

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
Национальный университет кораблестроения  
имени адмирала Макарова

**Н.Б. Слижевский, Ю.М. Король,  
В.Ф. Тимошенко**

## **ЭНЦИКЛОПЕДИЯ СУДОВ**

Под общей редакцией проф. Н.Б. Слижевского

*Рекомендовано Министерством образования и науки Украины*



Николаев  
НУК  
2005

---

УДК 629.5(031)  
ББК 39,42я2  
С 47

*Рекомендовано Министерством образования и науки Украины,  
письмо № 14/18.2202 от 12.10.2004*

*Рецензенты:*

В.С. Блинцов, доктор технических наук, профессор;

Б.А. Бугаенко, доктор технических наук, профессор;

Л.М. Дыхта, доктор технических наук, профессор

**Слижевский Н.Б., Король Ю.М., Тимошенко В.Ф.**

С 47      Энциклопедия судов / Под общ. ред. проф. Н.Б. Слижевского. –  
Николаев: НУК, 2005. – 172 с.

ISBN 966–321–032–х

Изложены энциклопедические сведения по эксплуатационным и мореходным качествам судов, прочности, архитектуре, конструкции, устройствам, системам и судовым энергетическим установкам, а также принципам проектирования, постройки и ремонта. Для полноты восприятия фотографии судов сгруппированы в конце первой главы.

Предназначено для студентов дневной и заочной форм обучения в кораблестроительных вузах для специальностей "Электромеханика", "Компьютерные науки", "Экономика и предпринимательство", "Менеджмент", "Право".

УДК 629.5(031)  
ББК 39,42я2

ISBN 966–321–032–х

© Слижевский Н.Б., Король Ю.М.,  
Тимошенко В.Ф.  
© Издательство НУК, 2005

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СУДАХ .....	5
1.1. Техническое и правовое определение судна .....	5
1.2. Мореходные и эксплуатационные качества судов .....	6
1.3. Классификация судов .....	9
1.4. Технический надзор за судами .....	54
2. ГЕОМЕТРИЯ СУДОВОГО КОРПУСА .....	57
2.1. Теоретический чертеж .....	57
2.2. Главные размерения, коэффициенты полноты .....	59
2.3. Посадка судна .....	61
3. МОРЕХОДНЫЕ КАЧЕСТВА СУДОВ .....	63
3.1. Плавучесть .....	63
3.2. Остойчивость .....	66
3.3. Непотопляемость .....	75
3.4. Ходкость .....	77
3.5. Управляемость .....	90
3.6. Мореходность .....	93
4. КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ СУДОВОГО КОРПУСА ....	99
4.1. Прочность судна .....	99
4.2. Конструкция корпуса судна .....	102
4.3. Соединения деталей корпуса судна .....	118
5. СУДОВЫЕ УСТРОЙСТВА .....	121
5.1. Общие сведения .....	121
5.2. Рулевое устройство .....	121
5.3. Якорное устройство .....	123
5.4. Швартовное устройство .....	126
5.5. Грузовое устройство .....	128
5.6. Спасательное устройство .....	130

---

---

5.7. Буксирное устройство .....	136
5.8. Леерное и тентовое устройства .....	138
5.9. Специальные устройства судов.....	138
<b>6. СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ЭЛЕКТРО- ОБОРУДОВАНИЕ СУДОВ .....</b>	<b>141</b>
6.1. Типы, состав и размещение энергетических установок на судах .....	141
6.2. Судовые энергетические установки с двигателями внут- реннего сгорания .....	143
6.3. Паротурбинные СЭУ .....	145
6.4. Газотурбинные СЭУ .....	146
6.5. Ядерные энергетические установки .....	147
6.6. Электрические энергетические установки .....	150
6.7. Передача мощности от двигателя к движителю .....	151
<b>7. СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ.....</b>	<b>154</b>
7.1. Общие сведения и принципы классификации.....	154
7.2. Конструктивные элементы систем .....	154
7.3. Общесудовые системы .....	156
<b>8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПОСТРОЙКА И РЕМОНТ СУДОВ .....</b>	<b>163</b>
8.1. Проектирование судна .....	163
8.2. Постройка судна .....	164
8.3. Ремонт судов .....	168

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СУДАХ

### 1.1. Техническое и правовое определение судна

*Судно* представляет собой сложное инженерное сооружение, обладающее способностью плавать и предназначенное для осуществления целенаправленных действий человека на море.

Под целенаправленными действиями понимают перевозку различного рода грузов, пассажиров, багажа и почты; разведку и добычу полезных ископаемых и морепродуктов; спасательные операции; выполнение гидротехнических и гидронавигационных работ; несение спецслужб (охрана промысла, санитарная и карантинная службы); научные работы; спортивные, учебные, военные и другие виды деятельности. Судно, имеющее на борту штатное вооружение, называют кораблем.

*В морском праве* судно является не только продуктом человеческого труда для целей мореходства (обязательное условие для юридического признания объекта судном), но и учреждением, наделенным правами и обязанностями. Как учреждение морское судно может быть признано виновным или невиновным в той или в иной ситуации, и к нему могут быть применены различного рода санкции – штрафы, лишение права торгового мореходства и др. В открытом море на судно распространяется закон того государства, под флагом которого оно плавает. При заходе в иностранные порты судно попадает под действие законов суверенной власти прибрежного государства.

Под государственным флагом могут плавать суда, находящиеся в государственной или в иной собственности. Документом, удостоверяющим право на плавание под государственным флагом, является специальное свидетельство – *судовой билет*, выдаваемый управлением морского порта, в *судовой реестр* которого внесено судно. Судно может

быть допущено к плаванию с внесением его в государственный реестр только в том случае, если оно удовлетворяет требованиям безопасного плавания, которые устанавливаются *государственным классификационным обществом*.

## 1.2. Мореходные и эксплуатационные качества судов

Все качества, которыми в той или иной мере должно обладать каждое судно, можно разделить на две категории – мореходные и эксплуатационные.

**Мореходные качества** присущи судну как плавучему сооружению, которое находится во взаимодействии с окружающей средой – водой и воздухом. Эти качества определяют условия равновесия или движения судна при действии на него различных сил во время эксплуатации. К числу таких качеств относятся плавучесть, остойчивость, непотопляемость, ходкость, управляемость и мореходность.

**Плавучесть** – способность судна держаться на плаву, имея заданную посадку и неся на себе определенное количество грузов.

**Остойчивость** – способность судна, выведенного наклонением из положения равновесия, возвращаться в это положение после прекращения действия сил, вызвавших это наклонение.

**Непотопляемость** – способность судна при затоплении одного или нескольких отсеков сохранять плавучесть и остойчивость.

**Ходкость** – способность судна развивать и сохранять заданную скорость хода при минимальных энергозатратах.

**Управляемость** – способность судна сохранять или изменять направление движения в соответствии с действиями рулевого.

**Мореходность** – способность судна противостоять действию морского волнения и ветра, сохраняя при этом плавность и умеренность размахов качки.

Показателями этих качеств являются: количество воды, вытесненное корпусом судна; параметры посадки, определяющие положение судна относительно свободной поверхности; запас плавучести; минимальный опрокидывающий момент; количество отсеков, затопление которых не приведет к гибели судна; скорость хода; коэффициент полезного действия движителя; диаметр циркуляции, амплитуда и период качки в условиях ветрового волнения и др.

**Эксплуатационные качества** определяют степень соответствия судна его назначению, а также современным требованиям постройки, эксплуатации и ремонта как инженерного сооружения и транспортного средства. К ним относят надежность и безопасность мореплавания, провозоспособность, обитаемость, экономичность.

*Надежность и безопасность мореплавания* обеспечиваются нормированием показателей технического совершенства судна, качеством его корпуса, оборудования, устройств и систем, уровнем технологичности постройки, эксплуатации и ремонта, квалификацией обслуживающего персонала.

В процессе проектирования показатели мореходных качеств, общей и местной прочности, показатели и состав оборудования, устройств и систем должны быть достигнуты такими, какими они регламентируются государственными классификационными обществами.

*Провозоспособность* – количество перевезенных грузов за навигацию. Навигация – это период непрерывной эксплуатации судна между двумя плановыми ремонтами с очисткой и окраской подводной поверхности. Показателями провозоспособности являются грузоподъемность, грузовместимость, пассажироместимость, скорость хода, автономность и дальность плавания.

*Полная грузоподъемность судна (дедвейт)* – масса полезного груза, пассажиров, экипажа, багажа, запасов топлива, воды для парогенераторов, смазочного масла, пресной воды и провизии для пассажиров и экипажа, расходных материалов. Обозначается  $D_W$  и измеряется в тоннах.

*Чистая грузоподъемность* – масса грузов, багажа и пассажиров. Обозначается  $D$  и измеряется в тоннах.

*Грузовместимость* – суммарный объем судовых грузовых помещений. Обозначается  $W$  и измеряется в кубических метрах. Различают теоретическую, зерновую и киповую грузовместимость, грузовместимость по жидкому грузу и рефрижераторных помещений.

*Теоретическая грузовместимость* равна объему грузовых помещений, вычисленному по их обводам при помощи теоретического чертежа.

*Зерновая грузовместимость* – вместимость по сыпучему грузу, равна теоретической за вычетом объема, занимаемого набором корпуса, пайолами, шифтинг-бордсами, пиллерсами, трапами. Обычно она составляет около 95 % теоретической грузовместимости.

*Киповая грузовместимость* – вместимость по штучному (тарному) грузу, равна зерновой за вычетом объема между элементами набора, который не может быть использован для размещения ящиков, бочек, кип хлопка и т. п. Ее определяют по внутренним кромкам рыбинсов и нижним кромкам бимсов. Обычно киповая грузовместимость составляет 85...90 % теоретической грузовместимости.

*Грузовместимость по жидкому грузу* равна зерновой за вычетом объема, учитывающего тепловое расширение груза.

*Грузовместимость рефрижераторных помещений* получают вычитанием из теоретической грузовместимости объема изоляции и конструктивных элементов холодильных систем.

Особым образом измеряется грузовместимость судов при перевозке ряда укрупненных унифицированных грузов – контейнеров, лихтеров, трейлеров, автомашин, железнодорожных вагонов. В этом случае грузомместимость измеряется количеством единиц соответствующего груза, принимаемого в грузовые помещения и на верхнюю палубу. Например, контейнеромместимость выражается в количестве стандартных 20-футовых (шестиметровых) контейнеров, которые могут быть размещены на судне.

Чтобы оценить возможности полного использования грузоподъемности судна для перевозки различных грузов, используют понятия удельной грузомместимости судна и удельного погрузочного объема груза.

*Удельной грузомместимостью судна* называют отношение грузомместимости судна к массе груза, для перевозки которого оно проектировалось.

*Удельным погрузочным объемом груза* служит отношение объема, занимаемого определенным грузом в судовом грузовом помещении, к массе этого груза. Значение удельного погрузочного объема в значительной степени зависит от плотности груза, его упаковки и особенностей укладки в трюмах, размеров пустот между отдельными грузовыми местами и элементами набора корпуса. В практике перевозок грузы с удельным погрузочным объемом  $\mu \leq 1,1$  принято называть весовыми или дедейтными, а с  $\mu > 1,1$  – объемными.

К объемным характеристикам судна относят также *регистрационную вместимость*, или *регистрационный тоннаж*, который является условным показателем объема помещений, защищенных от воздействия моря. Единицей измерения регистрационной вместимости служит так называемая *регистрационная тонна*, равная 100 куб. футам, или 2,83 м<sup>3</sup>.

Регистрационная вместимость служит в качестве универсальной сравнительной характеристики судов, а также для установления величины всевозможных сборов, связанных с заходами в порты, проходом каналов и т. п.

Различают два вида регистрационной вместимости – валовую и чистую.

*Валовая регистрационная вместимость* представляет собой объем всех судовых помещений под верхней палубой и в надстройках за вычетом объемов, установленных правилами обмера судов.

*Чистая регистрационная вместимость* включает в себя объем грузовых и пассажирских помещений; исходя из этого производится начисление портовых налогов и сборов.

Для пассажирских и грузопассажирских судов важной эксплуатационной характеристикой является *пассажировместимость*.

*Скорость хода судна* – важнейшая эксплуатационная характеристика, определяющая быстроту его перемещения. Скорость хода морских



судов измеряют в узлах (узел – морская миля в час; морская миля равна длине дуговой минуты меридиана, что составляет 1852,2 м).

Различают *скорость хода на испытаниях*, замеряемую в период сдачных испытаний на мерной линии; *спецификационную*, гарантируемую договорной спецификацией для водоизмещения судна в полном грузу; *эксплуатационную*, соответствующую средним навигационным условиям и длительному эксплуатационному режиму работы энергетической установки; *путевую*, получаемую делением расстояния между портами отправления и назначения на время, затраченное на преодоление этого пути; *экономическую*, соответствующую минимальному расходу топлива на милю пройденного пути.

Скорости хода современных транспортных судов в зависимости от их назначения составляют 12...18 уз, а океанских пассажирских лайнеров и крупных контейнеровозов – 25...35 уз и более.

*Автономность* называют длительность пребывания судна в море без пополнения запасов топлива, провизии и пресной воды. Для морских транспортных судов автономность составляет 30...60 суток, а для крупных ледоколов, гидрографических и научно-исследовательских судов – 6...12 месяцев.

*Дальность плавания* – это расстояние, которое может пройти судно с заданной скоростью без пополнения запасов топлива, смазочного масла и котельно-питательной воды. Дальность плавания современных крупных морских транспортных судов может достигать 15...30 тыс. миль.

*Обитаемость* – комплексная характеристика судна, показывающая степень его приспособленности к жизнедеятельности человека в условиях плавания. Обитаемость характеризуется совокупностью ряда факторов окружающей среды: социальных (условия размещения экипажа и пассажиров, организация служб, труда и отдыха, психологического климата), физических (микроклимат, освещенность, шум, вибрация, электромагнитные излучения), биологических (обеспеченность водой, пищей, наличие микрофлоры, грызунов, растений), санитарно-гигиенических.

К *экономическим характеристикам судна* относят стоимость постройки и содержания, срок окупаемости, себестоимость перевозки одной тонны груза на одну милю, уровень рентабельности и др.

### 1.3. Классификация судов

Современные морские суда классифицируются по назначению, району плавания, по типу главного двигателя, принципу поддержания, архитектурно-конструктивным признакам и т. д.

**По назначению** суда можно разделить на транспортные, промысловые, служебно-вспомогательные и суда технического флота.

**Транспортные суда** предназначаются для транспортировки различных грузов, а также для перевозки пассажиров и багажа.

**Грузовые суда** по роду перевозимого груза делятся на три группы: сухогрузные, наливные и комбинированные. В каждой из этих групп по характеру эксплуатации различают карголайнеры – суда, эксплуатирующиеся на одной или на нескольких линиях по жесткому расписанию, и трампы – суда-бродяги, выполняющие перевозки без расписания, по мере поступления заказов.

Наиболее многочисленной является группа *сухогрузных судов* (около 80 % от общего количества грузовых судов), которая к тому же весьма разнообразна по типам. К ней относятся универсальные сухогрузные суда, суда для перевозки навалочных грузов, а также различные специализированные суда: контейнеровозы, лихтеровозы, суда с горизонтальной грузообработкой, лесовозы, рефрижераторы и др.

*Универсальные сухогрузные суда* (рис. 1.1) предназначены для перевозки генерального груза, под которым понимают груз в упаковке (ящиках, бочках, тюках, кипах или в отдельных местах), автомашины, металлоконструкции, металлопрокат и т. п. Эти суда имеют большое количество трюмов, несколько палуб и снабжаются бортовыми грузовыми устройствами. Грузоподъемность универсальных сухогрузных судов не превышает 20 тыс. т, скорость хода – 14...18 уз.

*Суда для навалочных грузов* – балкеры или балкериеры – предназначены для перевозки сыпучих грузов без тары: руды и рудных концентратов, угля, зерна, химических удобрений, цемента, сахара-сырца и др. Среди них различают узкоспециализированные суда – рудовозы, углевозы, зерновозы – и универсальные, предназначенные для перевозки любых сыпучих грузов.

*Суда для навалочных грузов* (рис. 1.2) – наиболее крупнотоннажные среди сухогрузных судов. Их дедвейт составляет в среднем 35...40 тыс. т и может достигать 200 тыс. т. Скорость балкеров обычно не превышает 14...16 уз. По конструктивному типу это – одновинтовые суда с бульбовыми образованиями кормовой и носовой оконечностей. Грузовые трюмы формируются в нижней и верхней частях наклонными продольными переборками, обеспечивающими самораспределение груза. Цистерны, образуемые этими переборками и бортами, используют для приема водяного балласта. Для уменьшения крена при возможном смещении груза трюмы на некоторых судах разделяют продольными переборками. Настил второго дна выполняется утолщенным и содержит специальные подкрепления, что позволяет производить грузовые операции грейфером.

*Контейнеровозы* (рис. 1.3) – это специализированные суда для перевозки грузов в контейнерах – стандартных емкостях многоразового использования, масса которых с грузом может достигать 10...40 т. По грузоподъемности и вместимости контейнеровозы подразделяют на три основные группы: вместимостью до 300 единиц; суда, рассчитанные на перевозку 1000...1500 контейнеров; суда, перевозящие свыше 2000 контейнеров.

Для быстрого и надежного крепления контейнеров предусматривается ячеистая конструкция трюмов в виде системы вертикальных стоек из углового профиля. Примерно 30 % от общего количества контейнеров перевозится на крышках грузовых трюмов в несколько ярусов (до пяти), где они фиксируются с помощью палубных креплений. Скорость контейнеровозов в зависимости от водоизмещения – 14...30 уз, дальность плавания – до 30 тыс. миль. Мощность энергетической установки составляет 1,5...60 тыс. кВт.

*Лихтеровозы* (рис. 1.4) – специализированные суда, перевозящие грузы в баржах – лихтерах. Особенностью эксплуатации лихтеровозов является существенное сокращение стояночного времени для осуществления грузовых операций и возможность доставки лихтеров в плохо оборудованные порты, в том числе и в мелководные – речные.

Наиболее распространенными являются лихтеровозы типа ЛЭШ (ЛЭШ – *lighter aboard the ship*), которые представляют собой крупные суда, способные перевозить 40...90 лихтеров грузоподъемностью до 370 т со скоростью 18...22 уз. По конструктивному типу эти лихтеровозы, как правило, двухвинтовые, однопалубные с избыточным надводным бортом. Они предназначены для работы в ледовых условиях, имеют носовую оконечность и форштевень ледокольного типа. Жилая надстройка располагается в носу, а машинное отделение – в корме или смещено от нее к миделю. Лихтеры загружаются или выгружаются в корме и переносятся вдоль судна козловым краном грузоподъемностью до 500 т. В трюмах и на палубе таких лихтеровозов можно перевозить контейнеры.

Лихтеровозы типа Си-Би (*Sea-Bea*) предназначены для перевозки 26...38 больших лихтеров водоизмещением до 1300 т. По конструктивному типу это – многопалубные суда без поперечных переборок и с двойными бортами в пределах грузовых помещений. Доставка лихтеров из воды и перемещение их по судну производятся специальными подъемниками и передвижными тележками.

Третьим типом лихтеровозов (рис. 1.5) являются суда докового типа. На время грузовых операций трюм-док заполняется водой. При помощи буксиров через носовые или кормовые ворота в него вводятся лихтеры. После центровки лихтеров над местами установки воду откачи-

вают. Такие суда могут использоваться также для транспортировки других судов и производства доковых работ.

*Суда с горизонтальной грузообработкой* (рис. 1.6), или, как их часто называют, суда типа Ро-Ро (от англ. *Rolle on-rolle off*), служат для перевозки колесной техники и штучных грузов, погрузка и выгрузка которых производится накаткой. Суда этого типа получили широкое распространение как линейные за счет существенного сокращения времени грузообработки. Они могут быть специализированными (автомобилевозы, трейлеровозы, контейнеровозы) и универсальными (дедвейтом до 8 тыс. т и более).

Скорость хода таких судов в зависимости от водоизмещения может меняться в широких пределах – 13...25 уз. По конструктивному типу суда с горизонтальной грузообработкой – одновинтовые, многопалубные, преимущественно с кормовым расположением машинного отделения и жилой надстройки. Поперечные переборки на верхних палубах, как правило, отсутствуют, а в трюмах в поперечных переборках имеются вырезы для перемещения грузов, которые снабжены водонепроницаемыми закрытиями. Автомобили, трейлеры и другая колесная техника загружаются своим ходом по носовым или кормовым забортным аппаратам через лацпорты, контейнеры – при помощи автопогрузчиков.

*Рефрижераторные суда* (рис. 1.7) предназначены для перевозки скоропортящихся грузов. В зависимости от температурных режимов в грузовых помещениях различают несколько групп рефрижераторных судов: низкотемпературные, перевозящие замороженный груз; высокотемпературные, перевозящие охлажденный груз; универсальные, приспособленные для перевозки любого груза; фруктово-транспортные, предназначенные для перевозки плодов и имеющие усиленную систему кондиционирования воздуха грузовых помещений. Водоизмещение таких судов достигает 10...20 тыс. т, а скорость хода – 18...22 уз.

*Лесовозы* (рис. 1.8) – специализированные суда для перевозки леса в бревнах, пиломатериалов россыпью и в пакетах. В случае необходимости лесовозы могут быть использованы для перевозки массовых, генеральных и контейнерных грузов. Примерно 1/3 груза они перевозят на верхней палубе, поэтому, кроме повышенной прочности палубного настила и набора, а также специальных креплений палубного груза, имеют балластные танки большой емкости для обеспечения остойчивости. Дедвейт современных лесовозов не превышает 20 тыс. т, а скорость хода – 13...16 уз.

Группа *наливных судов* включает в себя *танкеры* – для перевозки нефти и нефтепродуктов, воды и других жидких грузов, *газовозы* – для перевозки сжиженных газов и *химовозы* – для перевозки жидких химических веществ.

Грузоподъемность *танкеров* (рис. 1.9) колеблется в очень широких пределах – 1,5...500 тыс. т. Скорость малых танкеров – 12...14, больших – 14...18, а супертанкеров – 14,5...16,0 уз. По конструктивному типу танкеры представляют собой одновинтовые однопалубные суда с носовым бульбом и минимальным надводным бортом, машинным отделением и надстройкой, которые расположены, как правило, в корме. Грузовые помещения – танки образуются поперечными и продольными переборками, что делает корпус танкеров достаточно прочным и уменьшает влияние жидкого груза на остойчивость. В целях предотвращения загрязнения моря при авариях корпуса современных танкеров в районе танков имеют двойное дно и борта.

*Газовозы* (рис. 1.10) – наливные суда для перевозки сжиженных газов. По типу перевозимых газов различают газовозы для сжиженных нефтяных газов, аммиака и других с температурой сжижения до 218 К; газовозы-этиленовозы для сжиженного этана, этилена и других газов с температурой сжижения до 169 К и газовозы для сжиженного природного газа – метана с температурой сжижения до 110 К. Водоизмещение газовозов в зависимости от вида и способа сжижения газов составляет 15...30 тыс. т. Скорость этих судов обычно не превышает 16...20 уз.

*Химовозы* (рис. 1.11) – наливные суда для перевозки жидких и расплавленных химических веществ, опасных для людей и окружающей среды. Водоизмещение этих судов составляет 2...12 тыс. т, скорость – до 16 уз. Коррозионно-агрессивные и токсичные вещества перевозятся во вкладных танках, изготовленных из инертных относительно груза материалов.

*Комбинированные сухогрузные суда* (рис. 1.12) благодаря особой конструкции могут перевозить одновременно различные грузы, или тип перевозимого груза может меняться в обратном рейсе. Так, например, *нефтерудовозы* в средних отсеках перевозят руду, а в междудонных и бортовых отсеках – нефтепродукты. Дедвейт современных комбинированных судов меняется в широких пределах – 25...280 тыс. т, скорость – 15...16 уз.

**Пассажирским** считается любое судно, имеющее более 12 пассажирских мест и предназначенное для перевозки пассажиров и небольшого количества грузов. По назначению эти суда делятся на лайнеры, круизные суда, суда для массовых перевозок и суда местного сообщения.

*Пассажирские океанские лайнеры* (рис. 1.13) – наиболее крупные суда водоизмещением 20...50 тыс. т, скоростью хода 22...30 уз и пассажироместимостью 500...1500 чел.

*Круизные суда* (рис. 1.14) обычно меньше по размеру; их водоизмещение составляет 5...12 тыс. т, скорость хода – 16...20 уз и пассажироместимостью – до 500 чел.

Особенностью пассажирских судов является наличие нескольких палуб, в том числе и открытых прогулочных, развитые надстройки, значительное остекление жилых и общественных помещений.

При проектировании пассажирских судов особое внимание уделяют обеспечению безопасности мореплавания и уровню комфортабельности. Пассажиры размещаются в одно-, двух- и четырехместных каютах со всеми удобствами. Предусмотрены музыкальные салоны, спортивные залы, плавательные бассейны, бары, рестораны и другие заведения индустрии отдыха и развлечений. Как правило, для повышения надежности пассажирские суда имеют два (а иногда и более) гребных вала со средним расположением машинного отделения.

*Грузопассажирские суда* (рис. 1.15) предназначены для перевозки как грузов, так и пассажиров. Соотношение между объемом грузовых помещений и объемом помещений, которые предназначены для пассажиров, может быть любым. К этому классу судов относятся и паромы, предназначенные для перевозки грузов и пассажиров между береговыми пунктами.

Водоизмещение небольших паромов может достигать до 1...3 тыс. т. Они могут перевозить 30...50 железнодорожных вагонов или 50...100 автомашин и до 500 пассажиров. Трансокеанские паромы (рис. 1.15) имеют водоизмещение 10...20 тыс. т. Такие паромы могут перевозить 200...400 автомобилей и до 1500 пассажиров. Скорость хода паромов достигает 18...22 уз.

*Промысловые суда* служат для добычи морепродуктов и полезных ископаемых со дна морей и океанов. По назначению эти суда можно разделить на добывающие, обрабатывающие и приемотранспортные.

*Суда для добычи морепродуктов* делятся на рыболовные, зверобойные, зверобойно-рыболовные, креветколовные, краболовные, кальмароловные и водороследобывающие.

*Рыболовные суда* предназначены для добычи и обработки рыбы различными орудиями промышленного рыболовства. В зависимости от специализации эти суда делятся на траулеры, сейнеры, сейнер-траулеры, дрейфтер-траулеры и ярусники.

*Траулеры* (рис. 1.16, 1.17) – наиболее распространенный класс добывающих судов, предназначенных для лова рыбы донными и разноглубинными пелагическими тралами. По способу переработки улова и выпуску основной продукции траулеры делят на консервные, морозильные, рефрижераторные и нерефрижераторные. Водоизмещение супертраулеров достигает до 5000...10000 т, больших – 3000...5000 т, средних – 700...1200 т и малых – 150...550 т.

*Сейнеры* (рис. 1.18) предназначены для лова рыбы кошельковыми неводами в прибрежных водах и открытом океане. По способу обра-

ботки улова различают рефрижераторные и нерефрижераторные сейнеры. Водоизмещение суперсейнеров доходит до 2000...4000 т, больших – 1000...2000 т, средних – 250...500 т и малых – 40...100 т.

*Сейнер-траулеры* (рис. 1.19), предназначенные для лова рыбы кошельковым, донным и разноглубинными тралами, являются комбинированными судами. Имея неустойчивую сырьевую базу, они оказываются более эффективными по сравнению с узкоспециализированными судами. Водоизмещение сейнер-траулеров не превышает водоизмещение средних траулеров.

*Дрифтер-траулеры* предназначены для лова рыбы дрифтерными сетями и тралами. Их водоизмещение примерно равно водоизмещению малых траулеров.

*Ярусники* служат для лова тунца крючковой снастью. По водоизмещению они близки к средним и малым траулерам.

*Зверобойные суда* осуществляют промысел морского зверя и делятся на шхуны и боты. Водоизмещение шхун 550...650 т, ботов – 20...40 т.

*Зверобойно-рыболовные суда* предназначены для промысла морского зверя при помощи зверобойных ботов, а также лова рыбы донным и разноглубинным тралами. На них производится обработка добытого зверя, шкур и рыбы. Эти суда имеют водоизмещение 100...2500 т.

*Креветколовы* ведут промысел креветки тралами, замораживают улов и передают его на базу или берег. Размеры и водоизмещение этих судов соответствуют аналогичным характеристикам малых траулеров.

*Краболовы* осуществляют лов крабов при помощи специальных ловушек, которые сбрасывают на дно и отмечают буйками. Выловленная продукция сдаётся на базу или берег. Водоизмещение краболовных судов 10...20 т.

*Кальмароловы* предназначены для промысла кальмаров с помощью специальных крючковых орудий лова. Их размеры близки к размерам малых сейнеров.

*Водороследобывающие суда* представляют собой небольшие суда-траулеры, которые служат для добычи морской растительности и ее доставки на береговые обрабатывающие предприятия.

*Обрабатывающие суда* принимают от добывающих судов улов и перерабатывают его в полуфабрикаты и готовую продукцию. Кроме того, эти суда обеспечивают снабжение, а также техническое, медицинское и культурное обслуживание добывающих судов. Они подразделяются на автономные, универсальные, консервные и мучные плавбазы.

*Автономные плавбазы* доставляют рыболовные суда-ловцы в районы промысла, принимают от них улов и осуществляют его переработку в мороженую и консервную продукцию. Водоизмещение таких плавбаз составляет 7000...43000 т.

*Универсальные плавбазы* работают в составе экспедиции с добывающими судами, принимают от них улов и осуществляют его переработку, а также хранят готовую продукцию. Водоизмещение современных универсальных плавбаз достигает 30000 т.

*Консервные плавбазы* служат для приема в море улова от добывающих судов и его переработки, как правило, в консервную продукцию. Водоизмещение консервных плавбаз 15000...25000 т.

*Мучные плавбазы* предназначены для приема улова от добывающих судов и переработки его в кормовую рыбную муку. Водоизмещение таких баз составляет 2500...28000 т.

*Промысловые суда для добычи полезных ископаемых со дна морей и океанов* насчитывают большое количество специализированных судов. Среди них наиболее известны и распространены буровые платформы.

*Буровые платформы* (рис. 1.20) предназначены для бурения морского дна с целью добычи нефти и газа, а также для научных исследований земной коры. Различают стационарные буровые установки (свайные и гравитационные) и плавучие (погружные, полупогружные и самоподъемные).

Для разведки залежей нефти, газа и выполнения научно-исследовательских работ часто используют *буровые суда* (рис. 1.21), которые удерживаются над точкой бурения с помощью специальных систем позиционирования.

*Служебно-вспомогательные суда* предназначены для материально-технического снабжения служб, организующих эксплуатацию флота. Кроме того, эти суда могут обеспечивать потребности других судов и выполнять самостоятельные работы. К ним относятся буксиры, ледоколы, бункеровщики, пожарные, водолазные, спасательные, патрульные, лоцманские, лоцмейстерские, научно-исследовательские и другие суда.

*Буксиры* служат для перемещения несамоходных или не имеющих хода самоходных судов и других плавающих объектов. По назначению различают *линейные буксиры* (рис. 1.22), *буксиры-кантовщики* (рис. 1.23) и *буксиры-спасатели*. *Линейные буксиры* осуществляют движение несамоходных судов – барж, плотов, доков, дебаркадеров, плавучих буровых установок. *Буксиры-кантовщики* помогают самоходным судам перемещаться в стесненных акваториях портов и узкостей. *Буксиры-спасатели* обеспечивают спасательные операции и буксировку аварийных судов. Водоизмещение линейных буксиров и буксиров-кантовщиков редко превышает 1 тыс. т, скорость их свободного хода – 10...15 уз. Буксиры-спасатели могут иметь водоизмещение 2...2,5 тыс. т, скорость хода – 17...20 уз. Как правило, для обеспечения высоких тяговых и маневренных характеристик буксиры имеют мощ-



ные двухвальные энергетические установки с винтами регулируемого шага в поворотных насадках или с винтовыми колонками. Машинное отделение и двухъярусная (а иногда и трехъярусная) рубка расположены в средней части.

*Ледоколы* (рис. 1.24) обеспечивают навигацию в замерзающих бассейнах, разрушая ледовый покров и прокладывая судоходный канал. В зависимости от района плавания ледоколы делятся на морские, озерные и речные. По назначению различают: ледоколы-лидеры – наиболее мощные, возглавляющие проводку; линейные, осуществляющие работу по проводке, обколке и буксировке; вспомогательные. Ледовые качества ледоколов обеспечиваются специфическими обводами корпуса, в частности наклоном ледового форштевня, прочностью корпуса и мощной энергетической установкой. Водоизмещение атомных ледоколов может достигать 25 тыс. т, мощность главных двигателей – 55 МВт, скорость свободного хода – 25 уз.

*Бункеровщики* (рис. 1.25) – суда-заправщики, обеспечивающие заправку топливом судов, стоящих на рейде, а также во время плавания. Грузоподъемность бункеровщиков – 1...3 тыс. т, скорость – 7...10 уз, дальность плавания – 500...2500 миль, автономность – 5...10 суток.

*Пожарные суда* (рис. 1.26) предназначены для борьбы с пожарами на судах, береговых сооружениях и морских буровых установках. На морских нефтепромыслах эти суда работают в качестве спасательных.

Средствами пожаротушения служат: водяная пожарная система, состоящая из мощных насосов и пожарных лафетных стволов; системы химического и пенотушения; средства для борьбы с горящими на поверхности моря нефтепродуктами, распыливающие химические составы – диспергенты; устройства для локализации нефтяного пятна. Водоизмещение морских пожарных судов доходит до 1...2 тыс. т, скорость хода – 12...20 уз.

*Водолазные суда* (рис. 1.27) обеспечивают водолазные работы на глубине до 100 м. На борту таких судов находится специальное оборудование, обеспечивающее работу водолазов: скафандры, шланги, компрессоры и установки для подготовки дыхательной газовой смеси, декомпрессионные камеры, водолазные колокола и др. Водоизмещение этих судов, как правило, невелико – 150...300 т, скорость хода – 8...14 уз.

*Спасательные суда* (рис. 1.28) предназначены оказывать помощь терпящим бедствие кораблям и судам, обеспечивая выполнение аварийно-спасательных работ, буксировку, тушение пожаров, подъем тяжеловесных грузов (в том числе с глубины). Суда оборудованы гидромониторами для подачи пены или морской воды. Технические средства обеспечивают откачку воды из затопленных отсеков, оказание помощи в аварийном ремонте, подачу электроэнергии. Их водоизмещение – 2...10 тыс. т, скорость хода – 17...22 уз.

*Патрульные суда* (рис. 1.29) служат для несения патрульной службы в охраняемом районе водного бассейна. Эти суда осуществляют надзор за соблюдением правил рыболовства в государственных экономических зонах, инспектируя промысловые суда в море, а также ведут наблюдения, предотвращая загрязнение морей. Водоизмещение этих судов – 1300...2300 т, скорость хода – 19...22 уз. Некоторые патрульные суда имеют вертолет и легкое артиллерийское вооружение.

*Лоцманские суда* (рис. 1.30) служат для оперативного лоцманского обслуживания транспортных судов, нуждающихся в услугах лоцмана, во время плавания в сложных навигационных условиях (каналы, длинные и извилистые фарватеры, районы сильных течений и мелей-пльвунов). Представляют собой плавучую самоходную станцию с необходимыми судовыми запасами, жилыми и служебными помещениями, обеспечивающими нормальные условия обитания для 20...35 дежурных лоцманов, представителей портовых властей и команды. Отличаются высокой маневренностью и мореходностью. Водоизмещение таких судов достигает 1,5 тыс. т, скорость хода – 13...14 уз.

*Лоцмейстерские суда* (рис. 1.31) обеспечивают постановку, снятие и обслуживание буев и других плавучих объектов навигационного оборудования на водных путях. Имеют, как правило, кормовое расположение машинного отделения и жилой надстройки, мощное крановое оборудование для снятия и постановки буев, двухвальную энергетическую установку с винтами регулируемого шага, подруливающие устройства и аппаратуру для точного определения места в море. Водоизмещение этих судов колеблется в широких пределах – 13...6000 т, скорость хода – 8...12 уз.

*Научно-исследовательские суда* (рис. 1.32) предназначены для систематических научных исследований Мирового океана. По назначению их разделяют на универсальные, экспедиционные, океанографические, гидрографические, метеорологические, космические, биологические и др. Суда оборудованы современной научно-исследовательской аппаратурой, средствами изучения океанских глубин, атмосферы и космического пространства. Водоизмещение научно-исследовательских судов достигает 8 тыс. т, скорость – до 17 уз.

***Суда технического флота:*** дноуглубительные суда, плавучие краны, плавучие доки, плавучие мастерские и кабельные суда – имеют специальное оборудование, наличие которого позволяет им выполнять работы по обеспечению условий нормальной эксплуатации других судов.

*Дноуглубительные суда* служат для удаления грунта со дна водоемов, фарватеров и выполнения других гидротехнических работ. По способу работы эти суда делятся на рефулерные (землесосные), назы-

ваемые земснарядами (рис. 1.33), и землечерпательные, называемые землечерпалками (рис. 1.34). Смешанный с водой грунт (пульпу), поднятый насосом или эрлифтом, земснаряды транспортируют к местам складирования или подают в грунтовозные шаланды по плавучему пульпопроводу. Землечерпалки поднимают груз в свой трюм или в трюм грунтовозной шаланды с помощью многочерпакового механизма.

*Плавучие краны* (рис. 1.35), самоходные и несамоходные, обеспечивают проведение грузовых операций в портах, на судостроительных и судоремонтных заводах, при строительстве различных сооружений на воде и берегу. Представляют собой подъемный кран большой грузоподъемности, установленный на понтоне или судне. Грузоподъемность плавкранов, участвующих в монтаже крупных морских и береговых сооружений, может достигать 2500...3000 т, вылет стрелы – 30...35 м, высота подъема гака – 100...110 м.

*Плавучие доки* (рис. 1.36) предназначены для подъема из воды судов для ремонта, транспортировки и спуска. Состоят из понтона, разделенного продольными и поперечными переборками на балластные отсеки. На палубе понтона (стапель-палубе) находятся доковые опорные устройства для установки судна. Вдоль длинных сторон понтона на стапель-палубе устанавливают водоизмещающие понтоны, которые служат для увеличения остойчивости притопленного дока. Для осуществления спускоподъемных работ используется балластная система, при помощи которой заполняются или осушаются балластные отсеки. Грузоподъемность плавучих доков может достигать 100 тыс. т, длина – 300 м, ширина – 60 м.

К судам технического флота относятся также *кабельные суда, плавучие мастерские и плавучие электростанции*.

*Кабельные суда* (рис. 1.37) предназначены для прокладки, обслуживания и ремонта подводных линий связи и электропередач. Принимают на борт 100...8000 тыс. км кабеля. Отличаются большими шкивами в носовой и кормовой оконечностях, через которые кабель опускают или поднимают из воды. Водоизмещение этих судов достигает, в среднем, 2...10 тыс. т, иногда доходит до 20 тыс. т, скорость – около 15 уз, при прокладке кабеля – 8 уз.

*Плавучие мастерские* – специально оборудованные суда для ремонта кораблей и судов в районах, которые удалены от пунктов базирования. На борту имеют необходимое станочное, сварочное и другое оборудование и подъемные устройства. Водоизмещение таких судов доходит до 4...20 тыс. т, скорость хода – до 18 уз.

*Плавучие электростанции* обеспечивают электроэнергией (иногда паром и опресненной водой) прибрежные районы, удаленные от энергетических систем. Корпус выполнен в виде металлического или железобетонного

бетонного прямоугольного понтона с развитой надстройкой, в которой располагаются энергетическое оборудование, жилые и служебные помещения. Мощность энергетического оборудования 20...25 МВт. Эти суда, как правило, несамоходные.

**Спортивные суда** (рис. 1.38–1.41) – это парусные и парусно-моторные яхты, шлюпки, моторные лодки и др.

**По району плавания** суда делятся на морские, внутреннего и смешанного плавания.

К судам *внутреннего плавания* относят суда, плавающие по внутренним водным путям (рекам, озерам и водохранилищам).

Суда *смешанного плавания* могут эксплуатироваться как в море, так и в реке, осуществляя перевозки между речными и морскими портами без дополнительных перегрузок.

*Морские суда* по району плавания подразделяются на следующие: суда *неограниченного района плавания*;

суда *I ограниченного района плавания*, предназначенные для плавания в морских районах с максимальной высотой волны трехпроцентной обеспеченности 8,5 м и удалением от места убежища не более чем на 200 миль;

суда *II ограниченного района плавания*, предназначенные для эксплуатации в морских районах с максимальной высотой волны трехпроцентной обеспеченности 7,0 м и удалением от места убежища не более чем на 100 миль;

суда *III ограниченного района плавания*. Могут осуществлять портовое, рейдовое и прибрежное плавание в границах, устанавливаемых национальным классификационным обществом.

Одной из характеристик района плавания являются *ледовые условия*, поэтому суда, плавающие в сплошном и битом льду, подразделяются на специальные ледовые категории.

**По материалу корпуса** суда разделяются на стальные, деревянные, железобетонные, легкосплавные и пластмассовые.

**По характеру движения** различают суда, приводимые в движение судовой энергетической установкой, и несамоходные, использующие для перемещения специальные суда-буксиры.

**По типу главного двигателя** суда классифицируются следующим образом: теплоходы, имеющие в качестве главной энергетической установки двигатель внутреннего сгорания; турбоходы, главный двигатель – паровые турбины; газотурбоходы, главный двигатель – газовая турбина; электроходы, главный двигатель – гребной электромотор, электрический ток для которого вырабатывается дизель- или турбогенератором; атомоходы, имеющие атомный реактор, вся тепловая энер-

гия которого в парогенераторе преобразуется в пар, приводящий во вращение паровую турбину.

**По принципу поддержания** суда различаются: *водоизмещающие*, которые удерживаются на плаву архимедовой силой, и суда с *динамическими принципами поддержания* (их корпус в процессе движения частично либо полностью выходит из воды), которые удерживаются на плаву за счет действия гидродинамических сил.

**Водоизмещающие суда**, в свою очередь, делятся на надводные и подводные. Корпус надводных судов пересекает свободную поверхность воды и имеет как подводную, так и надводную части. Подводные суда эксплуатируются в основном в подводном положении и представлены подводными транспортными судами, подводными лодками (рис. 1.42), имеющими чаще всего военное назначение, а также подводными аппаратами.

**Подводные аппараты** (рис. 1.43) выполняют самые разнообразные функции: осмотровые, промысловые, научно-исследовательские и туристические

**Суда с динамическими принципами поддержания** включают в себя глиссеры, суда на подводных крыльях, суда на воздушной подушке и экранопланы.

**Глиссеры** (рис. 1.44) – это, как правило, небольшие суда, скользящие по свободной поверхности и способные развивать большие (до 100 уз) скорости хода. К сожалению, эти суда немореходны, так как на волнении режим глиссирования переходит в режим рикошетирования (прыжки по гребням волн), сопровождающийся недопустимыми ударами корпуса о воду.

**Суда на подводных крыльях** имеют под корпусом специальную крыльевую систему, на которой во время движения возникает гидродинамическая подъемная сила, приподнимающая корпус судна над водой (рис. 1.45). Водоизмещение таких судов достигает 100...200 т, скорость – 35...50 уз.

**Суда на воздушной подушке** (рис. 1.46) поддерживаются над водой, льдом или сушей за счет избыточного давления воздуха, постоянно нагнетаемого под днище в полость, называемую воздушной подушкой. Водоизмещение таких судов может достигать 10000 т, скорость хода – 65...70 уз.

**Суда-экрanoпланы** (рис. 1.47), стартуя с поверхности воды, в процессе разгона отрываются от нее и летят в воздухе на небольшой высоте (в несколько метров). Они удерживаются в воздухе благодаря подъемным аэродинамическим силам, величина которых за счет близости воды (эффект экрана) в 1,5...2,0 раза выше, чем у обычного самолета (при тех же скоростях).

**Архитектурно-конструктивный тип судна** характеризуется его внешним видом и конструктивными особенностями и зависит от формы основного корпуса, расположения и количества надстроек и рубок, числа палуб, платформ и расположения судовых помещений.

Конструкцией судна называют сочетание конструктивных элементов, образующих корпус судна и обеспечивающих ему кроме плавучести необходимую прочность. Между архитектурой и конструкцией современных судов существует тесная взаимосвязь, поэтому появился термин "архитектурно-конструктивный тип судна".

