

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО РЫБОЛОВСТВУ



Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет

В.В. Бойко

ТЕОРИЯ И УСТРОЙСТВО СУДНА

Учебное пособие специальностей 26.05.05 “Судовождение”,
26.05.06 “Эксплуатация судовых энергетических установок” и
26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и
средств автоматики» всех форм обучения

Владивосток

Дальрыбвтуз

2018

УДК
ББК

Утверждено редакционно-издательским советом
Дальневосточного государственного рыбохозяйственного
Университета.

Автор – В.В. Бойко

Рецензент – С.В. Самсонов к.т.н., доцент кафедры
«Управление судном»

© В.В. Бойко, 2018

© Дальневосточный государ-
ственный технический рыбо-
хозяйственный университет,
2018

Введение

Современное морское судно является сложнейшим техническим сооружением, для создания которого используется накопленный веками опыт, а также новейшие достижения науки.

Предмет «Теория и устройства судна» входит в комплекс дисциплин, составляющих основу профессиональной подготовки специалистов морских профессий. В нём изучаются методы практического проектирования судовых конструкций на основе знания условий и понимания характера их работы.

Знание сил, действующих на корпус судна в различных условиях плавания, и их учёт позволяют обеспечить судну выполнение своих функций с достаточной степенью надёжности и безопасности.

Это учебное пособие написано в соответствии с программой курса «Теория и устройство судна» и предназначен для студентов и курсантов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов по специальностям 180402, 180403.

Данное пособие ознакомит с основными знаниями о мореходных качествах судна, конструкции и прочности его корпуса, содержит краткие сведения о судовых устройствах и системах.

В процессе изучения рассматриваемой дисциплины и в последующей практической деятельности специалистам придется решать задачи в судовождении, технологии судоремонта, промышленного рыболовства и судовой энергетики. Основное внимание при решении задач и удовлетворении различных, порой противоречивых, требований должно быть направлено на достижение единой цели – обеспечение безаварийной эффективной работы промысловых судов по снабжению населения продуктами промысла. В этом и заключается диалектика изучения настоящего курса.

I 10 ПРИЗНАКОВ КЛАССИФИКАЦИИ ГРАЖДАНСКИХ СУДОВ

1.1 Признаки классификации судов

Все гражданские суда классифицируют по ряду основных признаков, отличающих суда друг от друга (Рис. 1).

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

По району плавания суда подразделяют на морские (дальнего неограниченного и прибрежного плавания), рейдовые (для плавания в акватории портов и в устьях больших рек с выходом на морские рейды), внутреннего плавания (речные и озёрные) и смешенного плавания («река–море» и «море–река»). К судам неограниченного района плавания по Правилам Регистра России относятся морские суда гражданского флота, плавающие в морях и океанах на удалении более 200 миль от порта-убежища. Суда, предназначенные для плавания в открытом море на удалении не более 200 миль от порта-убежища или в закрытых морях, составляют категорию судов R1 ограниченного района плавания. К категории судов R2 ограниченного района плавания относятся суда, плавающие на удалении от убежища не более чем на 50 миль, а суда, плавающие в прибрежных водах и на рейда, – к судам R3 ограниченного района плавания.

По средствам движения суда подразделяют на самоходные – с механическим двигателем, являющимся источником энергии и композитные (т.е. такие, корпус который изготовлен частично из металла и дерева или другого материала).

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

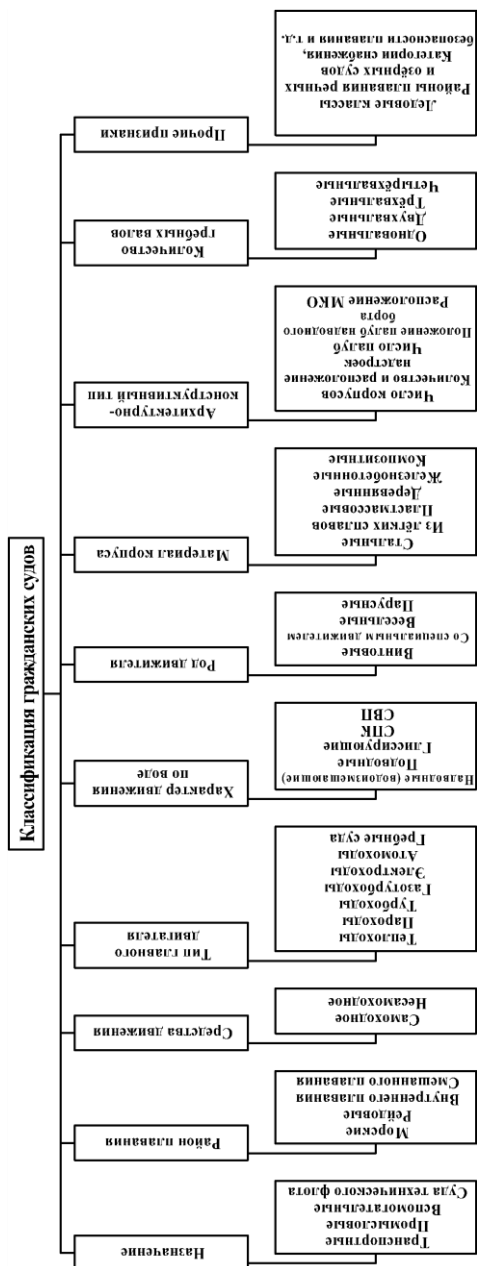


Рис. 1 Классификация гражданских судов

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

В необходимых случаях Правила Регистра России разделяют суда и по другим признакам: по ледовым классам, т.е. приспособленности судна плавать в различной ледовой обстановке, в том числе в арктических и антарктических морях, по различным категориям требований к безопасности плавания, степени автоматизации, снабжению и т.д.

1.2 Типы судов в зависимости от их назначения

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

1.2.1 Транспортные суда

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

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

Класс сухогрузных судов включают суда общего назначения и специализированные – для перевозки определенных судов.

Сухогрузные суда общего назначения (Рис. 2) предназначены для перевозки генеральных грузов и являются наиболее распространенным типом транспортных судов – около 60% (по количеству) всех грузовых транспортных судов относится к этому типу.

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

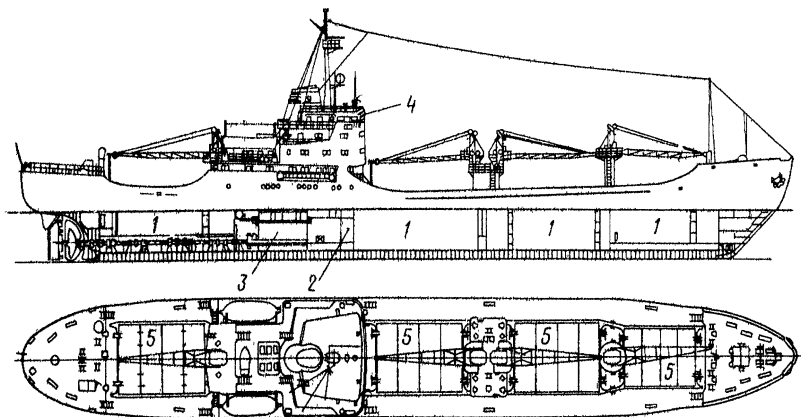


Рис. 2 Сухогрузное судно общего назначения для перевозки генеральных грузов: 1 – грузовые трюмы; 2 – топливный бункер; 3 – машинное отделение; 4 – рулевая рубка; 5 – грузовой люк

Грузоподъёмность морских судов для генеральных грузов составляет в среднем 4000–6000 т и достигает 16000–20000 т, скорость – соответственно 14–16 и 20–22 уз. Крупнейшие речные самоходные грузовые суда имеют грузоподъёмность до 5000–6000 т и скорость 15–20 км/ч.

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

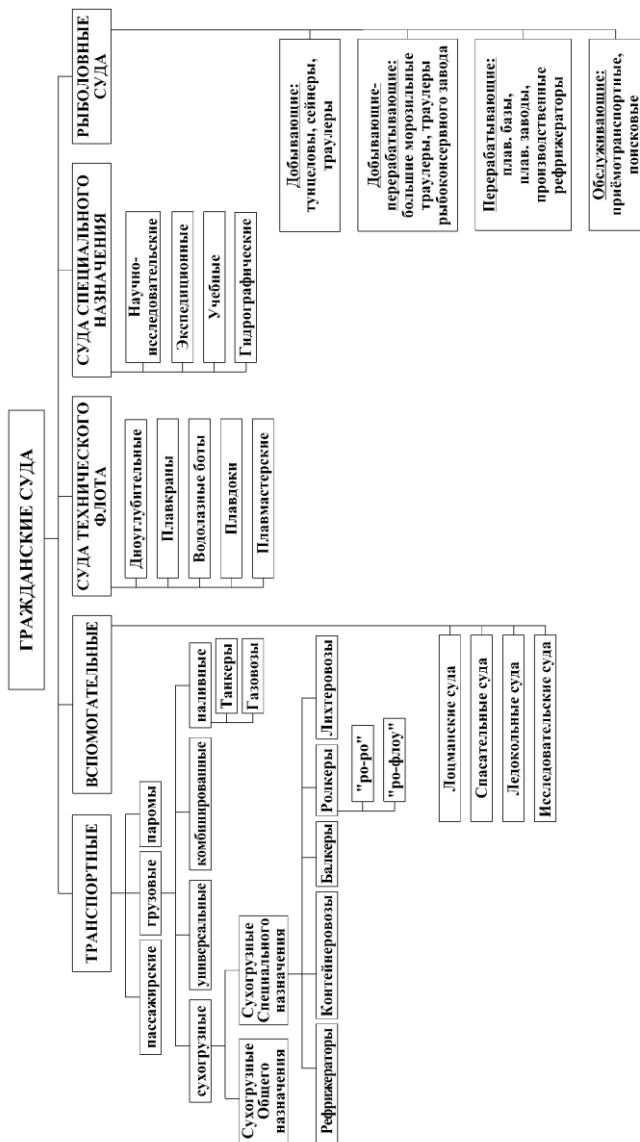


Рис. 3 Общая классификация морских судов

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

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

Рефрижераторные суда предназначены для перевозки скоропортящихся продуктов (рыбы, мяса, фруктов). Их грузовые трюмы имеют надёжную теплоизоляцию и холодные установки, обеспечивающие охлаждение трюмов. В зависимости от рода перевозимого груза в трюмах поддерживается температура от -25 до $+5^{\circ}\text{C}$.

а)



б)

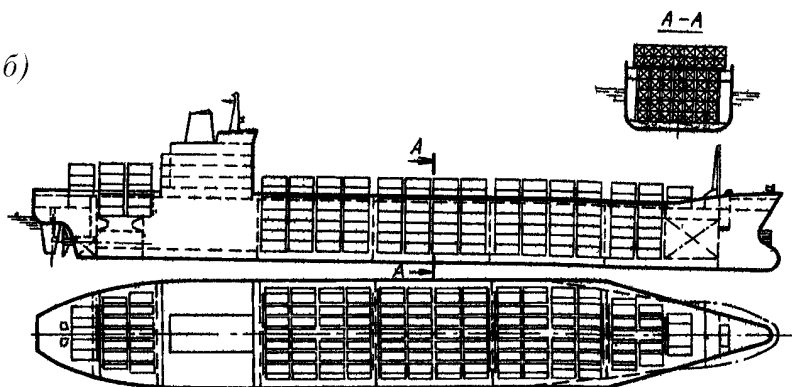


Рис. 4 Контейнеровоз: а – общий вид; б – продольный разрез, план и поперечное сечение

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

Грузоподъемность рефрижераторных судов достигает 8000–12000 т. Скорость несколько выше, чем сухогрузных судов общего назначения, так как скоропортящиеся грузы требуют быстрой доставки к месту назначения. В 70-х годах постройка рефрижераторных судов резко сократилась в связи с перевозкой скоропортящихся грузов в охлаждаемых контейнерах и контейнеровозах.

Контейнеровозы (Рис. 4) предназначены для перевозки грузов, заранее упакованных в специальные большегрузные ящики – контейнеры, масса которых с грузом составляет 10–40 т. Грузоподъемность этих судов в среднем 8000–15000 т, скорость 20–24 уз. Грузоподъемность крупнейших контейнеровозов – 25000–30000 т и скорость 26–30 уз.

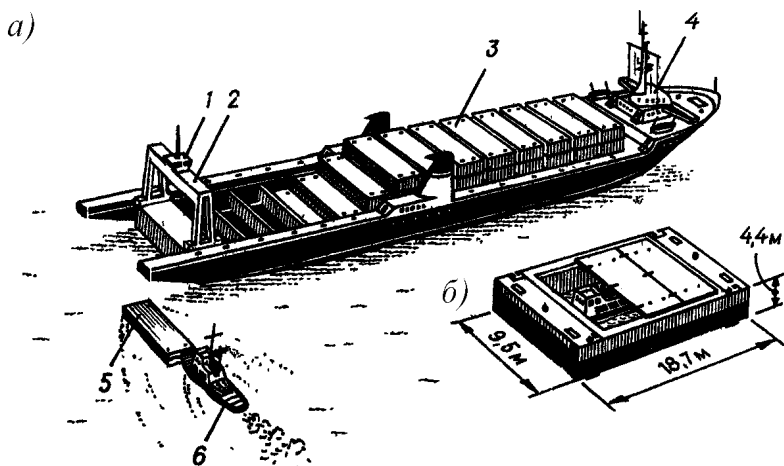


Рис. 5 Лихтеровоз (баржевоз) типа «ЛЭШ»: а – общий вид; б – лихтер (плавающий контейнер): 1 – пост управления краном; 2 – катучий мостовой кран грузоподъемностью 500 т; 3 – баржи (контейнеры); 4 – рулевая рубка; 5 – баржа на плаву; 6 – буксир-толкач

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

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

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

Лихтеровозы являются разновидностью контейнеровозов и предназначаются для перевозки плавучих контейнеров-лихтеров (иногда их называют баржевозами). Такие лихтеры грузоподъёмностью 370–850 т выгружают с судна непосредственно на воду, после чего их отбуксировывают к причалу грузополучателя (Рис. 5). Различают несколько типов лихтеровозов в зависимости от способа грузообработки. Наиболее распространены лихтеровозы типов «ЛЭШ» и «Си-Би». На лихтеровозах типа «ЛЭШ» для погрузки и выгрузки лихтеров применяют установленный на судне катучий козловой кран грузоподъёмностью 500 т. Кран выдвигается на консоли в корме судна и поднимает лихтер, а затем вместе с ним перекатывается на место установки лихтера в трюм судна (спускают лихтер на воду в обратном порядке). Один грузовой цикл занимает 13–15 мин. На лихтеровозах типа «Си-Би» подъёмно-спусковые операции осуществляют с помощью расположенного в корме лифтового подъёмника, подающего лихтёр на уровень погрузочной палубы, и механизма горизонтального перемещения лихтеров.

Суда с горизонтальным способом грузообработки (их называют также накатными судами, судами типа «ро-ро» или ролкерами) служат для перевозки грузов, находящихся в контейнерах, поддонах или так называемых трейлерах-автоприцепах, а также автомобилей и колёсной техники. Грузы на этих суда вкатывают или выкатывают с помощью виловых автопогрузчиков, специальных штабелеров или катучих платформ – ролл-трейлеров в течение очень короткого времени – за несколько часов вместо нескольких суток на обычном сухогрузном судне. Грузоподъёмность этих судов – 1000–20000 т, скорость – 16–27 уз. Суда типа «ро-ро» бывают одно-, двух- и трёхпалубными. На них в отличие от сухогрузных судов традиционного типа отсутствуют в грузовой части поперечные переборки и в корме (иногда, на малых судах, в носу) имеются открывающиеся ворота с перекидывающимся на причал мостом – аппарелью, – по которому вкатываются и выкатываются грузы и колёсная техника (Рис. 6). Перемещение грузов с палубы на палубу осуществляется по внутренним наклонным аппарелям или с помощью специальных лифтовых подъёмников.

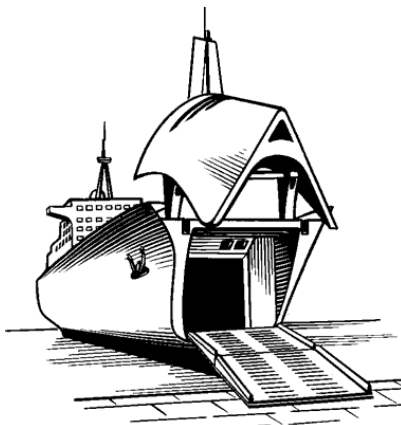


Рис. 6 Ролкер

Грузовых устройств на этих судах нет. Как и контейнеровозы, суда типа «ро-ро» в последнее время получили большое распространение. Появились разновидности судов этого типа – суда, приспособленные для одновременной перевозки трейлеров (в трюмах) и контейнеров (на верхней палубе), и так называемые суда типа

«ро-флоу», которые служат для перевозки плавучих понтонов с крупногабаритными тяжёлыми грузами (суда для перевозки тяжёловесов). Для принятия понтона с грузом такое судно притапливается, понтон вводится через открытые кормовые ворота, после чего они закрывают и судно всплывает. Кроме того, груз можно закатывать через эти же ворота с причала на специальных тележках или грузить обычным способом с помощью мощных судовых козловых кранов.

Суда для перевозки навалочных грузов, или балкеры (Рис. 7), предназначены для перевозки руды, рудных концентратов, угля, минеральных удобрений, строительных материалов, зерна, сахара, цемента, древесной щепы и т.п. Эти грузы составляют около 70% всех перевозимых морем сухих грузов, поэтому на долю балкеров приходится около 20% тоннажа всего мирового транспортного флота.

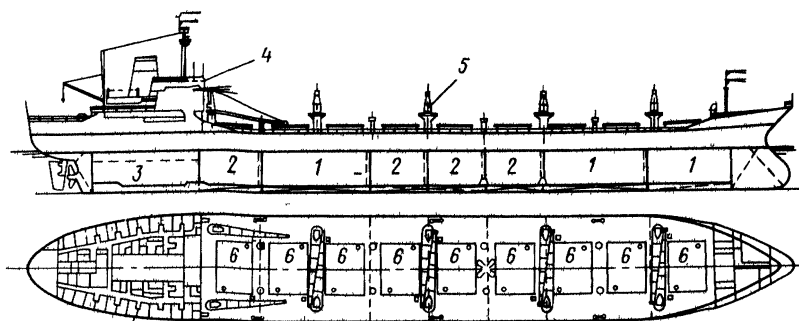


Рис. 7 Судно для перевозки навалочных грузов (типа «Балтика») грузоподъёмностью 35800 т: 1 – грузовые трюмы удлиненные; 2 – грузовые трюмы укороченные; 3 – машинное отделение; 4 – рулевая рубка; 5 – грузовой кран; 6 – грузовые люки

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

Суда этого типа – однопалубные, с машинным отделением и надстройкой, расположенными в корме. От других сухогрузных судов они отличаются большой грузоподъёмностью (в среднем

25000–35000 т, максимум – 100000–150000 т) и относительно невысокой скоростью – около 14–16 уз.

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

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

Лесовозы (Рис. 8) предназначены для перевозки лесных грузов – круглого леса и пиломатериалов. От сухогрузных судов общего назначения лесовозы отличаются меньшей скоростью (13–15 уз), наличием (независимо от размера судна) только одной палубы и усиленными ледовыми подкреплениями, позволяющими им заходить в порты Арктического бассейна, откуда в основном и вывозят лес.



Рис. 8 Лесовоз «Вьтегралес» грузоподъёмностью 5000 т

Усиленная верхняя палуба и люковые закрытия позволяют перевозить значительное количество груза (около 1/3) на открытой палубе. Лесовозы обычно даже с полным грузом принимают водяной балласт (около 8–10% грузоподъёмности) для обеспечения устойчивости, поэтому на них имеются балластные отсеки большой ёмкости.

Существуют и безбалластные лесовозы, но в рейсе без леса они испытывают порывистую качку, что нежелательно. В последнее время лес начали перевозить в пакетах. Такой способ позволяет более чем вдвое сократить стоянку под грузовыми операциями. Лесовозы-пакетовозы (Рис. 9) имеют большие по размерам люки и высокопроизводительные грузовые устройства (поворотные или катучие козловые краны, краны-стрелы).



Рис. 9 Лесовоз-пакетовоз «Пионер Москвы» грузоподъёмностью 5500 т

Разновидностью лесовозов является щеповозы – специализированные суда для перевозки древесины щепы. Их дедвейт обычно достигает 15000–20000 т.

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

Класс наливочных судов включает танкеры для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов (мазута, бензина, дизельного топлива, керосина и т.д.), суда для перевозки сжиженных газов (газовозы), химикалий (кислоты, расплавленной серы и пр.), а также прочих жидких грузов (водолей, виновозы, битумовозы). Танкеры, предна-

значенные для перевозки только нефтепродуктов, называют *продуктовозами*.

Танкеры относятся к одному из наиболее распространенных типов транспортных судов – на их долю приходится около 34% мирового тоннажа транспортного флота.

Бурное развитие танкерного флота было обусловлено тем, что районы основных мировых запасов нефти (Средний и Ближний Восток, Венесуэла, Северная Африка) находятся далеко от главных районов потребления и переработки – высокоразвитых в промышленном отношении стран Западной Европы, а также Японии, которая практически лишена нефтяных месторождений.

Танкер (Рис. 10) представляет собой однопалубное судно с кормовым расположением машинного отделения и надстройки. Грузовая часть танкера делится поперечными одной, двумя или тремя продольными переборками на грузовые отсеки, называемые *грузовыми танками*. Часть танков отводят для водяного балласта, который судно всегда принимает в порожнем обратном рейсе. Грузовую часть в носу и корме отделяют от соседних помещений – коффердами.

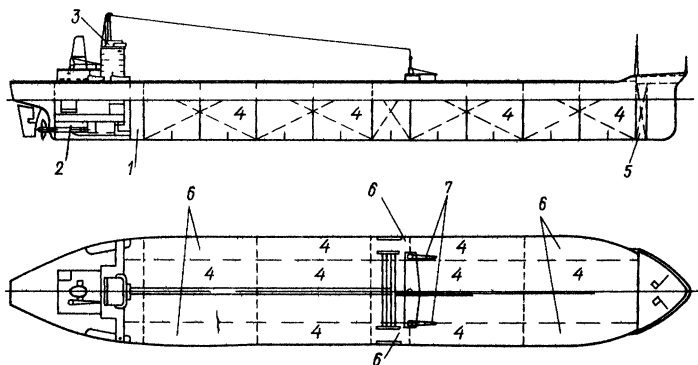


Рис. 10 **Танкер грузоподъемностью 250 000 т:** 1 – рулевая рубка; 2 – машинное отделение; 3 – насосное отделение; 4 – грузовые танки; 5 – балластные танки; 6 – дитанк; 7 – грузовое устройство для подъема шлангов

Для предотвращения разлива нефтегрузов и загрязнения ими моря при повреждениях корпуса многие современные отечественные и иностранные танкеры имеют двойное дно. Наличие двойного дна и двойных бортов, наряду с повышением экономичности, позволяет разместить в междудонных и междубортовых пространствах цистерны для водяного балласта, а также сделать танки гладкостенными, это упрощает условия мойки танков. С этой же целью на новых танкерах иностранной постройки набор верхней палубы обращают не внутрь танка, как обычно, а наружу, располагая его поверх верхней палубы.

