — манометр; *4* — предохранительный клапан; *5* — сепаратор; *6* — распределительная коробка с запорными клапанами; *7* — трубопровод свежего пара; *8* — грелка; *9* — конденсационный горшок; *10* — невозвратно-запорный клапан; *11* — распределительная коробка с запорными клапанами; *12* — трубопровод конденсационной воды; *13* — теплый ящик; *14* — конденсатный насос

колодцы, устанавливают шпигаты с гидравлическим затвором, предотвращающим проникновение неприятных запахов из трюма и трубопровода сточной системы; в некоторых помещениях предусматривают шпигаты с отстойниками и запорным устройством.

§ 8.8. Системы микроклимата

К этой группе систем относятся системы отопления (парового, водяного и воздушного), вентиляции и кондиционирования воздуха. Они предназначены для создания и поддержания в судовых помещениях необходимых параметров воздушной среды.

Системы отопления обеспечивают обогрев судовых помещений в холодное время года. На судах применяют паровые, водяные и воздушные системы отопления, а также отопление с помощью электрогрелок, питаемых от судовой электросети.

Систему парового отопления применяют в машинных отделениях и мастерских, санитарно-бытовых и санитарно-гигиенических помещениях, кладовых, реже — в жилых, общественных и служебных помещениях, за исключением помещений, имеющих оборудование и приборы, которые выходят из строя

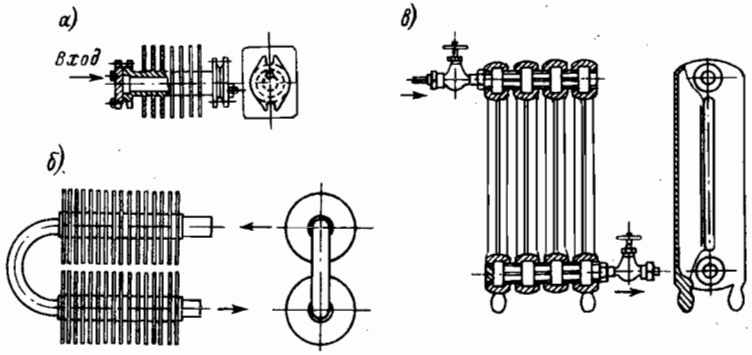


Рис. 8.23. Грелки систем парового и водяного отопления: *а* — чугунная литая; *б* — стальная двухрядная; *в* — радиатор

под действием пара в случае протечек (штурманская и радиорубки, трансляционная, гирокомпасная, музыкальные салоны, а также помещения, отделанные ценными породами дерева). Для парового отопления используют сухой насыщенный пар под давлением до 0,3 МПа (3 кгс/см^2) от главных, вспомогательных или утилизационных котлов. Система состоит из парораспределительной станции, размещаемой в МКО, специальных выгородках или нишах, тамбурах и т. п.; грелок и трубопроводов. Редукционный и предохранительный клапаны сохраняют заданное давление пара и предотвращают его повышение путем стравливания излишнего пара в атмосферу.

Различают однопроводную и двухпроводную системы парового отопления. При *однопроводной системе* (рис. 8.22, *а*) грелки включаются последовательно одна за другой, так, что каждая последующая питается смесью пара и конденсата, образовавшегося в предыдущей грелке. При *двухпроводной системе* (рис. 8.22, *б*) все грелки включаются параллельно друг другу между магистралью свежего пара и магистралью конденсационной воды. Конденсационная вода с полностью сконденсированными в конденсационном горшке остатками пара поступает в теплый ящик, а оттуда — в котел. Двухпроводная система эффективнее и надежнее однопроводной, но сложнее и на 25—30 % тяжелее.

При прокладке парового отопления помещения одного района судна с примерно равными теплопотерями объединяют в группы. При этом в каждую группу грелок пар поступает через редукционный клапан от магистрали свежего пара. Парораспределительная станция обслуживает не только систему парового отопления, но и хозяйственный паропровод, подающий пар в прачечные, камбуз, сушилки, к воздухоподогревателям системы воздушного отопления и кондиционирования воздуха (в хозяйственный паропровод подается пар под давлением 0,5 МПа).

В качестве отопительных приборов в системе парового отопления применяют *радиаторы и грелки ребристого типа* (рис. 8.23).

Трубопровод изготовляют из стальных или медных труб: магистральный — диаметром до 80 мм, отростки к отопительным приборам — диаметром 10—25 мм.

К недостаткам системы парового отопления следует отнести: шум при подаче пара, невозможность получить стабильный тепловой режим, что вредно отражается на самочувствии людей, пригорание пыли на грелках из-за высокой температуры пара, сухость воздуха в обогреваемом помещении.

Система водяного отопления, использующая в качестве теплоносителя воду, нагретую до 70—95°, по устройству очень похожа на систему парового отопления; в ней лишь отсутствуют приборы и арматура, имеющие «паровую» специфику (конденсационные горшки, сепараторы, редукционные и предохранительные клапаны). Горячую воду получают в водоподогревателе и подают по напорному трубопроводу в грелки и радиаторы такого же типа, как и для парового отопления; отдав тепло, вода возвращается в водоподогреватель. Циркуляция воды в системе обеспечивается специальным циркуляционным насосом (принудительная циркуляция) или благодаря разности давлений горячей и отработавшей воды (естественная циркуляция).

Системы водяного отопления бывают *однотрубными* и *двухтрубными*. Так как под влиянием температуры изменяется объем воды, к напорной магистрали водяного отопления подключают расширительный бак. Если этот бак сообщается с атмосферой, систему называют *открытой*, если не сообщается, — *закрытой*. На большинстве судов применяют открытую систему, причем расширительный бак размещают возможно выше. Закрытая система используется только на небольших судах и катерах.

Трубопровод системы водяного отопления монтируют из стальных водогазопроводных труб диаметром 20—80 мм.

Водяное отопление имеет ряд преимуществ перед паровым: бесшумность, гигиеничность, стабильность теплового режима, безопасность. Но оно более громоздко, тяжелее и ненадежно в условиях низких температур (возможно замерзание воды в трубопроводах).

Система воздушного отопления основана на обогреве помещений теплым воздухом. В настоящее время ее совмещают с системой вентиляции или с системой кондиционирования воздуха и как самостоятельную на судах не применяют.

Система вентиляции призвана поддерживать чистый, свежий воздух в жилых, служебных и общественных помещениях, в грузовых трюмах и танках, в провизионных кладовых, удалять скопление газов из коффердамов, аккумуляторных и т. д. Подаваемый в помещения наружный воздух специальной обработке не подвергается.

Система вентиляции подразделяется на *общесудовую* и *вентиляцию различных помещений и постов*. Различают *естественную* и *искусственную вентиляцию*. При естественной вентиляции движение воздуха вызывается разностью температур или ветром, который, воздействуя на специальные вентиляционные головки — дефлекторы (рис. 8.24), втягивает или вытягивает воздух из вентилируемого помещения. На современных судах естественную вентиляцию почти не применяют. В качестве искусственных побудителей движения воздуха используют центробежные и осевые вентиляторы с электро- или турбоприводом. В помещениях с загрязненным воздухом — в курительных, камбузах, изоляторах, санузлах, аккумуляторных — применяют *вытяжную вентиляцию*. Помещения, в которых всегда должен быть чистый воздух — каюты, салоны, посты, медблок, — оборудуют *вдувной вентиляцией*. Для обеспечения устойчивого притока воздуха используют *комбинированную систему*, т. е. в одном и том же помещении одновременно оборудуют и вдувную и вытяжную вентиляции, которые позволяют удалять загрязненный воздух и предотвращать распространение запахов по судну. Грузовые трюмы иногда оборудуют естественной вентиляцией, при этом вдувные дефлекторы устанавливают у кормовых переборок, а вытяжные — у носовых. Рефрижераторные трюмы снабжают искусственной вентиляцией.

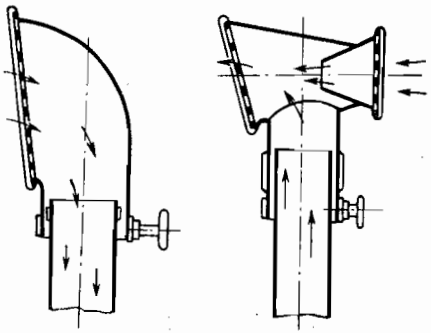


Рис. 8.24. Вентиляционные дефлекторы

Системы вентиляции обычно выполняют по групповому принципу, объединяя в группы однотипные по параметрам воздуха помещения в пределах одной вертикальной противопожарной зоны и одного водонепроницаемого отсека.

На судах, перевозящих скоропортящиеся грузы, а также в провизионных рефрижераторных кладовых применяют систему охлаждения воздуха (аэрорефрижерации). Воздух, вдуваемый в эти помещения, охлаждается либо в результате продувания его через специальные теплообменники, охлаждаемые в свою очередь с помощью рефрижераторных машин, либо непосредственно в обслуживаемом помещении, в котором установлены специальные батареи с хладоносителем — рассолом.

Чтобы лучше сохранить груз, а также уменьшить коррозию, в сухогрузные трюмы и грузовые танки подают *осушенный воздух*. Воздух осушают, пропуская его через воздухоосушительную установку со специальным химическим влагопоглотителем (адсорбентом), роль которого выполняет хлористый литий, сили-

кагель, феррогель и другие вещества. Практикуется объединение воздухоосушительной установки с системой инертных газов; в этом случае в грузовые помещения подается не осушенный воздух, а осушенные инертные газы, что не только способствует уменьшению коррозии, но и повышает противопожарную безопасность.

Система кондиционирования воздуха, получившая широкое распространение на морских судах, необходима для создания в помещениях, главным образом жилых и общественных, воздушной среды заданной температуры и влажности независимо от внешних условий. В этой системе сочетаются принципы действия систем вентиляции, отопления, охлаждения и осушения воздуха, поэтому в помещениях, имеющих систему кондиционирования, никаких других из упомянутых систем не устанавливают.

Систему кондиционирования оборудуют в пределах каждого водонепроницаемого отсека; группу помещений обслуживает один центральный кондиционер. Некоторые помещения (например, кают-компания, салоны) может обслуживать автономный кондиционер. Кондиционер состоит из воздушного фильтра, калориферов (первичного и вторичного), охладителя воздуха, увлажнителя и влагоотделителя. В зимнее время поступающий снаружи холодный воздух подогревается и увлажняется; в летнее время воздух охлаждают и осушают. В помещении заданные параметры воздуха поддерживаются автоматически с помощью специальных регуляторов.

В работе системы кондиционирования воздуха можно использовать атмосферный воздух, а также, частично, воздух обслуживаемого помещения (рециркуляционный воздух).

Различают два основных типа систем кондиционирования воздуха: низконапорную (низкоскоростную) и высоконапорную (высокоскоростную).

Низконапорная система (рис. 8.25, *а*) состоит из кондиционера, вентиляторов, магистрального трубопровода и местных отростков с воздухораспределителями. Засасываемый вдувным вентилятором наружный воздух поступает в кондиционер, обрабатывается и через магистральный трубопровод подается к воздухораспределителям, откуда попадает в обслуживаемые помещения. Из помещений воздух удаляется вытяжным вентилятором, причем около $^2/_3$ его снова поступает в кондиционер. Так как при такой схеме полная обработка воздуха осуществляется в центральном кондиционере, то во все помещения поступает воздух с одинаковыми параметрами; поэтому данную систему применяют для помещений, в которых не требуется индивидуальной регулировки, — кают-компания и другие общественные помещения.

Высоконапорная система (рис. 8.25, *б* и *в*) кондиционирования отличается более высокой скоростью подачи воздуха (20—30 м/с вместо 10—15) и большим его напором. Ее применяют в помещениях, требующих индивидуального регулирования температуры, и выполняют или по *одноканальной*, или *двухканальной схеме*.

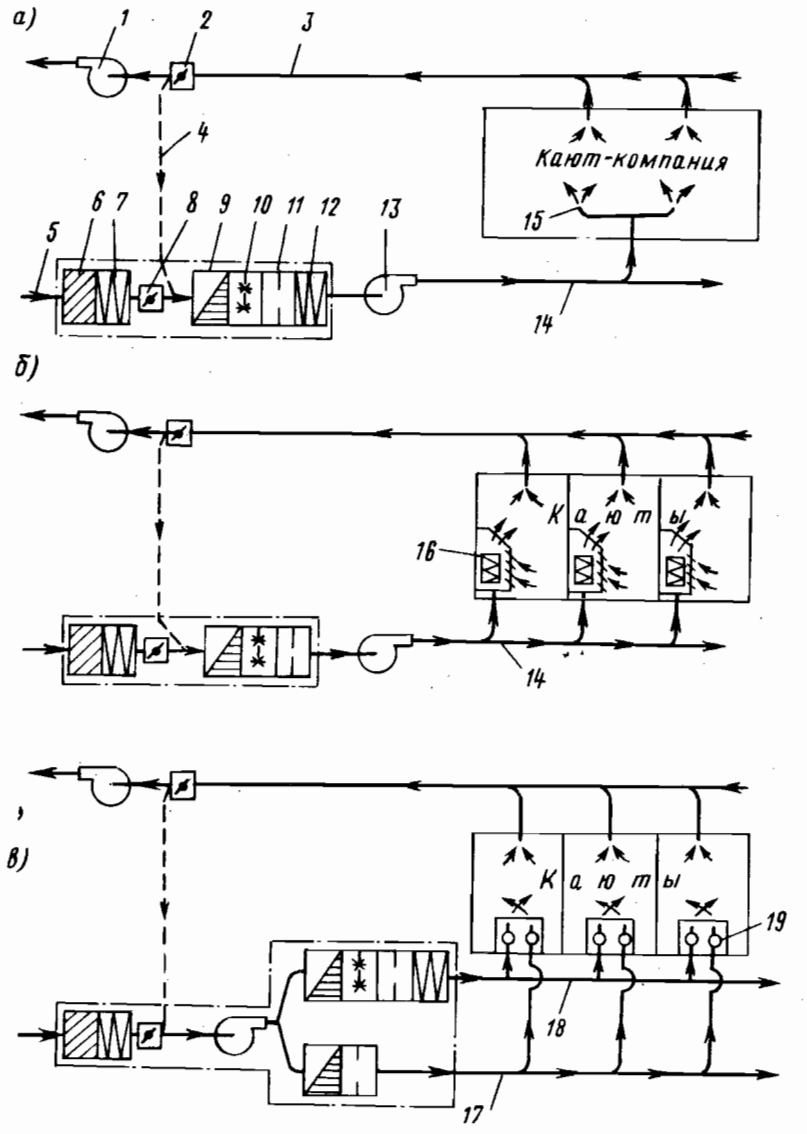


Рис. 8.25. Системы кондиционирования воздуха: *а* — низконапорная; *б* — высоконапорная одноканальная; *в* — высоконапорная двухканальная.

1 — вентилятор вытяжной; *2*, *8* — заслонка; *3* — канал вытяжной; *4* — канал рециркуляционного воздуха; *5* — канал приема наружного воздуха; *6* — фильтр; *7* — воздухонагреватель (первичный); *9* — охладитель; *10* — воздухоувлажнитель; *11* — влагоотделнтель; *12* — воздухонагреватель (вторичный); *13* — вентилятор вдувной; *14* — напорный магистральный воздухопровод; *15* — воздухораспределитель; *16* — каютный кондиционер; *17* — канал холодного воздуха; *18* — канал теплого воздуха; *19* — каютный смеситель

В первом случае в центральный кондиционер поступает только наружный воздух, который доводят до температуры 10—15° и под повышенным напором подают в местные (каютные) кондиционеры, представляющие собой водяные калориферы; здесь воздух вторично подогревается до 20—25°. Обработанный таким образом воздух выходит из каютных кондиционеров с повышенной скоростью, подсасывая при этом воздух из помещения. Последний, проходя через кондиционер, также подвергается подогреву (или охлаждению — в зависимости от времени года). Таким образом осуществляется рециркуляция и местное регулирование температуры.

При двухканальной схеме к помещениям по двум параллельным магистралям подают подогретый и холодный воздух, который можно в разных пропорциях смешивать в каютных воздухораспределителях.

§ 8.9. Специальные системы танкеров

В отличие от всех других типов судов танкеры имеют ряд специфических судовых систем, связанных с характером перевозимого груза, например грузовую и зачистную системы, системы автоматизированного управления грузовыми операциями, подогрева груза и мойки танков, газоотводных труб, дистанционного замера уровня груза.

Грузовая система (рис. 8.26) обеспечивает прием и выдачу нефти и нефтепродуктов. Она состоит из грузовых насосов (поршневых или центробежных с паровым или электроприводом), размещаемых в насосном отделении, и грузового магистрального трубопровода, линейного или кольцевого типа, с отростками. Диаметр грузового трубопровода 200—400 мм, на супертанкерах — до 800 мм. Для упрощения схемы грузовой системы и уменьшения ее массы на танкерах иногда применяют так называемую *бесструбную грузовую систему* с перепускными клинкетами. На современных танкерах-продуктовозах за рубежом часто применяют так называемые *погружные насосы*, располагаемые в грузовых танках.

Принимают груз на танкер, как правило, с помощью береговых насосов, а выгружают — с помощью судовых. Чтобы сократить стоянку судна под выгрузкой, на танкерах устанавливают грузовые насосы возможно большей производительности — до 2500—5000 т/ч. Для полной очистки грузовых танков от остатков нефтепродуктов служит **зачистная система**, выполняемая из труб диаметром 80—120 мм и обслуживаемая поршневыми насосами небольшой производительности. На танкерах, имеющих двойное дно, очистка танков от остатков груза значительно упрощается благодаря устройству под вторым дном сточных колодцев. Управление грузовыми операциями осуществляется дистанционно — из поста управления грузовыми операциями (ПУГО).

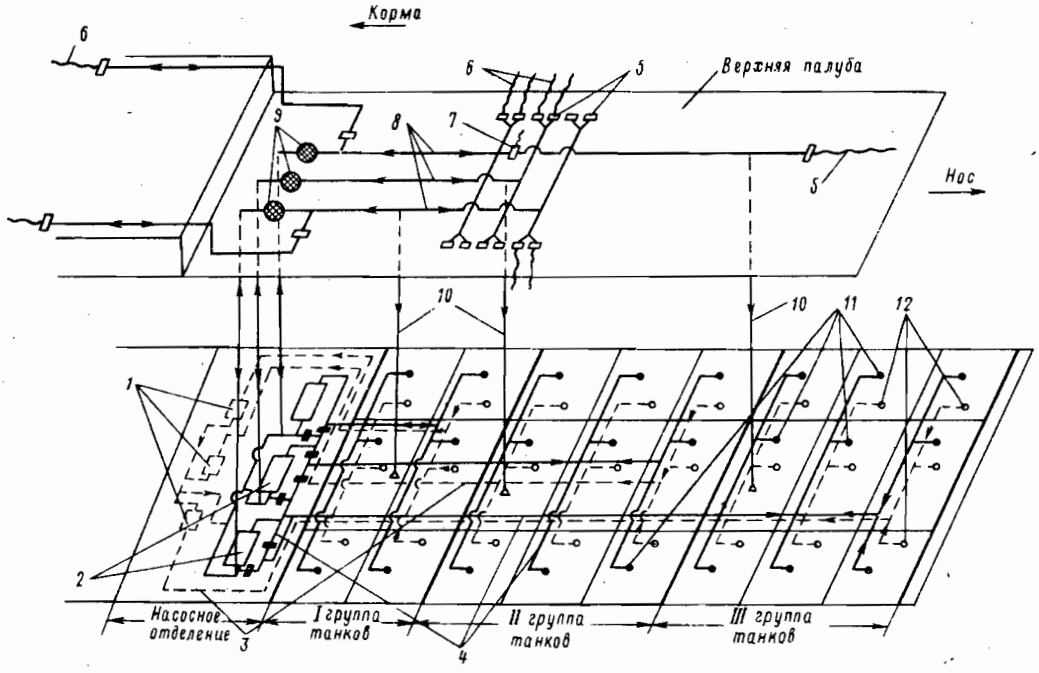


Рис. 8.26. Схема грузовой и зачистной систем на танкере, перевозящем несколько сортов груза.

1 — зачистные насосы; *2* — грузовые насосы; *3* — зачистной трубопровод; *4* — грузовой трубопровод; *5* — быстроразъемные соединения для крепления гибких шлангов; *6* — гибкие шланги; *7* — клинкет; *8* — магистральные трубопроводы на верхней палубе; *9* — фильтры; *10* — спускные трубы, отводящие груз из палубных трубопроводов непосредственно в грузовые танки; *11* — приемные отростки грузовой системы с клинкетами, управляемыми дистанционно; *12* — приемные отростки зачистной системы с клинкетами, управляемыми дистанционно

На некоторых новых танкерах применяют **системы автоматизированного управления грузовыми операциями.**

Система подогрева груза предназначена для уменьшения вязкости перевозимых нефтепродуктов (уменьшение вязкости облегчает их всасывание и выкачку). Для подогрева груза по днищу танка либо в его углах укладывают специальные змеевики, питающиеся паром от системы хозяйственного паропровода.

Чтобы избежать образования взрывоопасных паров, а также предотвратить загрязнение моря нефтью при выкачке балластной воды из загрязненных грузовых танков, до приема балласта эти танки моют и пропаривают *. Моют танки с помощью специальных моющих машинок, которые опускают в каждый танк через горловину, или стационарно установленных гидромониторов. Машинки или гидромониторы распыливают горячую воду с моющими веществами. Кроме того, на танкерах имеется специальная **система мойки танков**, работающая по замкнутому циклу: подаваемый в танк горячий (60—80°) моющий раствор откачивают в специальные отстойные танки, в которых происходит отделение остатков нефтепродуктов от воды, после этого очищенную воду подогревают и снова подают в танк. В настоящее время получила широкое распространение мойка танков сырой нефтью.

С целью удаления паров нефтепродуктов, интенсивно образующихся при резких колебаниях температур наружного воздуха и забортной воды, в грузовых танках и коффердамах оборудуют *систему газоотводных труб*. Отвод паров и газов в атмосферу и подача свежего воздуха в танки происходит автоматически, с помощью так называемых дыхательных клапанов, через вертикальные трубы, которые прокладывают внутри мачт или устанавливают отдельно. Выходные отверстия труб со специальными огневыми предохранителями располагают на высоте 10—15 м над палубой.

Уровень груза в танках при погрузке и выгрузке контролируют путем замера обычными футштоками, а также дистанционно, с помощью системы дистанционного замера уровней груза. Для этого используют поплавковые, локационные и другие уровнемеры.

Контрольные вопросы

1. Расскажите о назначении и конструктивных особенностях систем: балластной; водяного пожаротушения; объемного химического пожаротушения; сточных вод; кондиционирования воздуха; грузовой и зачистной нефтеналивного судна.
2. Назовите основные цвета маркировки судовых систем.

---

* В соответствии с требованиями Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов МАРПОЛ 73/78 новые танкеры дедвейтом более 20 000 т должны иметь незагрязняемые балластные танки для приема изолированного балласта.

Глава девятая

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

§ 9.1. Типы, состав и размещение судовых энергетических установок

Судовая энергетическая установка представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных механизмов, теплообменных аппаратов, устройств и трубопроводов, предназначенных для обеспечения движения судна с заданной скоростью, а также для снабжения энергией различных механизмов, систем, устройств и т. п.

Основная часть вырабатываемой судовой энергетической установкой энергии расходуется на перемещение судна по воде под действием *упора*, создаваемого работой *судового движителя* (гребного винта, гребного колеса, крыльчатого движителя и т. д.), который приводится в движение *главным судовым двигателем*.

На судах применяют в основном двигатели, в которых механическая энергия вырабатывается в результате преобразования тепловой энергии, образующейся при сжигании топлива. В зависимости от используемой рабочей среды такие двигатели, называемые т е п л о в ы м и, подразделяют на две основные группы — паровые и двигатели внутреннего сгорания.

Паровые двигатели — паровые турбины и машины (на старых судах) — используют энергию пара, который образуется в паровых котлах при сжигании топлива в их топках.

Двигатели внутреннего сгорания используют энергию газов, образующихся при сгорании топлива в самих двигателях. К этой группе относятся также газовые турбины, которые используют энергию газов, образующихся при сгорании топлива в специальных камерах или генераторах газа.

В зависимости от способа превращения тепловой энергии в механическую в двигателях последние подразделяют на следующие типы: *поршневые*, у которых возвратно-поступательное движение поршней под давлением рабочей силы преобразуется во вращательное движение вала; *турбинные* — вал вращается под действием скоростного потока частиц пара или газа, воздействующего на лопатки насаженного на вал рабочего колеса; *реактивные*, у которых тяга создается под влиянием реакции струи газов, вытекающей из сопла двигателя.

На современных судах устанавливают следующие типы главных двигателей: двигатели внутреннего сгорания, паровые турбины, газовые турбины. Каждому типу соответствует свой способ передачи крутящего момента от главного двигателя к гребному валу.

Прямая передача от главного двигателя к гребному валу осуществляется при использовании малооборотных судовых ди-

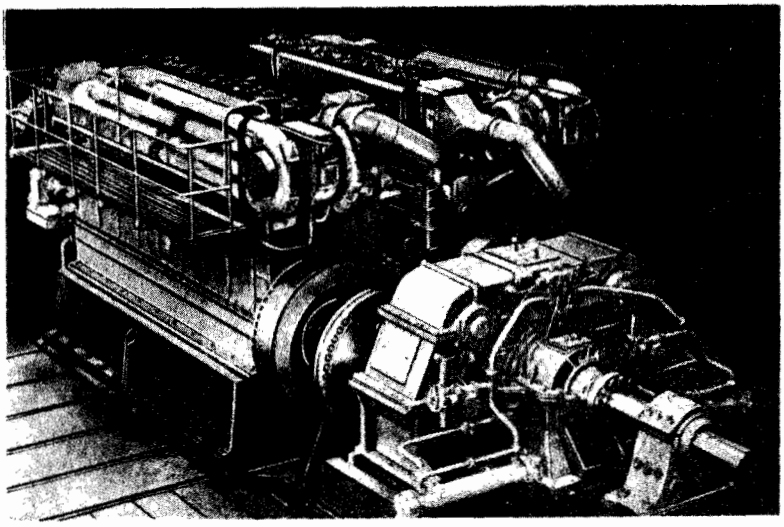


Рис. 9.1. Дизель-редукторная установка (два двигателя внутреннего сгорания работают через редуктор на один вал)

зелей. При средне- и высокооборотных дизелях вращение гребному валу передается с помощью зубчатой передачи — редуктора. Редукторную передачу применяют также в паротурбинных установках (ПТУ) (при этом турбина делает 5000—6000 об/мин, а гребной вал — 80—200 об/мин), а также в установках из нескольких любых двигателей, работающих на один гребной вал (рис. 9.1).

На гражданских судах наибольшее распространение получили *дизельные* и *паротурбинные установки*. Первые применяют почти на всех новых судах с мощностью энергетической установки до 20 000—30 000 кВт. Паротурбинные установки целесообразно использовать при мощностях от 15 000—18 000 до 30 000—38 000 кВт на один вал, однако в связи с созданием мощных экономичных дизелей, а также резким ростом цен на топливо, число паровых турбин даже на крупных морских судах существенно сократилось. В 1986 г. в составе мирового торгового флота около 98 % судов имели дизельные установки. Применение *газотурбинных установок* (ГТУ) на больших судах носит пока экспериментальный характер, зато на малых быстроходных судах, например на судах на подводных крыльях, они получили широкое распространение. На судах, имеющих по условиям эксплуатации два ходовых режима, отличающихся по потребляемой мощности и продолжительности, применяют комбинированные установки. Они состоят из двигателей двух типов — основного (дизеля или паровой турбины), обеспечивающего длительный экономический ход, и так называемого форсажного двигателя, предназначенного для резкого кратковременного увеличения мощности с целью

получения большой скорости хода. В качестве форсажных двигателей обычно применяют менее экономичные, но зато значительно более компактные газовые турбины. Такие комбинированные судовые энергетические установки применяют на тех судах, которым необходимо точно выдерживать расписание независимо от погоды (некоторые линейные пассажирские, контейнерные, накатные и т. п. суда). К комбинированным относятся также такие установки, в которых двигатели обоих типов связаны единым термодинамическим циклом, с целью существенного повышения общего КПД установки. В таких установках теплота отходящих газов двигателя одного типа используется в утилизационном парогенераторе для приготовления рабочего пара или газа для двигателя другого типа (подобная комбинированная газопаротурбинная установка применена на быстроходных контейнеровозах типа «Капитан Смирнов»).

На некоторых судах, которые должны обладать повышенной маневренностью — ледоколах, паромах, плавучих кранах, портовых буксирах, — используют *установки с электродвижением;* гребные винты вращаются гребными электродвигателями, которые питаются электрическим током от генераторов, имеющих в качестве первичного двигателя дизель, паровую или газовую турбины. Такие суда называют соответственно дизель-электроходами, турбоэлектроходами или газотурбоэлектроходами.

Бурное развитие атомной энергетики и успехи применения атомной энергии в мирных целях привели к созданию нового типа судовой энергетической установки, отличающейся от обычной паротурбинной или турбоэлектрической тем, что рабочая среда — пар — вырабатывается не в котле, а в специальном аппарате (парогенераторе), который использует тепло, образующееся в результате ядерной реакции, протекающей в реакторе.

Судовая энергетическая установка должна быть компактной, легкой и экономичной, т. е. расходовать возможно меньше топлива на единицу мощности в час и потреблять наиболее дешевое топливо. Одним из главных требований, предъявляемых к судовой установке, является высокая надежность в работе и большой моторесурс — продолжительность работы без капитального ремонта.

По экономичности первое место занимают дизельные установки, у которых удельный расход топлива не превышает 180—220 г/(кВт·ч). Однако дизельные установки тяжелы (100—120 г/кВт) и громоздки (длина МКО, в которых их размещают, должна составлять 14—16 % длины судна). ПТУ, наоборот, значительно легче дизельных (60—75 г/кВт) и компактнее (длина МКО составляет лишь 11—12,5 % длины судна), но они менее экономичны, так как удельный расход топлива у них 280—320 г/(кВт·ч), а у современных ПТУ большой мощности — 245—260 г/(кВт·ч). Поэтому при выборе типа энергетической установки следует учитывать, что даст большую экономию в массе — сама энерге-

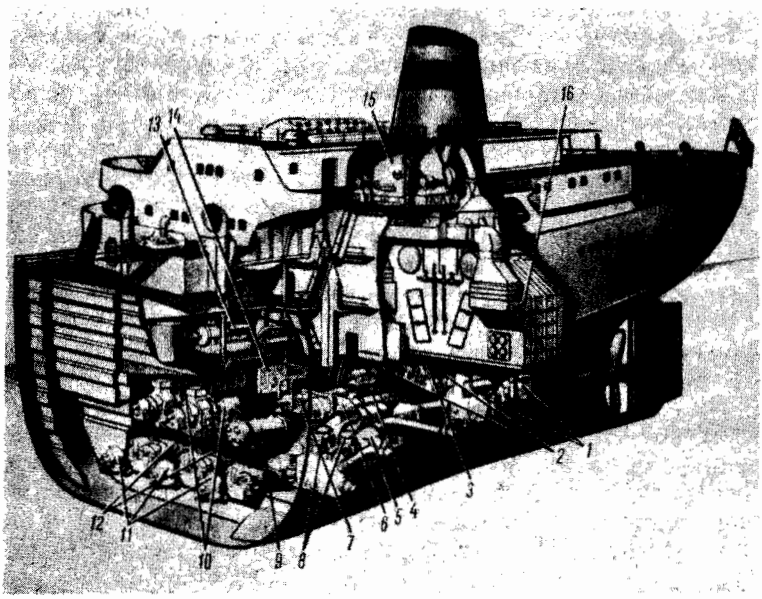


Рис. 9.2. Общее расположение механизмов в машинно-котельном отделении турбинного танкера.

1 — испаритель; *2* — питательный электронасос; *3* — питательный турбонасос; *4* — редуктор; *5* — главный конденсатор; *6* — турбина низкого давления; *7* — турбина высокого давления; *8* — главные охлаждающие насосы; *9* — деаэратор; *10* — турбогенераторы; *11* — грузовые насосы; *12* — вспомогательный конденсатор; *13* — дизель-генератор; *14* — главный пульт управления; *15* — воздухоподогреватель; *16* — главный котел

тическая установка или запасы топлива для нее. Наиболее высоким моторесурсом отличаются ПТУ — 100 000—150 000 ч до капитального ремонта.

ГТУ легче, компактнее (объем МКО уменьшается на 40—50 %), они (в сочетании с теплоутилизационными приставками) потребляют еще меньше топлива, чем ПТУ, поэтому их считают наиболее перспективными для применения на тех транспортных судах, для которых наиболее важен выигрыш в использовании объемов (суда типа «ро-ро», контейнеровозы и т. п.), особенно если удастся устранить их главные недостатки — высокую шумность и малый моторесурс (20 000—25 000 ч). Преимуществом дизельных установок является их способность к реверсу, т. е изменению направления вращения вала. У ПТУ и ГТУ для этой цели приходится предусматривать турбину заднего хода или применять гребной винт регулируемого шага (ВРШ).