**Основной корпус** – водонепроницаемое сооружение, состоящее из бортов, днища и закрытое сверху палубой. Форма обводов основного корпуса задается теоретическим чертежом и характеризуется формой оконечностей – форштевня и ахтерштевня, погибью и седловатостью палубы, формой ватерлиний и шпангоутов.

**Формы носовой оконечности** весьма разнообразны. Для обычных сухогрузных судов характерен прямой форштевень с углом наклона  $25...30^\circ$  от вертикали. Наклонная форма форштевня необходима для увеличения площади палубы с целью размещения палубных механизмов, улучшения всхожести на волну, уменьшения заливаемости и обеспечения безопасности. При столкновении судов наклонный форштевень вызывает повреждения в основном в надводной части как у протараненного судна, так и у таранившего. У судов ледового плавания наклон форштевня в подводной части (под углом  $40...50^\circ$  к горизонту) улучшает условия плавания в битом льду, а почти вертикальный форштевень в надводной части позволяет следовать вплотную за ледоколом. Наклон форштевня в подводной части у ледоколов составляет  $25...30^\circ$  к горизонту. Форштевни пассажирских лайнеров в подводной части имеют бульбообразную форму, а в надводной – клиперскую. В ряде случаев бульбообразная форма уменьшает волнообразование, за счет чего скорость судна увеличивается на  $1...5\%$ . Бульбообразный нос применяют также на танкерах и сухогрузных судах с умеренными скоростями. На супертанкерах и на крупнотоннажных балкерах получила распространение носовая оконечность цилиндрической формы или бульбообразной таранно-конического типа.

**Кормовая оконечность** может быть *крейсерской* или *транцевой*. В последнее время на транспортных судах получила распространение крейсерско-транцевая корма, позволяющая упростить технологию постройки судов, уменьшить вибрацию корпуса за счет укорочения кормового свеса. Форма кормовой оконечности существенно зависит от числа винтов.

**Продольную погибь** палубы называют *седловатостью*. Она определяется по Правилам о грузовой марке и может быть стандартной (квад-

ратная парабола, носовая ордината которой в два раза больше кормовой) или отличаться от нее в большую или меньшую сторону. Суда с избыточным надводным бортом (например, контейнеровозы или Ро-Ро) могут вообще не иметь седловатости. Поперечную погибь палубы называют погибью бимсов, ее стандартная наибольшая ордината равна 0,02 ширины судна.

*Высота надводного борта* определяется по Правилам о грузовой марке. Если высота надводного борта судна соответствует величине, допустимой Правилами о грузовой марке, то такое судно называют судном с минимальным надводным бортом, если же она больше, его называют судном с избыточным надводным бортом. К судам с минимальным надводным бортом относятся рудовозы, лесовозы, нефтерудовозы, танкеры. Такие суда, как хлопковозы, контейнеровозы, имеют избыточный надводный борт.

*Борта у судов на миделе* бывают вертикальными, наклонными (с завалом и развалом) или округленными.

**Надстройка** – водонепроницаемая одноярусная надпалубная конструкция, простирающаяся от борта до борта. Различают носовую надстройку – *бак*, кормовую – *ют* и среднюю надстройку. На палубе юта и средней надстройки в несколько ярусов могут располагаться рубки, которые меньше ширины корпуса судна.

По количеству и расположению надстроек и рубок различают следующие архитектурные типы судов:

*гладкопалубные*, у которых имеются только рубки;

*трехостровные*, имеющие бак, ют и среднюю надстройку;

*двухостровные*, имеющие две надстройки – бак и ют;

*одноостровные*, имеющие одну надстройку – бак или ют;

*со сплошной надстройкой* по всей длине судна;

*квартердечные* с небольшим подъемом верхней палубы (на 0,8...1,2 м) в кормовой части.

На архитектуру судна оказывает существенное влияние расположение машинного отделения. Различают кормовое, промежуточное и среднее расположение машинного отделения.

Основной корпус, надстройки и рубки разделяются на отдельные помещения. Помещения в основном корпусе, ограниченные бортами, палубами и переборками, называют *отсеками*.

В основном корпусе размещаются следующие отсеки: *форпик* и *ахтертик* – крайние носовой и кормовой отсеки; *междудонное пространство* – между настилами второго дна и днищевой обшивкой; *трюм* – пространство между вторым дном и нижней палубой; *твиндек* – междупалубное пространство; *диптанки* – цистерны, расположенные выше

настила второго дна; *коффердамы* – сухие водонепроницаемые отсеки, отделяющие топливные цистерны от других помещений; отсеки *главных и вспомогательных механизмов*; *туннель гребного вала* – специальное помещение, расположенное вдоль линии вала на судах со средним размещением машинного отделения. Трюмам и твиндекам присваиваются порядковые номера от носа к корме.

Надстройки располагаются на верхней палубе основного корпуса, рубки – на верхней палубе или на палубах надстроек.

Для определения положения помещения на судне приняты следующие названия палуб и междупалубных помещений. В основном корпусе (сверху вниз): верхняя, вторая, третья палубы (на многопалубных судах последнюю палубу называют нижней), второе дно. В надстройке и рубках (снизу вверх): палуба I яруса надстройки (бака, юта, средней надстройки), палуба II яруса рубки, палуба III яруса рубки и т. д. К этим терминам могут прибавляться названия палуб в зависимости от их назначения: прогулочная, шлюпочная, нижний (ходовой) мостик, верхний (навигационный) мостик.

Положение помещения по длине обозначается номерами шпангоутов, а по ширине – наименованием борта (правый и левый борт – ПБ и ЛБ). Всем помещениям на судне присваиваются порядковые номера (по правому борту – нечетные, по левому – четные).

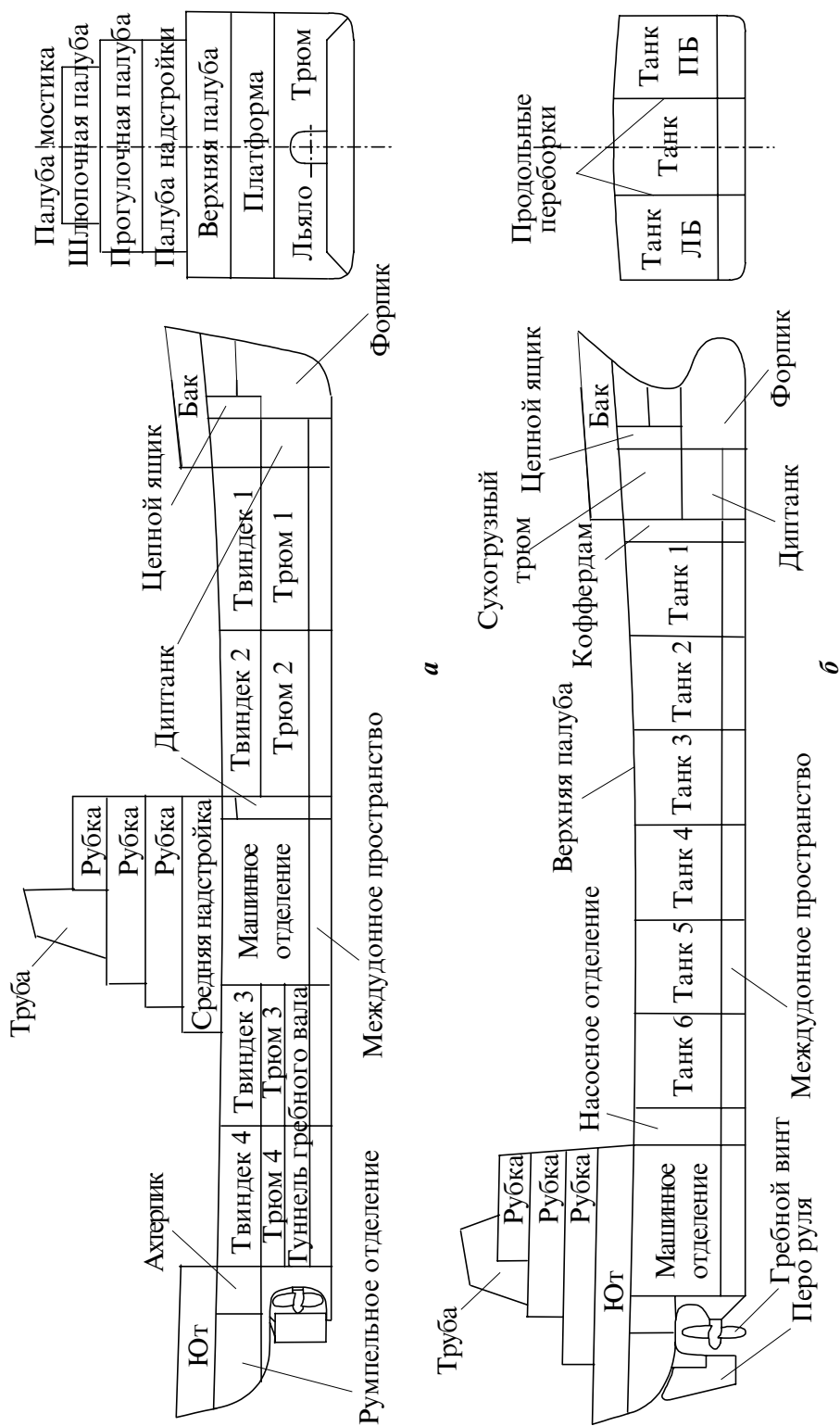
В зависимости от назначения все судовые помещения разделяют на специальные, служебные, хозяйственные, медицинские, помещения экипажа и пассажиров, общественные и бытовые. Например:

*специальные помещения*, определяющиеся назначением судна. Это грузовые трюмы на грузовых судах, лаборатории – на научно-исследовательских судах и т. д;

*служебные помещения* – это помещения, в которых экипаж несет вахту и производит различные работы. В свою очередь, служебные помещения разделяют на помещения управления судном – машинно-котельное отделение (МКО), рулевая рубка, радиорубка, радиолокационная, аккумуляторная, румпельное отделение; административные помещения – судовая канцелярия, бухгалтерия, кинобудка; судовые мастерские – плотницкая, механическая, электро- и радиомастерские. Во всех служебных помещениях устанавливают лишь то оборудование, которое необходимо для выполнения экипажем определенных служебных функций. Установка постороннего оборудования в служебных помещениях категорически запрещена.

Примеры расположения судовых помещений представлены на рис. 1.48.





## 1.4. Технический надзор за судами

Технический надзор за состоянием судна в целом начинается с его проектирования и постройки и продолжается весь эксплуатационный период. Осуществляют надзор национальные классификационные общества, наиболее крупными из которых являются:

*Регистр судоходства Ллойда* (Великобритания), основан в 1760 г.;

*Бюро Веритас* (Франция), основано в 1828 г.;

*Итальянский Регистр* (Италия), основан в 1861 г.;

*Норвежский Веритас* (Норвегия), основан в 1864 г.;

*Германский Ллойд* (Германия), основан в 1867 г.;

*Американское Бюро судоходства* (США), основано в 1867 г.;

*Японская Мореходная Корпорация* (Япония), основана в 1899 г.;

*Российский Морской Регистр судоходства* (Россия), основан в 1914 г.;

*Польский Судовой Регистр* (Польша), основан в 1941 г.

В 1968 г. эти общества были объединены в Международную ассоциацию классификационных обществ (МАКО), под техническим надзором которой находится основная часть мирового флота. Члены МАКО заключили договор о взаимном признании издаваемых правил и документов и международном сотрудничестве.

*Регистр судоходства Украины* – одно из молодых классификационных обществ; основан в 2002 г. на базе Российского Морского Регистра судоходства.

В настоящее время в мире насчитывается около 40 классификационных обществ.

В функции классификационных обществ (на примере Российского Морского Регистра судоходства) входят:

1) технический надзор за постройкой и ремонтом всех судов с главным двигателем мощностью не менее 100 кВт и согласование с проектной организацией документации по проектируемому судну. В процессе постройки Регистру предоставляются документы на все применяемые материалы, конструкции и механизмы, а после постройки в присутствии инспектора Регистра определяется остойчивость судна, проводятся швартовные и ходовые испытания;

2) присвоение судну класса с выдачей классификационного свидетельства. Этот документ удостоверяет соответствие класса судна требованиям мореходных качеств, прочности, снабжения и т. д. Помимо этого, на каждое судно выдается "Удостоверение на годность к плаванию", которое является основным документом для портовых властей, разрешающих судну выход в море;

3) технический надзор за всеми находящимися в эксплуатации судами путем очередных (раз в четыре года) и внеочередных (в случае аварии) освидетельствований;

4) обмер регистровой вместимости судна и выдача ему мерительного свидетельства;

5) разработка правил и технических норм постройки и ремонта судна;

6) составление списка (Регистра) судов.

*Класс Регистра* присваивается судну, удовлетворяющему требованиям Российского Морского Регистра судоходства, в соответствии с его назначением, условиями и районом плавания, делением на отсеки, уровнем автоматизации и т. д.

Основной символ класса, присвоенный Регистром судну или плавучему сооружению, имеет вид: КМ (★), КМ ★, (КМ) ★ – для самоходных судов и плавучих сооружений, где К – корпус; М – механизмы; (★), ★ – условные знаки Регистра. Для несамоходных судов символ класса – К (★).

К основному символу класса добавляется символьная характеристика судна и условий плавания. Например: КМ ★ ЛУ9<sup>2</sup>А2 обозначает: самоходное судно неограниченного района плавания (КМ ★), допущено к самостоятельному ледовому плаванию в арктических морях (ЛУ9), соответствует требованиям непотопляемости при затоплении любых двух отсеков (2), без постоянной вахты в машинном отделении, но с вахтой в центральном посту управления энергетической установки (А2).

На каждое судно, которому присвоен класс Регистра, выдаются следующие документы:

*Классификационное свидетельство;*

*Свидетельство на спасательные средства;*

*Свидетельство на звуковые и световые сигнальные средства;*

*Свидетельство на радиооборудование;*

*Свидетельство на навигационное оборудование;*

*Свидетельство о грузовой марке;*

*Свидетельство о годности судна к плаванию;*

*Регистровая книга судовых грузоподъемных средств;*

*Свидетельство об испытаниях составных элементов грузоподъемных средств;*

*Регистровые книги на различные сосуды, работающие под давлением.*

Кроме указанных документов, судовладелец выдает на судно:

*Свидетельство на право плавания под национальным флагом;*

*Судовое свидетельство;*

*Судовую роль (список членов экипажа и их должностей);*

*Судовой журнал;*  
*Машинный журнал;*  
*Санитарный журнал;*  
*Радиотелеграфный журнал.*

Если указанные документы отсутствуют, органы портового надзора не разрешают судну выход в море.

Современное судно – сложное инженерное сооружение, насыщенное самыми разнообразными механизмами, приборами и автоматическими устройствами. Исправное состояние и грамотная техническая эксплуатация корпуса судна, механизмов, устройств, систем и т. п. является гарантией безопасного плавания и хорошего выполнения возложенных на судно функций. С течением времени в силу различных причин (качество постройки, износ конструкций и механизмов и т. п.) судно уже не может обеспечивать безопасное плавание до устранения появившихся дефектов. Поэтому необходим тщательный технический надзор за состоянием судна в целом.

---

## 2. ГЕОМЕТРИЯ СУДОВОГО КОРПУСА

### 2.1. Теоретический чертеж

Для расчета характеристик судна и создания конструктивных чертежей необходимо знание размеров и формы теоретической судовой поверхности, в качестве которой принимают внутреннюю поверхность наружной обшивки металлических судов и наружную – деревянных и железобетонных. Для задания этой поверхности служит теоретический чертеж.

*Теоретический чертеж* – это изображенный в трех проекциях результат пересечения судовой поверхности с секущими плоскостями, которые параллельны главным плоскостям проекции. Этими плоскостями являются:

*диаметральная плоскость (ДП)* – вертикальная плоскость симметрии, которая проходит с носа в корму и делит судно на две симметричные части – правого и левого борта;

*плоскость мидель-шпангоута (⊗)* – поперечная вертикальная плоскость, которая перпендикулярна ДП и делит судно на две несимметричные части – носовую и кормовую;

*основная плоскость (ОП)* – перпендикулярна ДП и ⊗, горизонтальная и проходит через нижнюю точку киля, как показано на рис. 2.1.

По линиям пересечения этих плоскостей проходят оси корабельной системы координат, причем ось  $0x$  направлена в нос,  $0y$  – на правый борт,  $0z$  – вертикально вверх. Проекцию на плоскость  $z0x$  (рис. 2.2) называют Бок, на  $y0x$  – Полуширота, на  $y0z$  – Корпус.

На проекции Бок изображают *батоксы* – линии пересечения судовой поверхности с секущими плоскостями, параллельными ДП. Диаметральный батокс состоит из палубной линии, линии киля и обводов форштевня (нос) и ахтерштевня (корма). Следы плоскостей батоксов в виде равноотстоящих прямых линий изображаются на проекциях Полуширота и Корпус и нумеруются от ДП к борту.

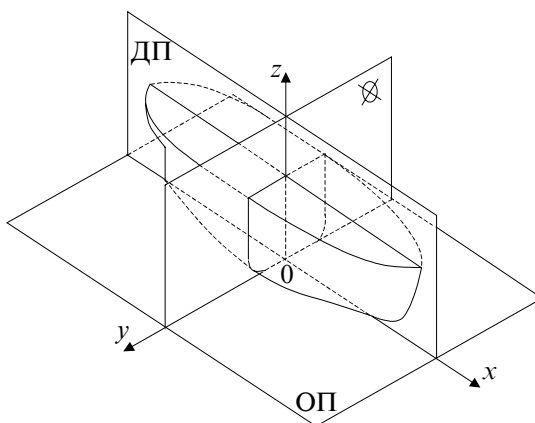


Рис. 2.1. Главные плоскости проекций теоретического чертежа

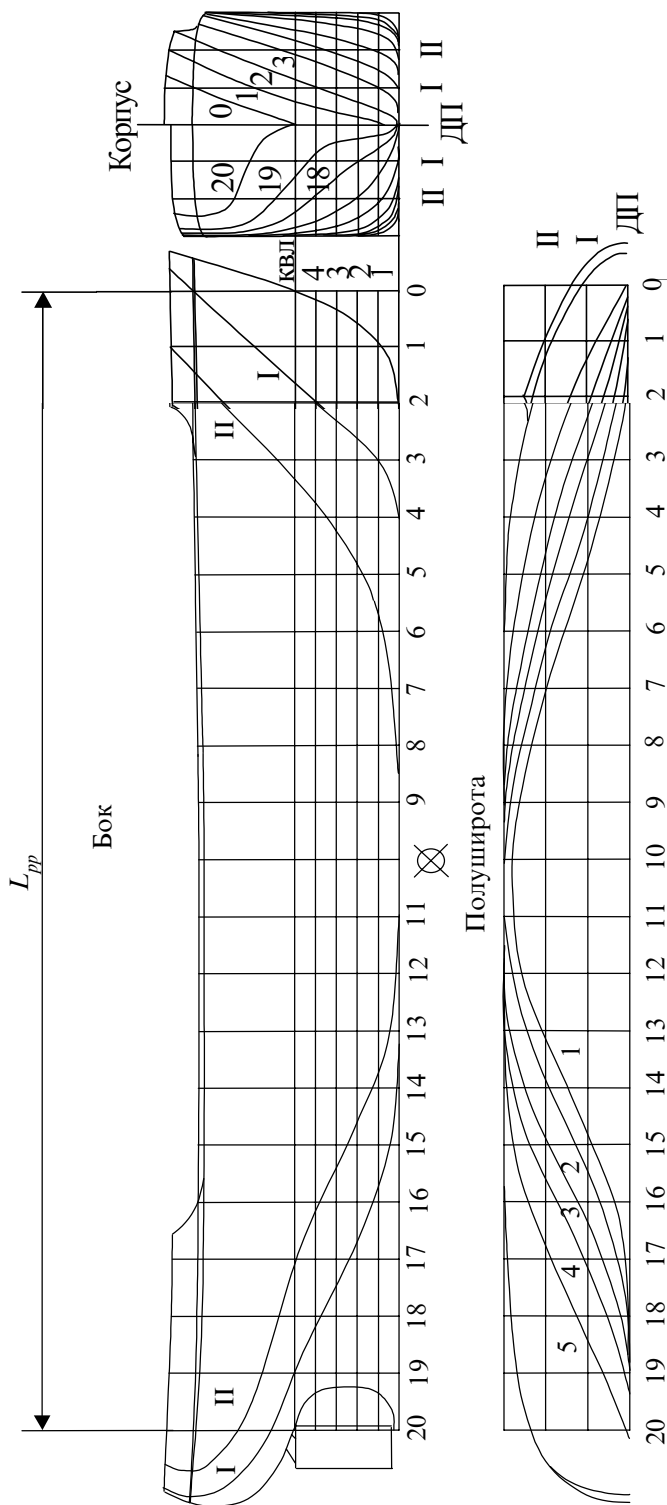


Рис. 2.2. Теоретический чертеж корпуса судна

На проекции Полуширота изображают *ватерлинии* – линии пересечения судовой поверхности с секущими плоскостями, параллельными ОП, а также обвод верхней палубы. Следы плоскостей ватерлиний изображены на проекциях Бок и Корпус, причем одна из ватерлиний соответствует расчетной осадке судна и называется грузовой (ГВЛ) для транспортных судов или конструктивной (КВЛ) – для прочих. Нумеруются ватерлинии от ОП вверх.

Плоскость мидель-шпангоута  $\otimes$  располагается посередине длины между перпендикулярами  $L_{pp}$ , которая измеряется между носовым и кормовым перпендикулярами к ОП. Носовой перпендикуляр проходит через точку пересечения ГВЛ (КВЛ) и форштевня, кормовой – через ось баллера пера руля, положение которой определено правилами классификационного общества.

На проекции Корпус изображаются *теоретические шпангоуты* – линии пересечения судовой поверхности с секущими плоскостями, параллельными  $\otimes$ . Вследствие симметрии изображают только половинки шпангоутов: справа – носовые, слева – кормовые ветви. Следы плоскостей шпангоутов показывают на проекциях Бок и Полуширота, причем нумерация ведется с носа в корму.

Обычно теоретический чертеж содержит 21 шпангоут, 2...6 батоксов и 10...25 ватерлиний. Его изготавливает центральное конструкторское бюро (ЦКБ) на ранних стадиях проектирования. На заводе-изготовителе теоретический чертеж изображают в натуральную величину на полу специального помещения, называемого Плаз; он служит для проверочно-разметочных работ на строящемся судне. С внедрением в производство компьютерных техники и технологий плазовые работы полностью автоматизированы.

## 2.2. Главные размерения, коэффициенты полноты

Форму корпуса судна характеризуют также главные размерения, их соотношения и коэффициенты полноты.

К *главным размерениям* относятся следующие размеры корпуса судна, изображенные на рис. 2.3:

$L_{\max}$  – расстояние между наиболее удаленными точками судовой поверхности вдоль оси  $Ox$ ;

$L$  – длина судна по ГВЛ (КВЛ);

$L_{pp}$  – длина судна между перпендикулярами (в общем случае не равна длине по ГВЛ);

$B_{\max}$  – наибольшая ширина судна;

$B$  – ширина судна по ГВЛ (КВЛ) на миделе;  
 $T$  – осадка – расстояние от ОП до ГВЛ (КВЛ) на миделе;  
 $H$  – высота борта – расстояние от ОП до бортовой кромки верхней палубы на миделе;

$F = H - T$  – высота надводного борта на миделе.

Для общей характеристики формы корпуса судна используются следующие соотношения главных размерений:

$L/B$  – отношение, определяющее ходовые качества и управляемость судна;

$B/T$  – отношение, влияющее на остойчивость, качку и ходкость судна;

$L/H$  – отношение, влияющее на прочность судна;

$B/H$  – отношение, определяющее непотопляемость судна и его остойчивость на больших углах крена.

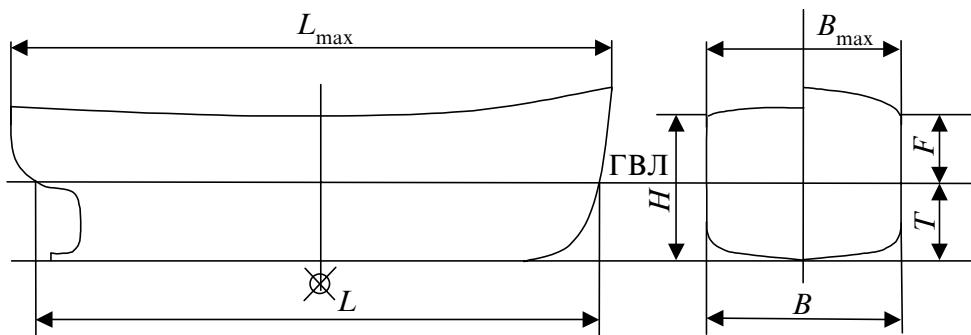


Рис. 2.3. Главные размерения

Кроме главных размерений и их соотношений, для характеристики формы подводной части корпуса судна используются безразмерные коэффициенты полноты:

$$\alpha = \frac{S_{\text{ГВЛ}}}{LB} \text{ – коэффициент полноты ватерлинии – отношение площади,}$$

ограниченной ГВЛ,  $S_{\text{ГВЛ}}$  к площади описанного прямоугольника со сторонами  $L$  и  $B$ ;

$$\beta = \frac{\omega_{\otimes}}{BT} \text{ – коэффициент полноты мидель-шпангоута – отношение}$$

погруженной площади мидель-шпангоута  $\omega_{\otimes}$  к площади описанного прямоугольника со сторонами  $B$  и  $T$ ;

$$\delta = \frac{V}{LBT} \text{ – коэффициент полноты водоизмещения (коэффициент об-}$$



щей полноты) – отношение объемного водоизмещения  $V$  к объему описанного параллелепипеда со сторонами  $L$ ,  $B$  и  $T$ .

Коэффициенты  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\delta$  являются основными коэффициентами, характеризующими форму подводной части корпуса судна. Кроме этих коэффициентов, используются призматические. К ним относятся:

$$\varphi = \frac{V}{L\omega_{\infty}} = \frac{\delta}{\beta} - \text{коэффициент продольной полноты (остроты), исполь-}$$

зуемый, например, при оценке ходкости судна и равный отношению объемного водоизмещения  $V$  к объему описанного цилиндра, основанием которого является площадь  $\omega_{\infty}$  мидель-шпангоута, а образующей – длина судна  $L$ ;

$$\chi = \frac{V}{TS_{\text{ГВЛ}}} = \frac{\delta}{\alpha} - \text{коэффициент вертикальной полноты (остроты) суд-}$$

на, используемый, например, при оценке вертикальной качки судна и равный отношению объемного водоизмещения  $V$  к объему описанного цилиндра, основанием которого является площадь ГВЛ  $S_{\text{ГВЛ}}$ , а образующей – осадка судна  $T$ .

В табл. 2.1 приведены соотношения главных размерений и значения коэффициентов полноты судов и кораблей различного назначения.

Таблица 2.1. Соотношения главных размерений и коэффициентов полноты

Типы судов	$L/B$	$B/T$	$\delta$	$\alpha$	$\beta$
Пассажирские	6,0...9,0	2,5...3,5	0,550...0,750	0,700...0,850	0,920...0,980
Грузопассажирские	6,0...9,0	2,0...3,8	0,500...0,700	0,700...0,850	0,900...0,980
Сухогрузы	6,0...8,0	2,0...3,5	0,650...0,850	0,750...0,850	0,930...0,990
Танкеры	6,0...8,0	2,0...3,0	0,700...0,850	0,750...0,850	0,980...0,995
Буксиры	3,5...5,5	2,2...3,5	0,400...0,600	0,680...0,830	0,730...0,880
Ледоколы	3,5...5,5	2,0...3,5	0,450...0,600	0,700...0,800	0,750...0,850
Крейсеры	8,5...11,3	2,6...4,2	0,450...0,600	0,690...0,730	0,700...0,900
Подводные лодки	8,0...14,0	0,8...1,0	0,450...0,650	0,650...0,800	0,750...0,900

### 2.3. Посадка судна

Посадкой судна называется его положение относительно спокойной поверхности воды. Посадка характеризуется углом крена  $\theta$ , если

имеют место поперечные наклоны; углом дифферента  $\psi$ , если имеют место продольные наклоны; величиной средней осадки судна  $T_{\text{ср}}$ .

Для характеристики продольных наклонов кроме угла дифферента  $\psi$  используются осадка носом  $T_{\text{н}}$  и осадка кормой  $T_{\text{к}}$ , соотношение между которыми характеризуется следующей зависимостью:

$$\psi = \frac{T_{\text{н}} - T_{\text{к}}}{L}.$$

Принято считать положительными крен на правый борт и дифферент на нос. Различают четыре типа посадки судна:

$\theta = 0, \psi = 0$  – судно сидит прямо и на ровный киль;

$\theta \neq 0, \psi = 0$  – судно сидит на ровный киль и с креном;

$\theta = 0, \psi \neq 0$  – судно сидит прямо и с дифферентом;

$\theta \neq 0, \psi \neq 0$  – судно сидит с креном и дифферентом.

Средняя осадка  $T_{\text{ср}}$ , осадка носом  $T_{\text{н}}$  и кормой  $T_{\text{к}}$  определяются по маркам углубления, которые наносят на оба борта судна.

---

## 3. МОРЕХОДНЫЕ КАЧЕСТВА СУДОВ

### 3.1. Плавуучесть

#### 3.1.1. Условия равновесия плавающего судна

Плавуучесть – одно из основных мореходных качеств судна, определяющих возможность его эксплуатации. Это свойство присуще только судам и отличает их от других транспортных средств.

На плавающее судно действуют следующие силы:

направленная вертикально вниз (рис. 3.1) сила тяжести  $D$ , сосредоточенная в центре тяжести  $G$  с координатами  $x_g, y_g, z_g$ ;

направленная вертикально вверх архимедова сила  $\rho g V$ , сосредоточенная в центре величины  $C$  с координатами  $x_c, y_c, z_c$ .

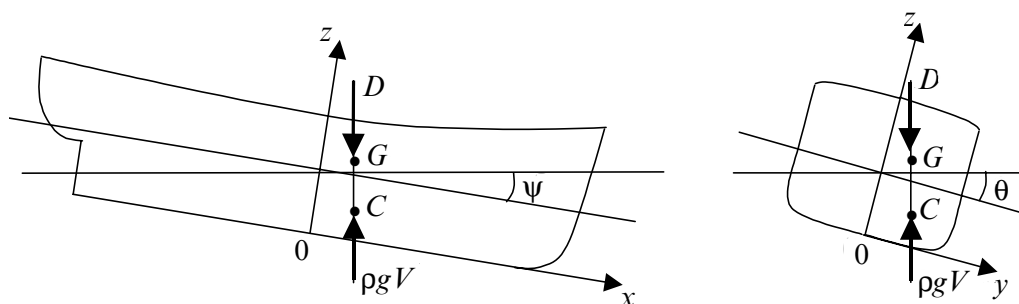


Рис. 3.1. Условия равновесия плавающего судна

Силу тяжести  $D$  принято называть весовым водоизмещением. Она связана с водоизмещением (массой) судна  $\nabla$  соотношением  $D = g\nabla$ , где  $g$  – гравитационная постоянная ( $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ). Весовое водоизмещение измеряют в килоньютонах (кН) и определяют суммированием всех составляющих (корпус, механизмы, топливо, груз и т. д.) в таблице весовой нагрузки. В этой же таблице приводятся необходимые данные и выполняется расчет координат центра тяжести.

Архимедову силу называют силой плавуучести. Для ее определения по теоретическому чертежу рассчитывают объемное водоизмещение  $V$  как объем подводной части корпуса судна и принимают в качестве  $\rho$  среднюю плотность морской воды  $1,025 \text{ т/м}^3$ . Координаты центра величины, как координаты центра тяжести подводного объема, также определяются расчетом по теоретическому чертежу.

Равновесие плавающего судна соблюдается при выполнении двух условий:

равенство сил тяжести  $D$  и плавучести  $\rho g V$ , т. е.  $D = \rho g V$ . Это уравнение называется в теории корабля уравнением плавучести;

равенство моментов этих сил относительно осей  $Ox$  и  $Oy$ , которое будет соблюдаться, если центр тяжести  $G$  и центр величины  $C$  будут лежать на одной вертикальной прямой. Для этого должны выполняться

условия:  $\operatorname{tg} \psi = \frac{x_c - x_g}{z_g - z_c}$  и  $\operatorname{tg} \theta = \frac{y_c - y_g}{z_g - z_c}$ , где  $\psi$  и  $\theta$  – соответственно углы дифферента и крена.

### 3.1.2. Запас плавучести, безопасный надводный борт, грузовая марка

Практика мореплавания показывает, что любое судно должно обладать некоторым избытком водоизмещения, называемым *запасом плавучести*. Величина запаса плавучести, определяемая объемом надводной водонепроницаемой части корпуса судна, составляет 10...25 % объемного водоизмещения для наливных, 25...50 % для сухогрузных и 80...100 % для пассажирских судов.

На практике величина необходимого запаса плавучести определяется высотой *безопасного надводного борта*, расчет которой осуществляется в соответствии с Правилами о грузовой марке классификационного общества, а также с Международной конвенцией о грузовой марке. При этом величина безопасного надводного борта  $F_B$  зависит от назначения судна и условий плавания, геометрических и конструктивных характеристик и т. д. и фиксируется в Свидетельстве о грузовой марке. Этот документ выдается каждому судну.

*Грузовая марка* (рис. 3.2) – это специальный знак, наносимый на оба борта судна в районе миделя, состоящий из палубной линии, диска (круга) Плимсоля и гребенки осадок и показывающий высоту безопасного надводного борта при плавании в различных условиях. Справа и слева круга Плимсоля классификационное общество, на класс которого построено судно, ставит свои опознавательные индексы. На рис. 3.2 нанесены индексы Регистра судоходства Украины. Суда с ограниченным районом плавания имеют марку, изображенную на рис. 3.2,*а*, а суда с неограниченным районом плавания – марку, изображенную на рис. 3.2,*б*, которая является международной.

Буквами обозначены линии гребенок, которые соответствуют осадкам при плавании в различных условиях:

$L(S)$  – плавание летом в соленой воде. Линию  $L$  наносят на одном уровне со средней линией диска Плимсоля;

З(W) – плавание зимой в соленой воде. Надводный борт в этом случае увеличен по сравнению с Л, так как зимой чаще штормит и возможно обледенение;

ЗСА(WNA) – плавание зимой в Северной Атлантике. Надводный борт малых судов ( $L < 100,5$  м) увеличивается на 50 мм, так как условия плавания зимой в этом районе еще более жесткие. На крупнотоннажных судах этой линии нет;

T(T) – плавание в тропиках в соленой воде. Благодаря спокойным условиям плавания допускается уменьшение надводного борта;

П(F) – плавание в пресной воде плотностью  $\rho = 1,000$  т/м<sup>3</sup>;

ТП(TF) – плавание в тропиках в пресной воде.

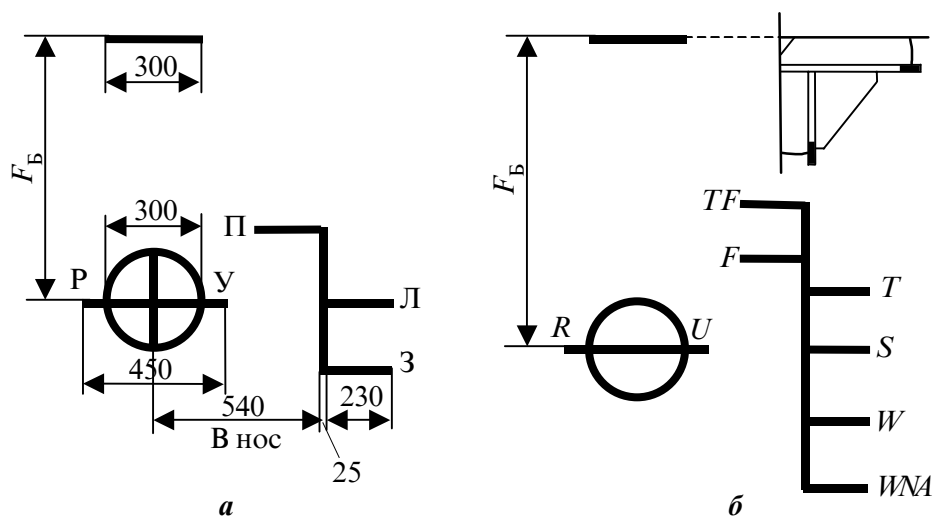


Рис. 3.2. Грузовые марки судов:

а – ограниченного района плавания; б – неограниченного района плавания

На лесовозах наличие палубного груза оказывает благоприятное влияние на запас плавучести, поэтому на них допускается меньшая высота надводного борта. Она контролируется специальной грузовой маркой, которая имеет такие же обозначения, только с добавлением буквы Л (лесная).

Для измерения осадки судна пользуются марками углубления, которые наносят на оба борта судна в носу и корме, а иногда в районе миделя. Осадка на марках углубления наносится в дециметрах и обозначается арабскими цифрами либо в футах и обозначается римскими цифрами. Эти цифры показывают расстояния от наружной поверхности горизонтального киля.

## 3.2. Остойчивость

### 3.2.1. Условия и критерии остойчивости судна

*Остойчивостью* называется способность судна, выведенного наклонением из положения равновесия, возвращаться к нему после устранения причины, вызвавшей это наклонение. Остойчивость – важнейшее мореходное качество, обуславливающее безопасное плавание судна в различных условиях, главным из которых является наличие ветра и волнения. На остойчивость, кроме того, влияют состояние загрузки судна, прием и расходование грузов, наличие незакрепленных, сыпучих и жидких незапрессованных грузов.

Наклонения судна во время эксплуатации могут вызываться перечисленными выше причинами. Однако во всех случаях после прекращения их действия на судно будут действовать только сила тяжести  $D$  и сила плавучести  $\rho g V$ , которые и определяют способность судна возвращаться в положение равновесия после прекращения внешних воздействий. И, как это будет показано далее, эта способность различна при наклонении в поперечной (*крен*) и в продольной (*дифферент*) плоскостях.

Рассмотрим вначале условия и критерии остойчивости при поперечных наклонениях.

Допустим, что под воздействием внешних сил судно наклонилось на угол  $\theta$  (рис. 3.3).

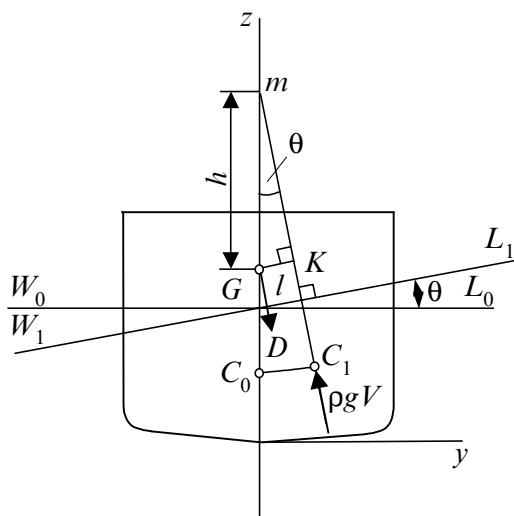


Рис. 3.3. Схема образования восстанавливающего момента

При наклонении судна изменяется форма его погруженного объема  $V$ . В связи с этим центр величины  $C_0$  переместится в сторону наклоненного борта и займет положение  $C_1$  при неизменном положении центра тяжести  $G$  судна. В наклоненном положении равные по величине вес судна  $D$  и сила плавучести  $\rho g V$  образуют пару сил, момент которой  $M_B = Dl$  называется *восстанавливающим моментом*, а отрезок  $l = GK$  – *плечом восстанавливающего момента*. После устранения причины, вызвавшей наклонение, судно будет возвращаться

в положение прямо и будет *остойчивым*, когда  $l > 0$  и, следовательно,  $M_B > 0$ , или *неостойчивым*, когда  $l < 0$  и  $M_B < 0$ .

При малых наклонениях  $l = mG \sin \theta = h\theta$ , где  $h = mG$  называется *метацентрической высотой*, которая представляет собой возвышение *метацентра* (точка  $m$ ) над центром тяжести  $G$ . Поперечным *метацентром* называется точка пересечения двух смежных направлений силы плавучести при поперечном наклонении судна на малый угол. Для устойчивого судна ( $l > 0$ ) поперечная метацентрическая высота  $h > 0$ , для неустойчивого –  $h < 0$ . Поэтому метацентрическая высота  $h$  является мерой поперечной *начальной* (при малых углах крена) *устойчивости судна* (рис. 3.4).

Величина восстанавливающего момента при малых поперечных наклонениях будет

$$M_B = Dh\theta.$$

Это выражение называется метацентрической формулой устойчивости.

Аналогичными рассуждениями можно получить метацентрическую формулу продольной устойчивости

$$M_B = DH\psi,$$

где  $H$  – продольная метацентрическая высота, а  $\psi$  – угол дифферента.

В зависимости от формы и размеров подводной части корпуса и распределения веса (массы) судна по высоте поперечная метацентрическая высота может изменяться в следующих пределах: пассажирские и сухогрузные суда – 0,4...1,2 м; танкеры – 0,8...2,0 м; лесовозы – 0,1...0,3 м; ледоколы – 1,0...4,0 м.

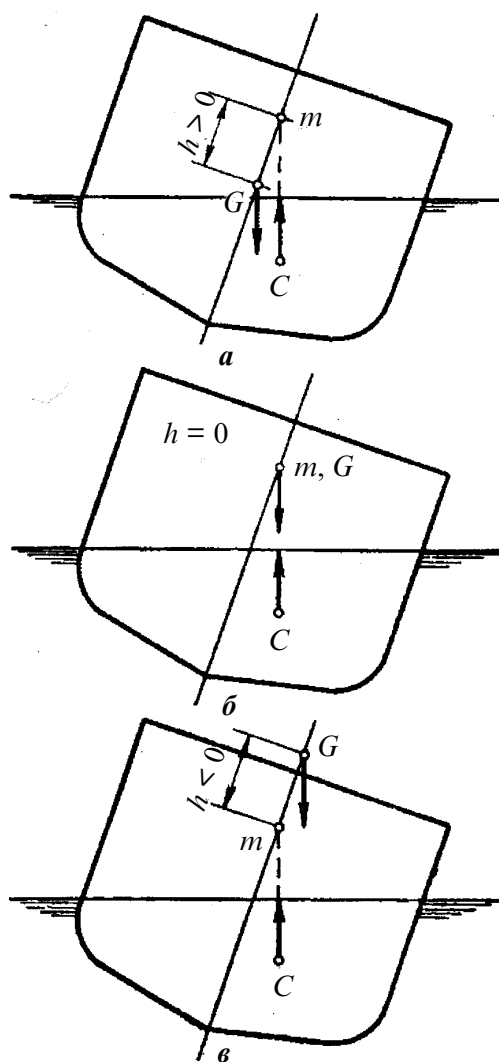


Рис. 3.4. Влияние на устойчивость метацентрической высоты:

*a* – устойчивое судно; *б* – судно в безразличном положении равновесия; *в* – неустойчивое судно

Продольная метацентрическая высота во много раз больше поперечной и может составлять одну-две длины судна.

### 3.2.2. Влияние на остойчивость перемещения, приема и расходования грузов

*Перемещение грузов.* Грузы могут перемещаться на судне в процессе эксплуатации, постройки и ремонта. Различают управляемые и неуправляемые перемещения. К управляемым перемещениям относят, например, перекачку топлива из цистерн хранения в расходную цистерну, перемещение механизмов для ремонта из машинного отделения на верхнюю палубу, массовое перемещение пассажиров из кают на прогулочную палубу и т. д. Управляемое перемещение груза вдоль оси  $Oz$  неизбежно приводит к изменению метацентрической высоты, причем подъем груза вызовет подъем центра тяжести  $G$  и, следовательно, уменьшение метацентрической высоты, опускание груза – опускание центра тяжести и увеличение метацентрической высоты. Смещение груза в горизонтальной плоскости приведет к возникновению крена (перемещение вдоль оси  $Oy$ ) и дифферента (перемещение вдоль оси  $Ox$ ).

Неуправляемые перемещения происходят с незакрепленными грузами под действием наклона судна. Эти грузы, перемещаясь в сторону наклона, создают дополнительные кренящие и дифференцирующие моменты, совпадающие с направлением наклона судна, и, таким образом, приводят к ухудшению остойчивости. К незакрепленным относятся подвешенные и незакрепленные перекачиваемые, жидкие и сыпучие незапрессованные (имеющие свободную поверхность) грузы.