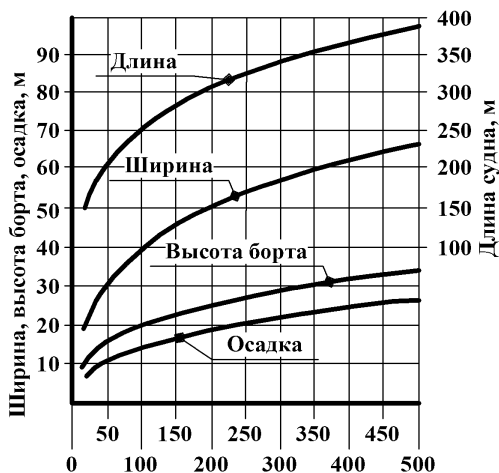


Рис. 11

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

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

Грузоподъёмность танкеров колеблется в больших пределах — от 500–1000 т у танкеров-раздатчиков до 300000–540000 т у гигантских супертанкеров, являющихся крупнейшими судами в мире. Грузоподъёмность продуктовозов — 10000–60000 т. Размеры танкеров зависит от их грузоподъёмности. Скорость составляет 12–14 уз у малых и 16–18 уз у больших танкеров (супертанкеры имеют скорость 14,5–16 уз). В качестве главного двигателя на танкерах гру-

зоподъёмностью до 100000–120000 т используют, как правило, дизельные установки на более крупных – паротурбинные и дизельные установки.

Грузоподъёмность речных танкеров составляет 150–5000 т и скорость – 10–20 км/ч. Грузоподъёмность речных наливных барж достигает 12000 т.

Газовозы (Рис. 12) предназначены для перевозки сжиженных природных и нефтяных, т.н. выделяющихся при добычи нефти, газов – метана, пропана, бутана, аммиака. Эти газы, представляющие превосходное топливо и ценное сырьё для химической промышленности, перевозят в сжиженном, охлаждённом состоянии (в изолированных цистернах) или под давлением.

В отличие от танкеров, грузовые танки которых образуют элементы конструкции корпуса, газовозы имеют вкладные или встроенные грузовые цистерны – цилиндрические (вертикальные или горизонтальные), сферические или прямоугольные. Газовозы, предназначенные для перевозки сжиженного природного газа метана в охлажденном состоянии (до $-161,5^0$), имеют вкладные (сферические и призматические) или встроенные (прямоугольные) цистерны с надёжной изоляцией. На судах, перевозящих сжиженные нефтяные газы, делают только вкладные цистерны призматической или цилиндрической формы.

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

Транспортировка сжиженных газов связана с повышенной пожаро- и взрывоопасностью. Во избежание образования взрывоопасных газозооных смесей на газовозах предусмотрена надёжная вентиляция насосных и компрессорных отделений, располагаемых в носу, и система сигнализации об образовании опасных концентраций газа. Для тушения пожаров обычно применяют углекислотную систему.

Большинство построенных судов для перевозки сжиженных нефтяных газов имеет вместимость грузовых цистерн 2000–10000 м³ (максимум–100000 м³), скорость 12–14 уз. Вместимость судов-метановозов достигает 125000 м³, скорость – 18–20 уз.

В настоящее время быстро развивается класс комбинированных судов, т.е. судов, приспособленных для перевозки нескольких определённых родов груза. Это очень выгодно при встречных перевозках, так как исключает порожние балластные переходы. К этому классу грузовых судов относится нефтерудовозы, нефтесухогрузы (суда типа «ОВО»), хлопкопесовозы и т.п. Грузоподъёмность нефтерудовозов достигает 160000-200000 т, судов типа «ОВО» – 100000–150000 т.

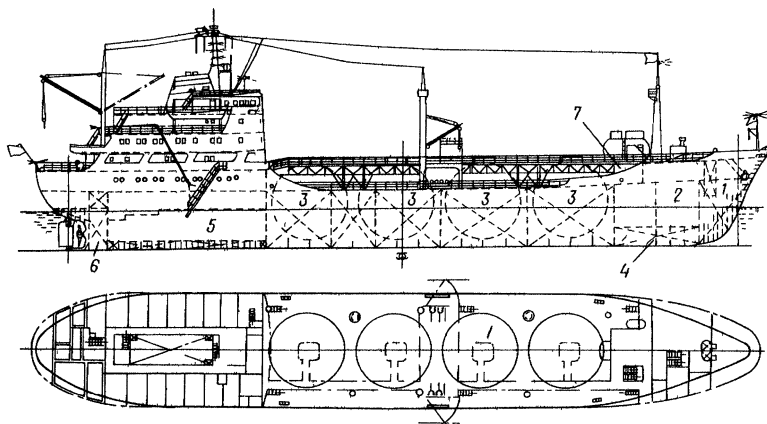


Рис. 12 Судно для перевозки сжиженных газов (газовоз): 1 – форпик; 2 – дип-танк; 3 – грузовые цистерны для сжиженного газа; 4 – балластные цистерны; 5 – машинное отделение; 6 – топливная цистерна; 7 – насосно-компрессорное отделение

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

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

По назначению пассажирские суда подразделяют на суда для обслуживания регулярных линий, для туристских путешествий, массовых перевозок и суда местного сообщения.

Суда для обслуживания регулярных пассажирских линий совершают рейсы между заданными портами по определенному расписанию. Особый интерес представляют рассчитанные на 1500–2000 пассажиров трансокеанские пассажирские лайнеры водоизмещением 50000–70000 т и скоростью до 30–35 уз (в среднем – 22–26 уз).

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

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

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

Все крупные пассажирские суд оборудуют системами кондиционирования воздуха, успокоительными качками.

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

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

Морские паромы бывают железнодорожные, железнодорожно-автомобильные, автомобильно-пассажирские и пассажирские. Они служат для перевозки железнодорожных вагонов, автомобилей, а

также пассажиров на паромных переправах, связывающих сухопутные дорожные артерии (например, через Керченский и Татарский проливы, через Каспийское море на линии Баку–Красноводск и т.п.). В последние годы получили распространение автомобильно-пассажирские паромы дальнего плавания – для туристских путешествий.

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

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

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

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

1.2.2 Промысловые суда

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

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

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

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

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

Траулеры различают также по степени переработки улова. *Траулеры-ловцы* ежесуточно передают непереработанный улов на другие суда или береговую базу. На траулерах с *частичной перера-*

боткой улова рыбу потрошат, пересыпают льдом, собирают отходы и сдают полуфабрикат на базы раз в несколько суток. *Траулеры-рыбозаводы* полностью перерабатывают рыбу и сдают готовую к реализации продукцию

Большие рыболовные траулеры имеют водоизмещение около 3000–3500 т, крупнейшие – 10000 т, средние траулеры – 250–900 т, малые траулеры и рыболовные боты – 300 т. Скорость больших траулеров – 12–14, средних 9,5–12, малых – 8–9 уз.

Малые и средние траулеры обычно однопалубные, большие траулеры-рыбозаводы – двухпалубные, со слипом в корме (по слипу улов втаскивают на рабочую палубу). Траулеры-рыбозаводы имеют в зависимости от назначения несколько специально оборудованных цехов: рыбообрабатывающий, морозильный, консервный и утилизационный (вырабатывающий кормовую муку из отходов). Для хранения готовой продукции (рыбного филе, консервов и т.д.) предусмотрены рефрижераторные и обычные трюмы. Их оборудуют разборными стеллажами – «чердаками» – для хранения рыбы, транспортерами и желобами для погрузки и выгрузки, а также – элеваторами (на больших траулерах-рыбозаводах).

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

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

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

Перерабатывающие суда предназначены для приёма и переработки улова. Кроме того, они снабжают рыболовецкие суда всем необходимым. На них имеются медицинские и культурно-бытовые

службы, обслуживающие экипажи добывающих судов в условиях экспедиционного промысла.

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

Плавучие базы – крупнейшие промысловые суда водоизмещением в среднем от 10000 до 15000 т.

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

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

Производственные рефрижераторы служат для приёма и обработки рыбы, передаваемой с судном-ловцом, не имеющим технологического и морозильного оборудования. Обслуживая удалённые районы промысла, рефрижераторы передают готовую продукцию на транспортные рефрижераторы или транспортируют её на береговую базу сами.

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

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

1.2.3 Служебно-вспомогательные суда

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

Служебно-вспомогательные суда разделяют на обслуживающие и служебные.

К обслуживающим относятся ледоколы, буксиры, спасатели, противопожарные суда, судоподъёмные, плавающие маяки, снабженные суда (бункеровщики, раздатчики), зерноперегрузчики и пр.

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

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

В качестве энергетических установок на ледоколах применяют дизель-электрические и турбоэлектрические установки (на старых ледоколах были распространенные паровые поршневые машины). Мощность установок колеблется в широких пределах: до 3675–4410 кВт у портовых, 5880–7350 кВт – у морских и свыше 7350 кВт – линейных арктических. Крупнейшие из них имеют энергетиче-

ские установки мощностью до 36750–55125 кВт. Скорость ледоколов на чистой воде – 13–18 уз.

Буксиры (Рис. 13), относящиеся к классу обслуживающих судов, разделяют на *океанские, морские, рейдовые, портовые и для внутренних водоёмов*.

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

Для обеспечения спасательной службы на море существует тип специализированных обслуживающих судов – спасателей. Они отличаются высокой скоростью (18–22 уз), большой мощностью энергетической установки (6615–16170 кВт) и оснащены разнообразным оборудованием для оказания помощи терпящим бедствие судам – для тушения пожаров, откачки воды, стаскивания с мели, подводного осмотра и ремонта, буксировки, а также спасения людей и оказания им первой медицинской помощи. В отдельных случаях спасатели выполняют дополнительные функции – снабжают экспедиции, работающие в открытом море.

Для тушения крупных пожаров на судах и прибрежных строениях служат специальные пожарные суда, имеющие мощные противопожарные средства: системы водо- и пенотушения. Дальность действия лафетных стволов, подающий воду или другие огнегасящие средства, достигает 60–100 м. Эти суда имеют высокую скорость (12–14 уз) и хорошую маневренность.

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



Рис. 13 Морской буксир-спасатель мощностью 2200 кВт типа «Пурга»

1.2.4 Суда технического флота

Суда технического флота предназначены для технического обслуживания различных судов, портового хозяйства и водных путей. К ним относятся дноуглубительные снаряды, грунтоотвозные шаланды, суда-нефтеборщики, удаляющие остатки разлитых на поверхности моря нефтепродуктов, плавучие краны (Рис. 14), крановые суда, плавучие доки, плавучие мастерские. К этой группе судов причисляют также промышленно-хозяйственные суда, предназначенные для выполнения различных строительных, мелиоративных и лесосплавных работ, для прокладки кабеля, а также добычи нефти и газа в открытом море, песка, гравия и других работ по освоению континентального шельфа и Мирового океана: плавучие буровые установки (Рис. 15), буровые суда, трубоукладчики, цементировщики скважин, плавучие электростанции, суда-кабелепрокладчики, лесосплавные суда, суда обслуживания плавучих буровых установок и т.п.

Дноуглубительные снаряды предназначены для отделения грунта от дна водоёма и подъёма грунта из воды. В зависимости от способа отделения и подъёма грунта различают *снаряды с механи-*

ческим (грейферные, одночерпаковые и многочерпаковые), гидравлическим (землесосы без рыхлителей и с гидравлическими разрыхлителями) и комбинированным (землесосы с механическим разрыхлителем) устройством для отделения грунта.

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

Для транспортировки поднятого из воды грунта используют грунтоотвозные шаланды (саморазгружающиеся или разгружаемые с помощью шаландоразгрузателей), применяют рефулерный способ (пульпа подаётся насосом от снаряда к месту свалки по грунтопроводным трубам на 200–300, иногда на 500–600 м, от снаряда (либо дноуглубительные снаряды, которые, приняв поднятый грунт в грунтовые трюмы, сами отвозят его к месту свалки (самоотвозный способ).

Производительность многочерпаковых снарядов достигает 100–1200 м³/ч, землесосных – 5000 м³/ч, эрлифтов – 6000–7000 м³/ч. Глубина всасывания (черпания) – 12–23 м.



Рис. 14 Плавучий кран «Черноморец» грузоподъёмностью 100 т.

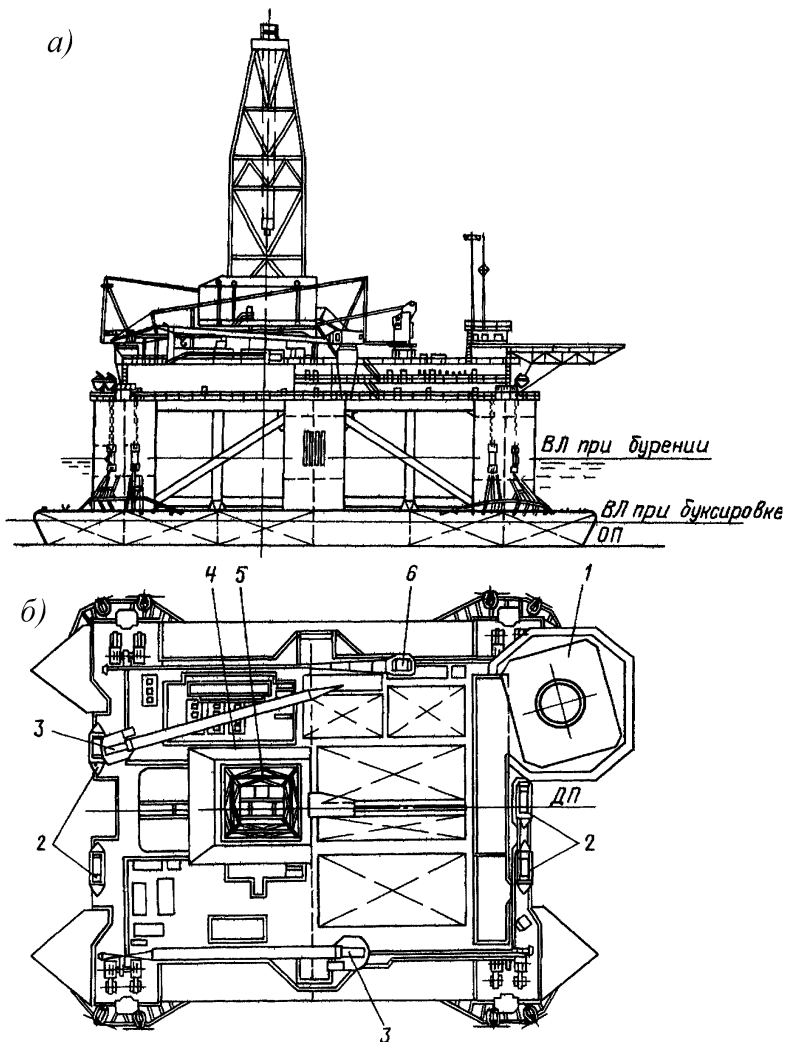


Рис. 15 **Общие расположение плавучей полупогружной буровой установки типа «Шельф»:** *а* – боковой вид; *б* – вид сверху. 1 – вертолётная площадка; 2 – спасательные шлюпки на 30 чел. каждая; 3 – кран грузовой электрогидравлический грузоподъёмностью 63 т; 4 – подвышечный портал; 5 – буровая вышка; 6 – кран грузовой электрогидравлический грузоподъёмностью 12 т

II АРХИТЕКТУРА СУДНА

2.1 Общее расположение судовых помещений на судне

Количество, номенклатура и расположение помещений на судне зависит от назначения судна. Судовые помещения размещают в основном корпусе, надстройках и рубках. Расположение помещений по судну соответствует их назначению, удобству и безопасности пользования. Самыми большими судовыми помещениями являются грузовые трюмы и машинное отделение, от расположения которых зависит архитектурно-конструктивный тип судна.

Основным корпусом называется конструкция, образующая закрытое пространство, которое ограничивается верхней непрерывной палубой, бортами и днищем. Деля внутри основной корпус различными палубами, платформами, продольными и поперечными переборками, образуются судовые помещения и отсеки.

Отсек называется пространство в корпусе судна, ограниченное по длине поперечными, а по ширине бортами и продольными переборками. К числу наиболее важных отсеков основного корпуса относят:

Форпик – крайний носовой отсек, отделяющийся форпиковой переборкой;

Ахтерпик – крайний кормовой отсек, отделяющийся ахтерпиковой переборкой;

Междудонное пространство – пространство между наружной обшивкой и вторым дном;

Трюм – пространство между вторым дном и ближайшей палубой, служащее для хранения и перевозки грузов;

Твиндеки – междупалубные пространства, служащие для перевозки грузов.

Диптанки – глубокие цистерны, расположенные выше второго дна, предназначенные для хранения и перевозки жидких грузов;

Коффердамы – узкие нефте- и газонепроницаемые сухие отсеки, расположенные между отсеками или цистернами для нефтепродуктов и соседними помещениями.

Надстройки и рубки располагаются на верхней непрерывной палубе основного корпуса.

Надстройка – это конструкция образующая закрытое пространство, расположенное выше верхней палубы от борта до борта

или не доходящая до бортов на величину менее 0,04 В (В – ширина судна).

Конструкции, не доходящие до бортов судна на величину более 0,04 В, называются рубками. Надстройки служат не только для размещения в них помещений, но и для улучшения мореходных качеств судна.

Бак – носовая надстройка, уменьшающая заливаемость палубы.

Ют – кормовая надстройка, увеличивающая надводный борт в корме и повышающая запас плавучести и непотопляемости судна при повреждении кормовой оконечности и дифференте на корму.

В носовой и кормовой частях корпус судна заканчивается мощными балками форштевнем и ахтерштевнем.

Форштевень – мощная носовая балка, служащая для крепления обшивки правого и левого борта, а также продольного набора.

Ахтерштевень – мощная кормовая балка, служащая для крепления обшивки правого и левого борта, пера руля и гребного вала.

Корма – задняя оконечность судна, начинающаяся от ахтерпиковой переборки и заканчивающаяся ахтерштевнем или транцем.

Транец – плоский, поперечный срез кормы судна.

Нос – передняя оконечность судна, простирающаяся от форштевня до форпиковой переборки.

Платформа – горизонтальное перекрытие небольшой длины и ширины внутри одного или нескольких отсеков основного корпуса. Палуба, до которой доводятся поперечные водонепроницаемые переборки, называется главной или палубой переборок. В зависимости от архитектурно-конструктивного типа судна такой может быть верхняя, вторая и другие палубы.

Палуба – это горизонтальное перекрытие, протирающееся от борта до борта по всей длине судна.

Нижние палубы – палубы, расположенные ниже верхней палубы.

Верхняя палуба – самая верхняя палуба, непрерывная по всей длине судна.

Палуба надстройки – палуба, ограничивающая надстройку сверху.

Палуба рубки – это палуба, ограничивающая рубку сверху и каждый ярус. Нумерация палуб – аналогично палубам надстройки.

Квартердек – приподнятая уступом кормовая часть верхней палубы.

Положение помещения по длине и ширине судна обозначают соответственно номерами шпангоутов, ограничивающих помещение по длине и ширине, и наименованиям борта, на котором расположено помещение (правый и левый борт – ПрБ и ЛвБ). Всем помещениям на судне присваиваются порядковые номера (по правому борту – нечетные, по левому – четные).

Переборка – это вертикальное перекрытие, служащее для разделения основного корпуса на отсеки.

Под общим расположением судна понимают общую компоновку в корпусе, настройках и рубках всех помещений, предназначенных для размещения на судне главных и вспомогательных механизмов, судового оборудования, запасов, перевозимых грузов, экипажа и пассажиров, а также всех служебных, бытовых, хозяйственных и санитарных помещений (Рис. 16).

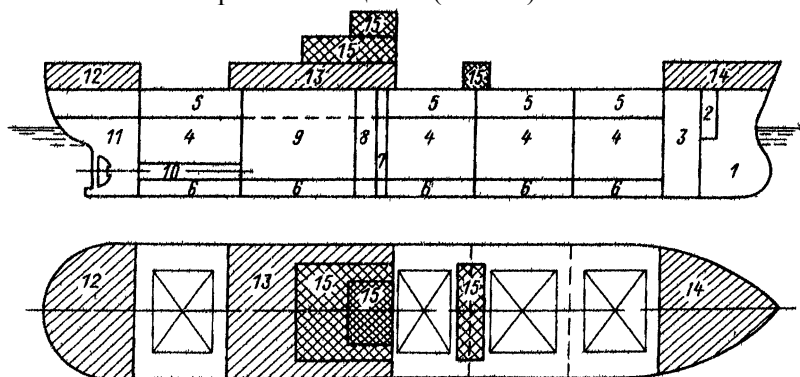


Рис. 16 Схема судовых помещений на сухогрузном судне: 1 – форпик, 2 – цепной ящик, 3 – диптанк, 4 – грузовой трюм, 5 – грузовой твиндек, 6 – междудонное пространство (двойной дно), 7 – коффердам, 8 – диптанк, 9 – машинное отделение, 10 – коридор гребного вала, 11 – ахтерпик, 12 – ют (кормовая надстройка), 13 – средняя надстройка, 14 – бак (носовая надстройка), 15 – рубки

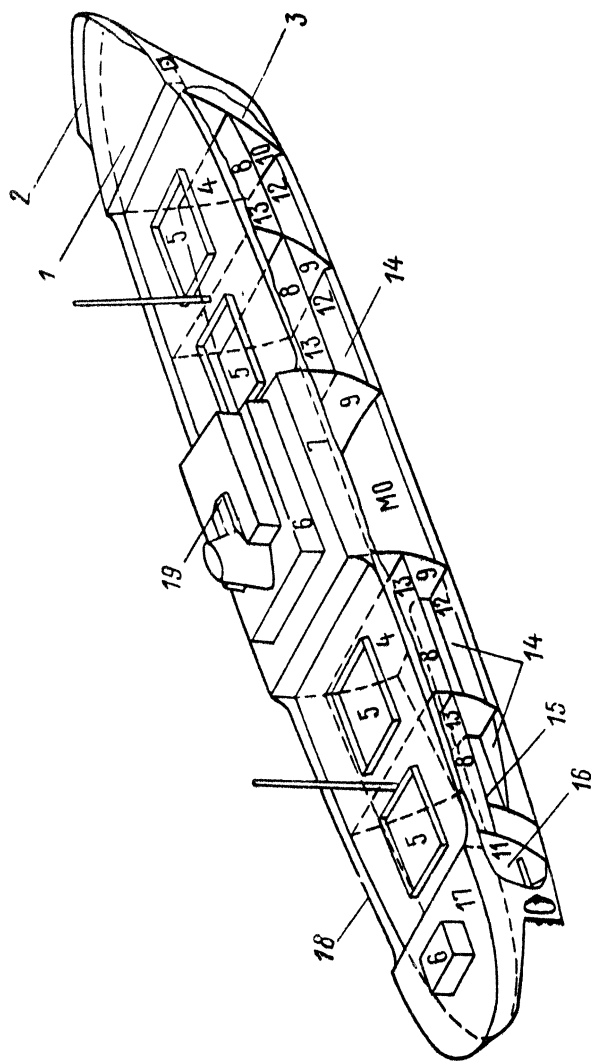


Рис. 17 **Схема корпуса:** 1 – бак, 2 – козырёк, 3 – форпик, 4 – верхняя палуба, 5 – грузовые люки, 6 – рубки, 7 – средняя надстройка, 8 – вторая палуба, 9 – поперечная переборка, 10 – форпиковая переборка, 11 – achterlikовая переборка, 12 – трюм, 13 – твиндек (междупалубное помещение), 14 – настил второго дна, 15 – туннель валопровода, 16 – актерпик, 17 – ют, 18 – фальшборт, 19 – световой люк МО

Корпус судна настилом второго дна, палубами и переборками делится на ряд отсеков, которые необходимы для размещения главных двигателей, оборудования и грузов, а также для обеспечения непотопляемости и прочности. Отсеки двойного дна, образованные настилом второго дна и наружной обшивкой, используются для хранения запасов топлива, воды, смазочного масла и размещения водяного балласта. Двойное дно служит также для повышения безопасности морских судов. Если настил второго дна заканчивается наклонным листом, то у борта судна образуются пространства, называемые *дьалами*. Они служат для сбора воды, попадающей в трюм судна. Форпик и ахтерпик используют для приёма водяного балласта или хранения пресной воды. Перед переборкой форпика установлен цепной ящик, в который поступает якорная цепь при подъёме якоря. В корме судна над ахтерпиком устроено румпельное отделение, служащее для размещения механизмов рулевого устройства.