В состав каждой энергетической установки входят: *главный двигатель* — для создания необходимой мощности, которая обеспечивает судну заданную скорость; *движитель* — для преобразования энергии вращения двигателя в упор, приложенный к судну; *валопровод* — для передачи мощности от главного дви-

гателя к движителю (если главный двигатель имеет большее число оборотов, чем движитель, между последним и валопроводом устанавливают понижающий редуктор); *вспомогательные механизмы* для обеспечения судна электроэнергией, паром для бытовых нужд, опресненной водой и пр.

Энергетическую установку размещают на судне в специальных помещениях, которые называются отделениями. В зависимости от типа установки различают: котельные отделения, в которых размещают главные котлы с обслуживающими их механизмами; машинные отделения, в которых располагают главные двигатели с обслуживающими их механизмами; отделения вспомогательных механизмов, в которых размещают механизмы судовой электростанции, испарительные установки, рефрижераторные установки и пр.

На большинстве гражданских судов все отделения энергетической установки находятся в одном водонепроницаемом отсеке (рис. 9.2) и только на очень крупных судах, например на океанских пассажирских лайнерах, — в нескольких отсеках.

Чаще всего ее располагают в кормовой части судна либо в корму от середины судна и, реже, в средней части.

§ 9.2. Паровые котлы и котельные установки

Паровые котлы устанавливают на судах для превращения воды в пар за счет тепла, выделяющегося при сжигании топлива. В зависимости от назначения судовые котлы подразделяют на *главные*, вырабатывающие пар для главных и вспомогательных механизмов, и *вспомогательные*, обеспечивающие паром систему отопления, камбуз, баню, прачечную и т. п., а также вспомогательные механизмы во время стоянки.

На пароходах вспомогательные котлы действуют только на стоянках (иногда вместо вспомогательного работает один из главных), на теплоходах — в течение всего рейса.

Судовые котлы работают в основном на жидком топливе. Каждый паровой котел состоит из корпуса, топки и газоходов. В корпусе находится вода и пар (внизу водяное, выше — паровое пространство). Поверхность котла, обогреваемая с одной стороны горячими газами, а с другой омываемая водой, называется поверхностью нагрева. Топка служит для сжигания топлива, газоходы — для движения горячих дымовых газов из котла в дымовую трубу.

Паровые котлы характеризуются: *площадью поверхности нагрева; паропроизводительностью* — количеством пара, вырабатываемого в течение одного часа; *рабочим давлением и температурой перегрева пара* — основными параметрами пара, производимого котлом *; *удельным паросъемом* — отношением паропроизводи-

* Давление до 1,5 МПа (15 кгс/см²) принято считать низким, от 1,6 до 2,8 МПа (16 до 28 кгс/см²) — средним, от 2,9 до 6,0 МПа (29 до 60 кгс/см²) — повышенным и от 6,0 до 10,0 МПа (60 до 100 кгс/см²) и более — высоким.

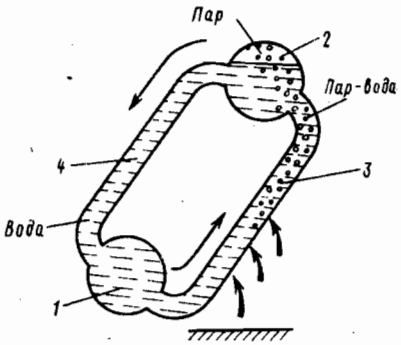


Рис. 9.3. Схема циркуляции воды в трубках водотрубного котла.
1 — водяной коллектор; *2* — пароводяной коллектор; *3* — подъемная трубка; *4* — спускная трубка

тельности к площади поверхности нагрева; *коэффициентом полезного действия* КПД—отношением полезно использованной теплоты (израсходованной на получение пара) ко всей теплоте, которое отдало сгоревшее в топке топливо.

В зависимости от того, как обтекают горячие газы поверхность нагрева, котлы подразделяют на огнетрубные, водотрубные и комбинированные.

В огнетрубных котлах горячие дымовые газы движутся внутри дымогарных труб и камер, омываемых водой. В водотрубных котлах, наоборот, горячие газы омывают снаружи трубки, внутри которых находится вода. В комбинированных котлах часть труб служит для прохода горячих газов, а часть омывается газами снаружи. В зависимости от принятого принципа циркуляции различают котлы с естественной и с принудительной циркуляцией воды. Огнетрубные котлы относятся к котлам с естественной циркуляцией. В водотрубных котлах предусматривается либо естественная, либо принудительная циркуляция. Если при принудительной циркуляции вода только один раз проходит по трубкам и полностью испаряется, то такой котел называют прямоточным. Огнетрубные котлы имеют невысокую паропроизводительность (5—6 т/ч), низкий КПД (70—75 %), большие габариты и массу, поэтому они сейчас встречаются только на судах внутреннего плавания старой постройки. На современных пароходах устанавливают только водотрубные котлы.

В водотрубных котлах находящаяся в трубках вода нагревается омывающими их горячими дымовыми газами, которые образуются в топке, и превращается в пар. Чтобы процесс парообразования протекал непрерывно, в трубки все время должна поступать вода. Это обеспечивается естественной или принудительной циркуляцией воды. Естественная циркуляция воды в трубках происходит по схеме, показанной на рис. 9.3.

Нагреваемая горячими дымовыми газами вода, находящаяся в *подъемной трубке*, поднимается в верхний пароводяной коллектор, одновременно с этим по *спускной трубке* холодная вода опускается в нижний водяной коллектор. Так устанавливается непрерывное движение воды: по подъемной трубке вверх, по спускной — вниз. По мере нагревания вода в подъемной трубке превращается в пар, который поступает в паровой коллектор, оттуда в пароперегреватель и затем к потребителям.

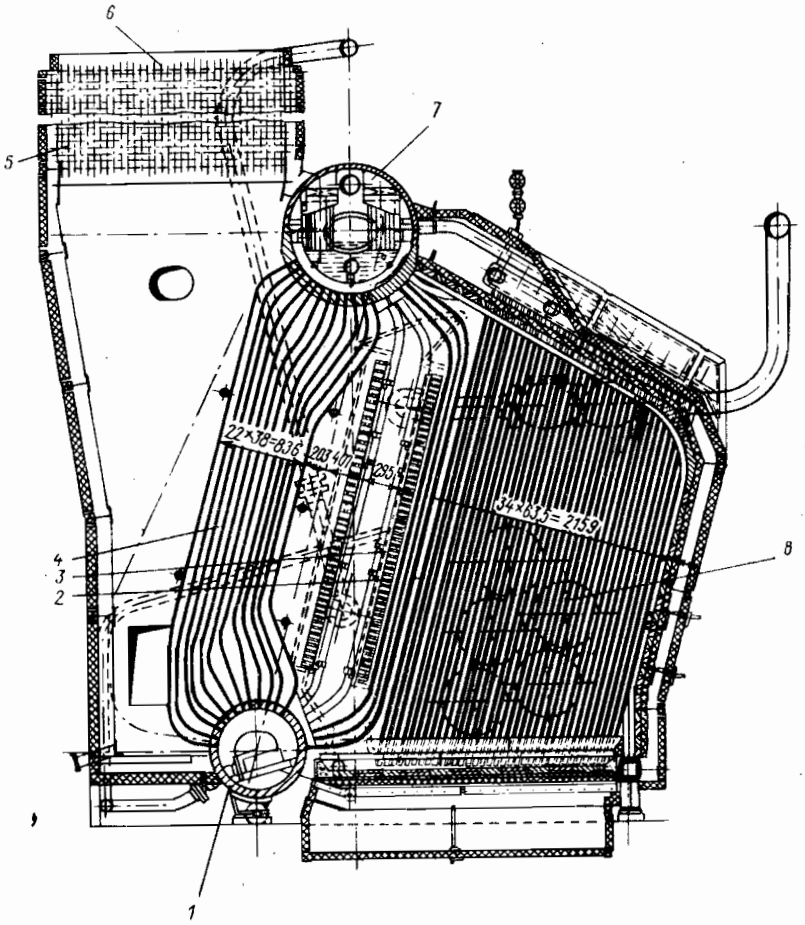


Рис. 9.4. Вертикально-водотрубный двухбарабанный котел.

1 — водяной коллектор; *2* — подъемные водогрейные трубки; *3* — трубки пароперегревателя; *4* — спускные водогрейные трубки; *5* — водоподогреватель; *6* — дымоход; *7* — пароводяной коллектор; *8* — осевые линии мазутных топок

Водотрубные котлы бывают с малонаклонными трубками — горизонтально-водотрубные (секционные) и с крутонаклонными трубками — вертикально-водотрубные.

Наиболее распространены на судах вертикально-водотрубные котлы (рис. 9.4). Они состоят из одного-двух нижних водяных коллекторов и одного верхнего — парового. Водогрейные трубки расположены под углом 35—75° к горизонту. Во время работы котла нижние водяные коллекторы и половина верхнего наполнены водой. Горячие дымовые газы, образующиеся в топке при сжигании мазута, омывают нижние пучки водогрейных трубок,

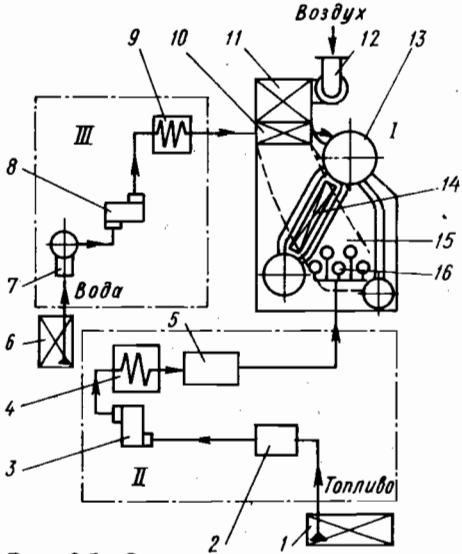


Рис. 9.5. Судовая котельная установка: I — котел; II — топливная система; III — питательная система.

1 — топливная цистерна; *2* — топливный фильтр грубой очистки; *3* — топливный насос; *4* — подогреватель топлива; *5* — топливный фильтр тонкой очистки; *6* — цистерна питательной воды; *7* — деаэратор; *8* — турбопитательный насос; *9* — водоподогреватель; *10* — экономайзер котла; *11* — воздухоподогреватель; *12* — котельный вентилятор; *13* — паровой коллектор котла; *14* — пароперегреватель; *15* — воздухопровод; *16* — форсунки

трубки пароперегревателя, расположенные между рядами водогрейных трубок, задние пучки водогрейных трубок, а также подогреватель питательной воды (водяной экономайзер) и воздуха и выходят через дымоходы и дымовую трубу в атмосферу. Эти котлы имеют высокий КПД (до 93 %), большую производительность и меньшую массу, чем секционные. Они позволяют получать пар давлением 4,5—10,0 МПа (45—100 кгс/см^2) с температурой перегрева 470—540 °С (на крупнотоннажных танкерах параметры пара котельной установки — 8,0 МПа (80 кгс/см^2); 515 °С).

Для работы любого котла к нему нужно подвести топливо, питательную воду и воздух, необходимый для горения. Все это обеспечивается топливной, питательной и воздухоподающей системами, которые вместе с котлом, паропроводами и дымоходом образуют **котельную установку** (рис. 9.5).

Топливная система состоит из топливных цистерн, фильтров, топливных насосов, подогревателей топлива, трубопроводов. В качестве топливных насосов используют поршневые, шестеренные турбо- или электронасосы. Топливо в топку подается в распыленном виде через распылители — *форсунки*.

Питательная система подготавливает котельно-питательную воду и подает ее в котел. Она состоит из водяной цистерны, питательных насосов, подогревателей и трубопроводов. Котельные установки, вырабатывающие пар высоких параметров, имеют в составе питательной системы *деаэраторы*, предназначенные для выделения из воды растворенного в ней кислорода. Это необходимо для того, чтобы избыток кислорода не увеличивал коррозию (ржавление) внутренних поверхностей котла. Питательные насосы бывают поршневыми (для котлов низкого давления) и центробежными — с электро- или турбоприводом.

Воздухоподающая система подает воздух, необходимый для процесса горения топлива, в топку специальными

котельными вентиляторами (с турбо- или электроприводом). Горячие дымовые газы, пройдя котел, удаляются в атмосферу через дымоходы и дымовую трубу.

Паропроводы, состоящие из труб и арматуры, служат для отвода пара от котлов к потребителям.

Вспомогательные котлы устанавливают на судах для обеспечения паром бытовых потребителей. Они имеют небольшую по сравнению с главными котлами паропроизводительность (1—5 т/ч) и невысокие параметры пара (давление — до 1,0 МПа (10 кгс/см^2), температура — до 200°). Исключение составляют вспомогательные котлы дизельных танкеров, обеспечивающие при необходимости паром привод грузовых насосов, палубных механизмов, а также обогрев груза и пропаривание грузовых танков: их производительность достигает 25—30 т/ч, а давление пара — 2,5—28 МПа (25—280 кгс/см^2). КПД вспомогательных котлов — 70—80 %. На современных судах используют главные и вспомогательные котлы, у которых управление процессами питания и горения автоматизировано.

Утилизационные котлы, использующие тепло отработавших газов главного двигателя, применяют на судах с дизельными и газотурбинными энергетическими установками, вследствие чего увеличивается КПД энергетической установки. Их размещают на выхлопном трубопроводе.

§ 9.3. Паровые турбины и паротурбинные установки

Паровая турбина представляет собой механизм, преобразующий потенциальную энергию пара сначала в кинетическую энергию скоростной струи пара, а затем в механическую работу вращения вала. Выходящая из сопла струя пара воздействует на лопатки и тем самым вращает колесо, а следовательно, и вал (рис. 9.6).

Паровая турбина (рис. 9.7) состоит из одного или нескольких соединенных колес, насаженных на общий вал с радиально укрепленными на ободе каждого колеса криволинейными рабочими лопатками. В составе каждой турбины имеются *ротор* — вращающаяся часть — и *статор* — неподвижная часть, в которой расположены подшипники ротора и направляющий струю пара аппарат. В направляющем аппарате происходит расширение пара, во время которого падает его давление и увеличивается скорость струи.

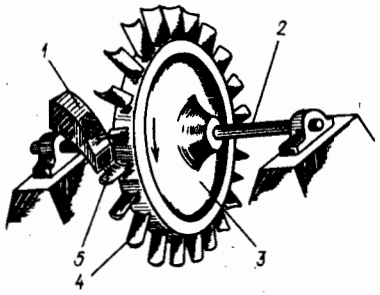


Рис. 9.6. Схема простейшей паровой турбины.

1 — направляющий аппарат (сопло); *2* — вал; *3* — диск; *4* — рабочая лопатка; *5* — струя пара

В зависимости от расположения оси ротора, числа корпусов и принципа работы турбины бывают вертикальные и

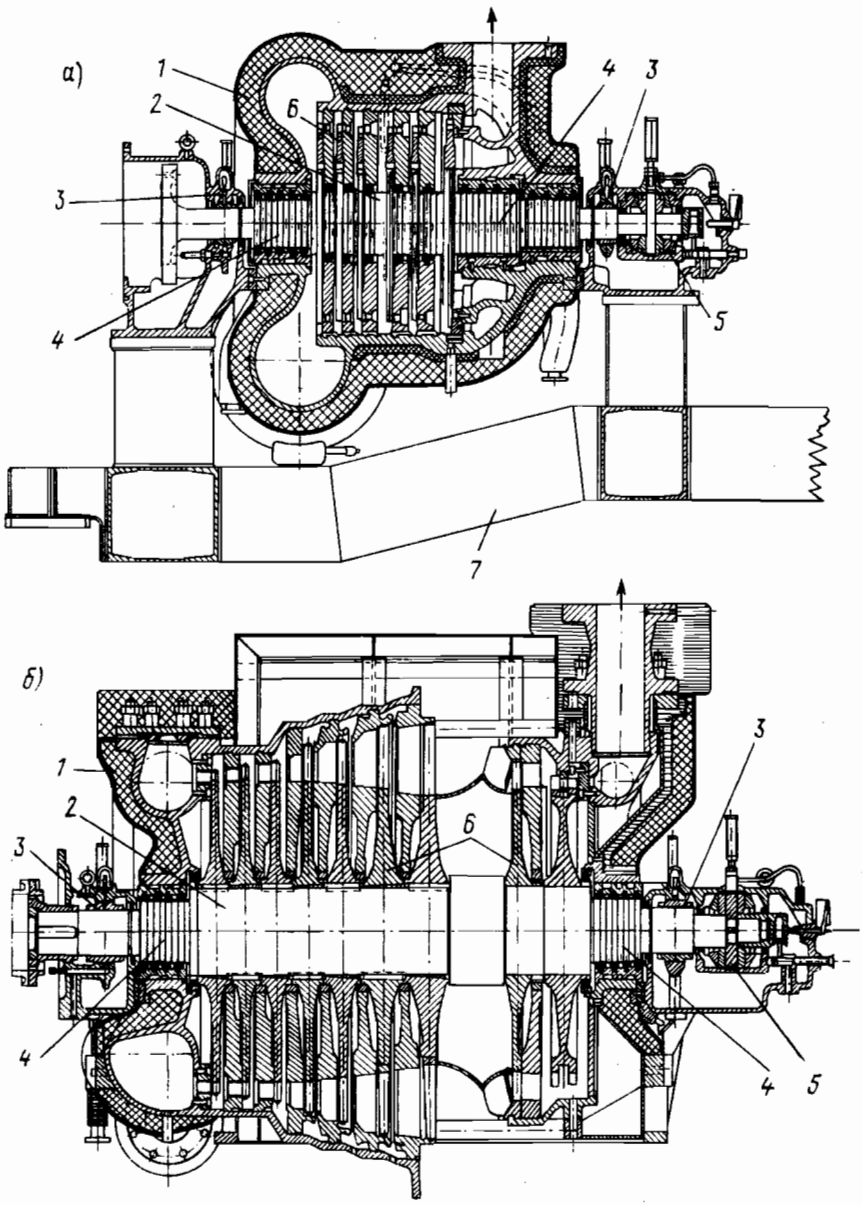


Рис. 9.7. Продольный разрез турбины; *а* — высокого давления (ТВД); *б* — низкого давления (ТНД).

1 — статор с направляющим аппаратом; *2* — ротор; *3* — опорные подшипники; *4* — уплотнения; *5* — упорные подшипники; *6* — диски с рабочими лопатками; *7* — фундаментная рама

горизонтальные, однокорпусные и многокорпусные, активные и реактивные.

Вертикальные турбины в качестве главных двигателей не применяют, их используют для привода к некоторым вспомогательным механизмам — насосам, вентиляторам и пр.

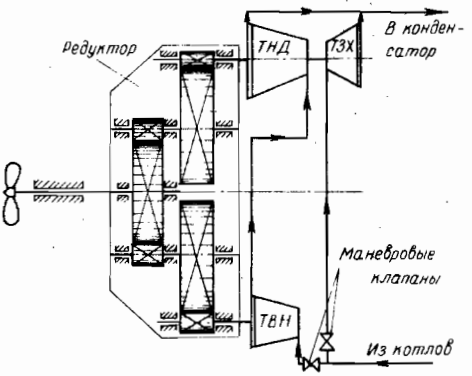


Рис. 9.8. Схема ГТЗА с двухкорпусной турбиной и двухступенчатым зубчатым редуктором

Степень использования энергии пара в турбине зависит от разности давления пара при входе и выходе из нее. Так как уменьшение давления пара связано с увеличением его объема и, следовательно, размеров турбины, паровые турбины мощностью более 3500—7500 кВт изготовляют двух- и трехкорпусными. В многокорпусных турбинах корпуса соединяются последовательно одним паропроводом: пар, проходя через первый корпус — турбину высокого давления (ТВД), снижает давление до некоторой средней величины, затем под этим давлением поступает в следующий корпус — турбину среднего давления (ТСД), а оттуда под еще меньшим давлением — в турбину низкого давления (ТНД). В последнее время для повышения экономичности паротурбинной установки применяют схемы с промежуточным перегревом пара, которые позволяют увеличить КПД на 4—5 %. Экономический КПД паротурбинных установок с обычной схемой без промежуточного перегрева равен 28—31 %.

Если расширение пара и связанное с этим увеличение скорости струи происходит только в неподвижном направляющем аппарате турбины, то турбину называют активной. Если же расширение струи пара происходит также и в рабочем колесе при прохождении пара между лопатками, имеющими в этом случае специальный профиль, то такую турбину называют реактивной.

Особенностью паровой турбины является ее способность вращаться только в одну сторону. Поэтому для обеспечения судну заднего хода (реверса) устанавливают турбину заднего хода, мощность которой составляет 40—50 % мощности турбины переднего хода. Ее размещают либо в отдельном агрегате (на крупных судах), либо на одном валу с турбиной низкого давления переднего хода в ее же корпусе. Направляя пар в ту или другую турбину, получают передний или задний ход судна. На паротурбинных судах с винтом регулируемого шага (ВРШ), позволяющим изменить ход судна переменной угла поворота лопастей без изменения направления вращения гребного винта,

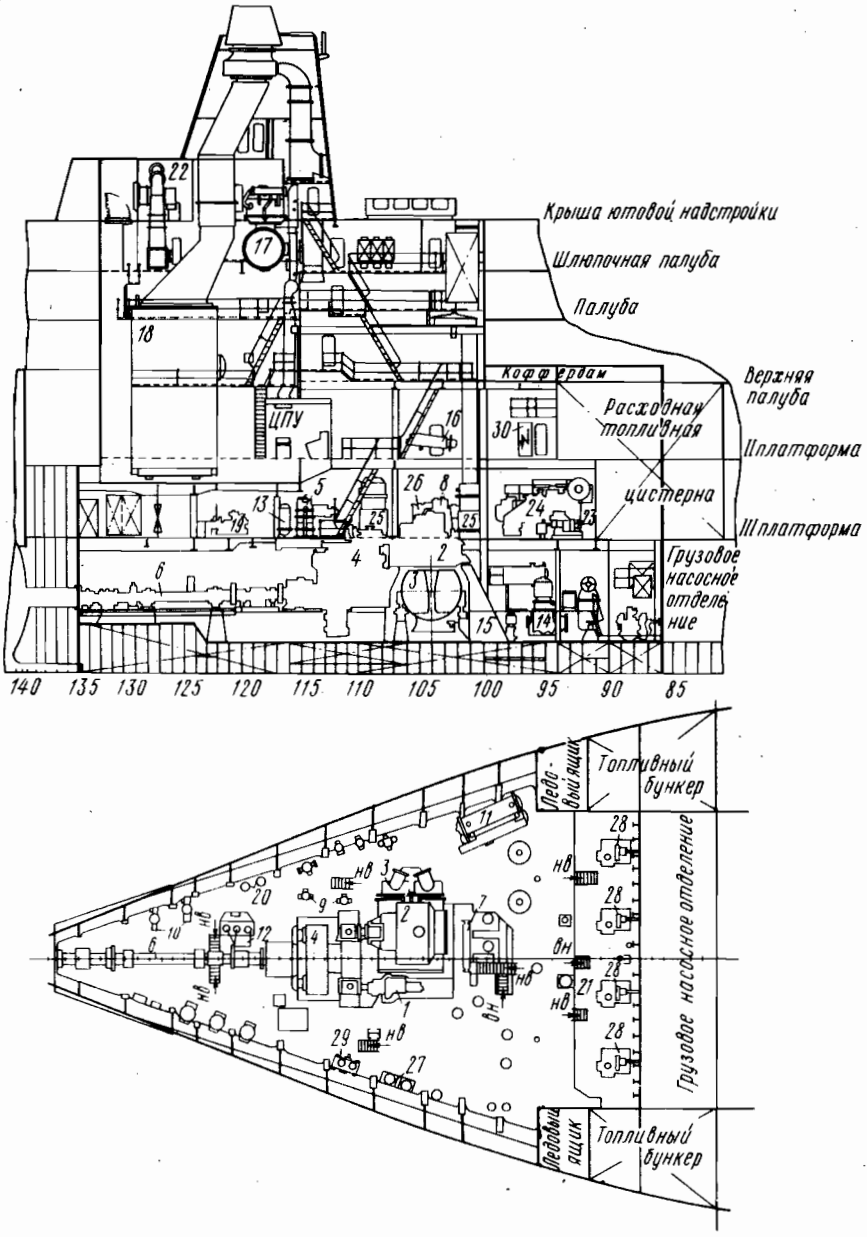


Рис. 9.9. Общее расположение механизмов в машинном отделении турбинного танкера «Рихард Зорге».

1 — ТВД; *2* — ТНД; *3* — главный конденсатор; *4* — редуктор; *5* — маневровое устройство; *6* — валопровод; *7* — эжектор отсоса пара от уплотнений турбин; *8* — главный эжектор; *9* — главные масляные электронасосы; *10* — сепараторы масла СЦ-3; *11* — маслоохладитель ГТЗА; *12* — масляный электронасос системы управления ма-

турбину заднего хода не предусматривают (на крупнотоннажных танкерах типа «Крым»).

Паровая турбина является быстроходным механизмом, совершающим до 6000 об/мин. Поэтому, чтобы частота вращения тихоходного винта составляла 80—200 об/мин, необходимо иметь специальную передачу. Чаще всего для этой цели используют зубчатую передачу — *зубчатый редуктор*, обычно двухступенчатый. Паровая турбина с редуктором образуют *главный турбозубчатый агрегат* (ГТЗА).

Пар из котлов поступает по главному паропроводу в турбину высокого давления (рис. 9.8), из нее по перепускной трубе (ресиверу) в турбину низкого давления и далее в конденсатор. Для регулирования мощности и частоты вращения турбины на паропроводах ставят *паровыпускные клапаны*, распределяющие поступающий пар по группам сопл. С переднего хода на задний и наоборот переходят, изменяя подвод пара с помощью маневровых клапанов. Кроме того, на пути движения пара от котла к турбине устанавливают стопорный, быстрозапорный и разобщительные клапаны. Для проворачивания турбин и редуктора перед пуском (и систематически во время стоянки — при прокачке масла через подшипники) ГТЗА снабжают *валоповоротным устройством* с приводом от электродвигателя. Частота вращения вала ГТЗА валоповоротным устройством — около 1 об/мин.

Конденсатор, куда поступает отработавший пар из турбины низкого давления, служит для обратного превращения (конденсации) этого пара в воду путем охлаждения и повторного использования конденсата (воды) для питания главных котлов. Кроме того, благодаря созданию в конденсаторе разрежения (вакуума), увеличивается перепад давлений рабочего пара, что позволяет улучшить использование тепловой энергии пара и увеличить мощность турбины.

На морских судах с паротурбинными установками применяют конденсаторы поверхностного типа, представляющие собой теплообменные аппараты в виде корпуса, внутри которого находятся трубки, прокачиваемые холодной забортной водой с помощью циркуляционного насоса или самопротоком, используя скоростной напор воды от движения судна. Применение самопроточной циркуляции сокращает количество вспомогательных механизмов и повышает на 1—2 % КПД установки. Отработавший пар, поступающий из турбины низкого давления в корпус конденсатора, омывает трубки с холодной

неврового устройства; *13* — пневмоцистерна регулирования ГТЗА; *14* — главные циркуляционные электронасосы; *15* — главные конденсатные электронасосы; *16* — подогреватель питательной воды; *17* — деаэратор; *18* — главные котлы КВГ-34; *19* — главный питательный турбонасос; *20* — главный топливофорсуночный электронасос; *21* — дежурный топливоперекачивающий электронасос; *22* — главный котельный электровентилятор; *23* — электрокомпрессор низкого давления; *24* — испаритель грязных конденсатов; *25* — испаритель котельной воды; *26* — конденсатор испарителя; *27* — пожарные электронасосы; *28* — турбоприводы грузовых насосов; *19* — балластно-осушительный насос; *30* — ГРЩ

забортной водой и охлаждается, конденсируется и снова превращается в воду. Скапливающуюся в нижней части конденсатора воду откачивают конденсатным насосом в питательную систему главного котла. Обычно главный конденсатор устанавливают непосредственно под турбиной низкого давления.

Для подачи смазки к подшипникам роторов турбины и валов шестерен редуктора предусматривают *систему смазки*, состоящую из масляных насосов, фильтров, сепаратора, маслоохладителей, сточной цистерны и трубопроводов. Схема общей компоновки паротурбинной установки мощностью 14 000 кВт приведена на рис. 9.9.

В настоящее время в ряде стран проводятся работы, направленные на создание высокоэкономичных ПТУ, способных конкурировать по затратам топлива с дизельными установками. Это достигается применением ПТУ с высокими начальными параметрами пара, промежуточным перегревом пара и подогревом питательной воды, у которых в будущем удельный расход топлива может быть снижен до 225—230 г/(кВт·ч).

§ 9.4. Двигатели внутреннего сгорания и дизельные установки

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) — это поршневые тепловые двигатели, в которых сгорание топлива и превращение тепловой энергии в механическую происходит непосредственно внутри рабочего цилиндра (рис. 9.10). Рабочим телом в этом случае является смесь газов, образующихся при сгорании топлива. Расширяясь в цилиндре, газы давят на поршень, который, перемещаясь под давлением газов вниз, с помощью шатуна передает движение коленчатому валу; последний преобразует возвратно-поступательное движение поршня во вращательное, передаваемое гребному валу с насаженным на него гребным винтом. В верхней части цилиндра размещается распределительный механизм, состоящий из клапанов с приводами и предназначенный для обеспечения всасывания воздуха и выпуска отработавших газов.

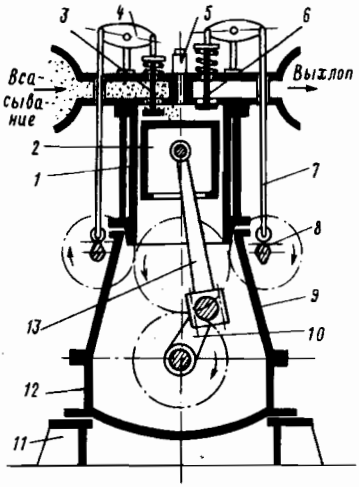


Рис. 9.10. Четырехтактный двигатель внутреннего сгорания.

1 — цилиндр; *2* — поршень; *3* — впускной клапан; *4* — коромысло; *5* — топливная форсунка; *6* — выпускной клапан; *7* — шток; *8* — распределительный вал; *9* — станина; *10* — коленчатый вал; *11* — судовой фундамент; *12* — фундаментная рама; *13* — шатун

Неподвижная часть ДВС, на которую опираются цилиндры, называется *станиной*. Станина, в свою

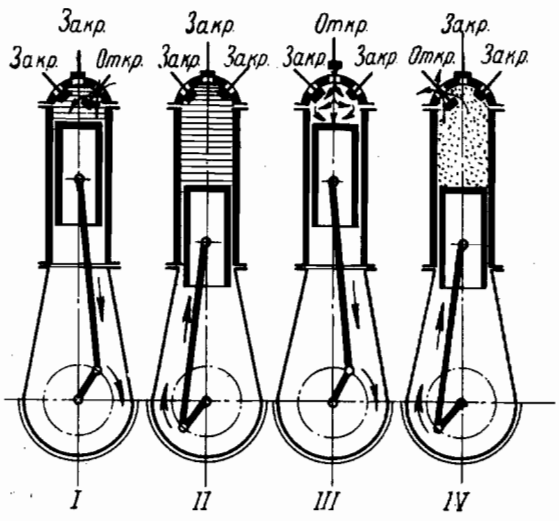


Рис. 9.11. Схема работы четырехтактного двигателя.

I — всасывание воздуха; *II* — сжатие (в конце сжатия впрыск и воспламенение топлива); *III* — рабочий ход (расширение горючих газов); *IV* — выхлоп отработавших газов

очередь, опирается на *фундаментную раму*. Нижняя часть станины вместе с фундаментной рамой образует *картер*.

Рабочий процесс, совершающийся в цилиндре ДВС, состоит из последовательно сменяющих друг друга процессов: *всасывания воздуха* в цилиндр, *сжатия воздуха* в цилиндре, *впрыска топлива, воспламенения и расширения горячих газов* в цилиндре (рабочий ход) и *выхлопа отработавших газов*.

Если один рабочий процесс двигателя совершается за четыре хода поршня из одного крайнего положения в другое (сверху вниз и наоборот), то такой двигатель называют *четырехтактным* (рис. 9.11); если за два хода — *двухтактным* (рис. 9.12).