С подвешенными грузами приходится сталкиваться при работе судовых стрел и кранов. Предположим, что находящийся на палубе груз (рис. 3.5)  $P$  поднимают судовым краном или стрелой. В момент отрыва этот груз становится подвешенным и незакрепленным.

Допустим, что под действием кренящего момента  $M_{кр}$  судно наклонилось на угол  $\theta$ . Груз при этом переместился из точки  $g_0$  в точку  $g_1$ , и за счет этого возник дополнительный кренящий момент  $\Delta M_{кр} = Pl_p \sin \theta \approx Pl_p \theta$ . Из условия равновесия (кренящий момент равен восстанавливающему) будем иметь  $M_{кр} + Pl_p \theta \approx Dh\theta$  или, перенеся дополнительный кренящий момент в правую часть, получим

$$M_{кр} = Dh\theta - Pl_p \theta = Dh_1 \theta,$$

где  $h_1 = h - \frac{Pl_p}{D}$ .

Таким образом, наличие незакрепленного подвешенного груза при-



водит к уменьшению метацентрической высоты, и тем больше, чем больше длина подвеса  $l_p$  и вес груза  $P$ .

Если на судне имеется незакрепленный *перекатывающийся* груз, то его влияние будет аналогично подвешенному. Только в этом случае перемещение  $g_0g_1$  перекатывающегося груза будет величиной, не зависящей от угла крена и равной максимально возможному смещению до первого препятствия (борта или переборки), так что  $\Delta M_{кр} = P g_0 g_1$ .

На судне жидкий груз, топливо, пресная и балластная вода могут составлять значительную часть его дедвейта. По тем или иным причинам отсеки с жидким грузом оказываются заполненными не полностью. В этом случае при наклонении груз будет перемещаться в сторону наклона, действуя аналогично подвешенному незакрепленному грузу (рис. 3.6). В результате появится дополнительный кренящий момент, что в конечном итоге равносильно уменьшению метацентрической высоты. Вредное влияние жидкого груза на остойчивость может быть снижено постановкой дополнительных продольных переборок. Как показывают расчеты, уменьшение поправки к метацентрической высоте за

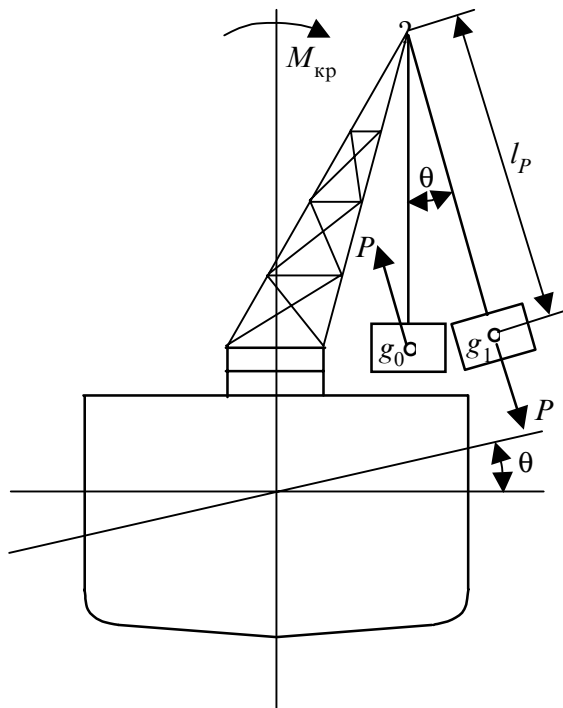


Рис. 3.5. Влияние на остойчивость подвешенного груза

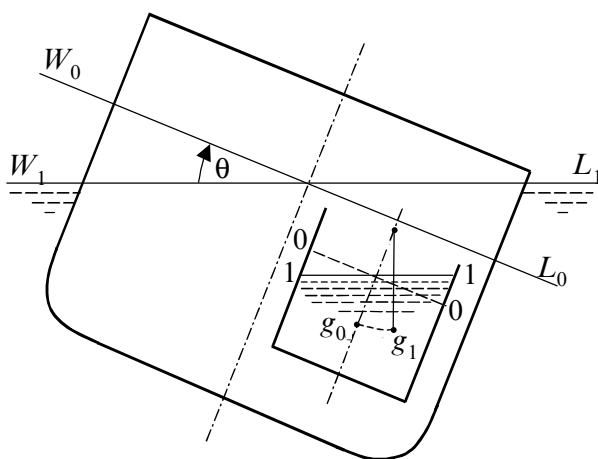


Рис. 3.6. Влияние на остойчивость жидкого груза

счет переливания жидкого груза пропорционально квадрату числа отсеков. Так, при установке одной продольной переборки поправка к метацентрической высоте уменьшается в четыре раза, двух – в девять раз и т. д.

В процессе перевозки *сыпучих грузов* наблюдается та же картина, что и при наличии жидкого груза, хотя и с некоторыми характерными особенностями. Так, при наклонении судна сыпучий груз вначале не перемещается и только после достижения судном угла крена, равного углу естественного откоса, начинает пересыпаться. Пересыпанный на борт груз при выпрямлении судна не вернется в прежнее положение и создаст, таким образом, остаточный крен, что при повторных наклонениях (например, вызванных шквалом ветра) может привести к потере устойчивости и опрокидыванию судна. Другой особенностью сыпучего груза является его способность к усадке, вследствие чего появляется свободная поверхность. Одни из способов борьбы с этим явлением – установка специальных бункеров-питателей, восполняющих убыль сыпучего груза в трюме, подвесных полупереборок – шифтингов, погруженных в сыпучий груз на 1,0...1,5 м, использование специальной конструкции трюмов и т. д.

Неправильная эксплуатация судов, перевозящих подвижные грузы, является одной из причин гибели вследствие утраты ими устойчивости и опрокидывания. Особая опасность потери устойчивости при смещении грузов обусловлена тем, что такое смещение в условиях моря практически не устранимо из-за малого промежутка времени на его ликвидацию.

В мае 1982 г. в Северной Атлантике у берегов США на панамском судне "*Дола Д*" во время шторма произошло смещение груза руды. Судно получило опасный крен, было поспешно оставлено экипажем, опрокинулось и затонуло. Более тяжелая авария произошла в 1986 г. на панамском судне "*Донна Жозефина*", которое, находясь в территориальных водах Филиппин, из-за смещения палубного груза получило опасный крен, перевернулось и затонуло. Погибли 29 и пропали без вести 165 человек. Высказывание о том, что тот, кому суждено быть повешенным, не утонет, применимо и к судам. Теплоходу "*Комсомолец*", видимо, суждено было утонуть от потери устойчивости, а не по какой-либо другой причине. Избежав гибели в 1971 г., он все-таки погиб в 1987 г. от смещения груза муки, который перевозил на Кубу. Получив крен 40°, судно легло на борт и затем затонуло. 37 членов экипажа были сняты с помощью вертолета.

Практика показывает, что никакие конструктивные мероприятия не могут гарантировать безопасность судна при его неправильной эксплуатации. Это хорошо видно на примере аварии теплохода "*Большевик Кастия*".

Когда судно отходило от причала, наблюдался переменный крен на оба борта. Для его устранения было принято решение о приеме жидкого груза (воды) в междудонные отсеки. Однако груз, принятый в эти отсеки, был незапрессован, что привело к появлению крена в  $39^\circ$  на левый борт. В результате судно опрокинулось и затонуло. Причина – отрицательное влияние на остойчивость свободной поверхности жидкого груза, принятого в междудонные отсеки.

#### *Влияние на остойчивость условий эксплуатации*

Одной из причин потери остойчивости является плавание судна на попутной волне, когда скорость судна равна скорости бега волн и его длина равна длине волны. При этом гребень волны располагается на миделевой части судна, а нос и корма выходят из воды. Вследствие этого резко уменьшается площадь ватерлинии, что приводит к понижению метацентра и, в конечном итоге, к уменьшению метацентрической высоты. Резкое снижение остойчивости может привести к опрокидыванию и гибели судна. Более того, в этой ситуации судно теряет управляемость, что может сопровождаться резким разворотом бортом к волне.

Так, например, сейнер "Мирный" в ноябре 1971 г. входил в устье реки Камчатки и попал в условия попутной волны, одна из которых подняла корму, развернула судно правым бортом к волне и вкатилась на палубу, залив открытый трюм. Сейнер резко повалился на левый борт и на нос, потеряв управляемость. Вторая волна перевернула его вверх килем. Не менее опасна попутная волна и для крупных судов. Теплоход "Комсомолец Киргизии" в 1971 г. вышел из канадского порта, направляясь в Ленинград с грузом пшеницы. Через некоторое время ветер усилился до 12 баллов, и судно начало штормовать, удерживаясь носом против волны, но, чтобы уклониться от приближающегося циклона, вынуждено было лечь на обратный курс и попало по этой причине в условия попутной волны. Теплоход резко накренился на  $45^\circ$  левого борта и затем медленно выпрямился, но остался с креном  $10^\circ$  за счет смещения груза пшеницы. Главной причиной внезапного наклона явилась потеря остойчивости на попутной волне, длина которой была около 140 м и совпала с длиной судна.

Обледенение особенно опасно для малых и средних судов. Опрокидывание в этом случае происходит очень быстро, и поэтому вместе с судном чаще всего погибает экипаж. Расчеты показывают, что потеря остойчивости может произойти при массе льда всего лишь 2 % от водоизмещения. Объясняется это тем, что обледенению подвергаются высоко расположенные части судна (мачты, ванты, краны, стрелы и т. д.) и это в конечном итоге приводит к резкому уменьшению метацентрической высоты и к потере остойчивости. Наиболее распространенные способы борьбы с обледенением и его влиянием на остойчивость: ручная

околка льда с использованием горячей воды, сброс за борт палубных грузов, прием балласта для понижения центра тяжести и др.

Сейнер "Озерск" в 1958 г. вел лов рыбы в Охотском море у западного побережья Камчатки, попал в условия штормового ветра и обледенения. Капитан сейнера по радио сообщил, что судно подверглось сильному обледенению. По истечении некоторого времени связь с "Озерском" пропала, и через 2,5 часа поисков была зафиксирована гибель судна, которая произошла так быстро, что ни одно из находившихся вблизи судов ее не видело. Не успел подать какой-либо сигнал бедствия и сам "Озерск".

Таким образом, потеря судном остойчивости относится к категории наиболее грозных опасностей, чаще всего завершающихся кораблекрушением и гибелью людей, которые не успевают воспользоваться спасательными средствами или запаздывают с решением оставить судно, что также не позволяет им своевременно спустить плоты и шлюпки.

**Прием и расходование грузов.** В процессе эксплуатации нагрузка судна может изменяться. Это случается при балластировке судна, расходовании топлива и различных запасов, приеме груза и т. д. В результате приема (расходования) груза изменяется как поперечная, так и продольная остойчивость, характеризуемая изменением поперечной  $\Delta h$  и продольной  $\Delta H$  метацентрических высот. Наряду с этим изменяются элементы посадки судна (крен, дифферент и средняя осадка).

Все приведенные выше изменения элементов посадки и остойчивости могут быть рассчитаны по теоретическим формулам. Остановимся на перечислении некоторых качественных изменений при приеме или расходовании грузов:

1) прием (расходование) груза в носовую оконечность вызывает дифферент на нос (на корму), который увеличивается с увеличением веса груза и расстояния от точки его приема до плоскости мидель-шпангоута;

2) прием (расходование) груза асимметрично ДП вызывает появление крена, который увеличивается с увеличением груза и расстояния от точки приема до ДП судна;

3) прием (расходование) груза выше горизонтальной плоскости, расположенной ниже КВЛ на расстоянии  $h$  (поперечная метацентрическая высота) и называемой *нейтральной плоскостью*, ухудшает (улучшает) поперечную остойчивость, если ниже – улучшает (ухудшает);

4) прием или расходование груза с любой точки на судне практически не изменяет продольную остойчивость.

Нарушение в процессе эксплуатации судна правил приема и расходования грузов влечет за собой ухудшение остойчивости и в отдельных случаях – гибель пассажиров, команды и самого судна.

Трагический случай, связанный с опрокидыванием судна, произошел в 1915 г. в Чикагском порту. Утром 24 июля многие жители устремились за город, так как ожидался знойный день. Служащие одной из компаний решили устроить пикник на пароходе "Истленд", который мог принять не более 1000 пассажиров и поэтому не был в состоянии вместить всех желающих. Их оказалось в 2,4 раза больше – судовладелец "делал бизнес". Еще при посадке пассажиров пароход стал заметно крениться. Этому не придали значения, считая причиной скопление пассажиров на одном борту. И действительно, когда пассажиры (многие с семьями) начали устраиваться, их поток устремился на нижние палубы – крен несколько уменьшился. При отходе парохода пассажиры ринулись на верхнюю палубу – крен начал резко расти и "Истленд" повалился на причал. Пассажиры стали прыгать на причал. Однако большинство из них бросились к противоположному борту, и в какой-то момент крен прекратился и судно стало выпрямляться, а затем неожиданно, несмотря на наличие береговых швартовов, резко накренилось на противоположный борт. Результат – 800 жертв, причина – потеря устойчивости и преступная халатность капитана парохода.

Примером потери устойчивости вследствие неправильного приема груза является гибель румынского т/х "Лидия", который при погрузке в порту Бейрут должен был принять 500 т металлического лома. После погрузки в трюмы 480 т по настоянию грузоотправителя вместо 20 т было принято на верхнюю палубу 113 т, в результате чего возник крен 4° на левый борт. Прибывший на судно капитан распорядился для выравнивания судна перенести часть груза с левого на правый борт. В результате этого появился и стал увеличиваться крен на правый борт, который через несколько минут достиг 45°, и судно опрокинулось.

Наличие груза на верхней палубе опасно не только с точки зрения ухудшения устойчивости судна: в случае его смещения судно угрожают мгновенное опрокидывание и гибель.

### ***3.2.3. Нормирование устойчивости***

Все находящиеся в эксплуатации, строящиеся, ремонтируемые и переоборудуемые суда должны удовлетворять требованиям устойчивости, которые регламентируются правилами, разрабатываемыми классификационными обществами, а также должны соответствовать международным правилам Конвенции по охране человеческой жизни на море. По этим правилам суда должны обладать способностью противодействовать различного рода внешним силам, которые могут вызвать их опрокидывание.

Среди большого многообразия внешних сил главными являются

шквальный ветер и волнение, характеристики которых определяются районом плавания. Судно считается остойчивым, если критерий погоды  $k > 1$ . Критерием погоды  $k$  называется отношение минимального опрокидывающего момента  $M_{\text{опр}}$  к моменту кренящему  $M_{\text{кр}}$ , создаваемому внезапно налетевшим шквалом, т. е.

$$k = \frac{M_{\text{опр}}}{M_{\text{кр}}} > 1.$$

В этом случае самым опасным является расположение судна лагом к волне и шквал с подветренной стороны. Предполагается, что судно под воздействием волны совершает бортовую качку и в момент, когда оно занимает крайнее положение (скажем, на левый борт), подействовал шквал со стороны накрененного борта (рис. 3.7). Этот случай наиболее опасен, так как наклонение на противоположный борт (правый) будет происходить под действием восстанавливающего момента и кренящего, создаваемого шквальным ветром. Наибольший момент, который теоретически может выдержать судно, называется опрокидывающим моментом  $M_{\text{опр}}$ .

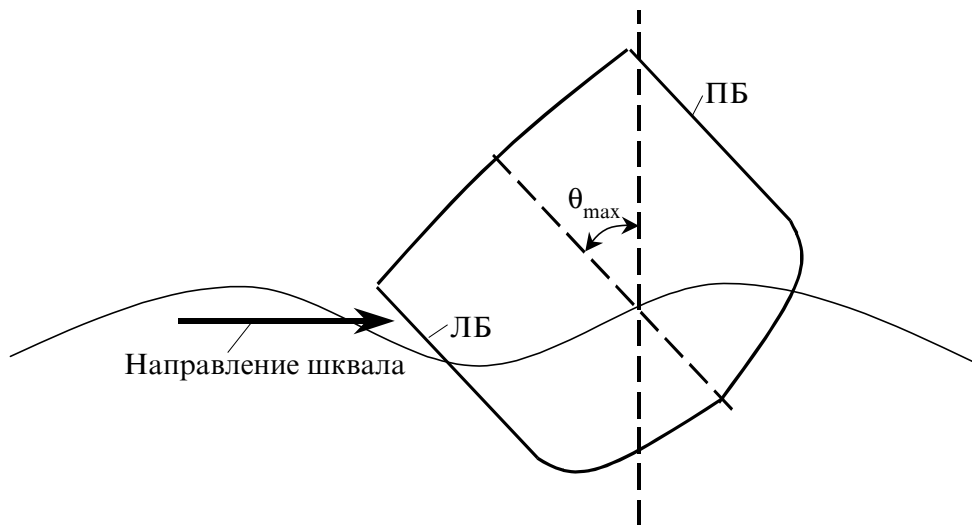


Рис. 3.7. Действие на судно шквала с подветра

Величина кренящего момента  $M_{\text{кр}}$  определяется площадью парусности надводной части судна и силой ветра.

Нормы остойчивости содержат ряд особых требований к остойчивости пассажирских судов, лесовозов, буксиров и др. На пассажирских судах крен от скопления пассажиров на одном из бортов не должен

превышать  $10^\circ$ , а на циркуляции с учетом скопления пассажиров на одном борту –  $12^\circ$ .

В заключение следует подчеркнуть, что никакие нормы не могут гарантировать безопасное плавание, если экипажем не соблюдаются правила хорошей морской практики и эксплуатации (правильные загрузка судна и использование жидкого балласта, внимательное отношение к закрытию всех отверстий в палубах и бортах, умелое маневрирование и др.). В противном случае вполне остойчивое судно можно довести до опасного состояния.

### 3.3. Непотопляемость

*Непотопляемостью* называется способность судна оставаться на плаву и сохранять остойчивость при затоплении одного или нескольких отсеков.

Абсолютно непотопляемое судно создать невозможно, так как любое судно при получении достаточно большого повреждения обречено на гибель. О непотопляемости можно лишь говорить при некоторых условиях, одно из них – допустимое количество отсеков, при затоплении которых судно остается на плаву и сохраняет остойчивость. Так, для большинства транспортных судов непотопляемость должна обеспечиваться при затоплении одного из отсеков (любого), в то время как для пассажирских и промысловых судов количество аварийных отсеков должно быть два или даже три.

Рассмотрим основные конструктивные и организационные мероприятия, обеспечивающие непотопляемость.

Основным *конструктивным средством* обеспечения непотопляемости является наличие *запаса плавучести* и его рациональное использование путем разделения водонепроницаемой части корпуса судна на *водонепроницаемые отсеки*. В этом случае аварийное судно сохраняет плавучесть за счет ограничения количества влившейся воды. Особенно важно при аварии сохранение остойчивости. Так, при затоплении одного из отсеков остойчивость ухудшается вследствие влияния свободной поверхности влившейся воды, а также появления крена за счет несимметричного затопления. Последнего следует избегать, и если это конструктивно обеспечить невозможно, то должно быть предусмотрено устройство, обеспечивающее спрямление аварийного судна в течение 15 мин после заделки пробоины. По словам А.Н. Крылова, одного из создателей теории непотопляемости, получившее пробоину судно *должно тонуть не опрокидываясь*.

На первый взгляд, минимального изменения посадки и остойчивости

при аварийном затоплении можно достичь подразделением судна на возможно большее число малых водонепроницаемых отсеков. Однако такое решение не только влечет за собой значительное увеличение массы корпуса, но может также противоречить условиям размещения на судне различного рода оборудования, например энергетической установки, которая требует значительной длины машинного отделения.

Приведенные выше соображения заставляют проектные организации ограничивать число водонепроницаемых отсеков. В соответствии с нормами классификационных обществ, базирующихся на требованиях Международной конвенции по охране человеческой жизни на море, длина отсека не должна превышать *предельную длину*. *Предельной длиной отсека* называется длина некоторого условного отсека (изображенного на рис. 3.8), при затоплении которого аварийная ватерлиния касается *предельной линии погружения* – воображаемой линии, отстоящей вниз от бортовой линии верхней водонепроницаемой палубы на расстоянии трех дюймов (76 мм).

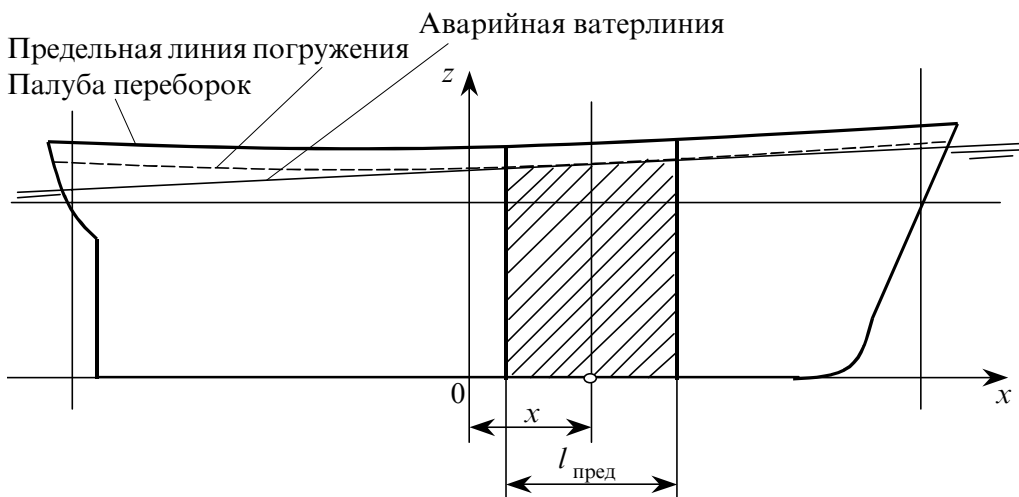


Рис. 3.8. Предельная длина затапливаемого отсека

На гражданских судах, как правило, избегают установки продольных водонепроницаемых переборок во избежание несимметричного затопления и появления аварийного крена. Все переборки, которые простираются до верхней водонепроницаемой палубы, называемой палубой переборок, должны быть водонепроницаемыми, что достигается устройством непроницаемых закрытий, специальных уплотнений для кабельных трасс и трубопроводов. При этом обязательной является достаточная прочность переборок, которые должны выдерживать аварийный напор воды с одной стороны.



Не менее важное значение имеют *организационно-технические мероприятия* по обеспечению непотопляемости, к числу которых относятся:

систематический контроль за состоянием всех корпусных конструкций с целью проверки степени их износа и коррозии и замены в случае превышения соответствующих норм;

планомерная окраска корпусных конструкций;

устранение нарушений водонепроницаемого уплотнения дверей, иллюминаторов, крышек люков и др.;

соблюдение инструкций по приему и расходованию жидких грузов;

поддержание в надлежащем состоянии технических средств борьбы за непотопляемость.

*Борьба за непотопляемость* состоит главным образом в действиях по восстановлению остойчивости и спрямлению аварийного судна: обнаружении повреждений в водонепроницаемой части корпуса, подкреплении распорными брусками переборок и платформ, заделке пробоин и откачке фильтрационной воды. В дальнейшем необходима борьба за восстановление остойчивости путем устранения больших свободных поверхностей (осушение больших аварийных отсеков), спуска воды в нижерасположенные отсеки.

При спрямлении аварийного судна в первую очередь следует отдавать предпочтение тем мероприятиям, проведение которых увеличивает запас плавучести, затем мероприятиям, которые не изменяют его, и лишь в последнюю очередь переходить к мероприятиям, связанным с расходом запаса плавучести путем контрзатопления, идея которого была впервые предложена адмиралом С.О. Макаровым.

## 3.4. Ходкость

### 3.4.1. Общие положения

*Ходкостью* называется способность судна развивать и сохранять заданную скорость хода при минимальных энергозатратах. Энергия тратится на создание движущей силы – тяги  $T_e$ , численно равной сопротивлению  $R$  окружающей среды – воды и воздуха. В связи с этим ходкость делится на два раздела: сопротивление движению судов и движители (движителем называют механизм или устройство, предназначенные для создания тяги  $T_e$ ). Ходкость является важным мореходным качеством, которое определяет провозоспособность и уровень эксплуатационных расходов, а следовательно, и экономику судна в целом.

Сравнительную оценку ходовых характеристик судов выполняют

по результатам ходовых испытаний, которые проводятся при равномерном прямолинейном поступательном движении со скоростью переднего хода  $v$ , когда волнение, ветер и течение практически отсутствуют, глубина воды под килем более 10 осадок, корпус судна свежоокрашен.

В процессе эксплуатации ходкость судна, как правило, ухудшается из-за влияния гидрометеорологических факторов (ветер, волнение, течение) и вследствие обрастания подводной части корпуса и коррозионных повреждений обшивки. В связи с этим различают две характерные скорости движения: скорость на ходовых испытаниях (максимально возможная скорость судна) и среднеэксплуатационная скорость (скорость, которая принимается в расчет при оценке провозоспособности и других экономических показателей судна). Очевидно, что среднеэксплуатационная скорость меньше скорости судна на ходовых испытаниях.

Корпус судна, движитель и главный двигатель образуют единую динамическую систему взаимодействующих элементов, которую принято называть пропульсивным комплексом. Поскольку корпус судна должен удовлетворять и другим мореходным и эксплуатационным качествам, для судов различных типов и даже для судов одного типа ходовые характеристики могут колебаться в весьма широких пределах, поэтому нормирование ходкости весьма затруднительно. В связи с этим совершенствование формы корпуса судна, повышение эффективности движителей и главных двигателей находятся в центре внимания многих научно-исследовательских организаций, судостроительных и двигателестроительных компаний.

### 3.4.2. Режимы движения судов

Рассмотрим равномерное, прямолинейное, поступательное движение судна вдоль положительного направления оси  $Ox$  со скоростью  $v$ . На его подводную и надводную части будут действовать касательные и нормальные силы, равнодействующая которых будет располагаться в диаметральной плоскости и, в общем случае, может иметь две составляющие –  $R_x$  и  $R_z$ , как показано на рис. 3.9. Кроме того, возникнет ходовой дифференцирующий момент  $M_y$ .

Сила  $R_x$  называется сопротивлением движению судна,  $R_z$  – гидроаэродинамической силой поддержания. В зависимости от соотношения этих сил различают следующие три режима движения судов.

*Плавание:*  $R_x \gg R_z$ ,  $M_y \sim 0$ , а следовательно, и угол ходового дифферента  $\psi \sim 0$ . На этом режиме эксплуатируется подавляющее большинство транспортных судов.

*Переходный:*  $R_x \sim R_z$ ,  $M_y \neq 0$ ,  $\psi \neq 0$  и, кроме того, возникает

изменение средней осадки. На этом режиме эксплуатируются быстроходные суда и военные корабли.

*Глиссирование:*  $R_z \sim D$ ,  $M_y \neq 0$ ,  $\psi \neq 0$ . Под действием большой гидродинамической силы поддержания корпус судна практически полностью выходит из воды и скользит по ее поверхности. На этом режиме эксплуатируются, как правило, небольшие быстроходные суда – глиссеры прогулочного, спортивного или военного назначения.

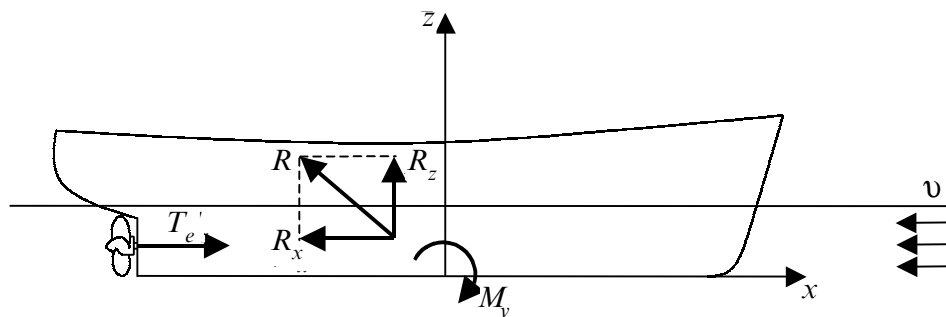


Рис. 3.9. Схема сил и моментов, действующих на судно

### 3.4.3. Деление сопротивления на составляющие

*Сопротивлением воды движению судна* называют проекцию на направление движения равнодействующей гидродинамических нормальных и касательных сил, действующих на подводную часть его корпуса. Соответственно сопротивление воды состоит из сопротивления трения  $R_F$ , сопротивления формы  $R_{VP}$  и волнового  $R_W$ :

$$R = R_F + R_{VP} + R_W.$$

*Сопротивление трения  $R_F$*  обусловлено влиянием вязкости воды, в результате действия которой частицы воды, прилегающие к поверхности подводной части корпуса судна, прилипают к этой поверхности и движутся вместе с ней. По мере удаления от поверхности скорость движения частиц уменьшается и на некотором расстоянии становится равной нулю. Достаточно тонкий слой, прилегающий к поверхности корпуса, в котором наблюдаются эти явления, принято называть пограничным. Поскольку частицы жидкости в пограничном слое движутся с различными скоростями, между ними возникают касательные силы (силы трения), результатом действия которых является возникновение силы трения.

Сопротивление трения зависит от скорости движения судна, пло-

щади, формы и шероховатости смоченной поверхности, а также от характеристик вязкости воды.

При движении судна возникают, кроме касательных, нормальные к смоченной поверхности силы взаимодействия между частицами жидкости и этой поверхностью. Сопротивление, возникающее за счет сил давления в вязкой жидкости, принято называть *сопротивлением формы*  $R_{VP}$ .

*Сопротивление формы* зависит от скорости движения судна, площади и формы смоченной поверхности.

При движении судна на границе двух сред (вода и воздух) на свободной поверхности возникают волны, на образование которых расходуется часть энергии, вырабатываемой главными двигателями. Это равносильно возникновению сопротивления, называемого *волновым*  $R_W$ . Волновое сопротивление, как и сопротивление формы, обусловлено действием на смоченную поверхность судна нормальных сил (сил давления), поэтому в практических расчетах принято эти составляющие представлять в виде суммы, называемой *остаточным сопротивлением*  $R_R$ :

$$R_R = R_{VP} + R_W.$$

*Воздушное сопротивление*  $R_{AA}$  обусловлено взаимодействием воздуха с поверхностью надводной части судна, включающей в себя надстройки, рубки, мачты, трубы и надводную часть корпуса судна. Как и при взаимодействии воды с подводной частью корпуса, возникают сопротивление трения и сопротивление формы. В практических расчетах  $R_{AA}$  определяется при отсутствии ветра.

Для водоизмещающих судов соотношение между составляющими сопротивления зависит от скорости движения. Анализ приведенных на

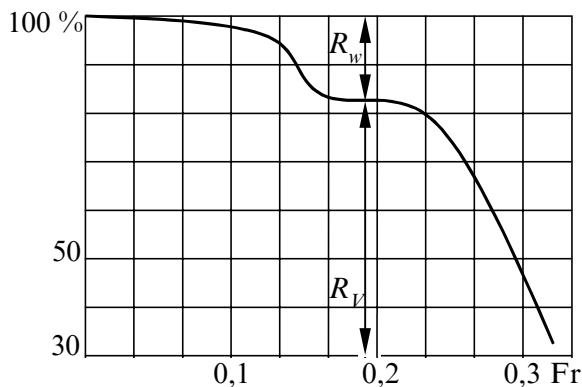


Рис. 3.10. Относительная роль основных составляющих сопротивления транспортного судна

рис. 3.10 сравнительных результатов позволяет сделать вывод, что при относительно малых скоростях преобладающим является вязкостное сопротивление  $R_V = R_F + R_{VP}$  (сумма сопротивления трения и сопротивления формы), где превалирует сопротивление трения. С увеличением скорости растет доля волнового сопротивления. Что же касается сопротивления воздуха  $R_{AA}$ , то при отсутствии

ветра его доля составляет 1,5...3,0 %, поскольку плотность воздуха примерно в 800 раз меньше плотности воды.

*Дополнительные составляющие сопротивления судна.* В состав сопротивления должны быть включены следующие дополнительные виды сопротивления:

*сопротивление шероховатостей  $R_A$ ,* обусловленное наличием шероховатостей на подводной части наружной обшивки судна (неровности от покраски, возникающая при сварке волнистость поверхности корпуса, небольшие выступы, ниши и глухие вырезы в обшивке и др.);

*сопротивление выступающих частей  $R_{AP}$ ,* включающее в себя сопротивления выкружек гребных валов, гребных валов и кронштейнов, рулей, килей и др.).

#### 3.4.4. Влияние условий эксплуатации на сопротивление

К условиям, которые возникают в процессе эксплуатации и оказывают влияние на сопротивление, относят:

*ветровое волнение.* Скорость судна при плавании в условиях ветрового волнения меньше, чем на тихой воде. Наибольшее снижение скорости наблюдается при движении судна навстречу волнам или при острых курсовых углах ( $0 \dots \pm 30^\circ$ ) по отношению к направлению бега волн. Наиболее ощутимо наличие волнения при длине волны, равной длине судна, и для судов относительно полных образований с коэффициентами общей полноты  $\delta \geq 0,720 \dots 0,850$ ;

*обрастание подводной части корпуса судна.* В процессе эксплуатации судна происходят разрушение покраски подводной части корпуса, коррозия и обрастание мелкими организмами и водорослями, вследствие чего увеличивается общая шероховатость и возрастает вязкостное сопротивление. Интенсивность обрастания зависит от времени года и района плавания. Считается, что каждый день после докования вследствие обрастания происходит рост сопротивления на 0,2...0,5 %;

*мелководье и ограниченность фарватера.* При плавании на мелководье и в узких каналах сопротивление движению судна увеличивается и дости-

гает максимального значения при скоростях  $v = \sqrt{gH_k}$  ( $H_k = \frac{\omega_k}{B_k}$  – приведенная глубина,  $\omega_k$  – площадь поперечного сечения,  $B_k$  – ширина фарватера,  $g$  – ускорение свободного падения). При дальнейшем увеличении скорости сопротивление уменьшается и может стать меньше, чем на глубокой воде.

### 3.4.5. Способы определения сопротивления

Обычно сопротивление движению судна определяют при отсутствующем двигателе и поэтому называют его и соответствующую ему мощность буксировочными. Расчет буксировочных сопротивлений  $R$  и мощности  $P_e$  осуществляется по следующим формулам:

$$R = C \frac{\rho v^2}{2} \Omega; \quad P_e = vR,$$

где  $v$  – скорость движения судна;  $\rho$  – плотность воды (для морской воды принимается  $\rho = 1025 \text{ кг/м}^3$ );  $\Omega$  – площадь смоченной поверхности судна;  $C$  – безразмерный коэффициент буксировочного сопротивления, зависящий от формы подводной части корпуса судна и чисел Рейнольдса

$Re = \frac{vL}{\nu}$  ( $\nu$  – кинематический коэффициент вязкости воды) и Фруда

$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}}$ . В соответствии с принятой гипотезой суперпозиции коэффициент буксировочного сопротивления представляется в виде суммы коэффициентов сопротивления составляющих:

$$C = C_F + C_{VP} + C_W + C_{AP} + C_A + C_{AA}.$$

Ввиду отсутствия надежных теоретических методов коэффициенты сопротивления определяют экспериментально путем буксировочных испытаний моделей судов в опытовых бассейнах. Выполненную в масштабе модель буксируют с различными скоростями, измеряя при этом силу сопротивления. Затем на основании теории гидродинамического подобия потоков результаты модельного эксперимента пересчитывают на натурное судно.

На начальных стадиях проектирования используют приближенные способы определения сопротивления. Наиболее точными являются методы, основанные на использовании результатов систематических модельных испытаний серий судов определенного типа или на пересчете сопротивления судна-прототипа.

### 3.4.6. Классификация и принцип действия двигателей

*Двигатель* преобразует энергию внешней среды или главного двигателя в энергию поступательного движения судна. Эффективность работы двигателя принято оценивать коэффициентом полезного действия  $\eta_p$ , который представляет собой отношение полезной мощности  $T_e v$ , идущей на преодоление буксировочного сопротивления, к затра-

ченной, подведенной к движителю. Большинство применяемых на судах движителей являются гидрореактивными, так как создают движущую силу (упор) за счет отбрасываемых масс воды или воздуха в сторону, противоположную направлению движения судна. К ним относятся гребные и воздушные винты, гребные колеса, крыльчатые и водометные движители.

Гребной винт состоит, как показано на рис. 3.11, из тела вращения, называемого ступицей, и расположенных на равных угловых расстояниях рабочих элементов – лопастей, количество которых  $Z$  может меняться от 2 до 8. Винты фиксированного шага (ВФШ) могут быть монолитными или со съемными лопастями. Последние применяются на ледоколах, при эксплуатации которых возможны частые поломки лопастей. Замену поврежденных лопастей в этом случае выполняют на плаву, придавая судну дифферент на нос путем заполнения специальных носовых цистерн.

Лопастя гребных винтов регулируемого шага (ВРШ) поворачиваются относительно радиальных осей на заданный угол, что позволяет в процессе эксплуатации изменять величину и направление силы тяги в широких пределах. Эти винты применяют на буксирах, траулерах, а также на судах, режимы эксплуатации которых претерпевают значительные изменения. Гребной винт насаживают на конус гребного вала, при вращении которого лопасти ежесекундно отбрасывают назад массу воды, в результате чего возникает упор, который через гребной вал и упорные подшипники передается на корпус судна, заставляя его двигаться в заданном направлении.

На современных судах гребные винты изготавливаются из низко- и высоколегированных сталей, сплавов на основе меди (бронза, латунь) или на основе алюминия (силумин, АМг), а также из пластмасс.

В настоящее время гребные винты являются наиболее распространенными движителями как на морских, так и на речных судах в силу простоты конструкции, хороших массогабаритных показателей, надежности и относительно высокого КПД, достигающего в отдельных случаях 75 %.

Для повышения эффективности гребных винтов проводят ряд конструктивных мероприятий. К ним относятся: применение направляющих насадок (рис. 3.12), установка за гребным винтом обтекаемых рулей и

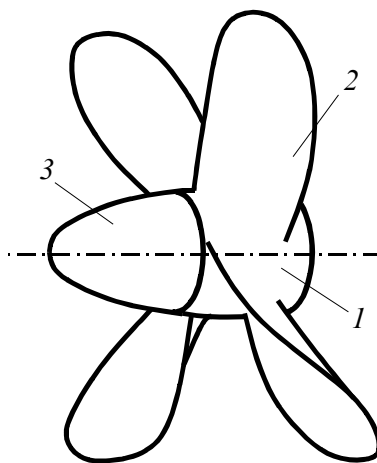


Рис. 3.11. Гребной винт:  
1 – ступица; 2 – лопасть;  
3 – обтекатель

грушевидных наделок на руле (рис. 3.13), использование винтов тандем и соосных винтов противоположного вращения (рис. 3.14).

*Воздушный винт.* На судах с динамическими принципами поддержания, прежде всего амфибийных (суда на воздушной подушке и экранопланы), используют воздушные движители, главным образом – воздушные винты регулируемого шага в насадках. Принцип их действия аналогичен действию гребных винтов.

*Гребные колеса* (рис. 3.15) состоят из ступицы со спицами и обода с несколькими лопастями (плицами). Располагаются на горизонтальных валах по бортам судна в районе миделя и реже – в корме. Специальный механизм для поворота плиц позволяет обеспечивать безударный вход их в воду.

К преимуществам гребных колес следует отнести возможность их

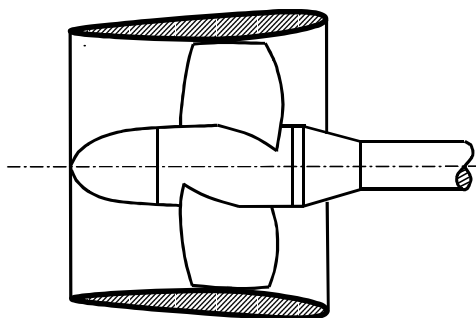


Рис. 3.12. Гребной винт в направляющей насадке

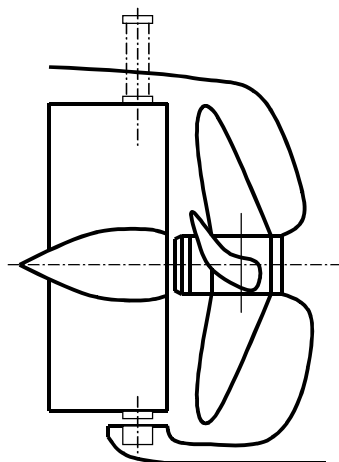


Рис. 3.13. Пропульсивная наделка на руле

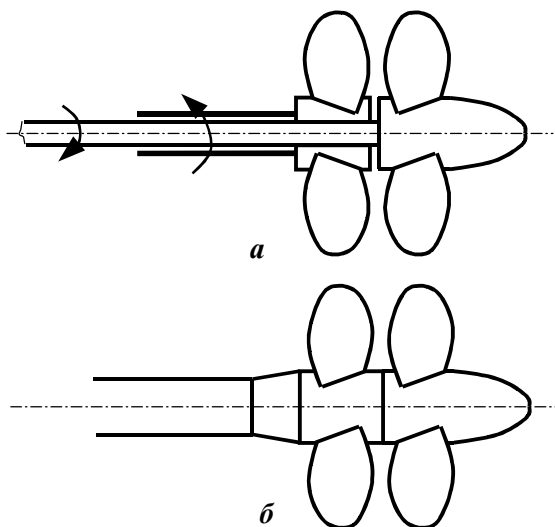


Рис. 3.14. Соосные гребные винты противоположного вращения (а) и винты тандем (б)



применения на судах с малой осадкой (речные и озерные суда), так как гребные винты в этом случае малоэффективны. Недостаток – сложны по конструкции, имеют большую массу и не пригодны для работы в условиях волнения. На реках и озерах, где больших волн не бывает, колесные суда сохранились и по настоящее время.

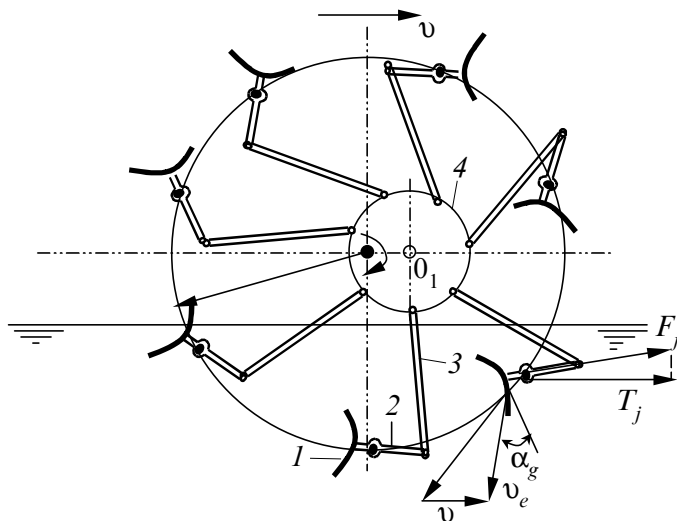


Рис. 3.15. Схема гребного колеса с поворотными плицами:  
 1 – плица; 2 – костьль; 3 – ведущая эксцентриковая тяга;  
 4 – эксцентриковый бугель

При одинаковой силе тяги гребное колесо примерно в 30 раз тяжелее гребного винта, содержит много движущихся частей и не пригодно для работы в ледовых условиях. Максимальный КПД гребных колес достигает 65 %.

*Крыльчатые движители* (рис. 3.16) представляют собой несколько лопастей, укрепленных на вращающемся вокруг вертикальной оси диске (роторе), за счет чего могут создавать упор в любом горизонтальном направлении. Поэтому судно, оборудованное крыльчатым движителем, обладает высокой маневренностью: оно может двигаться вперед, назад, двигаться лагом и разворачиваться на месте. К недостаткам относятся слабая защищенность, сложность конструкции и относительно высокие, по

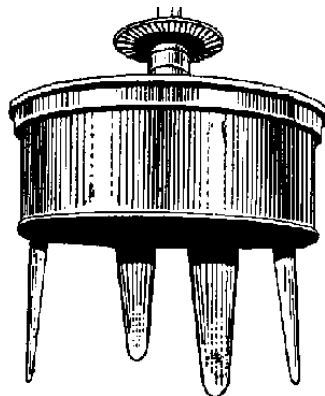


Рис. 3.16. Общий вид крыльчатого движителя

сравнению с гребными винтами, массогабаритные показатели. Устанавливаются на портовых буксирах, плавучих кранах и платформах, пожарных судах и др. Максимальный КПД достигает 60 %.