Для ориентации местоположения того или иного помещения на судне приняты следующие названия палуб и междупалубных помещений

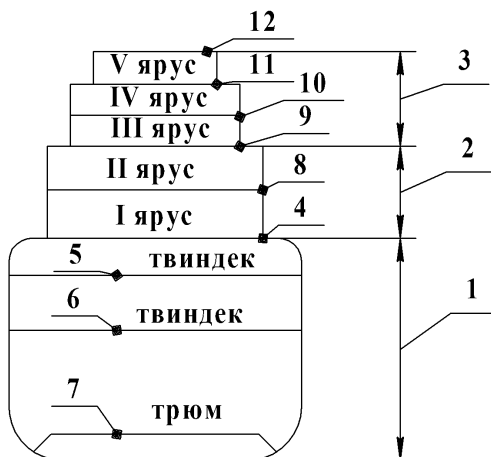


Рис. 18 **Наименование палуб и междупалубных помещений:** 1 — основной корпус, 2 — надстройка, 3 — рубки, 4 — верхняя палуба, 5 — вторая палуба, 6 — третья (нижняя) палуба, 7 — настил второго дна, 8 — палуба надстройки I яруса (палуба бака, юта, и т.д.), 9 — палуба рубки II яруса, 10 — палуба рубки III яруса (шлюпочная палуба), 11 — палуба рубки IV яруса (нижний, ходовой мостик), 12 — палуба рубки V яруса (верхний, навигационный мостик)

Первая сверху палуба, непрерывно простирающаяся от борта до борта по всей длине судна, называется верхней палубой. На добывающих судах её называют также промысловой палубой. Верхняя палуба имеет искривления в продольном и поперечном направлениях. Искривление палубы в продольном направлении называется седловатостью, в поперечном – погибью. Седловатость обеспечивает судну меньшую заливаемость и улучшает его способность держаться на воде при получении пробоины; погибь облегчает сток воды, попадающей во время шторма на палубу. Промысловая палуба траулеров имеет в кормовой части слип (Рис. 19), предназначен для подъёма и спуска трала на судне.



Рис. 19 Подъём трала по слипу на промысловом судне

2.2 Архитектурно-конструктивные типы судов

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

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

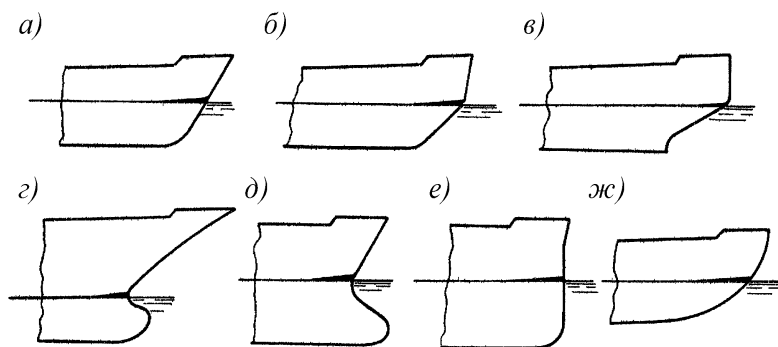


Рис. 20 Типичные формы носовой оконечности морских судов: а – обыкновенный нос транспортного судна с прямым наклонным форштевнем, б – нос судна ледового плавания («полуледокольная» форма), в – нос ледокола, г – клиперский нос с «бульбом» быстроходного пассажирского лайнера, д – бульбообразный нос, е – цилиндрический нос супертанкера, ж – ложкообразный нос рыболовного судна

Форма основного корпуса характеризуется формой штевней, линии седловатости и килевой линии, обводами кормовой оконечности, определяемыми количеством гребных винтов, формой борта на миделе и т.д. На Рис. 20 показаны наиболее распространенные формы носовой оконечности морских судов.

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

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

На быстроходных пассажирских с сухогрузных судах носовая оконечность имеет бульбообразную форму в подводной части и клиперские образования в надводной. Наличие бульба, как указы-

валось выше, уменьшает волнообразование и способствует уменьшению сопротивления воды движениям судна, а клиперский нос позволяет получить более стремительную форму и уменьшает заливаемость палубы (название «клиперский» перешло от парусных судов – клиперов, имевших аналогичную форму форштевня).

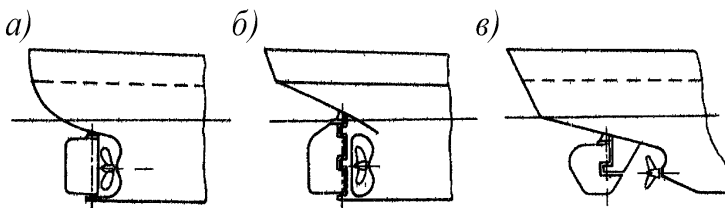


Рис. 21 Типичные формы кормовой оконечности морских судов: а – крейсерская корма, б – обыкновенная корма с подзором, в – транцевая корма

В последние годы бульбообразную форму носа широко применяют на танкерах и сухогрузных судах с умеренными скоростями.

На супертанкерах получила распространение, наряду с бульбообразной, носовая оконечность цилиндрической формы, несколько похожая на утюг.

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

Форма кормовой оконечности морских судов (Рис. 21) может быть самой различной, однако наиболее часто встречаются крейсерская, обыкновенная и транцевая корма, а также крейсерская, срезанная в надводной части по форме транца.

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

Форма кормовой оконечности в значительной мере зависит от количества гребных винтов. У одновинтового судна в ДП в районе расположения винта делают достаточно большой разрез, или «ок-

но», в ахтерштевне. У двухвинтового судна обводы в корме также должны обеспечить размещение гребных винтов. Поэтому, когда говорят об архитектурном типе судна, обязательно указывают, сколько гребных винтов оно имеет. Форму подводной части кормы характеризует также форма и протяжённость *дейдвуда* – узкой оконечности корпуса, в которую переходит килевая балка.

Седловатость верхней палубы, представляющая собой плавный подъём палубы от миделя в нос и в корму, также влияет и на внешний вид судна. Различают суда со стандартной седловатостью (определяется по Правилам о грузовой марке), суда с уменьшенной или увеличенной седловатостью и суда без седловатости. Часто седловатость выполняют не плавно, а прямыми участками со слоями – два-три участка на половине длины судна. Благодаря этому верхняя палуба не имеет двоякой кривизны, что упрощает её изготовление.

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

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

По числу и расположению надстроек (при этом рубки, т.е. расположенные на верхней палубе помещения, бортовые стенки которых не доходят до бортов более чем на 0,04 ширины судна, не учитывают) различают следующие архитектурные типы судов (Рис.22): *трехостровные*, имеющие три надстройки: бак, среднюю надстройку и ют (если сумма расстояний между надстройками составляет менее 25% длины судна, то такое судно называют колодезным); *двухостровные*, имеющие две надстройки: чаще всего бак и ют (эти суда также могут иметь удлиненный ют – в тех случаях, когда средняя надстройка сливается с баком или ютом); *одноостровные*, имеющие одну надстройку: бак или ют; *со сплошной надстройкой* по всей длине судна; гладкопалубные без надстроек, у которых имеются только рубки.

Кроме перечисленных основных архитектурных типов судов встречаются *квартерdeckные* суда, т.е. суда, имеющие квартердек –

местный подъём верхней палубы на 0,8–1,2 м в кормовой части. Такие суда помимо квартердека могут иметь любые надстройки.

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

На архитектуру судна влияет также и местоположение машинно-котельного отделения (*МКО*) по длине, так как это определяет расположение основной жилой надстройки и дымовой трубы. Так, для судов, строившихся до начала 50-х годов, было характерно среднее расположение *МКО*, на современных морских транспортных судах чаще встречается чисто кормовое либо сдвинутое в корму от миделя так называемое промежуточное расположение (Рис.23).

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

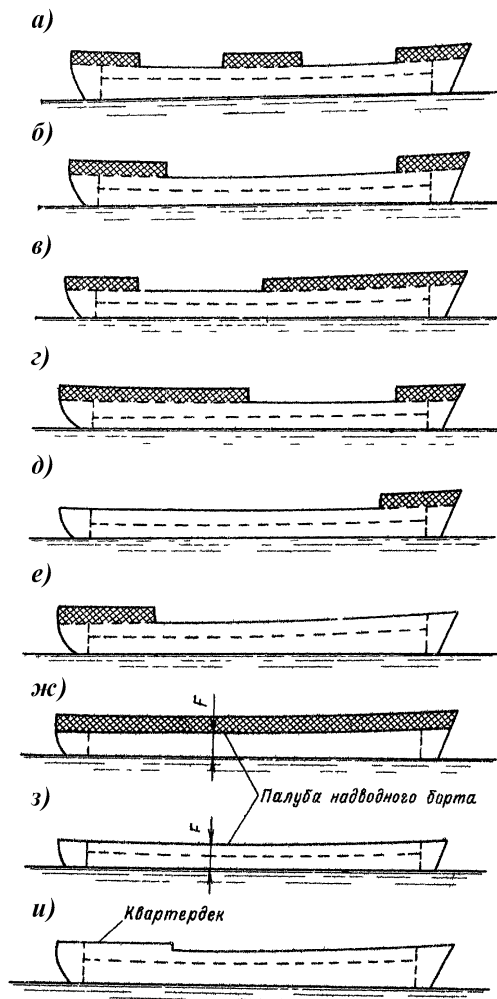


Рис. 22 Архитектурно-конструктивные типы судов, отличающиеся числом и расположением надстроек: *а* – трёхостровное судно, *б* – двухостровное, *в* – двухостровное с удлиненным баком, *г* – двухостровное с удлиненным ютом, *д* – одноостровное с баком, *е* – одноостровное с ютом, *ж* – со сплошной надстройкой, *з* – гладкопалубное без надстроек, *и* – четвердечное

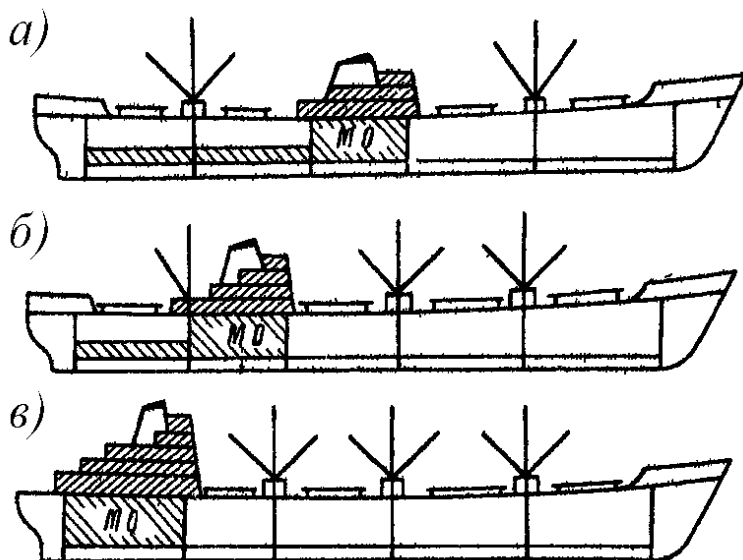


Рис. 23 Среднее (а), промежуточное (б) и кормовое (в) расположение машинного отделения и основной жилой надстройки

III КОНСТРУКЦИЯ КОРПУСА СУДНА

Корпус судна (Рис. 24) представляет собой коробчатую металлическую конструкцию, состоящую из набора, обшивки, переборок, настилов палуб и платформ судна, обеспечивающую создание силы плавучести, прочность и возможность размещения людей, грузов и оборудования, обусловленных назначением судна.

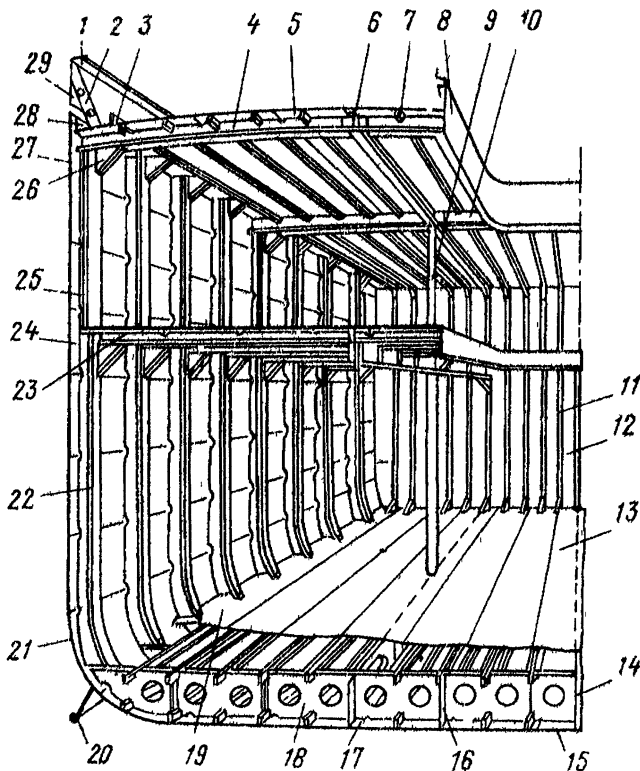


Рис. 24 Поперечный разрез сухогрузного судна: 1 – планширь, 2 – стойка фальшборта, 3 – полоса ватервейса, 4 – бимс рамный, 5 – настил палубы, 6 – карлингс, 7 – ребро продольное, 8 – комингс люка, 9 – пиллерс, 10 – бимс концевой, 11 – стойка переборки, 12 – переборка непроницаемая, 13 – настил второго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

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

Вместе с оконечностями и штевнями они образуют основной корпус и поэтому относятся к числу основных конструктивных элементов корпуса. Наряду с этим важную роль в формировании корпуса играют и другие конструктивные элементы: выгородки, шахты, пиллерсы, комингсы люков, надстройки и рубки, а также фундаменты под различные механизмы. Большинство этих элементов показано на поперечных разрезах сухогрузного и нефтеналивного судов. (Рис. 25).

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

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

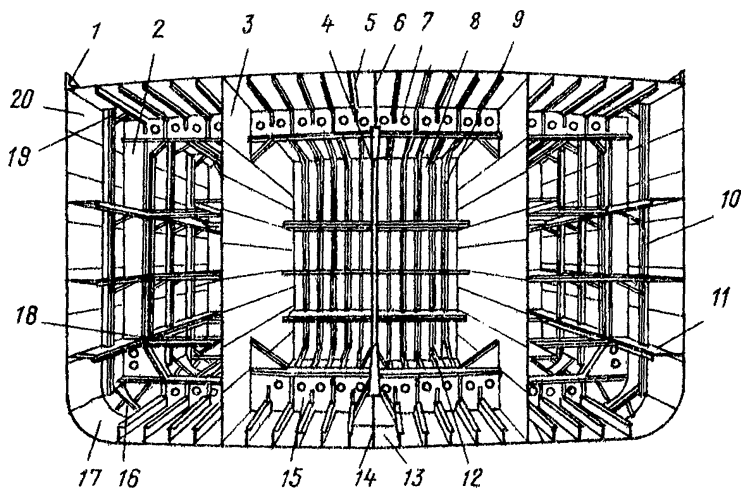


Рис. 25 Поперечный разрез нефтеналивного судна: 1 – угольник стрингерный, 2 – шпангоут рамный, 3 – переборка продольная, 4 – стойка доковая, 5 – ребро продольное, 6 – карлингс, 7 – бимс рамный, 8 – переборка поперечная, 9 – стойка переборки, 10 – шпангоут, 11 – стрингер бортовой, 12 – шельф, 13 – киль горизонтальный, 14 – киль вертикальный, 15 – флор, 16 – кница скуловой, 17 – пояс скуловой, 18 – распорка, 19 – кница бимсовая, 20 – ширстрек

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

Размеры стальных листов наружной обшивки по длине судна неодинакова. В средней части длины корпуса толщина обшивки выбирается из условий обеспечения достаточной прочности и устойчивости листов при продольном изгибе, а также из соображений износа обшивки при эксплуатации судна. К оконечностям общая толщина может постепенно уменьшаться на 10–40%, в зависимости от длины судна. Некоторые листы обшивки в оконечностях делают толще. Например, утолщенными являются листы обшивки в районе якорных клюзов, в районе установки кронштейнов гребных валов и работы гребных винтов. У ледоколов толщины листов носовой оконечности и в районе ледового пояса увеличиваются на 60–80%, а в кормовой оконечности – на 20%.

3.1 Прочность корпуса

В процессе эксплуатации корпус судна и отдельные его конструкции должны быть достаточно прочны, чтобы в течение заданного срока эксплуатации не разрушалась их целостность и форма.

При проектировании судов прочность характеристики корпуса определяется в соответствии с требованиями «Правил классификации и постройки морских судов» Морского Регистра Судоходства.

Прочность корпуса судна – это способность отдельных корпусных конструкций, а также всего корпуса судна в целом выдерживать действие различных эксплуатационных нагрузок, не получая остаточных деформаций и не разрушаясь.

В общем случае на корпус судна действуют силы тяжести, гидростатические и гидродинамические силы, силы инерции, вибрационные нагрузки, усилия взаимодействия корпуса судна со льдом, усилия, возникающие от навала при выполнении швартовочных операций в открытом море и т.д.

Все эти нагрузки вызывают весьма сложную деформацию корпуса судна, которую принято разделять на общую и местную. Прочность корпуса при общем его деформировании называют общей прочностью судна, а прочность отдельных его конструкций (борта, палуб, днища и т.д.) при местном деформировании – местной прочностью.

Общую прочность с позиции общей прочности судна рассматривают как пустотелую составную балку, имеющую переменные по длине поперечные сечения и претерпевающую в общем случае деформации изгиба в горизонтальной и вертикальной плоскостях, деформацию сдвига и кручения. Деформацию корпуса судна в вертикальной продольной плоскости принято называть общим продольным изгибом, а прочность при общем продольном изгибе – общей продольной прочностью. Поскольку в эксплуатации судно может быть нагружено различными способами, при расчётах необходимо рассматривать самые выгодные с точки зрения прочности случаи.

Правила регистра России требуют обязательно следующие случаи нагрузки для судов различных типов:

- судно в полном грузу с 50% судовых запасов;
- судно в балласте с 50% судовых запасов.

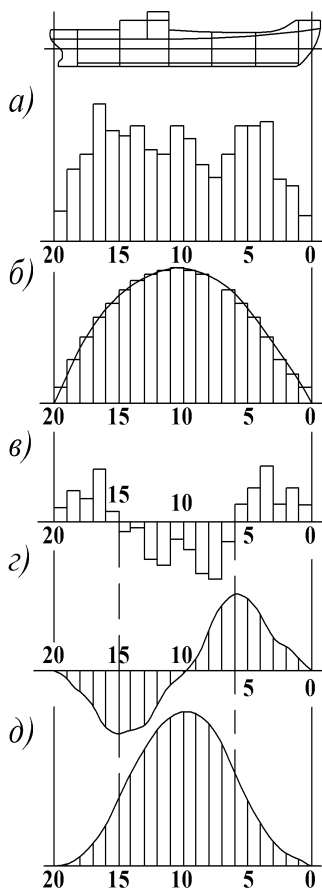


Рис. 26 Кривые сил веса (а), сил поддержания (б), нагрузка (в), перерезывающих сил (г) и изгибающих моментов

Вертикальные нагрузки, т.е. силы веса и силы поддержания, условно приводятся к плоской системе сил, приложенных в вертикальной плоскости, проходящей вдоль судна через середину его ширины. Рассмотрим распределение этих сил по длине судна и результат их действия.

Сила веса по длине судна распределены неравномерно. Их распределение зависит от типа судна, расположения МКО по длине судна, количества груза в разных грузовых трюмах, количества и распределения судовых запасов и т.д.

При расчётах общей продольной прочности корпус судна по длине разбивают на 20 теоретических отсеков. Подсчитывают вес корпуса, механизмов, оборудования, грузов и т.д., приходящихся на каждый теоретический отсек, а затем строят график весовой нагрузки. Полученная ступенчатая кривая веса (Рис. 26, а) в отдельном масштабе дает величину интенсивности нагрузки в каждом теоретическом отсеке и характер распределения этой нагрузки по длине судна.

Силы поддержания на тихой воде, величина которых зависит от объёма подводной части корпуса судна, также можно изобразить ступенчатой кривой, вычислив значения этих сил для каждого теоретического отсека. Благодаря плавности обводов корпуса ступенчатую кривую можно заменить плавной кривой (Рис. 26, б).

Кривые сил веса и сил поддержания строятся в одном масштабе. На Рис.26 видно, что силы веса и силы поддержания в одних и тех же теоретических отсеках имеют разную величину и разные знаки. Если их сложить, т.е. наложить эпюру сил поддержания на

эпюру сил веса, то оставшиеся неуравновешенные силы с соответствующим знаком и будут являться той нагрузкой, которую должно выдерживать судно – «балка», находясь на тихой воде (Рис. 26, в).

Прогиб, перегиб. Силы поддержания в условиях тихой воды постоянны, а в условиях волнения непрерывно меняются, в зависимости от того, на вершине или подошве волны в данный момент находится судно.