В двухтактном двигателе процесс выхлопа отработавших газов и всасывания воздуха начинается в конце рабочего хода поршня и заканчивается в начале хода сжатия. Выхлоп отработав-

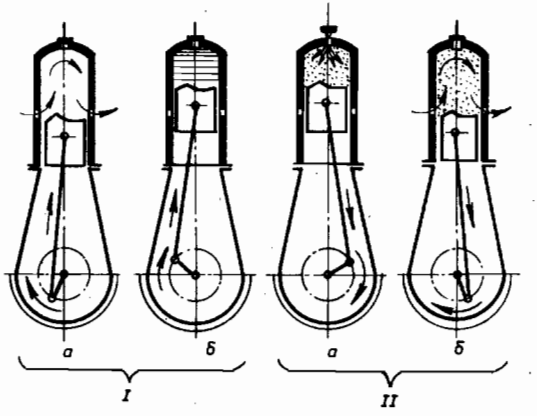


Рис. 9.12. Схема работы двухтактного двигателя.

а — продувка (выхлоп и всасывание); *Iб* — сжатие; *Iа* — впрыск топлива и рабочий ход; *IIб* — окончание рабочего хода и продувка

ших газов осуществляется через продувочные окна, открываемые поршнем в конце рабочего хода и закрываемые им в начале хода сжатия.

Кроме того, все двигатели внутреннего сгорания подразделяют на двигатели: *простого и двойного действия* — в зависимости от того, совершается ли рабочий цикл только в верхней полости цилиндра или в обеих полостях; *тихоходные и быстроходные* — в зависимости от средней скорости движения поршня (менее 6,5 м/с — тихоходные); *малооборотные* (не более 150—250 об/мин) и *среднеоборотные* (300—600 об/мин); *крейцкопфные* и *тронковые* — в зависимости от конструкции шатунного механизма (крейцкопфные двигатели имеют шатун с ползуном, тронковые — не имеют); *карбюраторные и дизели* — в зависимости от способа воспламенения топлива (у карбюраторных двигателей топливо воспламеняется от электрической искры, у дизелей — самовоспламеняется благодаря повышению температуры воздуха внутри цилиндра от сжатия); *компрессорные и бескомпрессорные* — в зависимости от способа распыливания топлива; *нефтяные*, *керосиновые*, *бензиновые*, *газогенераторные* — в зависимости от рода применяемого топлива.

В отличие от паровых турбин ДВС могут *реверсироваться*, т. е. изменять направление вращения вала, для этого на них предусматривают специальное реверсивное устройство.

Нормальная работа двигателя внутреннего сгорания обеспечивается работой его систем: топливоподающей, смазки, охлаждения и пусковой.

Топливоподающая система ДВС состоит из расходных топливных цистерн, трубопроводов, топливных насосов (дежурных, перекачивающих и насосов высокого давления, подающих топливо через форсунки в цилиндры двигателя), топливных фильтров, сепараторов, подогревателей, измерительных приборов и пр. Топливные перекачивающие и дежурные насосы— поршневого или шестеренного типа; насосы высокого давления — плунжерные или золотниковые.

В судовых дизелях применяют обычно вязкое тяжелое топливо, которое для снижения вязкости необходимо подогревать в специальных подогревателях. Подогрев до 60—70° не только снижает вязкость, но и облегчает удаление из топлива механических примесей и воды, осуществляемое с помощью топливных фильтров и сепараторов. Если для работы двигателя применяют тяжелые сорта топлива, то при запуске и остановке двигателя переходят на легкое дизельное топливо, которое на судне хранят в отдельных запасных и расходных цистернах (около 20 % от общего запаса топлива).

Система смазки обеспечивает подачу масла к движущимся деталям двигателя для уменьшения износа трущихся поверхностей и отвода тепла, выделяемого при трении. В современных судовых двигателях обычно применяют *циркуляционную*

систему смазки низкого давления. Масло, отработавшее в двигателе, стекает в расположенную под ним сточную масляную цистерну, откуда циркуляционным масляным насосом подается в фильтр, холодильник и снова к двигателю.

Система охлаждения служит для охлаждения цилиндров двигателей, нагревающихся от сгорания в них топлива и от трения движущихся в них поршней. В качестве охлаждающей жидкости чаще всего применяют воду, реже, масло (главным образом, для охлаждения головок поршней). Система охлаждения бывает *проточной* (забортной водой) и *замкнутой* (пресной водой). Последнюю применяют чаще, так как охлаждаемые полости не загрязняются, но она сложнее и дороже в эксплуатации. Для подачи воды используют центробежные и поршневые насосы. Автоматическое поддержание постоянной температуры охлаждающей воды (70—80°) осуществляется прибором — термостатом.

Для запуска двигателя имеется специальная пусковая система. Быстроходные двигатели небольшой мощности запускаются с помощью электродвигателя — стартера; большие мощные малооборотные двигатели пускают в ход сжатым воздухом, подаваемым из баллонов в цилиндры двигателя через делительное устройство.

ДВС имеют в нашей стране единую систему маркировки, определяющую основные конструктивные признаки типа двигателя. Применяемые для маркировки буквы обозначают: Д — двухтактный; ДД — двухтактный двойного действия; Ч — четырехтактный; К — крейцкопфный (двигатель с ползуном); Р — реверсивный; Н — с наддувом *; С — судовой с реверсивной муфтой; П — с редуктором.

Если в марке отсутствует буква К, значит, двигатель тронковый, а если нет буквы Р, то нереверсивный. Цифра в конце марки обозначает степень наддува выше первой. В начале марки ставят цифру, означающую число цилиндров, в конце — дробь, числитель которой обозначает диаметр цилиндра в сантиметрах, знаменатель — ход поршня в сантиметрах. Например, двигатель 8ДР 43/61 — восьмицилиндровый двухтактный тронковый реверсивный с диаметром цилиндра 43 см и ходом поршня 61 см, или 6ДКРН 62/140—3 — шестицилиндровый двухтактный крейцкопфный реверсивный с третьей степенью наддува с диаметром цилиндра 62 см и ходом поршня 14 см.

К преимуществам судовых ДВС по сравнению с паровыми турбинами следует отнести: более высокий КПД (35—45 %), постоянную готовность к действию, меньший расход топлива на 1 кВт и относительно низкую температуру в МКО; кроме того ДВС позволяют осуществлять прямую передачу вращения от вала двигателя к винту (при применении малооборотных дизелей).

---

* *Наддувом* называют способ повышения мощности двигателя путем увеличения количества (массы) свежего воздуха, подаваемого в цилиндр, что позволяет при данном объеме цилиндра сжигать большее количество топлива. Наддув осуществляется предварительным сжатием воздуха в наддувочном нагнетателе механического или газотурбинного типа.

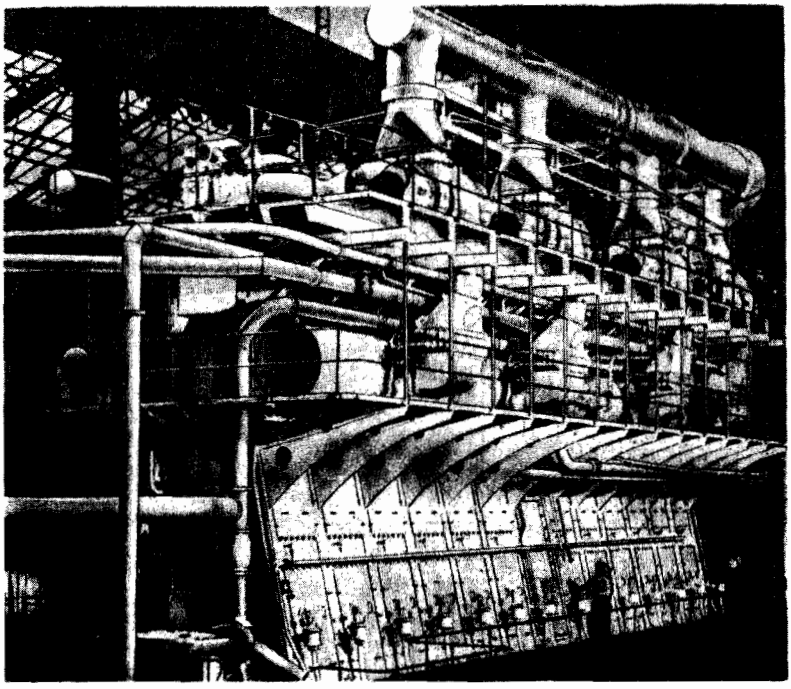


Рис. 9.13. Общий вид малооборотного крейцкопфного двигателя внутреннего сгорания мощностью 11 030 кВт

КПД энергетических установок с ДВС может быть повышен путем наиболее полного использования тепла отходящих газов. Для этого на установках большой мощности, у которых теплосодержание отходящих газов довольно значительно, на выхлопном трубопроводе размещают утилизационный котел (см. рис. 9.15), а также используют тепло охлаждающей воды главного двигателя в опреснительной установке.

Однако ДВС присущи и недостатки: относительно высокая стоимость потребляемого топлива и смазки, сложность конструкции, большая масса и неспособность к длительной работе с перегрузкой, меньший, чем у паросиловых установок, моторесурс и сложность ремонта, более высокая стоимость установки. Кроме того, при работе судовых ДВС возникает значительный шум и вибрация.

На современных крупных морских судах наибольшее распространение получили *малооборотные двухтактные крейцкопфные реверсивные двигатели* (рис. 9.13, 9.14), обладающие большой цилиндровой мощностью (от 400 до 3000 кВт в одном цилиндре), низким удельным расходом топлива (170—200 г/кВт·ч) и большим моторесурсом (до 60 000—80 000 ч).

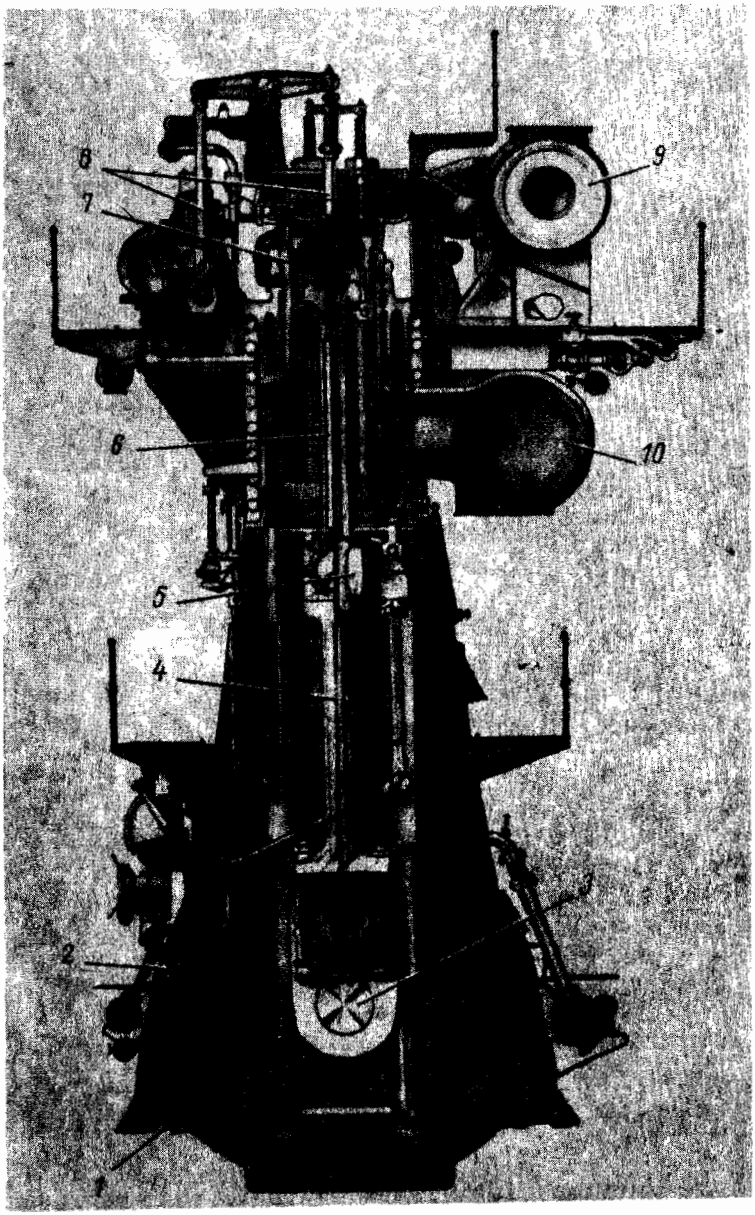


Рис. 9.14. Поперечный разрез малооборотного двухтактного крейцкопфного двигателя внутреннего сгорания.

1 — фундаментная рама; *2* — станина; *3* — коленчатый вал; *4* — шатун; *5* — крейцкопф с ползуном; *6* — шток; *7* — поршень; *8* — механизм газораспределения; *9* — воздуходувка; *10* — выхлопной трубопровод

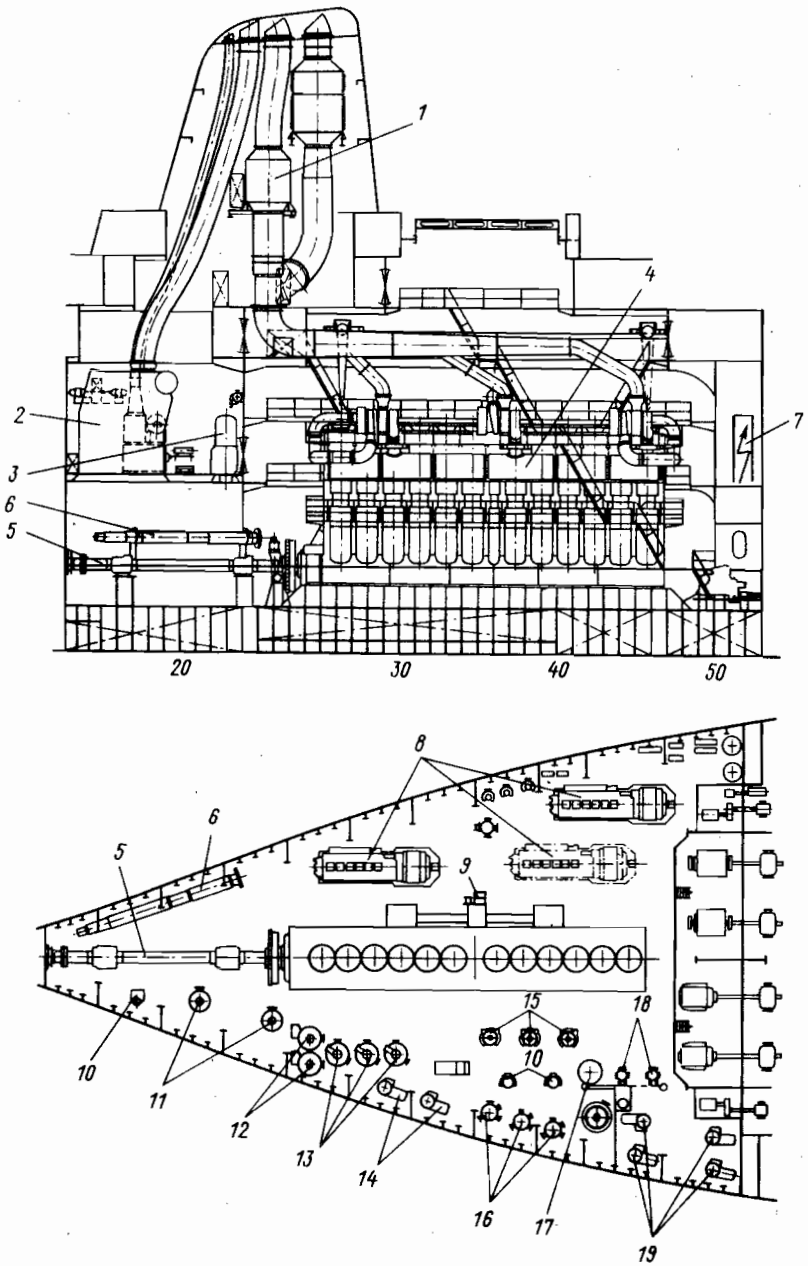


Рис. 9.15. Схема компоновки машинного отделения с малооборотным дизелем.

1 — утилизационный котел; *2* — вспомогательный котел; *3* — испаритель; *4* — главный двигатель; *5* — валопровод; *6* — запасной гребной вал; *7* — главный распределительный щит; *8* — дизель-генераторы; *9* — пост управления главным двигателем; *10* — осушительный насос; *11* — масляные электронасосы; *12* — масляные фильтры; *13* — маслоохладители; *14* — маслоочистители; *15* — насосы пресной и забортной охлаждающей воды; *16* — охладители пресной воды; *17* — баллон пускового воздуха; *18* — топливоперекачивающие насосы; *19* — сепараторы топлива

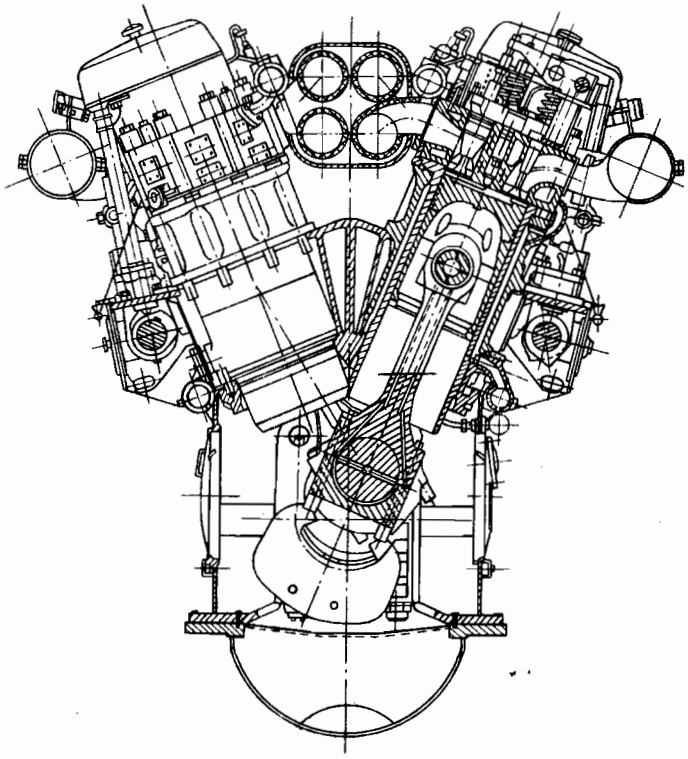


Рис. 9.16. Поперечный разрез среднеоборотного четырехтактного тронкового двигателя внутреннего сгорания с V-образным расположением цилиндров

Схема общей компоновки судовой энергетической установки с малооборотным дизелем приведена на рис. 9.15.

Агрегатная мощность современных малооборотных двухтактных дизелей достигает 20 000—30 000 кВт (до 1500—3000 кВт в одном цилиндре).

Наряду с малооборотными двухтактными дизелями в качестве главных двигателей на крупных транспортных судах широкое распространение постепенно получают *среднеоборотные четырехтактные двигатели* с частотой вращения вала 300—600 об/мин и агрегатной мощностью 7000—11 000 кВт (до 12—18 цилиндров в одном агрегате), работающие через редуктор на гребной вал (рис. 9.16).

Для обеспечения мощности, превышающей максимальную агрегатную (до 35 000 кВт), применяют *многомашинные установки*. Среднеоборотные дизели работают на тяжелом топливе и имеют практически одинаковый с малооборотным удельный расход топлива. Среднеоборотные двигатели обладают определен-

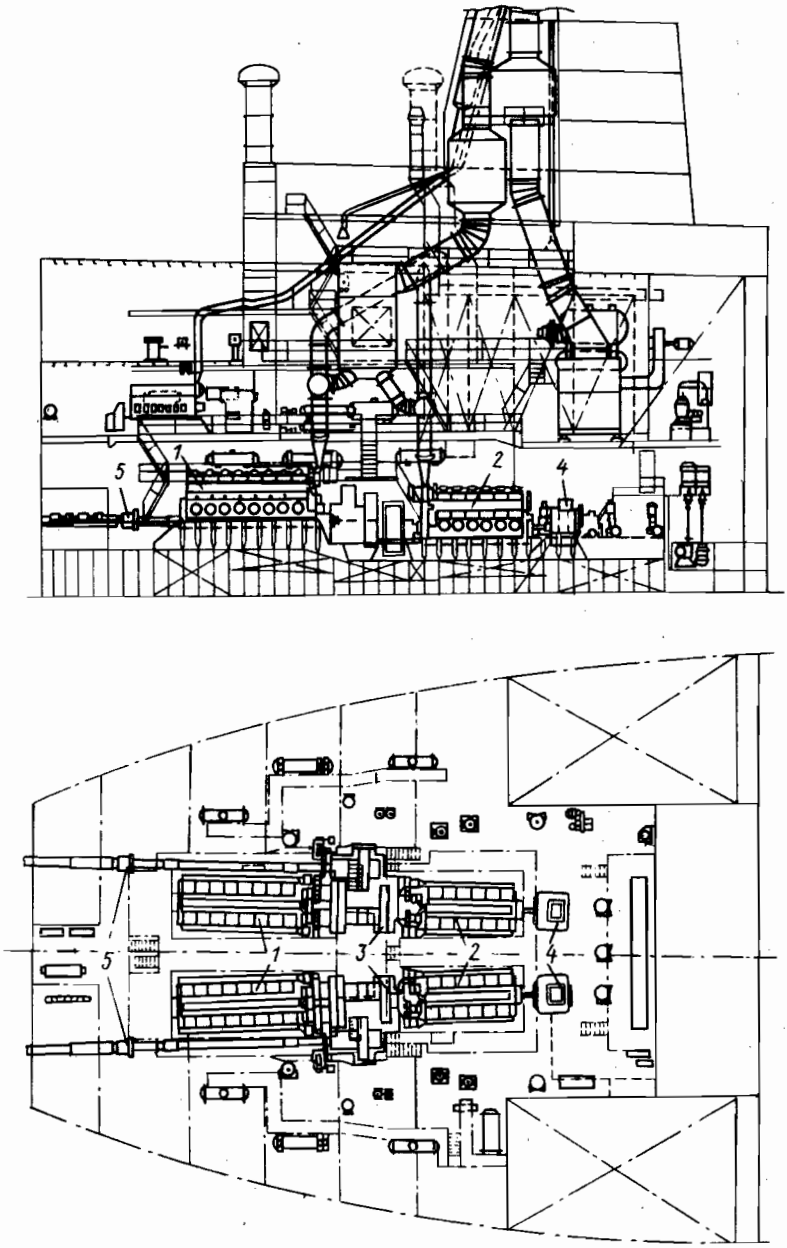


Рис. 9.17. Схема общей компоновки машинного отделения крупнотоннажного танкера со среднеоборотными дизелями общей мощностью 12 350 кВт.

1, 2 — среднеоборотные дизели; *3* — редукторы; *4* — генераторы; *5* — валопроводы правого и левого борта

ными преимуществами перед малооборотными: габариты МКО, особенно его высота и длина, меньше, удельный вес установки в 1,2—1,5 раза ниже. Кроме того, благодаря редуктору можно выбирать такую частоту вращения гребного вала, которая позволяет использовать гребной винт с наибольшим КПД.

Установку со среднеоборотными дизелями компонуют обычно из нескольких агрегатов (рис. 9.17), поэтому при неисправности одного из них его можно отключить и ремонтировать на ходу судна, что также является несомненным преимуществом.

К недостаткам среднеоборотных двигателей относятся: меньший моторесурс (25 000—30 000 ч), меньший механический КПД установки (из-за потерь в редукторе), более высокая стоимость (из-за применения редуктора и муфт), повышенный уровень шума в МКО.

§ 9.5. Газовые турбины и газотурбинные установки

Газовая турбина представляет собой двигатель, в котором сочетаются преимущества паровой турбины и двигателя внутреннего сгорания. В отличие от паровой турбины рабочим телом здесь является не пар из котлов, а газы, образующиеся при сгорании топлива в специальных камерах. В отличие от ДВС энергия рабочего тела превращается в механическую энергию вращения вала не в результате возвратно-поступательного движения поршня в цилиндре, а путем вращения колеса турбины под действием скоростной струи газов, вытекающих из сопла.

Газовая турбина, как и паровая, — это нереверсивный механизм, поэтому для реверса в газотурбинных установках необходимо предусматривать турбину заднего хода или другое какое-либо устройство, например винт регулируемого шага (ВРШ).

Газотурбинная установка (ГТУ) состоит из следующих основных частей: *газовой турбины*, в которой тепловая энергия горячих газов преобразуется в механическую; *воздушного компрессора*, засасывающего и сжимающего воздух, необходимый для сгорания топлива; *камеры горения* (генератора газов), в которой распыленное жидкое топливо смешивается с воздухом и сгорает, образуя рабочее тело — горячий газ; *трубопроводов* для подвода воздуха к генератору газа, подачи газов из генератора в газовую турбину и отвода отработавших газов в атмосферу; *утилизационных устройств*, обеспечивающих использование тепла отходящих газов.

Кроме того, в состав ГТУ входят топливная и масляная системы, подающие топливо в камеру горения и масло — в подшипники турбины и зубчатую передачу, а также небольшая по мощности пусковая паровая турбина, использующая пар от вспомогательного котла.

На судах ГТУ используют в качестве привода вспомогательных механизмов, а в последние годы и главных энергетических уста-

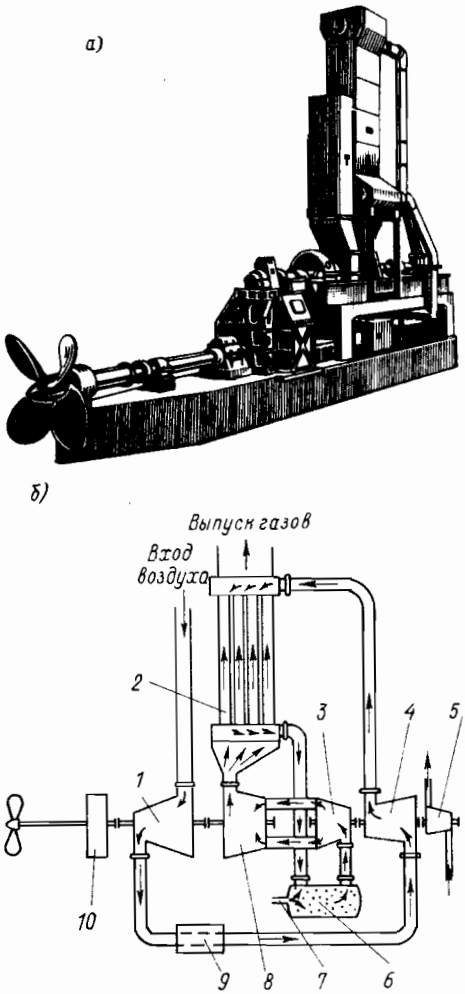


Рис. 9.18. Общий вид (*а*) и схема ГТУ с камерой горения (*б*) (мощность 4040 кВт).

1 — компрессор низкого давления; *2* — воздухоподогреватель; *3* — ТВД; *4* — компрессор высокого давления; *5* — пусковая турбина; *6* — камера горения; *7* — форсунка; *8* — ТНД; *9* — воздухоохладитель; *10* — редуктор

новок, преимущественно на судах на подводных крыльях и воздушной подушке типа «Буревестник», «Тайфун», «Сормович». На крупных морских судах применение газовых турбин в качестве главных двигателей пока еще ограничено. В СССР создана серия крупнейших в мире газотурбоходов типа «Капитан Смирнов» — судов с горизонтальной грузообработкой, дедвейтом около 20 000 т с ГТУ мощностью 36 750 кВт, построены скоростное сухогрузное судно «Парижская коммуна» дедвейтом 16 000 т с ГТУ мощностью 9555 кВт; несколько больших лесовозов типа «Павлин Виноградов» дедвейтом 5700 т с ГТУ мощностью по 2940 кВт; серия рыболовных траулеров и плавучие электростанции «Северное сияние» мощностью 2 × 8820 кВт для обслуживания районов Сибири и Крайнего Севера.

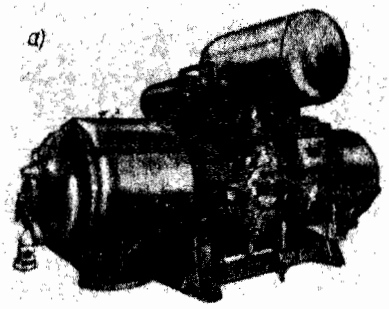
Устройство газовой турбины аналогично паровой турбине. Но газовая турбина испытывает более высокие температурные нагрузки: ее рабочие лопатки работают при температуре горячих газов (650—850°), в то время как температура рабочего пара 400—500°. Это значительно уменьшает моторесурс газовой турбины. В зависимости от принятого способа сжатия воздуха и образования горячих газов различают ГТУ с камерой горения и ГТУ со свободнопоршневыми генераторами газа (СПГГ).

В ГТУ с камерой горения (рис. 9.18) наружный воздух засасывается центробежным компрессором низкого давления и через воздухоохладитель подается в компрессор высокого

давления, а оттуда через подогреватель воздуха в камеру горения. Одновременно в камеру горения через форсунку впрыскивается и топливо. Происходит сгорание и образование горячих газов, которые последовательно поступают в газовые турбины высокого и низкого давления и через выхлопной трубопровод отходят в атмосферу. На пути отходящих газов устанавливают подогреватель воздуха и утилизационный котел, пар которого можно использовать для турбогенератора или для вспомогательной турбины, работающей на гребной вал. Центробежные компрессоры низкого и высокого давления приводятся во вращение соответственно турбинами низкого и высокого давления. На гребной винт через редуктор работает только турбина низкого давления.

ГТУ со свободнопоршневыми генераторами газа (СПГГ) (рис. 9.19) отличается от ГТУ с камерой горения тем, что горячие газы образуются в специальном генераторе газа, работающем по принципу ДВС со свободно расходящимися поршнями. СПГГ представляет собой симметричный агрегат, состоящий из двухтактного одноцилиндрового двигателя с противоположно движущимися поршнями, одноступенчатого компрессора простого действия и двух буферных цилиндров. В цилиндре расположены два рабочих поршня, соединенные с компрессорами и буферными поршнями.

Рабочий (расходящийся) ход поршневых групп осуществляется под действием расширяющегося в рабочем цилиндре



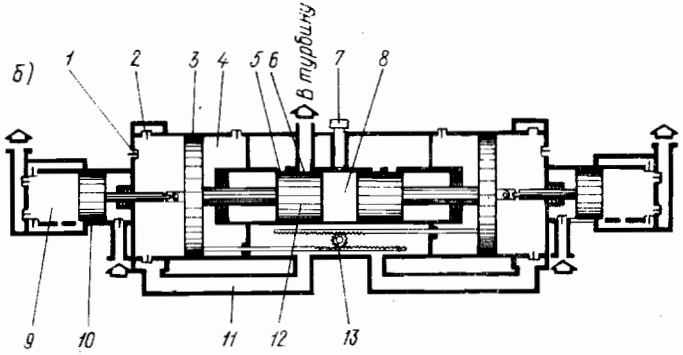


Рис. 9.19. Общий вид (*а*) и схема СПГГ (*б*).