*Водометные движители* (рис. 3.17) состоят из трубы, проходящей вдоль судна, и насоса, рабочее колесо которого находится внутри трубы. При работе вода засасывается через приемное отверстие, расположенное на днище судна, и выбрасывается в воду или атмосферу. Возникающая при этом реактивная сила движет судно вперед. К недостаткам относятся низкий КПД (не более 40 %) и сравнительно большая масса. Однако благодаря хорошей защищенности и, следовательно, надежности работы водометные движители находят применение на судах, плавающих в условиях мелководья, и в связи с улучшением эффективности при увеличении скорости движения используются на судах на подводных крыльях (СПК).

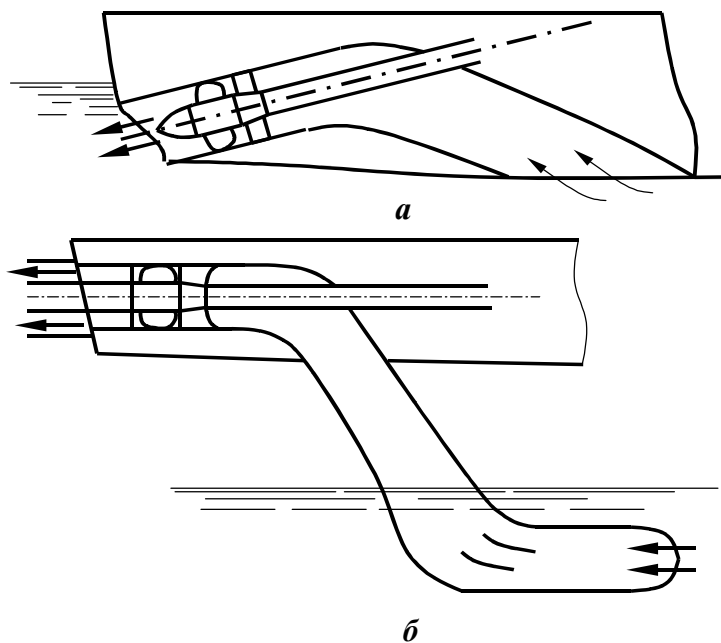


Рис. 3.17. Водометный движитель с подводным (а) и надводным (б) выбросом струи

Из других движителей, применяемых в настоящее время, следует назвать *паруса и весла*. Паруса применяются на спортивных и гребных судах в качестве основных движителей. На некоторых небольших судах в качестве вспомогательных движителей используют паруса и другие виды ветродвижителей.

### 3.4.7. Пути повышения ходовых качеств судов

Ходкость является одним из важнейших эксплуатационных качеств судна. Ее улучшение возможно за счет уменьшения сопротивления движению судна, а также при использовании целого ряда конструктивных мер, повышающих эффективность судовых движителей.

Уменьшения сопротивления при одном и том же водоизмещении можно добиться путем выбора оптимальной формы обводов корпуса судна, главным образом его подводной части; использованием бульбообразной формы носовой оконечности, которая позволяет уменьшить волновое сопротивление, и в отдельных случаях – применением бульбообразной формы кормовой оконечности, позволяющей улучшить совместную работу гребного винта и корпуса судна. Снижения сопротивления трения можно достичь уменьшением шероховатости подводной части корпуса судна, применив специальные покрытия (краски) и придав выступающим частям обтекаемую форму. Большая роль в сохранении скорости судна принадлежит борьбе с обрастанием подводной части корпуса водорослями и ракушками, увеличивающим ее шероховатость. Наблюдения показывают, что при плавании в умеренных широтах сопротивление судна возрастает за сутки в среднем на 0,2...0,5 %, а в тропиках – на 0,5...0,8 %. Ориентировочно потеря скорости после годичного плавания в умеренных широтах составляет 10...15 %. С целью снижения вредных последствий обрастания и коррозии все суда проходят докование для очистки и окраски подводной части корпуса судна. Периодичность докования (один-два года) устанавливается классификационными обществами в зависимости от типа судна, его размеров, района плавания и т. д.

Увеличение размеров и мощности главного двигателя с целью повышения скорости движения судна ограничено условиями экономической целесообразности, поэтому резко повысить быстроходность судна можно только на базе новых технических решений.

В связи с этим весьма эффективна идея снижения сопротивления за счет уменьшения смоченной поверхности корпуса судна. Последнее может быть достигнуто уменьшением осадки судна либо полным выходом корпуса из воды, вызванных действием гидродинамической подъемной силы, которая возникает на корпусе судна или создается специальными устройствами (крыльями). К судам, использующим гидродинамические силы для поддержания на плаву, относятся глиссирующие суда, суда на подводных крыльях и суда на воздушной подушке (СВП).

*Глиссирующие суда* имеют плоское днище и острые скулы (рис. 3.18). Последнее позволяет исключить замывание бортов растекающимся в поперечном направлении потоком, формируемым под днищем судна,

наличие плоского днища – увеличить гидродинамическую подъемную силу.

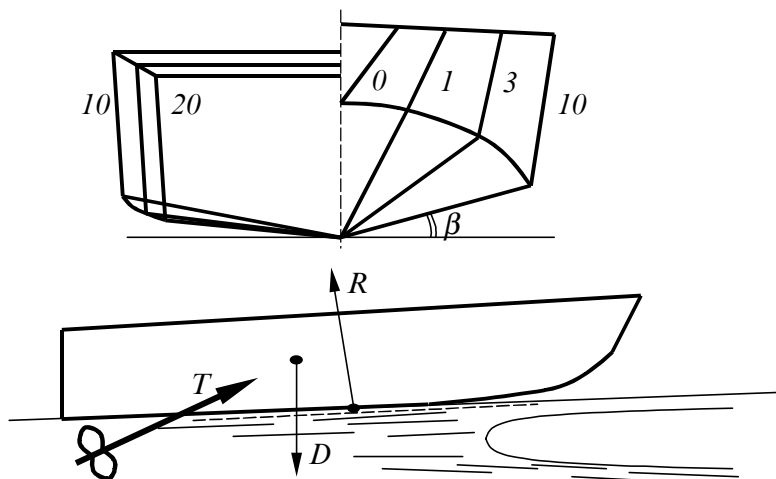


Рис. 3.18. Силы, действующие на глссирующее судно:

$T$  – упор ГВ;  $R$  – гидродинамическая подъемная сила;

$D$  – вес судна

При достижении скорости  $v \geq 3\sqrt{g^3 V}$  ( $V$  – объемное водоизмещение) судно выходит из воды и начинает скользить по ее поверхности. Этот режим движения называется *глссированием*, а суда – *глссерами*. Режим глссирования возможен на судах небольшого водоизмещения. Одними из недостатков, ограничивающих применение глссирующих судов, является плохая продольная остойчивость, для улучшения которой применяют поперечные уступы (*реданы*), и плохая мореходность, когда даже при небольшой волне глссер испытывает сильные удары о воду. Скорость глссеров может достигать 100 уз.

Суда на подводных крыльях (рис. 3.19) имеют под корпусом крылья,

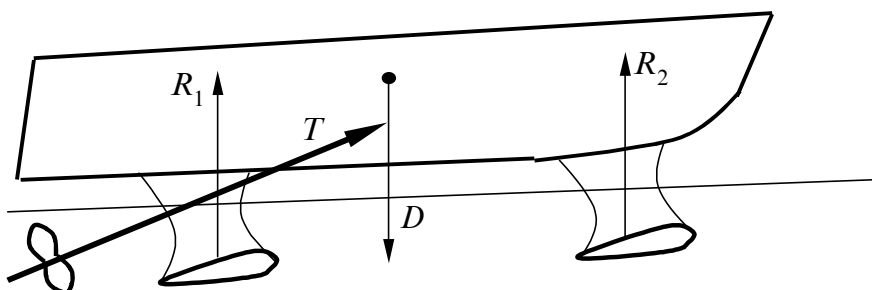


Рис. 3.19. Схема сил, действующих на суда на подводных крыльях:

$R_1$  и  $R_2$  – гидродинамическая подъемная сила на крыльях;  $T$  – упор ГВ;

$D$  – вес судна

на которых при движении возникает подъемная сила. При определенной скорости судно выходит из воды и движется над ее поверхностью. В воде остаются закрепленные на стойках крылья, сопротивление которых значительно меньше сопротивления корпуса судна.

Построены и эксплуатируются СПК с газовыми турбинами, скорость их достигает 50...60 уз.

Суда на воздушной подушке (рис. 3.20) представляют собой аппараты, корпус которых поднят полностью (амфибийные суда) или частично (скеговые) над водой силами давления воздуха, нагнетаемого вентиляторами под днище, что приводит к значительному снижению гидродинамического сопротивления.

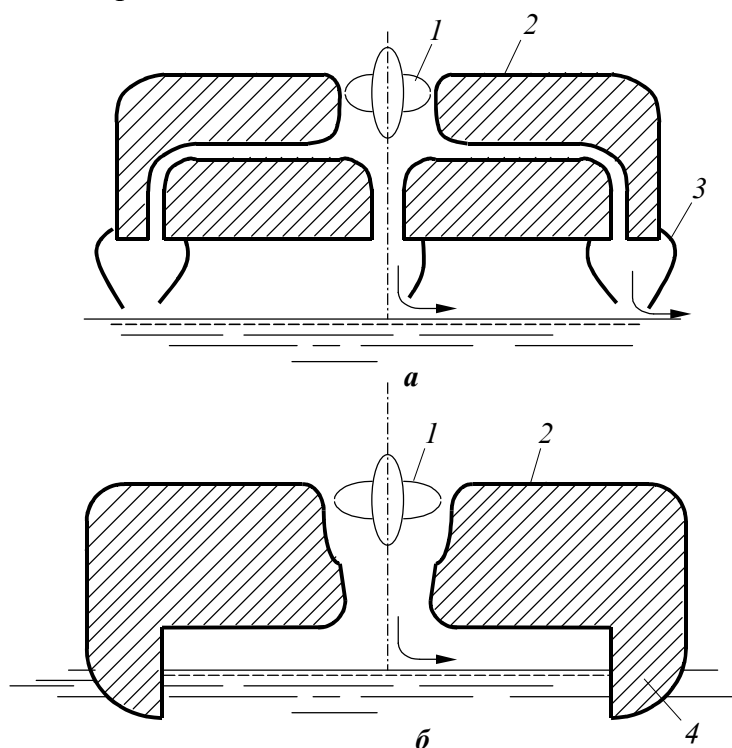


Рис. 3.20. Схема поперечных сечений судов на воздушной подушке:

*а* – амфибийного; *б* – скегового; 1 – вентилятор; 2 – корпус судна;  
3 – гибкое ограждение; 4 – скег

Движение судна осуществляется с помощью воздушных винтов в насадках. Амфибийные суда могут двигаться также над льдом, снегом и достаточно ровной поверхностью суши. Известны СВП водоизмещением в несколько сотен тонн и скоростью движения до 100 уз.

*Экранопланы.* Их действие основано на использовании экранного

эффекта, состоящего в увеличении подъемной силы крыла при движении вблизи поверхности земли или свободной поверхности воды. Если два корпуса соединить достаточно широким крылом, то получится судно, называемое *экранопланом*. Натурные испытания показали, что большие экранопланы (на 500...1000 пассажиров) могут развивать скорость до 200 уз.

### 3.5. Управляемость

*Управляемостью* называется способность судна совершать управляемые движения. Управляемость включает в себя два свойства судна: поворотливость и устойчивость на курсе – и является важнейшим качеством, определяющим безопасное плавание судна в различных эксплуатационных условиях.

*Поворотливость* – способность судна изменять направление движения при воздействии специальных устройств, называемых рулевыми, и в соответствии с действиями рулевого.

*Устойчивостью на курсе* называется способность судна сохранять заданное направление движения. В абсолютном смысле таким качеством суда не обладают, поэтому под воздействием внешних сил судно изменяет направление, двигаясь новым прямым курсом или входя в циркуляцию\*, и для возвращения на первоначальный курс требуется вмешательство рулевого. В практике эксплуатации судов существует требование к устойчивости судна на курсе, в соответствии с которым количество переключений в минуту не должно превышать 5–6 раз и на угол не более  $5^\circ$ . Если это требование не выполняется, судно считается эксплуатационно неустойчивым. В этом случае необходимо должным образом изменить форму подводной части корпуса и, главное, выбрать элементы более эффективного руля.

При переключении руля на один из бортов (рис. 3.21) на нем возникает подъемная сила  $R_p$ , направленная перпендикулярно направлению движения судна и вызывающая его поперечное смещение и поворот вокруг вертикальной оси, которая проходит через центр тяжести судна. В результате судно начинает совершать криволинейное движение, при котором его ЦТ движется по траектории, называемой циркуляцией, а корпус будет вращаться вокруг вертикальной оси.

Управляемость судна, наряду с соответствующим выбором формы подводной части корпуса и квалификацией рулевого, обеспечивается наличием рулевого устройства.

В любом рулевом устройстве различают: рабочий орган, при помощи

\* Самопроизвольное отклонение судна от заданного курса называется *рысканием*.

которого создается рулевая сила  $R_p$ , рулевую машину, обеспечивающую работу устройства, и рулевого привода, связывающий рабочий орган с рулевой машиной.

По типу рабочего органа рулевые устройства классифицируются следующим образом.

*Руль* – вертикальное крыло, расположенное в кормовом подзоре, чаще всего за гребным винтом. Состоит из пера руля, который крепится к баллере, соединенному с рулевым приводом.

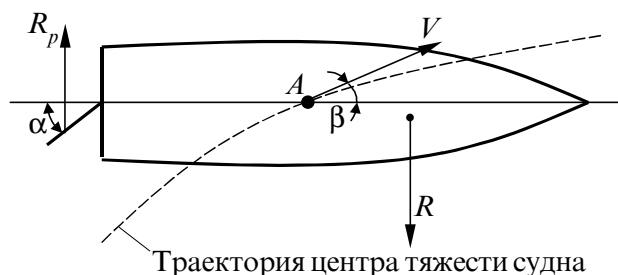


Рис. 3.21. Принцип действия руля на судно

Рули бывают *небалансирные*, когда ось вращения совпадает с передней кромкой руля, и *балансирные*, когда ось проходит на некотором расстоянии от передней кромки руля (рис. 3.22). Небалансирные рули используются значительно реже, главным образом на ледокольных судах. В остальных случаях более предпочтительным является применение балансирных рулей, так как момент на баллере и необходимая мощность рулевой машины ниже, чем у небалансирных.

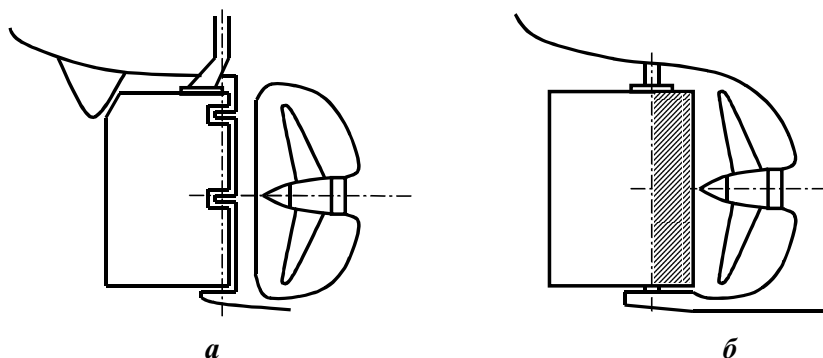


Рис. 3.22. Небалансирный (а) и балансирный рули (б)

*Поворотная направляющая насадка* представляет собой кольцевое крыло, которое крепится к баллере; внутри него расположен гребной винт (рис. 3.23). При повороте насадки с помощью соединенного с рулевой машиной баллера струя от гребного винта изменяет свое направление, в результате чего на теле насадки возникает рулевая сила.

*Подруливающие устройства* чаще всего имеют вид сквозных поперечных каналов, внутри которых располагаются насос, гребной винт либо крыльчатый движитель (рис. 3.24). Каналы устраиваются в носу, иногда

также и в корме. Рабочий орган подруливающего устройства, приводимый во вращение электродвигателем через передачу, при своей работе выбрасывает струю на правый или левый борт. При этом возникает рулевая сила соответствующего направления.

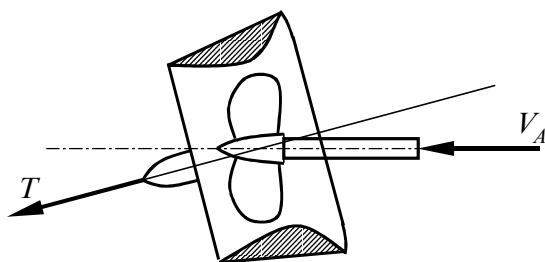


Рис. 3.23. Поворотная направляющая насадка

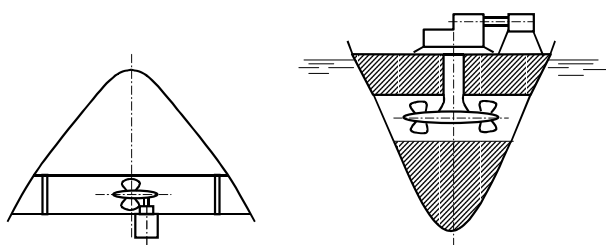


Рис. 3.24. Подруливающее устройство

*Активный руль* (рис. 3.25) представляет собой обычный руль, на кормовой кромке которого располагается гребной винт в насадке, приводимый во вращение электродвигателем, размещаемым в каплевидной наделке на пере активного руля.

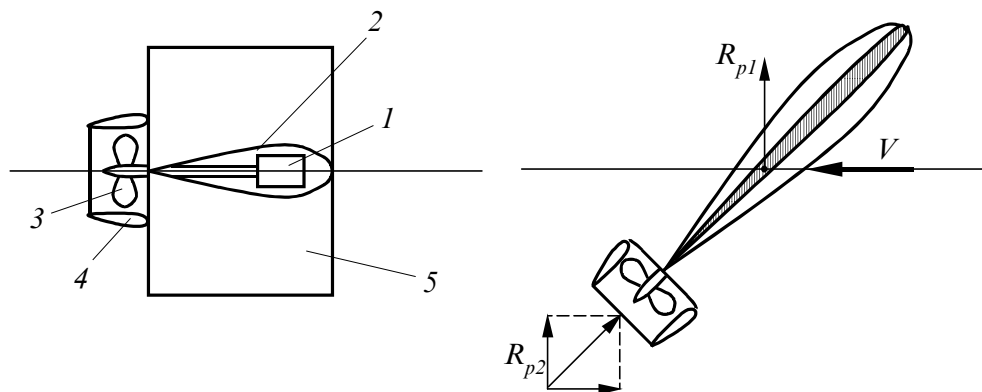


Рис. 3.25. Схема активного руля:

1 – электродвигатель; 2 – каплевидная наделка; 3 – гребной винт; 4 – насадка; 5 – перо активного руля;  $R_{p1}$  – рулевая сила, создаваемая пером активного руля;  $R_{p2}$  – рулевая сила, создаваемая гребным винтом



Действие активного руля основано на том, что при его перекладке возникает дополнительная рулевая сила, которая, как правило, значительно превышает рулевую силу, создаваемую пером руля.

Активный руль особенно эффективен на малых скоростях при неработающем главном гребном винте и позволяет обеспечить любой малый ход, что очень важно при плавании в условиях плохой видимости и в узкостях.

## 3.6. Мореходность

### 3.6.1. Качка, ее виды и характеристики

Качкой называются колебательные движения относительно положения равновесия, совершаемые судном под воздействием внешних сил. Если внешние силы кратковременные, то после прекращения их действия судно, выведенное из положения равновесия, совершает свободные колебания. Колебательные движения под воздействием постоянно действующих внешних периодических сил (создаваемых, например, морским волнением) называются *вынужденными*.

Различают следующие основные угловые виды качки судна:

*бортовая* – колебательные движения судна относительно продольной оси;

*килевая* – колебательные движения относительно поперечной оси;

*вертикальная* – вертикальные колебательные движения под воздействием сил плавучести и веса судна.

Совместную килевую и вертикальную качку принято называть *продольной*.

Основными характеристиками любого вида качки являются ее частота, период, амплитуда и *ро́змах*

*Частотой  $n$*  называют число полных колебаний (возвращение в исходное положение после отклонений в обоих направлениях) за  $2\pi$  секунд. Например, для бортовой качки полным будет колебание с одного борта на другой и обратно.

*Период  $T$*  – время совершения полного колебания.

*Амплитуда* – наибольшее отклонение от положения равновесия.

*Ро́змах* – полное отклонение из одного крайнего положения в другое. Ро́змах приближенно равен удвоенной амплитуде качки.

Качка может служить причиной ряда нежелательных явлений, различных по своей природе и степени опасности для судна. Некоторые из них могут привести к аварии и в отдельных случаях к гибели судна, другие

создают неблагоприятные условия для обитания и работы экипажа, приборов и механизмов. К числу вредных последствий качки относятся: возможные потеря остойчивости и опрокидывание судна при больших размахах качки;

заливание верхней палубы и надстроек, затрудняющее управление судном и обслуживание палубных устройств и механизмов, кроме того, как следствие заливания, – возможное затопление отсеков через грузовые люки и двери надстроек и рубок;

ухудшение условий работы и обслуживания судовых механизмов и приборов из-за возникающих дополнительных динамических нагрузок;

возникновение дополнительных динамические нагрузки в конструкциях корпуса и механизмах;

потеря скорости хода и увеличение расхода топлива;

морская болезнь, которая вызывается нарушением работы вестибулярного аппарата в результате воздействия вертикальных ускорений при качке судна (не должны превышать  $0,1g$ ).

В связи с этим *плавность и умеренность размахов качки* является одним из мореходных качеств любого судна. Плавной называется качка с большими периодами, умеренной – с малыми амплитудами.

### 3.6.2. Качка на тихой воде

Когда судно находится на тихой воде (отсутствует волнение), то при отклонении от положения равновесия оно начнет совершать свободные колебания.

Например, если судно, находящееся на тихой воде, накренилось внешней силой на какой-либо борт, то при прекращении воздействия этой силы оно начнет возвращаться, в результате действия поперечного восстанавливающего момента, в равновесное положение. Дойдя до равновесного положения, судно, благодаря действию сил инерции, перейдет его, наклонившись на другой борт, и затем будет совершать колебательные движения. Так как вода оказывает сопротивление колебательным движениям, то качка на тихой воде будет носить затухающий характер. Период бортовой качки можно вычислить по формуле

$$T_6 = \frac{cB}{\sqrt{h}},$$

где  $B$  – ширина судна, м;  $h$  – поперечная метацентрическая высота, м;  $c = 0,77\dots 0,78$ .

Анализируя формулу для  $T_6$ , можно сделать вывод, что период свободной бортовой качки уменьшается при увеличении метацентрической высоты  $h$ , т. е. по мере увеличения поперечной остой-

чивости качка становится более стремительной, что плохо отражается на прочности корпуса судна и тяжело переносится пассажирами и командой.

Свободная килевая качка, представляющая собой колебательные движения на тихой воде вокруг поперечной оси под действием продольного восстанавливающего момента и сил инерции, имеет аналогичную бортовой качке природу.

Свободная вертикальная качка вызывается неравенством силы веса и сил поддержания, действующих на судно, а также возникающих при этом вертикальных сил инерции.

Периоды  $T_k$  килевой и  $T_v$  вертикальной качки равны, их можно вычислить по формуле

$$T_k = T_v = 2,5\sqrt{T},$$

где  $T_k$  и  $T_v$  – в секундах;  $T$  – осадка судна, м.

### 3.6.3. Качка на волнении

На взволнованной поверхности моря качка состоит из колебаний двух типов – свободных и вынужденных, вызываемых воздействием волн. Возникновение волн в большинстве случаев объясняется действием ветра. Ветровые волны характеризуются следующими элементами (рис. 3.26):

длиной волны  $\lambda$  – расстоянием между двумя соседними гребнями или подошвами волны;

высотой волны  $h_v$  – вертикальным расстоянием между гребнем и подошвой волны;

максимальным углом волнового склона  $\alpha_v = \frac{\pi h_v}{\lambda}$ ;

периодом волны  $\tau = 0,8\sqrt{\lambda}$  с – временем, в течение которого волна проходит расстояние  $\lambda$ .

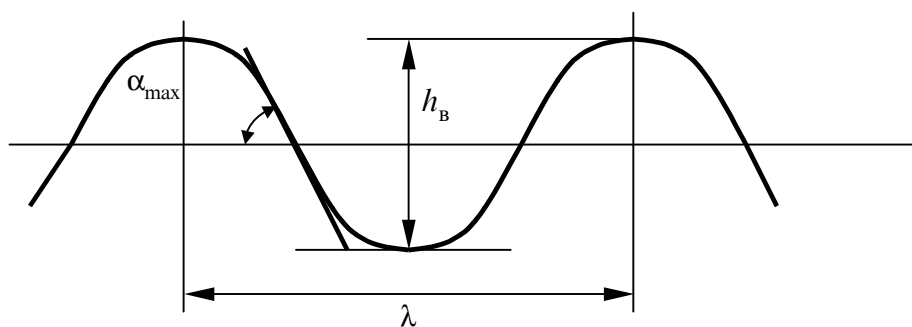


Рис. 3.26. Элементы волны

Зарегистрированы океанские ветровые волны, имеющие  $\lambda = 700 \dots 800$  м и  $h_B = 15 \dots 20$  м.

Теоретические исследования указывают на следующую зависимость относительных амплитуд  $\frac{\theta_{\max}}{\alpha_{\max}}$  бортовой и  $\frac{2A_{\max}}{h_B}$  вертикальной качки от соотношения периодов  $\frac{T_{\text{б}}}{\tau}$  бортовой и  $\frac{T_{\text{в}}}{\tau}$  вертикальной качки:

при малых относительных периодах  $\frac{T_{\text{б}}}{\tau}$  и  $\frac{T_{\text{в}}}{\tau}$ , т. е. когда период собственных колебаний меньше периода волны, амплитуда качки невелика;

при больших относительных периодах  $\frac{T_{\text{б}}}{\tau}$  и  $\frac{T_{\text{в}}}{\tau}$  амплитуда качки очень мала и судно практически не раскачивается волной;

при  $\frac{T_{\text{б}}}{\tau} = 1$  и  $\frac{T_{\text{в}}}{\tau} = 1$  (явление резонанса) амплитуда качки резко возрастает и в несколько раз превышает угол максимального волнового склона  $\alpha_{\max}$  – при бортовой качке судна и амплитуду волны  $h_B / 2$  – при вертикальной.

### 3.6.4. Успокоители качки

С целью достижения плавной и главным образом умеренной качки в судостроении используются следующие средства.

Для уменьшения рѳзмахов продольной качки и заливания верхней палубы на современных морских судах делают значительный подъем палубы в корме и носу (седловатость) и увеличивают развал носовых шпангоутов. С этой целью в носовой и кормовой оконечностях судна делают развитые надстройки – бак и ют.

Для достижения благоприятной (умеренной) бортовой качки используют специальные устройства – *успокоители качки*.

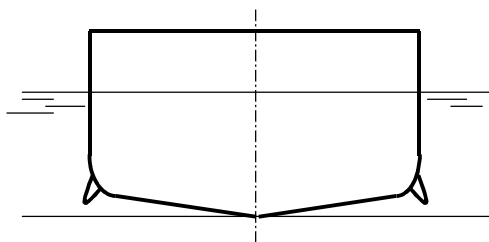


Рис. 3.27. Расположение скуловых килей

*Скуловые кили* (рис. 3.27) представляют собой пластины, устанавливаемые на скулах судна на протяжении 25...50 % длины судна. Их использование позволяет уменьшить резонансную амплитуду качки на 30...40 %.

*Успокоительные цистерны* – это цистерны, устанавливаемые по

бортам судна и соединенные между собой нижним и верхним каналами (рис. 3.28).

Цистерны примерно наполовину заполнены пресной или забортной водой или жидким топливом. Нижний жидкостный канал имеет клапан, который регулирует площадь его сечения таким образом, чтобы жидкость при качке переливалась с борта на борт с запаздыванием и тем самым создавался стабилизирующий момент. Недостатком этих цистерн, называемых *пассивными* (рис. 3.28,*а*), является уменьшение полезного объема и грузоподъемности судна, так как вес переливающейся жидкости в этом случае может достигать 1,5...3,0% от водоизмещения судна. Кроме того, пассивные цистерны хорошо работают в резонансном либо близких к нему режимах.

*Активные цистерны* (рис. 3.28,*б*), отличаются от пассивных тем, что жидкость с борта на борт переливается принудительно. Эти цистерны хорошо работают при любых режимах качки, но имеют более сложную конфигурацию и требуют затрат энергии.

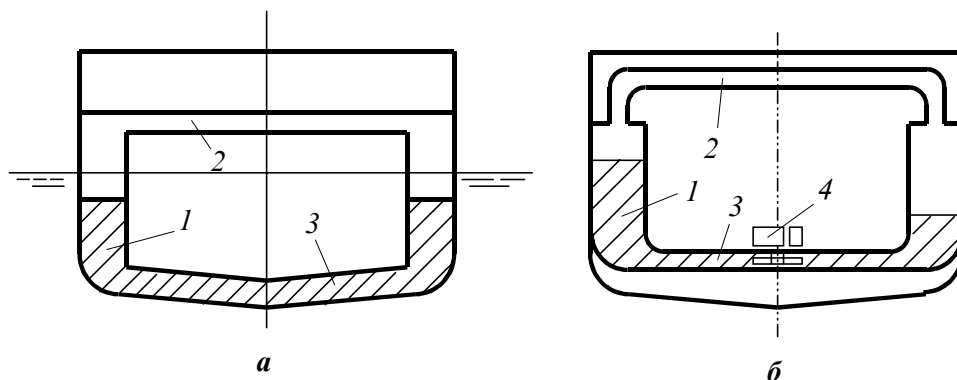


Рис. 3.28. Успокоительные цистерны:

1 – бортовые цистерны; 2 – воздушный канал;  
3 – водяной канал; 4 – насос

*Управляемые боковые рули* (рис. 3.29) устанавливаются в районе скул на миделе судна. Перекладка рулей в различных направлениях позволяет создавать при ходе судна силы разного знака, что обеспечивает возникновение стабилизирующего момента. При малых скоростях либо при отсутствии хода судна управляемые боковые рули малоэффективны.

*Гироскопические* успокоители представляют собой массивные,

разгоняемые до 3000 об/мин роторы, вес которых может составлять

0,5...1,0 % водоизмещения судна. Действие их основано на свойстве гироскопа сохранять неизменным положение в пространстве своей оси. Эти устройства являются самыми эффективными успокоителями качки и позволяют уменьшить ее амплитуду на 50...70 %. Однако большой вес и сложность устройства резко снижают область их применения.

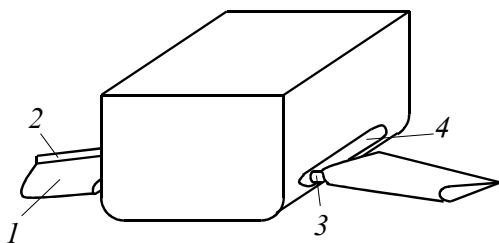


Рис. 3.29. Управляемые боковые рули:

1 – боковой руль; 2 – закрылок; 3 – бал-  
лер руля; 4 – ниша в корпусе судна

## 4. КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ СУДОВОГО КОРПУСА

### 4.1. Прочность судна

*Прочность судна* – это способность корпуса судна и его отдельных конструкций выдерживать действие различных нагрузок, не получая при этом остаточных деформаций и не разрушаясь.

В расчетах корпус судна представляют в виде пустотелой балки переменного по ее длине сечения. Изгиб корпуса в целом, как балки, называется общим продольным изгибом, а способность корпуса выдерживать возникающие при этом усилия – общей продольной прочностью. Местная прочность – это прочность отдельных корпусных конструкций.

Корпус плавающего судна воспринимает внешние силы: постоянные, действующие в течение всего периода эксплуатации, и переменные, действующие в течение какого-либо промежутка времени или периодически. К постоянным относятся силы веса (тяжести) корпуса судна, его механизмов, оборудования, перевозимого груза, запасов и пр. Эти силы направлены вертикально вниз. Силы поддержания (силы давления воды) на спокойной тихой воде также являются постоянными, они пропорциональны объему погруженной части судна и направлены вертикально вверх. К переменным внешним силам относятся инерционные силы, возникающие при качке, и волновые нагрузки, действие которых сопровождается ударами о наружную обшивку морских волн, и др.

При плавании судна на тихой воде на его корпус действуют силы тяжести и силы поддержания. Силы тяжести по длине судна распределены неравномерно. Их распределение зависит от типа судна, расположения машинного отделения (МО) по длине, количества груза в трюмах, количества и распределения судовых запасов, балласта и т. п. Силы поддержания будут наибольшими в средней части длины корпуса судна, плавно уменьшаясь к оконечностям.

Рассчитывая общую продольную прочность, выполняют следующие операции: корпус судна по длине делят на 20 теоретических шпаций; находят величину сил тяжести от составляющих веса корпуса, механизмов, оборудования, грузов на каждой шпации; строят в принятом масштабе кривую сил веса (тяжести); вычисляют величину сил поддержания в том же масштабе на каждой теоретической шпации; строят кривую сил поддержания.

Используя метод наложения двух кривых одна на другую и учитывая

при этом знаки, получим кривую нагрузки, которая действует на суднобалку, лежащее на упругом основании – воде. На рис. 4.1 видно, что в средней части имеется избыток сил поддержания, а в оконечностях – сил тяжести. Такое распределение нагрузки вызывает перегиб судна, при котором на палубе возникают напряжения растяжения, а в днище – напряжения сжатия. Если в средней части будет избыток сил тяжести, а в оконечностях – сил поддержания, то судно будет испытывать прогиб, а напряжения в палубе и днище поменяют знак. Таким образом, именно неравномерное распределение сил веса и сил поддержания по длине судна является причиной изгиба судна на тихой воде.

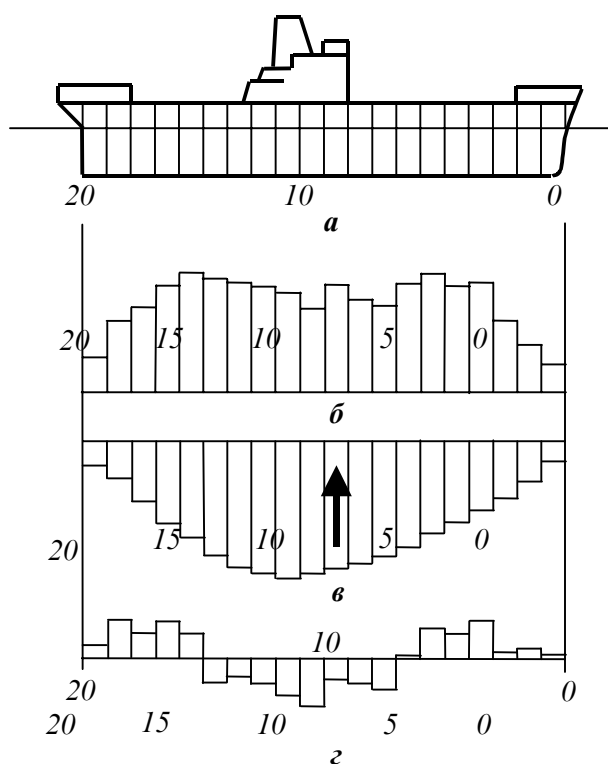


Рис. 4.1. Нагрузка судна:

**a** – судно на тихой воде; **б** – кривая сил веса; **в** – кривая сил поддержания (с приведением к ступенчатой кривой); **г** – результирующая кривая нагрузки, действующей на судно

При плавании судна на взволнованной поверхности происходит перераспределение сил поддержания (рис. 4.2). Если судно находится на вершине волны (рис. 4.2,**a**), то в средней части силы поддержания увеличиваются, а в оконечностях образуется избыток сил веса (тяжести).



В результате получается перегиб судна. На подошве волны (рис. 4.2,*б*) происходит обратное явление, и судно получает прогиб. Суммируя изгибающие моменты на тихой воде и на волнении, получаем расчетное значение изгибающего момента  $M_{изг}$ .

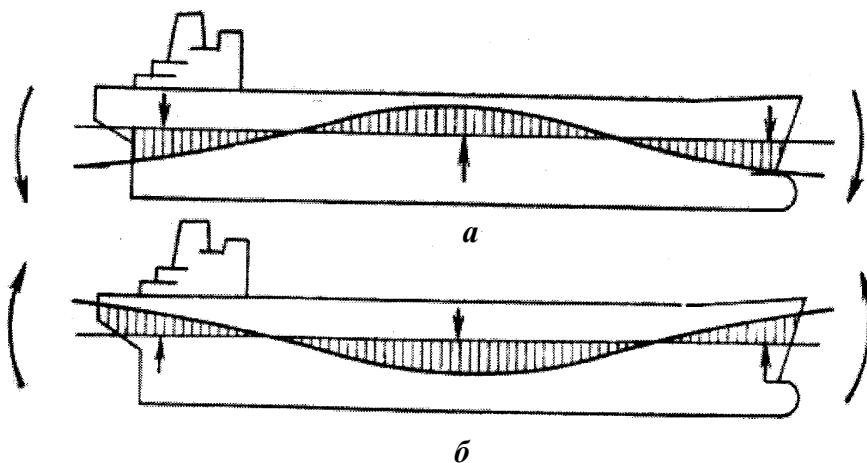


Рис. 4.2. Изгиб судна на волнении:  
*а* – на вершине волны; *б* – на подошве волны

При продольном изгибе максимальные напряжения будут возникать в наиболее удаленных связях – в палубе и днище судна. Полученные расчетные напряжения не должны превышать допустимые, регламентированные Правилами классификационного общества, на класс которого строится судно.

Необходимо отметить, что корпус судна, находясь на взволнованной поверхности, испытывает знакопеременные нагрузки: на подошве волны продольные связи сжаты, а в днище – растянуты, на вершине волны наблюдается обратная картина. Это отрицательно сказывается на долговечности судна.

При продольной качке судна на волнении часто наблюдается оголение носовой оконечности корпуса. Ее последующий вход в воду сопровождается ударом о поверхность воды (*слемингом*). В результате возникают большие гидродинамические нагрузки. Это обстоятельство должно учитываться при расчете продольной прочности судна введением поправки на действие динамической составляющей изгибающего момента.

Продольная прочность корпуса обеспечивается продольными конструктивными связями, имеющими протяженность не менее 15 % длины судна.

Кроме рассмотренных сил, возникающих при общем продольном

изгибе судна, отдельные конструкции корпуса испытывают различные местные нагрузки. Например, набор и настил палубы воспринимают вес грузов, расположенных на палубе, а днище и борта – давление забортной воды и т. д. Проверка прочности этих конструкций на действие местных нагрузок является задачей расчета местной прочности корпуса судна.

Одна из особенностей конструкций судового корпуса – наличие в нем большого числа балок и пластин, работающих в условиях сжатия. Известно, что при действии сжимающих усилий такие связи могут существенно отклоняться от первоначальной формы, т. е. терять устойчивость. Поэтому необходимо расчетом проверять устойчивость связей корпуса.

И наконец, вопросы прочности тесно связаны с вибрацией корпуса судна. Последняя вызывается действием периодических возмущающих сил, например, во время работы главного двигателя и гребных винтов. Наличие вибрации препятствует нормальной работе механизмов и приборов, отражается на самочувствии личного состава и в отдельных случаях может привести к разрушениям конструкций, нарушениям в режимах работы энергетического и судового оборудования, механизмов и приборов.

## 4.2. Конструкция корпуса судна

### 4.2.1. Системы набора

Корпус судна можно рассчитывать как оболочку, состоящую из отдельных жестко связанных между собой перекрытий. Каждое перекрытие образовано пересекающимися продольными и поперечными балками набора, перекрытыми обшивкой или настилом. Различают днищевые, бортовые и палубные перекрытия, поперечные и продольные переборки.

Опорный контур для каждого перекрытия образуют другие, смежные с ним перекрытия. Так, для днищевого перекрытия опорный контур образуют поперечные или продольные переборки и борта.

Среди пересекающихся балок набора различают балки *главного направления* и перпендикулярные или перекрестные связи. Балки главного направления определяют систему набора каждого перекрытия. Различают *поперечную, продольную и смешанную* системы набора (рис. 4.3).

При *поперечной системе набора* балки главного направления идут поперек судна, а длинная сторона пластин перекрытия, ограниченных набором, расположена поперек судна. Общая продольная прочность

обеспечивается настилами палуб, настилом двойного дна, наружной обшивкой и всеми продольными связями. Расстояние между балками главного направления называется поперечной шпацией и определяется по Правилам классификационного общества. Поперечная система набора для всех судовых перекрытий чаще всего применяется на относительно коротких судах, поскольку напряжения от общего продольного изгиба на этих судах невелики (100...130 м). На крупных судах поперечную систему набора применяют для бортовых перекрытий и промежуточных палуб, так как основными нагрузками, определяющими размеры прочных связей перекрытий, являются поперечные – гидростатическое давление воды и ледовые усилия, а напряжения от продольного изгиба (из-за близости к нейтральной оси) будут небольшими.

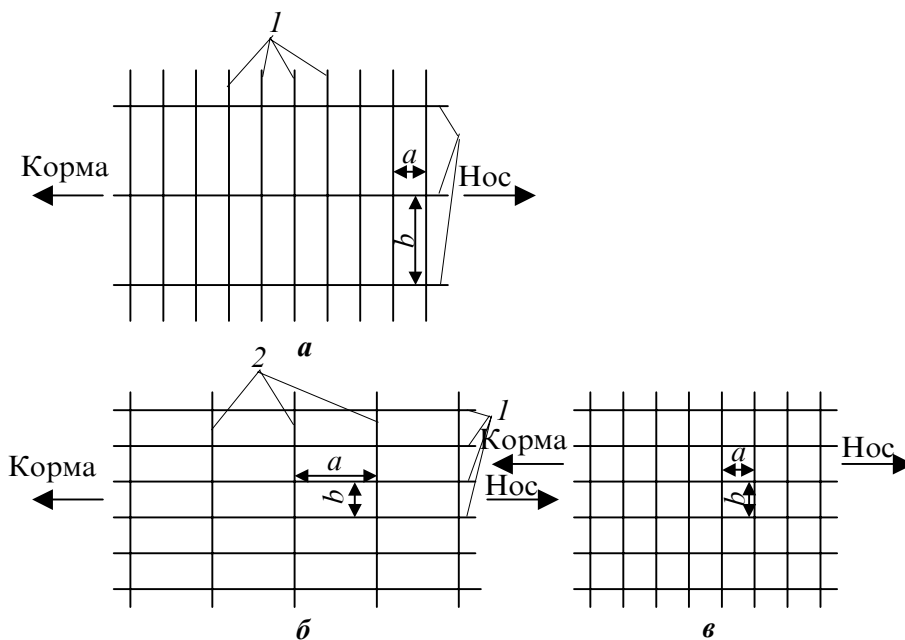


Рис. 4.3. Система набора:

*a* – поперечная; *b* – продольная; *v* – смешанная;  
 1 – балки главного направления; 2 – перекрестные связи

Необходимо также подчеркнуть, что на сухогрузных судах расстояние между поперечными переборками значительно больше расстояния между палубой и днищем или между палубами. Вследствие этого установка балок параллельно меньшей стороне контура будет более рациональна, так как при этом не требуется установка перекрестных связей (удобно при размещении груза в трюмах).

Применение поперечной системы набора на более длинных судах

приводит к резкому возрастанию толщины листов палубы и днища и, следовательно, к увеличению массы корпуса. К преимуществам поперечной системы набора следует отнести меньшую трудоемкость стыковки секций на стапеле, а также, при небольшом количестве продольных перекрестных связей, простоту обеспечения непроницаемости поперечных переборок.

При *продольной системе набора* балки главного направления расположены вдоль судна, а перекрестные связи (в виде рам) – поперек. Известно, что пластина, сжимаемая вдоль длинной стороны, теряет устойчивость, когда напряжения в четыре раза больше, чем при ее сжатии вдоль короткой стороны. Используя для перекрытий, которые испытывают в процессе изгиба судна максимальные сжимающие усилия, стали повышенной прочности, можно получить значительный выигрыш в металле и, следовательно, увеличить грузоподъемность судна. Продольная система набора на судах более 100...130 м длиной применяется для днищевых и палубных перекрытий, а на судах длиной более 180 м – и для бортовых перекрытий. К недостаткам продольной системы набора следует отнести большую трудоемкость стыковки секций на стапеле и сложность обеспечения непроницаемости поперечных переборок.

Применение высокопрочных сталей дает выигрыш в массе при использовании не только продольной системы набора, но и любой другой. Однако экономический выигрыш в этом случае не будет столь значительным, если учесть более высокую стоимость этих сталей.