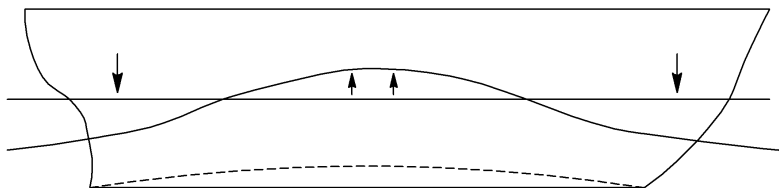


Рис. 27 Перегиб

Когда вершина волны находится посередине длины судна и силы поддержания сосредоточены в его средней части, то в оконечностях образуется избыток сил тяжести. Судно изгибается средней частью вверх. В этот момент палуба растягивается, а днище – сжимается. Происходит перегиб.

В следующий момент судно средней частью попадает на подошву волны, силы поддержания здесь (в средней части судна) уменьшается, но образуется избыток сил тяжести. В этот момент палуба сжимается, а днище – растягивается. Получается прогиб корпуса.

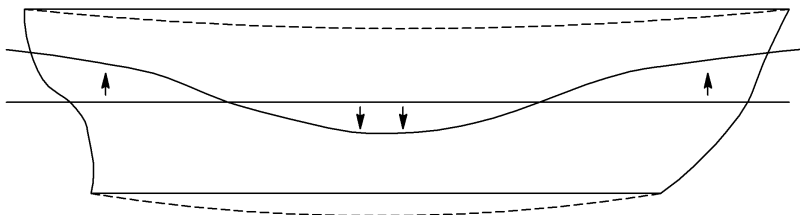


Рис. 28 Прогиб

Местная прочность – это способность корпуса выдерживать нагрузки, действующие на отдельные его перекрытия и связи. Способность балок, составляющих поперечное сечение судна (так

называемой шпангоутной рамки), выдержать эти нагрузки называют поперечной прочностью. Иногда расчёты поперечной прочности производят для особых эксплуатационных условий, в которые может попасть судно (например, постановка в док широких судов на малое количество доковых дорожек).

При рассмотрении местной прочности корпус судна следует разбить на отдельные конструктивные элементы – перекрытия, балки, шпангоутные рамки. При расчёте перекрытия полагают, что нагрузка воспринимается наружной обшивкой, затем передаётся балкам главного направления, а те передают её на перекрестные связи.

Местная прочность элементов и конструкций рассчитывается на ту нагрузку, которая характерна для данного участка корпуса судна.

3.2 Системы набора корпуса судна

Корпус судна во всех случаях эксплуатации должен обладать водонепроницаемостью, которая обеспечивается оболочкой и настилом верхней палубы. Водонепроницаемая оболочка корпуса судна, которая вместе с додерживающим её набором образует борта, днище и оконечности судна, называются наружной обшивкой судна.

Между собой листы наружной обшивки соединяют сваркой встык. В виде исключения иногда прибегают к клёпке в месте соединения палубного стрингера с ширстрекром. Поперечное соединение листов называется стыками, а продольные пазами.

Ряд листов наружной обшивки судна в продольном направлении, имеющих общие стыки, называется поясом наружной обшивки.

Участок перехода подводной части от бортов к днищу называют скулой судна, а пояс наружной обшивки в районе скулы – скуловым поясом. Наружную обшивку, расположенную выше скулового пояса, называют бортовой, а нижнюю часть обшивки, включающую листы скулового пояса – днищевой обшивкой.

Пояс наружной обшивки, примыкающий к брусковому килю (при отсутствии горизонтального кия) называется шпунтовым. На небольших судах вертикальный киль соединяется внизу с утол-

щённой полосой, называемой брусковым килем (из бруска или нескольких полос, подходящих между форштевнем и ахтерштевнем по всей длине судна).

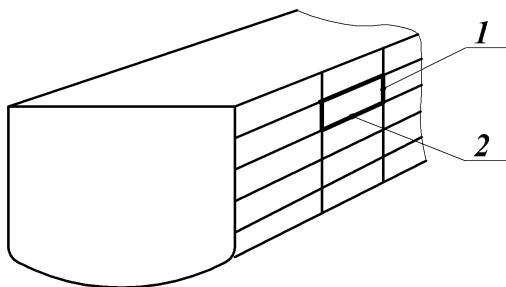


Рис. 29 Элементы обшивки и настилов: 1 – стык, 2 – паз

Верхний пояс бортовой обшивки называется ширстреком.

Центральный пояс днищевой обшивки называется горизонтальным килем.

Край пояс палубного настила называется палубным стрингером. Утолщенные листы наружной обшивки в районе действия ледовой нагрузки называются ледовым поясом.

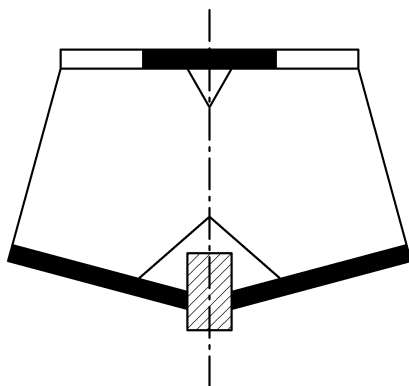


Рис. 30 Конструкция брускового киля

Набор корпуса представляет собой каркас из продольных и поперечных металлических балок и рёбер, который придаёт кор-

пусным конструкциям судна заданную форму и вместе с обшивкой и настилами обеспечивает им необходимую жесткость и прочность.

Судовыми перекрытием называется система продольных и поперечных связей, поддерживающая пластины обшивки и опирающаяся на жесткий опорный контур. Иначе говоря, перекрытием называется совокупность пластины с подкрепляющими её балками. Различают следующие перекрытия:

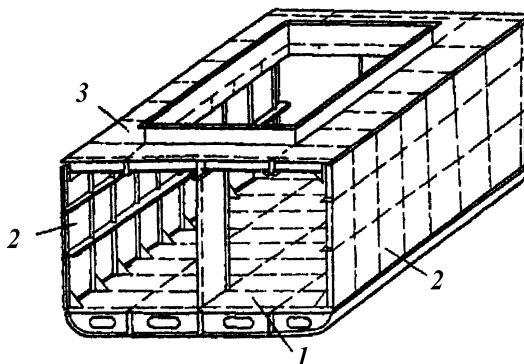


Рис. 31 Основные перекрытия корпуса судна: 1 – днищевое, 2 – бортовое, 3 – палубное

В перекрытии обычно несколько более жестких балок, идущих в одном направлении, поддерживают большее количество менее жестких балок другого направления. Первые являются перекрестными связями, а вторые балками главного направления.

Балками главного направления в перекрытиях считаются часто расположенные балки одного направления; они могут быть расположены вдоль или поперек судна. Перекрестные связи – это мощные балки, пересекающие и поддерживающие балки главного направления.

В зависимости от ориентации балок главного направления различают продольную и поперечную системы набора судовых перекрытий. Иногда выделяют так называемую «клетчатую» систему, в которой преимущество продольных или поперечных связей трудно определить.

Следует подчеркнуть, что система набора характеризует перекрытие в составе корпуса судна, а не корпус в целом, где разные

перекрытия могут иметь разную систему набора (что на практике часто и встречаются).

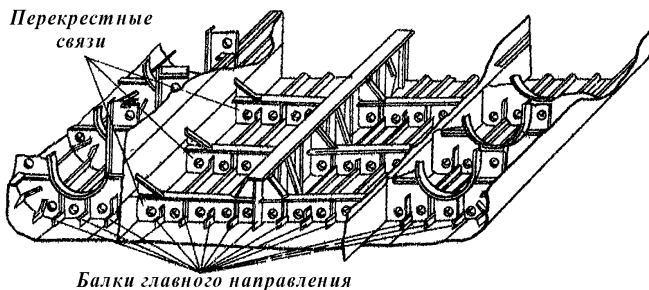


Рис. 32 Днищевое перекрытие танкера

Естественно, что если все перекрытия судна набраны по одной и той же системе, то можно определить и систему набора корпуса в целом; если же система набора перекрытий различна, система набора корпуса будет комбинированной (так называемая «смешенная» система). Поперечную систему набора всех перекрытий (а, следовательно, и корпуса) имеют многие суда морского и рыбного флота, в особенности небольшого размера.

Что касается только продольной системы набора корпуса, то таких судов в гражданском флоте практически не существует. Даже если у какого-либо судна не только днище и палуба, но и борт набраны по продольной системе, всё равно оконечности будет иметь поперечную систему набора.

При поперечной системе набора балки главного направления идут поперек судна (от борта к борту на днищевых и палубных перекрытиях; или от днища к палубе на бортовых перекрытиях). Перекрестные связи располагают вдоль судна. Поперечная система набора выгодна на небольших или относительно коротких судах, где продольные изгибающие моменты сравнительно невелики, и большое значение имеет поперечная прочность.

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

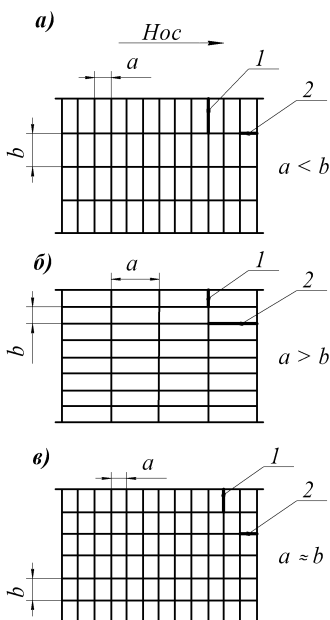


Рис. 33 Схема расположения балок главного направления при различных системах набора корпуса: a – поперечной, b – продольной, $в$ – клетчатой; 1 – балки главного направления, 2 – перекрестные связи

При продольной системе набора балки главного направления располагают вдоль судна, а перекрестные связи – поперёк.

Продольную систему выгодно применять для наиболее нагруженных перекрытий (верхних палуб и днища) на больших и относительно длинных судах, так как постановка большого числа продольных балок по днищу и палубе увеличивает площадь поперечного сечения этих связей, снижая соответственно возникающие напряжения.

В продольной системе набора в основном строят танкеры, некоторые пассажирские и рыболовные суда. В настоящее время на большинстве крупных судов продольную систему

набора применяют для палубы и днища в средней части судна, а борта и оконечности суда набирают по поперечной системе. При таком сочетании продольной и поперечной систем наиболее рационально решаются вопросы прочности и

уменьшения веса корпуса для крупных судов.

При клетчатой системе набора продольные и поперечные балки расставлены почти на одинаковых расстояниях, образуя подобие клеток. Клетчатая система – поперечная система набора с большим количеством продольных связей, которую применяют в днище, поскольку набор машинного отделения воспринимает в процессе эксплуатации большие статические, динамические и вибрационные нагрузки и должен обладать более высокой жесткостью, чем набор других перекрытий. По клетчатой системе набирают днищевые перекрытия грузовых трюмов рудовозов и других судов, перевозящих тяжёлые грузы.

3.3 Основные конструктивные элементы корпуса

3.3.1 Конструкция днищевого перекрытия

В зависимости от размеров промысловых судов днищевые перекрытия делают без двойного дна или с двойным дном. Настил второго дна является основной продольной связью корпуса, ограничивающей двойное дно сверху. Настил выполняется из стальных листов, уложенных на днищевой набор и приваренных к нему. На судах длиной 61 м и более настил второго дна простирается от форпиковой до ахтерпиковой переборок. Толщину листов настила второго дна назначают исходя из условий прочности и эксплуатации судна. Под вырезами грузовых люков толщину настила второго дна (если нет деревянного настила – пайола) увеличивают на 2 мм. Это даёт возможность увеличивать срок службы настила, сохраняя необходимую прочность в районе наибольшего его износа. В МКО в районе установки фундаментов под двигатели толщину настила увеличивают на 2–4 мм (по сравнению с толщиной настила в грузовом трюме).

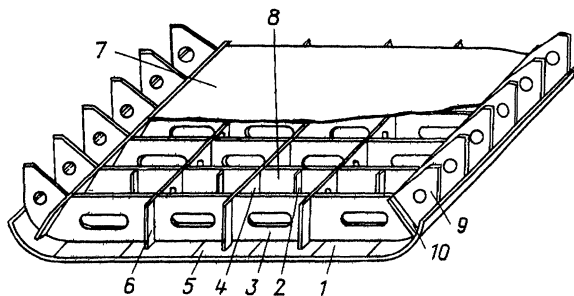


Рис. 34 Конструкция днищевого перекрытия с двойным дном при поперечной системы набора: 1– наружная обшивка; 2 – ребро; 3 – флор проникаемый; 4 – вертикальный киль; 5 – горизонтальный киль; 6 – стрингер днищевой проникаемый; 7 – настил второго дна; 8 – флор непроницаемый; 9 – скуловая кница; 10 – стрингер днищевой непроницаемый (крайний междудонный лист)

В соответствии с Правилами Регистра России устройство двойного дна обязательно на судах более 50 м. Суда длиной от 50 до 61 м должны иметь двойное дно в районе машинного отделения и в нос от него до форпиковой переборки, а суда большей длины – на всем протяжении от форпиковой до ахтерпиковой переборки.

Учитывая большое значение двойного дна, его по возможности делают на судах, имеющих длину не менее 50 м. Минимальная высота двойного дна 0,66 м, на крупных судах она доходит до 1,5–2,0 м.

Днищевые перекрытия судов без двойного дна состоят из флоров, вертикального кия и днищевых стрингеров.

Вертикальный киль – это мощная продольная днищевая балка, проходящая в диаметральной плоскости судна. Усиленный по сравнению с флорами вертикальный киль пропускается вдоль всего судна, насколько это практически возможно. Он может быть разрезным или неразрезным у флоров. Суда длиной более 60 м имеют, как правило, между поперечными переборками неразрезной вертикальный киль. На поперечных переборках вертикальный киль разрезают и приваривают к ним, устанавливая дополнительно кницы или уширяя поясok вертикального кия.

Днищевое перекрытие рыболовного траулера состоит из туннельного кия, флоров и днищевых стрингеров.

Туннельный киль – это два вертикальных листа, расположенные симметрично относительно диаметральной плоскости судна. Туннельный киль используется для прокладки магистральных трубопроводов, что облегчает уход за ними и предохраняет их от замораживания.

Благодаря таким преимуществам туннельные кили получили сравнительно широкое применение на промысловых судах.

Флор – это мощная поперечная вертикальная балка, подкрепляющая днище.

Набор днищевых перекрытий с двойным дном при поперечной системе набора состоит из вертикального кия, днищевых стрингеров, крайнего междудонного листа, а также флоров, устанавливаемых на каждом шпангоуте.

Флоры двойного дна бывают сплошные и открытые. В свою очередь, сплошные бывают проницаемые и водонепроницаемые, а открытые – бракетные и облегченные.

Сплошные проницаемые флоры (Рис. 35, а) состоят из целых листов, подкрепленных рёбрами жесткости, имеющими вырезы. Рёбра жесткости высотой не более 90 мм устанавливают при продольной системе набора в плоскости каждой или каждой второй продольной балки, а при поперечной системе – на расстоянии не более 1,5 м друг от друга.

Сплошные водопроницаемые флоры (Рис. 35, б) ограничивают междудонные цистерны и водонепроницаемые отсеки. Их делают несколько больше длины, чем сплошные проницаемые флоры (не менее чем на 2 мм) и подкрепляют вертикальными рёбрами жесткости не реже чем через 0,9 м.

Открытые бракетные флоры (Рис. 35, в) состоят из нижних и верхних балок, соединенных бракетами у вертикального киля, основных днищевых стрингеров и крайнего междудонного листа. Толщину этих бракет принимают равной толщине сплошных флор в данном районе, а ширину крайнего междудонного листа и вертикального киля – не менее 0,75 его высоты, а стрингеров не менее 0,35 высоты вертикального киля.

Открытые облегченные флоры (Рис. 35, г) состоят из листов с большими вырезами (но не более 1,2 высоты вертикального киля). Облегченные флоры имеют вертикальные рёбра жёсткости, устанавливаемые не далее чем на 2,2 м друг от друга.

Голубницы – это мелкие вырезы по кромкам флора, предназначенные для протока жидкостей и газов.

Днищевой стрингер – это мощная продольная днищевая балка. Днищевые стрингеры устанавливают вдоль судна между вертикальным килем и бортом на расстоянии от вертикального киля и друг от друга не более 4,0–4,15 м при поперечной системе набора и не более 4,5–4,65 м при продольной.

Крайними междудонными листами называются крайние листы настила второго дна, расположенные вдоль скулы по каждому борту и замыкающие по бортам отсеки второго дна. Эти листы делают наклонными или горизонтальными. Толщину крайнего междудонного листа принимают несколько больше, чем толщину второго дна.

При продольной системе набора днищевое перекрытие подкрепляют часто расставленными днищевыми балками. Их называют ребрами жесткости.

Рёбра жёсткости – это дополнительные балки, не имеющие названия, меньше основных балок.

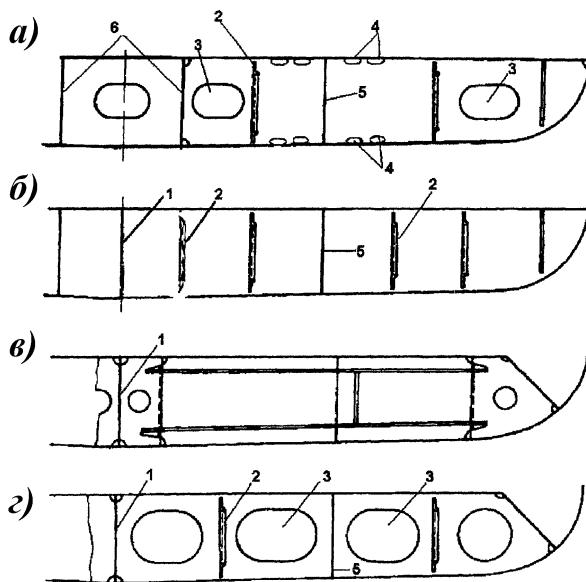


Рис. 35 **Виды флоров:** *а* – сплошной проницаемый, *б* – сплошной водонепроницаемый, *в* – открытый бракетный, *г* – открытый облегчённый; 1 – вертикальный киль, 2 – ребро жёсткости, 3 – лаз, 4 – голубницы, 5 – днищевой стрингер, 6 – туннельный киль

3.3.2 Конструкция бортовых перекрытий

Бортовые перекрытия состоят из наружной обшивки борта и бортового набора. Они воспринимают действие давления воды, значение которого растёт пропорционально глубине погружения борта.

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

Бортовой набор состоит из балок, идущих в поперечном направлении, – шпангоутов.

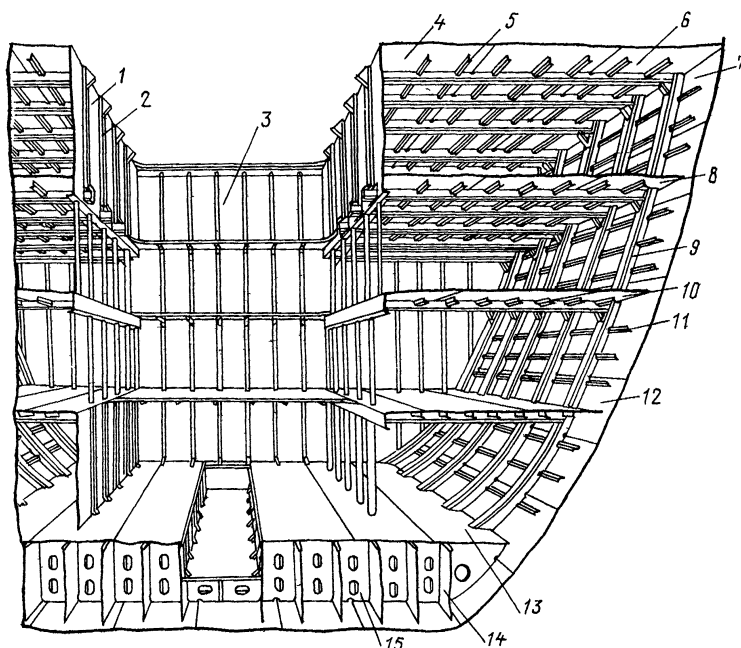


Рис. 36 **Конструкция борта при продольной системе набора:** 1 – стенка шахты МО, 2 – стойка шахты, 3 – переборка поперечная, 4 – настил палубы юта, 5 – подпалубное ребро жёсткости, 6 – стрингер палубный, 7 – ширстрек, 8 – палуба переборок, 9 – шпангоут рамный, 10 – платформа МО, 11 – ребро жёсткости борта, 12 – обшивка борта, 13 – настил второго дна, 14 – стрингер днищевой, 15 – флор сплошной

Шпангоут – это мощная поперечная балка бортового перекрытия. Расстояние между смежными или соседними шпангоутами называется шпацией. В зависимости от принятой системы набора, местоположения бортового перекрытия и ледового класса судна, в состав бортового набора могут входить продольные балки (бортовые стрингеры, продольные рёбра жёсткости).

Бортовой стрингер – это мощная продольная балка, подкрепляющая борт судна.

Ребро жёсткости – это профильный элемент на листе обшивки палубы, переборки и т.п., обеспечивающий местную жёсткость.

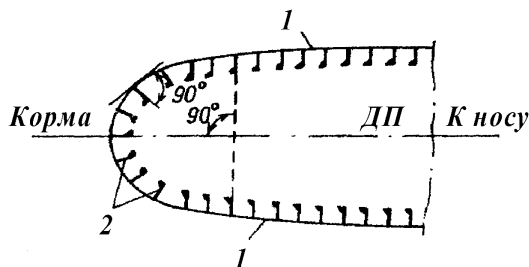


Рис. 37 Установка шпангоутов: 1 – бортная обшивка, 2 – поворотные шпангоуты

Если бортовое перекрытие выполнено по поперечной системе набора, то шпангоуты в виде катаных или составных профильных балок устанавливают перпендикулярно к диаметральной плоскости (ДП) на всём протяжении судна, за исключением района кормы (у ледоколов – кормы и носа), где шпангоуты ставят перпендикулярно к наружной обшивке; в этом случае их называют поворотными шпангоутами.

Шпангоуты могут быть:

- а) обыкновенные (выполняют из стального профиля);
- б) усиленные (выполняют из усиленного стального профиля);
- в) рамные (выполняют в виде рамы, расположенной по периметру поперечного сечения корпуса судна и состоящей из последовательно соединенных друг с другом балок набора днища, бортов и палуб).

Шпангоуты, устанавливаемые при поперечной системе набора в каждой шпации, называются основными. В районе трюмов ветви основных шпангоутов называют трюмными, а в междупалубных помещениях – твиндеках – твиндечными.

Так как нагрузка на бортовое перекрытие в нижней его части больше, чем верхней, трюмные шпангоуты имеют большее сечение, чем твиндечные. Нижние концы трюмных шпангоутов соединяют с крайним междудонным листом или с днищевым набором при помощи скуловых книц или путём обычного перекроя бортовым шпангоутом днищевого флора.