1 — впускные клапаны компрессора; *2* — выпускные клапаны компрессора; *3* — компрессорный поршень; *4* — цилиндр компрессора; *5* — впускные окна; *6* — выпускные окна; *7* — форсунка; *8* — рабочий цилиндр; *9* — буферный цилиндр; *10* — буферный поршень; *11* — ресивер продувочного воздуха; *12* — рабочий поршень; *13* — механизм синхронизации работы поршней

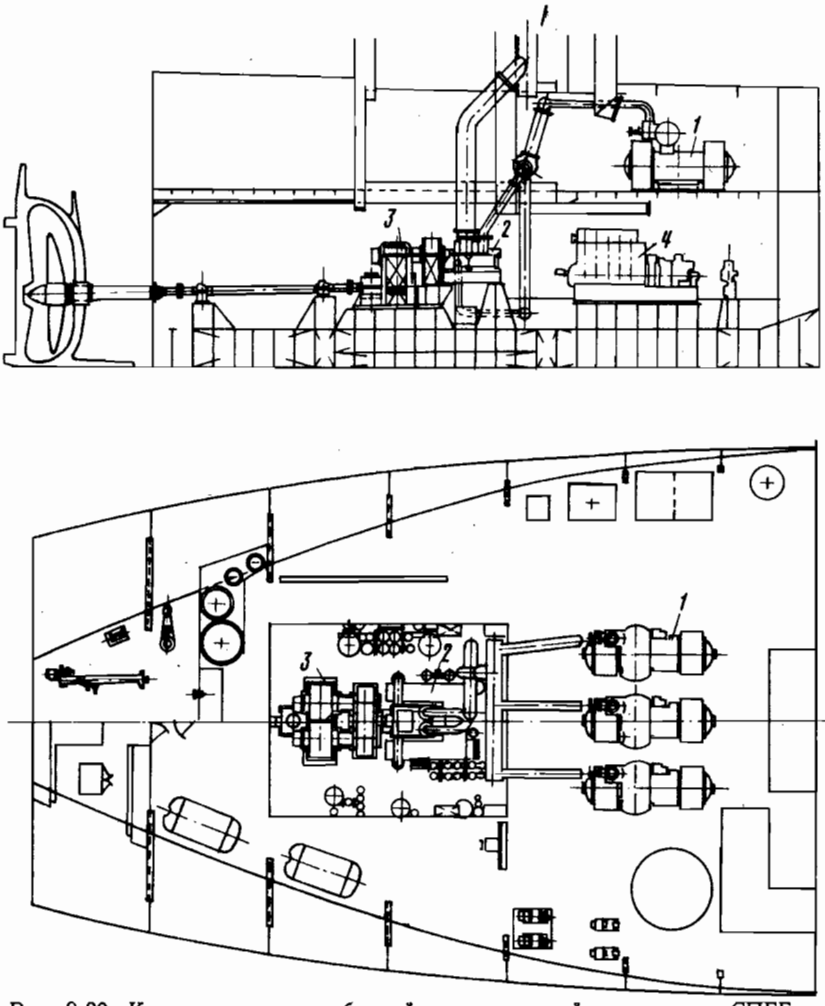


Рис. 9.20. Компоновка газотурбинной энергетической установки с СПГГ.
1 — СПГГ; *2* — газовая турбина; *3* — редуктор; *4* — дизель-генератор

газа. При этом воздух в компрессорных цилиндрах сначала сжимается, а затем через выпускные клапаны поступает в ресивер продувочного воздуха. Одновременно со сжатием воздуха в компрессорных цилиндрах сжимается воздух в буферных цилиндрах, после чего его энергия расходуется на совершение обратного хода рабочих поршней и сжатие воздуха в рабочем цилиндре. В конце рабочего хода поршней открываются сначала выпускные окна, а затем впускные. Через выпускные окна выхлопные газы поступают к газовой турбине, а через впускные сжатый продувочный воздух из ресивера заполняет рабочий цилиндр. Избыточный продувочный воздух смешивается с горячими

выхлопными газами и также поступает к газовой турбине. При обратном ходе рабочих поршней под действием воздуха, сжатого в буферных цилиндрах, закрываются впускные окна, затем выпускные и одновременно через клапаны всасывается воздух в цилиндры компрессора. В момент сближения поршней в рабочий цилиндр через форсунку впрыскивается топливо, и процесс повторяется.

ГТУ и СПГГ отличается компактностью, относительно малой массой 16—24 кг/кВт и небольшим расходом топлива 260 г/(кВт·ч). Преимуществом является возможность компоновать энергетическую установку из нескольких СПГГ, что позволяет более рационально использовать объем МКО (рис. 9.20). Кроме названных типов ГТУ на малых скоростных судах, особенно на судах на подводных крыльях, широко распространены облегченные ГТУ авиационного типа (1,5—4,0 кг/кВт). Но они имеют небольшой моторесурс и повышенный расход топлива (340—380 г/кВт-ч). Недостатком ГТУ всех типов, кроме повышенного расхода топлива и малого ресурса, является большая шумность в МКО, для уменьшения которой приходится прибегать к специальным мерам.

§ 9.6. Энергетические установки судов с электродвижением

Если в состав судовых энергетических установок входят высокооборотные главные механизмы (паровые и газовые турбины, быстроходные двигатели внутреннего сгорания и пр.), то для передачи мощности от двигателя к гребному винту кроме зубчатых редукторов применяют электропривод. Создание электрической связи между главным двигателем и гребным винтом происходит по следующей схеме: главный двигатель приводит в действие электрогенератор, а электрический ток, вырабатываемый этим генератором, — электродвигатель, соединенный с гребным валом. Преимуществами использования электропривода на судах являются: отсутствие длинных валопроводов, так как гребные электродвигатели легко размещаются в корме судна; возможность применять более простые нереверсивные быстроходные двигатели, число которых выбирают независимо от числа гребных винтов; высокие маневренные качества и возможность работы судна на малых скоростях при неполном числе действующих первичных двигателей; возможность использования вырабатываемой генераторами энергии для работы судовых вспомогательных механизмов.

Однако электропривод имеет и недостатки: большую массу, низкий (на 8—13 % ниже, чем у зубчатой передачи), более высокую стоимость и пр. Поэтому принцип электродвижения применяют либо на специальных судах с повышенными маневренными качествами и частыми реверсами (на буксирах, ледоколах, паромах, плавучих кранах), либо в тех случаях, когда выгодно использовать мощность главного двигателя для обеспечения работы

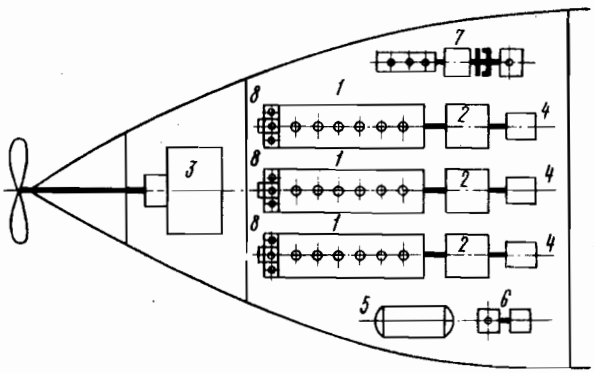


Рис. 9.21. Компоновка гребной дизель-электрической установки.

1 — главные дизель-моторы; *2* — главные электрогенераторы; *3* — гребной электродвигатель; *4* — вспомогательные генераторы для общесудовых нужд; *5* — баллон пускового воздуха; *6* — компрессор пускового воздуха; *7* — стояночный дизель-генератор с компрессором; *8* — навешенные насосы

общесудовых механизмов (на плавучих кранах, земснарядах, рыбопромысловых судах, плавучих мастерских).

На судах с электродвижением, для которых более важны маневренные качества, применяют главным образом генераторы и гребные электродвигатели постоянного тока, а на судах, у которых определяющей является экономичность, — переменного. В качестве первичных двигателей чаще используют быстроходные четырехтактные дизели, реже паровые или газовые турбины.

Судовые энергетические установки с электродвижением размещают в одном или двух отсеках. Гребной электродвигатель всегда размещают ближе к корме, насколько позволяют обводы и условия выемки гребного вала. Первичные двигатели и электрогенераторы устанавливают или в том же отсеке, где и гребные двигатели, или, чаще, в отдельном отсеке, расположенном в носовой части ближе к середине судна (рис. 9.21).

§ 9.7. Атомные энергетические установки (АЭУ)

В настоящее время вопрос о широком применении ядерного горючего в судовых энергетических установках становится все более актуальным. Интерес к судам с АЭУ особенно возрос в 1973—1974 гг., когда вследствие мирового энергетического кризиса резко повысились цены на органическое топливо. Основным преимуществом судов с АЭУ является практически неограниченная дальность плавания, что очень важно для ледоколов, судов арктического плавания, научно-исследовательских, гидрографических и пр. Суточный расход ядерного горючего не превышает нескольких десятков граммов, а тепловыделяющие элементы в реакторе можно менять один раз в два—четыре года. АЭУ на транспортных судах, особенно на тех, которые совершают дальние рейсы с большой скоростью, позволяет значительно повысить грузоподъемность судна за счет практически полного отсутствия запаса топлива (это дает больший выигрыш, чем потери из-за значительной массы АЭУ). Кроме того, АЭУ может ра-

ботать без доступа воздуха, что очень важно для подводных судов. Однако пока потребляемое АЭУ топливо еще очень дорого. Кроме того, на судах с АЭУ приходится предусматривать специальную биологическую защиту от радиоактивного излучения, которая утяжеляет установку. Надо полагать, что успехи в развитии атомной техники и в создании новых конструкций и материалов позволят постепенно устранить эти недостатки судовых АЭУ.

Все современные судовые АЭУ используют тепло, выделяющееся при делении ядерного горючего для образования пара, или нагрева газа, поступающих затем в паровую или газовую турбины.

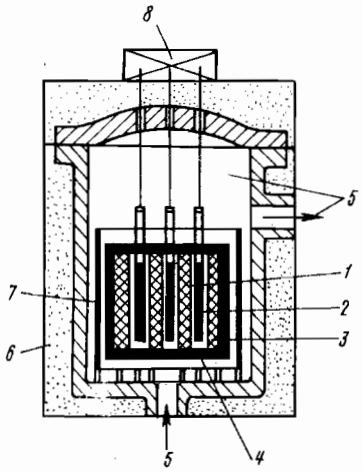


Рис. 9.22. Схема ядерного реактора.

1 — активная зона; *2* — урановые стержни; *3* — замедлитель; *4* — отражатель; *5* — теплоноситель; *6* — биологическая защита; *7* — тепловой экран; *8* — система регулирования

Основное звено атомной паропроизводящей установки АППУ — *реактор*, в котором происходит ядерная реакция. В качестве ядерного горючего используют различные расщепляющиеся вещества, у которых процесс деления ядер сопровождается выделением большого количества энергии. К таким веществам относятся изотопы урана, плутония и тория. Наиболее важными элементами судовых реакторов являются (рис. 9.22): *активная зона*, в которой размещены урановые стержни и замедлитель, необходимый для поглощения энергии выделяющихся при распаде ядер частиц нейтронов; *отражатель нейтронов*, возвращающий в активную зону часть вылетевших за ее пределы нейтронов; *теплоноситель* для отбора из активной зоны тепла, выделяющегося при делении урана, и передачи этого тепла другому рабочему телу в теплообменнике; *экран биологической защиты*, препятствующий распространению вредных излучений реактора; *система управления и защиты*, регулирующая течение реакции в реакторе и прекращающая ее в случае аварийного роста мощности.

Замедлителем в ядерных реакторах служит графит, тяжелая и обычная вода, а теплоносителем — жидкие металлы с низкой температурой плавления (натрий, калий, висмут), газы (гелий, азот, углекислый газ, воздух) или вода.

В судовых АЭУ получили распространение реакторы, у которых и замедлителем и теплоносителем является дистиллированная вода, откуда и произошло их название *водо-водяные реакторы*. Эти реакторы проще по устройству, компактнее, надежнее в работе, чем другие типы, и дешевле.

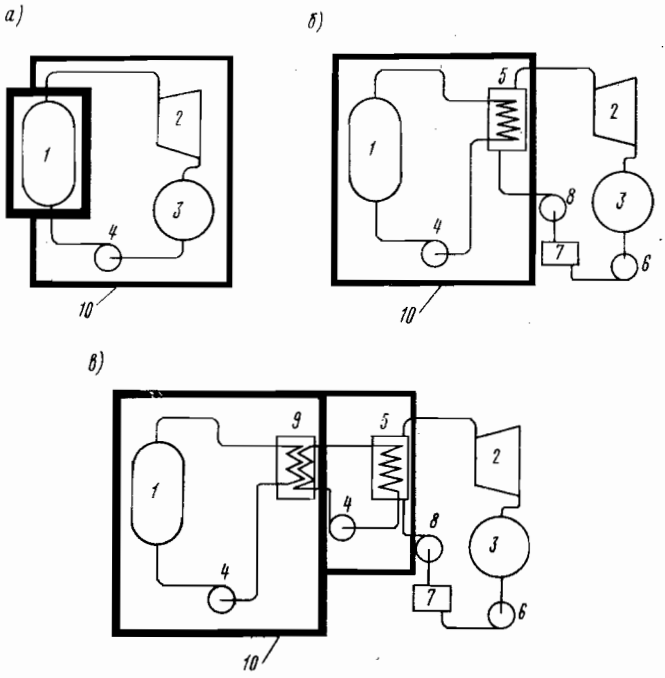


Рис. 9.23. Тепловые схемы ядерных энергетических установок: *а* — одноконтурная; *б* — двухконтурная; *в* — трехконтурная.

1 — реактор; *2* — турбина; *3* — конденсатор; *4* — циркуляционный насос; *5* — парогенератор; *6* — конденсатный насос; *7* — система подогрева фильтрации и подпитки; *8* — питательный насос; *9* — теплообменник; *10* — биологическая защита

В зависимости от способа передачи тепловой энергии от реактора исполнительному механизму (турбине) различают одноконтурную, двухконтурную и трехконтурную схемы АЭУ.

По *одноконтурной схеме* (рис. 9.23, *а*) рабочее вещество — пар — образуется в реакторе, откуда поступает непосредственно в турбину и из нее через конденсатор с помощью циркуляционного насоса возвращается в реактор.

По *двухконтурной схеме* (рис. 9.23, *б*) циркулирующий в реакторе теплоноситель отдает свое тепло в теплообменнике — парогенераторе — воде, образующей пар, который поступает в турбину. При этом теплоноситель пропускают через реактор и парогенератор циркуляционным насосом или воздуходувкой, а образующийся в конденсаторе турбины конденсат прокачивают конденсатным насосом через систему подогрева, фильтрации и подпитки и питательным насосом снова подают в парогенератор.

Трехконтурная схема (рис. 9.23, *в*) представляет собой двухконтурную схему с включенным между первым и вторым контурами дополнительным промежуточным контуром.

Одноконтурная схема требует биологической защиты вокруг всего контура, включая и турбину, что усложняет обслуживание и управление и повышает опасность для экипажа. Безопаснее двухконтурная схема, так как здесь второй контур уже не опасен для экипажа. Поэтому на атомных судах почти всегда применяют двухконтурные схемы. Трехконтурные схемы используют в том случае, если теплоноситель в реакторе сильно активируется и его необходимо тщательно отделить от рабочего вещества, для чего и предназначен промежуточный контур.

На атомных ледоколах «Арктика», «Сибирь» и «Россия» (рис. 9.24) применена двухконтурная АЭУ мощностью 55 125 кВт, состоящая из АППУ, турбоэлектрической установки на переменно-постоянном токе с двумя главными турбогенераторами мощностью по 27 560 кВт и тремя гребными электродвигателями мощностью по 17 600 кВт каждый, судовой электростанции мощностью 11 400 кВт (пять турбогенераторов по 2000 кВт, резервный дизель-генератор 1000 кВт и два аварийных дизель-генератора по 200 кВт), двух вспомогательных водотрубных котлов, двух водоопреснительных установок и комплекса систем автоматического управления и контроля.

Атомная установка размещена в отдельном отсеке, вход в который осуществляется через санпропускник. АППУ этих ледоколов аналогична примененной на ледоколе «Ленин». Она состоит из двух автономных блоков, каждый из которых включает один реактор, четыре парогенератора, четыре циркуляционных насоса первого контура, компенсаторы объема, фильтр с холодильником и др.

Основное и вспомогательное оборудование каждой установки располагается в кессонах бака железо-водяной защиты (ЖВЗ), которые отделены от прочной газоплотной оболочки коффердамами. Масса АППУ — около 2300 т.

Давление пара, вырабатываемого парогенераторами АППУ за счет теплоты воды первого контура, перед главными турбинами равно 3,0 МПа (30 кгс/см^2), а температура — 300 °С.

Трехвальная гребная электрическая установка постоянно-переменного тока выполнена по схеме: генератор переменного тока — кремниевый выпрямитель — гребной электродвигатель постоянного тока, что позволило уменьшить размеры и массу энергетической установки в целом по сравнению с применяемыми на ледоколах установками, работающими на постоянном токе. Эксплуатация атомных ледоколов «Ленин», «Арктика», «Сибирь», «Россия» показала высокую надежность и эффективность их энергетических установок и судов в целом. Выдающимся достижением советской науки и техники явились успешные походы на Северный полюс ледоколов «Арктика» (1977 г.) и «Сибирь» (1987 г.). Весной 1978 г. ледокол «Сибирь» за 16 суток провел с запада на восток по высокоширотной трассе транспортное судно «Капитан Мышевский», практически доказав возможность использования таких трасс.

Интересны атомные газотурбинные установки, в которых теплоносителем и рабочим телом является газ гелий. Нагретый в реакторе до 700° газ сжимается компрессором и под давлением примерно 4,0 МПа (40 кгс/см^2) подводится к двухкорпусной газовой турбине. При этом ТВД приводит в действие компрессор, а ТНД работает на гребной винт. Гелий под действием облучения в реакторе не становится радиоактивным, поэтому отпадает необходимость в биологической защите гелиевого контура. Однако гелий дефицитен, дорог и отличается большой текучестью, что требует особых уплотнительных устройств.

Опыт эксплуатации первых судов с АЭУ подтвердил их высокие эксплуатационно-технические качества, а постепенное сни-

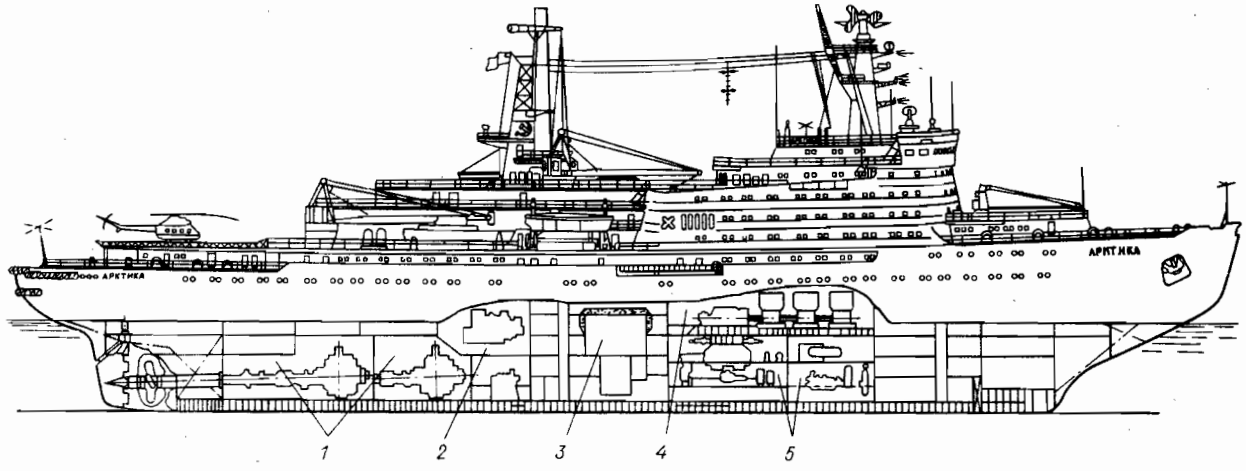


Рис. 9.24. Размещение энергетических помещений на атомных ледоколах типа «Арктика».

1—отделения гребных электродвигателей; *2* — кормовая электростанция; *3*—помещение атомной паропронзводящей установки (АППУ); *4* — отделение главных турбогенераторов; *5* — отделение вспомогательных механизмов

жение стоимости этих установок и ядерного горючего позволит сделать атомные суда вполне конкурентоспособными с обычными судами. Кроме того, по мере роста скорости морских транспортных судов и связанного с этим значительного увеличения мощности главного двигателя и массы запасов топлива (особенно при большой дальности плавания) эксплуатационно-экономические преимущества судов с АЭУ будут возрастать. Расчеты показывают, что при мощности судовой энергетической установки более 45 000—75 000 кВт суда с АЭУ становятся более выгодными, чем суда с обычными СЭУ. Именно поэтому в последнее время в ряде стран разработаны проекты новых крупных транспортных судов (контейнеровозов, танкеров и т. п.) и мощных ледоколов с АЭУ, а в Советском Союзе в 1988 г. построен ледокольно-транспортный лихтеровоз — контейнеровоз «Севморпуть» с АЭУ.

§ 9.8. Валопровод

Валопровод предназначен для передачи крутящего момента (мощности) от главного двигателя к движителю, а также для восприятия упорного давления, создаваемого движителем, и передачи его от движителя корпусу судна. Это сложная и ответственная конструкция из нескольких жестко соединенных между собой валов, опирающихся на подшипники, установленные на специальных опорах — фундаментах. Валопровод изгибается вместе с изгибом корпуса судна и испытывает при вращении вокруг своей оси большие знакопеременные нагрузки. В связи с этим к конструкции, прочности и качеству монтажа этого важнейшего узла, обеспечивающего ход судна, предъявляются особенно высокие требования, несоблюдение которых может привести к серьезным повреждениям судна.

Основными элементами валопровода являются (рис. 9.25): *гребной вал*, проходящий через ахтерпик внутрь корпуса судна и предназначенный для крепления гребного винта; вал имеет бронзовую облицовку, защищающую его от коррозии; *промежуточные валы*, соединенные между собой гребным валом и двига-

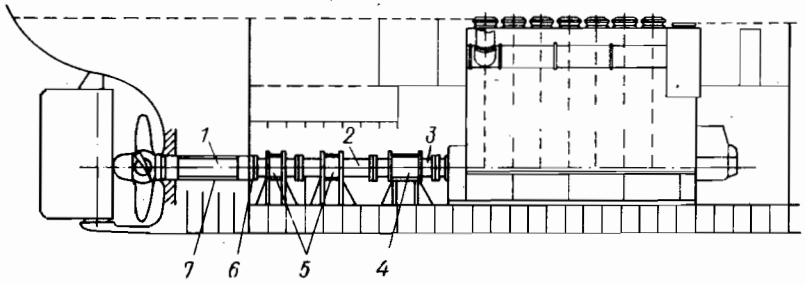


Рис. 9.25. Элементы валопровода.

1 — гребной вал; *2* — промежуточный вал; *3* — упорный вал; *4* — главный упорный подшипник; *5* — опорный подшипник; *6* — переборочный сальник; *7* — дейдвудное устройство

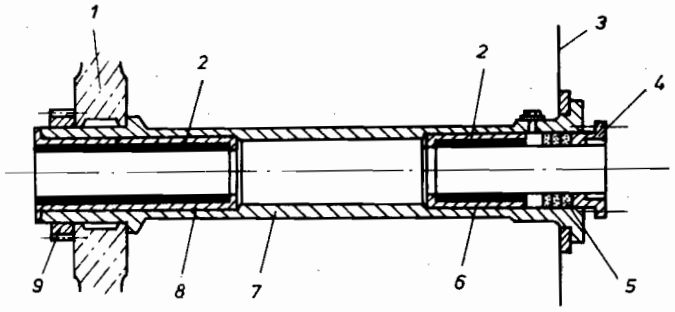


Рис. 9.26. Дейдвудное устройство.

1 — яблоко ахтерштевня; *2* — бакаутовая набивка; *3* — переборка ахтерпика; *4* — сальник; *5* — сальниковая набивка; *6* — носовая латунная втулка; *7* — дейдвудная труба; *8* — кормовая латунная втулка; *9* — гайка

телем с помощью фланцев (носовой промежуточный вал с гребнем, посредством которого передается упорное давление упорному подшипнику, называют упорным валом); *главный упорный подшипник* для восприятия упорного давления, создаваемого гребным винтом; *опорные подшипники*, служащие опорами для промежуточных валов; *дейдвудное устройство*, являющееся опорой для гребного вала и предназначенное для уплотнения места выхода гребного вала из корпуса судна.

Длина валопровода зависит от размеров судна и места расположения главных двигателей. На судах с кормовым расположением МКО длина валопровода равна 16—20 м. У крупных судов со средним расположением МКО протяженность валопровода равна 50—70 м. В этом случае валопровод проходит через коридор гребного вала, защищающий его от повреждений.

Наиболее ответственным узлом валопровода является дейдвудное устройство (рис. 9.26). Оно состоит из дейдвудной трубы, закрепляемой одним концом в вырезе водонепроницаемой переборки ахтерпика, а другим в отверстии яблока ахтерштевня; двух подшипников в виде латунных втулок, внутренняя поверхность которых облицована бакаутом; сальника на переборке ахтерпика, препятствующего попаданию воды через дейдвудную трубу внутрь корпуса.

Бакаут, которым облицовывают дейдвудные втулки, — редкое дерево, обладающее высокой прочностью и способностью смазываться водой, благодаря чему бакаутовые подшипники, смоченные водой, не требуют смазки. Однако из-за высокой стоимости и дефицитности бакаут теперь заменяют другими материалами — текстолитом, лигнофолем, туфнолом. В качестве подшипников применяют также резинометаллические вкладыши. В последнее время на крупных судах стали применять металлические (баббитовые) подшипники, смазываемые маслом и имеющие специальные патентованные уплотнения.

§ 9.9. Судовые движители

Движителем называют такое судовое устройство, которое, используя работу двигателя, создает в воде *упор* — силу, способную двигать судно в заданном направлении.

Движители судов с механическим двигателем делятся на лопастные и водометные.

К числу лопастных судовых движителей относятся гребные винты, крыльчатые движители и гребные колеса, создающие силу упора за счет отбрасывания своими лопастями струи воды в сторону, противоположную движению судна. Водометные движители создают упор за счет отбрасывания воды, забранной специальным насосом. Так как и лопастные, и водометные движители создают движущую силу за счет реакции отбрасываемых назад масс воды, их называют реактивными. Среди судовых движителей наибольшее распространение получили гребные винты.

Гребной винт (рис. 9.27) имеет от трех до шести лопастей (чаще четыре-пять), установленных радиально на ступице. Поверхности лопастей, обращенные в нос судна, называют *засасывающими*, обращенные в корму — *нагнетающими*.

В зависимости от направления вращения образующей винтовой поверхности различают винты *правого* и *левого вращения*. Если взгляд наблюдателя направлен перпендикулярно к диску винта, то у винта правого вращения правая кромка лопасти, расположенной вертикально вверх, будет находиться от наблюдателя дальше, чем левая. У винта левого вращения — наоборот.

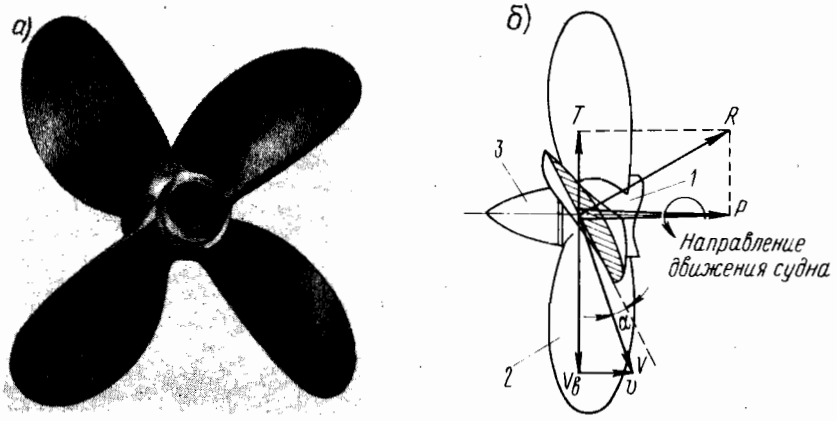


Рис. 9.27. Гребной винт (*а*) и схема его действия (*б*).

1 — ступица; *2* — лопасть; *3* — обтекатель. $V_в$ — окружная скорость элемента лопасти; υ — скорость поступательного перемещения гребного винта вместе с судном; V — результирующая скорость от сложения скоростей $V_в$ и υ; α — угол между результирующей скоростью V и хордой элемента лопасти (угол атаки); R — подъемная сила, возникающая на элементе лопасти; P — упор гребного винта (горизонтальная составляющая силы R); T — окружная составляющая сил, действующих на гребной винт

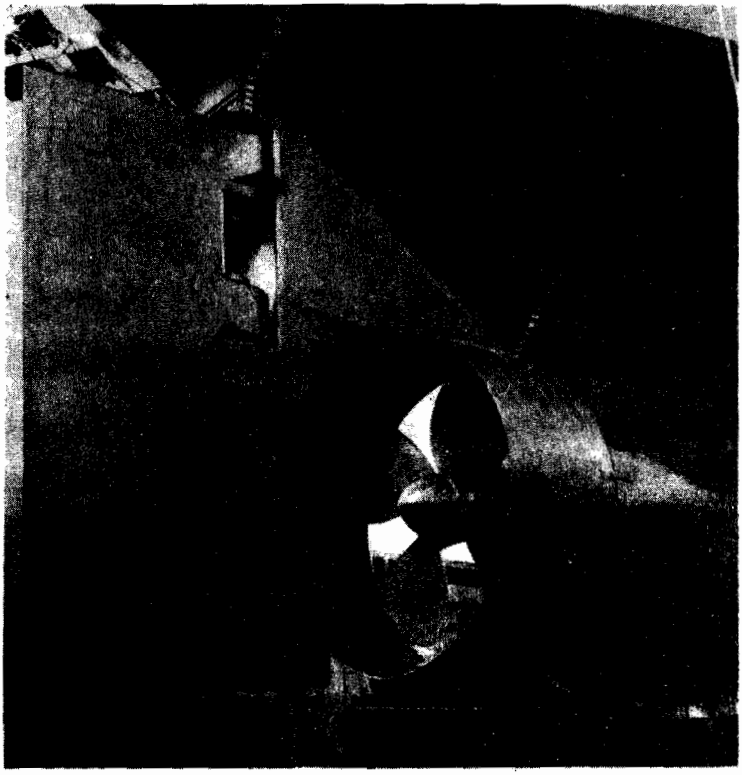


Рис. 9.28. Общий вид неподвижной направляющей насадки диаметром 7,5 м крупнотоннажного танкера «Крым»

Гребные винты изготовляют из нержавеющей стали, бронзы, латуни и их сплавов, а также из капрона, нейлона и стеклопластика (в основном для малых судов).

Гребной винт характеризуют следующие геометрические элементы:

диаметр — определяется в зависимости от возможной глубины погружения оси гребного вала (обычно, диаметр гребного винта не превышает 70 % осадки судна в полном грузу); наиболее крупные винты имеют диаметр до 9—10 м;

дисковое отношение — отношение площади всех лопастей винта к площади диска винта; может быть больше единицы, но у винтов морских транспортных судов оно обычно равно 0,45—0,60;

шаг винта — шаг винтовой поверхности, образующей нагнетающую поверхность лопасти винта.

На засасывающей стороне лопасти при быстром вращении винта благодаря увеличению скорости набегающего потока воды создается разрежение, причем по мере увеличения скорости вра-

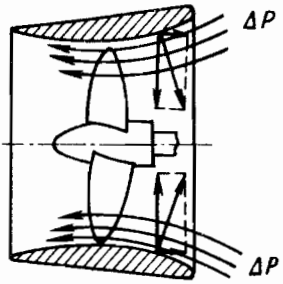


Рис. 9.29. Схема действия направляющей насадки

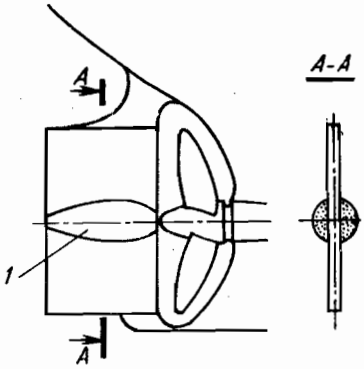


Рис. 9.30. Пропульсивная наделка (*1*) на руль

щения давление может понизиться настолько, что даже в холодной воде начнется образование пузырьков воздуха (известно, что с уменьшением давления температура кипения воды понижается). Такое вскипание холодной воды на засасывающей стороне лопасти называется *кавитацией*. Начальная стадия кавитации очень опасна для гребных винтов, так как возникающие при вскипании воды пузырьки воздуха, попав в зону более высокого давления, мгновенно конденсируются и производят сильнейшие гидравлические удары по лопасти винта, вызывая *эрозию* (местное изъязвление поверхности). В этих условиях работа гребного винта недопустима. Однако по мере дальнейшего увеличения скорости вращения винта зона кавитации распространяется уже на всю лопасть и даже выходит за ее пределы — наступает так называемая *вторая стадия кавитации*, которая не представляет опасности для прочности винта, но зато несколько уменьшает его КПД.

Чтобы устранить кавитацию, увеличивают ширину (площадь) лопастей и глубже погружают сам винт; кроме того, делают гребные винты переменного шага (уменьшая его к комлю и концам лопасти). При проектировании быстроходных винтов, если устранить кавитацию полностью по техническим причинам невозможно, создают условия полностью развитой кавитации (во второй стадии).

Для повышения эффективности гребных винтов применяют направляющие насадки и пропульсивные наделки на руль.

Направляющие насадки бывают неподвижными и поворотными и применяются сейчас не только на малых судах и буксирах, где они особенно эффективны, но и на крупных транспортных судах типа «Крым» (рис. 9.28). Насадка, имеющая в сечении профиль, аналогичный профилю крыла, создает при движении воды дополнительный упор, как это видно из схемы сил, приведенной на рис. 9.29. Кроме того, насадка улучшает условия



Рис. 9.31. Общий вид ВРШ

подтекания воды к диску винта, в результате чего увеличивается скорость подтекающей воды, уменьшаются концевые потери от перетекания воды через край лопасти и, следовательно, повышается КПД винта (до 20—30 %). Применение направляющей насадки увеличивает скорость на 2—4 %. Важным преимуществом насадки является выравнивание поля скоростей в диске винта, что уменьшает нагрузки на валопровод.

Пропульсивная наделка на руль (рис. 9.30) упорядочивает поток воды за ступицей и повышает КПД винта, а также улучшает условия работы руля.