При *смешанной системе набора* примерно одинаковое количество балок идет вдоль и поперек судна, а конфигурация пластин перекрытия близка к квадрату. Эту систему набора применяют в том случае, когда требуется, чтобы перекрытие не только обеспечивало общую продольную прочность, но и выдерживало значительные усилия от местных нагрузок (например, настил второго дна рудовоза или днищевое перекрытие в МКО судна).

*Комбинированная система набора* представляет собой сочетание нескольких систем в составе одного перекрытия или корпуса судна в целом. Например, при общем продольном изгибе максимальные растягивающие и сжимающие усилия воспринимают перекрытия верхней палубы и днища, поэтому они набираются по продольной системе набора. Бортовые перекрытия, нижние палубы и все перекрытия в оконечностях, испытывающие в основном местные нагрузки, набираются по поперечной системе набора. Комбинированная система набора применяется на крупнотоннажных сухогрузных и наливных судах. Использование этой системы дает экономию металла при изготовлении корпусов судов. Недостаток комбинированной системы – сложность конструктивного перехода от одной системы к другой.

#### 4.2.2. Корпус судна и его основные элементы

Корпус (рис. 4.4 и 4.5) – это коробчатая металлическая конструкция, состоящая из набора, обшивки, переборок, настилов палуб и платформ. Она обеспечивает плавучесть и прочность судна, а также возможность размещения людей, грузов, оборудования, вооружения и т. п. в соответствии с его назначением.

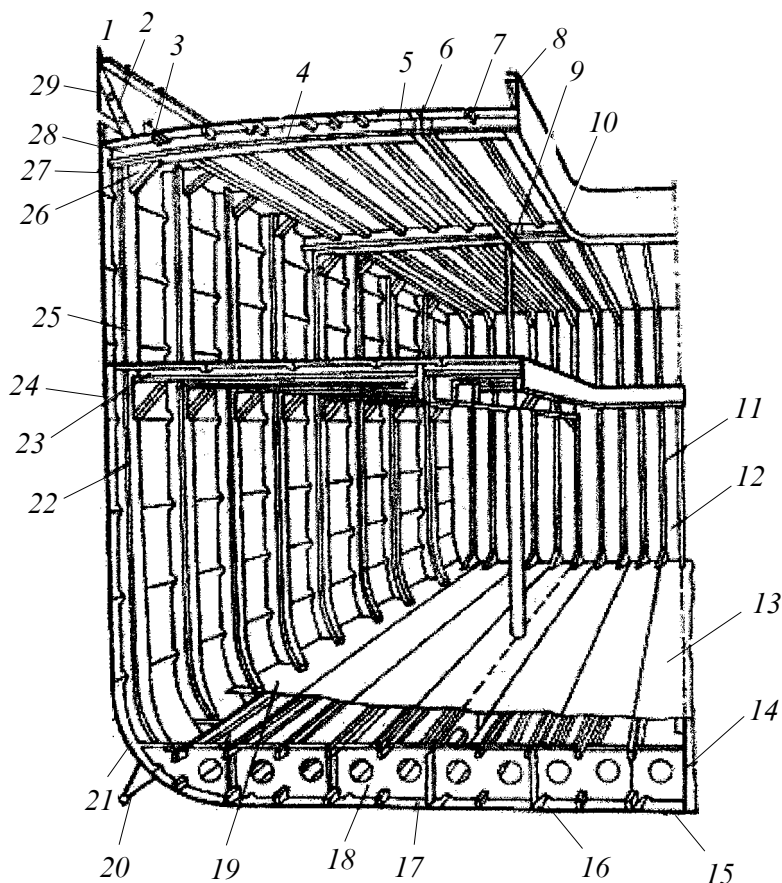


Рис. 4.4. Поперечный разрез сухогрузного судна:

1 – планширь судна; 2 – стойка фальшборта; 3 – полоса ватервейса; 4 – рамный бимс; 5 – настил палубы; 6 – карлинг; 7 – продольная подпалубная балка; 8 – комингс люка; 9 – пиллерс; 10 – концевой бимс; 11 – стойка переборки; 12 – непроницаемая переборка корпуса; 13 – настил второго дна; 14 – вертикальный киль; 15 – горизонтальный киль; 16 – днищевой стрингер; 17 – наружная днищевая обшивка; 18 – флор; 19 – крайний междудонный лист судна; 20 – скуловой киль; 21 – скуловой пояс

*Наружная обшивка* – непроницаемая оболочка корпуса, которая вместе с поддерживающим ее набором образует борта, днище и оконечности судна. Непрерывная по всей длине палуба, до которой доходят поперечные водонепроницаемые переборки, называется *верхней палубой*. На ряде судов (на расстоянии не менее 600 мм от днища параллельно основной плоскости) устанавливается *второе дно* судна, представляющее собой настил из листов с подкрепляющими снизу балками.

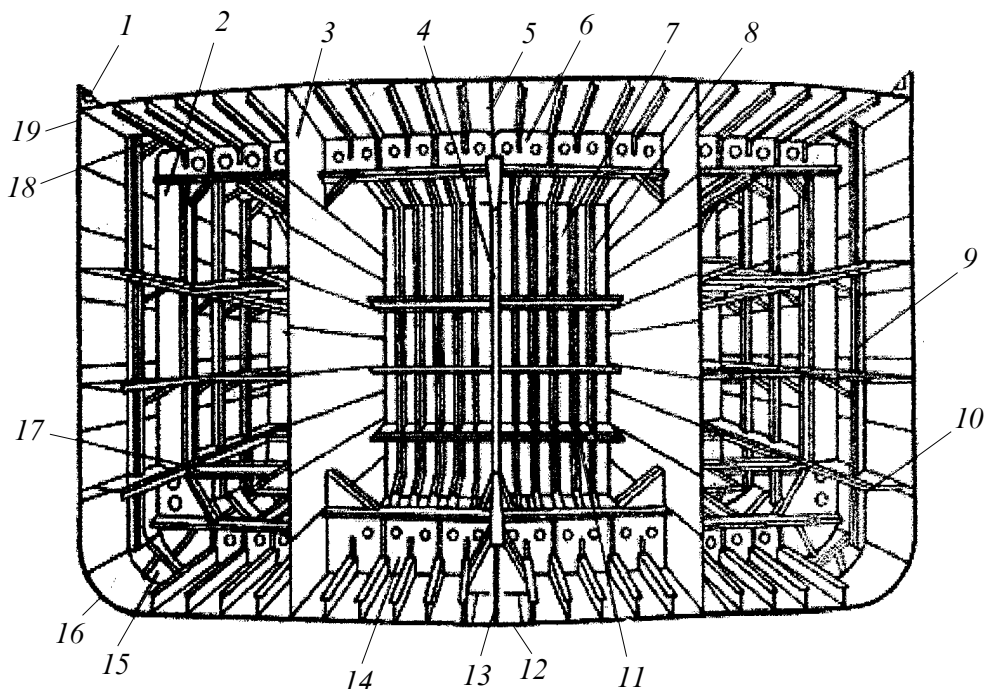


Рис. 4.5. Поперечный разрез нефтеналивного судна:

1 – стрингерный угольник; 2 – рамный шпангоут; 3 – продольная переборка корпуса; 4 – доковая стойка переборки; 5 – карлингс; 6 – рамный бимс; 7 – поперечная переборка корпуса судна; 8 – стойка переборки судна; 9 – шпангоут; 10 – бортовой стрингер; 11 – горизонтальная рама переборки; 12 – горизонтальный киль; 13 – вертикальный киль; 14 – флор; 15 – скуловая кница; 16 – скуловой пояс наружной обшивки; 17 – распорка корпуса; 18 – продольная подпалубная балка; 19 – ширстрек

Наружная обшивка, палубный настил и настил второго дна являются основными прочными связями, обеспечивающими общую продольную прочность судна.

Наружная обшивка состоит из *поясьев*, расположенных длинной стороной вдоль судна. Ширина поясьев 1,5...3,2 м, длина – до 16 м.

Соединение поясьев по длинной стороне называется *пазом*, а по короткой – *стыком*. Разбивку наружной обшивки на поясья производят на чертеже, который называется *растяжкой наружной обшивки* и представляет собой развертку наружной обшивки одного борта на плоскость. Поясья наружной обшивки, образующие ее днищевую часть, называют *днищевыми*, образующие бортовую – *бортовыми*. Верхний пояс бортовой обшивки называется *ширстрек*; пояс, идущий между днищем и бортом, – *скуловым*; средний пояс, идущий вдоль днища симметрично ДП, – *горизонтальным килем*. Крайний, примыкающий к борту лист палубного настила называют *палубным стрингером*. Ширстрек, горизонтальный киль и палубный стрингер утолщают, по сравнению с другими поясьями. Бортовая обшивка у судов ледового плавания в районе ватерлинии делается утолщенной и образует так называемый *ледовый пояс*.

Внутренний объем корпуса разделяется на отсеки продольными и поперечными переборками – вертикальными стенками из листов с набором.

Усиленная продольная балка, проходящая в ДП судна по всей его длине или части длины, называется *вертикальным килем*. Туннельный киль состоит из двух связанных вертикальных балок, расположенных рядом симметрично ДП судна.

Бортовой и днищевой *стрингеры* – это усиленные продольные балки набора корпуса судна в составе бортового или днищевого перекрытия соответственно.

Поперечная связь днищевого перекрытия в виде листов и подкрепляющего набора или поперечных балок, идущих изнутри по наружной обшивке днища и снизу настила второго дна, соединенных бракетами, называется *флором*.

*Шпангоут* – это поперечная балка бортового перекрытия. *Бимс* – поперечная балка палубного набора. Различают концевой бимс – усиленный бимс, совпадающий с поперечной кромкой выреза грузового люка, и *полубимс*, проходящий от борта до *карлингса* или до выреза в палубе. Шпангоуты и бимсы увеличенных размеров называются *рамными*. *Карлингс* – усиленная продольная балка палубного перекрытия. Рама, расположенная по периметру в поперечном сечении корпуса судна и состоящая из последовательно соединенных друг с другом балок поперечного набора (флоров, шпангоутов, бимсов), называется *шпангоутной рамой*.

*Кница* – листовая деталь треугольной формы, предназначенная для соединения набора корпуса судна. *Бракета* – листовая деталь прямоугольной (или близкой к ней) формы, предназначенная для соединения набора корпуса судна и присоединения его к обшивке или настилу судна.

*Пиллерс* – отдельно стоящая стойка для поддержания палуб или других конструкций судна.

*Комингс* – конструкция, окаймляющая вырез в палубе, платформе, переборке, настиле второго дна и бортах судна.

*Днище судна* состоит из днищевых перекрытий, заключенных между бортами и переборками. В процессе эксплуатации судна днищевые перекрытия испытывают нагрузки от общего продольного изгиба, веса груза в трюме и давления воды на корпус. В зависимости от условий эксплуатации, размеров и назначения судна днищевые перекрытия могут иметь различную конструкцию.

Согласно Правилам Российского Морского Регистра судоходства и Регистра судоходства Украины, если длина судна менее 50 м, днищевые перекрытия могут выполняться без настила второго дна; если 50...61 м – установка настила второго дна обязательна в МО и в нос от него до переборки форпика; если более 61 м – настил второго дна устанавливают от переборки форпика до переборки ахтерпика. Днищевые перекрытия могут набираться по различным системам набора, причем размеры элементов набора определяют по соответствующим Правилам с последующим проверочным расчетом прочности.

*Днищевое перекрытие без второго дна, набранное по поперечной системе набора.* Основными элементами набора являются вертикальный киль, стрингеры и флоры. *Вертикальный киль* устанавливают в диаметральной плоскости от форпиковой до ахтерпиковой переборки. Параллельно вертикальному килю расположены *днищевые стрингеры*. Поперек судна на каждом шпангоуте установлены *сплошные флоры*, в которых для уменьшения веса сделаны вырезы, подкрепленные ребрами жесткости. Вертикальный киль выполняют неразрезным, а стрингеры разрезают на каждом флоре. Рассмотренная конструкция днища применяется на небольших сухогрузных судах.

*Днищевое перекрытие без второго дна, набранное по продольной системе набора* (см. рис. 4.5). Такую конструкцию имеют днищевые перекрытия в танках нефтеналивных судов. В зависимости от размеров судна в грузовых танках устанавливают 1...3 продольные переборки. Днищевой набор каждого отсека состоит из продольных балок, высоких флоров и вертикального киля (если установлены две продольные переборки). Продольные балки рекомендуется пропускать, не разрезая, вдоль всех грузовых танков. Сплошные флоры разрезают на вертикальном киле и продольных переборках. В бортовых отсеках флоры переходят в рамные шпангоуты и стойки продольных переборок. В средних танках они устанавливаются в плоскости рамных стоек продольных переборок и присоединяются к ним с помощью книц. В нижней части флоров для прохода продольных ребер жесткости делают вырезы, которые используются для перетока нефтепродуктов. Чтобы обеспечить сток



нефтепродуктов к какому-либо борту, в продольных ребрах жесткости также делают вырезы – шпигаты или голубницы.

*Днищевое перекрытие со вторым дном, набранное по поперечной системе набора* (рис. 4.6). Настил второго дна обеспечивает общую продольную прочность корпуса, удобство укладки груза и обслуживания трюма, препятствует проникновению воды внутрь судна при аварийных повреждениях днища. В диаметральной плоскости установлен вертикальный киль. Параллельно килю с каждого борта идут стрингеры, число которых зависит от ширины судна. Поперек судна располагают флоры, которые могут быть сплошными и открытыми (рис. 4.7). В свою очередь, сплошные флоры бывают проницаемыми и водонепроницаемыми, а открытые – бракетными и облегченными. По Правилам Регистра России (Украины) сплошные флоры устанавливают на расстоянии не более 4 шпангоутных расстояний (но не реже 3,6 м). Между сплошными флорами на каждом шпангоуте устанавливают открытые (бракетный или облегченный) флоры. Облегченный флор, в отличие от проницаемого, имеет вырезы больших размеров. Сплошные водонепроницаемые флоры выгораживают междудонные отсеки. Флоры приваривают к междудонному листу, который устанавливают нормально к наружной обшивке в районе скулы. Иногда междудонный лист ставится горизонтально. К крайнему междудонному листу присоединяют скуловые кницы, соединяющие днищевой набор с бортовым.

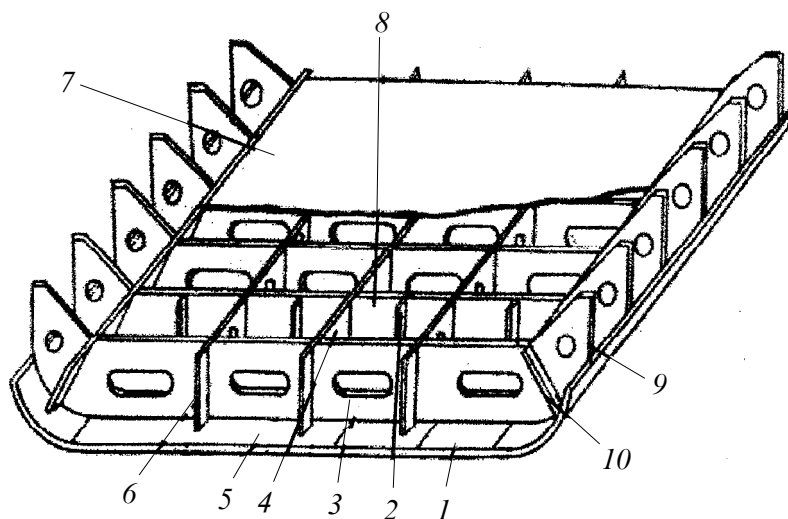


Рис. 4.6. Конструкция днищевое перекрытия с двойным дном при поперечной системе набора:

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

Днищевое перекрытие со вторым дном, набранное по продольной системе набора (см. рис. 4.4), чаще всего встречается на крупных сухогрузных судах и танкерах, конструкция которых удовлетворяет требованиям Международной конвенции 1973 г. о незагрязнении моря с судов. Основными элементами днищевого набора при продольной системе являются: вертикальный киль (может быть туннельным); стрингеры; продольные балки, идущие в одной плоскости под настилом второго дна и по наружной обшивке днища; флор. Вертикальный киль располагают в диаметральной плоскости. Количество днищевых стрингеров с каждого борта (в зависимости от ширины судна) колеблется от 1 до 3. На каждом третьем шпангоуте устанавливают сплошные флоры, в которых делают вырезы для прохода продольных ребер жесткости.

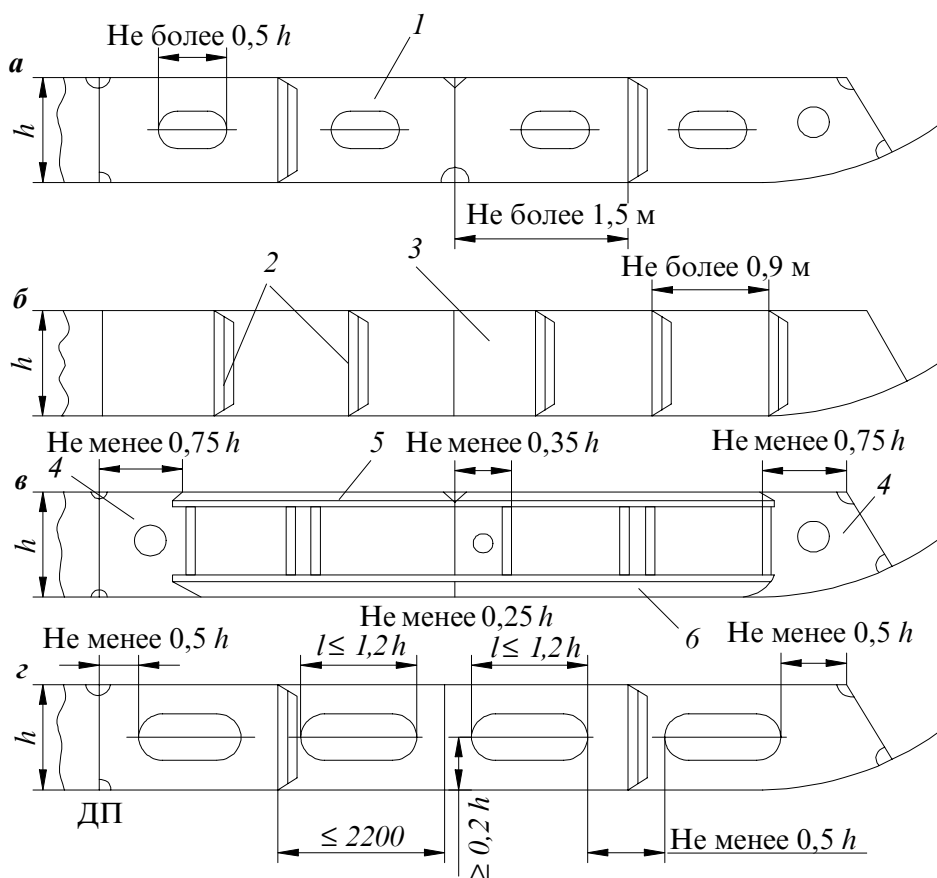


Рис. 4.7. Виды флоров:

**а** – сплошной и проницаемый; **б** – сплошной непроницаемый; **в** – открытый бракетный; **z** – открытый облегченный; **1** – сплошной флор; **2** – ребра жесткости; **3** – непроницаемый флор; **4** – бракета; **5** – верхняя балка; **6** – нижняя балка

При прохождении через сплошной водонепроницаемый флор продольные балки разрезают либо пропускают с последующей приваркой (в местах прохода) специальных заделок.

*Бортовое перекрытие, набранное по поперечной системе набора* (см. рис. 4.4, 4.5), применяется на сухогрузных судах, ледоколах и танкерах. Основными элементами набора являются шпангоуты. При наличии нескольких палуб различают трюмные и твиндечные *шпангоуты*. Для увеличения местной прочности бортовые перекрытия могут быть усилены рамными шпангоутами и бортовыми стрингерами. *Рамные шпангоуты* ставят через четыре шпации. Количество *бортовых стрингеров* 1...3 – в зависимости от высоты борта. Рамные шпангоуты ставят в плоскости рамных бимсов и сплошных флоров, а бортовые стрингеры – в плоскости мощных горизонтальных ребер жесткости переборок – шельфов. В трюмах сухогрузных судов применяют так называемую монотонную систему набора бортовых перекрытий. В этом случае высоту стенок всех трюмных шпангоутов и стрингеров делают одинаковой, что обеспечивает удобство укладки грузов в трюмы.

*Бортовое перекрытие, набранное по продольной системе набора* (рис. 4.8),

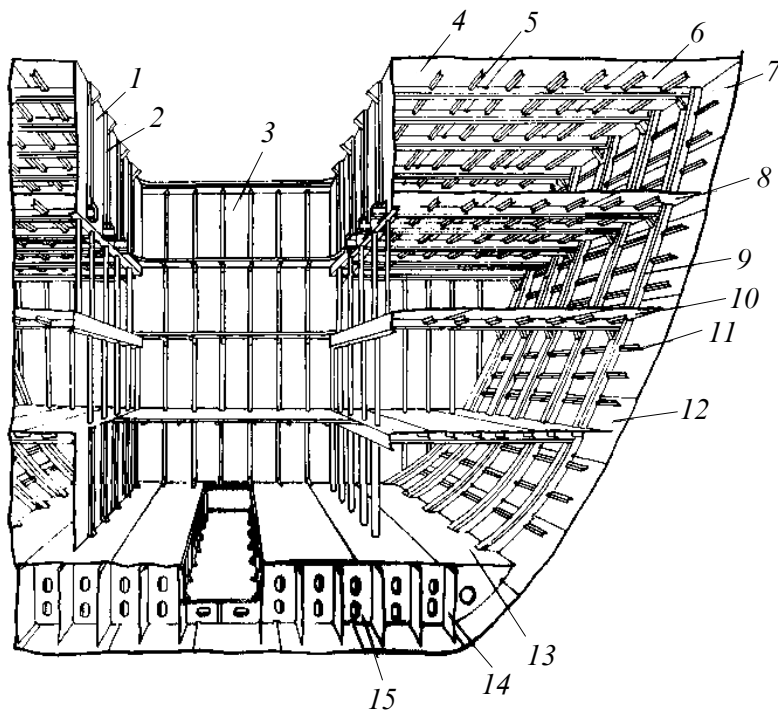


Рис. 4.8. Конструкция борта при продольной системе набора:  
 1 – стенка шахты МО; 2 – стойка шахты; 3 – переборка поперечная; 4 – настил палубы юта; 5 – подпалубное ребро жесткости; 6 – стрингер палубный; 7 – ширстрек; 8 – палуба переборок; 9 – шпангоут рамный; 10 – платформа МО; 11 – ребро жесткости борта; 12 – обшивка борта; 13 – настил второго дна; 14 – стрингер днищевой; 15 – флор сплошной

применяется на крупнотоннажных танкерах и нефтерудовозах. Основными элементами набора являются *продольные ребра жесткости и рамные шпангоуты*. Вдоль борта (в районе грузовых отсеков) идут горизонтальные продольные балки, размеры которых определяют с учетом их положения по высоте в зависимости от гидростатического давления. Нижние балки более мощные, чем верхние. Рамные шпангоуты также могут иметь переменную высоту стенки: большую – у скулы и меньшую – у палубы. Применение этой системы на танкерах дает некоторый выигрыш в массе корпуса. На контейнеровозах (с целью получения ящичной конструкции трюмов) и танкерах (для снижения вероятности разлива нефти из танков при столкновении с другими судами) борта выполняют двойными с выносом набора в междубортное пространство.

*Палуба* – это система горизонтальных перекрытий, идущих по всей длине и ширине судна. *Платформа* – горизонтальное перекрытие в пределах одного отсека или его части.

Верхняя палуба рассчитывается на действие усилий от общего изгиба, а также на действие местных нагрузок: массы палубного груза; давления воды, заливающей палубу во время шторма; массы льда при обмерзании в зимних условиях.

*Палуба сухогрузного судна, набранная по поперечной системе набора* (рис. 4.9). Такая система набора применяется на коротких судах, так

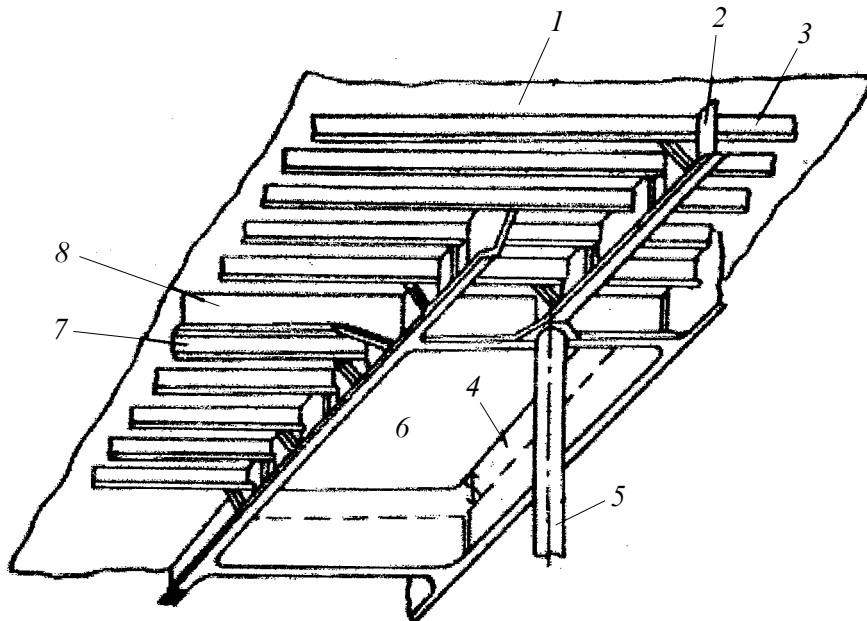


Рис. 4.9. Конструкция палубы сухогрузного судна при поперечной системе набора:

1 – настил палубы; 2 – карлингс; 3 – бимс обыкновенный; 4 – комингс люка; 5 – пиллерс; 6 – люк; 7 – полубимс; 8 – бимс концевой

как на них действует небольшой изгибающий момент, а устойчивость настила при сжатии обеспечивается его толщиной. Палубы сухогрузных судов отличаются наличием больших вырезов – *грузовых люков*, имеющих комингсы. Под палубой набор состоит из *бимсов и полубимсов*. Шпангоуты борта, флоры днища и бимсы совместно образуют шпангоутную раму. Вдоль судна идут *карлингсы*, которые в районе грузовых люков совмещаются с их продольными комингсами, образуя конструкции, называемые *комингс-карлингсами*. Карлингсы могут располагаться в ДП, тогда продольные комингсы продолжают за поперечными на две-три шпации и оканчиваются "на ус". Поперечные комингсы продолжают под палубой концевыми бимсами. Для уменьшения массы палубных перекрытий по концам грузового люка в ДП либо по его углам ставятся пиллерсы (два или четыре соответственно). На крупнотоннажных судах вместо пиллерсов могут быть установлены *полупереборки* протяженностью от поперечной переборки трюма до поперечного комингса люка.

*Палуба сухогрузного судна, набранная по продольной системе набора* (см. рис. 4.4). При этой системе набора бимсы делают рамными и располагают в плоскости бортовых рамных шпангоутов. Продольные ребра жесткости проходят сквозь рамные бимсы. В состав палубных перекрытий (для обеспечения устойчивости) включаются мощные продольные балки – *карлингсы*, совмещающиеся в районе люков с их продольными комингсами. Эта система дает некоторый выигрыш в массе корпуса судна, но отнимает больше полезной кубатуры под палубой, чем поперечная. Поэтому она применяется относительно редко и только на крупных судах.

*Палуба танкера, набранная по продольной системе набора* (см. рис. 4.5). Основными элементами набора являются продольные ребра жесткости, рамные бимсы и карлингсы. Подпалубные продольные ребра жесткости устанавливаются в плоскости днищевых продольных балок. Рамные бимсы, через которые проходят продольные ребра жесткости, служат для них опорами. Они крепятся к рамным шпангоутам и стойкам продольных переборок с помощью книц. В среднем танке рамные бимсы раскрепляют кницами к карлингсу в ДП – отбойному листу, который уменьшает площади свободных поверхностей жидкого груза и, следовательно, улучшает остойчивость.

*Палубный набор нижних грузовых палуб сухогрузных судов* (см. рис. 4.4) выполняется по поперечной системе, которая эффективнее воспринимает поперечную нагрузку и исключает применение высоко выступающих балок усиленных бимсов, отнимающих кубатуру трюма.

*Главные поперечные и продольные переборки* делят корпус на отсеки, обеспечивая непотопляемость судна. Они относятся к числу основных

конструкций корпуса, а также участвуют в обеспечении общей и местной прочности.

Первая носовая поперечная переборка называется *переборкой фортика* (таранной). Крайний кормовой отсек судна – *ахтертик* образуется *ахтертиковой* переборкой. Количество поперечных переборок на гражданских судах определяется Правилами Российского Морского Регистра судоходства и Регистра судоходства Украины в зависимости от назначения судна.

Продольные и поперечные переборки устанавливаются на наружную обшивку днища, а на судах с двойным дном – на настил второго дна. При этом во втором дне должен находиться сплошной водонепроницаемый флор под поперечной переборкой либо стрингер без вырезов под продольной переборкой.

Поперечные и продольные переборки состоят из полотнища и набора. *Полотнище* состоит из стальных листов, расположенных обычно горизонтально, причем их толщина убывает снизу вверх пропорционально гидростатическому давлению воды, на действие которого рассчитывается прочность переборок. *Набор* состоит из балок (угольников, полособульбов, тавров), устанавливаемых вертикально (*стоек*) или горизонтально (*горизонтальных ребер жесткости*). На крупных судах, кроме балок главного направления, устанавливают перекрестные связи, называемые *шельфами*, если они идут горизонтально, или *рамными стойками* – если вертикально. Стойку, расположенную в ДП, называют доковой. Она изготавливается усиленной, так как воспринимает реакции кильблоков при постановке судна в док.

На танкерах получили распространение *гофрированные поперечные и продольные переборки*. Они изготовлены из волнистых и коробчатых гофр, причем продольные переборки имеют горизонтально расположенные гофры, а поперечные – горизонтальные или вертикальные гофры. Гофрированные переборки имеют ряд преимуществ: масса таких переборок на 20...25 % меньше, чем масса обычных; трудоемкость их изготовления на 10...15 % ниже; упрощается зачистка танков. Недостатком является сложность их изготовления. На крупных танкерах гофрированные переборки почти не применяют, так как указанные преимущества практически исчезают.

*Форштевень* (рис. 4.10) – это стальной брус в носовой оконечности, принимающий на себя удары о грунт, причал, лед, при столкновении с другими судами. Форштевни бывают литыми, коваными и сварными, состоящими из одной или нескольких частей, соединяемых с помощью сварки. К форштевню приваривают листы наружной обшивки. Палубы и бортовые стрингеры приваривают к горизонтальным ребрам – *брейтукам*, а вертикальный киль – к продольному ребру жесткости форштевня.

*Ахтерштевень* (рис. 4.11) – литая или сварная конструкция в кормовой оконечности, к которой крепятся листы наружной обшивки и элементы набора корпусных конструкций. На одновинтовых судах ахтерштевень состоит из двух основных частей: *старнпоста* и *рудерпоста*. *Старнпост* является одной из опор дейдвудной трубы, проходящей через отверстие в яблоке ахтерштевня. К *рудерпосту* на петлях с помощью штырей подвешивают перо руля. Старнпост и рудерпост вверху соединяются аркой, а внизу – подошвой, образуя таким образом окно ахтерштевня.

Если руль – полубалансирный, то рудерпост не связан внизу со старнпостом. В этом случае ахтерштевень образует корму "открытого" типа.

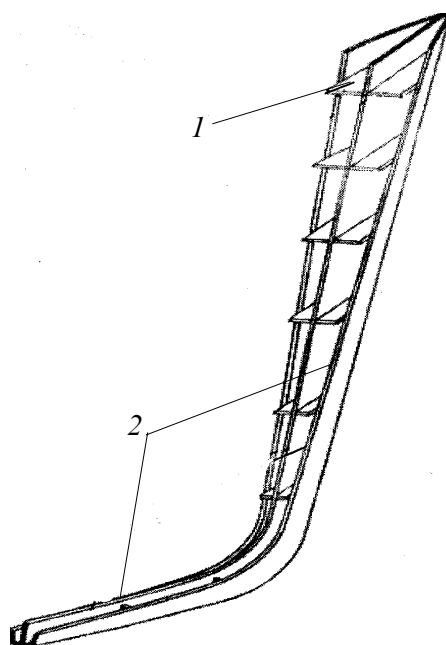
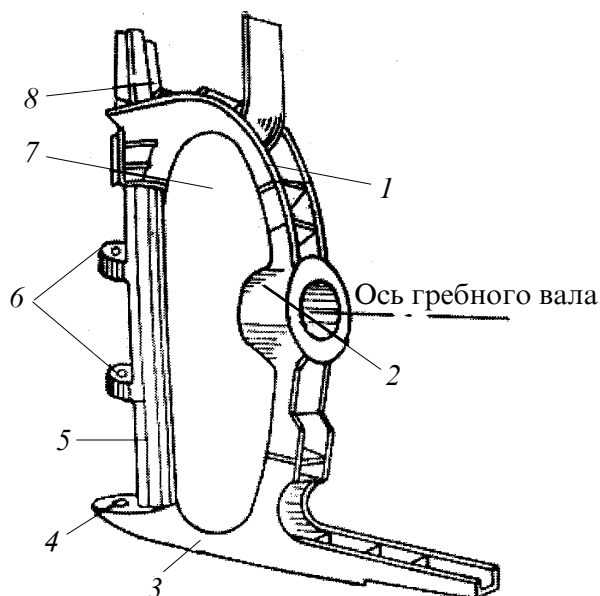


Рис. 4.10. Форштевень сварной:

1 – брештуки; 2 – продольное ребро жесткости

Рис. 4.11. Ахтерштевень одновинтового судна:

1 – старнпост; 2 – яблоко; 3 – подошва; 4 – пятка; 5 – рудерпост; 6 – петли руля; 7 – окно; 8 – арка



*Кронштейны гребных валов* – это опорные конструкции для бортовых гребных валов. Они бывают литыми и (реже) сварными, однолапыми и двулапыми.

*Мортиры* (рис. 4.12) представляют собой отливки, присоединенные к наружной обшивке, через которые выходят из корпуса гребные валы на многовалных судах. Мортира служит промежуточным подшипником гребного вала и местом установки уплотнительного устройства, исключающего попадание воды внутрь корпуса. Крепят ее с помощью сварки.

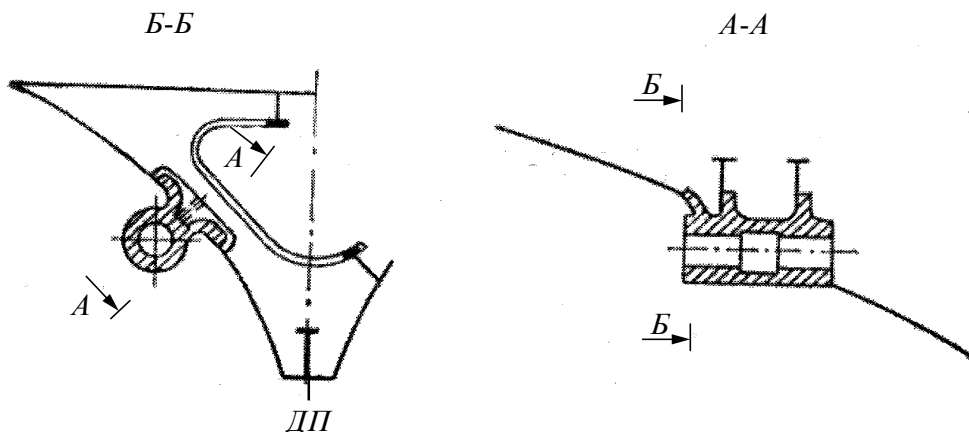


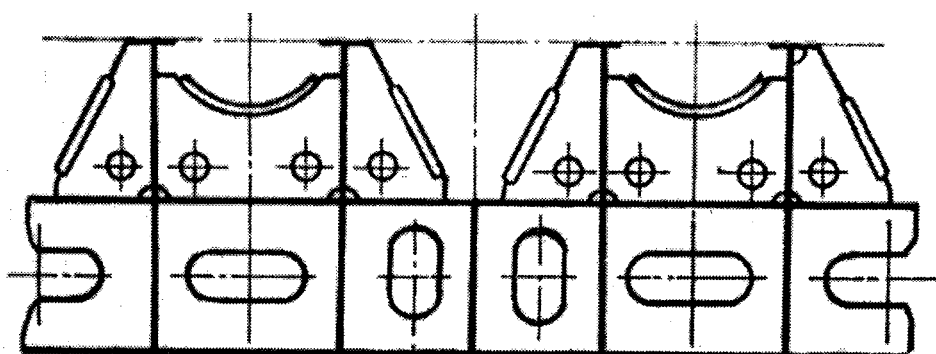
Рис. 4.12. Мортира

*Фальшборт* – конструкция из листов с подкрепляющим набором, основным элементом которого являются стойки, устанавливаемые через одну-две шпации. С помощью стоек фальшборт крепится к палубе. Поверх листа фальшборта приваривают полосу из профильной или листовой стали, называемую *планишем*. В нижней части фальшборта делают вырезы – *штормовые портики*, предназначенные для стока за борт воды, попавшей на палубу. Назначение фальшборта – предупреждение падения людей за борт и защита палуб от попадания больших масс воды при сильном волнении.

Главные, вспомогательные и палубные механизмы, предметы оборудования, детали устройств устанавливают на *фундаментах*, состоящих из продольных и поперечных балок, подкрепленных *бракетами* и *кницами* (рис. 4.13). Фундаменты воспринимают статические нагрузки от веса установленного оборудования; знакопеременные нагрузки во время работы неуравновешенных механизмов; инерционные силы, возникающие при качке и распределяющиеся на основные связи корпуса, которые подкрепляются в этом районе дополнительно.



*Надстройка* – это закрытое сооружение на верхней непрерывной палубе, простирающееся по ширине от борта до борта или отстающее от обоих бортов на расстояние, не превышающее 0,04 ширины судна. По месту расположения надстройки делятся на *носовую (бак)*, *среднюю* и *кормовую (ют)*. Если длина средней надстройки более 15 % длины судна, то она называется длинной, менее 15 % длины судна – короткой. Длинная надстройка участвует в обеспечении общей продольной прочности. Надстройки состоят из плоских перекрытий, образующих борта, палубы, лобовую и концевую переборки. В качестве набора применяют полособульбовый или угловой профильный прокат.



ДП

Рис. 4.13. Фундаменты под дизель-генераторы

Надстройка называется *рубкой*, если расстояние от ее боковых стенок до борта более 0,04 ширины судна. Рубка состоит из перекрытий. Вертикальные перекрытия, ограничивающие рубку, называют *стенками*. Верхнее перекрытие рубки называют *крышей*, если оно не шире рубки, или *палубой*, если доходит до бортов. Конструкция перекрытий такая же, как и у надстроек. Иногда вертикальные перекрытия рубки делают гофрированными.

На пассажирских судах с длинными многоярусными рубками для уменьшения участия рубок в общем продольном изгибе корпуса разработаны специальные скользящие соединения, допускающие незначительные продольные перемещения их частей.

В последнее время надстройки и рубки изготавливают из алюминево-магниевого сплава. Это уменьшает их массу, приводит к снижению центра тяжести (центра масс) судна и, следовательно, к увеличению остойчивости.

*Выгородки* служат для образования судовых помещений в междупалубных пространствах корпуса, надстроек и рубок. Их делают с прива-

ренным набором, с отбортованными кромками, гофрированными. Выгородки изготавливают из стали или из алюминиево-магниевого сплава. Толщина листов выгородок 1...5 мм. На судне выгородки крепят к заранее установленным комингсам. Выгородку и комингс из одного материала сваривают, а из разных (выгородка из алюминиево-магниевого сплава, а комингс из стали) приклепывают или устанавливают на биметаллические планки с целью исключения электрохимической коррозии. При этом в заклепочном соединении между комингсом и выгородкой устанавливают тиколовую прокладку, а соединяемые поверхности грунтуют.

*Шахтами* называют специально выгороженные пространства (колодцы), идущие через несколько палуб в корпусе и надстройке (шахта машинно-котельного отделения, аварийные выходы). По конструкции шахты близки к выгородкам.

### 4.3. Соединения деталей корпуса судна

В настоящее время в судостроении применяют сварные, заклепочные, клеевые и резьбовые соединения. Преобладающим типом соединений является сварное. Широкое внедрение сварки в судостроение обусловлено большой прочностью соединения, высокой технологичностью, снижением расхода металла и общей трудоемкости, улучшением условий труда.

Наиболее распространенными типами сварных соединений являются стыковые, тавровые, крестовые и угловые (рис. 4.14). Кромкам, подлежащим сварке, придается необходимая форма: производится их разделка без скоса либо со скосом (односторонним, двусторонним, прямолинейным или криволинейным).

Основной вид сварки – электродуговая (ручная, полуавтоматическая, автоматическая). Автоматическая и полуавтоматическая сварка может выполняться под слоем флюса и в среде защитных газов (сталь – в углекислом газе, алюминиево-магниевого сплавы – в аргоне). Сварные швы (сплошные, прерывистые, точечные) могут выполняться и в любом пространственном положении.

*Заклепочные соединения* применяют при изготовлении конструкции из тонких алюминиево-магниевого листов, а также при соединении надстройки из легких сплавов с корпусом из стали. Иногда заклепочные соединения применяются на крупных морских стальных судах для выполнения так называемых барьерных швов (соединение ширстрека с палубным стрингером), препятствующих появлению и распространению трещин. Типы заклепок и заклепочных соединений изображены

на рис. 4.15 и 4.16. Диаметры заклепок, расстояния между ними (шаг), материал и различные требования регламентируются Правилами Рос-

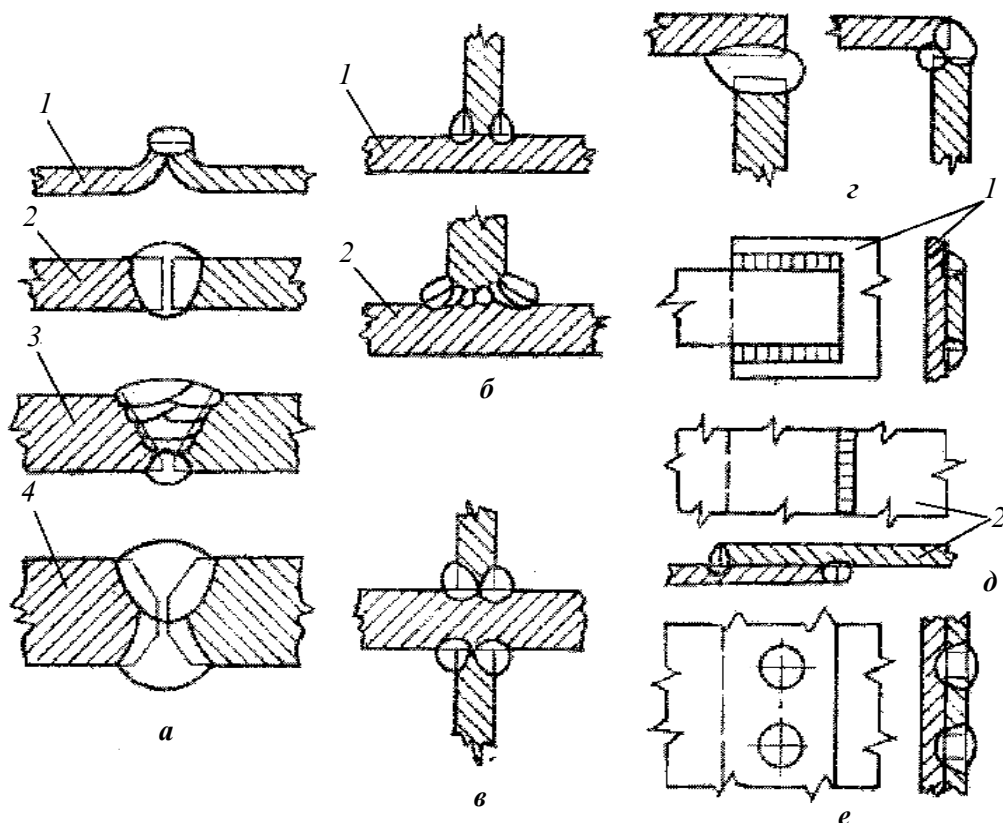
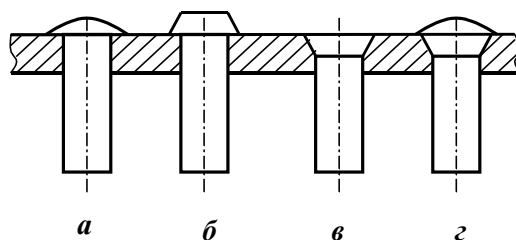


Рис. 4.14. Типы сварных соединений:

*а* – стыковые соединения: *1* – с отбортовкой кромок; *2* – без скоса кромок; *3* – с односторонним скосом кромок; *4* – с двусторонним скосом кромок; *б* – тавровые соединения: *1* – без скоса кромок; *2* – с двусторонним скосом кромок; *в* – крестовое соединение; *г* – угловые соединения; *д* – нахлесточное соединение: *1* – с фланговыми угловыми швами; *2* – с торцевыми угловыми швами; *е* – нахлесточное соединение с электрозаклепками

Рис. 4.15. Типы заклепок:

*а* – с полукруглой головкой; *б* – с конической головкой; *в* – с потайной головкой; *г* – с полупотайной головкой



сийского Морского Регистра судоходства и Регистра судоходства Украины. Основными недостатками заклепочных соединений являются большая трудоемкость их выполнения, утяжеление конструкции и сложность обеспечения водонепроницаемости.