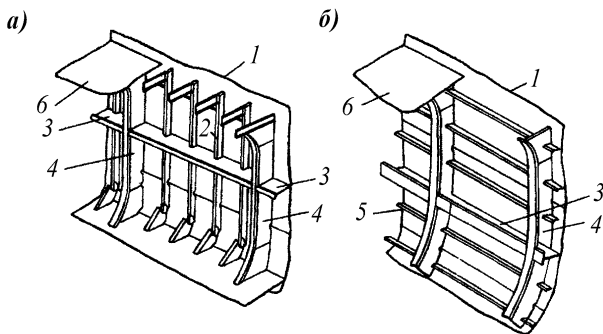


Рис. 38 **Бортовые перекрытия:** *а* – поперечная система набора, *б* – продольная система набора; 1 – обшивка борта, 2 – шпангоут, 3 – бортовой стрингер, 4 – рамный шпангоут, 5 – продольные ребра, 6 – палуба

Кница – это треугольная пластина (или пластина близкой к ней формы), соединяющая балки набора.

Верхние концы шпангоутов крепят к подпалубному набору с помощью книц, называемых бимсовыми. В районе МКО в соответствии с Правилами Регистра России устанавливают не реже чем через каждые пять шпаций рамные шпангоуты усиленного профиля и бортовые стрингеры.

Расстояние между бортовыми стрингерами и настилом второго дна или палубой не должно превышать 2,5 м. Рамные шпангоуты и стрингеры обеспечивают повышенную прочность борта в этом очень важном отсеке корпуса. Бортовой набор в форпике и ахтерпике, а также на протяжении 0,15 длины судна от носового перпендикуляра тоже усиливают. Это выражается в уменьшении расстояния между шпангоутами, в установке бортовых стрингеров не реже чем через 2 м и в усилении прочности самих шпангоутов.

Для усиления прочности бортового перекрытия при действии ледовой нагрузки в бортовой набор включают промежуточные шпангоуты, которые ставят между основными, а также бортовые стрингеры, устанавливаемые не реже чем через 1,4 м друг от друга.

Бортовое перекрытие, набранное по продольной системе набора, применяется на танкерах или других крупных судах с большим количеством поперечных переборок.

На таких судах длина трюма получается меньше его высоты, поэтому выгоднее ставить балки главного направления вдоль судна.

Между поперечными переборками устанавливают рамные шпангоуты – не менее двух на отсек нормальной длины. Рамные шпангоуты являются дополнительными опорами для продольных бортовых балок. Могут быть установлены также и бортовые стрингеры.

3.3.3 Штевни

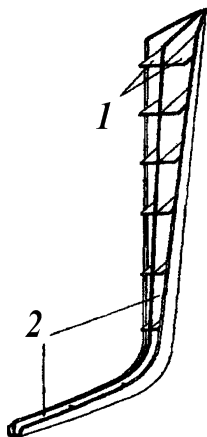


Рис. 39 **Форштевень:**
1 – брезштуки; 2 – продольное ребро

большого судна делится по высоте на несколько частей, которые соединены между собой в «замок» с помощью дуговой сварки.

Палубы и доходящие до форштевня бортовые стрингеры приваривают к горизонтальным ребрам форштевня – брезштукам (треугольным или трапециевидным листам, подкрепляющим гнутые листы форштевня). В подводной части брезштуки устанавливают не реже чем через 1 м, выше ватерлинии – не реже чем через 1,5 м.

Вертикальный киль приваривают к продольному ребру жесткости форштевня.

Носовую и кормовую оконечности корпуса судна ограничивают соответственно форштевнем и ахтерштевнем, которые надёжно соединены с обшивкой правого и левого бортов, вертикальным килем, бортовыми стрингерами и палубами.

Форштевень (Рис. 39) принимает на себя удары при столкновениях с другими судами, о грунт, причал, лёд. Форштевни бывают литыми, коваными и сваренными из литых и кованых частей, но, чаще всего, сваренными из гнутых стальных листов.

Форштевень

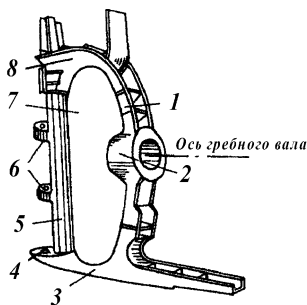


Рис. 40 **Ахтерштевень**
одновинтового судна:
1 – старпост, 2 – яблоко,
3 – подошва, 4 – пятка,
5 – рудерпост, 6 – петля
руля, 7 – окно, 8 – арка

Ахтерштевень (Рис. 40) мощная литая или сварная конструкция, которая завершает кормовую оконечность корпуса. На одновинтовых судах ахтерштевень служит одной из опор для дейдвудной трубы, которая проходит через отверстие в яблоке ахтерштевня, расположенном в передней его стойке, именуемой старпостом. Ахтерштевень служит также опорой для руля, который вращается на штырях, соединенных с его вертикальной стойкой – рудерпостом. Старпост и рудерпост соединяют в верхней части аркой, а в нижней – подошвой, замыкая, таким образом, окно ахтерштевня.

Ахтерштевни бывают литыми, сварными из литых и кованных частей и сварными из листов. Масса литых ахтерштевней крупных судов достигает 60–180 т, поэтому их изготавливают из нескольких сварных частей.

3.3.4 Конструкция фальшборта

Фальшборт – это ограждение верхней палубы, являющееся продолжением борта и состоящее из обшивки, подкрепляющей вертикальные стойки (контрфорс) и планширь.

Фальшборт предназначен для ограждения открытых палуб от действия ветра и волн. На верхней палубе фальшборт устанавливают в плоскости наружной обшивки, поэтому снаружи он кажется продолжением ширстрека.

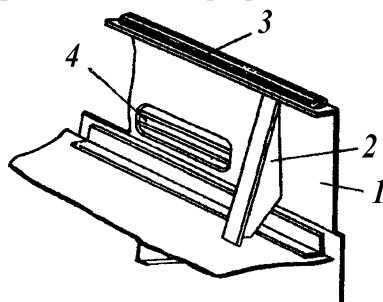


Рис. 41 Конструкция фальшборта:
1 – фальшборт, 2 – контрфорс, 3 – планширь, 4 – штурмовой портик с решёткой

Высоту фальшборта принимают не менее 1,0 м (обычно 1,1–1,2 м). Более высокий фальшборт (1,3–1,5 м) оборудуют на судах, перевозящих палубные грузы, – на лесовозах, контейнеровозах, судах типа «ро-ро» и др.

Фальшборт состоит из листов толщиной 3,0–8,5 мм (в зависимости от длины судна), устанавливаемых длиной кромкой вдоль палубы. Через каждые две – три шпации, но

не реже чем через 1,8 м (на судах, перевозящих палубный груз, не реже чем через 1,2 м) устанавливают подкрепляющие стойки в виде книц с отогнутым фланцем шириной 60–90 мм. Ширину стоек сверху принимают равной ширине планширя.

Планширь – это планка из профильной стали, приваренная к верхней кромке фальшборта для его упрочнения. В нижней части фальшборта делают вырезы – штормовые портики, предназначенные для стока за борт попавшей на палубу воды. В штормовых портиках имеются решётки, препятствующие выбрасыванию за борт смываемых волной предметов.

Привальный брус – это деревянная, металлическая или резинометаллическая конструкция, устанавливаемая вдоль борта выше ватерлинии и предназначенная для защиты борта судна при швартовке от ударов о пирс или другое швартуемое к борту судно.

Скуловые (боковые) кили служат для уменьшения размахов (амплитуд) бортовой качки. Их устанавливают в районе скулы в средней части корпуса судна на протяжении около 0,25–0,35 L (L – длина судна). При этом обеспечивается наименьшее сопротивление воды движению судна, так как боковые кили располагаются вдоль линии обтекания корпуса водой, а также наибольшее уменьшение бортовой качки, поскольку в этом случае плечо противодействующего раскачиванию судна момента будет наименьшим.

3.3.5 Конструкция палубных перекрытий

Палубам в составе корпуса приходится выполнять различные функции. Они участвуют в общем продольном изгибе судна, воспринимают местную поперечную нагрузку, служат опорными конструкциями для бортов и переборок и обеспечивают непроницаемость корпуса.

Палубный набор включает: бимсы и карлингсы.

Бимс – это поперечная подпалубная балка, идущая от борта до борта.

Полубимс – это поперечная подпалубная балка, идущая от борта до комингса люка.

Карлингс – это продольная усиленная подпалубная балка.

Пиллерс – вертикальная стойка круглого сечения, подпирающая палубу или платформу.

При поперечной системе набора (Рис. 42, а) бимсы, установленные на каждом шпангоуте, поддерживаются одним или несколькими карлингсами, представляющими собой сварные тавровые балки вырезами в стенках, через которые проходят бимсы, имеющие, как правило, меньшую высоту. Вместе со шпангоутами борта и флорами днища бимсы образуют в одном поперечном сечении корпуса шпангоутную рамку. В местах расположения рамных шпангоутов устанавливают усиленные рамные бимсы.

При продольной системе палубного набора применяют обычно только на крупных судах, где она позволяет получить некоторый выигрыш в массе палубного перекрытия. Однако из-за наличия высоких поперечных рам рационально использовать подпалубное пространство затруднительно, поэтому даже на крупных сухогрузных и пассажирских судах продольную систему палубного набора используют редко.

Палубные перекрытия опираются на борта, продольные и поперечные переборки, а при большой величине пролёта поддерживаются ещё и пиллерсами. Установка пиллерсов способствует уменьшению массы палубных перекрытий. Пиллерсы ставят либо по концам грузового люка в ДП (два пиллерса на каждый трюм), либо по углам грузового люка (четыре пиллерса на каждый трюм). На многопалубных судах пиллерсы, по возможности, располагают один под другим, причем, чем ниже находится пиллерс, тем большую нагрузку он воспринимает и, следовательно, тем больше его размеры.

Большие вырезы в палубах в районе грузовых люков подкрепляются по периметру мощными балками – комингсами, которые опираются на пиллерсы или чаще на продольные полупереборки, установленные в ДП.

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

Обычно в районе грузовых люков устанавливают полубимсы.

Полубимс – это поперечная подпалубная балка, идущая от борта до комингса люка или выреза.

Если бимс не покрыт палубным настилом, его называют холостым.

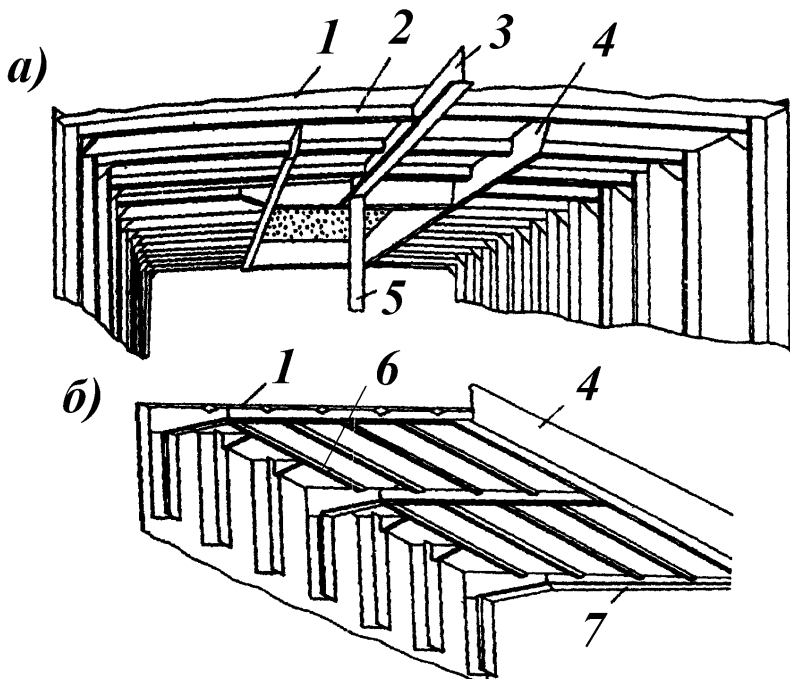


Рис. 42 Конструкция палубных перекрытий: *а* – поперечная система набора, *б* – продольная система набора; 1 – палуба, 2 – бимс, 3 – карлингс, 4 – комингс, 5 – пиллерс

3.3.6 Переборки и выгородки

По расположению в корпусе переборки можно разделить на поперечные и продольные.

На каждом морском судне обязательно должно быть установлены следующие *поперечные переборки*:

- форпиковая (таранная) – ограничивает первый носовой отсек судна – форпик; устанавливается на расстоянии не ближе $0,05L$ и не дальше $0,05L + 3$ м от форштевня;
- ахтерпиковая – ограничивает крайний кормовой отсек судна – ахтерпик;
- носовая и кормовая переборка *МО* – если *МО* расположено в средней части судна.

Максимальное расстояние между поперечными переборками на сухогрузных судах 30 м, на танкерах 12–15 м и более.

Общее количество поперечными переборками на сухогрузных судах 30 м, на танкерах 12–15 м и более.

Общее количество поперечных переборок на судне регламентируется Правилам Регистра в зависимости от длины судна, расположения *МО* по длине судна и т.д. Расстановка переборок связана также с условиями обеспечения данному судну непотопляемости при затоплении определенного количества отсеков.

По назначению переборки подразделяются на:

- непроницаемые – ограничивают грузовые трюмы сухогрузных судов, грузовые отсеки танкеров, различные отсеки и цистерны, предназначенные для хранения жидких судовых запасов;

- огнестойкие – предназначены для предотвращения распространения пожара по судну. Имеют специальную противопожарную изоляцию и разделяют корпус на несколько противопожарных зон. Устанавливаются главным образом на крупных пассажирских судах;

- выгородки – предназначены для разделения пространства в надстройках, рубках, а также межпалубного пространства на ряд отдельных судовых помещений;

- отбойные – устанавливаются вдоль судна внутри цистерн для уменьшения влияния переливающейся жидкости на остойчивость судна. Как правило, они проницаемые, с большими вырезами, расположенными на половине высоты переборки.

По материалу переборки могут быть:

- стальными – непроницаемые, огнестойкие, отбойные и выгородки в «мокрых» помещениях;

- деревянными – легкие выгородки в «сухих» судовых помещениях;

- из легких сплавов – выгородки в рубках и надстройках в качестве разделительных для «сухих» помещений;

- пластмассовыми – переборки на пластмассовых судах и в некоторых помещениях на стальных судах.

По конструкции переборки разделяют на два типа – плоские и гофрированные.

- благодаря отсутствию стоек или ребер трудоёмкость изготовления гофрированных переборок на 10–15% ниже, а вес их в среднем на 25% меньше, чем плоских переборок;

- коробление гофрированных конструкций при сварке (особенно тонколистовых) значительно меньше, следовательно, сокращаются затраты на правку;

- на танкерах улучшаются условия зачистки танков, ограниченных гофрированными переборками.

Кроме того, гофры можно располагать как вертикально (у поперечных переборок), так и горизонтально (у продольных переборок), а прочность гофрированных переборок эквивалентна прочности плоских переборок.

В последнее время стали строить небольшие суда с гофрированной наружной обшивкой. Гофры располагают вдоль корпуса судна, что даёт возможность отказаться от постановки продольных рёбер. Все это даёт заметный выигрыш в трудоёмкости постройки судна и снижает вес корпуса.

Плоские переборки (Рис. 43) состоят из полотнища, сваренного из отдельных листов стали. Полотнища подкрепляются вертикальными стойками, поставленными на расстоянии 600–900 мм в зависимости от назначения и места установки переборки. При больших размерах переборки и большой нагрузке на нее стойки подкрепляют мощными горизонтальными рамными балками – шельфами. Если переборка высокая и неширокая, то с точки зрения экономии веса выгоднее подкреплять полотнище переборки не стойками, а горизонтальными ребрами.

При постановке судна в док кильблоки стараются расположить под переборками, как в наиболее жестких местах корпуса; поэтому, с точки зрения устойчивости полотнища переборки, под вертикальной нагрузкой выгоднее ставить вертикальные стойки, а не горизонтальные рёбра. Независимо от направления подкрепляющих рёбер или стоек, в ДП полотнище переборки подкрепляют мощной рамной доковой стойкой, которая воспринимает на себя реакцию килевой дорожки. Толщина листов плоских водонепроницаемых переборок и размеры поперечного сечения рёбер жесткости выбирают по Правилам Регистра и по расчётам прочности.

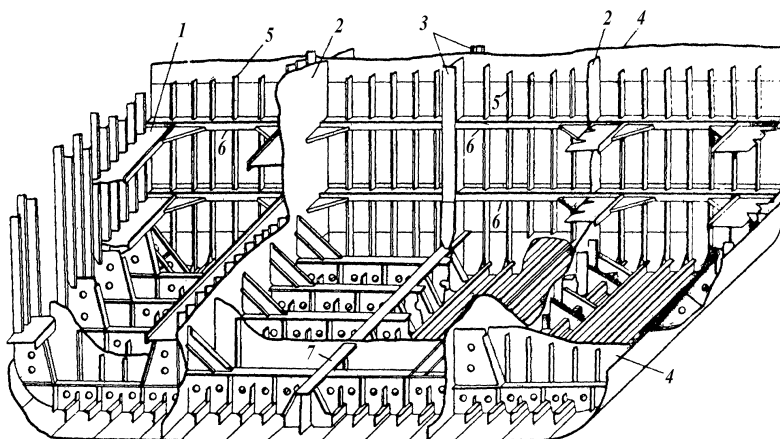


Рис. 43 Конструкция плоских переборок: 1 – бортовой стрингер, 2 – продольная переборка, 3 – доковая стойка в ДП, 4 – поперечная переборка, 5 – стойка переборки, 6 – шельф, 7 – вертикальный киль

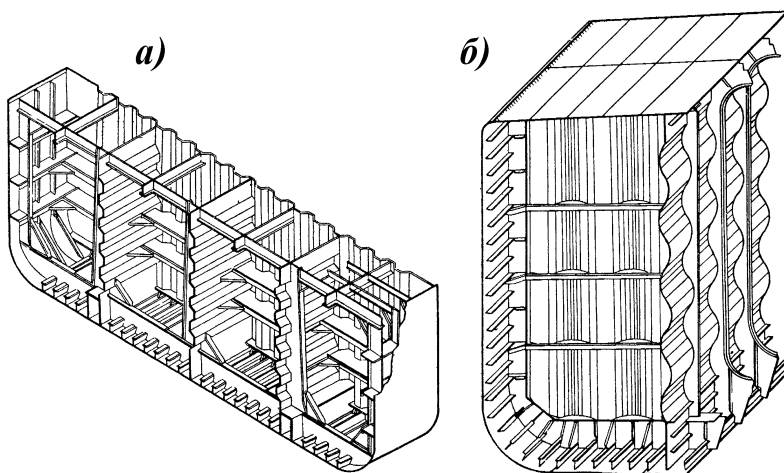


Рис. 44 Конструкция гофрированных переборок: а – с трапециевидным гофром, б – с волнистым гофром

3.3.7 Конструкция оконечностей корпуса

В процессе эксплуатации судов их оконечности испытывают главным образом местные нагрузки от ударов волн во время шторма, со стороны винтов и рулевого устройства, при подъёме тралы и т.д. Для восприятия этих нагрузок оконечности судов подкрепляют. Они отличаются от набора средней части судна более значительной прочностью. Набор оконечностей обычно характеризуется местным усилением набора корпуса благодаря постановке дополнительных связей, уменьшению расстояния между балками и увеличению площади поперечного сечения элементов набора.

Носовая оконечность судна начинается с форштевня и распространяется в корму на 0,15 длины судна. К форштевню приваривают листы наружной обшивки. Форштевень прочно связывают с набором носовой оконечности, т.е. с палубами, платформами, бортовыми стрингерами, флорами и вертикальным килем, что улучшает распределение возникающих усилий.

На Рис. 45 показана носовая оконечность судна, набранная по поперечной системе набора. Расстояние между основными шпангоутами в форпике не превышает 600 мм. (На судах ледового плавания между основными устанавливают промежуточные шпангоуты – главным образом в районе действия ледовой нагрузки). Через три-четыре шпации устанавливают рамные шпангоуты. Промежуточными опорами для шпангоутов являются платформы, которые обычно ограничивают балластные и другие отсеки в форпике. По борту в форпике на расстоянии друг от друга не более 1800 мм устанавливают бортовые стрингеры, высота которых равна высоте рамных шпангоутов. Для поддержания бортовых стрингеров (часто в их плоскости) ставят холостые бимсы без настила. Платформы или холостые бимсы могут опираться на отбойные переборки, установленные в балластном отсеке в ДП судна. Отбойные переборки ограничивают влияние жидкости, находящейся в цистернах судна, на его остойчивость и увеличивают прочность носовой оконечности.

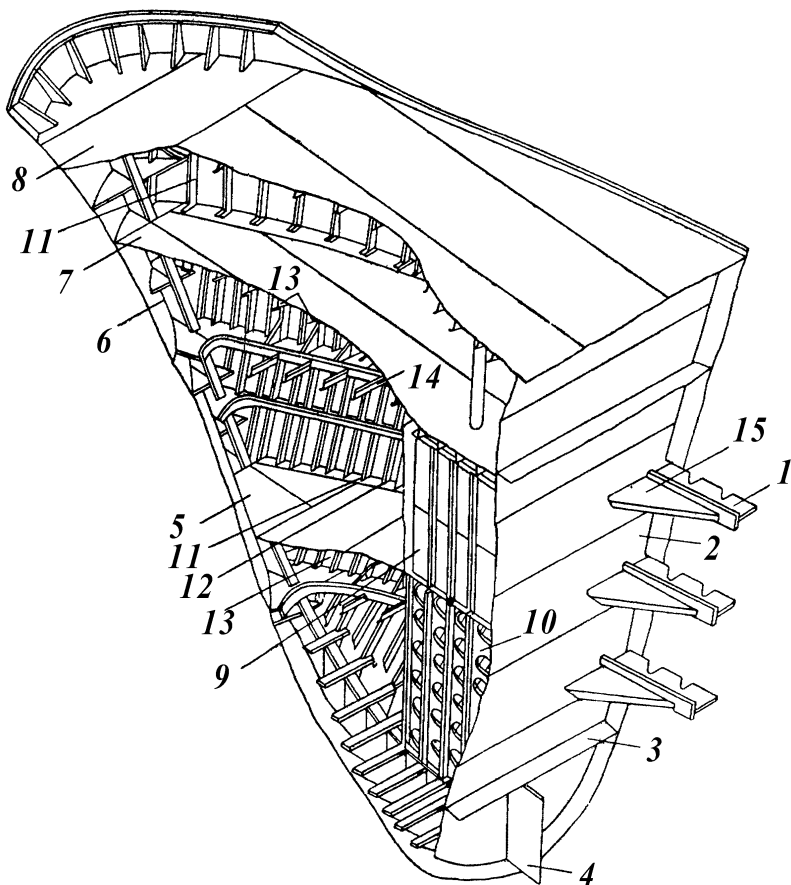


Рис. 45 Конструкция носовой оконечности судна, набранной по поперечной системе набора: 1 – ботовый стрингер, 2 – форпиковая (таранная) переборка, 3 – настил второго дна, 4 – вертикальный киль, 5 – платформа в форпике, 6 – форштевень, 7 – верхняя палуба, 8 – палуба бака, 9 – стенка цепного ящика, 10 – отбойная переборка в ДП, 11 – основной шпангоут, 12 – промежуточный шпангоут, 13 – бимсы обыкновенные, 14 – бимсы холостые, 15 – кница

Флоры в форпике делают, как правило, высокими, что улучшает условия крепления нижних концов шпангоутов к вертикальному килю или форштевню судна.