Принятый шаг гребного винта является наивыгоднейшим только при работе винта в одном — расчетном — режиме. При работе в других, отличных от расчетного, режимах винт будет, как говорят, «тяжелым» или «легким» (при этом имеют в виду не весовые, а гидродинамические характеристики гребного винта). «Тяжелым» называют винт в том случае, если его шаг больше, чем наивыгоднейший шаг в данном режиме хода, например, если у судна увеличилось сопротивление из-за обрастания корпуса или волнения моря и ветра или если шаг винта был выбран большим, чем требовалось. «Легкий» винт, наоборот, имеет шаг, меньший требуемого. Так, винт, спроектированный для условий плавания судна с полным грузом, будет «легким» при плавании этого судна в балласте, когда его водоизмещение, а следовательно, сопротивление воды, меньше, чем при движении с полным грузом.

Обычно гребные винты проектируют несколько облегченными по сравнению с требуемыми для идеальных условий эксплуатации (при этом имеют в виду, что по мере обрастания корпуса и увеличения сопротивления в реальных эксплуатационных условиях винт становится «тяжелее» и более соответствует главному двигателю).

Правильный выбор шага винта важен потому, что «тяжелый» винт не дает возможности двигателю даже при достижении полной мощности развить полные обороты из-за перегрузки, и судно, затрачивая в единицу времени топливо на полную мощность, не разовьет запроектированной скорости. Иными словами, расход топлива на милю увеличится. «Легкий» же винт, наоборот, развивает полные обороты еще до того, как двигатель станет работать на полную мощность. Следовательно, судно и в этих условиях не сможет развить расчетную скорость.

В связи с тем, что принятый шаг винта отвечает только определенному режиму эксплуатации судна, на судах, которые часто меняют режим хода (траулерах, паромах, буксирах), вместо винтов фиксированного шага применяют более сложные гребные винты регулируемого шага.

Винт регулируемого шага (ВРШ) (рис. 9.31) имеет лопасти, поворачивающиеся вокруг их вертикальной оси. Их можно уста-

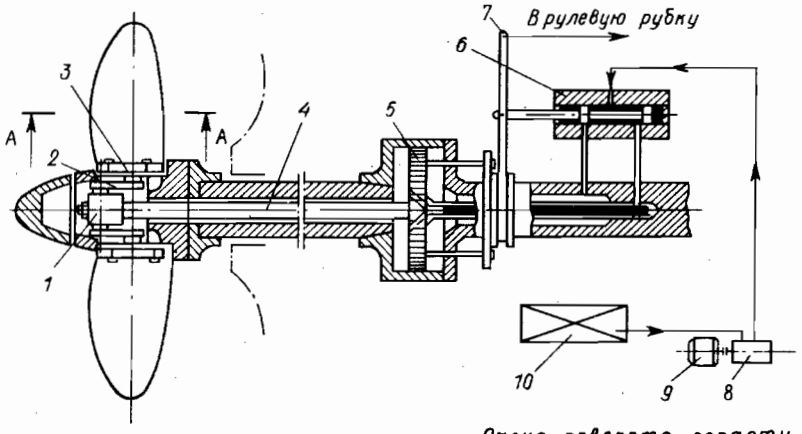
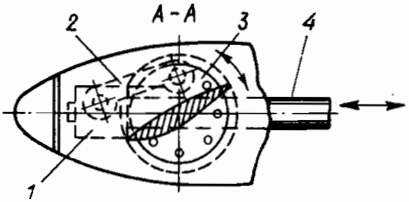


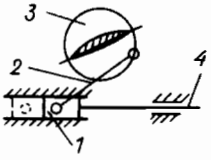
Рис. 9.32. Схема ВРШ.

1 — ползуи; *2* — шатун; *3* — кривошипный диск; *4* — шток; *5* — поршень; *6* — золотниковый регулятор; *7* — привод управления; *8* — масляный иасос; *9* — электродвигатель; *10* — масляиая цистерна

Схема поворота лопасти



Кинематическая схема



навливать под любым углом, образуя шаг, необходимый для данного режима работы судна. ВРШ позволяет не только наивыгоднейшим образом использовать двигатель судна в разных условиях эксплуатации, но и удерживать его на месте, не выключая двигателя, если все лопасти расположены в плоскости диска винта в так называемом нейтральном положении, или осуществлять реверс (задний ход), не меняя направления вращения вала двигателя. Последнее обстоятельство особенно важно при использовании нереверсируемых главных двигателей (газовых и паровых турбин), так как позволяет отказаться от необходимых в этом случае турбин заднего хода или реверсивных муфт. ВРШ состоит из ступицы, поворотных лопастей, механизма поворота лопастей, расположенного в ступице, механизма изменения шага (МИШ) в кормовой оконечности судна и привода механизма поворота лопастей, располагаемого в валопроводе. Управляют МИШ дистанционно из рулевой рубки и с крыльев ходового мостика.

Механизм поворота лопастей (рис. 9.32) состоит из ползуна и шатунов, соединенных с кривошипными дисками, на которых закреплены лопасти. Усилие для поворота лопастей передается через шток в гребном валу на ползун, а от него через шатуны — кривошипным дискам, которые, вращаясь, поворачивают лопасти.

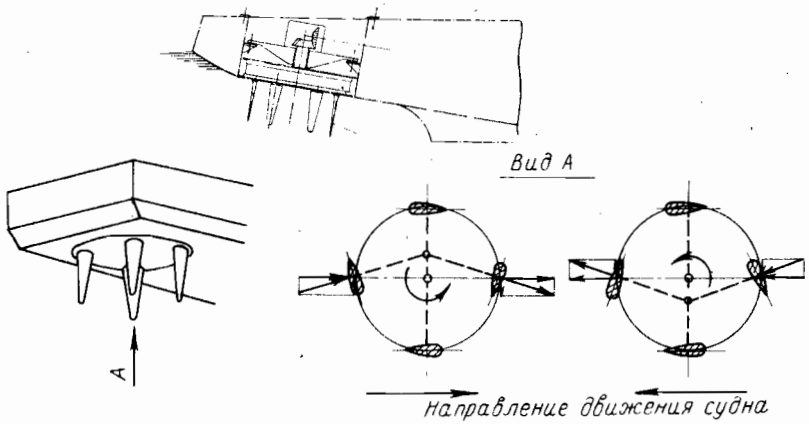


Рис. 9.33. Крыльчатый движитель и схема его работы

Движение штоку, на конце которого расположен поршень, передается давлением масла (его можно подавать под одну или другую сторону поршня, в зависимости от необходимого направления изменения шага). Рабочее давление масла создается масляным насосом высокого давления (2,0 МПа или 20 кгс/см^2), работающим от гребного вала или специального электромотора. Направление подачи масла изменяется золотниковым устройством, привод которого связан с постом управления в рулевой рубке.

Применение ВРШ позволяет за счет повышения КПД двигателя в разных условиях эксплуатации снизить на 10—15 % расход топлива и увеличить в среднем на 2—3 % среднюю рейсовую скорость. Возможность быстрого перехода с переднего на задний ход улучшает маневренные качества судна и примерно в 1,5 раза сокращает выбег при экстренном торможении, повышая тем самым безопасность плавания. Важным преимуществом ВРШ является и то, что его съемные лопасти можно легко заменять, не выводя судно из эксплуатации.

К недостаткам ВРШ относятся сложность конструкции, более высокая стоимость и несколько меньший (на 1—3 %), чем у винтов фиксированного шага, КПД из-за большего диаметра ступицы, в которой размещается механизм поворота. Однако, несмотря на эти недостатки, ВРШ является перспективным типом движителя не только для промысловых и технических, но и для крупных транспортных судов: на крупнотоннажных танкерах типа «Крым» установлен ВРШ диаметром 7,5 м, на атомном лихтеровозе «Севморпуть» — 6,8 м, на сухогрузном газотурбоходе «Парижская коммуна» — диаметром 5,6 м. Диаметр наиболее крупных ВРШ достигает 9 м.

Крыльчатый движитель (рис. 9.33) представляет собой диск, вмонтированный заподлицо с днищевой обшивкой и приводящийся во вращение вокруг вертикальной оси судовым двигателем.

По окружности диска перпендикулярно к нему расположены четыре — восемь погруженных в воду лопастей, каждая из которых вращается вместе с диском, а также вокруг своей оси. Путем соответствующей установки привода управления поворотом каждой лопасти вокруг своей оси можно при неизменном направлении вращения диска создать упор в любом направлении (см. схему на рис. 9.33). Поэтому суда, оборудованные крыльчатым движителем, не имеют рулей. Несмотря на сложность изготовления и невысокий КПД, крыльчатые движители незаменимы на тех судах, для которых необходима высокая маневренность при малых скоростях движения (на плавучих кранах, буксирах и пр.). Управление крыльчатым движителем осуществляется из ходовой рубки и с крыльев ходового мостика.

§ 9.10. Вспомогательные механизмы

К вспомогательным судовым механизмам относятся механизмы и теплообменные аппараты, обслуживающие главную энергегическую установку, двигатели генераторов электрического тока, вспомогательные котлы, вспомогательные конденсаторы, опреснительные и испарительные установки и рефрижераторные машины.

К механизмам, обслуживающим главную энергетическую установку, относятся различные насосы, номенклатуру, тип и привод которых определяют в зависимости от типа главной энергетической установки, а также котельные и машинные вентиляторы, имеющие электро- или турбопривод.

Насосами называют механизмы, предназначенные для перекачивания жидкостей по трубопроводам. Работа насоса заключается в двух, следующих один за другим, процессах: *всасывании* и *нагнетании*. Всасывание происходит только в том случае, если давление внутри приемной полости насоса меньше, чем давление, под которым находится всасываемая жидкость. Поэтому насос, приемная полость которого находится выше уровня всасываемой жидкости, должен создавать в приемной полости разрежение, т. е. работать с подсосом.

Судовые насосы различают: *по конструктивным признакам и способу перемещения жидкости* — поршневые, центробежные, осевые, шестеренчатые, винтовые, струйные (рис. 9.34); *по типу двигателя*, приводящего в действие насос, — паровые, турбинные, электрические; *по роду перекачиваемой жидкости* — водяные, топливные, масляные.

Для прокачивания воды через различные теплообменники — конденсаторы, охладители, парогенераторы — используют *циркуляционные насосы*, обычно центробежного типа с электроприводом. Подается котельно-питательная вода в главные паровые котлы *питательными турбонасосами* центробежного типа. Топливная система и система смазки обслуживаются *насосами поршневого, шестеренчатого, кулачкового* или *червячного типа*. У дви-

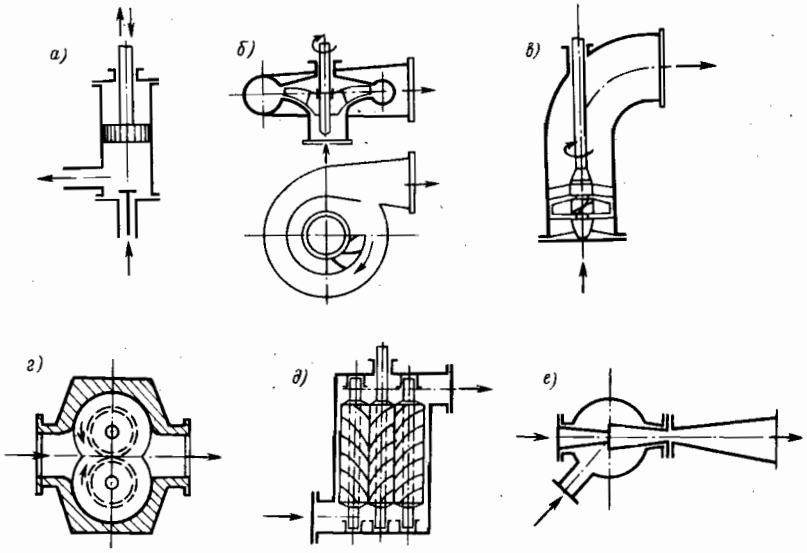


Рис. 9.34. Судовые насосы (схемы): *а* — поршневой; *б* — центробежный; *в* — осевой; *г* — шестеренчатый; *д* — винтовой; *е* — струйный

гателей внутреннего сгорания некоторые топливные и масляные насосы имеют привод от коленчатого вала главного двигателя. Такие механизмы называют навешенными. Навешивание вспомогательных механизмов начинают применять и в паротурбинных установках (питательные насосы, валогенераторы и пр.).

Котельные вентиляторы — вдувные центробежного типа осуществляют дутье воздуха в топку котла.

Машинные вентиляторы, обеспечивающие воздухообмен в МКО, бывают вдувными или вытяжными. Вдувные предназначены для подачи в МКО свежего воздуха, вытяжные — для удаления нагретого воздуха из верхней части помещения. Машинные вентиляторы бывают центробежными или осевыми.

Компрессоры служат для получения сжатого воздуха, применяемого для пуска двигателей внутреннего сгорания, а также для работы пневматического инструмента в судовых мастерских и других целей. На судах потребляют сжатый воздух низкого давления (для инструмента) — 0,4—0,6 МПа (4—6 кгс/см^2); среднего давления (для пуска двигателей) — 2,0—3,0 МПа (20—30 кгс/см^2); высокого давления (для специальных целей) — 15,0—20,0 МПа (150—200 кгс/см^2).

По конструкции компрессоры могут быть поршневыми, лопастными (турбокомпрессоры) и струйными, одноступенчатыми и многоступенчатыми (последние — для получения сжатого воздуха высокого давления). Приготовленный компрессором сжатый воздух поступает в баллоны, откуда расходуется по назначению.

В качестве **двигателей генераторов электрического тока** на судах используют четырехтактные двигатели внутреннего сгорания, паровые и газовые турбины мощностью от 35 до 1500 кВт.

Вспомогательные котлы предназначены для подачи пара на бытовые нужды — к вспомогательным механизмам с паровым приводом, к теплообменным аппаратам, для мойки и пропаривания танков и цистерн, в систему парового пожаротушения и т. д. (см. с. 259).

Опреснительная и испарительная установки служат для приготовления пресной воды из морской воды; первая — для бытовых нужд экипажа, вторая — для питания котлов.

Наличие на судне опреснительной установки позволяет отказаться от приема больших запасов пресной воды (до 100 л на человека в день), что дает экономию в массе и габаритах и увеличивает полезную грузоподъемность судна, так как для получения 9—10 кг пресной воды требуется 1 кг топлива.

Опреснение морской воды происходит по принципу дистилляции (выпаривания), а испарение — путем нагрева ее паром от главных или вспомогательных котлов до температуры кипения (в испарительных установках вакуумного типа температура кипения ниже 100°, в опреснительных — выше 100°, так как только при этой температуре уничтожаются вредные микробы). Пар может быть или первичный, или отработавший во вспомогательных механизмах; на дизельных судах для этой цели используют тепло охлаждающей воды. На судах применяют опреснительные (или испарительные) установки производительностью от 2 до 15—20 т/ч (на турбоходах — до 40—50 т/ч) одноступенчатые. Многоступенчатые благодаря более рациональному использованию тепла экономичнее применять на установках очень большой производительности.

Рефрижераторные установки служат для охлаждения помещений, в которых хранятся скоропортящиеся продукты, — рефрижераторных кладовых (на всех судах), рефрижераторных трюмов (на специальных судах), а также для охлаждения воздуха в системе кондиционирования. Рефрижераторная установка состоит из холодильной машины, трубопроводов охлаждения и холодильных камер (трюмов) или кондиционеров.

Холодильные машины компрессорного типа состоят из компрессора, конденсатора, испарителя, электромотора, водяного насоса, термостата, различных трубопроводов и контрольно-регулирующих приборов. В качестве *хладагентов* в судовых машинах используют аммиак, углекислоту и, чаще всего, фреон. При работе установки пары фреона сжимаются в компрессоре, откуда уже сжатый фреон поступает в конденсатор; здесь он отдает образовавшееся при сжатии тепло циркулирующей в конденсаторе воде, конденсируется и превращается в жидкость. Затем жидкий фреон поступает в испаритель, где он превращается в газ. Это сопровождается поглощением тепла, которое фреон отбирает от

стенок испарителя, охлаждая его. После этого газообразный фреон снова поступает в компрессор, и процесс повторяется. В связи с тем, что в каждом цикле постепенно понижается температура, в холодильных машинах предусматривают специальные термостаты и другие контрольно-регулирующие приборы, автоматически выключающие и включающие установку.

Судовые холодильные установки, у которых испаряющийся хладагент циркулирует по трубам батарей охлаждаемого помещения, называют *установками с непосредственным охлаждением*. Если проникновение хладагента в охлаждаемое помещение нежелательно (например, при применении токсичных хладагентов), то применяют *установки с рассольным охлаждением*. В этом случае помещения охлаждаются циркулирующим в батареях холодным рассолом, имеющим низкую температуру замерзания. Пройдя по трубам помещения, нагретый рассол поступает в испаритель, где отдает полученное тепло, и вновь поступает в охлаждаемое помещение.

В установках кондиционирования воздуха иногда применяют пароэжекторные холодильные установки, в которых рабочим телом является вода. Эти установки безопасны в токсическом отношении, но они менее экономичны и не позволяют охлаждать помещение ниже —15 °С.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные типы главных судовых энергетических установок. Каковы их характерные особенности и область применения?
2. Для чего предназначены утилизационные котлы?
3. Объясните принцип действия двухтактного и четырехтактного двигателя внутреннего сгорания.
4. Назовите элементы валопровода и их назначение.
5. Что такое кавитация?
6. Как устроен винт регулируемого шага? Каковы его преимущества и недостатки? На каких судах применяют ВРШ?
7. Назовите основные вспомогательные механизмы.

Глава десятая

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ

§ 10.1. Общие сведения

Электрооборудование судна состоит из *судовой электроэнергетической системы* (СЭЭС) и *потребителей* (приемников) вырабатываемой ею электроэнергии. В состав СЭЭС входит *судовая электростанция* (источники электроэнергии и главный распределительный щит) и *судовая электрическая сеть*, включающая линии электропередач с распределительными щитами.

До второй мировой войны на судах в основном применяли постоянный ток, и в настоящее время благодаря успехам в развитии судовой электротехники и созданию надежного электрооборудования на переменном токе появилась возможность использовать в качестве основного переменный ток напряжением 220—380 В с частотой 50 Гц.

Хотя электродвигатели постоянного тока имеют ряд преимуществ (более простое и плавное регулирование в широком диапазоне частоты вращения, быстрое изменение направления вращения, допустимость больших перегрузок), на судах выгоднее устанавливать машины переменного тока, так как они меньше по габаритам и массе, имеют более высокий КПД, проще по конструкции, надежнее и дешевле. Кроме того, масса кабелей судовой сети переменного тока меньше, чем постоянного; при переменном токе проще осуществить подачу питания с берега. Важным преимуществом является также меньшая пожаро- и взрывоопасность, поскольку у машин переменного тока нет коллектора, в котором обычно происходит искрение.

Особое значение имеет электрооборудование на судах с электродвижением, у которых гребной винт вращается электродвигателем, получающим ток от генератора, приводимого в движение турбиной (паровой или газовой) или дизелем. На этих судах, называемых турбоэлектроходами или дизель-электроходами, мощность гребных электроустановок достигает нескольких десятков тысяч киловатт. При изготовлении электрооборудования и его монтаже необходимо учитывать особенности его работы на судне — в морских условиях — вибрацию, качку, сотрясения корпуса от ударов волн, высокую влажность и соленость воздуха, наличие в машинных и некоторых других помещениях паров нефти и масла и т. п. Поэтому электрооборудование для судов изготовляют *в морском исполнении*, которое значительно отличается от обычного промышленного.

Основное судовое электрооборудование должно обладать высокой надежностью работы в судовых условиях, стойкостью к коррозии, вибрационной стойкостью и способностью функционировать при длительных крене до 15° и дифференте до 5°, при бортовой качке до 22,5° от вертикали с периодом качки 7—9 с (аварийное электрооборудование должно выдерживать длительный крен до 22,5° и дифферент до 10°). Оно должно надежно работать при относительной влажности до 98 % при температуре 23—27 °С и выдерживать колебания температуры окружающего воздуха от — 30° до +45 °С. Очень высокие требования предъявляют к изоляционным материалам: они должны быть водо- и маслостойкими, негигроскопичными и негорючими.

Судовые электромеханизмы и другое электрооборудование в зависимости от места расположения изготовляют в *открытом незащищенном*, *закрытом защищенном*, *брызгозащищенном*, *водозащищенном*, *герметическом* (в затопляемых помещениях) или

взрывозащищенном исполнении. Особенно жесткие требования предъявляют к электрооборудованию судов, плавающих в тропиках, т. е. в условиях высокой температуры и повышенной влажности.

Судовое электрооборудование, как и любое другое оборудование на судах, должно быть легким и недорогим.

§ 10.2. Судовая электростанция

На морских судах оборудуют электростанции, обеспечивающие электрическим током электродвигатели различных вспомогательных механизмов, механизмов систем и устройств, приборы управления и связи, осветительные и нагревательные приборы и пр. Различают судовые электростанции малой мощности (200—500 кВт), средней (500—2000 кВт) и большой мощности (свыше 2000 кВт). На океанских пассажирских лайнерах, больших научно-исследовательских судах и промысловых базах мощность электростанций достигает 6000 кВт и более.

В качестве источников электроэнергии на судах применяют генераторы, аккумуляторные батареи и преобразователи электроэнергии.

Основными источниками электроэнергии на судах служат электрические генераторы (переменного или постоянного тока), которые приводятся в движение смонтированными на одной с ними раме паровыми (или газовыми) турбинами (турбогенераторы или газотурбогенераторы), либо двигателями внутреннего сгорания (дизель-генераторы), либо от валопровода (валогенераторы).

Турбогенераторы более надежны, чем дизель-генераторы, имеют большую массу, габариты и моторесурс, однако они связаны с работой котлов и запуск их занимает более продолжительное время. В этом отношении предпочтительнее дизель-генераторы, отличающиеся быстротой запуска и автономностью работы, но они имеют значительно меньший моторесурс. В качестве привода дизель-генераторов используют обычно дизели с частотой вращения 500—750 об/мин (для аварийных дизель-генераторов — 1500 об/мин).

По назначению судовые электрогенераторы разделяют на основные, резервные, стояночные и аварийные. *Основные электрогенераторы* предназначены для питания судовых электропотребителей в ходовом и других напряженных режимах работы судна — при стоянке во время грузовых операций, швартовке, снятии с якоря. *Резервные электрогенераторы* необходимы на случай выхода из строя основного генератора при плавании судна в опасной зоне — при проходе каналов, узких мест или при швартовке. Небольшие по мощности *стояночные электрогенераторы* служат для питания судовых потребителей во время стоянки

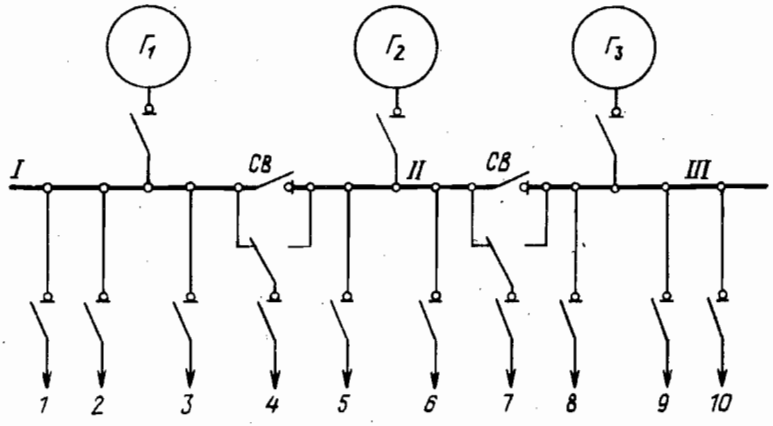


Рис. 10.1. Секционирование сборных шин распределительных устройств электростанции для параллельной и раздельной работы генераторов

при неработающих грузовых и других механизмах, потребляющих много энергии.

На паротурбинных судах как основными, так и резервными генераторами являются турбогенераторы, на теплоходах — дизель-генераторы. Иногда на теплоходах с котельной установкой, работающей на тепле отходящих газов (утилизационный котел), в дополнение к дизель-генераторам устанавливают ходовой турбогенератор. В качестве стояночных генераторов используют обычно дизель-генераторы.

Основные, резервные и стояночные генераторы образуют основную электростанцию судна, размещаемую на транспортных судах обычно в МКО и, реже, в отдельном отсеке. На судовых электростанциях применяют параллельную работу генераторов, но для большей надежности и маневренности предусматривают возможность *секционирования*, т. е. раздельной работы каждого судового генератора на определенную группу потребителей. К параллельной работе прибегают в наиболее ответственные моменты, например при проходе каналов, швартовке и т. п., когда даже кратковременные перерывы в питании электроэнергией недопустимы; к раздельной — при неисправностях и профилактических ремонтах ГРЩ. Секционирование осуществляется разделением сборных шин распределительных устройств на секции с помощью специальных выключателей (рис. 10.1).

Для определения мощности судовой электростанции составляют *таблицу нагрузки*. При этом количество и мощность генераторов выбирают таким образом, чтобы в каждом режиме обеспечивалась наиболее полная загрузка генераторов, а если необходимо, то и резерв. Количество генераторов всегда стре-

мятся свести к минимуму, однако по Правилам Регистра СССР общее количество генераторов основной электростанции не может быть меньше двух (в том числе один резервный).

Аварийные электрогенераторы устанавливают на всех самоходных судах, за исключением судов, у которых основным источником электроэнергии являются аккумуляторные батареи, при условии, что по крайней мере одна из установленных батарей по емкости и расположению отвечает требованиям к аварийному источнику. Они необходимы для питания потребителей, работающих в аварийном режиме (аварийного освещения, радиостанции, прожекторов, системы аварийной сигнализации, противопожарных и водоотливных средств, рулевого электропривода и пр.), в том случае, если основная электростанция выйдет из строя. Поэтому аварийные генераторы, в качестве которых обычно используют дизель-генераторы, устанавливают в отдельном помещении с выходом на открытую палубу — выше палубы переборок и вне шахты МКО. Мощность аварийного дизель-генератора обычно не превышает 100 кВт *, а запас топлива согласно Правилам Регистра СССР должен быть достаточным для непрерывной работы генератора в течение 36 ч для пассажирских и приравненных к ним судов, неограниченного и ограниченного района плавания I и 18 ч — на грузовых судах валовой вместимостью 300 рег. т и более этих же районов плавания. Для судов ограниченного района плавания II и III, а также для грузовых судов валовой вместимостью менее 300 рег. т этот период времени сокращается.

Запуск аварийного дизель-генератора и прием нагрузки производится автоматически (от аккумуляторной батареи) при исчезновении напряжения на шинах основной электростанции в течение не более 45 с. На некоторых судах аварийным источником тока служит аккумуляторная батарея, емкость которой должна быть достаточна для работы в течение указанного выше времени аварийного освещения и сигнально-отличительных фонарей, а также всех видов пожарной сигнализации в течение часа, трехкратного открывания клинкетных дверей и других назначенных Регистром потребителей. Включение ее в аварийную сеть также происходит автоматически.

Кроме аварийного дизель-генератора на всех морских судах предусматривают кратковременный аварийный источник электроэнергии — аккумуляторную батарею небольшой емкости для питания в течение не менее 30 мин сети аварийного освещения, фонарей «Не могу управляться», авральной сигнализации, действующей в течение 10 мин, а также приводов клинкетных дверей для одноразового открывания на пассажирских и промысловых судах.

---

* На крупнотоннажных паротурбинных судах и атомоходах мощность аварийного дизель-генератора достигает 200 кВт и более.

В качестве генераторов переменного тока на судовых электростанциях применяют синхронные генераторы с *машинными возбудителями* (типа МС) или с *самовозбуждением* (типа МСК, ГМС и др.) мощностью от 25 до 3000 кВт и напряжением 400 В. Обмотка возбуждения ротора у генераторов с самовозбуждением питается от цепи статора, а начальное возбуждение осуществляется небольшим генератором переменного тока с постоянными магнитами, вращающимися вместе с главным генератором. К преимуществам синхронных генераторов с самовозбуждением следует отнести их надежность (так как у них нет возбудителя — машины постоянного тока), быстроту автоматического регулирования напряжения и устойчивость работы на переходных режимах. Поэтому генераторы с самовозбуждением получили на судах наибольшее распространение. В последнее время стали применять бесщеточные синхронные генераторы.

Заслуживают внимания так называемые *валогенераторы*, широко используемые в последнее время на судах. Валогенераторы приводятся во вращение от валопровода с помощью зубчатой цепной или клиноременной передачи. Валогенераторы используют имеющийся на каждом судне 10—15 %-ный запас мощности главного двигателя, что позволяет обеспечить в ходовом режиме питание основных потребителей и сохранить тем самым моторесурс вспомогательных двигателей. Кроме того, они позволяют увеличить КПД главного двигателя и, следовательно, повысить экономичность всей установки.

Одним из главных условий устойчивой работы валогенератора является стабильность частоты вращения гребного вала, что обеспечивается только при применении ВРШ. В противном случае при уменьшении частоты вращения гребного вала (например, при маневрировании судна) будут уменьшаться напряжение и частота переменного тока, и для использования валогенератора при меняющейся частоте вращения гребного вала придется применять сложные регулирующие устройства. Для повышения экономичности энергетической установки на теплоходах часто применяют *утилизационные турбогенераторы*, работающие от пара, вырабатываемого утилизационными котлами за счет тепла отходящих газов главного двигателя.

Аккумуляторами на судах служат кислотные или щелочные аккумуляторные батареи. Щелочные аккумуляторы по размерам несколько больше кислотных, но они лучше переносят вибрацию, не выделяют вредных веществ, не требуют периодической подзарядки. К тому же они надежнее и их проще обслуживать. На судах используют в основном щелочные аккумуляторы (кадмиево-никелевые или железоникелевые с электролитом — раствором едкого калия), а кислотные — только в качестве стартерных. Аккумуляторы хранят на судне в специальных помещениях — аккумуляторных, которые должны иметь хорошую вентиляцию и выход на открытую палубу. Щелочные и кислотные аккумуляторы хранят раздельно.

Преобразователи электроэнергии служат для питания током потребителей, которым не подходит род или

напряжение тока, вырабатываемого основной электростанцией. Различают *вращающиеся* и *статические* преобразователи. К первым относятся *двухмашинные* (двигатель и генератор) и *одномашинные* или *одноякорные преобразователи* (машина постоянного тока с расположенными на валу контактными кольцами, к которым тянутся отводы от симметрично расположенных точек обмотки якоря). Двухмашинные преобразователи более громоздки и дороже, поэтому их применяют только для больших мощностей.

К статическим преобразователям относятся полупроводниковые выпрямители — селеновые, германиевые, кремниевые, купроксные. Ртутные выпрямители на судах не применяются. Для изменения величины напряжения применяют *трансформаторы*.

§ 10.3. Распределение электроэнергии

Электроэнергия, вырабатываемая судовой электростанцией, распределяется по судовым сетям между потребителями.

Различают следующие судовые электросети: *силовую* — для питания электроприводов судовых механизмов МКО, механизмов судовых устройств систем и пр.; *осветительную* — для питания основного освещения помещений и открытых палуб, сигнально-отличительных фонарей, подсветки телеграфов, навигационных и других приборов; *аварийного освещения* — для питания осветительных цепей, которые должны работать в аварийном режиме (питание сигнально-отличительных фонарей, освещение коридоров, проходов, постов управления, шлюпочных палуб и мест посадки в шлюпки); *слабого тока* — для питания цепей телефонов, телеграфов, пожарной сигнализации и пр.; *переносного освещения* — для питания через штепсельные соединения переносных ламп; *электронавигационных приборов* — для питания гирокомпаса, эхолота, электромеханического лага и пр.

От источников электроэнергии — генераторов — ток поступает на **главный распределительный щит** (ГРЩ), который является центральным пунктом распределения электроэнергии между группами потребителей на судне.

ГРЩ (рис. 10.2) представляет собой металлоконструкцию (каркас), на которой устанавливают *коммутационную аппаратуру* для замыкания и размыкания электрических цепей (рубильники, выключатели, переключатели, пусковые кнопки), *пусковую* и *регулирующую аппаратуру* (реостаты и регуляторы), *защитную аппаратуру* (предохранители, реле обратного тока и обратной мощности и пр.), *сигнальные и контрольно-измерительные приборы*. На судах оборудуют ГРЩ защищенного типа. На лицевой стороне размещают сигнальные и контрольно-измерительные приборы и рукоятки управления прочими приборами, которые вместе с токоведущими частями монтируют с тыльной стороны щита. Обычно ГРЩ устанавливают в помещении электростанции, оставляя вокруг него свободный проход шириной 0,6—1,0 м (в зависи-

мости от длины ГРЩ и размеров судна). Вход на щит закрывают дверьми с устройством, позволяющим закреплять их в открытом положении.

Находящиеся на ГРЩ контрольно-измерительные приборы позволяют обеспечить постоянный надзор за эксплуатацией судовой электростанции. Наряду с ручным управлением работой электростанции с помощью приборов и аппаратов ГРЩ на судах предусматривают автоматическое и дистанционное управление — из ЦПУ или с мостика.