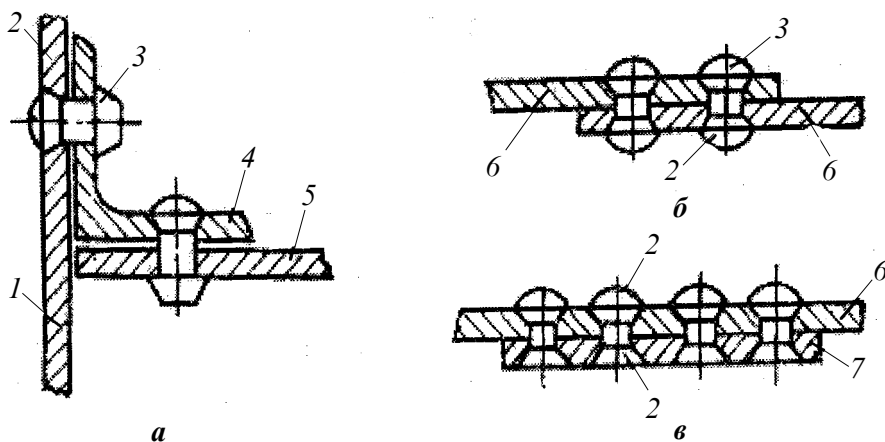


Рис. 4.16. Типы заклепочных соединений:

*a* – соединение палубного стрингера с ширстрекком; *б* – соединение двух листов внакрой; *в* – соединение двух листов наружной обшивки с накладной планкой; *1* – ширстрек; *2* – замыкающая головка заклепки; *3* – закладная головка заклепки; *4* – стрингерный угольник; *5* – палубный стрингер; *б* – наружная обшивка; *7* – накладная планка

## 5. СУДОВЫЕ УСТРОЙСТВА

### 5.1. Общие сведения

*Судовыми устройствами* называется совокупность приспособлений, механизмов и их приводов, которые предназначены для обеспечения необходимых эксплуатационных и навигационных качеств судна.

Судовые устройства делятся на общесудовые и специальные. К *общесудовым* относятся: рулевое, якорное, швартовное, буксирное, грузовое, а также спасательные устройства. Ими оборудуются почти все суда.

*Специальные устройства*, в зависимости от назначения судна, включают в себя промышленные (на промышленных судах), буровые (на буровых судах и плавучих буровых платформах), устройства для передачи сухих и жидких грузов в море и т. д.

### 5.2. Рулевое устройство

Основными элементами рулевого устройства являются (рис. 5.1): *руль*; *баллер* – вал для поворота руля; *подшипники баллера*, служащие его опорами; *ограничитель перекладки руля*; *тормоз* для неподвижного закрепления руля.

*Руль* состоит из *пера руля*, *петель*, крепящих перо к корпусу судна (подвесные рули крепятся к баллеру и поэтому петель не имеют), *замка руля*, соединяющего перо с баллером.

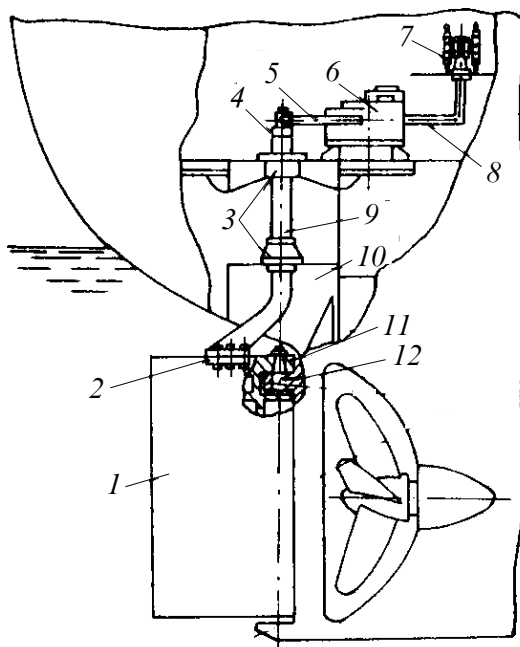


Рис. 5.1. Схема рулевого устройства морского транспортного судна:

1 – перо руля; 2 – фланцевое соединение руля и баллера; 3 – опоры баллера; 4 – голова баллера; 5 – сектор; 6 – рулевая машина; 7 – штурвал ручного управления; 8 – рулевая передача; 9 – баллер; 10 – гельмпорт; 11 – рудерпост; 12 – пятка ахтерштевня

По расположению пера относительно оси вращения руля бывают небалансирные и балансирные. *Небалансирным* называется руль, ось вращения которого располагается близко к передней кромке пера, *балансирным* – руль, находится ось которого расположена на определенном расстоянии от передней кромки. Если часть пера расположена впереди оси баллера (она называется *балансирной*) не по всей высоте, то такой руль называется *полубалансирным*. Применение балансирных или полубалансирных рулей позволяет существенным образом уменьшить момент на баллере и, следовательно, мощность рулевой машины.

По способу крепления к корпусу судна небалансирные рули (рис. 5.2,*а*) могут располагаться за рудерпостом или дейдвудом и крепиться на двух и более опорах; полубалансирные (рис. 5.2,*в*) – за кронштейнами либо дейдвудом с двумя или тремя опорами; балансирные рули (рис. 5.2,*б*) бывают *подвесными* (перо руля крепят к баллеру) либо имеют дополнительную опору на пятке ахтерштевня.

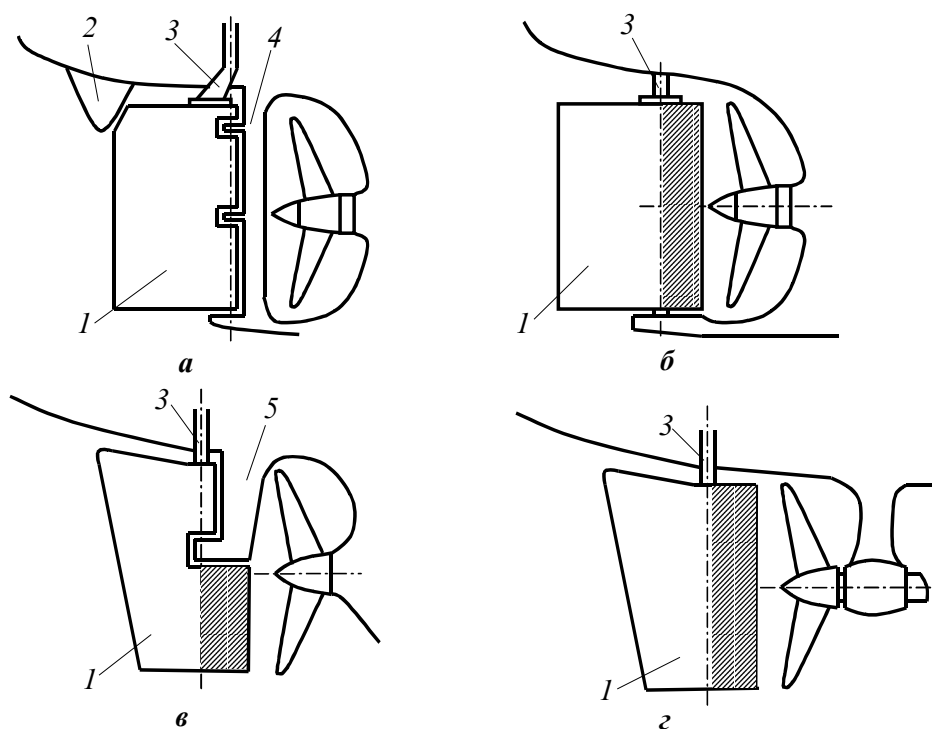


Рис. 5.2. Классификация рулей по расположению оси баллера; *а* – небалансирный (обычный) руль; *б* – балансирный руль; *в* – полубалансирный руль; *г* – подвесной руль; *1* – перо руля; *2* – противоледовый выступ (ледовый зуб); *3* – баллер; *4* – рудерпост; *5* – кронштейн

*Баллер* – это вертикальный вал для передачи вращающего момента от румпеля или сектора на руль. Баллер входит в кормовой подзор через гельмпорттовую трубу. Последняя обеспечивает непроницаемость корпуса судна и имеет две опоры: нижнюю – над гельмпорттовой трубой, с сальниковыми уплотнениями, препятствующими попаданию воды в румпельное отделение, и верхнюю – у места закрепления румпеля или сектора.

В состав *рулевого привода* входят: электрическая (или электрогидравлическая) *рулевая машина* или механизмы для создания вращающего момента; *румпель* или *сектор* – средства передачи крутящего момента; *релевая передача* (штуртросовая, валиковая, гидравлическая); *система дистанционного управления рулевым приводом* – устройство для передачи команд с ходового мостика на рулевую машину.

В соответствии с Правилами Регистра суда должны иметь главный и вспомогательный рулевые приводы. Если они находятся в румпельном отделении ниже ватерлинии, то предусматривается аварийный рулевой привод, который располагается выше палубы переборок.

Конструкция рулевого устройства допускает перекладку руля на  $35^{\circ}$  на оба борта. При этом скорость перекладки с одного борта на другой при максимальной скорости переднего хода должна быть не более 0,5 град/с. Положение пера руля контролируется специальными указателями.

При маневрировании в стесненных акваториях или при прохождении районов с навигационными опасностями требования к маневренным качествам судна существенно возрастают. В то же время скорость судна в этих условиях снижается и, в соответствии с этим, падает эффективность обычных рулей. Для улучшения управляемости в этих условиях применяют так называемые *активные средства управления (АСУ)*: активные рули, поворотные насадки, подруливающие устройства, выдвижные поворотные колонки \*).

### 5.3. Якорное устройство

*Якорное устройство* предназначено для удержания судна в заданном районе (на рейде, в открытом море, в ледовых условиях и т. д.) при воздействии внешних сил, обусловленных ветром, течением и волнением. Якорное устройство судна включает в себя следующие элементы (рис. 5.3): якорь, якорные механизмы, якорные клюзы, стопоры, цепные ящики, цепные трубы, устройства для крепления коренного конца якорной цепи.

*Якорь* служит для крепления к грунту якорной цепи, коренной конец

\*) Более подробные сведения о средствах активного управления судном приведены в подразд. 3.10.

которой крепится к судну. Различают якоря стантовые – для удержания судна в заданном положении и вспомогательные (стоп-анкеры) – для предотвращения разворота судна под действием ветра и течения. Якоря бывают безрогие (грибовидный якорь), однорогие (однолапые), дву-рогие и многолапые. Безрогие "мертвые якоря" используют для закрепления плавучих маяков, швартовных бочек и др. Доковый и ледовый

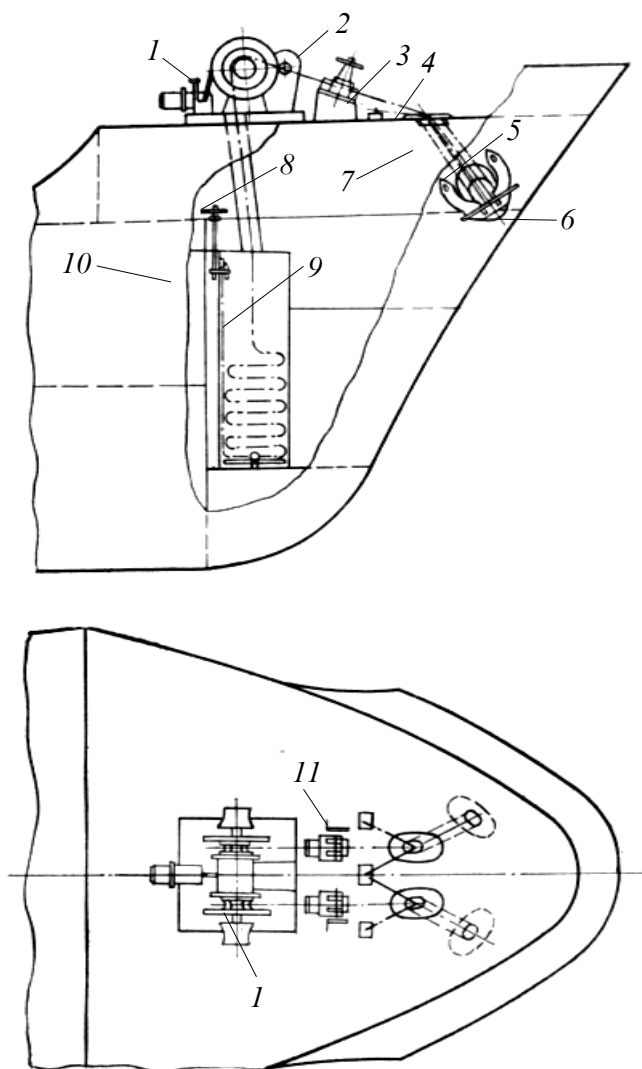


Рис. 5.3. Расположение носового якорного устройства:

- 1 – брашпиль; 2 – стопор; 3 – якорная цепь; 4 – палубный клюз; 5 – якорь;  
 6 – бортовой клюз; 7 – клюзовая труба; 8 – цепная труба; 9 – цепной ящик;  
 10 – устройство для быстрой отдачи якорной цепи; 11 – цепной стопор



якоря составляют группу однорогих. Наибольшее распространение получили двурогие якоря, а среди них – адмиралтейский якорь и якорь Холла (рис. 5.4).

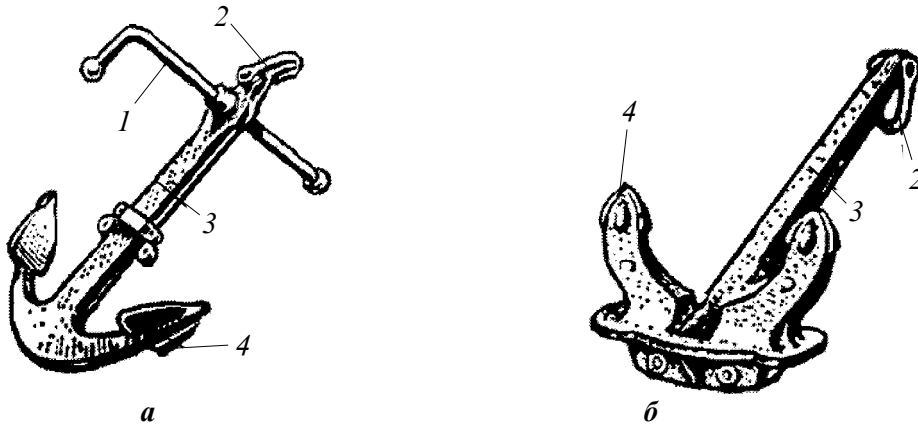


Рис. 5.4. Типы якорей:

*а* – адмиралтейский якорь; *б* – якорь Холла;  
1 – шток; 2 – якорная скоба; 3 – веретено; 4 – лапа

*Адмиралтейский якорь* – это якорь со штоком, ось которого перпендикулярна плоскости расположения лап, поэтому он зарывается в грунт одной лапой. Этот якорь обладает большой держащей силой (10...12 масс самого якоря), но шток затрудняет уборку и отдачу якоря, поэтому на отечественных судах наибольшее распространение получил *якорь Холла*, который легко убирается в клюзы. Он состоит из веретена, головы с лапами, подвижными относительно веретена. Держащая сила якоря Холла в 3–4 раза превышает его массу.

*Якорная цепь* состоит из отдельных участков длиной 25...27 м, называемых *смычками*. Соединение смычек между собой осуществляется с помощью соединительных звеньев или скоб. Для предупреждения закручивания цепей в их состав включают поворотные звенья – *вертлюги*. Якорные цепи в походном положении хранятся в цепных ящиках.

*Якорные клюзы* имеют специальную форму и обеспечивают беспрепятственный переход якорной цепи через корпусные конструкции, а также размещение якоря по-походному.

В качестве *якорных механизмов* на морских судах применяются брашпили и шпили. Основным элементом якорного механизма, работающего с цепью, является барабан-звездочка, ось которого у брашпиля расположена горизонтально, а у шпиля – вертикально. Брашпили и шпили имеют электрический или электрогидравлический привод. Совместно с редуктором они часто помещаются под палубой.

Во время стоянок на глубинах свыше 200 м применяют глубоководные якорные устройства. В них используют якоря с повышенной держащей силой (например, адмиралтейские), а вместо якорных цепей – стальные тросы. Подъем и опускание якорей в этом случае осуществляется с помощью якорных лебедок. Глубоководные якорные устройства устанавливают на буровых, океанографических и научно-исследовательских судах.

## 5.4. Швартовное устройство

*Швартовное устройство*, предназначенное для подтягивания и крепления судна к береговым и плавучим сооружениям, включает в себя следующие элементы: швартовы, кнехты, швартовные клюзы, киповые планки, роульсы, вьюшки, кранцы, механизмы, бросательные концы. Швартовка судна бортом (лагом) к причалу – один из самых распространенных видов швартовных операций. Элементы швартовного устройства показаны на рис. 5.5.

*Швартовы* – гибкие связи, с помощью которых судно удерживается у причального сооружения. Они могут быть стальными, состоящими из стальных проволок, растительными (например, пенька) и синтетическими (например, капрон).

*Кнехты* – литые или сварные стальные или чугунные тумбы, которые располагаются на палубе и предназначаются для закрепления швартовов. Бывают одиночными и парными, прямыми и крестовыми.

*Швартовные клюзы* – литые или сварные стальные или чугунные конструкции с овальным отверстием (что исключает изгиб проходящего через него швартова), которые устанавливают в фальшборте для направления швартова к швартовному кнехту. Чтобы уменьшить трение при движении швартова о кромку клюза, применяют специальные универсальные клюзы – с двумя или тремя парами вертикальных и горизонтальных цилиндрических вращающихся роликов. На палубах с леерным ограждением во избежание повреждений швартовных тросов устанавливают стальные или чугунные *киповые планки*, которые могут быть с роульсами и без них (на малых судах).

*Швартовные механизмы* – лебедки и шпили, предназначенные для подтягивания судна к пирсу. Для носовой группы швартовов используют якорные механизмы (шпили и брашпили); в средней – лебедки грузовых устройств; в корме устанавливают специальные швартовные шпили с электроприводом или лебедки.

Для хранения швартовных канатов используют *вьюшки* – барабаны с ребордами, с приводом или без привода, с тормозом или без него.

Чтобы предотвратить повреждение борта судна при швартовке к причалу, а особенно при швартовке судов друг к другу в открытом море, предусматривается *кранцевая защита*, которая бывает постоянной и съемной. К постоянным кранцевым устройствам относятся привальные брусья, кормовые и носовые швартовные кранцы. Съемный подвесной плетеный кранец – это мешок, набитый крошеной пробкой, пеньковыми или синтетическими отходами и оплетенный снаружи пеньковым канатом. Простейшими швартовными кранцами являются автомобильные покрышки, в последнее время – устройства, состоящие из камеры и резинового баллона.

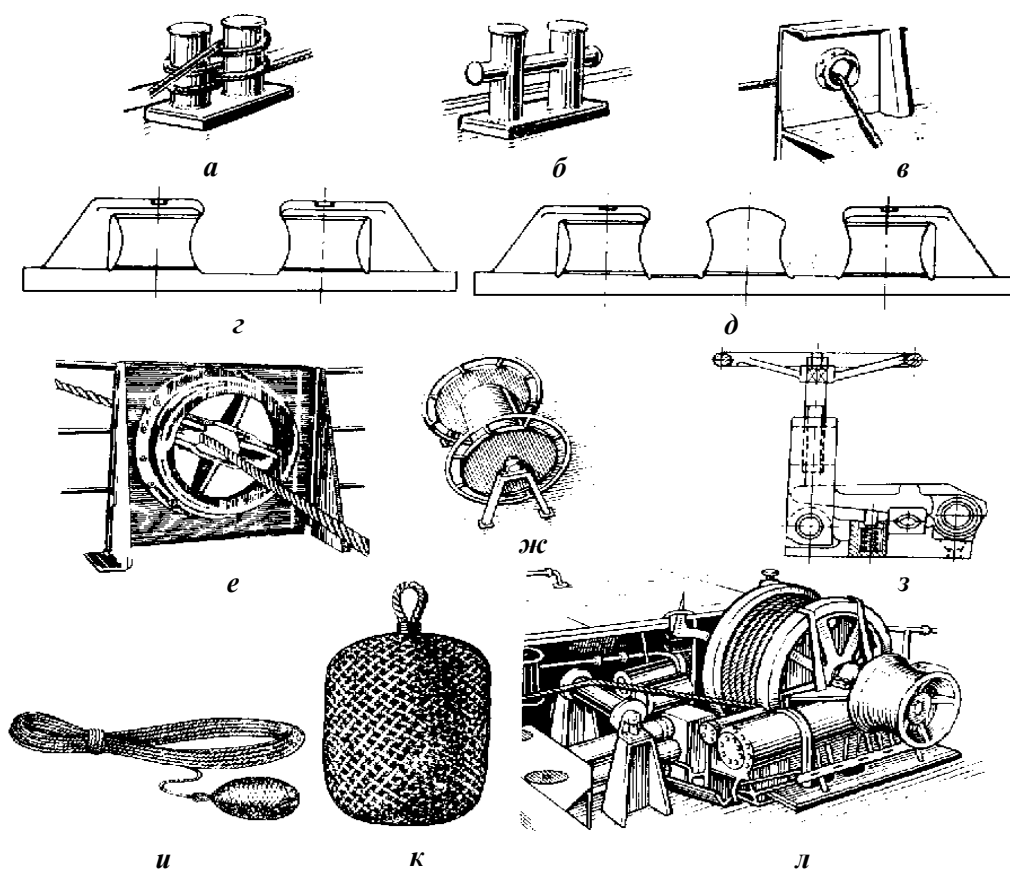


Рис. 5.5. Элементы швартовного устройства:

**а** – кнехт двойной прямой; **б** – кнехт двойной крестовой; **в** – клюз швартовный литой; **г**, **д** – киповые планки с двумя роульсами; **е** – клюз с поворотной обоймой; **ж** – вьюшка швартовная; **з** – стопор стационарный для швартова; **и** – бросательный конец; **к** – кранец мягкий; **л** – автоматическая швартовная лебедка

## 5.5. Грузовое устройство

*Грузовым устройством* называется комплекс конструкций и механизмов, обеспечивающих погрузочно-разгрузочные операции на судне. Основными типами этих устройств являются грузовые стрелы с обслуживающими их лебедками и грузовые краны. Преимуществом грузовых стрел (по сравнению с кранами) является простота и относительно малая стоимость конструкции, надежность в эксплуатации, меньшая чувствительность к перегрузке. Грузовые краны, однако, обладают большей маневренностью и большей производительностью, а при одинаковой с грузовыми стрелами производительности занимают меньше места.

*Грузовые стрелы* по характеру эксплуатации подразделяют на два типа: *легкие* и *стрелы-тяжеловесы*. Легкие стрелы имеют грузоподъемность до 100 кН и обслуживаются, как правило, одной грузовой лебедкой. Стрелы-тяжеловесы имеют грузоподъемность 100...600 кН и более и обслуживаются четырьмя и более грузовыми лебедками.

Схема установки и оснастки легкой стрелы показана на рис. 5.6. Нижний конец стрелы, снабженный вертикальным поворотным *стерженьем-шпором*, шарнирно связан с *башмаком шпора*, прикрепленным к мачте, вентиляционной трубе или палубной рубке. К верхней проушине на стреле крепится *трос-топенант*, который служит для изменения наклона стрелы. Груз поднимают и опускают *грузовым шкентелем*, коренной конец этого троса закрепляется на барабане грузовой лебедки. Ходовой конец шкентеля снабжают гаком. Поворот стрелы осуществляется вручную с помощью *оттяжек*. Для ускорения грузовых операций используют конструкцию спаренных грузовых стрел, что, кроме того, уменьшает раскачивание груза. *Стрела-тяжеловес* крепится своим шпором на палубе судна у мачты и обслуживается не менее чем четырьмя лебедками: одна предназначена для шкентеля, обеспечивающего подъем и опускание груза, вторая – для изменения наклона грузовой стрелы, две остальные – для оттяжек.

*Грузовые краны* (рис. 5.7). Судовой грузовой кран обслуживается тремя механизмами и может совершать одновременно три движения: поднимать, опускать и перемещать груз в горизонтальной плоскости по дуге и радиусу круга. Такие операции дают возможность уложить груз в любую точку трюма в пределах вылета стрелы. Грузоподъемность кранов составляет 10...100 кН, вылет достигает 14 м. На больших судах грузовые краны устанавливаются побортно, что позволяет производить грузовые операции одновременно с обоих бортов.

В заключение следует отметить, что значительно эффективнее использовать портовые погрузочно-разгрузочные средства. В этом случае собственные грузовые средства становятся не только излишними, но и, в известной степени, вредными: загромождая верхнюю палубу, они

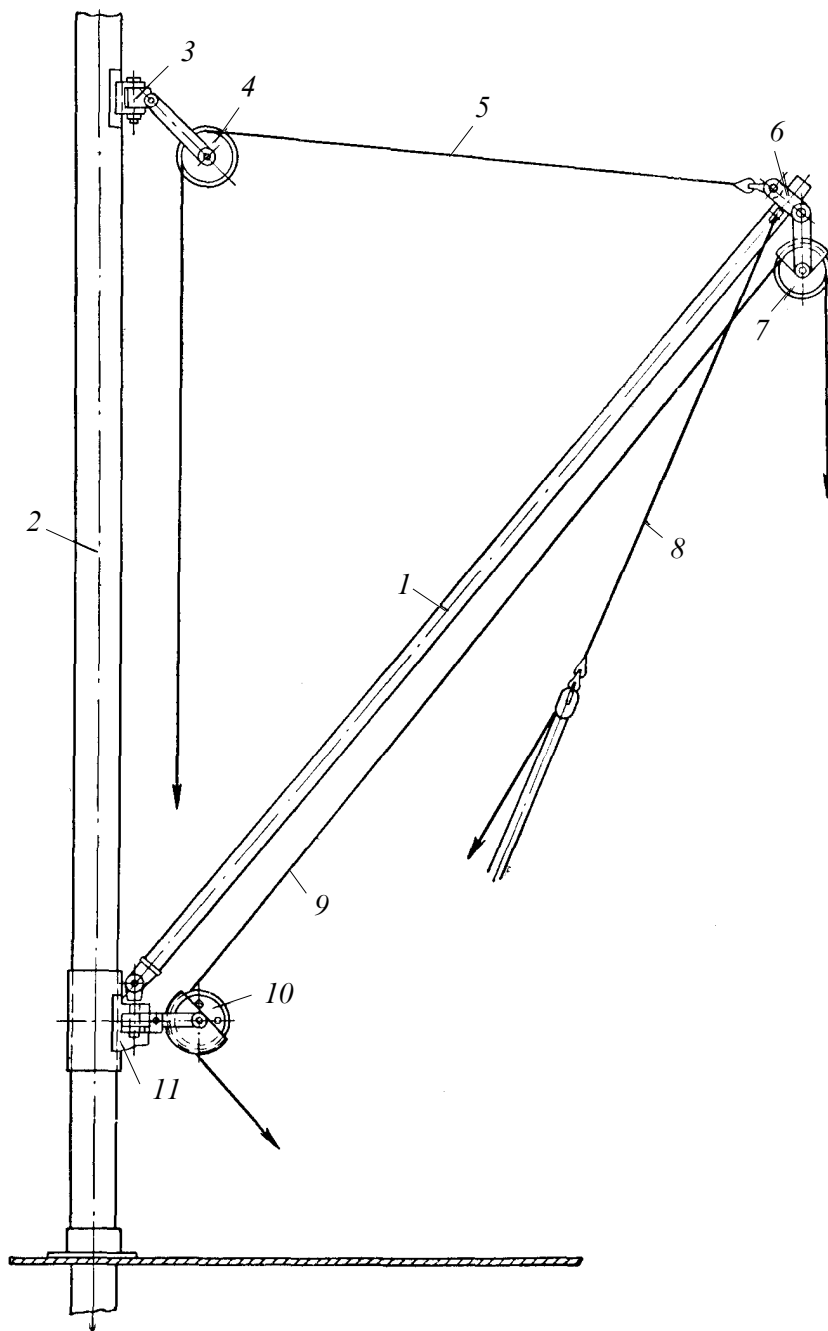


Рис. 5.6. Легкая грузовая стрела:

1 – стрела; 2 – мачта; 3 – обух топенанта; 4 – топенантный блок; 5 – топенант; 6 – ноковый бугель; 7 – грузовой блок; 8 – оттяжка; 9 – шкентель; 10 – направляющий блок; 11 – башмак шпора

затрудняют работу береговых грузовых средств. В связи с этим ряд судов, работающих на постоянных линиях с устойчивыми грузопотоками и механизированными портами, как правило, не имеют собственных грузовых устройств.

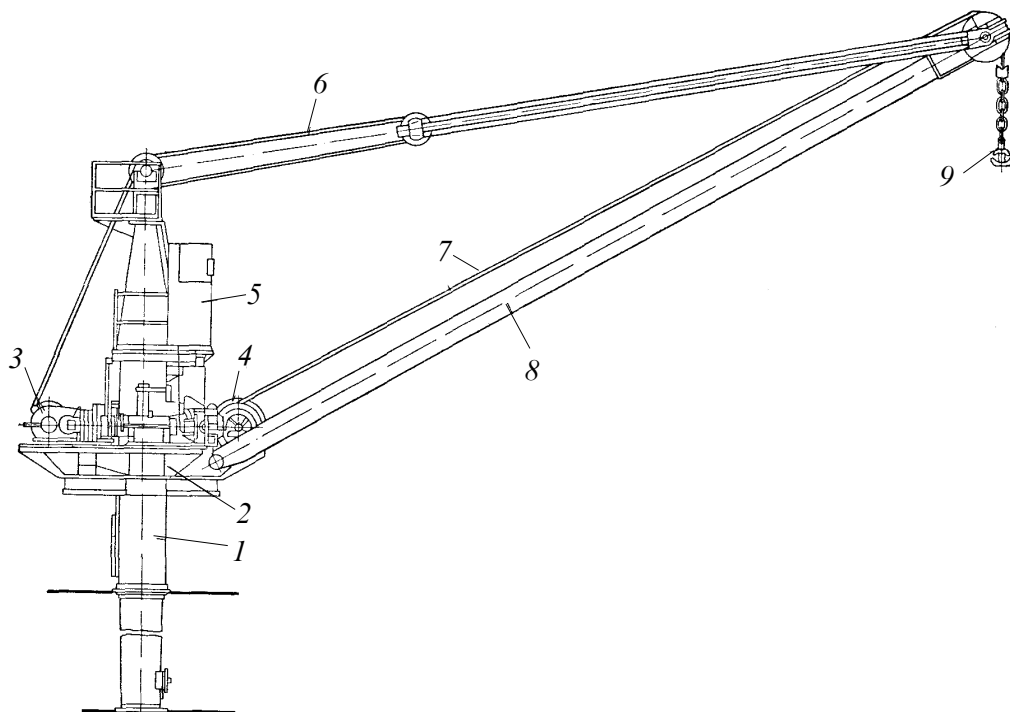


Рис. 5.7. Судовой грузовой кран:

1 – колонна; 2 – площадка поворотная с приводными механизмами; 3 – механизм изменения вылета стрелы; 4 – механизм подъема и опускания груза; 5 – кабина поста управления; 6 – оттяжка стрелы; 7 – грузовой шкентель; 8 – стрела; 9 – гак с противовесом

## 5.6. Спасательное устройство

*Спасательное устройство* – это комплекс технических средств, предназначенных для спасения пассажиров и команды в аварийной ситуации. В его состав входят средства коллективного пользования – шлюпки, спасательные плоты, плавучие приборы и средства индивидуального пользования – спасательные круги, жилеты, костюмы-комбинезоны.

Средства коллективного пользования располагают на верхних палубах, по обоим бортам, в средней и кормовой частях (рис. 5.8).

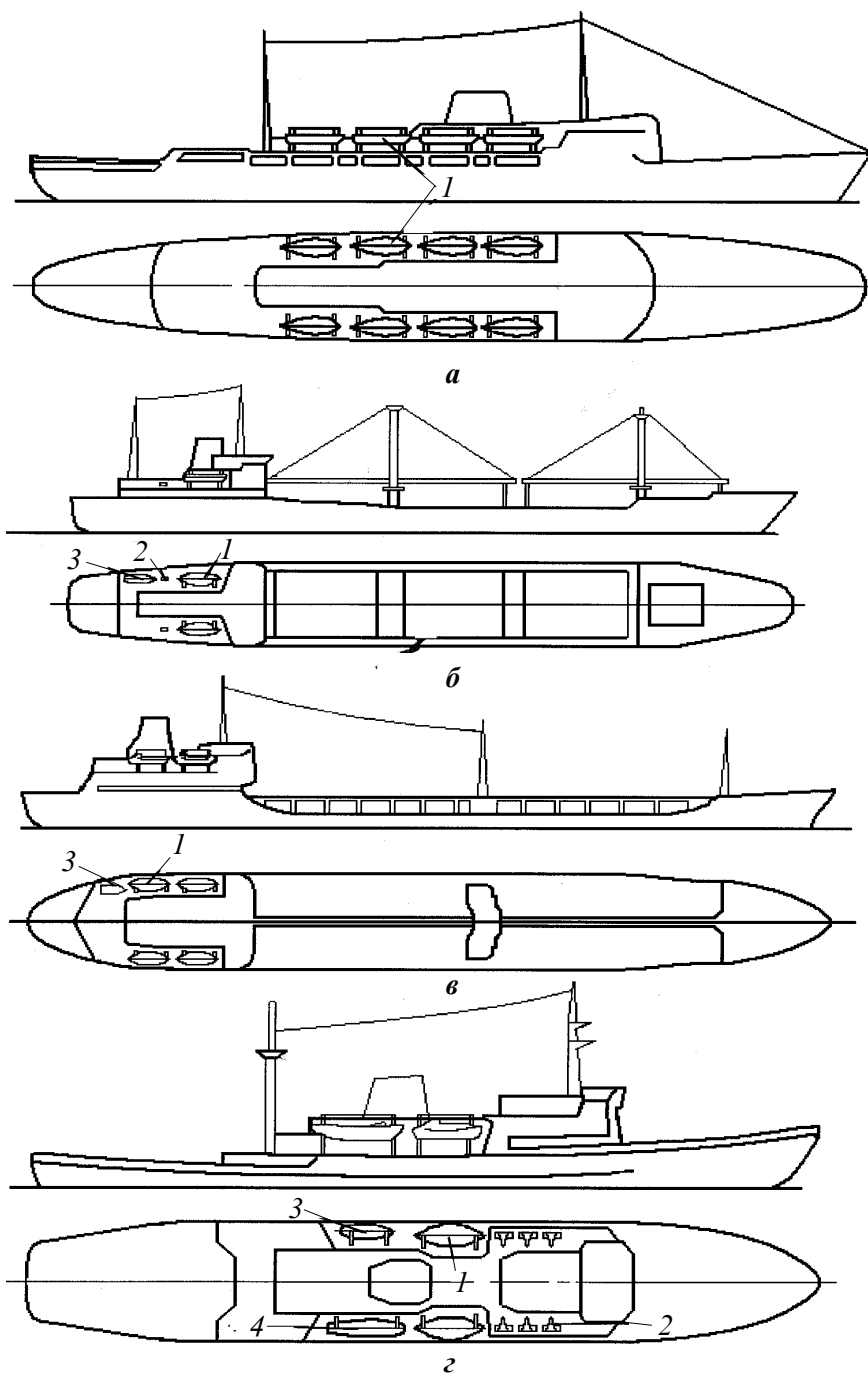


Рис. 5.8. Расположение спасательных средств на судах:  
*a* – пассажирское судно; *б* – сухогрузное судно; *в* – танкер; *г* – буксир-спасатель;  
 1 – спасательная шлюпка; 2 – спасательный плот; 3 – рабочая шлюпка;  
 4 – рабочеспасательный катер

Средства индивидуального пользования размещают в каютах пассажиров и команды, в местах несения вахты. Все спасательные средства должны быть защищены от действия волн. Посадка в спасательные шлюпки и на плоты должна быть удобной, быстрой и безопасной (при крене до  $15^\circ$  на любой борт и дифференте до  $10^\circ$  за время не более 20...30 мин).

Основным спасательным устройством является *шлюпочное устройство*, включающее в себя *шлюпки и катера, шлюпбалки* для спуска и подъема спасательных шлюпок, *приспособления* для хранения шлюпок, катеров и плотов по-походному (ростр-блоки, найтовы, чехлы и др.).

По назначению *шлюпки* делятся на *спасательные*, которые служат для спасения людей; *рабочие* – для выполнения различных работ по судну и сообщения с берегом и другими судами; *специальные* – грузовые, буксирные, водолазные и др. Ведутся опыты по применению на танкерах подводных шлюпок, которые, погружаясь на небольшую глубину, могли бы пройти под водой зону горящих продуктов. Металлические и пластмассовые шлюпки оборудуются встроенными водонепроницаемыми отсеками, достаточными для поддержания шлюпки на плаву при полном заливании ее водой.

По материалу постройки различают деревянные, стальные и шлюпки из легких сплавов. В последнее время на судах стали устанавливать пластмассовые шлюпки, отличающиеся легкостью, прочностью и долговечностью.

Вместимость спасательной шлюпки не должна превышать 150 чел. Если ее вместимость 60...100 чел., она снабжается двигателем либо ручным механическим приводом к гребному винту, более 100 чел. – только двигателем. При этом скорость моторных шлюпок должна быть не менее 4...6 уз.

*Шлюпбалки* необходимы для вываливания шлюпки за борт во время ее спуска и заваливания на борт при подъеме. Шлюпбалки бывают поворотными, заваливающимися и гравитационными. *Поворотные* шлюпбалки (рис. 5.9) на современных судах применяют только для обслуживания рабочих шлюпок.

*Заваливающиеся* шлюпбалки с прямой или серповидной стрелой (рис. 5.10) обслуживают как спасательные, так и рабочие шлюпбалки, масса которых не превышает 2400 кг. Вращением рукоятки редуктора удлиняют винтовую стяжку, которая выталкивает стрелу шлюпбалки вместе со шлюпкой за борт.

Наибольшее распространение на современных судах получили *гравитационные* шлюпбалки, которые скатываются под действием силы тяжести по направляющим и выносят шлюпку за борт.

В состав шлюпочных устройств также входят: шлюпочные тали –



для вертикального перемещения шлюпки; шлюпочные лебедки, осуществляющие спуск и подъем шлюпок с помощью ручного или электрического привода со скоростью 20...30 м/мин; киль-блоки (ростр-блоки), которые служат для установки на них шлюпок по-походному и крепления их с помощью найтовых.

*Спасательные плоты*, являющиеся спасательными средствами коллективного пользования, делятся на пластмассовые и надувные. Плоты, как жесткие, так и надувные, спускаются на воду с помощью специальных кранбалок. Посадка людей на все спасательные плоты производится в основном из воды. На плотях должен храниться неприкосновенный запас и крепиться на специальных дугах тент со сборником дождевой воды. Вместимость жестких и пластмассовых плотов составляет 4...18 чел., надувных – 6...10 чел.

*Индивидуальные спасательные средства* включают в себя жилеты, спасательные круги и костюмы (рис. 5.11).

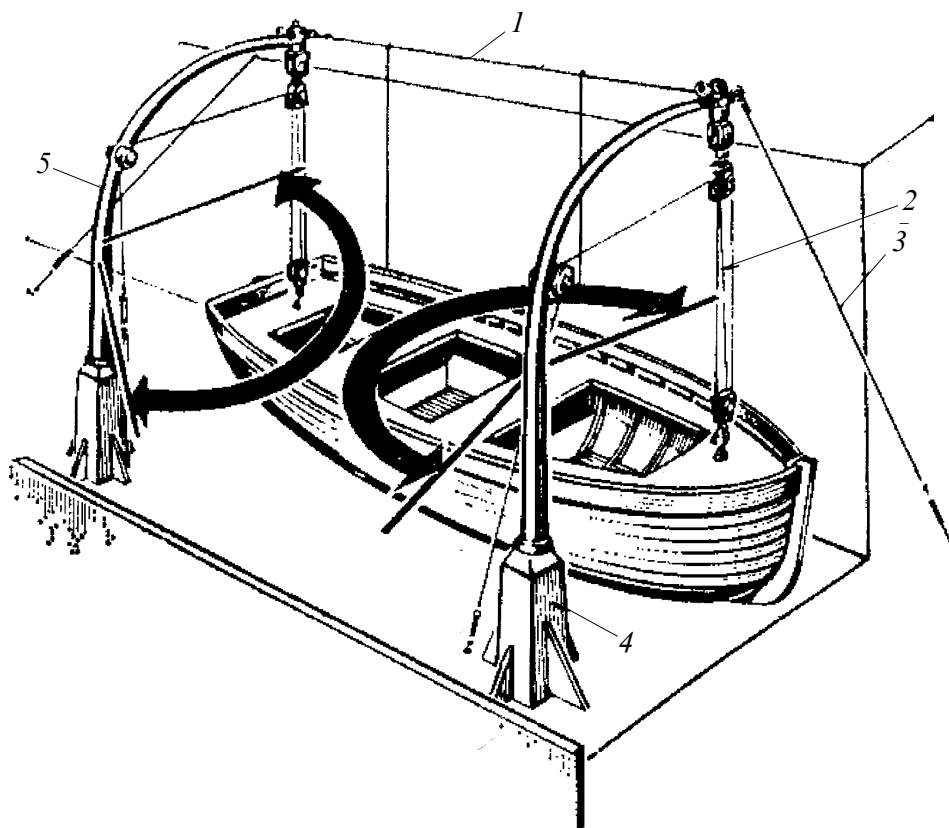


Рис. 5.9. Поворотные шлюпбалки:

1 – топрик; 2 – шлюп-тали; 3 – бакштаги; 4 – стандарс; 5 – стрела шлюпбалки (стрелками показано вращение шлюпбалок)

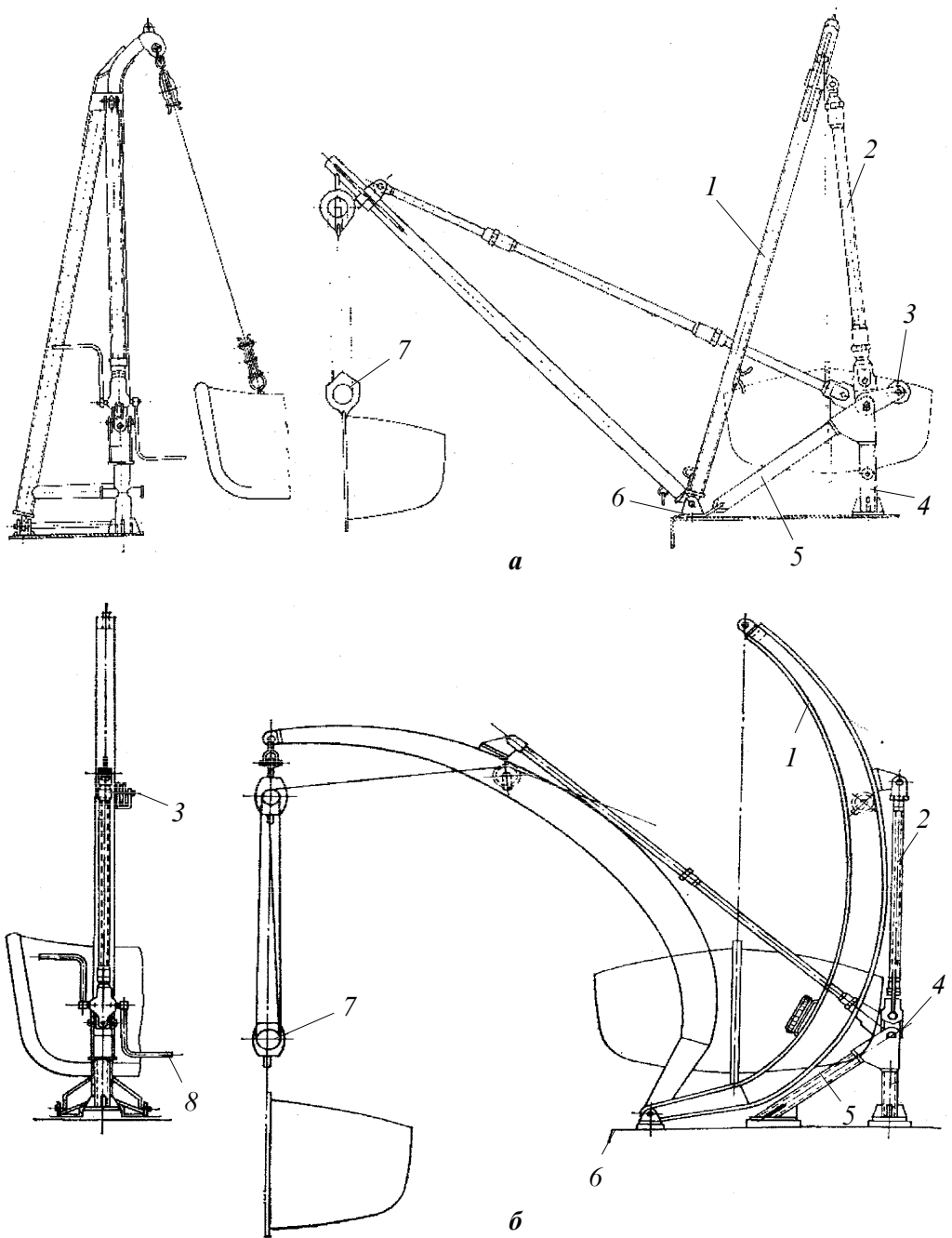


Рис. 5.10. Шлюпбалки заваливающиеся:

*a* – системы инженера Иолко; *б* – серповидная;  
 1 – стрела шлюпбалки; 2 – стяжка; 3 – направляющий ролик; 4 – стани-  
 на; 5 – укосина; 6 – башмак палубный; 7 – нижний блок шлюп-талей;  
 8 – рукоятка редуктора

Спасательные жилеты могут быть жесткими (из пробки или легкой пластмассы) и надувными (из прорезиненной ткани). Снабжаются свистком и лампочкой, окрашены в ярко-оранжевый цвет.