В корму от форпиковой переборки до сечения, расположенного на расстоянии 0,15L от форштевня, шпангоуты имеют момент сопротивления на 20% большей, чем остальные трюмные шпангоуты.

Переход от усиленного набора к обычному делается постепенным, чтобы не вызвать концентрации напряжений в месте резкого изменения площади поперечного сечения судна.

Основной кормовой оконечности судна (Рис. 46) служит расположенный в ДП *ахтерштевень*. Он предназначен для прочного соединения листов наружной обшивки обоих бортов в кормовой оконечности и создания опоры перу руля и кормовому концу гребного вала.

Ахтерштевень в корпусе судна соединяется с вертикальным и горизонтальным килем, который в кормовой части имеет коробчатое сечение. Верхняя часть ахтерштевня обычно крепится к транцевому флору.

Набор корпуса в корму от переборки ахтерпика характерен установкой высоких флоров, через которые проходит дейдвудная труба с гребным валом.

Дейдвудная труба является основной деталью дейдвудного устройства, создающего опору кормовому концу гребного вала и обеспечивающего непроницаемость корпуса при выходе из него гребного вала. Труба может быть литой стальной, сварной из двух половин или изготовлена из цельнотянутой толстостенной трубы большого диаметра. Носовым концом дейдвудную трубу крепят на приварном фланце к переборке ахтерпика. Кормовой конец дейдвудной трубы при одновальной установке проводят через яблоко ахтерштевня и крепят к нему гайкой или на приварном фланце. При двухвальной установке кормовой конец дейдвудной трубы крепится в яблоке кронштейна гребного вала. В дейдвудную трубу запрессовывают дейдвудные втулки, в которых устанавливают дейдвудные подшипники (Рис. 47). Подшипники набирают из сегментных бакаутовых планок или из планок древесно-слоистого пластика (ДСП). Применяют резиновые дейдвудные подшипники цельнолитые или набранные из отдельных резиновых планок и подшипники из белого металла, работающие в масляной смазке.

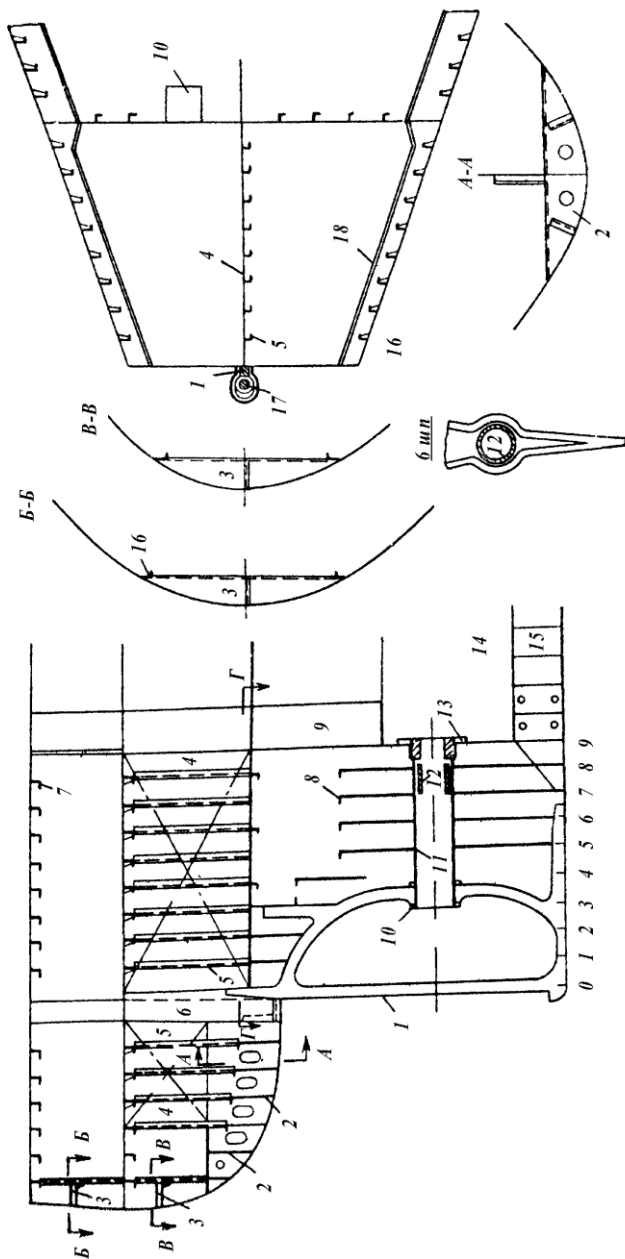


Рис. 46 **Конструкция кормовой оконечности одновинтового судна с крейсерской кормой:** 1 – актерштевень, 2 – флоры в дозоре, 3 – брештук, 4 – отбойная переборка, 5 – стойка отбойной переборки, 6 – гельмпортовая труба, 7 – бимс, 8 – очковый флор, 9 – запасной выход из туннеля гребного вала, 10 – яблоко актерштевня, 11 – дейдвудная труба, 12 – дейдвудная втулка, 13 – дейдвудный сальник, 14 – туннель, 15 – шпангоут, 16 – баллер руля, 17 – баллер руля, 18 – бортовой стрингер

В носовой части трубы имеется сальниковое устройство, предотвращающее попадание воды в корпус судна. Оно состоит из сальниковой втулки, набивки нажимной втулки, которая при помощи гаек на шпильках производит уплотнение набивки в месте входа гребного вала в дейдвудную трубу.

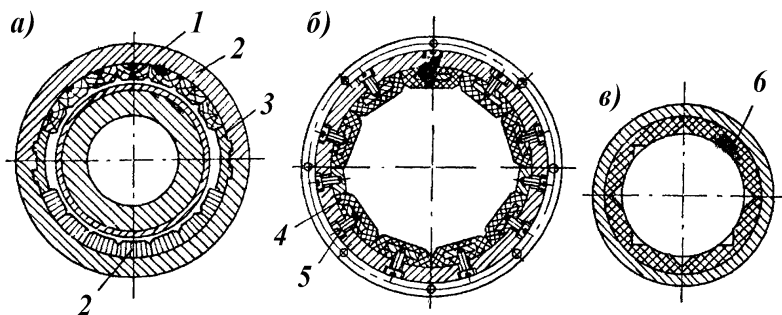


Рис. 47 Конструкция дейдвудных подшипников: *а* – с бакаутом или ДСП, *б* – резино-металлический наборный, *в* – резиновый литой; 1 – бруски бакаута или ДСП, 2 – дейдвудная втулка, 3 – вставки, 4 – резино-металлические планки, 5 – винты, 6 – литая резина с углублениями

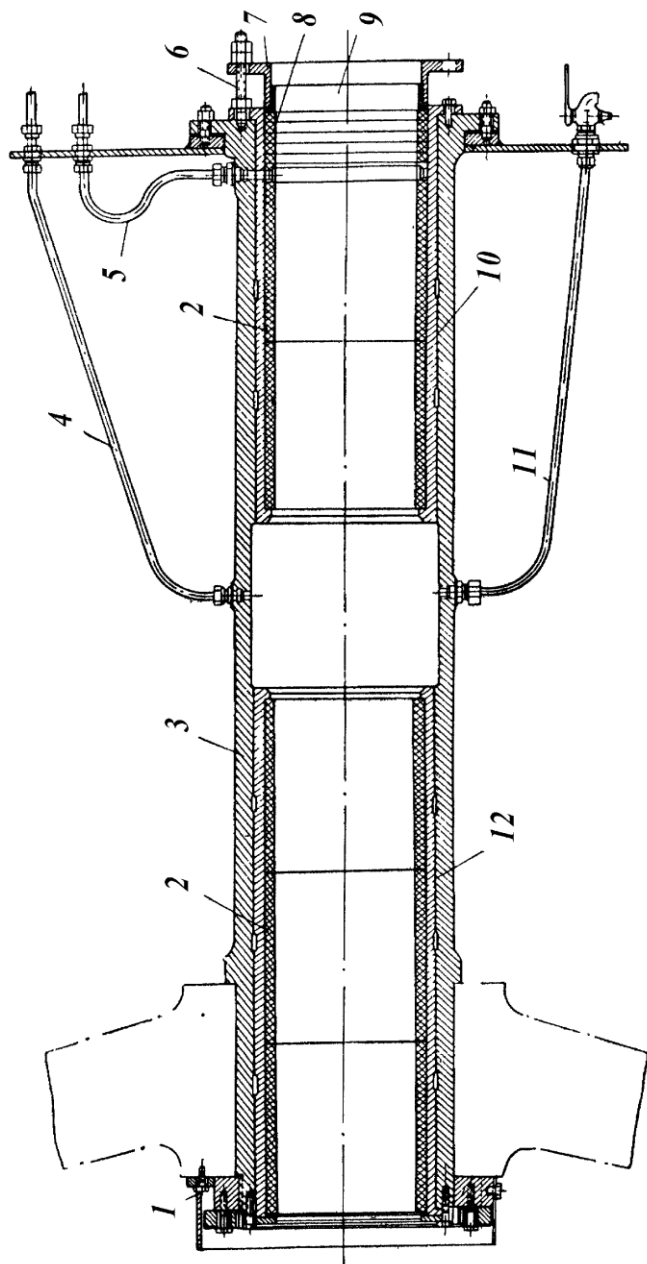


Рис. 48 Действующее устройство: 1 – гайка, 2 – бакаут или резина, 3 – дейдвудная труба, 4 – подвод пара или сжатого воздуха, 5 – подача забортной воды, 6 – шпилька, 7 – прижимная втулка, 8 – сальниковая набивка, 9 – сальниковая втулка, 10, 12 – дейдвудные втулки, 11 – опускная труба

3.3.8 Конструктивный мидель-шпангоут

Днищевое перекрытие

1. Вертикальный киль
2. Горизонтальный киль
3. Продольные днищевые ребра жесткости
4. Днищевый стрингер
5. Флор
6. Скула (скуловой пояс)
7. Скуловой киль
8. Крайний междудонный лист
9. Настил второго дня (двойное дно)

Бортовое перекрытие

10. Шпангоут (шпация)
11. Бортовые спрингеры
12. Скуловая кница
13. Бимсовая кница
14. Бортовые продольные ребра жесткости
15. Ширстрек

Палубное перекрытие

16. Палубный стрингер
17. Продольные ребра жесткости
18. Карлингс
19. Пиллерс
20. Бимс

Фальшборт

21. Контрфорс
22. Планширь
23. Обшивка фальшборта

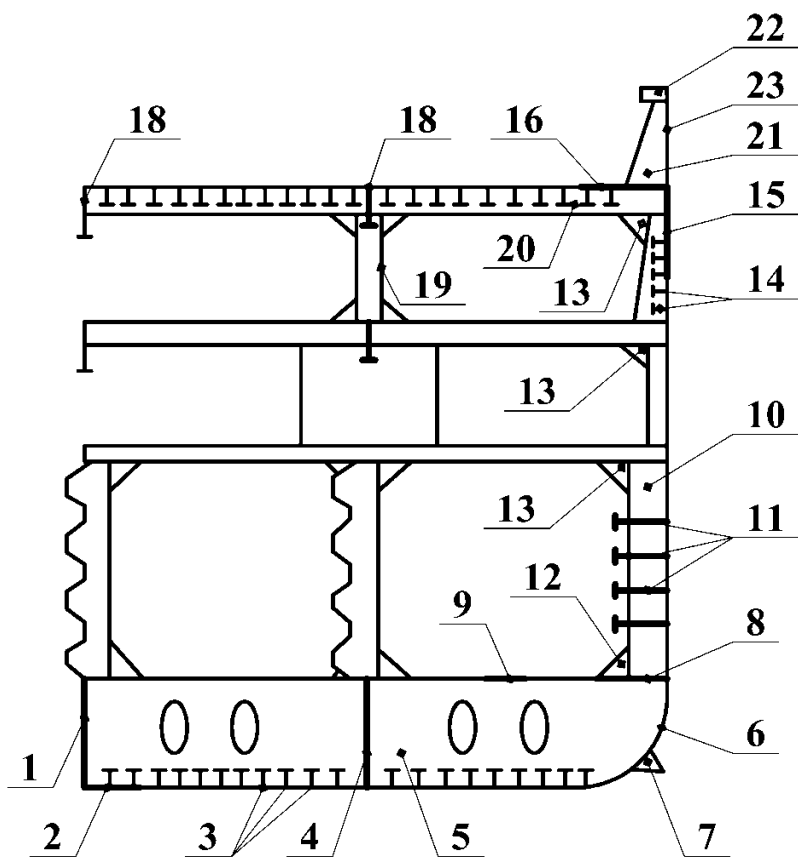


Рис. 49 Конструктивный мидель-шпангоут

Конструктивный мидель-шпангоут состоит из трёх перекрытий: днищевое, бортового, палубного и фальшборта (Рис. 49).

Днищевое перекрытие:

1. Вертикальный киль – это мощная продольная днищевая балка, проходящая в диаметральной плоскости судна.

2. Горизонтальный киль – центральный утолщённый пояс днищевой обшивки, расположенной под вертикальным килем.

3. Продольные днищевые рёбра жёсткости – это дополнительные балки, не имеющие названия, меньше основных балок. Устанавливаются между днищевыми стрингерами, вертикальным килем и бортами.

4. Днищевый стрингер – это мощная продольная днищевая балка. Устанавливаются вдоль судна между вертикальным килем и бортом.

5. Флор – это мощная поперечная днищевая балка.

6. Скула – участок перехода подводной части судна от бортов к днищу.

Скуловой пояс – пояс наружной обшивки в район скулы судна.

7. Скуловой киль – успокоитель качки. Выполнен из листового ребра, установленного в средней части судна вдоль скулы перпендикулярно обшивке. Служат для уменьшения размахов бортовой качки.

8. Крайний междудонный лист – крайние листы настила второго дна, расположенные вдоль скулы по каждому борту и замыкающие по бортам отсеки второго дна. Эти листы делают наклонными или горизонтальными.

Между скуловой частью наружной обшивки и междудонным листом образуется углубление для сбора воды, называемое лялями.

9. Настил второго дна является основной продольной связью корпуса, ограничивающей двойное дно сверху. Настил выполняется из стальных листов, уложенных на днищевой набор и приваренных к нему.

Двойное дно обеспечивает непотопляемость судна при повреждении днища и увеличивает продольную прочность судна.

Бортовое перекрытие:

10. Шпангоут – мощная поперечная балка бортового перекрытия.

Шпация – расстояние между смежными или соседними шпангоутами.

Шпангоут рамный – усиленный (мощный) шпангоут.

Шпангоут трюмный – шпангоут в трюме.

Шпангоут твиндечный – шпангоут в междупалубном пространстве (твиндеке).

11. Бортовые стрингеры – мощная продольная балка, подкрепляющая борт судна.

12. Кница – треугольная (или близкая к ней формы) пластина, соединяющая балки набора.

Скуловая книга (в районе скулы) – соединяет шпангоут и крайний междудонный лист.

13. Бимсовая книга – книги, расположенные под бимсами.

14. Бортовые продольные рёбра жёсткости – дополнительные балки, не имеющие названия, меньше основных балок. Устанавливаются вдоль борта при продольной системе набора.

15. Ширстрек – верхний пояс бортовой обшивки.

Палубное перекрытие:

16. Палубные стрингер – крайний пояс палубного настила.

17. Продольные подпалубные рёбра жёсткости – профильный элемент на листе обшивки палубы. Обеспечивает местную прочность. При продольной системе набора рёбра жёсткости опираются нижним концом на рамные бимсы (полубимсы) и поперечные переборки.

18. Карлингс – продольная усиленная подпалубная балка.

19. Пиллерс – вертикальная стойка круглого сечения, подпирающая палубу или платформу.

20. Бимс – это поперечная подпалубная балка, идущая от борта до борта.

Полубимс – поперечная подпалубная балка, идущая от борта до комингса люка.

Фальшборт:

Фальшборт – это ограждение верхней палубы, являющееся продолжением бортов от действия ветра и волн.

21. Контрфорс – стойка, подкрепляющая фальшборт. Устанавливают через 2-3 шпации.

22. Планишь – это планка из профильной стали, приваренная к верхней кромке фальшборта для его упрочнения.

23. Обшивка фальшборта состоит из листов толщиной 3–8,5 мм (в зависимости от длины судна), устанавливаемых длиной кромкой вдоль палубы.

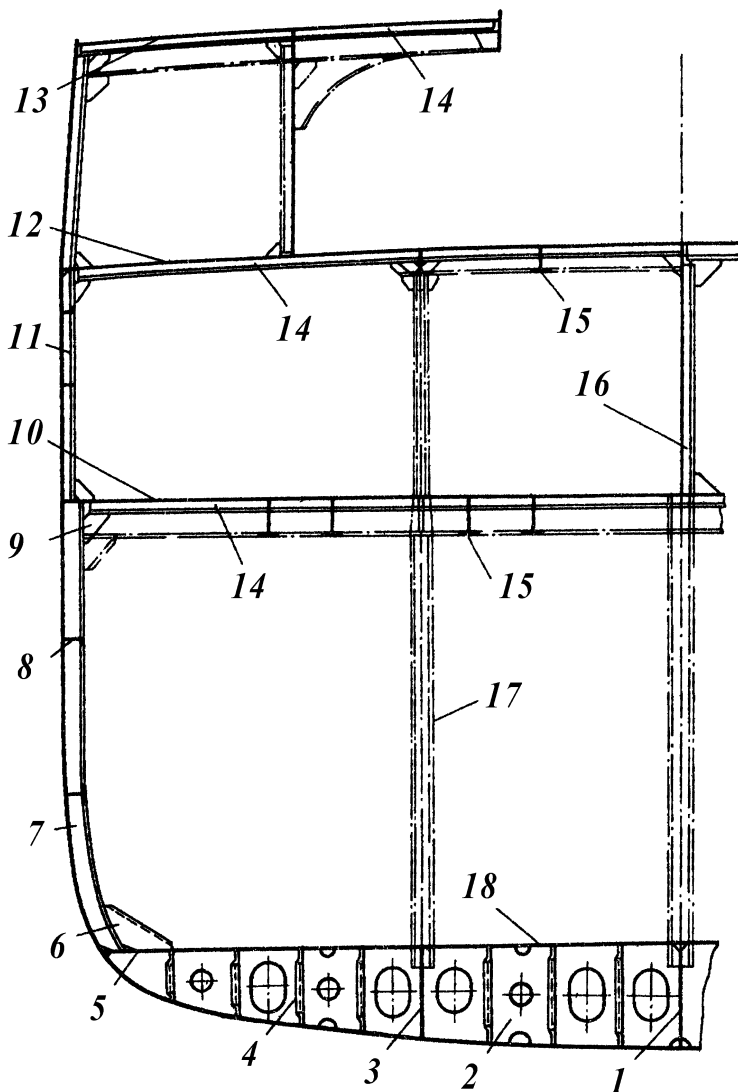


Рис. 50 Конструктивный мидель-шпангоут среднего рыболовного траулера: 1 – вертикальный киль, 2 – флор, 3 – днищевой стрингер, 4 – ребро жёсткости, 5 – междудонный лист, 6 – скуловая кница, 7 – трюмный шпангоут, 8 – бортовой стрингер, 9 – бимсовая кница, 10 – нижняя палуба, 11 – междупалубный шпангоут, 12 – верхняя палуба, 13 – палуба бака, 14 – бимс, 15 – карлингс, 16 – стойка переборки, 17 – пиллерс, 18 – настил второго дна

IV СУДОВЫЕ УСТРОЙСТВА

4.1 Рулевое устройство

4.1.1 Общие сведения

Рулевое устройство обеспечивает управляемость судна, т.е. позволяет удерживать судно на заданном курсе и изменять направление его движения.

Развитие техники в последние десятилетия отразилось и на средствах, обеспечивающих управляемость морских судов. Совершенствование рулевого устройства осуществляется за счет различных конструктивных новшеств, вызванных увеличением размеров и скорости судов.

Классификация средств управления судами приведена на рис. 50

Пассивные средства могут обеспечивать управление судном только при его движении, так как необходимое для этого усилие возникает за счет взаимодействия воды с перемещающимися элементами устройства. Судовой руль, являющийся наиболее распространенным средством управления, относится к пассивным средствам.

Активные средства обеспечивают необходимое управляющее воздействие независимо от того, движется судно или нет. К этой группе относятся движительно-рулевые устройства, поворотные насадки, активные рули и многочисленные подруливающие устройства.



Рис. 51 Классификация управления судном

Рулевое устройство морского судна состоит из пера руля, баллера, румпеля, рулевого привода, рулевой машины, рулевой передачи и поста управления (Рис. 51)

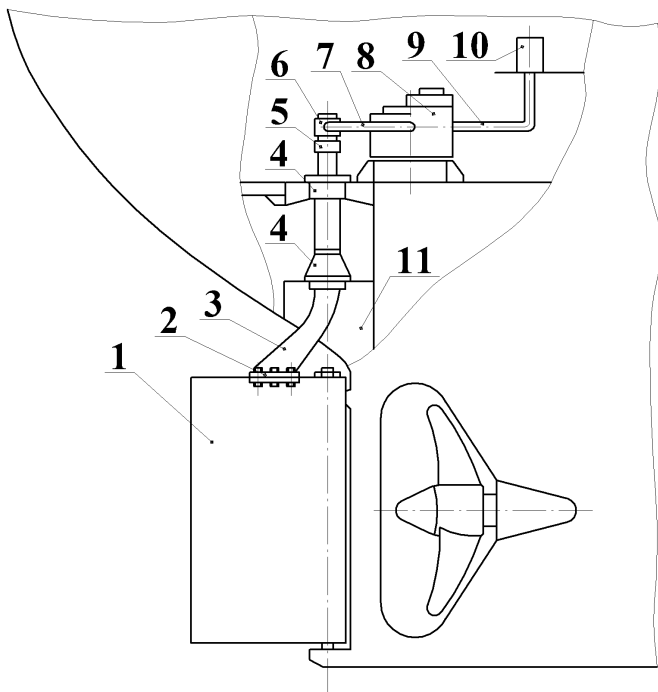


Рис. 52 **Схема рулевого устройства морского судна:** 1 – перо руля, 2 – фланцевое соединение пера руля с баллером, 3 – баллер; 4 – опоры баллера, 5 – голова баллера, 6 – румпель, 7 – рулевой привод, 8 – рулевая машина, 9 – рулевая передача, 10 – пост управления, 11 – гельмпортсовая труба

Перо руля закрепляется на элементах конструкции кормовой оконечности судна и соединяется с баллером, который вводится в корпус судна через гельмпорттовую трубу. В местах прохода баллера через палубы и платформы устанавливаются опоры, воспринимающие вес баллера и пера руля и горизонтальные гидродинамические силы. К голове баллера руля крепится румпель, соединяемый с рулевым приводом, который в свою очередь соединен с рулевой машиной. После подачи команды с поста управления через рулевую передачу включается пусковое устройство рулевой машины, которая приводит в действие рулевой привод, передающий усилия

на румпель. Последний поворачивает баллер и перо руля относительно их оси вращения. Угол, образованный плоскостью симметрии пера руля до поворота и после него, называют углом перекадки руля.