От ГРЩ отходят питающие магистрали. Существуют магистральная, фидерная (радиальная) и смешанная (магистрально-фидерная) системы распределения электроэнергии.

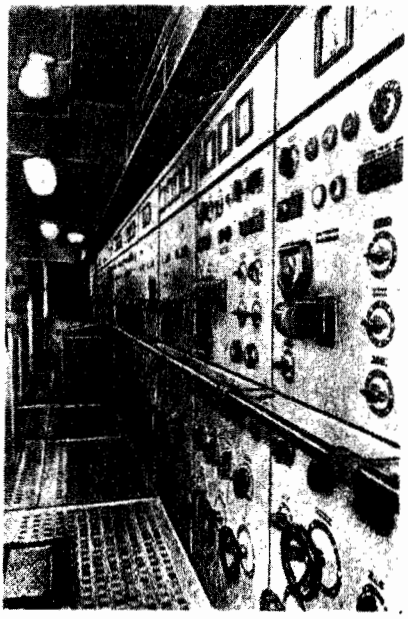


Рис. 10.2. Главный распределительный щит (ГРЩ)

При *магистральной системе* (рис. 10.3, *а*) питание (генераторы $Г_1$ и $Г_2$) подается от ГРЩ к потребителям через магистральные коробки (*МК*) и распределительные щиты (*РЩ*), объединенные одной магистралью. *РЩ*, устанавливаемые в определенных частях судна — в носу, в корме, в средней части, — питают групповые распределительные щиты и распределительные щитки отдельных потребителей. При *фидерной* (*радиальной*) системе (рис. 10.3, *б*) питание каждого распределительного щита, а также некоторых ответственных и мощных потребителей ($Д_1$ и $Д_2$) осуществляется от ГРЩ по отдельным фидерам. Эта система более надежна, чем магистральная, так как при повреждении фидера отключается только один распределительный щит или один ответственный потребитель. При повреждении магистрали в первой схеме прекращается питание всей группы распределительных щитов. Кроме того, при фидерной системе можно непосредственно на ГРЩ включать и выключать потребители. Правила Регистра СССР требуют, чтобы для некоторых потребителей было обеспечено только фидерное питание. К таким потребителям относят: электроприводы рулевой машины, якорного устройства, пожарных и осушительных насосов, компрессоров и насосов спринклерной системы; щиты питания радиостанции, гирокомпаса, навигационных приборов, сигнально-отличительных фонарей станции автоматической сигнализации обнаружения пожара, рефрижераторные установки

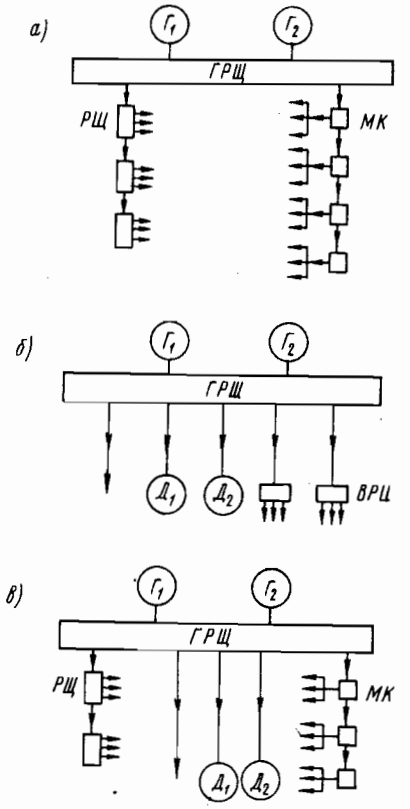


Рис. 10.3. Различные системы распределения электроэнергии: *а* — магистральная; *б* — фидерная (радиальная); *в* — смешанная

грузовых трюмов; электроприводы механизмов, обеспечивающих работу главной энергетической установки; щиты электроприводов грузовых, шлюпочных, швартовных и других устройств, вентиляции и т. д. Особо ответственные потребители, такие как рулевой электропривод или сигнально-отличительные фонари, получают питание по двум фидерам, проложенным возможно дальше друг от друга.

Магистральная система проще и выгоднее, чем фидерная. Но она менее надежна, ее нельзя применять для всех потребителей. Поэтому на судах обычно используют *смешанную систему* (рис. 10.3, *в*), отличающуюся тем, что в ней часть потребителей питается по фидерной, а часть менее ответственных потребителей — по магистральной системе. Для передачи электроэнергии от источников к потребителям применяют системы, различающиеся количеством токоведущих проводов. При постоянном токе обычно применяют *двухпроводную* систему, при переменном трехфазном токе—*трехпроводную*. Правила Регистра запрещают применение однопроводной системы с использованием корпуса судна в качестве обратного провода, так как это сопряжено с опасностью для жизни людей (такая система допускается только на судах при напряжении до 30 В). Специальные судовые кабели и провода могут работать в условиях повышенной влажности и солености воздуха при наличии паров и сильной вибрации. Их изготовляют из нескольких скрученных мягких медных проволок, изолируя жилу резиновой оболочкой, поверх которой наматывают прорезиненную тканевую ленту. Для защиты резины от действия воды, нефтепродуктов, солнечных лучей и т. п. ее покрывают защитной оболочкой — из свинца (кабель СРМ) или из негорючей шланговой резины (кабель КНР); сверх нее для защиты от механических повреждений надевают металлическую оплетку из стальной оцинкованной (кабель КНРП) или медной луженой (кабель

КНРЭ) проволоки, которая служит экраном от радиопомех. Кабель прокладывают на судне в специальных подвесках и на стальных панелях. При прокладке кабеля через водонепроницаемые переборки и палубы, чтобы не нарушить их водонепроницаемости, его укладывают в переборочные или палубные кабельные коробки, которые затем заполняют уплотняющей массой (битумом, эпоксидно-тиоколовым компаундом).

§ 10.4. Потребители тока

К основным потребителям тока на судне относятся электроприводы судовых механизмов, устройств и систем, освещение и прожекторы, электронавигационные приборы и электрические средства связи и сигнализации.

Электроприводом называют устройство, состоящее из электродвигателя, передаточного устройства, связывающего электродвигатель с исполнительным механизмом, и приборов управления.

Электродвигатели, используемые в приводах рулевого, грузового, якорного швартовного и других устройств, испытывают значительные перегрузки и работают в режиме частых включений и изменений направления движения. Эти особенности учитывают при конструировании соответствующих электроприводов.

В качестве передаточного механизма в судовых электроприводах применяют обычно жесткую передачу с помощью муфт или фланцевых соединений.

Пуск, изменение направления движения, торможение и остановку электродвигателей осуществляют с помощью аппаратуры управления, к которой относятся: *контакторы* — электромагнитные аппараты дистанционного действия для замыкания и размыкания цепей электрического тока; *электромагнитные реле* — аппараты, контролирующие величину магнитного поля и срабатывающие при достижении заданного значения (различают минимальные и максимальные реле тока, реле напряжения и реле времени); *тепловые реле*, срабатывающие при отклонении температуры от определенной величины; *реле контроля неэлектрических величин*, срабатывающие при изменении давления, частоты вращения, уровня жидкости и пр.; *магнитные пускатели* — комплексные аппараты, предназначенные для управления асинхронными короткозамкнутыми электродвигателями и их защиты; *магнитные станции* — устройства, состоящие из смонтированных в металлическом шкафу магнитных и других аппаратов для автоматического управления электроприводом; *командоаппараты* (кнопочные посты управления, командоконтроллеры) — для дистанционного управления электроприводами, а также регулировочные, пусковые и пускорегулировочные сопротивления, величину которого можно изменять; *контроллеры* — многоступенчатые коммутационные аппараты ручного управления реверсивными электроприводами кратковременного и повторно-кратковременного ре-

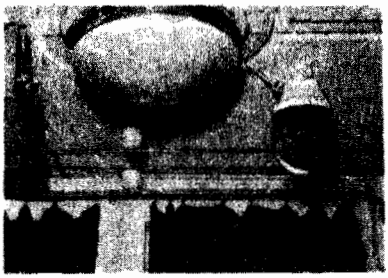


Рис. 10.4. Светильники подволочные



Рис. 10.5. Судовой прожектор

жимов работы; *тормозные электромагниты* — для растормаживания механических фрикционных тормозов электродвигателей, работающих в кратковременном и повторно-кратковременном режимах. Управление аппаратурой, регулирующей работу судовых электроприводов, осуществляют вручную, полуавтоматически или автоматически — без участия оператора. При полуавтоматическом управлении вручную подается только первоначальная команда, а все дальнейшие операции выполняются автоматически.

Разновидностью автоматического управления является программное управление, при котором все операции происходят в наперед заданной последовательности и продолжительности.

Для **судового освещения** применяют лампы накаливания, люминесцентные, а также дуговые ртутные лампы. В лампах накаливания световое излучение является результатом нагрева светящего тела — вольфрамовой нити; в люминесцентных лампах светится покрывающий внутреннюю поверхность трубки тонкий слой специального вещества — люминофора, которое под действием электрического разряда в газах или парах металлов дает световое излучение; в дуговых ртутных лампах световой поток создается излучением дугового разряда и свечением люминофора, покрывающего внутренние стенки стеклянного баллона лампы.

Судовые лампы накаливания отличаются от обычных высокой механической прочностью, что достигается утолщением нити и увеличением количества точек ее крепления, и вдвое большей средней продолжительностью горения. Обычно их применяют для местного и общего освещения помещений, для сигнально-отличительных фонарей и для аварийного освещения.

Люминесцентные лампы, используемые для судового освещения, различаются по характеру света и могут быть просто белого или теплого белого цвета. Люминесцентные лампы очень чувстви-

тельны к температуре окружающего воздуха и устойчиво работают только при температуре около 20 °С. Другим недостатком этих ламп является присущий им стробоскопический эффект (мерцание), поэтому при наличии в освещаемых ими помещениях видимых вращающихся конструкций необходимо принимать меры для его устранения. Мощные дуговые ртутные лампы применяют для освещения открытых палуб или больших помещений. Они устойчиво работают в широком диапазоне температур окружающего воздуха: от —30 до +60 °С.

Для защиты ламп от воздействия внешней среды, перераспределения светового потока и защиты глаз от прямого действия света на судах применяют *осветительную арматуру*, выполняемую в открытом, защищенном, водозащищенном, герметическом и взрывозащищенном исполнении. Лампу с осветительной арматурой называют светильником.

Судовые светильники (рис. 10.4) бывают подволочные (подпалубные), переборочные, подвесные, настольные и переносные.

Судовое освещение должно создавать благоприятные условия для работы и жизни экипажа, причем освещенность должна быть постоянной — без колебаний из-за раскачивания светильников или изменения напряжения. Нормы освещенности регламентируют Санитарными правилами.

Прожекторные установки состоят из прожектора и системы управления. В судовых прожекторах (рис. 10.5) световой поток от источника света преобразуется параболическим зеркальным отражателем в узкий мощный световой поток. Источниками света являются лампы накаливания, а в наиболее мощных сигнальных прожекторах — дуговые лампы. Ламповые прожекторы бывают *дальнего действия и заливающего света*. Первые устанавливают на верхнем мостике или марсовой площадке и используют для навигационных целей и сигнализации; их можно поворачивать вокруг горизонтальной и вертикальной осей, управляя поворотом дистанционно из рулевой рубки. Прожекторы заливающего света менее мощные; их используют для освещения места работы на палубе, пирсе и у борта судна, а также для декоративных целей.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные источники электрического тока, применяемые на судах. Назовите род, напряжение и частоту тока судовой сети.
2. Как распределяется электроэнергия на судне? Какие основные системы распределения электроэнергии вы знаете?
3. Что относится к потребителям тока?
4. Какие лампы применяют для судового освещения?

Глава одиннадцатая

НАВИГАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СРЕДСТВА СВЯЗИ

§ 11.1. Основные навигационные приборы

Каждое судно имеет навигационное (штурманское) оборудование, средства связи и сигнализации, которые необходимы для обеспечения безаварийного плавания по заданному маршруту.

Навигационное оборудование морского судна состоит из комплекса навигационных приборов, обеспечивающих прокладку курса судна, уточнение и определение географических координат его местонахождения, что является одним из основных требований безопасности плавания. Кроме того, эти приборы должны обеспечивать безопасное плавание при подходе к берегу в условиях ограниченных глубин, при встрече с другими судами и т. п.

Судовые средства связи и сигнализации служат для внешней связи с берегом и другими судами, а также для внутренней связи между отдельными постами судна, в первую очередь для быстрого и четкого оповещения и передачи распоряжений. Особое место занимают средства радиосвязи, которые используют для оперативного руководства флотом, передачи и приема сообщений, касающихся безопасности плавания и охраны человеческой жизни на море, а также для обмена служебной и частной корреспонденцией между судном и берегом или другими судами.

Количество и номенклатура устанавливаемых на судне навигационных приборов и средств связи зависят от размеров, района плавания и назначения судна и определяются Правилами Регистра СССР.

К основным навигационным приборам и инструментам на судне относятся: *компасы*, *пеленгаторы*, *радиопеленгаторы*, *секстаны*, *хронометры* — для ориентации в пути и определения местоположения судна; *лаги* — для определения скорости и учета пройденного расстояния; *радиолокаторы*, *гидролокаторы*, *гидрофоны*, *лоты и эхолоты* — для проверки пути и места в условиях плохой видимости (в тумане, ночью) и при подходе к берегу; *термометры*, *барометры*, *барографы*, *анемометры и психрометры* — для определения и прогноза погоды.

Почти все навигационные приборы размещают в *рулевой* и *штурманской рубках* (рис. 11.1, 11.2), а также на открытых мостиках. На гражданских судах рулевую и штурманскую рубки

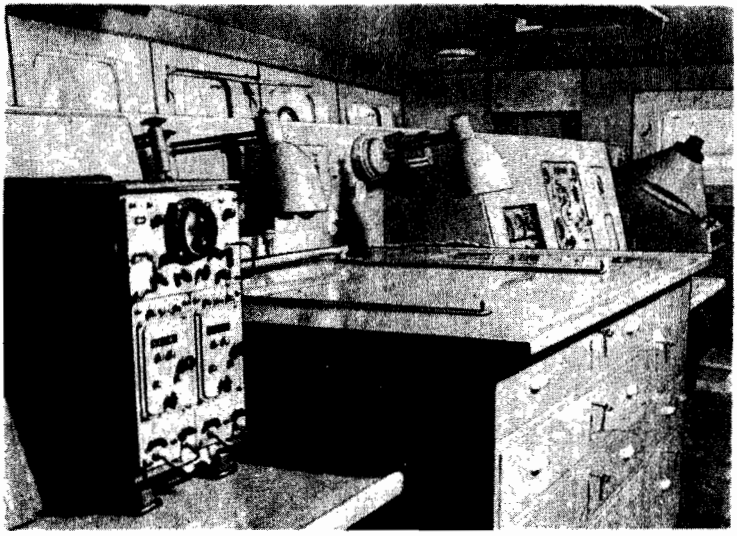


Рис. 11.1. Штурманская рубка

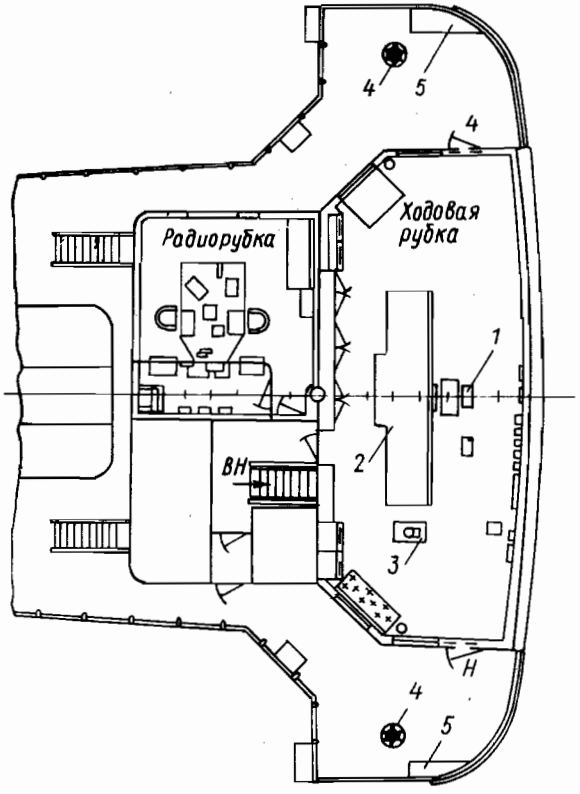


Рис. 11.2. Совмещенная рулевая и штурманская рубка

совмещают в одном помещении, которое называют *ходовой рубкой*, или рулевой, а находящиеся в ней навигационные приборы объединяют в *пульт судовождения* (рис. 11.3). Это позволяет создать в основном посту управления судном (ходовой рубке) круговой обзор, что значительно улучшает условия управления. На крупных судах с кормовым расположением рулевой рубки, главным образом на крупнотоннажных танкерах, для улучшения обзора и уменьшения «мертвой зоны» видимости в носу на фок-мачте иногда устанавливают телекамеру, а в рулевой рубке — видеоконтрольный телеэкран (рис. 11.4). Кроме того, для улучшения обзора по ходу судна можно при соответствующем расположении телекамер получать видеоинформацию с бортов судна (что имеет значение при швартовке), с кормы, а также из наиболее ответственных постов судна — МКО, румпельного отделения и т. п.

Важнейшим и наиболее древним навигационным прибором является **магнитный компас**, с помощью которого определяют направление движения судна относительно магнитного меридиана. При этом вносят поправку на так называемое магнитное склонение, т. е. высчитывают угол между магнитным и географическим меридианом и определяют направление движения судна относительно географического меридиана.

Магнитный компас состоит из силуминовой (сплав кремния с алюминием) или деревянной подставки, называемой *нактоузом*, и чашки, в которой находится *котелок компаса*, заполненный незамерзающей жидкостью и имеющий донное освещение. В центре котелка укреплена острая шпилька, на которой вращается *картушка* — поплавок с укрепленными на ней шестью магнитными стрелками, заключенными в герметически запаянные медные пеналы, и кругом с делениями через 1°. Сверху котелок закрывают стеклянной крышкой, обрамленной медной оправой с круговыми делениями через 1°, так называемым *азимутальным кругом*. На нем делается отметка — черта, совпадающая с ДП судна. Для сохранения горизонтальности котелка при качке судна его устанавливают в карданове подвесе. Так как стальные части судна (корпус, трубопроводы и т. п.), воздействуя на магнитную стрелку компаса, отклоняют ее от правильного положения вдоль магнитного меридиана (это явление называют д е в и а ц и е й), то под нактоузом или рядом с ним устанавливают шары или стержни из мягкого железа, уничтожающего девиацию, а внутри корпуса для этой же цели помещают девиационный прибор с магнитами — «уничтожателями».

На судне имеются один г л а в н ы й к о м п а с — на открытом навигационном мостике над рулевой рубкой — и п у т е в ы е — около поста управления рулем в рулевой рубке и во всех запасных постах управления судном. Главный компас предназначен для определения местоположения судна по пеленгам береговых и небесных ориентиров, а также для определения направления ветра; путевые — служат для удержания судна

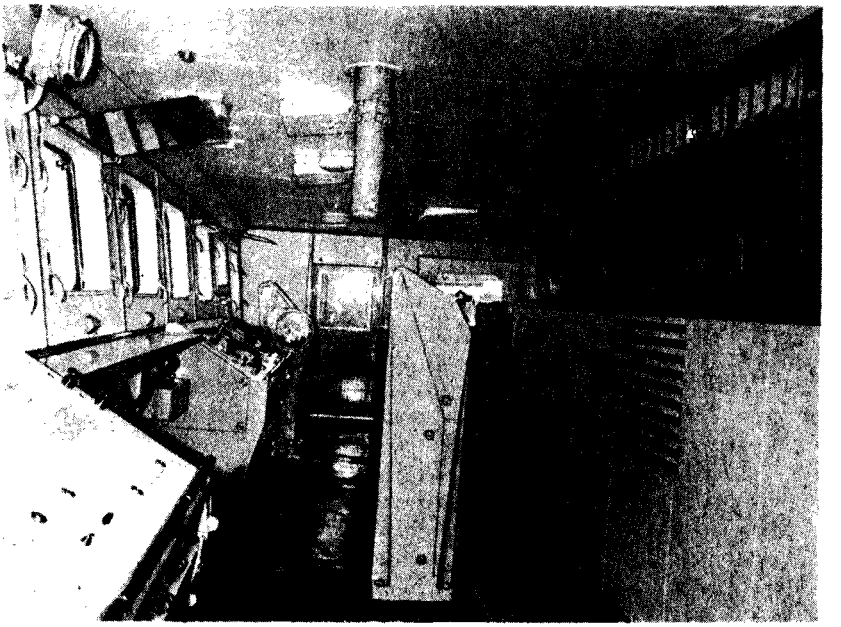


Рис. 11.3. Ходовая рубка (в центре — пульт судовождения)

на заданном курсе с помощью руля: рулевой все время сверяет по путевому компасу соответствие истинного курса заданному и, перекладывая руль, исправляет отклонения.

В последнее время путевой магнитный компас в рулевой рубке заменяют дистанционной передачей в рулевую рубку показаний главного магнитного компаса, установленного на крыше рулевой

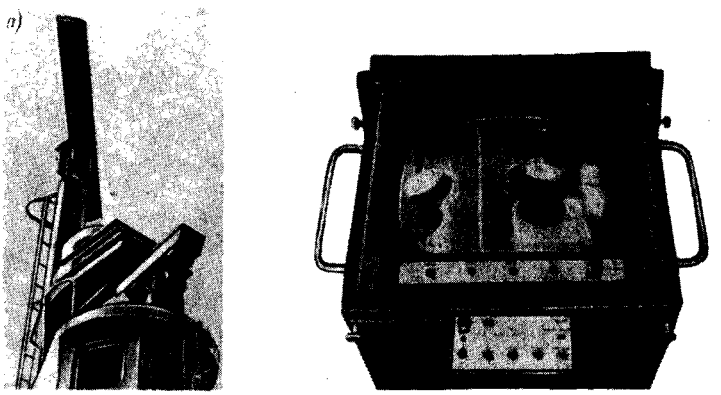


Рис.11.4. Телекамера на фок-мачте (*а*) и видеоконтрольный экран (*б*) в рулевой рубке

рубки. Она представляет собой оптическую систему (наподобие перископной трубы), передающую показания картушки главного магнитного компаса через нактоуз и крышу рулевой рубки к посту управления рулем (рис. 11.5). На спасательных шлюпках и катерах применяют компас меньшего размера — *шлюпочный*.

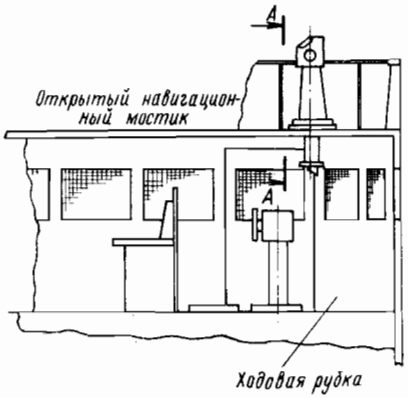
Кроме магнитных компасов на судах устанавливают гирокомпасы, основанные на свойстве быстровращающегося маховика сохранять положение оси вращения в пространстве неизменным. Гирокомпас устанавливают в помещении, называемом *гиропостом*. Оно располагается в подводной части корпуса в районе, близком к центру качания судна (у мидель-шпангоута в ДП). В отличие от магнитного компаса гирокомпас показывает направление не магнитного, а *истинного географического меридиана*, благодаря чему точность определения истинного курса судна становится значительно выше. Преимуществом гирокомпаса является также возможность подключения к нему необходимого количества репитеров.

Репитер — это прибор, повторяющий показания основного компаса. Он представляет собой водонепроницаемый закрытый стеклом котелок, внутри которого находится электромоторчик, принимающий показания основного компаса и вращающий, согласно этим показаниям, картушку. Репитеры гирокомпаса устанавливают в рулевой и штурманской рубках, в румпельном отделении, в каюте капитана и на крыльях мостика.

Показания гирокомпаса передаются по специальным кабелям к приборам автоматизации судовождения — *курсографу*, *авторулевому*, *автопрокладчику* и пр. К недостаткам гирокомпаса следует отнести сложность конструкции, обязательное постоянное электропитание и необходимость тщательного ухода во время эксплуатации. На отечественных судах применяют гирокомпасы типа «Курс».

Местоположение судна по направлению на береговые предметы определяют с помощью пеленгаторов, устанавливаемых обычно на круглой оправе котелка главного компаса и котелков репитеров гирокомпасов, стоящих на крыльях. Пеленгаторы представляют собой две рамки, в каждой из которых имеется вертикально расположенная нить: совмещая обе нити с видимым на берегу предметом и считывая угол отклонения пеленгатора, определяют *пеленг* — угол между нордовой ветвью истинного меридиана и направлением на предмет. По двум пеленгам на известные ориентиры можно легко узнать местоположение судна.

Кроме обычных пеленгаторов на судах устанавливают радиопеленгаторы — радиоприемные устройства с вращающейся или, чаще, неподвижной антенной в виде двух взаимно перпендикулярных рамок, позволяющих определять направление на радиомаяк (по отношению к ДП судна). Радиопеленгаторы, имеющие радиус действия в несколько сот миль, получили широкое распространение на морских судах. На отечественных судах



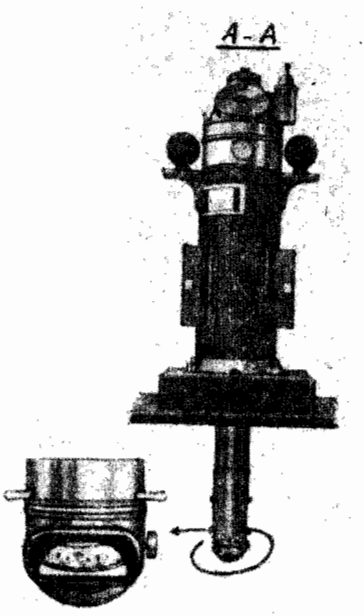


Рис. 11.5. Магнитный компас с оптической системой дистанционной передачи показаний в рулевую рубку

чаще всего применяют радиопеленгаторы типа СРП-5, «Рыбка», «Румб». Для определения местоположения судна, т. е. его астрономической широты и долготы, судоводители используют старинный угломерный инструмент — секстан, с помощью которого фиксируют высоту светила над видимым горизонтом (вертикальный угол между линией горизонта и светилом). Зная высоту светила и точное время выполнения измерения (*обсервации*), по специальным астрономическим таблицам находят местоположение судна. Точное время обсервации определяют с помощью морского хронометра — переносных пружинных часов очень точного изготовления, хранящихся на карданових подвесах в двух деревянных футлярах. Обычно хронометром пользуются только для проверки *палубных часов* (тоже весьма точных), которые во время обсервации выносят на палубу и уже по ним отмечают моменты наблюдения. По палубным часам сверяют и судовые часы в постах и помещениях. В настоящее время все часы на судне сверяют по радиосигналам точного времени два раза в сутки. Обсервация является весьма точным способом определения местоположения судна, но ее выполнение зависит от видимости светила и горизонта. Поэтому на судне имеются радиосекстаны — приборы с параболической антенной, улавливающей радиоизлучение небесного светила. Широкое распространение получил также новый способ определения широты и долготы судна с помощью радионавигационных систем (РНС) — сети береговых радиостанций, работающих на специальные приемники в штурманской рубке (КПИ-3М и «Пирс»). Дальность дей-

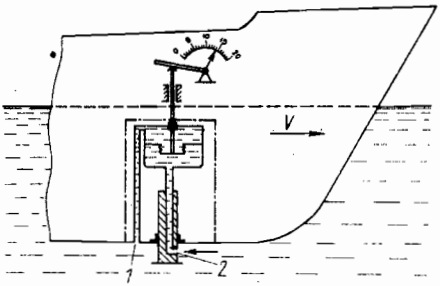


Рис. 11.6. Схема работы гидродинамического лага.

1 — трубка статического давления; *2* — трубка Пито

ствия иностранных РНС «Декка», «Омега» составляет от нескольких сот до нескольких тысяч миль. Кроме того, для определения местоположения судна можно использовать специальные *навигационные искусственные спутники Земли* (ИСЗ).

Обязанности по периодическим обсервациям возложены на штурмана.

Скорость судна и пройденный им путь определяют при помощи лагов, позволяющих измерить скорость движения судна относительно воды без учета течения. Для этого измеряют разность давлений в потоке воды под днищем судна, пропорциональных скорости (*гидродинамический лаг*), или определяют в единицу времени количество оборотов вертушки, опущенной в воду за кормой судна (*вертушечный*, или *гидромеханический*, *лаг*). На судах в качестве основного средства используют гидродинамические лаги (рис. 11.6). Под днище судна выводят две трубки, у одной из которых открытое приемное отверстие расположено вертикально навстречу потоку воды, омывающей днище, а у другой — горизонтально. Обе трубки сообщаются с установленной ниже ватерлинии герметической камерой, разделенной подвижной диафрагмой, перемещение которой через шток передается стрелке указателя скорости. При стоянке судна давление воды в обеих трубках, а следовательно, и в обеих разделенных диафрагмой полостях камеры, одинаково. При движении судна давление в трубке с вертикальным приемным отверстием (эту трубку называют трубкой Пито) увеличивается пропорционально скорости: соответственно повышается давление в нижней полости, мембрана выгибается и стрелка указателя поворачивается.

Гидродинамические лаги, у которых приемная трубка опускается через отверстие в днище, называют *донными*, в отличие от *штевневых*, у которых трубка Пито находится в форштевне. На отечественных судах устанавливают лаги типов МГЛ-25, МГЛ-50 и др. Указатель скорости и пройденного расстояния размещают в выгородке лага — на втором дне, обычно в районе МКО, а репитеры этого прибора — в рулевой и штурманской рубках и в каюте капитана.

При плавании в условиях ограниченных глубин или в местах вероятных встреч с рифами и банками (т. е. с отмелями, образованными местным подъемом морского дна) необходимо периодически измерять глубину под килем судна. Для этой цели предназначены лоты — простые, в виде троса — *лотлиня* — с грузом, опускаемым на дно вручную или лебедкой, и эхолоты.

Принцип действия эхолота состоит в том, что с судна на дно моря посылают звуковой сигнал, а отраженный со дна звук принимают на судне; замеряя время между посылкой и приемом звукового сигнала и зная, что скорость распространения звука в воде равна 1435 м/с, можно легко определить глубину под килем в данном месте. В настоящее время звуковые эхолоты вытеснены *магнитострикционными* (рис. 11.7), в которых роль звукового сигнала играет ультразвук, создаваемый вибратором-излучателем и воспринимаемый вибратором-приемником. Показания эхолота считываются со шкалы указателя глубин, эхолоты типов НЭЛ-5, НЭЛ-10 имеют самописец, автоматически записывающий на ленту измеряемые глубины. На рыбопромысловых судах эхолоты используют также для обнаружения косяков рыбы.

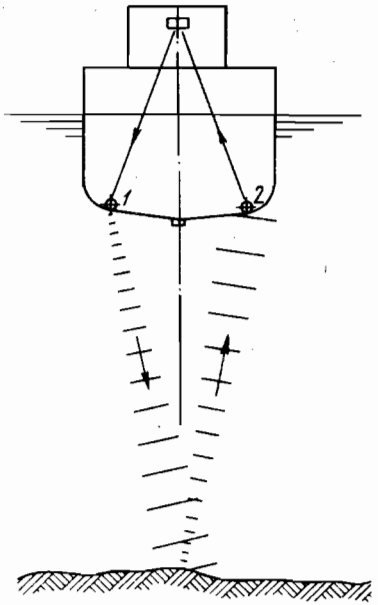


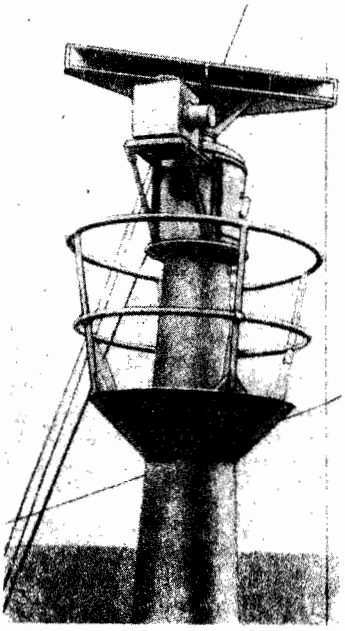
Рис. 11.7. Схема работы эхолота. *1* — вибратор-излучатель; *2* — вибратор-приемник.