Спасательные круги изготавливают из пробки и пенопласта, которые зашиты в чехол из парусины. Окрашиваются в ярко-оранжевый цвет, на них пишут название судна и порт приписки. Снабжаются светящимися буйками и дымовыми шашками.

Спасательные костюмы-комбинезоны применяются экипажем судна во время проведения спасательных или других работ, связанных с длительным пребыванием в воде. Имеют необходимую плавучесть и сохраняют тепло.

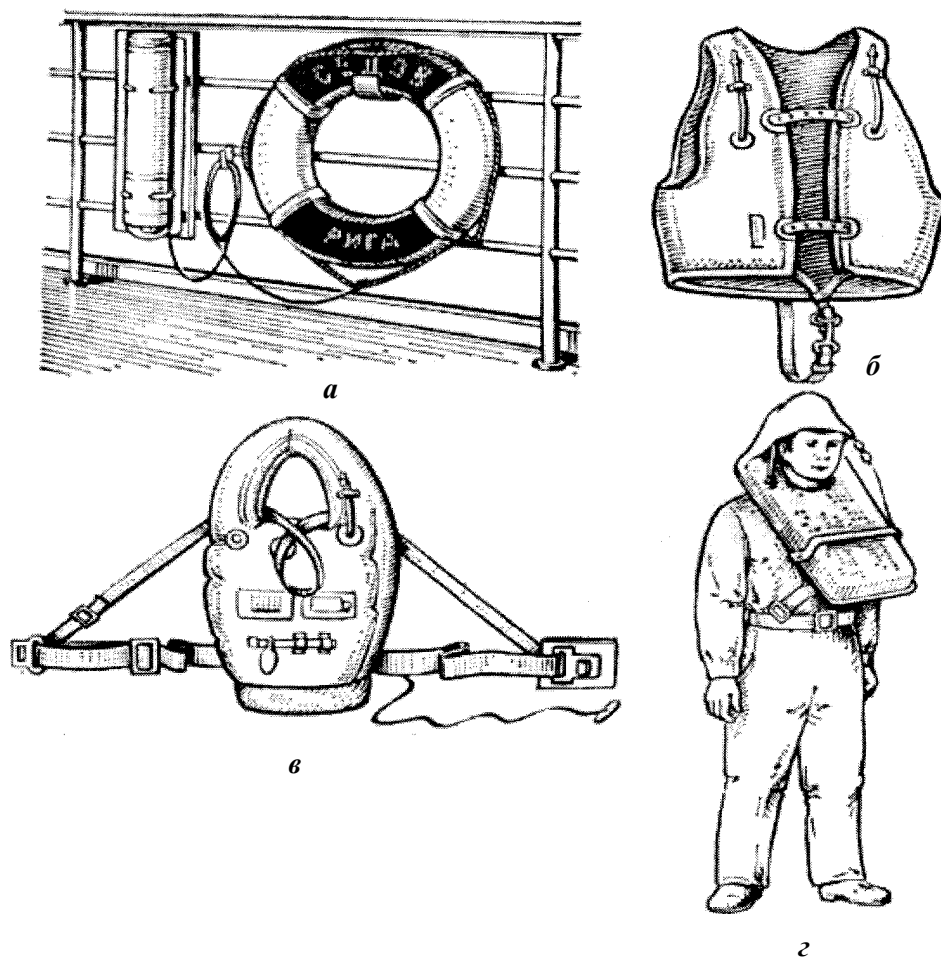


Рис. 5.11. Индивидуальные спасательные средства:

*а* – спасательный круг со светящимся буйком; *б* – спасательный жилет;  
*в* – спасательный нагрудник; *г* – спасательный костюм-комбинезон

## 5.7. Буксирное устройство

Буксирное устройство (рис. 5.12) представляет собой комплекс деталей и механизмов, обеспечивающих судну возможность буксировать другие суда или быть буксируемым. Элементы устройства, предназначенные для буксировки самого судна, находятся в носовой части, для производства буксировочных работ – в корме.

В морских условиях используется кильватерный способ буксировки. В этом случае буксируемое судно на коротком или длинном буксирном тросе располагается за буксиром. На коротком тросе осуществляются кратковременные буксировки в порту либо в ледовых условиях. При

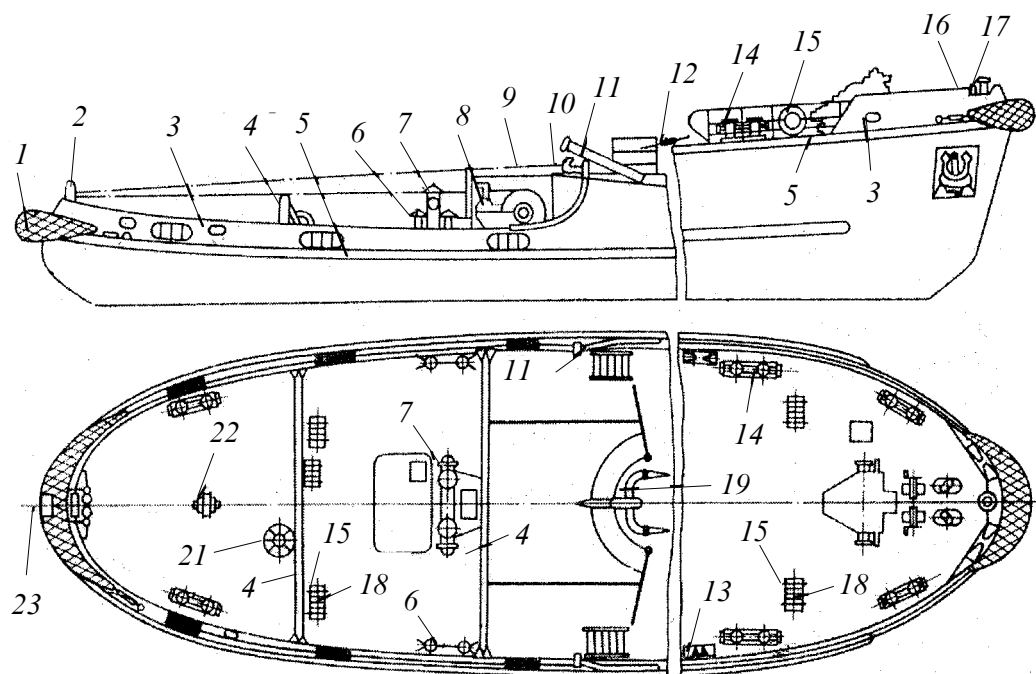


Рис. 5.12. Буксирное устройство буксировщика:

1 – мягкий стационарный кранец; 2 – клюз буксирный с откидными роульсами; 3 – клюз буксирно-швартовный; 4 – арка буксирная; 5 – привальный брус; 6 – битенг бортовой; 7 – битенг буксирный кормовой; 8 – лебедка буксирная автоматическая; 9 – буксирный канат; 10 – гак буксирный; 11 – ограничитель буксирного каната; 12 – устройство дистанционной отдачи буксирного каната; 13 – киповая планка; 14 – кнехт буксирно-швартовный; 15 – вьюшка; 16 – киповая планка с роульсами; 17 – носовой битенг; 18 – канат буксирно-швартовный; 19 – буксирная дуга; 20 – канат-проводник; 21 – шпиль швартовный; 22 – обух для серьги; 23 – накладной лист

сложной обстановке в порту прибегают к буксировке *лагом*: буксирующее судно крепят к буксируемому швартовными канатами, а между их бортами помещают мягкие кранцы. И наконец, при *толкании* буксирующее судно располагается за буксируемым. Этот способ буксировки используется на внутренних водных путях.

Транспортные суда, как правило, снабжаются буксирными кнехтами или битенгами (массивные одиночные тумбы с крестовинами) для закрепления буксирных канатов и буксирными клюзами.

В состав буксирного устройства входят следующие элементы.

*Буксирный канат* связывает буксир с буксируемым судном и представляет собой стальной витой трос диаметром 24...66 мм, который по-походному хранится на барабане буксирной лебедки, либо трос из растительных или синтетических волокон.

*Проводник* – легкий прочный стальной или синтетический канат, который подают на буксируемое судно, чтобы с его помощью передать буксирный канат. Хранится на специальной вьюшке.

*Буксирная лебедка* служит для буксировки судов на длинном и коротком буксире, для регулирования длины буксирного каната и хранения его по-походному. Она имеет барабан, позволяющий наматывать трос в несколько слоев (до 300 м – на речных судах и 900 м – морских).

Автоматические буксирные лебедки, кроме того, регулируют натяжение буксирного каната, амортизируя рывки. При буксировке на длинном буксире буксирный канат проходит через кормовой клюз. Буксирный клюз препятствует горизонтальному перемещению троса и устанавливается в выемке фальшборта на фундамент. Чтобы уменьшить истирание буксирного каната, клюз снабжается роульсами. При буксировке на коротком буксире буксирный канат с буксирной лебедки идет на направляющий блок, расположенный ближе к миделю судна, а с него – на буксируемое судно.

*Буксирный гак* имеет амортизатор и приспособление для быстрой отдачи буксирного каната; крепится на буксирной дуге.

*Буксирная дуга* крепится к корпусным конструкциям. По ней, за линией натяжения буксирного троса, перемещается буксирный гак.

*Буксирные арки* ограничивают провисание буксирного каната, защищая людей и конструкции, которые находятся на палубе, и опираются на фальшборт.

*Битенги буксирные* находятся в носовой части, по бортам и в корме. Служат для крепления буксирного каната при буксировке задним ходом, лагом и при снятии судов с мели.

*Кранцевое устройство* находится в носовой и кормовой частях буксира. Оно служит для амортизации ударов во время швартовок и буксировки.

## 5.8. Леерное и тентовое устройства

*Леерное устройство* ограждает открытые участки палуб и различные вырезы, если последние обнесены комингсом достаточной высоты. Выполняется *постоянным, съёмным и заваливающимся*. В состав леерного устройства входят стойки высотой 750...1100 мм; леера, выполненные из труб, прутка или троса; поручни, изготовленные из труб, и детали крепления. Вместо поручня на пассажирских судах может устанавливаться деревянный планширь. Съёмное леерное ограждение выполняют из отдельных секций, и оно может сниматься при проведении каких-либо работ. Заваливающееся ограждение после ослабления тросовых лееров и отдачи поворотных штырей у основания стоек сваливают на палубу вдоль судна.

*Тентовое устройство* защищает людей, находящихся на открытых палубах, от солнца и дождя. В постоянное тентовое устройство входят неразобранный каркас и съёмный парусиновый тент, который крепится к каркасу тентовым канатом. Иногда в качестве тента используют плиты цветного стеклошифера.

## 5.9. Специальные устройства судов

Рассмотренные выше устройства применяются практически на всех судах. На судах специального назначения кроме общесудовых используются и *специальные устройства*: железнодорожные, аппарельные, устройства для крепления лесных грузов, колесной техники, контейнеров и крупногабаритных грузов, промысловые, устройства для передачи грузов на ходу и др.

*Железнодорожное устройство* располагается на главной палубе паромов и состоит из нескольких рельсовых путей и элементов крепления вагонов к конструкциям парома.

*Аппарельное устройство* предназначено для погрузки и выгрузки колесной техники и прохода пассажиров. Состоит из аппарели и устройства для ее опускания. Может устанавливаться в носу, корме и, реже, в борту судна.

*Устройство для крепления лесных грузов*, которое размещают на лесовозах, состоит из высоких деревянных стоек (*стензелей*), предотвращающих падение лесного груза за борт. Кроме того, по бортам к палубным обухам крепят поперечные стальные найтовы, которые натягиваются с помощью талрепов и перетягивают груз с борта на борт.

Крепление колесной техники, контейнеров и крупногабаритных

грузов осуществляется *цепными* и *канатными стяжками*, которые натягиваются специальными рычагами. Для срочной отдачи имеют в своем составе глаголь-гак. Под колеса автомобилей подкладывают башмаки, а крупногабаритные грузы укладывают в специальные фигурные киль-блоки.

*Промысловые устройства* – это совокупность механизмов, оборудования, конструкций и приспособлений, с помощью которых добывающее судно обслуживает орудие лова. В комплексе этих устройств, главными из которых являются трал и обслуживающие его элементы, предусматриваются грузовые устройства для спуска и подъема сетей, выгрузки улова, погрузки соли и для выполнения других грузовых операций.

*Устройство передачи грузов на ходу* (рис. 5.13) с одного судна на другое (в море) обеспечивает: операции снабжения судов без захода в порты; передачу улова рыбы на рыбопромысловую базу; пересадку людей с одного судна на другое и т. п. В этом случае при любом способе передачи (кильватерном или траверзном), например, жидкого груза,

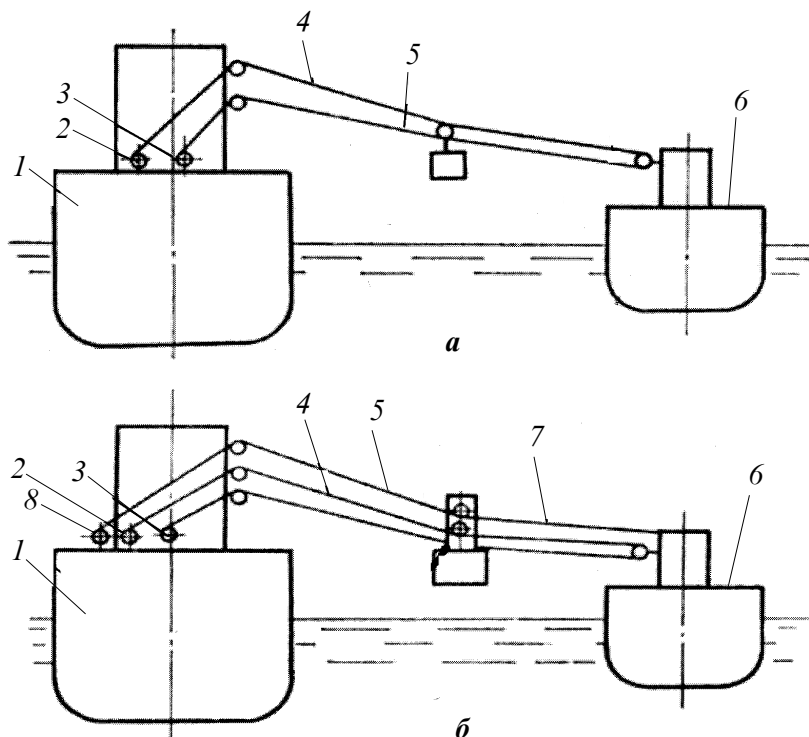


Рис. 5.13. Схема канатных дорог:

1, 6 – передающее и принимающее суда; 2, 3 – лебедки тягового каната; 4 – тяговые канаты; 5 – грузовые каретки; 7 – несущий канат; 8 – лебедка

основными элементами устройства являются буксирный трос, который соединяет два судна, и несущий канат с подвеской шланга, передающего этот груз. Для передачи жидких грузов используют гибкие шланги диаметром 150...178 мм, выдерживающие давление 1 МПа ( $\approx 10$  атм). Для повышения производительности устройства или обеспечения передачи различных сортов жидкого груза заводят несколько шлангов.

*Взлетно-посадочные устройства* обеспечивают базирование вертолетов на ледоколах, спасательных буксирах, ледокольных судах, которые выполняют ледовую разведку, обнаружение аварийных судов, транспортировку грузов на судно или берег. Взлетно-посадочные устройства включают в себя: скользящий настил, сигнально-посадочные огни, прожекторы для освещения площадки, ветроуказатели, леерное ограждение, рымы и оттяжки для крепления вертолетов.

---

---



## **6. СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ**

### **6.1. Типы, состав и размещение энергетических установок на судах**

*Судовая энергетическая установка (СЭУ)* – это комплекс взаимосвязанных элементов энергетического оборудования, машин и механизмов, с помощью которых на судне осуществляются выработка, преобразование, передача и использование механической, электрической и тепловой энергии для обеспечения движения судна с заданной скоростью, работы судовых устройств и систем, создание нормальных условий жизнедеятельности команды и пассажиров.

В состав СЭУ входят *главная и вспомогательные установки*. *Главная энергетическая установка* предназначена для выработки механической энергии, ее преобразования (в случае необходимости) и передачи движителю, создающему упор и, таким образом, осуществляющему движение судна. *Вспомогательные энергетические установки* обеспечивают работу главной энергетической установки, а также снабжают энергией общесудовые потребители.

На современных судах применяют в основном *тепловые двигатели*, в которых механическая энергия вырабатывается в результате преобразования тепловой энергии, образующейся при сжигании топлива или делении ядер. Различают поршневые, турбинные и реактивные двигатели.

У *поршневых двигателей* возвратно-поступательное движение поршней под давлением газов (продуктов сгорания) преобразуется во вращательное движение вала. У *турбинных двигателей* кинетическая энергия движущихся с большими скоростями пара или газа при помощи лопаток ротора преобразуется в механическую энергию вращательного движения вала. У *реактивных двигателей* движущая судно сила (упор) создается за счет реакции струи, выбрасываемой соплом двигателя. На современных судах применяются: дизельные двигатели (ДВС), паровые турбины (ПТУ), газотурбинные (ГТУ) и комбинированные СЭУ.

Судовые энергетические установки можно классифицировать по следующим признакам: по роду топлива и рабочего тела, по способу передачи мощности к движителям, по числу валопроводов, степени автоматизации, способу управления и обслуживания.

*По роду топлива* различают СЭУ, использующие органическое топливо (дизельное, моторное и мазут) и работающие на ядерном топливе.

*По роду рабочего тела* – СЭУ, использующие пар, и установки, работающие на газе (продукты сгорания).

*По способу передачи* мощности к двигателям – СЭУ с прямой, механической, гидравлической, электрической и комбинированной передачей.

*По числу валопроводов* – одновальные и многовальные СЭУ.

Прямая передача от главного двигателя к гребному винту применяется при использовании малооборотного ДВС, редукторная – при средне- и высокооборотных ДВС, а также при паровых и газовых турбинах.

Судовая энергетическая установка должна быть легкой, компактной и экономичной, т. е. расходовать минимальное количество топлива на единицу мощности и времени (г/(кВт·ч)), надежной, а также иметь большой ресурс.

В состав СЭУ входят следующие основные элементы: *главный двигатель* – источник механической энергии, обеспечивающий судну необходимые ходовые качества; *валопровод* – устройство передачи мощности от двигателя к движителю; *понижающий или суммирующий редуктор* – специальное устройство, применяемое для снижения частоты вращения валопровода при использовании средне- и высокооборотных ДВС и турбин, а также суммирования мощности нескольких двигателей; *движитель* – устройство, преобразующее энергию вращения в энергию поступательного движения судна; *вспомогательные СЭУ*.

Судовые энергетические установки располагают в машинном отделении, паровые котлы – в котельном, вспомогательные СЭУ – в отделении вспомогательных механизмов. На гражданских судах, как правило, все отделения находятся в одном отсеке и только на очень крупных – в нескольких отсеках; СЭУ располагают главным образом в корме, либо они смещены от миделя в корму, реже – в средней части. Основные технико-экономические показатели СЭУ приведены в табл. 6.1.

**Таблица 6.1. Основные технико-экономические показатели СЭУ**

Показатель	Малооборотные ДВС	Средне- и высокооборотные ДВС	Паровые турбины	Газовые турбины
Удельный расход топлива, г/(кВт·ч)	165...205	170...225	230...320	200...270
Удельная масса СЭУ, кг/кВт	80...110	60...70	50...60	25...35
КПД, %	42,0...54,0	38,0...52,0	30...34	28...42
Ресурс, тыс. ч	80...90	30...40	100	20...25

## 6.2. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания

Двигателями внутреннего сгорания называют поршневые тепловые двигатели, у которых сгорание топлива происходит внутри цилиндров (рис. 6.1). Смесь газов, образующихся при сгорании топлива в цилиндре, является рабочим телом. Работа совершается в результате расширения газов и давления их на поршень.

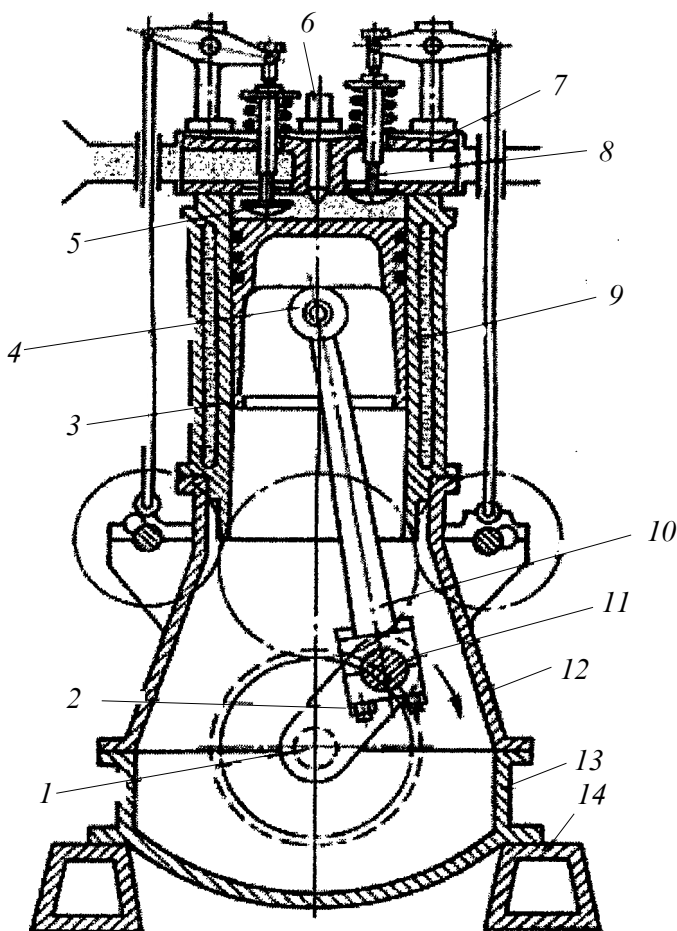


Рис. 6.1. Двигатель внутреннего сгорания:

1 – коленчатый вал; 2 – шейка мотыля; 3 – поршень; 4 – цилиндрический палец; 5 – клапан для впуска в цилиндры воздуха; 6 – форсунка; 7 – крышка; 8 – клапан для выпуска отработавших газов; 9 – цилиндр двигателя; 10 – шатун; 11 – мотылевый подшипник; 12 – станина; 13 – фундаментная рама; 14 – фундаментные балки

Цилиндры имеют двойные стенки, между которыми циркулирует охлаждающая вода. Блок цилиндров опирается на *станину*, которая устанавливается на *фундаментной раме*.

Рама, в свою очередь, прикреплена к фундаментным балкам, составляющим часть днищевого набора судна. В крышках цилиндров имеются клапаны для впуска воздуха и выпуска отработанных газов, а также *форсунка* для подачи в цилиндр топлива. Топливо в *дизелях* самовоспламеняется в атмосфере предварительно сжатого воздуха, а в *карбюраторных двигателях* (карбюратор – специальное устройство для подготовки топливной смеси) – от электрической искры. Как правило, карбюраторные двигатели маломощны и поэтому на морских судах практически не применяются.

Для обеспечения нормальной работы дизеля необходимы следующие системы: топливная, масляная, охлаждения и пусковая.

*Топливная система* служит для приема, перекачивания, хранения и подготовки к использованию топлива в двигателях. Основными элементами топливной системы являются трубопроводы, расходные и отстойные цистерны, топливные насосы, фильтры, сепараторы, подогреватели, измерительные приборы.

*Система смазки* обеспечивает подвод смазочного масла ко всем трущимся частям двигателя.

*Система охлаждения* служит для водяного охлаждения цилиндров дизелей и их крышек. В более мощных двигателях охлаждению подвергаются также клапаны и головки поршней.

*Пусковая система* служит для запуска двигателей. Высокооборотные ДВС малой и средней мощности запускаются *электростартером*, получающим электроэнергию от аккумуляторной батареи. Судовые дизели запускаются сжатым воздухом.

В настоящее время доля судов мирового флота, оборудованных дизелями, составляет 75...80 %. При этом агрегатная мощность дизелей достигла 30...40 тыс. кВт. Широкое распространение дизелей на судах мирового флота объясняется следующими их достоинствами:

ДВС являются самыми экономичными (КПД = 0,50...0,54);

применение малооборотных дизелей с прямой (без редуктора) передачей позволяет максимально упростить главную энергетическую установку;

затраты времени на подготовку дизелей к пуску минимальны;

температура в машинно-котельном отделении относительно низкая.

К недостаткам дизелей относятся: сложность конструкции, большая масса, неспособность к длительной перегрузке, относительно высокая стоимость установки, потребляемого топлива и смазки.

Для обеспечения мощности, превышающей максимальную агрегатную, применяют многомашинные установки (рис. 6.2).

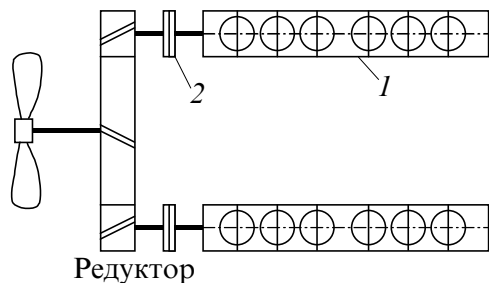


Рис. 6.2. Схема дизель-редукторной установки:

1 – двигатель; 2 – муфта

### 6.3. Паротурбинные СЭУ

*Паровая турбина* представляет собой двигатель лопаточного типа, в котором потенциальная энергия пара превращается в кинетическую энергию струи с последующим преобразованием в механическую энергию вращающегося вала. Особенность работы любой турбины – преобразование энергии рабочего тела (пара или газа) в энергию вращательного движения вала без кривошипно-шатунного механизма.

Основными узлами турбины являются ротор и статор. *Ротором* называется вращающаяся часть турбины (посаженные на вал диски) с жестко закрепленными по периметру лопатками. В состав *статора* входят все неподвижные части турбины (корпус, направляющие аппараты – сопла, подшипники) – рис. 6.3.

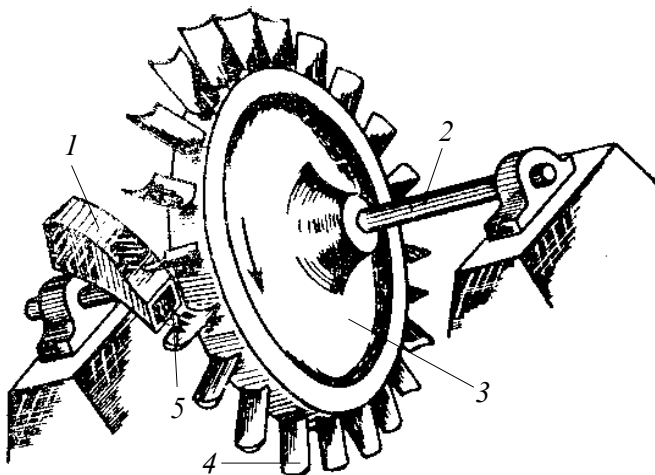


Рис. 6.3. Колесо ротора паровой турбины:

1 – направляющий аппарат (сопло); 2 – вал; 3 – диск;  
4 – рабочая лопатка; 5 – струя пара

По расположению оси турбины разделяют на *горизонтальные* и *вертикальные*. Горизонтальные турбины используются в качестве главных и вспомогательных, а вертикальные – только в качестве вспомогательных двигателей.

Пар поступает в турбину из паровых котлов, которые располагаются в котельном либо машинно-котельном отделении. Отработавший пар поступает в конденсатор. *Конденсатор* служит для конденсации отработавшего в турбине пара, сохранения питательной воды для котлов (парогенераторов) и частичного удаления из питательной воды кислорода и других газов. На современных судах применяют *конденсаторы поверхностного типа*, в корпусе которых размещаются трубы. По ним циркуляционным насосом прокачивается охлаждающая забортная вода. Пар, попадая на поверхность этих труб, конденсируется, конденсат стекает в нижнюю часть корпуса конденсатора, откуда откачивается насосом в питательную систему котла.

Для смазки и охлаждения трущихся поверхностей турбины, зубцов передачи и элементов регулирования (путем непрерывной циркуляции и отвода теплоты) служит *система смазки*, в которую входят цистерны, масляные насосы и сепараторы, охладители, фильтры, а также маслопроводы.

На современных судах устанавливают турбины с частотой вращения ротора 3000...6000 об/мин и более. Чтобы обеспечить нужную (80...200 об/мин) частоту вращения гребного винта, необходимо использовать *зубчатую передачу*, которая входит в состав так называемого *главного турбозубчатого агрегата* (ГТЗА). Особенностью работы паровой турбины является ее способность вращаться только в одну сторону, в связи с чем она относится к категории *неревверсивных двигателей*. Для обеспечения реверса судна используют турбину заднего хода, мощность которой составляет 40...50 % мощности турбины переднего хода, либо гребной винт регулируемого шага (ВРШ).

Паротурбинные установки менее требовательны, по сравнению с ДВС, к качеству топлива. Они имеют самый высокий ресурс, но относительно низкий КПД и более высокий удельный расход топлива. Агрегатная мощность ПТУ достигает 52 тыс. кВт. Это единственный двигатель на судах с ядерными энергетическими установками.

#### 6.4. Газотурбинные СЭУ

В газовой турбине рабочим телом является газ, образующийся при сгорании топлива в специальных камерах. Температура, при которой работают лопатки газовой турбины, составляет 650...850 °С (у паро-

вой – 400...500 °С), что требует применения для изготовления нагреваемых сопел, рабочих и направляющих лопаток специальных жаропрочных и жаростойких сталей, а также дополнительного охлаждения.

Газовые турбины имеют те же особенности, что и паровые: двойное преобразование энергии (потенциальной энергии газа, образующейся при сгорании топлива, в кинетическую энергию газовой струи и затем – в энергию вращения ротора турбины); непрерывность рабочего процесса; отсутствие кривошипно-шатунного механизма.

Коэффициент полезного действия газовых турбинных установок достигает 28...42%. Использование промежуточного охлаждения и теплоты отработавших газов для воздуха, поступающего в камеру сгорания, позволяет повысить экономичность ГТУ.

Газовые турбины, как и паровые, неререверсивные. Поэтому для заднего хода в случае использования в качестве движителей гребных винтов фиксированного шага предусматриваются турбины заднего хода.

Применение малогабаритных газотурбинных установок позволяет уменьшить объем машинного отделения на 40...50% по сравнению с паротурбинными установками. Они обладают высокой маневренностью, быстротой пуска и малым временем набора полной мощности. К достоинствам ГТУ относятся также удобство компоновки и низкие затраты на ремонт, недостатком является малый ресурс (20...25 тыс. ч по сравнению, например, с 80...90 тыс. ч для малооборотных дизелей и 100 тыс. ч для ПТУ). Газотурбинные установки нашли применение на судах с динамическими принципами поддержания (СВП и СПК).

## **6.5. Ядерные энергетические установки**

Основными преимуществами *ядерных энергетических установок* являются: практически неограниченная длительность работы, что очень важно для ледоколов, научно-исследовательских, гидрографических и других судов; небольшой расход (несколько десятков граммов в сутки) ядерного топлива, что позволяет менять тепловыделяющие элементы раз в 2...4 года\*). Применение ядерных энергетических установок (ЯЭУ) особенно выгодно на транспортных судах, совершающих длительные рейсы с большой скоростью.

К недостаткам ЯЭУ относятся необходимость применения биологической защиты от радиоактивного излучения, что значительно утяжеляет установку, а также высокая стоимость ядерного горючего.

---

\*) Энергия, выделяющаяся при полном использовании 1 кг урана, равна энергии при сжигании 1,4 тыс. т мазута.

Получение тепловой энергии за счет деления ядер расщепляющихся элементов происходит в аппаратах, которые называются ядерными реакторами (рис. 6.4).

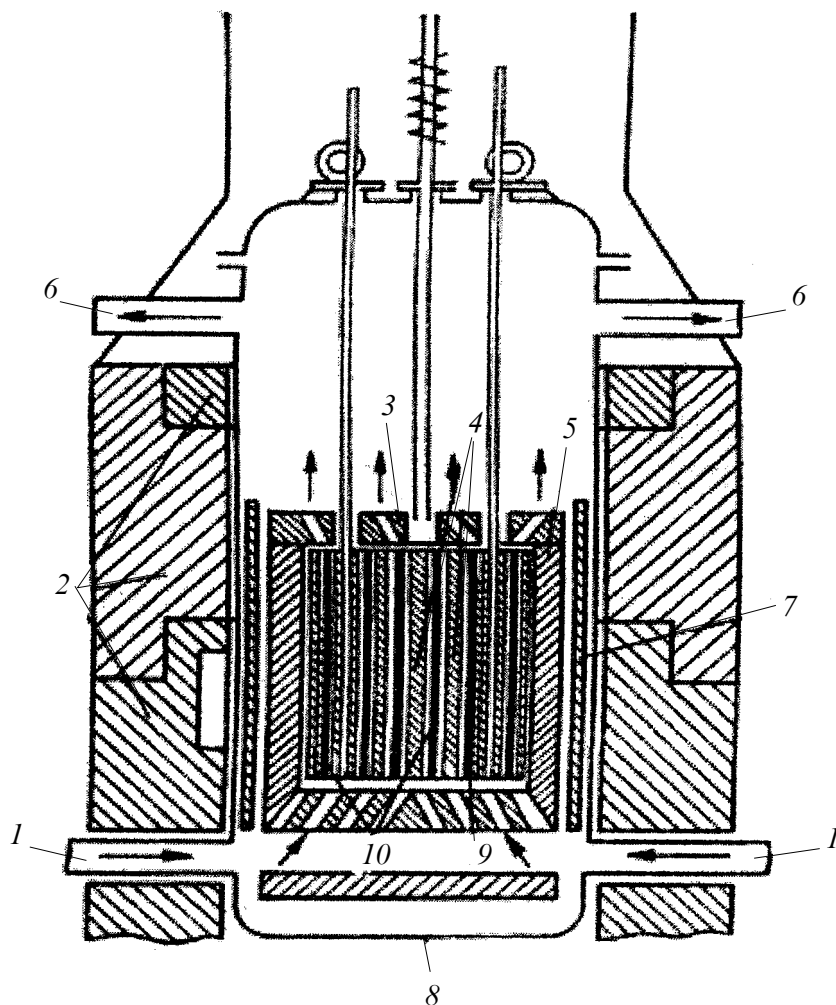


Рис. 6.4. Схема ядерного реактора:

1 – трубы для подвода теплоносителя; 2 – биологическая защита; 3, 5 – отражатели; 4 – замедлитель; 6 – трубы для отвода теплоносителя; 7 – тепловой экран; 8 – металлический корпус; 9 – рабочие каналы; 10 – тепловыделяющие элементы

В качестве *ядерного топлива* на современных ЯЭУ применяют обогащенный уран.

Основными элементами реактора являются: *активная зона*, в которой совершается цепная реакция, сопровождающаяся выделением



теплоты; *урановые стержни* (ТВЭЛы – тепловыделяющие элементы) и *замедлитель* для поглощения энергии, выделяющейся при распаде ядер нейтронов; *отражатель нейтронов*, обеспечивающий уменьшение потерь нейтронов; *теплоноситель* для отвода теплоты из активной зоны; *биологическая защита* для предотвращения распространения излучения потока нейтронов.

В качестве замедлителей применяют воду, тяжелую воду и графит, а в качестве теплоносителей – жидкие металлы и их сплавы (натрий, калий, висмут и т. д.), газы (гелий, азот, углекислый газ) или воду. В водородных реакторах (рис. 6.5) в качестве замедлителя и теплоносителя используется дистиллированная вода; эти реакторы наиболее просты по устройству, надежны, компактны и относительно дешевы.

Наиболее простой схемой ядерной установки является *одноконтурная схема* с применением воды в качестве охладителя и одновременно теплоносителя. В этом случае вода, охлаждающая ТВЭЛы, превращается в пар, который подается в паровую турбину и на выходе из нее направляется в конденсатор, где превращается в воду. Вода с помощью насоса из конденсатора подается в реактор.

Более совершенна *двухконтурная ЯЭУ* с использованием воды в качестве охладителя реактора. В этом случае вода под давлением направляется из реактора в теплообменный аппарат (парогенератор). В парогенераторе за счет теплоты воды первого контура получается пар из воды, циркулирующей по второму контуру. Он уже не имеет радиоактивности. Из парогенератора вода первого контура подается насосом в реактор. Этот насос и парогенератор находятся за биологической защитой. Пар из парогенератора расширяется в турбине и затем в конденсаторе превращается в воду. Насос второго контура подает воду в парогенератор. Достоинством этой схемы является то, что паровая

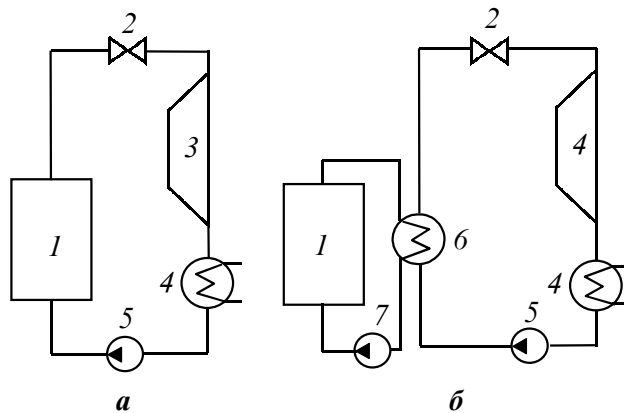


Рис. 6.5. Схема ядерных энергетических установок с водо-водяными реакторами:

*а* – одноконтурная; *б* – двухконтурная;

1 – реактор; 2 – регулирующий клапан; 3 – турбина; 4 – конденсатор; 5 – главный циркуляционный насос; 6 – парогенератор; 7 – питательный насос

турбина, конденсатор и обслуживающие их механизмы доступны и безопасны для обслуживания.

## 6.6. Электрические энергетические установки

В некоторых случаях для передачи мощности на гребной винт вместо зубчатой передачи может использоваться электрическая.

Электрическим передачам свойственно двойное преобразование энергии: механическая энергия главных двигателей (ДВС или турбин) преобразуется в электрогенераторах в электрическую, которая затем по электрическим силовым сетям передается к гребным электродвигателям, преобразующим ее в механическую энергию вращения вала и гребного винта.

В зависимости от типа главного двигателя различают *дизель-электрические и турбоэлектрические СЭУ*.

Электрическая передача позволяет использовать мощность нескольких высокооборотных турбин или ДВС в качестве привода одного или нескольких малооборотных гребных электродвигателей. Судовые гребные электродвигатели располагаются в корме, что позволяет существенно образом сократить длину гребного вала и за счет этого значительно упростить передачу мощности на гребной винт, а также уменьшить механические потери.

Использование электрических энергетических установок, кроме того, позволяет обеспечить высокие маневренные качества судна: возможность двигаться практически с любой малой скоростью, быстрый реверс судна, полное затормаживание гребного винта в течение 5...16 с и малый выбег судна.

Однако электропередачи имеют и существенные недостатки: сравнительно низкий КПД передачи (0,84...0,93) по сравнению с зубчатой передачей (0,96...0,98), высокие массогабаритные показатели и стоимость.

В связи с изложенным электропередачи постоянного тока применяют на судах, требующих в процессе эксплуатации частых изменений скорости хода и режимов работы СЭУ: на ледоколах, судах ледового плавания, рыбопромысловых судах).

Судовые энергетические установки с электродвижением размещают в одном или двух отсеках, гребные электродвигатели – всегда в корме (рис. 6.6), а первичные электродвигатели и генераторы либо в том же отсеке, либо в носовой части судна.

Помимо главных электрогенераторов, обеспечивающих работу гребных электродвигателей, на судне устанавливаются вспомогательные

электрогенераторы. Они обеспечивают работу электроприводов вспомогательных механизмов СЭУ, устройств и систем, бытовых механизмов, осветительных и электронагревательных приборов, электронavigационных приборов, электрических средств связи и сигнализации.

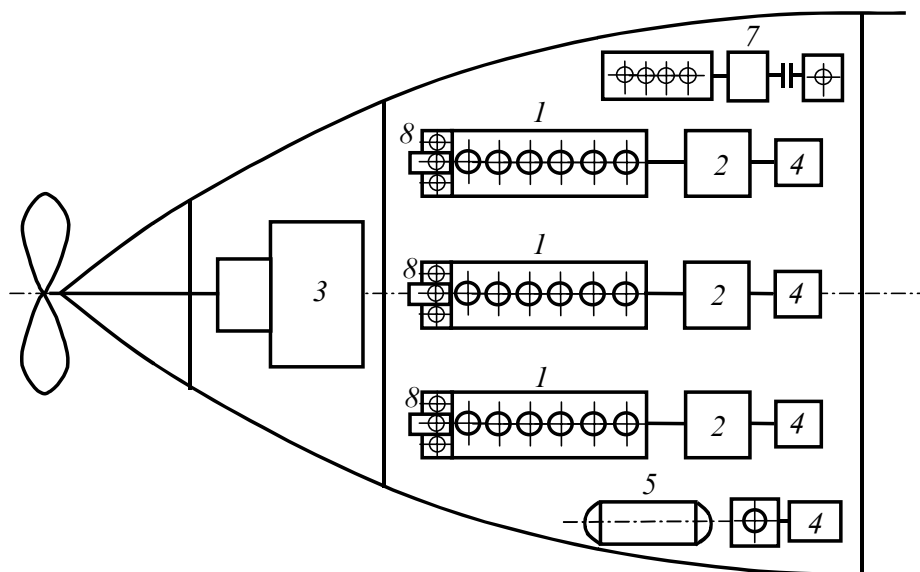


Рис. 6.6. Компоновка гребной дизель-электрической установки:

1 – дизели; 2 – главные электрогенераторы; 3 – гребной электродвигатель; 4 – вспомогательные генераторы для общесудовых систем; 5 – баллон пускового воздуха; 6 – компрессор пускового воздуха; 7 – стояночный дизель-генератор с компрессором; 8 – навешенные насосы

Электрооборудование для судов изготавливают в специальном морском исполнении. В соответствии с требованиями Правил Регистра их нормальная работа должна быть обеспечена при относительной влажности воздуха 75 % и температуре 40 °С или 95 % и 25 °С, продолжительном крене до 15° и дифференте до 5°, амплитуде бортовой качки до 22,5° и килевой – до 10°, при температурных колебаниях 30...55 °С. В зависимости от атмосферных условий применяют электрооборудование во влаго-, тепло- или маслостойком исполнении.