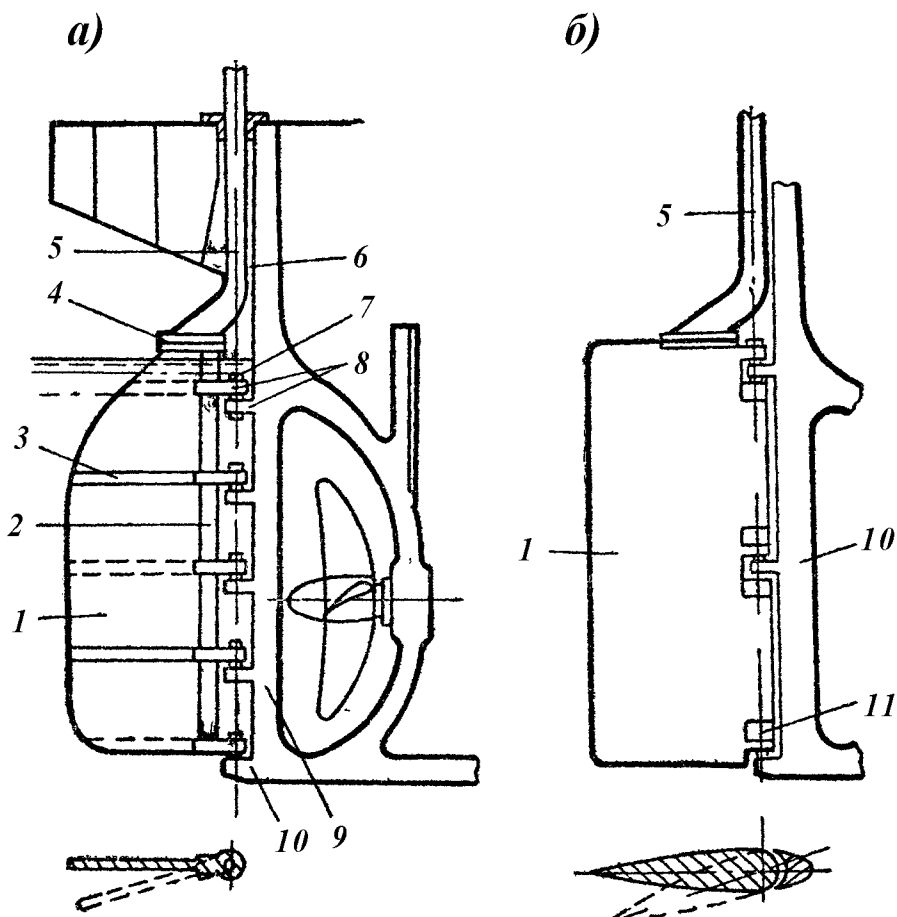


Рис. 53 Небаланси́рные рули: *а* – плоский, *б* – обтекаемый; 1 – перо руля, 2 – рудерпис, 3 – ребро, 4 – фланцевое соединение, 5 – баллер, 6 – гильмпортная труба, 7 – штыри, 8 – петли, 9 – рудерпост, 10 – пятка ахтерштевня, 11 – защитные кожухи штырей

4.1.2 Конструкция рулей и их типы

Перо руля – это плоский или, чаще, двухслойный обтекаемый щит с внутренними подкрепляющими ребрами, площадь которого у морских судов составляет $1/40 - 18/60$ площади погруженной части диаметральной плоскости. Внутреннюю полость пера заполняют пористым материалом, предотвращающим попадание воды внутрь. Основу пера руля составляет рудерпис – массивный вертикальный стержень, проходящий по передней кромке пера руля, к которому крепят горизонтальные ребра руля. Вместе с рудерписом отливают (или отковывают) петли для навешивания руля на рудерпост (его иногда заменяют жесткой сварной конструкцией), который является частью ахтерштевня.

Баллер – это вал, при помощи которого поворачивают перо руля. Нижний конец баллера имеет обычно криволинейную форму и заканчивается лапой – фланцем, служащим для соединения баллера с пером руля при помощи болтов. Это разъемное соединения баллера с пером руля необходимо для съема руля при ремонте.

Баллер руля входит в кормовой подзор корпуса через гельм-портовую трубу, служащую для обеспечения водонепроницаемости корпуса. Поддерживается баллер специальным упорным подшипником, расположенным на одной из платформ или палуб. Верхняя часть баллера проходит через второй подшипник и соединяется с румпелем.

Рули принято классифицировать по трем признакам: положению оси баллера относительно передней кромки пера руля, способу крепления пера руля к корпусу судна и форме профиля сечения пера руля горизонтальной плоскостью.

По первому признаку рули делятся на небалансирные, балансирные и полубалансирные. Это зависит от того, каким образом площадь руля расположена относительно оси вращения (оси баллера). У небалансирных рулей ось баллера расположена вблизи передней кромки пера руля (Рис. 54, а). У балансирных рулей ось вращения смещена на некоторое расстояние от передней кромки к середине руля. У полубалансирный рулей (Рис. 54, в) балансирная часть имеется не по всей высоте руля. Такой руль условно может быть разделен на две части: балансирную (нижнюю) и небалансирную (верхнюю).

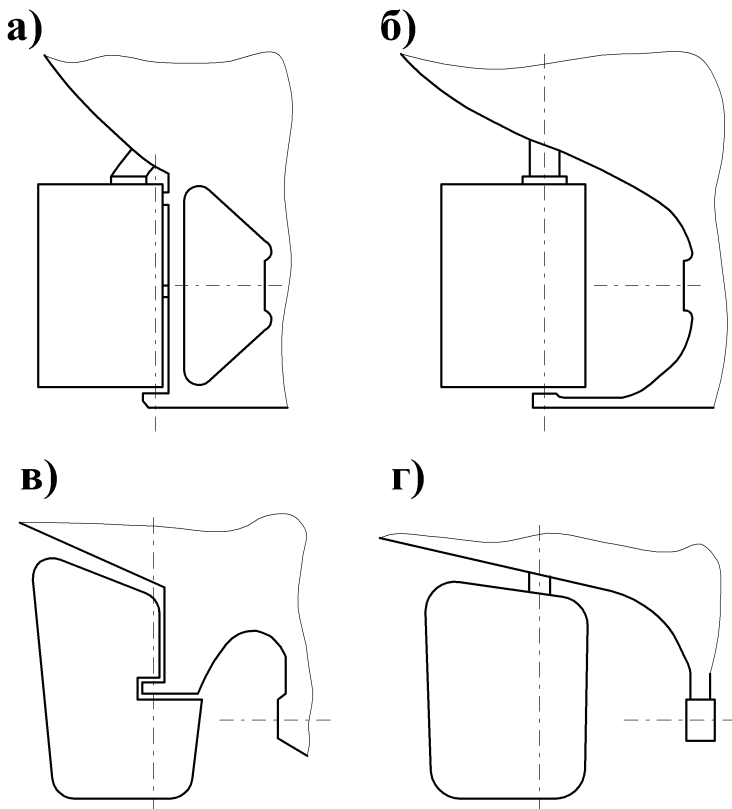


Рис. 54 Рули морских судов: а – простой небалансирный, б – простой балансирный, в – балансирный полуподвесной, г – балансирный подвесной

По способу крепления к корпусу судна различают простые (Рис. 54 а и б), полуподвесные (Рис. 54, в) и подвесные рули (Рис. 54, г). Простые рули соединяются с корпусом судна с помощью опор, расположенных на ахтерштевне или корпусе. Число таких опор регистром регламентируется только для судов с категориями ледовых усилений, рули которых должны иметь соответственно не менее трех, двух и одной опоры. Полуподвесные рули имеют одну опору в средней части, подвесные – полностью висят на баллере.

По форме профиля рули бывают плоскими и обтекаемыми. Обтекаемые нашли наибольшее признание, так как при достаточно высокой прочности имеют по сравнению с плоскими рулями более

высокие гидродинамические качества и лучше взаимодействуют с гребными винтами.

4.1.3 Рулевые приводы

Рулевой привод предназначен для передачи на баллер момента, необходимого для поворота руля и удержания его в нужном положении. Классификация рулевых приводов приведена на Рис. 55.



Рис. 55 Классификация рулевых приводов

Для обеспечения безопасности плавания судов рулевое устройство любого судна должно быть снабжено двумя независимыми приводами – главным и вспомогательным. Главный рулевой привод должен обеспечивать перекладку полностью погруженного руля или насадки с 35° одного борта на 35° другого борта при движении судна передним ходом с максимальной скоростью. Время перекладки руля не должно превышать 28 с. Вспомогательный рулевой привод должен обеспечивать перекладку полностью погруженного руля (поворотной насадки) с 15° одного борта на 15° другого борта не более чем за 60 с. при движении судна передним ходом со скоростью, равной половине максимальной, но не менее 7 уз.

Главный и вспомогательный рулевые приводы или, по крайней мере, один из них рекомендуется располагать над самой высокой грузовой ватерлинией.

Если это невозможно, то на судне предусматривается аварийный рулевой привод, располагаемый выше палубы переборок. аварийный рулевой привод должен обеспечивать перекладку полностью погруженного руля (поворотной насадки) с борта на борт при скорости переднего хода судна не менее 4 уз.

Главный и вспомогательный рулевые приводы должны действовать на баллер руля или поворотной насадки независимо один от другого, в противном случае допускается, чтобы главный и вспомогательный рулевые приводы имели некоторые общие части (румпель, сектор, редуктор или цилиндрический блок), при этом конструктивные размеры общих частей должны быть увеличены.

Румпельный привод представляет собой одноплечий рычаг - румпель, один конец которого соединен с верхним концом баллера, а другой – с тросом, цепью или гидросистемой, предназначенными для связи с рулевой машиной или постом управления. Этот привод применяют на небольших судах.

Винтовой привод обычно бывает запасным, его ставят непосредственно у руля в румпельном отделении. Вращение от штурвала передается винтовому шпинделю, имеющему по концам резьбу противоположных направлений. Перемещающиеся при вращении шпинделя ползуны с правой и левой резьбой через систему тяг воздействуют на плечи поперечного румпеля, насаженного на баллер руля. Винтовой привод компактен и позволяет снизить до необходимого предела усилия на штурвал благодаря возможному большому числу. Недостатком его является более низкий КПД из-за потерь при трении винтовой пары.

На крупных добывающих, обрабатывающих и приемно-транспортных судах применяют плунжерные и лопастные гидравлические приводы, которые позволяют развивать большие усилия и моменты, имеют небольшую массу и габариты, компактны, надежны и эффективны в эксплуатации. Плунжерные приводы применяют также на мало- и среднетоннажных промысловых судах.

Наибольшее распространение на промысловых судах получили двух и четырехплунжерные приводы. Двухплунжерный привод (Рис. 56) состоит из закрепленного на баллере румпеля, плунжера, пралец которого входит в вилку румпеля, и двух цилиндров. Рабо-

чая жидкость подается в один из цилиндров и отсасывается из другого с помощью насосов, приводимых в действие электродвигателями. При соответствующем изменении разности давлений в цилиндрах плунжер перемещается в ту или иную сторону, поворачивая своим пальцем румпель, который в свою очередь поворачивает баллер и перо руля.

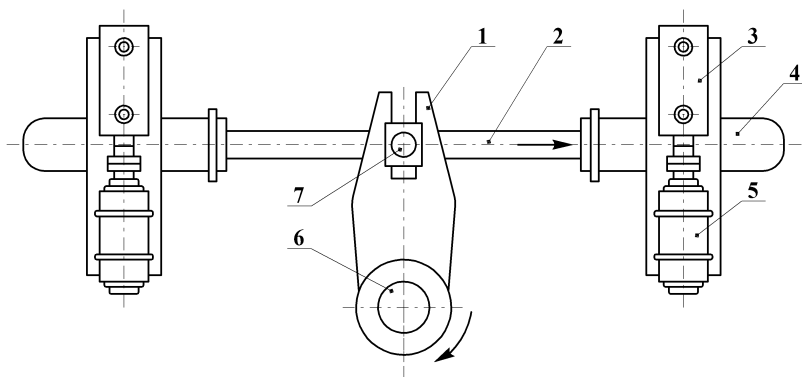


Рис. 56 Схема работы плунжерной электрогидравлической рулевой машины:
1 – румпель, 2 – плунжер, 3 – насос, 4 – цилиндр, 5 – электродвигатель, 6 – баллер, 7 – палец

Четырехплунжерный привод отличается от двухплунжерного удвоенным числом плунжеров и цилиндров, которые размещаются по обе стороны баллера, а также тем, что румпель имеет вид двухплечего рычага.

Двухплунжерные приводы используются обычно при моментах на баллере до 250-630 кН·м, а четырехплунжерные – от 250 кН·м до 12 м·Нм.

В настоящее время двухплунжерными приводами обустраиваются промысловые суда водоизмещением до 4000 т. Более крупные промысловые суда имеют, как правило, четырехплунжерные приводы.

Лопастной гидравлический привод состоит из ротора с несколькими лопастями, который жестко закреплен на баллере руля. Ротор размещается в цилиндрическом корпусе привода, имеющем перегородки по числу лопастей ротора. Поворот баллера руля осуществляется подачей рабочей жидкости в одинаково ориентированные полости между лопастями и перегородками. По сравнению

с плунжерными, лопастные гидравлические приводы более компактны и имеют более высокий КПД, но их распространение сдерживается трудностями уплотнения зазоров между лопастями и корпусом, перегородками и баллером руля.

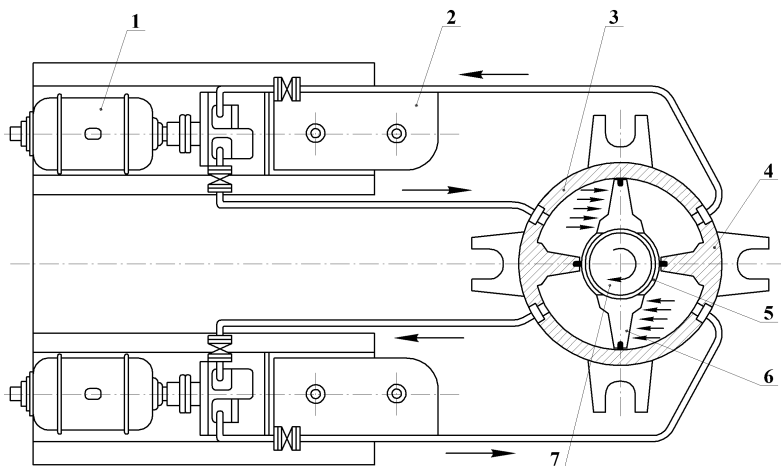


Рис. 57 Схема работы лопастной электрогидравлической рулевой машины: 1 – электродвигатель, 2 – насос, 3 – корпус привода, 4 – перегородки, 5 – ротор привода, 6 – лопасти, 7 – баллер руля

4.1.4 Рулевые машины и рулевые передачи

На современных промысловых судах в основном устанавливают гидравлические и электрогидравлические рулевые машины, исполнительным органом которых являются плунжерные или лопастные рулевые приводы. Эти рулевые машины имеют насосы, гидравлические коммуникации, емкости рабочей жидкости и системы управления.

В электрогидравлических рулевых машинах для привода насосов используются электродвигатели. На небольших промысловых судах устанавливают также ручные и электрические рулевые машины.

Ручные рулевые машины различают по их мощности, которая характеризуется тягой на рабочем барабане.

Так как рулевые машины целесообразно рассматривать вместе с системой контроля, рассмотрим сначала, каким образом контролируется положение и движение руля.

Торможение руля в нужном для маневра положении может осуществляться непосредственно рулевым. Так, при перекладке на правый борт на 10° рулевой вращает штурвал вправо и контролирует положение руля по указателю. Торможение руля осуществляется вращением штурвала назад в исходное положение. При таком способе контроля необходимо большое число операций штурвалом. Процесс управления судном утомителен и требует большой внимательности.

При использовании следящей системы контроля для перекладки руля, например на 10° , штурвал поворачивается на вполне определенный угол. Торможение осуществляется автоматически. В этом случае руль как бы следит и следует за движением штурвала, что и определило название этой системы.

Рулевые передачи обеспечивают связь поста управления с рулевой машиной, осуществляющей посредством того или иного привода перекладку руля. Если рулевая машина и рулевой привод разделены, то функцией рулевой передачи является передача усилия, необходимого для перекладки руля. На современных судах рулевые машины обычно совмещают с рулевыми приводами. Это позволяет избежать значительных потерь энергии при передаче усилия к рулевому приводу.

Основным типом передач, обеспечивающих связь рулевой машины и румпеля в случае, когда они разобщены, является штуртросная проводка.

Для рулевых машин, совмещенных с рулевым приводом и баллером, рулевые передачи являются частью системы управления. Широкое применение имела валиковая передача, которая используется на малых судах и в настоящее время. Основное место в судовой практике занимают гидравлические и электрические передачи. Гидравлическая передача состоит из цилиндра с поршнем, который приводится в движение штурвалом, и исполнительного телемотора, регулирующего работу рулевой машины.

Электрическая передача состоит из системы самосинхронизирующихся двигателей, один из которых является передающим, а второй — двигателем-приемником. При вращении штурвала ток, возбуждаемый в роторе передающего двигателя (генератора), вы-

зывает вращение ротора приемника, в точности совпадающее с вращением ротора передающего двигателя. Возникающее в приемнике движение используется для управления рулевой машиной.

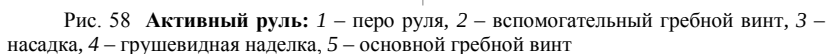
4.1.5 Средства активного управления

Средства активного управления судами (*САУС*) – это специальные двигательно-рулевые устройства и их любое сочетание либо между собой, либо с главными движителями, способные создавать упор или тягу, направленные как под фиксированным углом к диаметральной плоскости судна, так и под изменяющимся углом, либо на всех ходовых режимах, либо на части режимов, включая малые хода, а также при отсутствии хода.

На промысловых судах в качестве *САУС* применяют активные рули, подруливающие устройства, выдвижные движительно-рулевые колонки (винтовые колонки) и крыльчатые движители.

Активный руль

Перо активного руля в средней части имеет насадку, внутри которой располагается гребной винт фиксируемого или регулируемого шага (Рис. 58). Диаметр гребного винта составляет 20-25% диаметра основного винта. Гребной винт приводится во вращение электродвигателем, который размещается либо в пере руля, либо на торце баллера. В последнем случае вращение от двигателя к гребному винту передается с помощью вертикального вала, проходящего внутри полого баллера. Действие активного руля основано на том, что при его повороте возникает дополнительная поперечная сила от упора винта, поворачивающая судно совместно с поперечной силой, возникающей на пере руля. На больших скоростях движения активный руль мало эффективен, так как гидродинамическая сила руля намного превосходит упор, развиваемый винтом. На малых скоростях, когда гидродинамические силы на пере руля резко падают, активный руль становится весьма полезным. Применение активного руля на промысловых судах обеспечивает им хорошую управляемость при работе с орудиями лова и при выполнении швартовых операций в море и порту.



Подруливающие устройства улучшают маневренность судна на малых ходах и при отсутствии хода. Подруливающие устройства не взаимодействуют с гребным винтом судна и являются совершенно самостоятельным средством управляемости.

Вопрос о необходимости применения подруливающих устройств на проектируемом судне должен решаться с учетом его назначения, характера эксплуатации и конструктивных особенностей. Большие начальные затраты будут оправданы только в тех случаях, когда применение подруливающего устройства позволит сократить время пребывания судна в порту, облегчить часто повторяющиеся швартовые операции, отказаться от использования буксиров и т.д.

Так, например, не вызывает сомнения целесообразность применения подруливающих устройств на паромовых и крупных пассажирских судах.

В последнее время на промысловых судах начали широко применять подруливающие устройства канального типа. Такое

устройство состоит из движителя, размещенного в поперечном канале, который простирается в подводной части судна от борта до борта (Рис. 57). Движитель в перпендикулярном к диаметральной плоскости направлении создает упор, поворачивающий судно. Для создания упора в подруливающих устройствах используют *ВФШ* и *ВРШ*, крыльчатые движители и водометы. Приводными механизмами рабочих органов подруливающих устройства могут быть водопогруженные или размещенные внутри корпуса судна электромоторы и гидромоторы.

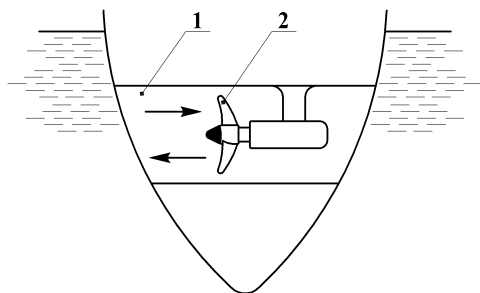


Рис. 59 Схема подруливающего устройства: 1 – поперечный канал, 2 – движитель

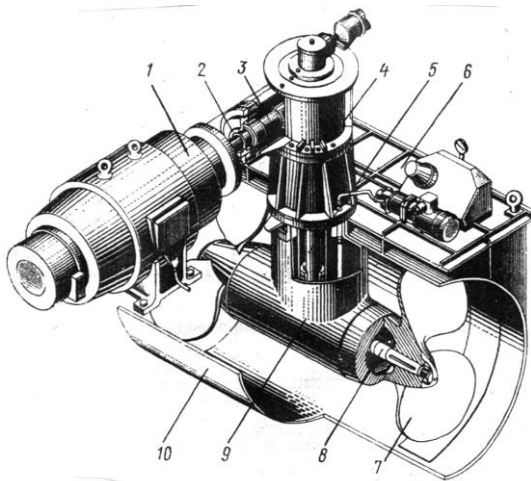


Рис. 60 Подруливающее устройство с парными винтами противоположного вращения: 1 – реверсивный электродвигатель, 2 – эластичная муфта, 3 – ведущий вал, 4 – верхний редуктор, 5 – вертикальный вал, 6 – опорная плита, 7 – гребной винт, 8 – гребной вал, 9 – нижний редуктор, 10 – поперечный туннель

Для уменьшения диаметра канала применяют подруливающие устройства с парными гребными винтами (Рис. 60). На Рис. 61, *а* показано подруливающее устройство с крыльчатым движителем, на Рис. 61, *б* – подруливающее устройство с *ВФШ* и *Z*-образным каналом. Целесообразнее всего на судне устанавливать два подруливающих устройства – в носу и корме. При одинаковой работе носового и кормового движителей судно будет перемещаться лагом, а при работе «враздрай» – осуществлять разворот на месте.