Исключительно важную роль в обеспечении безопасности плавания в условиях плохой видимости, особенно на морских судах, играют р а д и о л о к а ц и о н н ы е с т а н ц и и (РЛС), предназначенные для обнаружения объектов, находящихся на поверхности земли, воды и в воздухе, и определения их координат. С помощью РЛС можно наблюдать за береговой чертой, кромкой льдов, плавающими льдами , навигационными знаками, избежать столкновения с другими судами при плавании в тумане, в узкостях. Действие РЛС основано на использовании отражения радиоволн от встречных предметов, находящихся на пути их распространения (рис. 11.8). РЛС работают в диапазоне волн длиной 3 и 10 см, что позволяет им обнаруживать объекты весьма малых размеров. Дальность действия РЛС 30—50 миль. Судовая РЛС состоит из антенны направленного действия. (рис. 11.9), установленной на верхнем мостике или грот-мачте и непрерывно вращающейся вокруг вертикальной оси с частотой



Рис. 11.8. Принцип действия радиолокатора

Рис. 11.9. Антенна радиолокатора



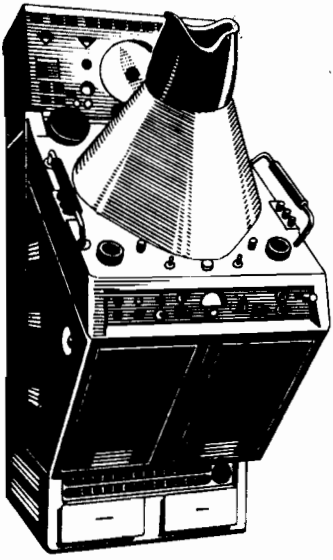


Рис. 11.10. Индикатор РЛС «Океан»

10—30 об/мин, индикаторов с экранами для наблюдения (в рулевой и штурманской рубках) и шкафа, в котором размещены передатчик, приемник и вспомогательное оборудование.

На экране радиолокатора местоположение судна изображается центральной точкой, а курс судна — идущей от этой точки прямой линией. Направление на объект, изображение которого возникает на экране, определяют по азимутальному кольцу, ориентированному либо по курсу судна, либо по гирокомпасному меридиану. Расстояние до объекта рассчитывают по светящимся на экране концентрическим градуированным кольцам.

На отечественных морских судах применяют радиолокационные станции (РЛС) нескольких типов «Дон»: — на крупных морских судах, «Донец» — на малых судах; «Створ» — на малых промысловых судах.

Новые крупные транспортные суда оснащают более совершенной двухдиапазонной РЛС «Океан» (рис. 11.10) с вычислительным и самозаписывающим устройством, позволяющим решать задачу расхождения судна со встречным судном, регистрировать скорость и курс своего судна, а также пеленг и дальность до объекта, относительно которого в данный момент решается задача расхождения. При этом задача решается автоматически в течение 20—30 с, оператор только выбирает объект и вариант маневра расхождения из предлагаемых вычислительным устройством. Благодаря двум рабочим диапазонам волн (3 и 10 см) у РЛС «Океан» не только повышается надежность, но и увеличивается

радиус действия в сложных метеорологических условиях; например, находящиеся в зоне дождя объекты не просматриваются волнами трехсантиметрового диапазона, но заметны при работе в десятисантиметровом диапазоне.

Так как радиолокационные установки позволяют обнаруживать предметы, находящиеся только над поверхностью воды, для обнаружения подводных препятствий на судах иногда применяют гидроакустические или гидролокационные установки, состоящие из вибратора — излучателя звуковых колебаний и *гидрофона* — приемника звуковых колебаний. Принцип действия этих приборов подобен принципу работы радиолокационных установок, но радиус их действия значительно меньше — всего лишь несколько километров. На рыбопромысловых судах гидроакустические и гидролокационные приборы успешно используют для поиска рыбы.

Для *метеорологических наблюдений* на судах используют: термометры — для измерения температуры воздуха и воды, барометры — для измерения давления воздуха, барографы — для измерения и автоматической записи атмосферного давления, анемометры — для измерения скорости и определения направления ветра — и психрометры — для определения влажности воздуха. Кроме того, у судоводителя имеются систематические сводки и прогнозы погоды, а также специальная радиоаппаратура для приема синоптических карт.

§ 11.2. Средства внешней и внутренней связи и сигнализации

К средствам внешней связи и сигнализации относятся: средства радиосвязи, сигнально-отличительные и сигнально-проблесковые огни (фонари), сигнальные знаки (фигуры) и флаги, звуковые сигнальные средства и сигнальные пиротехнические средства.

Средства радиосвязи морского судна подразделяют на следующие:

главные (*навигационные*) — для передачи и приема навигационных и метеорологических сообщений, сигналов тревоги и бедствия, аварийной корреспонденции, медицинских советов и приема сигналов точного времени (допускается использовать также для обмена служебной и частной корреспонденцией); к ним относятся главные передатчики средних волн и главные приемники средних и длинных волн;

эксплуатационные — для передачи и приема служебной корреспонденции эксплуатационного характера и сообщений, относящихся к безопасности плавания, а также для обмена аварийной и частной корреспонденцией; к ним относятся эксплуатационные передатчики коротких волн и эксплуатационные приемники коротких и промежуточных волн;

резервные (*аварийные*) — для случаев, когда нельзя воспользоваться главными средствами; к ним относятся резервные (ава-

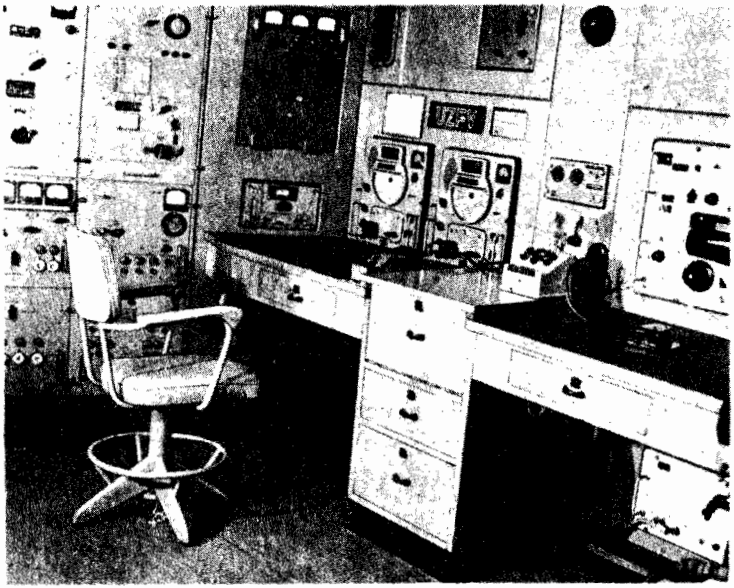


Рис. 11.11. Общий вид радиорубки

рийные) передатчики и приемники средних волн, шлюпочные резервные (аварийные) радиостанции, автоматические датчики и приемники сигналов тревоги;

общие — для радиотелефонной связи в прибрежных районах со специальными оборудованными для этой цели береговыми станциями; к ним относятся рейдовые радиотелефонные станции промежуточных и ультракоротких волн.

Длины волн, на которых работают современные радиостанции, в зависимости от диапазона распределяются следующим образом: ультракороткие волны — менее 10 м, короткие — от 10 до 50 м, промежуточные — от 50 до 200 м, средние — от 200 до 3000 м и длинные — более 3000 м.

На судах средства радиосвязи размещаются в радиорубке (рис. 11.11) в непосредственной близости от штурманской и во вспомогательных помещениях (аккумуляторной и агрегатной) вблизи радиорубки.

В качестве главных средств радиосвязи на отечественных судах в настоящее время применяют радиопередатчики «Муссон», «Волхов-М», «Ильмень-М», радиоприемники «Шторм», «Волна-К» и др., а в качестве эксплуатационных — радиопередатчики «Корвет», «Блесна-КВМ», радиоприемники «Шторм», «Штиль» и др. В числе аварийных средств связи — радиопередатчик АСП-4, радиоприемник ПАС-3М, шлюпочная радиостанция «Шлюп», автоматические приемник и датчик сигналов тревоги и бедствия АПМ-54 и АПСТБ-1М и пр. Для радиотелефонной связи пользуются радиостанцией типа «Корабль», «Рейд».

К сигнально-отличительным огням (фонарям), зажигаемым на ходу на всех судах, относятся первый и второй топовые огни

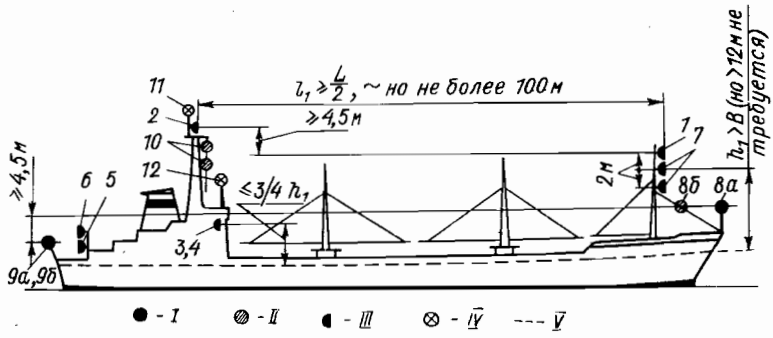


Рис. 11.12. Расположение штатных мест установки основных сигнально-отличнтельных и сигнально-проблесковых фонарей на судах длиной 50 м и более с механическим двигателем (все размеры минимальные, м).

1 — топовый первый (белый); *2* — топовый второй (белый); *3* — бортовой правый (зеленый); *4* — бортовой левый (красный); *5* — кормовой (белый); *6* — буксировочный (желтый); *7* — буксирные (белые); *8а* — якорный носовой (белый); *8б* — якорный носовой (вариант подъемной установки); *9а* — якорный кормовой (белый); *9б* — якорный кормовой (вариант подъемной установки); *10* — «не могу управляться» (красный); *11* — клотиковые (красный и два белых); *12* — фонарь маневроуказания, дублирующий звуковой сигнал (рекомендуемый).

I — стационарный сигнально-отличительный фонарь с круговым освещением; II — поднимаемый сигнально-отличительный фонарь с круговым освещением; III — стационарный сигнально-отличительный фонарь с секторным освещением; IV — стационарный сигнально-проблесковый фонарь; V — верхняя непрерывная палуба

(на судах длиной менее 50 м второй необязателен), бортовые и кормовой (на судах, занятых буксирными операциями, — буксировочный огонь). Эти огни устанавливают на каждом судне, причем их состав и расположение (рис. 11.12) регламентируются международными Правилами для предупреждения столкновений судов в море 1972 г. (МППСС-72) и Правилами Регистра СССР.

По *топовым огням* (*белым*), установленным на фок-мачте (первый) и грот-мачте (второй) выше первого не менее чем на 4,5 м, можно легко определить, в каком направлении по отношению к наблюдателю движется судно: если оба видимых огня расположены на одной вертикали, то судно идет прямо на наблюдателя, если верхний огонь правее нижнего, значит, судно идет справа налево, если верхний огонь левее нижнего, то судно идет слева направо. Первый топовый огонь, устанавливаемый не далее $0{,}25L$ от форштевня, должен возвышаться над верхней палубой на расстоянии, равном ширине судна (но не более 12 м), а второй топовый огонь по горизонтали должен отстоять от первого не менее чем на $0{,}5L$ (но не более 100 м).

Бортовые огни размещают на бортах рубки (обычно в районе ходового мостика): на правом борту — зеленый, на левом — красный. Их располагают на высоте над верхней палубой не более $^3/_4$ высоты переднего топового огня.

Кормовой огонь (белый) размещают на корме в ДП судна на рубке юта или планшире леерного ограждения. При проходе некоторых каналов и территориальных вод зажигают ниже или выше кормового фонаря дополнительный фонарь синего, зеленого или красного цвета.

Буксировочный огонь (желтый) размещается над кормовым огнем. Суда на воздушной подушке в неводоизмещающем положении дополнительно выставляют круговой желтый *проблесковый огонь*.

Якорные огни (белые) зажигают только во время стоянки судна на якоре. Их устанавливают в носовой и кормовой частях судна (носовой фонарь на высоте не менее 6 м над корпусом и выше кормового не менее чем на 4,5 м *).

Огни «Не могу управляться» (два красных) зажигают на видном месте один над другим в тех случаях, когда судно находится в аварийном состоянии.

Буксирные огни (один или два белых) зажигают под или над передним топовым фонарем, если судно буксирует одно судно или несколько.

Кроме того, на судах, ведущих траление, а также на судах, перевозящих опасный груз или осуществляющих кабельные, водолазные или гидрографические работы и не имеющих возможности уступить дорогу, зажигают специальные огни. Особые огни зажигают также на судах, выполняющих лоцманские обязанности, на судах, находящихся на мели, и на судах, стесненных в маневре своей осадкой.

В дополнение к названным на каждом судне предусматривают сигнально-проблесковые огни (фонари), к которым относятся клотиковые фонари, лампа дневной сигнализации и фонарь маневроуказания. Комплект клотиковых фонарей, состоящий из трех (двух белых и одного красного) или двух (одного белого и одного красного) фонарей, устанавливают на самой высокой точке — клотике — для световой сигнализации. Для этой же цели предназначена *лампа дневной сигнализации* (дальность видимости — 5 миль) и фонарь, дублирующий звуковой сигнал при маневрировании. Сигнальные знаки (фигуры) — черные и красные шары, черные конусы, черные и белые ромбы — предназначены для предупреждения о шторме и информации об изменении метеорологической обстановки. Их используют также в качестве сигналов, указывающих в дневное время на особое состояние судна. **Флаги Международного свода сигналов** (40 флагов) используют для передачи различной срочной информации на небольшие расстояния в пределах видимости. Для этой же цели применяют красные *семафорные флажки*.

В качестве **звуковых сигнальных средств** на судах применяют *паровой свисток* (альт, баритон, бас — в зависимости от длины судна), *тифон*, работающий на сжатом воздухе, *колокол*, *горн туманный* и *гонг*.

* Речь идет о судах длиной 50 м и более.

Для подачи видимых с большого расстояния и с воздуха сигналов бедствия морские суда снабжаются *ракетами сигнала бедствия* (красного цвета), *парашютными и звуковыми ракетами*, *дымовыми шашками*, *дающими* в течение 5 мин густой оранжевый дым, *фальшфейерами бедствия* (красного цвета), *фальшфейерами обращения внимания* (белый) и *вызова лоцмана* (голубой), а также *светодымящими* и *светящимися буйками*, указывающими местонахождение спасательного круга.

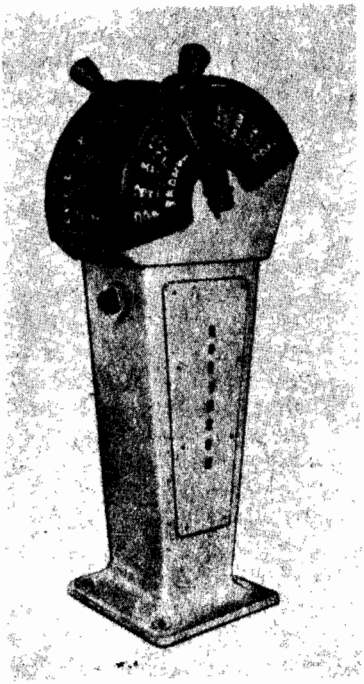


Рис. 11.13. Машинный телеграф

К средствам внутрисудовой связи и сигнализации относятся: телефонная и громкоговорящая связь, судовые электрические телеграфы, например машинный (рис. 11.13), для быстрой передачи команд из рулевой рубки в пост управления машиной, а также звонки, ревуны, световые сигналы, командовещательные аппараты, переговорные трубки, мегафон.

Телефонная связь на судне разделяется на прямую, командную и АТС. Прямая парная связь только между двумя абонентами является самой надежной, и ее предусматривают для наиболее ответственных постов. Парной связью обязательно объединяют рулевую и радиорубки, рулевую и пост управления машиной и др. Командную связь осуществляют с помощью коммутаторов, установленных в рулевой и в посту управления машиной, к которым подключают соответствующих абонентов, причем эти абоненты между собой связываться не могут. АТС предназначена в основном для обиходных целей. На судах применяют АТС малой емкости марок КАТС-10М и КАТС-20М (на 10 и 20 абонентов) и большой емкости марок КАТС-50 и КАТС-100 (на 50 и 100 абонентов), из которых комплектуются КАТС-150/300 на 150, 200, 250 и 300 номеров.

Громкоговорящую связь — одностороннюю и двустороннюю — предусматривают для подачи команд, экстренных сообщений и служебных переговоров, например, при швартовке судна.

Звонки, *ревуны*, *световые сигналы* предназначены для подачи сигналов аварии, пожара или в случае тревоги.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные судовые навигационные приборы.
2. Как устроен магнитный компас?
3. Объясните принцип действия гидравлического лага.
4. Объясните принцип действия эхолота.
5. Для чего предназначены сигнально-отличительные огни? Перечислите основные огни и укажите их цвет и расположение.

Глава двенадцатая

АВТОМАТИЗАЦИЯ СУДОВЫХ ПРОЦЕССОВ

§ 12.1. Общие сведения

Под автоматизацией судовых процессов понимают автоматизацию управления судовыми механизмами, устройствами, системами, процессом судовождения и различными судовыми работами, которые по мере развития технических средств могут выполняться без непосредственного участия человека. Различают *частичную* автоматизацию судов и *комплексную*. При частичной автоматизируются отдельные судовые процессы, прежде всего те, которые с трудом поддаются управлению человеком (например, из-за их быстротечности).

На комплексно автоматизированном судне должна быть предусмотрена автоматизация всех судовых процессов. Принципиальная схема такой автоматизации показана на рис. 12.1.

Автоматизация судовых процессов позволяет: повысить эффективность использования отдельных механизмов и судна в целом благодаря возможности выбрать оптимальные режимы их работы; повысить надежность работы механизмов, исключить случайные ошибки в управлении; улучшить условия труда экипажа, сократить трудоемкость судовых работ; создать условия для безвахтенного обслуживания отдельных механизмов и целых постов в ночное время или круглосуточно; сократить численность экипажа, что значительно улучшает экономические показатели эксплуатации судна не только за счет сокращения расходов на содержание экипажа, но и за счет уменьшения строительной стоимости судна (уменьшаются расходы на оборудование жилых, общественных и хозяйственных помещений, на спасательные средства и т. п. пропорционально численности экипажа).

Вместе с тем внедрение автоматизации на судах требует не только дополнительных затрат на создание самих средств автоматизированного управления и монтаж их на судне, но и повышения надежности автоматизируемых судовых механизмов, средств управления и контроля, а также квалификации обслуживающего их персонала.

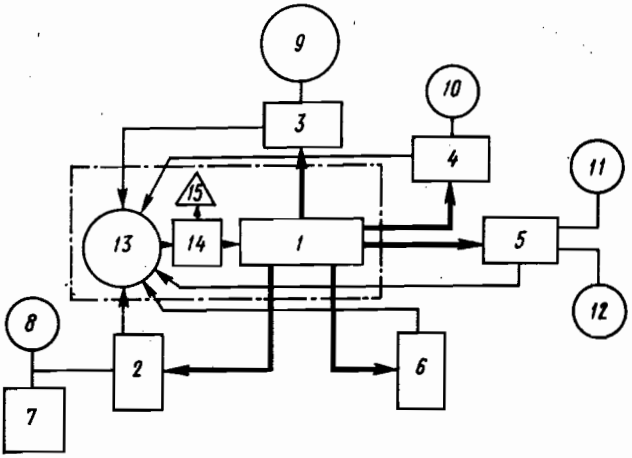


Рис. 12.1. Принципиальная схема системы управления комплексно-автоматизированным судном.

1 — центральный пульт управления; *2* — пульт управления энергетической установкой; *3* — пульт управления судовождением; *4* — пульт управления грузовыми операциями; *5* — пульт управления прочими судовыми устройствами и системами; *6* — пульт управления административно-хозяйственными операциями; *7* — энергетическая установка; *8* — система контроля повреждений; *9* — навигационная система; *10* — грузовое устройство (система); *12* — прочие судовые системы; *13* — распределитель информации; *14* — вычислительная машина (ЭВМ); *15* — устройство регистрации данных

При оценке экономической эффективности внедрения автоматизации на судах сопоставляют дополнительные расходы, связанные с созданием средств автоматики (от 3 до 15 % от строительной стоимости судна), с уменьшением эксплуатационных расходов на содержание сокращенного по численности экипажа и уменьшением строительной стоимости судна из-за сокращения численности команды (около 10 000—15 000 руб. на одного человека). Расчеты показывают, что внедрение автоматики окупается в течение трех — пяти лет.

В зависимости от назначения механизма, условий работы и предусмотренного уровня автоматизации в состав средств автоматизации судовых механизмов, устройств и систем входят: *система автоматического регулирования*, предусматривающая поддержание заданных параметров работы механизмов и систем; *система автоматического управления*, обеспечивающая включение и выключение в определенных заданных условиях отдельных механизмов и систем; *система защиты*, обеспечивающая остановку или отключение механизма в условиях, когда его дальнейшая работа может привести к аварии; *система блокировки*, автоматически предохраняющая от возникновения аварийной ситуации при ошибочных действиях обслуживающего персонала; *система аварийно-предупредительной сигнализации*, подающая сигналы (звуковые или световые) об опасных значениях контролируемых параметров.

На судах применяют гидравлические, пневматические, электрические и пневмоэлектрические системы управления, а также электрические и электронные системы автоматического централизованного контроля и системы регулирования.

§ 12.2. Автоматизация судовых энергетических установок

Автоматическое управление энергетической установкой не только повышает ее надежность, но и способствует сокращению численности экипажа, поэтому оно является одним из главных путей создания высокоэкономичных судов. Внедрение средств автоматического регулирования создает условия для применения новых совершенных механизмов, управлять которыми вручную немыслимо.

Автоматизация работы судовой энергетической установки заключается в автоматическом измерении, регистрации и поддержании заранее определенных для каждой скорости судна значений мощности и частоты вращения гребного винта, а также давлений и температур во всех звеньях установки.

Наряду с полной автоматизацией работы отдельных элементов установки важное значение имеет *дистанционное управление* и *постоянный контроль* за работой главного двигателя, вспомогательных механизмов и валопровода из центрального поста управления (ЦПУ), так как это позволяет создать наиболее благоприятные условия труда для машинной команды (вахтенные избавляются от необходимости находиться вблизи работающих механизмов в условиях большого шума, вибрации и высокой температуры).

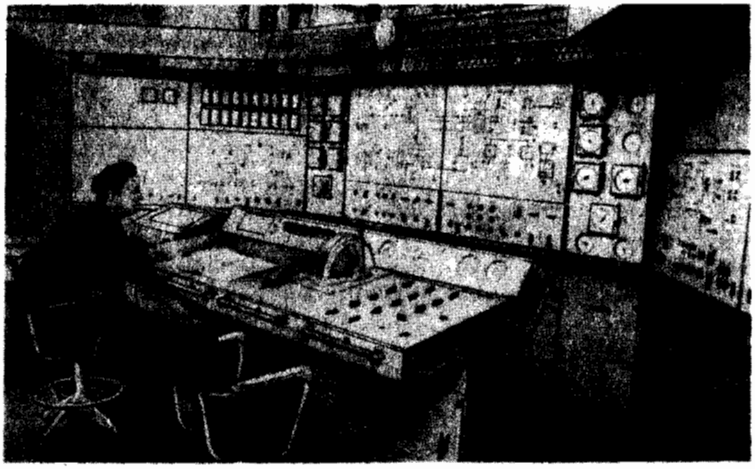


Рис. 12.2. Центральный пост управления (ЦПУ) энергетической установкой паротурбинного танкера.

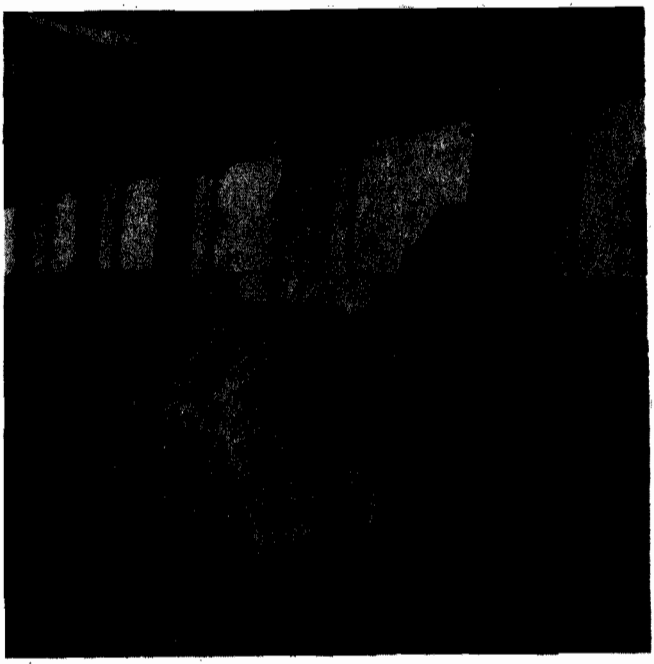


Рис. 12.3. Пульт дистанционного управления энергетической установкой в рулевой рубке

В зависимости от степени автоматизации судовой энергетической установки Регистр СССР присваивает современным судам следующие классы автоматизации: *класс А1* — всем судам, кроме пассажирских, не требующим постоянной вахты в машинных помещениях и в ЦПУ; *класс А2* — судам без вахты в машинных помещениях, но с вахтой в ЦПУ; *класс А3* — судам с мощностью энергетической установки до 2040 лс (1500 кВт), объем автоматизации которых сокращен, но позволяет осуществлять эксплуатацию без вахты в машинных помещениях.

В настоящее время достаточно широко автоматизирована работа котельной установки и осуществлено дистанционное управление главным двигателем или главной турбиной из ЦПУ, расположенного в МКО (рис. 12.2) или в рулевой рубке (рис. 12.3). Сюда поступает обширная информация о работе всей установки и отсюда же можно подавать команды на еще не автоматизированные исполнительные механизмы.

В паротурбинных установках современных морских судов полностью автоматизирована работа *котельной группы* (по питанию и горению), *паровых магистралей*, *конденсатной* и *других систем*.

В дизельных установках также автоматизировано *дистанционное управление* (ДАУ): дистанционный запуск, остановка, изме-

нение частоты вращения и реверсирование главного двигателя из рулевой рубки, т. е. с поста управления судном.

Помимо автоматизации работы главных механизмов в судовых энергетических установках *автоматизируют* также многие *вспомогательные механизмы*: применяют автоматические самоочищающиеся сепараторы масла, полностью автоматизируется работа топливоперекачивающей системы и системы очистки топлива, работа вспомогательных и утилизационных котлов и т. д. На некоторых судах применяют машинные телеграфы с автоматической записью команд, подаваемых в МКО, это освобождает дежурных от ведения соответствующих записей в вахтенном журнале.

Благодаря автоматизации судовых энергетических установок уже сейчас можно сократить численность машинной команды более чем вдвое. В дальнейшем при осуществлении комплексной автоматизации энергетической установки и повышении надежности работы судовых механизмов и приборов автоматики численность машинной команды даже на крупных судах не будет превышать шести — восьми человек.

Автоматизация судовой электростанции. На современных судах с высокой степенью автоматизации автоматизируется весь комплекс электроэнергетической установки, что и обеспечивает ее бесперебойную работу по заданной программе и создает условия для безвахтенного обслуживания.

В число *автоматизированных процессов работы судовой электростанции* входят: синхронизация генераторов при включении их на параллельную работу; распределение нагрузок между параллельно работающими генераторами; включение резервного источника электроэнергии при перегрузке работающего генератора или при его аварийной остановке; защита генераторов от обратной мощности, перегрузки и токов короткого замыкания; защита электрооборудования при обрыве фазы на фидере питания с берега; аварийно-предупредительная сигнализация, позволяющая принимать своевременные меры по ликвидации аварий или аварийных ситуаций.

На судах, на которых для повышения экономичности устанавливают валогенератор, одновременно предусматривают средства автоматизации, стабилизирующие параметры вырабатываемой им электроэнергии независимо от частоты вращения гребного винта.

§ 12.3. Автоматизация судовых устройств и систем

Необходимость автоматизировать работу механизмов судовых устройств определяется условиями их действия. На современных судах устанавливают швартовные лебедки, которые автоматически поддерживают постоянное натяжение швартовов, выбирая их при ослаблении и потравливая при натяжении сверх заданной величины.

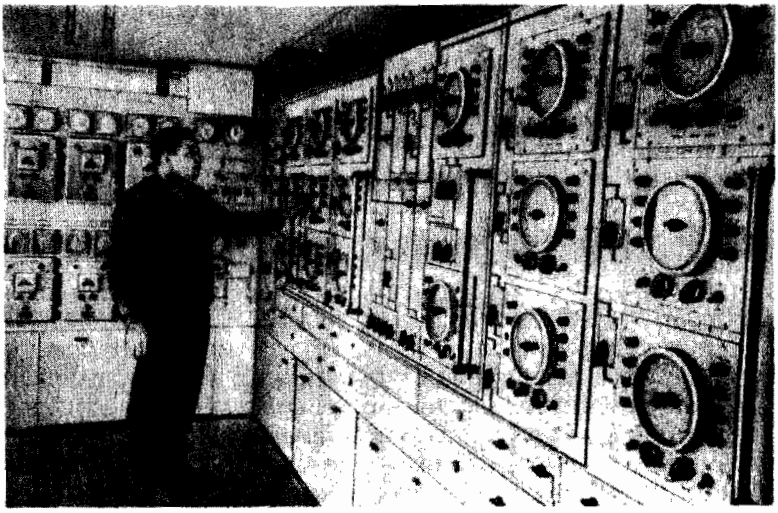


Рис. 12.4. Пост управления грузовыми операциями (ПУГО) на крупнотоннажном танкере

К числу автоматизируемых операций относится также отсчет длины вытравленной якорной цепи с помощью специального электронного счетчика и отдача буксирного троса при достижении буксиром опасного крена. Все более широкое применение находит дистанционное управление якорными механизмами (шпилями, брашпилями, стопорами якорной цепи и т. д.) и гидроприводом люковых закрытий. На судах с активными боковыми рулями работа последних полностью автоматизируется.

Автоматизация судовых систем. К числу наиболее автоматизированных судовых систем относится *система кондиционирования воздуха*. В этой системе применяют, как правило, центральные кондиционеры и местные воздухораспределители с автоматическим регулированием температуры и влажности воздуха, подаваемого в обслуживаемые помещения.

Холодильные установки системы кондиционирования воздуха, охлаждения провизионных камер и грузовых трюмов рефрижераторных судов автоматически поддерживают заданный температурный режим в помещениях.

В *системе водоснабжения* автоматизируется пуск подкачивающих насосов, поддерживающих заданный уровень воды (давление) в расходных пневмоцистернах; в *системе горячей мытьевой* воды автоматически поддерживается определенная температура. В *сточной системе* автоматизируется работа фекальных насосов, водоструйных эжекторов или системы продувания, предназначенных для удаления грязных вод из сточных цистерн при их заполнении.

В *противопожарных системах* на автоматическое управление переведена система пожарной сигнализации тревоги, срабатывающая после повышения температуры или появления дыма, а также системы, обеспечивающие автоматический или дистанционный пуск и выключение средств пожаротушения.

До последнего времени *трюмные системы* — балластная, осушительная, креновая, работающие эпизодически, — не автоматизировались. Однако по мере создания комплексно автоматизируемых судов встал вопрос о необходимости автоматизировать и эти системы. Уже имеются *балластные системы*, которыми управляют либо из ходовой рубки, либо автоматическим включением и выключением балластных насосов для поддержания заданного дифферента судна. Ледоколы оборудуют специальной *автоматизированной креновой системой*.

Уже широко применяется автоматика в *системе осушения*: специальные датчики подают сигналы об уровне трюмных вод в льялах, после чего включаются осушительные насосы. Льяльные воды МКО перед удалением с судна очищаются от остатков нефтепродуктов в автоматизированных сепараторах.

Особенно большое значение имеет автоматизация работы *грузовой системы* танкеров. Для них создана централизованная автоматическая система управления работой грузовых насосов (пуск и остановка) и клинкетов грузовой магистрали (открытие и закрытие по заданной программе), обеспечивающая наиболее быстрый прием и выдачу груза с учетом посадки и прочности судна и сигнализирующая о переполнении грузовых танков. На новых танкерах, имеющих чисто балластные танки, автоматизируются не только грузовые операции, но и работа балластных насосов, принимающих (или выдающих) водяной балласт во время грузовых операций. Работа грузовой системы танкера контролируется по приборам, вынесенным на пульт в специальном посту управления грузовыми операциями — ПУГО (рис. 12.4).

Кроме того, на танкерах автоматизируется работа *системы осушенных инертных газов:* включение и остановка осуществляются без вмешательства человека — по давлению в грузовых танках.