## 6.7. Передача мощности от главного двигателя к движителю

*Валопровод* служит для передачи мощности от главного двигателя

к судовому движителю, а также упора, создаваемого движителем, на корпус судна через *упорный подшипник*. Эта сложная конструкция состоит из нескольких валов, опирающихся на опорные подшипники, которые устанавливаются на специальных фундаментах, и включает в себя (рис. 6.7):

*гребной вал*, проходящий через ахтерпик внутрь корпуса судна и служащий для крепления на нем гребного винта;

*промежуточные валы*, расположенные между гребным и упорным валами и соединенные с ними с помощью фланцев. Каждый промежуточный вал покоится на одном опорном подшипнике;

*упорный вал*, который передает (через упорный гребень) упор, создаваемый гребным винтом, упорному подшипнику;

*главный упорный подшипник*, служащий для восприятия упора и передачи его корпусу судна;

*опорные подшипники*, служащие опорами для промежуточных валов;

*дейдвудное устройство* для уплотнения места выхода гребного вала из корпуса судна и создания для него опоры.

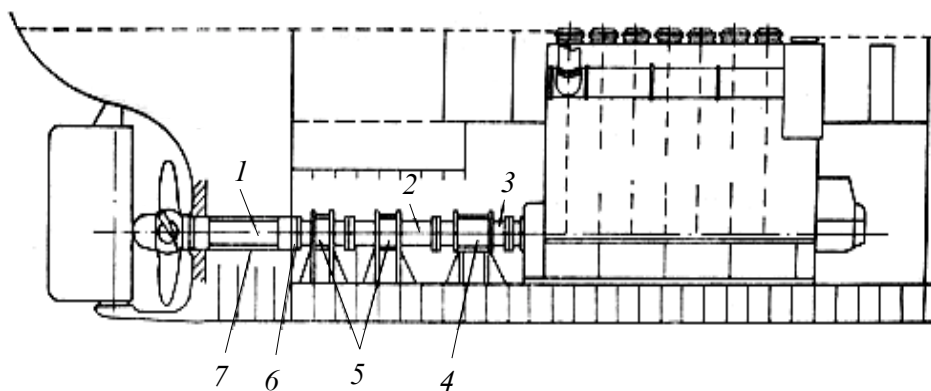


Рис. 6.7. Элементы валопровода:

- 1, 2, 3 – гребной, промежуточный и упорный валы соответственно;  
4 – главный упорный подшипник; 5 – опорный подшипник; 6 – переборочный сальник; 7 – дейдвудное устройство

Дейдвудное устройство (рис. 6.8) на одновалных судах состоит из трубы, закрепленной одним концом в ахтерпиковой переборке, а другим – в яблоке ахтерштевня, кормового и носового дейдвудных подшипников и уплотнений (сальников). Дейдвудная труба может быть литой стальной либо сварной из двух половин. Дейдвудные подшипники (бронзовые, латунные или стальные) покрываются слоем кадмия или

свинца, имеют набор элементов из антифрикционного материала. В качестве сальникового уплотнения используется резина и реже – промасленная пеньковая набивка.

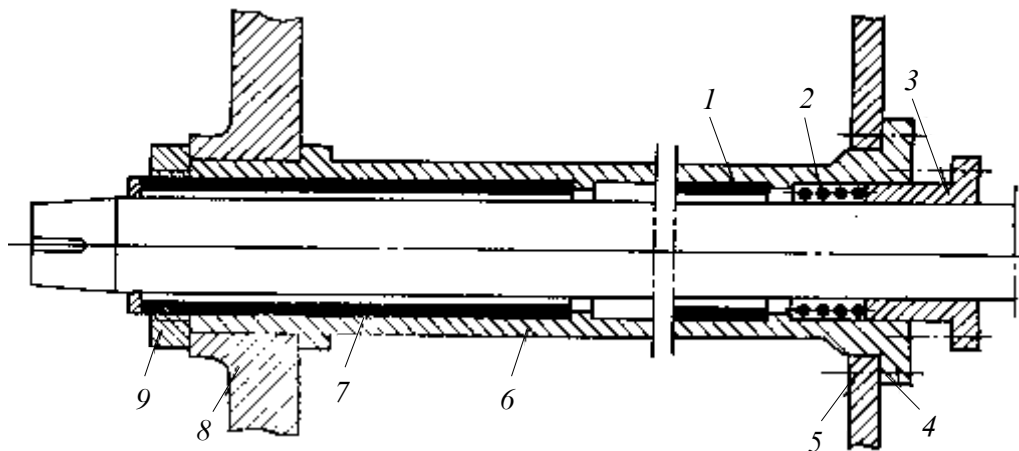


Рис. 6.8. Дейдвудное устройство:

1 – носовой (или подсальниковый) подшипник гребного вала; 2 – пеньковая набивка; 3 – дейдвудный сальник; 4 – фланец дейдвудной трубы; 5 – переборка; 6 – дейдвудная труба; 7 – кормовой (или дейдвудный) подшипник гребного вала; 8 – ахтерштевень; 9 – гайка

## 7. СУДОВЫЕ СИСТЕМЫ

### 7.1. Общие сведения и принципы классификации

*Судовой системой* называется комплекс оборудования, состоящий из трубопроводов, механизмов, аппаратов, приборов, устройств и емкостей и предназначенный для хранения и перемещения жидкостей и газов на судне.

Различают системы, обслуживающие судно в целом, – общесудовые и системы, обслуживающие энергетическую установку.

В соответствии с выполняемыми функциями общесудовые системы подразделяются на следующие группы: трюмные, противопожарные, системы искусственного микроклимата, санитарные, а также системы специального назначения, характерные для таких судов, как танкеры, спасательные, рыболовные и др.

Из систем, обслуживающих энергетическую установку, наиболее характерными являются топливные и масляные системы, системы охлаждения и газовыхлопа, сжатого воздуха, пара, контроля и регулирования и др.

### 7.2. Конструктивные элементы судовых систем

*Общесудовые системы*, независимо от своего назначения, состоят из следующих конструктивных элементов: труб и гибких шлангов, путевых соединений, трубных элементов, арматуры, приводов управления арматурой и механизмами, гидравлических механизмов, сепараторов и устройств для обработки рабочих сред, контрольно-измерительных и сигнальных приборов, цистерн, баллонов и других емкостей, подвесок, кронштейнов, фундаментов.

*Трубы* служат для транспортировки жидкостей или газов. Для судовых систем применяют трубы из углеродистой стали (черные), стальные оцинкованные, из нержавеющей стали, из меди и сплавов на ее основе, из алюминия и сплавов на его основе, биметаллические, металлопластиковые и пластмассовые.

*Путевые соединения* используют для соединения отдельных участков трубопровода между собой. Они могут быть как неразъемными – сварными, паяными и клееными, так и разъемными – фланцевыми (рис. 7.1,*а*), муфтовыми (рис. 7.1,*б*), дюритовыми (рис. 7.1,*в*), штуцерными (рис. 7.1,*г*).

*Фасонные части* предназначены для разветвления трубопровода или

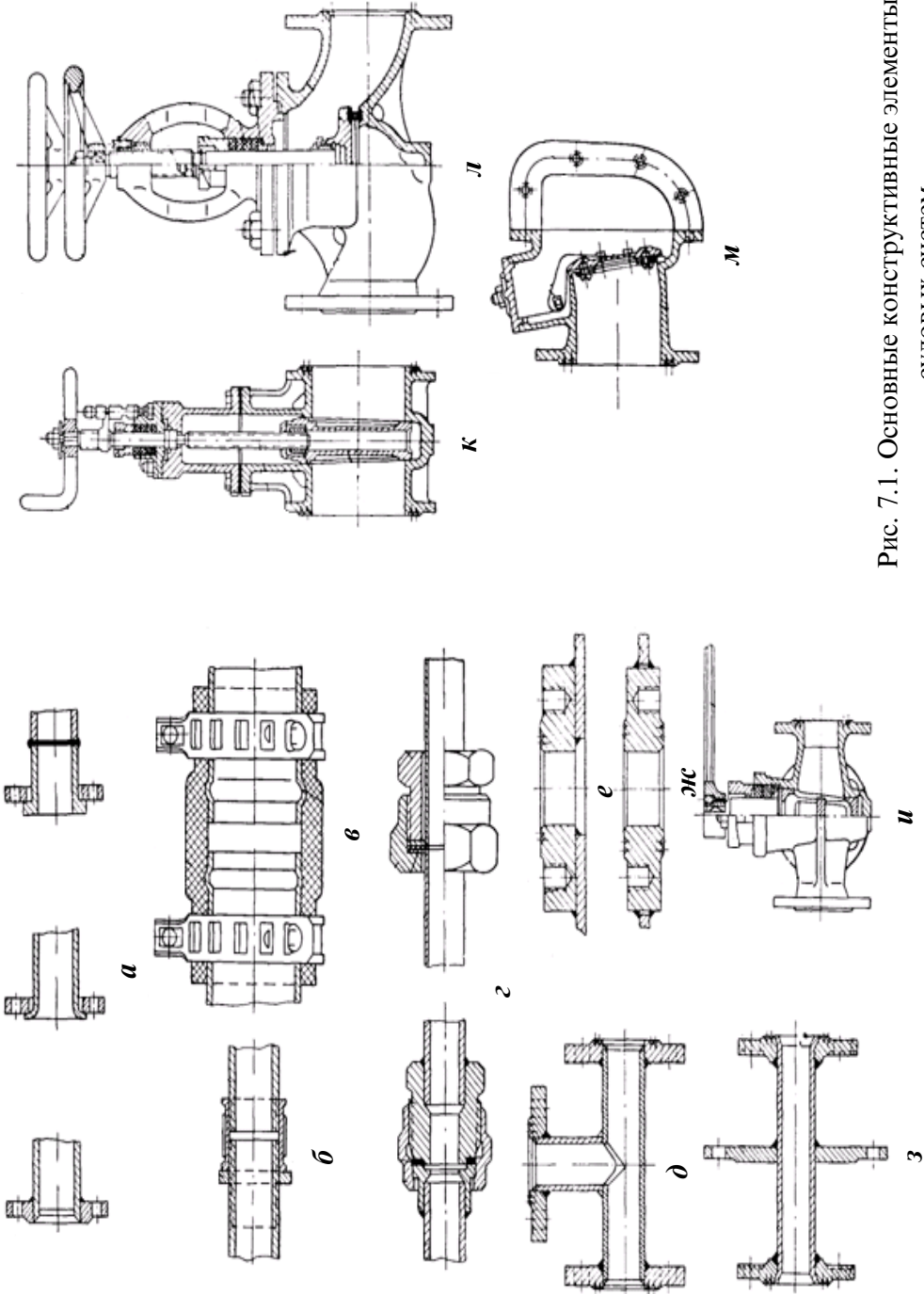


Рис. 7.1. Основные конструктивные элементы судовых систем

для проводки труб через переборки, палубы и платформы. К ним относятся колена, компенсаторы, тройники (рис. 7.1,*д*), четверники, приварыши (рис. 7.1,*е*), вварыши (рис. 7.1,*ж*), переборочные стаканы (рис. 7.1,*з*).

*Арматура* служит для коммутации и регулирования движения рабочих сред в системах. К судовой арматуре относятся краны, задвижки, клапаны и запорные клапаны.

*Краны* бывают проходные, трехходовые (рис. 7.1,*и*), краны-манипуляторы и крановые коллекторы (несколько кранов в одном корпусе).

*Задвижки* клинкетные (рис. 7.1,*к*) устанавливают на трубопроводы большого диаметра, например в грузовых системах танкеров, в водоотливных и других системах при диаметре трубопроводов более 80 мм.

*Клапаны* – запорные (рис. 7.1,*л*), невозвратные, предохранительные, редукционные – используются для регулирования параметров рабочих сред в системах.

*Захлопки* (рис. 7.1,*м*) применяют в фановых и сточных системах, предотвращая попадание в систему заборной воды.

*Приводы управления арматурой* подразделяются на местные и дистанционные. Дистанционные приводы могут быть ручными, электрическими, гидравлическими и пневматическими.

*Механизмы судовых систем* служат для перемещения рабочих сред по трубопроводам и сообщения им необходимых параметров (давления и скорости).

Для работы с жидкостями применяются лопастные (центробежные и осевые), поршневые, шестеренные и иные насосы, для работы с газами – вентиляторы и компрессоры.

*Контрольно-измерительные приборы* судовых систем служат для контроля параметров рабочей среды. К ним относятся: манометры, вакуумметры, термометры, различные реле, датчики и т. п.

### 7.3. Общесудовые системы

#### 7.3.1. Трюмные системы

К *трюмным системам* относятся системы *воздушных, измерительных, наливных и переливных труб*, а также *осушительная, водоотливная, балластная, креновая и дифференциальная*.

*Воздушные трубы* служат для сообщения цистерн с атмосферой, предотвращая появление воздушной подушки при заполнении или разрежении – при расходовании жидкостей. Трубы устанавливают в самых высоких частях цистерн и выводят на верхнюю палубу. Верхние концы их обычно загивают книзу "гуськом" и оборудуют, при необходимости, запорными клапанами и пламепрерывающими сетками.



*Измерительные трубы* предназначены для контроля уровня жидкости в цистернах и льялах. Трубы устанавливаются в самом низком месте отсека, а верхний конец, закрытый маркированной пробкой, выводят на верхнюю палубу. К пробке крепится футшток – специальная рейка с делениями, соответствующими объему жидкости в отсеке.

*Наливные трубы* служат для приема жидкостей на судно, а *переливные* – для предотвращения переполнения цистерн и отвода излишков жидкости в специальные переливные цистерны. Переливные трубы должны иметь смотровые окна с хорошим освещением.

*Осушительная система* предназначена для удаления незначительного количества воды, попадающей в отсек в результате мойки помещений, отпотевания, течи в трубопроводах и т. п. Система состоит из трубопроводов, арматуры и осушительных насосов. Количество осушительных насосов должно быть не менее двух, причем их производительность, в соответствии с Правилами классификации и постройки всех классификационных обществ, должна превышать производительность пожарных насосов. Трубопровод осушительной системы окрашивают под цвет помещения, в котором он располагается, и маркируют кольцом черного цвета шириной 25 мм.

*Водоотливная система* служит для удаления больших масс воды, попавших в отсеки судна в результате аварии. Этой системой оборудуются суда, вероятность аварии которых достаточно высока (например, ледоколы, военные корабли и др.). Водоотливная система в принципе устроена так же, как и осушительная, но с увеличенным диаметром трубопровода и производительностью насосов, которые должны откачать воду из любого затопленного отсека за 1,5...3,0 часа. Трубопроводы этой системы маркируются так же, как и осушительной.

*Креновая система* предназначена для ликвидации или создания крена с помощью приема, перекачивания или откачивания водяного балласта. Чаще всего используется на ледоколах, пассажирских судах и судах, в процессе эксплуатации которых возникает необходимость в регулировании угла крена. Состоит из бортовых креновых цистерн объемом 2...7 % объемного водоизмещения, перепускных трубопроводов большого сечения (500...700 мм) и насосов большой производительности. Трубопроводы этой системы маркируются двумя кольцами зеленого цвета.

*Дифференциальная система* предназначена для регулирования угла дифферента судна в процессе эксплуатации путем приема, перекачки или откачки водяного балласта. Чаще всего применяется на ледоколах и некоторых судах специального назначения. На транспортных судах роль дифференциальной выполняет балластная система.

Система состоит из дифференциальных носовых и кормовых цистерн объемом 5...8 % объемного водоизмещения, трубопроводов диамет-

ром 400...800 мм и дифферентных насосов. Трубопроводы дифферентной системы маркируются двумя зелеными кольцами.

*Балластная система* предназначена для приема, перекачивания или откачивания водяного балласта. Балласт принимают на борт при отсутствии груза, неполной загрузке, расходе большого количества топлива, при перевозке груза на палубе и других случаях нештатной загрузки. Объем балластных отсеков на сухогрузных судах может занимать 20...30% объемного водоизмещения, на танкерах – 50% и более. Вода в балластные отсеки принимается через специальные бронзовые клапаны – кингстоны, расположенные ниже ватерлинии. Перекачка и откачка балласта осуществляется по трубопроводам балластной системы с помощью балластных насосов. Трубопроводы маркируются двумя зелеными кольцами.

### 7.3.2. Противопожарные системы

*Противопожарная защита* на судах морского флота обеспечивается: конструктивными мероприятиями, системами пожарной сигнализации, противопожарным снабжением, противопожарным оборудованием, а также противопожарными системами водотушения, паротушения, жидкостного тушения, газотушения и пенотушения.

*Конструктивные противопожарные мероприятия* направлены на предотвращение пожара, ограничение его распространения по судну, создание нормальных условий для эвакуации людей и успешного тушения пожара. Эти мероприятия заключаются в ограничении использования горючих материалов при постройке судна; применении противопожарной изоляции для отдельных, наиболее важных зон и отсеков; устройстве буферных помещений (коффердамов) между опасными в пожарном отношении отсеками (топливные, масляные и иные цистерны, предназначенные для перевозки и хранения ГСМ) и жилыми или служебными помещениями.

*Системы пожарной сигнализации* служат для обнаружения пожара и подачи сигнала о его обнаружении на центральный пожарный пост. Пожарной сигнализацией оборудуют жилые, служебные и грузовые помещения. В них устанавливают специальные датчики, которые реагируют на температуру, скорость ее нарастания, дым или пламя.

К *системам водотушения*, применяемым на современных морских судах, относят следующие: водопожарную, спринклерную, водораспыления, тушения мелкораспыленной водой, водяных завес и орошения трапов.

*Водопожарная система* предназначена для тушения пожара подачей компактной или раздробленной струи воды из брандспойта в зону пожара. Состоит из специальных пожарных насосов, системы трубопроводов, раздаточных пожарных рожков, гибких пожарных рукавов

и пожарных стволов (брандспойтов). Такими системами должны быть оборудованы практически все самоходные суда. Трубопроводы этой системы окрашиваются в красный цвет или маркируются кольцами шириной 50 мм.

*Спринклерная система* служит для автоматического тушения пожара раздробленной струей воды, которая подается в помещение с помощью штатно установленных спринклеров (разбрызгивателей). Состоит из спринклерного насоса, системы трубопроводов и спринклеров. Система запускается автоматически по сигналу системы пожарной сигнализации. Трубопроводы этой системы окрашиваются и маркируются аналогично водопожарной системе.

*Система водораспыления* используется для тушения пожаров в МКО и других помещениях, где применяется жидкое топливо. Водораспылители этой системы готовят водяную мелкодисперсную пыль, которая охлаждает горящие предметы и окутывает их паровой подушкой, предотвращая доступ кислорода к очагу горения. Маркировка трубопроводов этой системы аналогична водопожарной.

*Система тушения мелкораспыленной водой* применяется для тушения пожара в грузовых танках и цистернах с ГСМ. В данном случае, в отличие от системы водораспыления, вода доводится до туманообразного состояния с помощью сжатого воздуха. Действие этой системы аналогично действию системы водораспыления.

*Система водяных завес и орошения трапов* служит для ограничения распространения огня в помещениях судна и охлаждения горячих поверхностей переборок, палуб и дверей смежных отсеков. Вода в эту систему подается из водопожарной системы.

*Система паротушения* применяется на судах, перевозящих легковоспламеняющиеся грузы – нефтепродукты и другие ГСМ. Принцип действия этой системы состоит в вытеснении воздуха из помещения водяным паром. Система проста в эксплуатации, весьма эффективна и широко используется на танкерах и химовозах. Трубопроводы системы маркируют двумя кольцами – красным шириной 50 мм и красно-коричневым шириной 25 мм.

*Система жидкостного или химического пожаротушения* предназначена для подачи в горящие помещения быстроиспаряющейся жидкости, пары которой вытесняют воздух. Чаще всего жидкостное тушение применяют в МКО и закрытых грузовых помещениях паромов и трейлерных судов. Жидкость транспортируется по трубопроводам системы при помощи сжатого воздуха, который поступает из специального воздушного баллона.

*Системы пенотушения* работают по принципу изоляции очага пожара от кислорода воздуха слоем специальной пены. Пену получают в результате химической реакции между специальными компонентами или

механическим перемешиванием воды, воздуха и пенообразователя. Системой пенотушения оборудуются грузовые помещения танкеров, цистерны жидкого топлива и смазочного масла, МКО. Трубопроводы системы пенотушения маркируются двумя кольцами – красным шириной 50 мм и зеленым шириной 25 мм.

*Системы газотушения* осуществляют тушение пожара с помощью инертных газов, не поддерживающих горение; эти газы, вытесняя воздух, уменьшают содержание кислорода и тем самым прекращают горение. В качестве инертных применяют углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) или газообразные продукты сгорания жидкого топлива. Применение инертных газов не причиняет вред грузу и оборудованию, а следовательно, считается перспективным. Трубопроводы этих систем маркируются двумя кольцами – красным шириной 50 мм и синим шириной 25 мм.

### 7.3.3. Системы искусственного микроклимата

*Системы искусственного микроклимата* предназначены для создания необходимых температурных и физико-химических параметров воздуха в жилых, служебных и прочих судовых помещениях. Сюда входят системы вентиляции, отопления, охлаждения и кондиционирования воздуха.

*Системы вентиляции* в судовых помещениях предназначены для постоянной или периодической смены воздуха, который теряет свои первоначальные качества вследствие жизнедеятельности людей, работы механизмов, хранения груза и т. п. Различают естественную и искусственную вентиляцию.

*Естественная вентиляция* происходит от тепловой конвекции или ветрового напора. При тепловой конвекции смена воздуха в помещении происходит за счет разности плотности наружного и внутреннего воздуха. В помещении располагают два вентиляционных канала: внизу – приточный, вверху – вытяжной, что обеспечивает циркуляцию воздуха, которая будет происходить до тех пор, пока сохраняется разность температур. При использовании *ветрового напора* специальные рефлекторные или эжекционные головки преобразуют скоростной напор ветра в статическое давление или разрежение, которое приводит в движение воздух, находящийся в помещениях и вентиляционных каналах.

*Искусственную вентиляцию* применяют в помещениях, где необходима многократная смена воздуха, а естественная вентиляция неэффективна. Движение воздуха по вентиляционным каналам осуществляется благодаря напору, создаваемому осевыми или центробежными вентиляторами.

Вентиляционные каналы выполняют из тонколистовых материалов круглого или прямоугольного поперечного сечения. Наружные забор-

ные и выходные патрубки воздухопроводов закрывают грибовидными головками, которые при необходимости могут быть перекрыты.

*Системы отопления* предназначены для поддержания в судовых помещениях определенной положительной температуры. Различают системы водяного, парового и воздушного отопления.

*В системе водяного отопления* теплоносителем служит подогретая до 80...90 °С вода, которая, циркулируя по трубопроводам, нагревает воздух в помещениях при помощи теплообменных аппаратов – грелок. Система состоит из водогрейного котла, трубопроводов, грелок, насоса и расширительного бака. Трубопроводы системы маркируют двумя кольцами шарового и красно-коричневого цвета шириной по 25 мм.

*В системе парового отопления* в качестве теплоносителя применяется пар, имеющий температуру 120...130 °С и давление 0,2...0,3 МПа. Пар получают от главных или вспомогательных судовых парогенераторов. Паровое отопление не применяется в помещениях, приборы и оборудование которых боятся сырости, так как возможные утечки пара могут увеличить влагосодержание воздуха до опасных пределов. Трубопроводы паровой системы отопления маркируются кольцами красно-коричневого цвета шириной 25 мм.

*В системе воздушного отопления* теплоносителем является воздух, который подается в помещения подогретым примерно до 40 °С. Систему воздушного отопления обычно совмещают с системой вентиляции.

*Системы охлаждения*, как и системы воздушного отопления, часто совмещают с системами вентиляции, причем свежий воздух, подаваемый в помещения, проходит через специальные аппараты – калориферы, в которых он подогревается или охлаждается. Охлаждение происходит в процессе прохождения воздуха через испаритель рефрижераторной установки или рассольную батарею.

*Система кондиционирования воздуха* предназначена для создания наилучших условий обитаемости в жилых и служебных судовых помещениях. В последнее время системы вентиляции, отопления и охлаждения заменяют системами кондиционирования воздуха, которые в автоматическом режиме осуществляют очистку, подогрев или охлаждение, осушение или увлажнение наружного воздуха, поддерживая его температуру в пределах 23...25 °С и относительную влажность – 50...60 %.

#### 7.3.4. Санитарные системы

*Санитарные системы* предназначены для снабжения судна водой и удаления за борт использованных, фекальных и дождевых вод. В эту группу входят системы питьевой, мытьевой, забортной воды, фановая и сточная системы, а также система шпигатов.

*Система питьевой воды* предназначена для подачи питьевой воды

судовым потребителям. В состав системы входят: цистерны для хранения питьевой воды, покрытые изнутри специальным составом на основе цемента, который предотвращает ее преждевременную порчу; трубопроводы; насос пресной воды и пневмоцистерна, поддерживающая в системе постоянное давление. Объем цистерн рассчитывают исходя из расхода 30 л воды в сутки на человека. Трубопроводы системы маркируют кольцом шарового цвета шириной 25 мм.

*Система мытьевой воды* аналогична системе питьевой воды. Иногда эти две системы объединяют в одну и тогда в качестве мытьевой используют питьевую воду. Объем цистерн мытьевой воды определяют из расчета 60 л воды в сутки на человека. Для приготовления горячей воды используют специальные водонагревательные котлы, которые нагревают воду до 60...70 °С. Трубопроводы системы маркируют двумя кольцами шарового и зеленого цвета шириной 25 мм.

*Система забортной воды* используется для подачи воды в гальюны, бани, плавательные бассейны, камбузы и на другие санитарные нужды. В отличие от систем питьевой и мытьевой воды эта система не имеет цистерн. Трубопроводы системы маркируются одним кольцом зеленого цвета шириной 25 мм.

*Фановая система* предназначена для удаления фекалий из гальюнов. Фекалии по трубопроводам системы поступают в специальные фекальные цистерны, опорожнение которых осуществляется в плавучие или береговые емкости. Трубопроводы фановой системы маркируются двумя кольцами черного цвета шириной по 25 мм.

*Сточная система* служит для отвода грязных вод из бань, умывальников, душевых, камбуза и т. п. В акваториях портов, каналов и специально оговоренных санитарных зон сточные воды самотеком поступают в цистерну сточных вод, которая опорожняется в открытом море. Трубопроводы сточной системы маркируются так же, как и трубопроводы фановой системы.

*Система шпигатов* предназначена для удаления с палуб воды, скопившейся в результате уборки, дождя, заливания при волнении. Состоит из системы расположенных в наиболее низких местах приемных отверстий – шпигатов, закрытых решетками или сетками, и подсоединенных к ним изнутри коротких трубопроводов, которые отводят воду за борт.

Кроме указанных выше, на судах могут применяться и *специальные системы*, характерные только для определенного типа судов. Так, например, для танкеров специальными считаются грузовая, зачистная, газоотводная системы, системы подогрева груза и мойки танков.

## 8. ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ПОСТРОЙКА И РЕМОНТ СУДОВ

### 8.1. Проектирование судна

*Проект* будущего судна представляет собой комплекс пояснительных записок, расчетов, чертежей, спецификаций, ведомостей, смет и другой технической документации, в соответствии с которой будет построено судно. Проект разрабатывается в Центральных конструкторских бюро (ЦКБ) конструкторами различных специальностей – кораблестроителями, механиками, электриками, специалистами по общесудовому и специальному оборудованию.

Основанием для начала проектирования является *техническое задание*, в разработке которого принимают участие заказчик, ЦКБ и завод-строитель. В техническом задании должны быть заданы тип судна, район плавания, грузоподъемность, пассажировместимость, скорость хода, тип главного двигателя и другие сведения, характеризующие будущее судно. Как правило, это задание разрабатывается на основании экономического анализа грузо- и пассажиропотоков на линии будущей эксплуатации.

*Эскизное проектирование* является первым этапом процесса проектирования и служит для проверки совместимости требований технического задания. На этом этапе разрабатывается техническая документация, содержащая общие представления о проекте: главные размеры, форму корпуса, общее расположение помещений на судне и др. В процессе эскизного проектирования определяются завод-строитель, заводы-поставщики, решаются вопросы экономической целесообразности постройки судов данного типа. Должны быть разработаны теоретический чертеж, чертеж общего расположения, конструктивный мидель-шпангоут. Эскизный проект, как правило, содержит несколько вариантов проектируемого судна.

*Технический проект* разрабатывается по материалам эскизного проекта и содержит существенно большее количество чертежей, расчетов, схем, смет, ведомостей заказа на материалы и оборудование. Материалы технического проекта дают исчерпывающий ответ на любой вопрос о судне. В процессе его разработки окончательно рассчитывают мореходные качества судна, его прочность; выполняют чертежи общего расположения, конструктивные чертежи корпуса, систем, устройств, чертежи расположения оборудования в машинно-котельных отделениях и других служебных и жилых помещениях.

Последним этапом проектирования является *изготовление рабочих чертежей*, по которым производится постройка судна. Для сокращения сроков постройки головного судна завод-строитель приступает к постройке, не дожидаясь окончания выпуска всех чертежей (единица измерения общего количества чертежей – тонна). Поэтому *рабочее проектирование* некоторое время сопровождает постройку головного судна и может продолжаться и на других судах строящейся серии.

На всех этапах проектирования классификационное общество, на класс которого строится судно, осуществляет надзор за процессом проектирования и его результатами.

## 8.2. Постройка судна

Постройка судов осуществляется на специализированных *судо-строительных предприятиях*, которые в зависимости от организации производства делятся на два вида:

*судостроительные заводы*, выполняющие весь объем работ по корпусу, а также изготавливающие некоторые виды судового оборудования, механизмов, устройств, дельных вещей и других изделий машиностроительной части (МСЧ);

*судостроительные верфи*, выполняющие все работы по корпусу, но получающие все остальные изделия от заводов-поставщиков и осуществляющие их монтаж на судне.

В состав судостроительного предприятия входят следующие производственные цехи: непосредственно участвующие в постройке судна – цехи обработки металла, узловой и секционной сборки, сборки блок-секций, стапельные, монтажно-механический, трубомедницкий, электромонтажный, малярный, корпусно-такелажный и мебельный; группы МСЧ – механические, кузнечные, литейные, цехи-изготовители дельных вещей, устройств, механизмов и др.; вспомогательные – инструментальный, ремонтный, энергетический, транспортный, плавсредств и пр.

Постройка судна делится на следующие этапы: подготовительный, заготовительный, изготовление секций и блоков, стапельный, спуск на воду, достройка и сдача судна в эксплуатацию.

На *подготовительном этапе* осуществляется подготовка производства к строительству судна. Заключаются договора с заводами-поставщиками материалов и оборудования, выполняются, если есть необходимость, работы по модернизации основных производственных фондов (стапелей, кранов, доков и т. п.). Производятся плазовые



работы, разрабатывается технология постройки и изготавливаются технологические приспособления и оборудование.

*Заготовительный этап* начинается с момента поступления на судостроительное предприятие материалов и оборудования. По рабочим чертежам секций в цехах предстапельной группы начинаются обработка металла, изготовление отдельных деталей обшивки и набора, *деталей доизоляционного насыщения* (башмаков, приварышей, скоб и т. п.). Поступающие оборудование, материалы, а также изготовленные детали хранятся на складе.

*Изготовление секций и блоков* обычно начинается параллельно с заготовкой деталей, из которых собирают сначала мелкие узлы, плоские и объемные секции. Из секций собирают блок-секции – объемные конструкции, представляющие собой крупные части судна, ограниченные палубой, днищем и бортами (рис. 8.1). Размер секций определен в техническом проекте исходя из возможностей производства, сроков постройки и графика поставок.

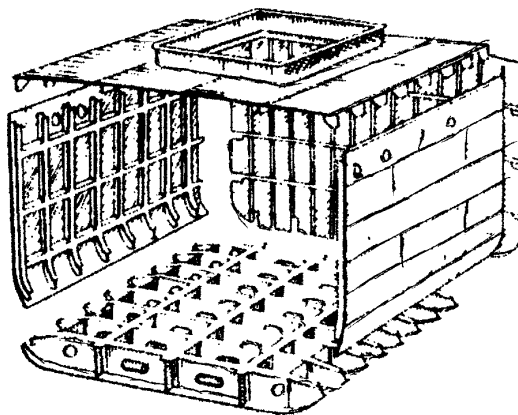


Рис. 8.1. Сборка блока из секций

Обычно при изготовлении секций сразу же ведут монтаж насыщения – устанавливают приварыши, фундаменты, трубопроводы, детали крепления кабелей и электрооборудования, дельные вещи, детали судовых устройств и систем. Готовые блок-секции после испытаний на непроницаемость и прочность сварных швов отправляют на стапель для сборки корпуса судна.

*Сборка корпуса судна на стапеле.* Для формирования корпуса судна на стапеле применяют поддетальную, секционную сборку и сборку блоками.

При *поддетальной* сборке вначале из отдельных деталей собирают набор корпуса, к которому приваривают наружную обшивку. Такой способ применяют при постройке малых судов на небольших предприятиях.

При *секционной* сборке корпус судна формируют из плоских и объемных секций пирамидальным или островным способом. В первом случае сборку начинают с установки (закладки) средней днищевой секции, постепенно наращивая судно в длину и высоту. Во втором случае сбор-

ку начинают сразу в нескольких районах судна, расширяя получающиеся при этом островки в длину и высоту.

Формирование корпуса из крупных *блоков*, изображенное на рис. 8.2, существенно сокращает не только стапельный период, но и сроки постройки судна в целом, так как блоки изготавливаются в закрытых помещениях с максимально возможным насыщением и высокой степенью готовности.

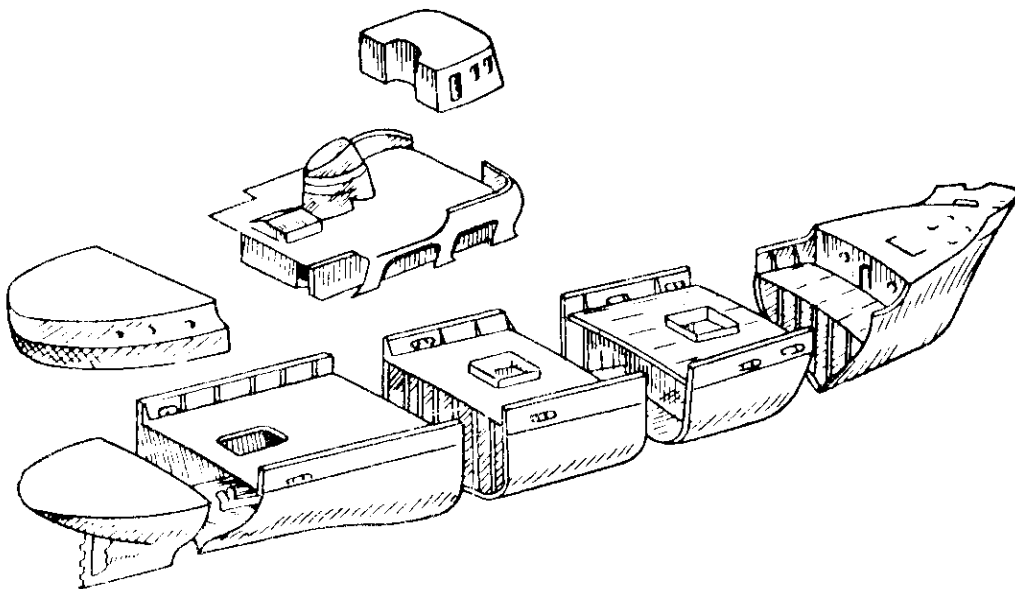


Рис. 8.2. Сборка корпуса судна на стапеле из блоков

После окончания стапельной сборки корпуса, приварки доизоляционного насыщения и установки донно-заборной арматуры, еще до окраски монтажных стыков и пазов производят испытания отсеков на непроницаемость с помощью воды или, чаще всего, воздуха. Сварные швы подвергают гаммаграфированию или ультразвуковой дефектоскопии.

Кроме корпусных, на стапеле выполняют монтажные работы. Осуществляются монтаж главных двигателей, валопроводов, гребных винтов, рулей и другого механического оборудования, судовых устройств и систем, обстройка и отделка помещений, окраска подводной части корпуса. В настоящее время готовность судна на стапеле доводят до 70...85 %.

*Спуск судна на воду.* В зависимости от устройства стапеля и размеров судна различают боковой и продольный спуск. Судно может скользить по наклонным спусковым дорожкам под действием собственного

веса или быть спущено на тележках. Если судно строилось в сухом доке, то спуск на воду производится путем заполнения дока водой, под действием которой оно всплывает и затем выводится из дока. Малые суда могут быть спущены на воду с помощью кранов достаточной грузоподъемности.

*Достройка судна на плаву.* После спуска на воду судно отводят к специально оборудованному достроечному пирсу, где завершают все монтажные и отделочные работы. Результатом достроечных работ является закрытие (сдача) представителями ОТК, классификационного общества и заказчика *построечных удостоверений*, в которых фиксируется завершение монтажных и отделочных работ по отдельным устройствам, системам и элементам судна.

Для сокращения сроков постройки совместно и параллельно с монтажно-отделочными выполняются пусконаладочные работы, или *швартовные испытания*. Системы, механизмы, главные двигатели, устройства судна по специально утвержденной программе проверяются в действии у стенки судостроительного предприятия. После закрытия швартовных удостоверений по утвержденному перечню (жилые и служебные помещения, устройства, системы, механизмы и оборудование, обеспечивающие минимально необходимые условия обитания) на строящееся судно вселяется команда. Для проведения швартовных испытаний назначается специальная сдаточная команда во главе со старшим строителем судна. Личный состав судна во время швартовных испытаний обучается обслуживанию различных механизмов, устройств и систем, работая в качестве дублеров сдаточной команды. Швартовные удостоверения принимаются и закрываются представителями ОТК предприятия, классификационного общества и заказчика.

*Ходовые испытания* проводятся после швартовных для проверки работоспособности всех механизмов, устройств и систем судна в морских условиях, а также его проектных характеристик, мореходных и эксплуатационных качеств. На ходовых испытаниях проверяют работу главных двигателей, определяют маневренные качества и скорость судна, регулируют и проверяют режимы работы и рабочие характеристики механизмов и агрегатов, общесудовых и специальных систем и устройств. Во время ходовых испытаний на судне работает приемосдаточная комиссия, в которую входят представители заказчика, завода-строителя, ЦКБ и контролирующих организаций – классификационного общества, санэпиднадзора, противопожарной службы, защиты окружающей среды и др.

После ходовых испытаний производят *ревизию механизмов* – вскрытие и осмотр (по перечню приемосдаточной комиссии) отдельных механизмов, замер рабочих зазоров и, если необходимо, регулировку. Кроме того, во время ревизии устраняются замечания приемосдаточ-

ной комиссии и после завершения всех работ выполняются окончательная окраска и отделка ряда жилых и служебных помещений. В случае необходимости после ревизии осуществляется контрольный непродолжительный выход судна в море.

После завершения ходовых испытаний и ревизии механизмов приемосдаточная комиссия составляет и оформляет приемосдаточный акт. Когда акт подписан, на судне поднимают государственный флаг, а судно заносят в списки (Регистр) судов действующего флота.

### 8.3. Ремонт судов

В процессе эксплуатации судна его корпус, механизмы, устройства, системы и оборудование физически изнашиваются, а иногда и морально устаревают. В результате износа нарушаются нормальные режимы работы судна и возникает опасность аварии. Кроме того, могут существенно снизиться технические характеристики судна, оно может потерять класс классификационного общества, присвоенный ему при постройке. Для восстановления технических характеристик судна его корпус, механизмы, устройства и системы ремонтируют восстановлением или заменой.

*Текущие ремонты* осуществляются, как правило, силами личного состава с привлечением специалистов фирм и организаций – поставщиков механизмов и оборудования и производятся обычно без вывода судна из эксплуатации.

Для выполнения *среднего ремонта*, в период которого осуществляются очистка и окраска подводной части корпуса, ремонт и замена оборудования, механизмов и систем, судно выводится из эксплуатации на непродолжительный период и при помощи судоподъемных средств судоремонтного предприятия (слипов, плавучих и сухих доков) поднимается из воды.

*Капитальный ремонт* выполняется на судоремонтных предприятиях в случае большой степени износа корпуса, механизмов, устройств и систем судна и связан с его длительным выводом из эксплуатации. В период капитального ремонта выполняются как доковые, так и достроечные работы у стенки завода. Осуществляется замена листов наружной обшивки, набора, а иногда и целых секций и блоков. Механизмы извлекаются из машинно-котельного отделения для капитального ремонта или замены. Часто в связи с изменившимися требованиями или в результате морального старения механизмы, устройства и оборудование заменяют новыми, что требует порой значительных переделок корпуса и систем, обеспечивающих работу этого оборудования. После капитального ремонта осуществляется вся последовательность достроечных и приемосдаточных работ.

УДК 629.5(031)  
ББК 39,42я2

**Слижевський М.Б., Король Ю.М., Тимошенко В.Ф.**

С 47      Енциклопедія суден / Під заг. ред. проф. М.Б. Слижевського. –  
Миколаїв: НУК, 2005. – 172 с.

Викладено енциклопедичні відомості щодо експлуатаційних і морехідних властивостей суден, стійкості, архітектури, конструкції, обладнання, систем та суднових енергетичних установок, а також принципів проектування, будування та ремонту. Для повноти сприйняття фотографії суден сгруповані наприкінці першого розділу.

Призначено для студентів заочної і денної форм навчання в кораблебудівних вузах для спеціальностей "Електромеханіка", "Комп'ютерні науки", "Економіка і підприємництво", "Менеджмент", "Право".

*Навчальне видання*

**СЛИЖЕВСЬКИЙ Микола Борисович**  
**КОРОЛЬ Юрій Михайлович**  
**ТИМОШЕНКО Віктор Федорович**

## **ЕНЦИКЛОПЕДІЯ СУДЕН**

Під загальною редакцією проф. М. Б. Слижевського  
(російською мовою)

Редактор І.О. Сідорович  
Комп'ютерна правка та верстка В. Г. Єлесіна  
Коректор Н.О. Шайкіна

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру  
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції  
ДК № 1150 від 12.12.2002 р.

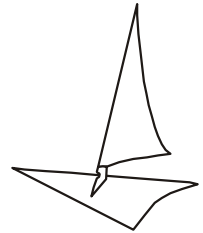
Підписано до друку 08.04.05. Папір офсетний. Формат 70×100/16.  
Гарнітура Таймс. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 13,7. Обл.-вид. арк. 10,5.  
Тираж 500 прим. Вид. № 18. Зам. № 33. Ціна договірна.

---

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування, 54002,  
м. Миколаїв, вул. Скороходова, 5



ВИДАВНИЦТВО  
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ



---

---

*Шановні панове!*

Запрошуємо Вас ознайомитись з можливостями книжкового видавництва, висококваліфіковані спеціалісти якого забезпечать оперативне та якісне виконання замовлення будь-якого рівня складності.

Наш головний принцип – задовольнити потреби замовника у повному комплексі поліграфічних послуг, починаючи з розробки та підготовки оригіналу-макета, що виконується на базі IBM PC, і закінчуючи друком на офсетних машинах.

Крім цього, ми маємо повний комплекс післядрукарського обладнання, що дає можливість виконувати:

- ✓ аркушепідбір;
- ✓ брошурування на скобу, клей;
- ✓ порізку на гільйотинах;
- ✓ ламінування

Видавництво також оснащено сучасним цифровим дублюкатором фірми "Duplo" формату А3, що дає можливість тиражувати зі швидкістю до 130 копій за хвилину.

Для постійних клієнтів – гнучка система знижок.

Отже, якщо вам потрібно надрукувати **підручники, книги, брошури, журнали, каталоги, рекламні листівки, прайс-листи, бланки, візитні картки**, – ми до Ваших послуг.



ДЛЯ НОТАТОК



ДЛЯ НОТАТОК