§ 12.4. Автоматизация судовождения

Внедрение автоматики в процесс управления судном решается путем последовательной автоматизации сперва отдельных звеньев управления, а затем комплексной автоматизации всего процесса судовождения. При этом имеется в виду, что полностью автоматизированное судно сможет без вмешательства человека пройти от порта погрузки до порта выгрузки по заданному пути, т. е. оно будет автоматически перемещаться по воде, расходиться со встречными судами, поддерживать связь с другими судами и береговыми станциями и решать прочие задачи по заданной программе.

Такая автоматизация позволит свести до минимума экипаж судна и одновременно избежать ошибок, допускаемых человеком при решении некоторых навигационных задач, т. е. избежать «рыскания» по курсу, что, безусловно, повысит безопасность плавания.

Технически задачу автоматизации отдельных звеньев управления судном можно считать уже решенной. В частности, широко применяются авторулевые, т. е. приборы, обеспечивающие автоматическое ведение судна по заданному курсу и позволяющие примерно на 3 % сократить продолжительность рейса и сэкономить топливо. Авторулевые работают главным образом от гирокомпаса, однако уже созданы авторулевые, действующие и от магнитного компаса (их используют на малых судах, не имеющих гирокомпаса). Принцип устройства авторулевого основан на автоматическом включении рулевого устройства при отклонении судна от заданного курса и отключении его при возвращении судна на курс. Для автоматической прокладки фактического пути судна по морской карте служит специальный прибор — *автопрокладчик*.

Наличие береговых и спутниковых навигационных радиостанций дает возможность автоматизировать определение географических координат судна. Кроме того, существующие приборы уже позволяют автоматически получать данные о скорости, глубинах, препятствиях, встречающихся под водой и над водой. Все эти данные вводятся в специальную навигационную цифровую вычислительную машину (НЦВМ), которая уже сама рассчитывает по ним место судна, направление и расстояние до пункта назначения, снос и дрейф и подает команду «курс» авторулевому. Известную трудность представляет автоматизация судовождения при следовании в узкостях, в местах с повышенной опасностью, при швартовке, но и она технически вполне разрешима.

Наличие на автоматизированных судах электронно-вычислительной машины позволяет автоматизировать решение и других задач, с которыми приходится сталкиваться во время эксплуатации судна: выбор наиболее выгодной загрузки судна (каргоплана), расчеты балластировки, остойчивости и непотопляемости судна, оптимизация режима работы главной энергетической установки, выполнение расчетов финансово-экономических показателей работы судна и т. п.

Контрольные вопросы

1. Назовите, какие преимущества обеспечивает автоматизация судовых процессов.
2. В чем заключается автоматизация судовой энергетической установки?

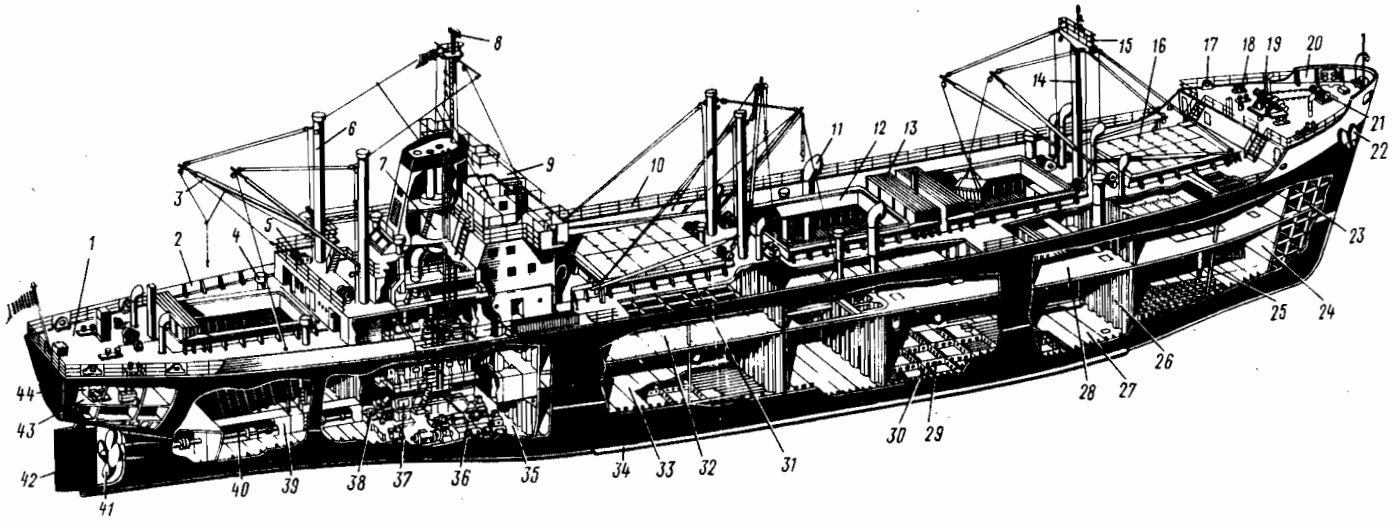


Схема общей компоновки и устройства сухогрузного судна.

1 — верхняя палуба; *2* — фальшборт; *3* — грузовая стрела; *4* — вентиляционная головка; *5* — грузовая лебедка; *6* — грузовая мачта (колонна); *7* — утилизационный котел; *8* — антенна РЛС; *9* — рулевая рубка; *10* — леерное ограждение; *11* — вентиляционный дефлектор; *12* — комингс грузового люка; *13* — крышки закрытия грузового люка (открытый люк); *14* — фок-мачта; *15* — салинговая площадка; *16* — люковое закрытие; *17* — швартовный клюз; *18* — кнехты швартовные; *19* — брашпиль; *20* — козырек; *21* — стопоры якорной цепи; *22* — якорь Холла; *23* — форпик; *24* — форпиковая (таранная) переборка; *25* — пиллерс; *26* — поперечная водонепроницаемая переборка (гофрированная); *27* — настил второго дна; *28* — вторая (нижняя) палуба; *29* — днищевой стрингер; *30* — флор; *31* — палубный набор; *32* — грузовой твиндек; *33* — грузовой трюм; *34* — скуловой киль; *35* — машинно-котельное отделение; *36* — дизель-генераторы; *37* — главный двигатель; *38* — упорный подшипник; *39* — коридор гребного вала; *40* — валопровод; *41* — гребной винт; *42* — руль; *63* — румпельное отделение; *44* — рулевая машина.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Александров М. Н. Безопасность человека на море. Л.: Судостроение, 1983. 208 с.

Алешин Н. В., Голубев Н. В., Козлов В. И., Ракицкий Б. В. Судовая энергетика (Введение в специальность). Л.: Судостроение, 1984. 140 с.

Алмазов Г. К., Степанов В. В., Гуськов М. Г. Элементы общесудовых систем: Справ. Л.: Судостроение, 1982.

Андреев А. А. Материаловедение в судостроении. Л.: Судостроение, 1976.

Антонов А. А., Недра Р. Ф. Устройство морского судна. М.: Транспорт, 1974. 230 с.

Барабанов Н. В. Конструкция корпуса морских судов. Л.: Судостроение, 1981. 551 с.

Белкин С. И. Путешествия по кораблям. Л.: Судостроение, 1972. 310 с.

Бронников А. В. Морские транспортные суда. — Л.: Судостроение, 1984. 146 с.

Генриот Э. Краткая иллюстрированная история судостроения. Л.: Судостроение, 1974. 192 с.

Горячев А. М., Подругин Е. М. Устройство и основы теории морских судов. Л.: Судостроение, 1983. 325 с.

Гребельский П. Х., Резник М. Х. Судовые корпусодостроечные работы. Л.: Судостроение, 1982. 326 с.

Григорьев В. Н., Шапиро В. М. Конструкция корпуса и основы строительной механики морских судов. Л.: Судостроение, 1972.

Гурович А. Н. Судовые устройства и внутреннее оборудование судов. Л.: Судостроение, 1970. 312 с.

Допатка Р., Перепечко А. Книга о судах. Л.: Судостроение, 1981. 307 с.

Дорогостайский Д. В., Жученко М. М., Мальцев Н. Я. Теория и устройство судна. Л.: Судостроение, 1976. 413 с.

Ильин В. А. Бегущие по волнам. М.: Знание, 1975. 207 с.

Корабелы — Родине/Под ред. Г. Г. Пуляевского. Л.: Судостроение, 1981. 192 с.

Кузьменко В. К., Федоров Н. А., Фрид Е. Г. Справочник судового сборщика. Л.: Судостроение, 1969. 470 с.

Логачев С. И. Транспортные суда будущего. Л.: Судостроение, 1976. 174 с.

Лучанский И. А., Яновский А. А. От весла до водомета. Л.: Судостроение. 1964. 210 с.

Морской энциклопедический справочник: В 2 т./Под ред. Н. Н. Исанина. Л.: Судостроение, 1986. Т. 1—2.

Мусинский Н. А. Устройство и монтаж судовых машин, механизмов и трубопроводов. Л.: Судостроение, 1976. 295 с.

Нелепин Р. А., Соболев Л. Г., Волков А. А. Автоматизация морских судов. Л.: Судостроение, 1983. 78 с.

Нечаев Ю. И., Царев Б. А., Челпанов И. В. Профессия — судостроитель/ Введение в судостроительные специальности/. Л.: Судостроение. 1987. 141 с.

Овчинников И. Н., Овчинников Е. И. Судовые системы и трубопроводы. Л.: Судостроение, 1976. 328 с.

Павлюченко Ю. Н. Основы художественного конструирования судов. Л.: Судостроение, 1985. 263 с.

Попилов Л. Я. От киля до клотика — всюду химия. Л.: Судостроение, 1977. 143 с.

Правила классификации и постройки морских судов/Регистр СССР. Л.: Транспорт, 1985. 928 с.

Пятилетки судостроения/Под ред. А. И. Вознесенского и В. В. Дмитриева. Л.: Судостроение, 1978. 56 с.

Рябчиков П. А. Морские суда. — М.: Морской транспорт. 1959. с.

Сенков Г. И. Судовые энергетические установки, их эксплуатация и ремонт. Л.: Судостроение, 1986.

Симоненко А. С. Судовые устройства. Л.: Судостроение. 1986. 175 с.

Словарь морских и речных терминов. 2 т. М.: Речной трансп., 1956. Т. 1—2.

Смирнов Н. Г., Чихов А. М. Теория и устройство судов. М.: Транспорт, 1981. 224 с.

Судовые устройства: Справ./Под ред. М. Н. Александрова. Л.: Судостроение, 1987. 653 с.

Фрид Е. Г. Устройство судна. Л.: Судостроение, 1982. 349 с.

Ханке Х. Люди, корабли, океаны. Л.: Судостроение, 1976. 440 с.

Холоша В. И. Проектирование и эксплуатация сухогрузных судов. Л.: Судостроение, 1984. 216 с.

Человек, море, техника: Сб. статей. Л.: Судостроение, 1987. 335 с.

Чечин Д. А., Миренский М. Г. Судовые электрорадионавигационные приборы.: Судостроение, 1976. 176 с.

Шенкнехт Р., Люш Ю., Шельцель М., Обенаус Г. Л. Суда и судоходство будущего. Л.: Судостроение, 1981. 208 с.

Шмаков М. Г., Павельев Н. Г. Оборудование корпусов судов. Л.: Судостроение, 1977. 254 с.

Яковлев Г. С. Судовые электроэнергетические системы. Л.: Судостроение. 1987. 269 с.

Яковлев И. И. Корабли и верфи. Л.: Судостроение, 1973. 360 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Автономность 75
Автопрокладчик 310, 327
Авторулевой 310, 327
Адмиралтейский коэффициент 91
Азимутальный круг 308
Аккумулятор 299
Амплитуда качки 94
Аппарель 35
Арка буксирная 201
Арматура 217
Атомная энергетическая установка (АЗУ) 278
Атомоход 17, 27, 281
Ахтерпик 109, 146
Ахтерштевень 56, 103, 154

Баббит 284
База плавучая 49
Бак 104, 109
Бакаут 284
Бакштаг 196
Балкер 35
Балласт 67, 225
Баллер 163
Баржевоз 34
Барк 10
Баркентина 11
Бассейн опытовый 89
Батокс 63
Бизань 196
Бимс
— концевой 144
— рамный 143
Бирема 6
Бок 63
Борт
— надводный 60
Брашпиль 173
Брештук 154
Бриг 10, 11
Бригантина 11
Брус эквивалентный 127
Буксир 52
Бульб 92, 102
Бункеровщик 51

Вал
— гребной 283
— промежуточный 283
Валогенератор 299
Валопровод 283
Ванты 196
Ватервайс 130, 241
Ватерлиния
— грузовая (ГВЛ) 57
— конструктивная (КВЛ) 57
Веретено якоря 171
Вертлюг 172
Вершина волны 95
Винт
— гребной 286
— регулируемого шага (ВРШ) 288
Вместимость
— валовая 72
— зерновая 71
— киповая 71
— регистровая 71
— чистая 72
Водоизмещение 61, 67, 76
Выдвиг 100
Выгородка 124, 148
Вымбовка 174
Высота
— борта судна 60
— метацентрическая 79
Вьюшка 177

Газовоз 42
Газотурбоход 26
Гак буксирный 200
Галера 9

Галион 10
Гафель 198
Гидролокационная установка 315
Гидрофон 315
Гидрофор 239
Гини 188
Гидрокомпас 310
Глаголь-гак 172, 174
Главный распределительный щит (ГРЩ) 300
Гонг 318
Горловина 205
Горн туманный 318
Грот-мачта 196
Грузовместимость 71
Грузоподъемность 67
Гусёк 222

Давленне условное 213
Дальность плавания 75
Двери
— водогазонепроннцаемые 205
— клинкетные 206
— противопожарные 206
Двигатель 251
— внутреннего сгорания 264
Движитель 251
— крыльчатый 290
— лопастной 285
Деаэратор 258
Девиация 308
Дедвейт 67
Дейдвуд 103
Дельные вещи 202
Дефлектор 245
Джонка 7
Диаграмма статнческой остойчивости 81
Диаметр циркуляции 100
Дизель
— малооборотный 268
— среднеоборотный 271
Дизель-генератор 296
Дизель электроход 26
Диптанк 109
Дифферент 60, 76
Длина судна 58
Днищевое перекрытие 133
Дно двойное 113
Дноуглубнтельный снаряд 53
Док плавучий 53
Доу 9
Дрейф 100
Дуга буксирная 201

Закрытие люковое 190
Запас плавучестн 78
Заслонка 220
Затвор поворотный 220
Захлопка 219
Зашивка 122
Землесос 53
Знаки сигнальные 318
Зона активная 279

Извещатель (датчик) пожарный 237
Изоляция 121
Иллюминатор 203
Инклинограф 80
Источник электроэнергии 296

Каботаж 4
Кабель судовой 302
Кавитация 287
Камбуз 115, 120
Каравелла 10
Карлингс 143
Картушка 308
Катамаран 7, 28
Качка 93
— бортовая 95
— вертикальная 97
— килевая 96
Качества
— мореходные 67
— эксплуатационные 66
Каюта 111
Кают-компания 111
Квартердек 104
Килеватость 56
Килевая линия 57, 104
Киль
— боковой 97, 153
— брусковый 133
— вертикальный 133
— горизонтальный 132, 134
— туннельный 134
Кипы швартовные 176
Клапан 218
Класс автоматизации 323
Клинкет 219
Клипер 11, 102
Клотнк 196
Клюз
— бортовой 174
— буксирный 201
— палубный 174
— панамский 176
— швартовный 176
— якорный 174
Кнехт 176
Кница
— бимсовая 140, 143
— скуловая 140
Колонка выдвижная движительно-рулевая (ВДРК) 168

Комингс люка 144
Компас
— главный 308
— путевой 308
Компенсатор 215
Компрессор 292
Конденсатор 263
Кондиционер 246
Контейнер 33
Контейнеровоз 33
Контрфорс 172
Корма 103
Коробка грязевая 223
Корпус 63
— судна 127
Котел
— вспомогательный 259, 293
— паровой 255
— утилизационный 259
Коффердам 109
Коч 9
Коэффициенты полноты 61
Кран грузовой 189
Крен 76
Кривые предельных длин отсеков 87
Кронштейн гребного вала 156
Крышки сходных люков 204
Кубрик 111
Курсограф 310

Лаг 306, 312
Ладья (лодия) 9
Лапа якоря 171
Лацпорт 207
Лебедка
— буксирная 199
— грузовая 187
— швартовная 177
— шлюпочная 183
Ледокол 51
Лесовоз 37
Линия
— килевая 57
— основная 64
— палубная 57
Лист междудонный крайний 135
Лихтеровоз 34
Лот 306, 312
Люк
— грузовой 144
— световой 204
— сходный 204
Льяло 136

Марка
— грузовая 70
— тоннажная 72
Марки углубления 60
Мачта 196
Машина
— паровая 251
— рулевая 165
— якорная 173
Метановоз 44
Метацентр
— поперечный 79
Механизм изменения шага (МИШ) 289
Механизмы вспомогательные 291
Мешкование груза 85
Мидель-шпангоут 55, 63
Мидия морская 74
Момент
— восстанавливающий 79
— изгибающий 127
— опрокидывающий 83
Мортира 157
Мощность буксировочная 90

Набор корпуса 128
— бортовой 139
— днищевой 133
— палубный 143
Нагрузка масс 67, 69
Надводный борт 60
— избыточный 104
— минимальный 60, 70, 104
Наделка пропульсивная 288
Надстройка 110, 150
Найтов 185
Нактоуз 308
Насадка
— направляющая 287
— поворотная 169
Насос 291
— винтовой 291
— осевой 291
— пожарный 230
— поршневой 291
— струйный 291
— центробежный 291
— шестеренчатый 291
Непотопляемость 86
Неф 9
Нефтерудовоз 37, 44
Нефтесухогруз 44
Нок 186
Нос судна 100
— бульбовый 102

Обрешетник 122
Обшивка наружная 131
Огни сигнально-отличительные 316
Огонь топовый 317
Ограждение леерное 195
Опыт кренования 79
Осадка судна 60

Остойчивость 78
— аварийная 88
— на больших углах крена 80
— начальная 78
— поперечная 78
— продольная 78
Отделение
— котельное 255
— машинное 108, 255
— насосное 41, 248
— румпельное 165
Отношение дисковое 286
Отсек 109

Пайол 119
Пакетовоз 38
Палуба 142
Парогенератор 280
Паром 45
Паротушение 232
Пароход 13, 26
Пеленг 310
Пеленгатор 310
Пена
— высокократная 235
— огнегасящая 233
Пеногенератор 235
Пенообразователь 234
Пентера 6
Переборка 145
— главная 145
— гофрированная 147
— таранная 146
Перекрытие 127
— бортовое 127, 138
— днищевое 127, 133
— палубное 127, 142
Период качки 94
Перо руля 163
Пиллерс 144
Пинас 10
Плавучая
— база 49
— буровая установка (ПБУ) 53
— мастерская 53
Плавучесть 75
Плаз 66
Планка киповая 176
Планширь 152
Платформа 142
Плоскость
— ватерлинии 55
— диаметральная 55
— мидель-шпангоута 55
Плот спасательный 184
Площадь парусности 84
Пневмеркаторная система 221
Пневмоцистерна 238
Поверхность смоченная 89
Поворотливость 99
Поворотный шпангоут 139
Погибь палубы (бимсов) 56
Подзор 103
Подошва волны 95
Подшипник
— опорный 284
— упорный 284
Покрытие палубное 123
Полубимс 145
Полупереборка 144
Полуширота 63
Помещения судовые 109
Портик штормовой 152
Посадка судна 60
Пост управления
— грузовыми операциями (ПУГО) 248, 326
— центральный (ЦПУ) 322
Потеряй 132
Пояс
— ледовый 132
— наружиой обивки 131
— скуловой 131
Преобразователь тока 299
Приборы
— навигационные 306
— отопительные 244
Правильный брус 153
Привод рулевой 166
Продуктовоз 39
Прожектор 305
Пропульсивная наделка 288
Пропульсивный коэффициент 90
Пространство междудонное 109, 113
Проход условный 213
Прочность корпуса 123
— местная 126
— общая 126
Пяртнерс 196

Радиолокатор 313
Радионавигация 311
Радиопеленгатор 310
Радиопередатчик 315
Радиоприемник 315
Радиорубка 316
Радиус метацентрический поперечный 79
Разбивка на плазе 66
Развал бортов (шпангоутов) 56
Размах качки 94
Размер грузовой 76
Размерения главные 58
Рангоут 196
Распорка 141
Рассол 294
Растяжка наружной обшивки 131
Реактор 279

Ребро жесткости 134
Рей 196
Репитер 310
Ролкер 35
Ростр-блок 185
Роульс 177
Рубка 110, 151
— рулевая 306
— ходовая 307
— штурманская 306
Рудерпис 163
Рудерпост 155
Рудовоз 37
Руль
— активный 169
— боковой 97
— носовой 168
Румпель 166
Рыбина 65
Рыбинсы 119
Рыскливость 99

Салинг 198
Светильники судовые 305
Свидетельство мерительное 74
Связи перекрестные 128
Седловатость палубы 57, 103
Сейнер 49
Секстан 311
Сильфон 217
Система
— балластная 225
— бытового водоснабжения 238
— вентиляции 244
— водоотливная 224
— водораспыления 231
— водяного пожаротушения 230
— водяного орошения 231
— водяных завес 231
— грузовая 248
— дифферентная 227
— зачистная 248
— инертных газов 236
— кондиционирования воздуха 246
— креновая 227
— объемного химического тушения 235
— нефтесодержащих трюмных вод 224
— осушительная 222
— отопления 248
— паротушения 232
— пенотушения 233
— пожарной сигнализации 236
— порошкового тушения 236
— распределения электроэнергии 300
— спринклерная 232
— сточных вод 240
— трюмной сигнализации 221
— углекислотного тушения 235
— фидериая 301
Система набора 127
— поперечная 128
— продольная 129
— смешанная 129
Системы судовые 210
Скоб—трап 209
Скорость 74
— на испытании 88
— относительная 91
— эксплуатационная 88
Скула 56
Слеминг 96
Смещение 100
Смычка якорной цепи 172
Соединение
— заклепочное 160
— путевое 215
— сварное 159
— скользящее 151
Сопротивление
— буксировочное 90
— воды 88
— воздуха 89
— волновое 89
— выступающих частей 89
— остаточное 89
— полное 89
— трения 88
— формы 89
Средства
— активного управления 168
— радиосвязи 315
— сигнальные 318
— спасательные 178
Старнпост 155
Ствол лафетный 230
Стеньга 196
Степс 196
Стойка
— доковая 147
— леерная 195
— переборки 147
Стопор
— тросовый 176
— цепной 174
— якорной цепи 174
Стрела грузовая
— легкая 186
— тяжеловесиая 188
Стрингер
— бортовой 139, 140
— днищевой 134
— палубный 132
Строевая по шпангоутам 66
Суда
— промыслового флота 46
— служебио-вспомогательные 51
— технического флота 53

— транспортные 28
Судно
— буксирное 52
— водоизмещающее 27
— глиссирующее 27
— грузовое 28
— грузопассажирское 44
— для навалочных грузов 35
— для тяжеловозов 35
— комбинированное 44
— на воздушной подушке (СВП) 27, 92
— накатное 35
— наливное 39
— на подводных крыльях (СПК) 27, 92
— научно-исследовательское 53
— обслуживающее 51
— парусное 27
— пассажирское 44
— перерабатывающее 49
— подводное 27
— пожарное 52
— промысловое 46
— рефрижераторное 29, 51
— с горизонтальной грузообработкой 35
— служебное 53
— снабжения 51
— спасательное 52
— сухогрузное 28
— учебное 53
— шельтердечное 73
Судовое освещение 304

Таблицы непотопляемости 87
Такелаж стоячий 196
Танк
— балластный 40
— грузовой 39
Танкер 39
Таран 6
Твиндек 109, 113
Телеграф машинный 319
Теплоноситель 279, 281
Теплоход 26
Тифон 318
Толкач 46
Тоина регистровая 72
Топенант 186
Трап 209
Траулер 47
Тримаран 28
Трирема 6
Тросы швартовные 175
Труба
— гельмпортовая 164
— дейдвудная 156
— дымовая 106, 259
Трубы 213
— воздушные 222
— измерительные 220
— перепускные 224
Трубопроводы 210, 213
Трюм 109, 113
— грузовой 119
Туннель гребного вала 110
Тунцелов 47
Турачка 173
Турбина
— активная 261
— газовая 273
— паровая 259
— реактивная 261
Турбоход 26
Турбоэлектроход 26

Угол
— атаки 285
— дифферента 78
— дрейфа 100
— заката 84
— крена 78
Узел 74
Унирема 6
Управляемость судна 99
Успокоитель качки 97
Установка
— атомная энергетическая 253, 278
— газотурбинная 252, 273
— дизельная 252, 266
— комбинированная 252
— котельная 258
— опреснительная 293
— паротурбинная 252, 261
— рефрижераторная 293
— энергетическая 251
Устойчивость на курсе 99
Устройства судовые 162
Устройство
— буксирное 195, 198
— грузовое 185
— дейдвудное 284
— кранцевое 177
— леерное 195
— лядовое 162
— подруливающее 169
— рулевое 163
— счальное 201
— тентовое 196
— швартовное 175
— шлюпочное 178
— якорное 170
Утка 176

Фальшборт 151
Фальшфейер 181, 319

Фигуры сигнальные 318
Флейт 10
Флор 136
— непроницаемый 138
— открытый 138
— проницаемый 138
Фок-мачта 196
Фордуны 196
Форма судового корпуса 102
Форпик 109, 146
Форсунка 258
Форштевень 56, 103, 154
Фрегат 10
Фундамент 157
Футшток 221

Хладагент 293
Хлопколесовоз 44
Ходкость 88
Ходовая рубка 308
Холодильная машина 293
Хронометр 311

Центр величины 76
Центр тяжести судна 76
Цепь якорная 172
Циркуляция судна 100
Цистерна 112

«Чайка» запорожская 9
Часы палубные 311
Черпаковый снаряд 59
Чертеж теоретический 63
Число Фруда 91

Шаг гребного винта 286
Шаланда грунтоотвозная 54
Шахта 150
Швартов 175
Шельф 147
Ширина судна 58
Ширстрек 131
Шифтинг-бордс 85, 120
Шкала
— Бофорта 82
— волновая 82
— грузовая 77
Шкентель 187
Шлюпбалка 182
Шлюпка
— рабочая 181
— спасательная 179
Шов барьерный 133
Шпангоут 130
— практический 130
— промежуточный 141
— рамный 140
— теоретический 64
Шпация 129
Шпигат 241
Шпиль
— якорный 173
— швартовный 177
Шпор 186
Штаг 196
Штаг-карнак 196
Штевень 56, 154
Шток якоря 171
Штурвал 168
Штуртрос 168
Шхуна 10

Щеповоз 38

Эзельгофт 196
Экраноплан 27
Электродвижение 253, 277
Электрооборудование судов 294
Электропривод 303
Электростанция
— плавучая 23, 53
— судовая 297
Электроход 26
Элементы корпуса конструктивные 130
Эрлифт 54
Эхолот 312

Ют 104, 109

Якорная скоба 172
Якорь 171
— адмиралтейский 172
— ледовый 172
— Матросова 172
— Холла 172
Ящик цепной 109, 173

ОГЛАВЛЕНИЕ

От автора 3
Введение 4
Глава первая
Краткий исторический обзор развития судостроения 6
§ 1.1. Возникновение судостроения и эпоха парусного флота 6
§ 1.2. Паровые суда и железное судостроение 13
§ 1.3. Современное гражданское судостроение и перспективы его развития 15
§ 1.4. Развитие гражданского судостроения в СССР 18

Глава вторая
Классификация гражданских судов 25
§ 2.1. Признаки классификации судов 25
§ 2.2. Типы судов в зависимости от их назначения 28
2.2.1. Транспортные суда 28
2.2.2. Промысловые суда 46
2.2.3. Служебно-вспомогательные суда 51
2.2.4. Суда технического флота 53

Глава третья
Форма корпуса судна 55
§ 3.1. Основные сечения корпуса 55
§ 3.2. Главные размерения и коэффициенты полноты 58
§ 3.3. Теоретический чертеж 63

Глава четвертая
Эксплуатационные и мореходные качества судна 66
§ 4.1. Грузоподъемность 67
§ 4.2. Грузовместимость 71
§ 4.3. Регистровая вместимость 71
§ 4.4. Скорость. Дальность плавания. Автономность 74
§ 4.5. Плавучесть 75
§ 4.6. Остойчивость 78
§ 4.7. Непотопляемость 86
§ 4.8. Ходкость 88
§ 4.9. Качка 93
§ 4.10. Управляемость 99

Глава пятая
Архитектура судна 101
§ 5.1. Архитектурно-конструктивные типы судов 101
§ 5.2. Архитектура внешней формы судна 106
§ 5.3. Классификация судовых помещений 109
§ 5.4. Общее расположение судна 112
§ 5.5. Изоляция, зашивка и отделка судовых помещений. Палубные покрытия 121

Глава шестая
Конструкция корпуса 123
§ 6.1. Понятие о прочности судна 123
§ 6.2. Системы набора. Шпация 127
§ 6.3. Основные конструктивные элементы корпуса 130
6.3.1. Наружная обшивка, палубный настил и настил второго дна 131
6.3.2. Днищевые перекрытия 133
6.3.3. Бортовые перекрытия 138
6.3.4. Палубы и платформы 142
6.3.5. Главные поперечные и продольные переборки 145
6.3.6. Выгородки и шахты 148
6.3.7. Надстройки и рубки 150
6.3.8. Фальшборт, привальный брус и боковые кили 151
6.3.9. Штевни и кронштейны гребных валов 154
6.3.10. Дейдвудные трубы и мортиры 156
6.3.11. Фундаменты и крепления 157
§ 6.4. Соединения деталей корпуса судна 159

Глава седьмая
Судовые устройства и дельные вещи 162
§ 7.1. Рулевое и подруливающее устройства 163
§ 7.2. Якорное устройство 170
§ 7.3. Швартовное и кранцевое устройства 175
§ 7.4. Спасательные средства 178
§ 7.5. Грузовые устройства 185
§ 7.6. Прочие общесудовые устройства 195
§ 7.7. Буксирные устройства буксирных судов 198
§ 7.8. Дельные вещи 202

Глава восьмая
Судовые системы 210
§ 8.1. Общие сведения 210
§ 8.2. Конструктивные элементы судовых систем 213
§ 8.3. Трюмные системы 222
§ 8.4. Балластные системы 225
§ 8.5. Системы пожаротушения 227
§ 8.6. Системы бытового водоснабжения 238
§ 8.7. Сточные системы 240
§ 8.8. Системы микроклимата 242
§ 8.9. Специальные системы танкеров 248

Глава девятая
Судовые энергетические установки 251
§ 9.1. Типы, состав и размещение судовых энергетических установок 251
§ 9.2. Паровые котлы и котельные установки 255
§ 9.3. Паровые турбины и паротурбинные установки 259
§ 9.4. Двигатели внутреннего сгорания и дизельные установки . . . 264
§ 9.5. Газовые турбины и газотурбинные установки 273
§ 9.6. Энергетические установки судов с электродвижением 277
§ 9.7. Атомные энергетические установки (АЭУ) 278
§ 9.8. Валопровод 283
§ 9.9. Судовые движители 285
§ 9.10. Вспомогательные механизмы 291

Глава десятая
Электрооборудование судов 294
§ 10.1. Общие сведения 294
§ 10.2. Судовая электростанция 296
§ 10.3. Распределение электроэнергии 300
§ 10.4. Потребители тока 303

Глава одиннадцатая
Навигационное оборудование и средства связи 306
§ 11.1. Основные навигационные приборы 306
§ 11.2. Средства внешней и внутренней связи и сигнализации . . . 315
Глава двенадцатая
Автоматизация судовых процессов 320
§ 12.1. Общие сведения 320
§ 12.2. Автоматизация судовых энергетнческих установок 322
§ 12.3. Автоматизация судовых устройств и систем 324
§ 12.4. Автоматизация судовождения 326
Приложение 328
Список литературы 329
Предметный указатель 331

Учебное издание

Фрид Евсей Григорьевич

УСТРОЙСТВО СУДНА

Учебник для ПТУ

Издание пятое, стереотипное

Заведующий редакцией *Д. В. Павлов*
Редактор *Н. К. Клементьева*
Художник переплета *А. Г. Томилов*
Художественный редактор *Е. Я. Радомысльский*
Технический редактор *Р. К. Чистякова*
Корректор *Т. С. Александрова*

ИБ № 1375

Сдано в набор 28.12.88. Подписано в печать 23.11.89.
Формат 60×90¹/₁₆. Бумага кн.-журн. Гарнитура литературная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 21,5. Усл. кр.-отт. 21,5. Уч.-изд. л. 23,5.
Доп. тираж 25 000 экз. Изд. № 4363—88. Заказ 895. Цена 1 руб.

Издательство «Судостроение», 191065, Ленинград, ул. Гоголя, 8

Типография № 6 издательства «Машиностроение»
при Государственном комитете СССР по печати.
193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.