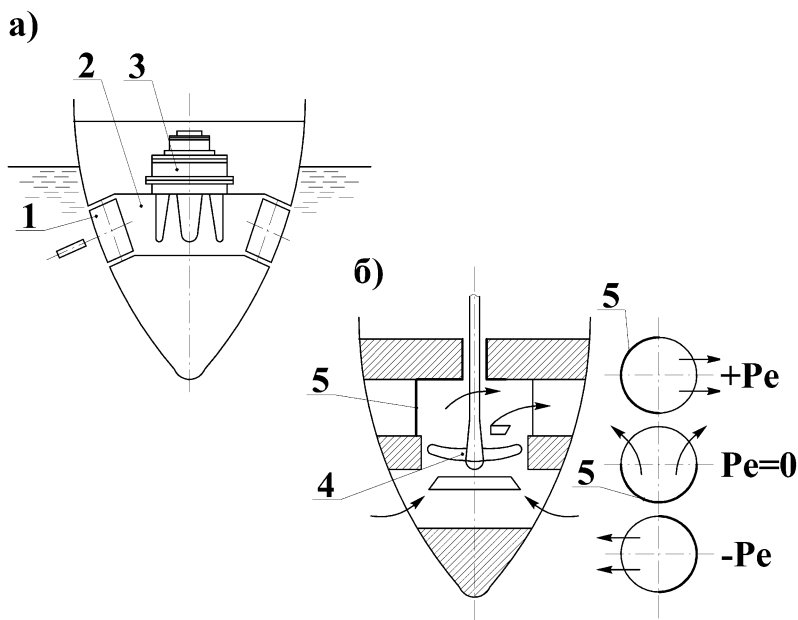


Рис. 61 Подруливающее устройство: *а* – с крыльчатым движителем; *б* – с винтом фиксированного шага; 1 – створка для закрытия канала; 2 – канал; 3 – крыльчатый движитель; 4 – *ВФШ*; 5 – клапан для перекрытия выходного отверстия.

Чтобы иметь представление о подруливающих устройствах, приведем основные характеристики отечественных подруливающих устройств с *ВФШ* и *ВРШ*. Эти устройства имеют мощность двигателей от 24 до 500 кВт, диаметр винтов от 0,6 до 2,0 м и развивают тягу на неподвижном судне от 4,9 до 78,5 кН. При движении судна эффективность подруливающих устройств снижается, что объясняется взаимодействием струи отбрасываемой винтом из

канала, с корпусом судна. Снижение эффективности будет тем больше, чем выше скорость судна.

Винтовые колонки

Винтовые колонки оборудуются гребным винтом или комплексом винт-насадка (Рис. 60). Колонка, благодаря своей конструкции, может вращаться вокруг вертикальной оси на 360° , что позволяет получать тягу любого направления, не прибегая к реверсу двигателя. Чтобы не создавать дополнительного сопротивления воды движителю судна, на ходу под главными двигателями колонка поднимается в специальную шахту. Винтовые колонки имеют небольшие габариты и могут быть размещены в любой части судна. Установка двух колонок в корме позволяет судну разворачиваться и перемещаться лагом.

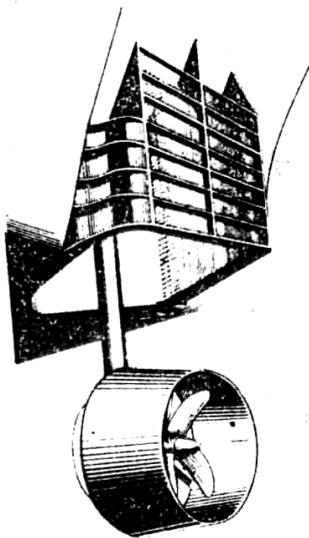


Рис. 62 Винтовая колонка

Мощность двигателя винтовой колонки составляет 30–500 кВт, диаметр гребного винта – 0,60–1,25 м. При указанной мощности колонка развивает тягу от 5,9 до 78,5 кВт.

Крыльчатый движитель

Крыльчатый движитель применяется в качестве подруливающих устройств, как правило, на больших судах, что связано с условиями их размещения, исключающими существенное изменение формы корпуса судна. Из-за выступающих за днище лопастей подруливающее устройство с крыльчатым движителем имеет низкую надежность. На промысловых судах такие подруливающие устройства применения не нашли.

4.1.6 Основные термины и определения

Рулевое устройство – предназначено для удержания судна на корпусе или изменения направления его движения.

Перо руля – набор горизонтальных и вертикальных рёбер, сварных друг с другом и образующих каркас, покрытый стальными листами.

Балансирный руль – ось вращения смещена в сторону кормы от носовой кромки пера руля.

Небалансирный руль – ось вращения проходит по передней кромке пера руля.

Рудерпис – утолщенная передняя кромка пера руля, имеющая петли со штырями, которые навешиваются на петли ахтерштевня.

Рудерпост – часть ахтерштевня с петлями для крепления пера небалансирного руля.

Баллер – вал, предназначенный для передачи вращающего момента от рулевого привода к перу руля.

Профильный руль – элемент рулевого устройства, обеспечивающий создание поперечной силы и момента для управления судном. Бывает плоской и обтекаемой формы.

Гельпортовая труба – труба в кормовом подзоре, через которую проходит баллер. Обеспечивает водонепроницаемость корпуса и опору баллера.

Румпель – рычаг, жёстко закреплённый на верхнем конце баллера. Служит для передачи вращающего момента.

Рулевая машина – создаёт усилие для перекладки руля. Располагается в румпельном отделении. Привод рулевой машины – передаёт усилие от рулевой машины к румпелю.

Активный руль – профильный руль, в средней части которого в цилиндрической насадке установлен вспомогательный гребной винт.

Направляющие насадки – кольцевое крыло, охватывающее с минимальным зазором концы лопастей гребного винта. Служат для повышения пропульсивных качеств судна.

Подруливающее устройство – представляет собой движитель, размещенный в поперечном канале корпуса судна и создающий упор в перпендикулярном к ДП направлении.

4.2 Якорное устройство

4.2.1 Общие сведения

Якорное устройство представляет собой совокупность приспособлений и механизмов, служащих для постановки судна на якорь. Элементы якорного устройства могут быть использованы и для других целей, например для буксировки, гашения инерции, стаскивания судна с мели и т.д. По месту расположения различают носовые и кормовые якорные устройства. На промысловых судах якорное устройство обычно размещают в носовой части судна.

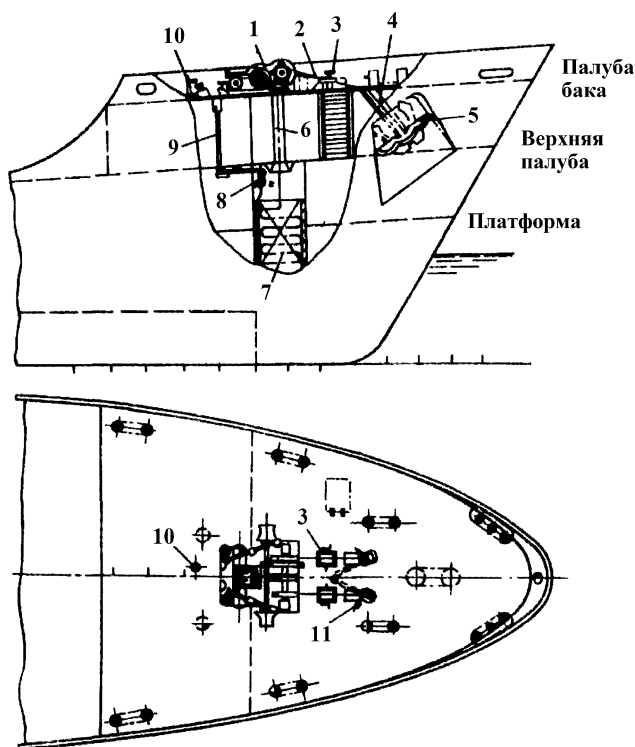


Рис. 63 Расположение якорного устройства: 1 – брашпиль, 2 – якорная цепь, 3 – винтовой стопор, 4 – клюз якорный, 5 – якорь, 6 – цепная труба, 7 – цепной ящик, 8 – устройство для крепления якорной цепи, 9 – привод экстренной отдачи якорной цепи, 10 – контроллер управления брашпилем, 11 – цепной стопор

Основные элементы якорного устройства морского судна показаны на Рис. 63. Якорный канат служит прочной связью судна с отданным и лежащим на грунте якорем. Специальные механизмы обеспечивают отдачу и выбирание якоря, торможение и стопорение якорного каната. В якорное устройство входят также клюзы, позволяющие якорному канату пройти сквозь элементы корпусных конструкций, и цепные ящики для хранения якорных канатов. Состав якорного устройства и конструктивное оформление его элементов существенно изменяется в зависимости от назначения и условий эксплуатации плавучих сооружений, которые в этом отношении можно разделить на три основные группы:

- 1) морские и речные;
- 2) дноуглубительные снаряды;
- 3) доки, плавучие маяки и рейдовое оборудование.

При проектировании якорного устройства и его конструктивных элементов необходимо учитывать особенности внешних воздействий, испытываемых стоящим на якоре судном; свойства грунтов, а также динамику, связанную с ветро-волновыми воздействиями.

4.2.2 Основные типы якорей

Надежность якорной стоянки определяется держащей способностью якоря. Якоря в зависимости от их назначения разделяют на становые, предназначенные для удержания судна в заданном месте, и вспомогательные – для удержания судна в заданном положении во время стоянки на основном якоре. К вспомогательным относится кормовой якорь – стоп-анкер, масса которого составляет 1/3 массы станового. Становые якоря можно разделить на две группы: якоря с неподвижными лапами и штоком и бесштоковые якоря с поворотными лапами. К штоковым якорям относится адмиралтейский якорь. К бесштоковым – якоря Холла, Грузона.

Адмиралтейский якорь (Рис. 64, а) состоит из веретена 1, тренда 2, рогов 3 и лап 4. В верхней части веретена сделаны две проушины. В одну из них вставляется шток 5, в другую – штырь якорной скобы 6, с помощью которой якорь крепится к якорной цепи. В походном положении шток укрепляется вдоль, а в рабочем – поперек веретена. Плоскость, образованная штоком и веретеном, пер-

пендикулярна плоскости рогов якоря. Когда примыкающая к якорю смычка цепи лежит на грунте, на нем также лежит и шток, а лапа якоря упирается в грунт своим острием. Под действием собственного веса и натяжения цепи лапа зарывается в грунт, чем и создается держащая сила якоря.

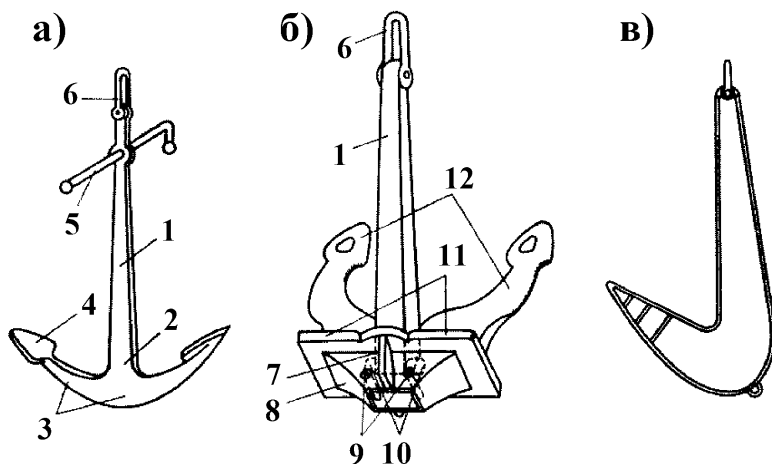


Рис. 64 Типы якорей

У адмиралтейских якорей в величину массы якоря входит масса штока. Масса штока должна составлять 20% общей массы якоря, включая якорную скобу.

Адмиралтейский якорь по сравнению с другими якорями обладает рядом преимуществ: быстро зарывается в грунт, легко выходит из него при выбирании якорной цепи, состоит из минимального числа деталей и имеет большую держащую силу, оцениваемую обычно в шесть-восемь весов якоря. Все эти качества, особенно последнее, обеспечили в свое время адмиралтейскому якорю самое широкое распространение на флоте. Но ему свойственны и существенные недостатки. На мелководье вторая лапа якоря может повредить корпус судна. Наличие штока делает трудоемкими процессы подготовки якоря отдаче и уборке его в походное положение. Поэтому с появлением механизмов для подъема якорей, когда вес якоря перестал являться решающим фактором, адмиралтейские

якоря в качестве станových уступили свое место бесштоковым якорям с поворотными лапами.

Якорь Холла (Рис. 64, б) состоит из двух шарнирно соединенных между собой основных частей: веретена 1 и головной части 7. Сверху к веретену крепится якорная скоба 6. Головная часть якоря имеет коробку 8, песчоники 11 и лапы 12. Шарнирное соединение веретена с головной частью осуществляется с помощью двух закрепленных на веретене полуосей 9, которые вводят в пазы головной части и закрепляют в ней штырями 10. Веретено вставляют в головную часть якоря снизу через отверстие в коробке. Простота конструкции соединения веретена с головной частью является одним из преимуществ якоря Холла.

Когда якорь Холла отдан и лег на грунт, он начинает ползти под действием натяжения якорной цепи. Песчоники при этом загребают грунт и разворачивают вниз лапы якоря, которые зарываются внутрь, и якорь приобретает держащую силу. Недостатком якоря Холла является низкая удельная держащая сила.

Якорь Грузона имеет характеристики, аналогичные характеристикам Якоря Холла.

Ледовые якоря (Рис. 64, в) используются на ледоколах и судах ледового плавания. В качестве якорных канатов применяются стальные тросы. Постановка ледового якоря осуществляется следующим образом: после выгрузки на лед якорь относится вручную или отвозится на некоторое расстояние от судна и закрепляется во льду.

Держащая сила ледового якоря не имеет прямой связи с его весом, который не должен превышать 130–180 кг. Она определяется прочностью льда и прочностью лапы якоря. Для увеличения жесткости лапы якоря и его веретено обычно имеют двутавровое сечение.

4.2.3 Конструкция якорных канатов

Якорная цепь служит для крепления якоря к корпусу судна. Она состоит из звеньев (Рис. 65), образующих смычки длиной 25–27,5 м, соединенные одна с другой при помощи специальных звеньев. Смычки образуют якорную цепь длиной от 50–300 м. В зависимости от расположения в якорной цепи различают якорную (кре-

пящуюся к якорю), промежуточные и коренную (крепящуюся к устройству для отдачи цепи) смычки.

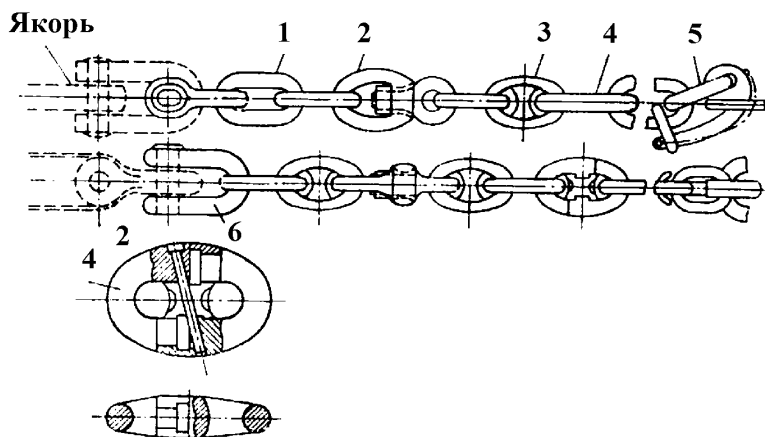


Рис. 65 Элементы якорной цепи: 1 – концевое звено, 2 – вертлюг, 3 – звено обыкновенное, 4 – звено соединительное, 5 – глаголь-гак, 6 – концевая скоба

Каждая смычка состоит из нечетного количества стальных звеньев, которые бывают обыкновенные (рис. 66, а), усиленные (рис. 66, б) и концевые (рис. 66, в). Все они имеют овальную форму, но отличаются по конструкции. Обыкновенные звенья, составляющие основную массу смычки, а также усиленные – последние в начале и в конце каждой смычки, имеют чугунные распорки – контрфорсы. Контрфорс, имеющий на концах желобки по диаметру стали звена, вставляется в разогретое сварное звено. Остывая, звено крепко зажимает контрфорс. В литых цепях контрфорсы отливаются заодно со звеном, поэтому ослабление или выпадение их в таких цепях исключается. Контрфорсы предупреждают деформацию звеньев при натяжении якорной цепи, увеличивая ее прочность примерно на 20%. Усиленно звено несколько больших размеров, чем обыкновенное, и немного толще его.

Главной характеристикой якорной цепи является ее калибр. Диаметр d поперечного сечения прутка общего звена, выраженный в миллиметрах, называется калибром якорной цепи.

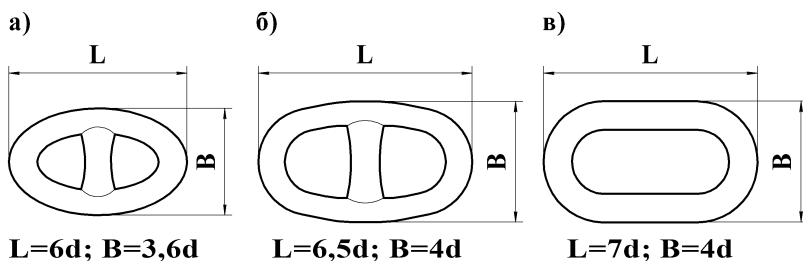


Рис. 66 Звенья якорной смычки: а – обыкновенное, б – усиленное, в – концевое

Калибр и все другие звенья цепи стандартизированы.

Для соединения смычек используются соединительные скобы и соединительные звенья (Рис. 67).

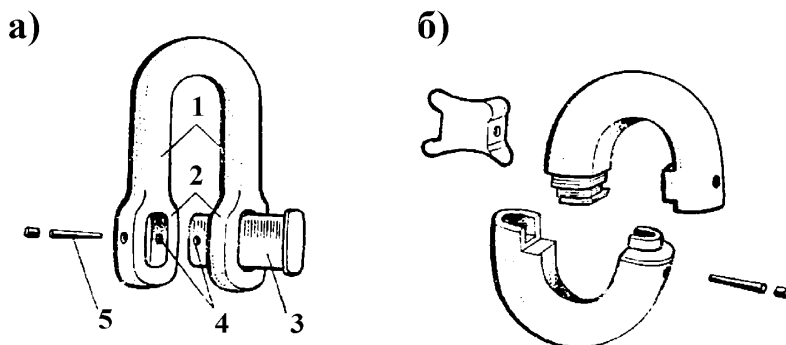


Рис. 67 Соединительная скоба (а) и звено Кеннера (б)

Соединительная скоба состоит из спинки 1 (Рис. 67, а), лапок 2 с овальными проушинами, штыря овального сечения 3 и конической шпильки 5 из луженой, оцинкованной или нержавеющей стали. В одной из лапок и в штыре под шпильку сделаны конические отверстия 4. Овальная форма штыря исключает его проворачивание в проушинах и тем самым предохраняет шпильку от срезывания. С одной стороны штырь заканчивается плоской головкой. Перед установкой в отверстия шпильку смазывают солидолом или графитной смазкой. Длина шпильки такова, что при установке ее на место она несколько углубляется в отверстие лапки. Для предот-

вращения самопроизвольного выпадения шпильки свободная часть отверстия сверху заливается свинцом.

Для предотвращения скручивания якорной цепи в нее включают вертлюги. Якорная цепь крепится скобой жвака-галсовой смычки к обуху, связанному с жесткими корпусными конструкциями. Жвака-галсовая смычка короткая и имеет глаголь-гак, который необходим для быстрой отдачи якорной цепи за борт.

В последние годы для отдачи якорной цепи вместо глаголь-гака, который небезопасен при отдаче цепи, стали применять откидные якорные гаки с дистанционным приводом. Принцип действия откидного якорного гака такой же, как и глаголь-гака, с той лишь разницей, что стопор откидного гака отдается при помощи дистанционного валикового или иного привода. Управление этим приводом расположено непосредственно у якорного механизма. откидной якорный гак с дистанционным приводом имеет большое преимущество перед глаголь-гаком в смысле безопасности и быстроты отдачи якорной цепи.

Маркировку смычек производят по схеме: конец первой и начало второй смычек – окрашивают последнее звено с контрфорсом первой смычки и первое такое же звено второй смычки, а на контрфорсы этих звеньев кладут марки из проволоки; конец второй и начало третьей смычек – окрашивают два звена с контрфорсами в конце второй смычки и два таких же звена в начале третьей смычки, а на контрфорсы вторых звеньев кладут проволочные марки; конец третьей и начало четвертой смычек – окрашивают три звена с контрфорсами в конце смычки и три таких же звена в начале четвертой смычки, а на контрфорсы третьих звеньев накладывают проволочные марки.

По такой же схеме маркируют звенья до конца пятой и начала шестой смычек, где будет окрашено по пять звеньев, а шлагги из проволоки будут наложены на контрфорсы пятых звеньев. С конца шестой смычки маркировку повторяют.

4.2.4 Якорные клюзы

Якорные клюзы предназначены для направления движения якорной цепи при выборе или отдаче якоря. Якорные клюзы

состоят из клюзовой (якорной) трубы, палубного клюза и бортового клюза.

При движении от якорного механизма якорная цепь пересекает плоскость палубы, проходит наклонно через верхнюю часть внутреннего помещения носовой оконечности судна и, пересекая плоскость борта, направляется вниз. При пересечении плоскостей палубы и борта ось якорного каната имеет сломы. В этих местах располагаются палубный и бортовой раструбы. Оба раструба соединяются якорной трубой (Рис. 68).

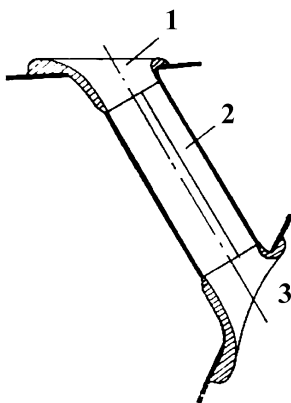


Рис. 68 **Якорный клюз:** 1 – палубный раструб, 2 – якорная труба, 3 – бортовой раструб

В зависимости от особенностей проектируемого судна на нем может быть использован один из трех типов клюзов: обычный, открытый и клюз с нишей.

Бортовые и палубные раструбы клюзов выполняют стальными литыми и имеющими утолщения в местах прохода цепи.

Их сваривают с якорной трубой и приваривают к палубе и борту. Шток якоря по-походному входит в трубу; снаружи остаются только лапы якоря. Клюз с нишей выполняется стальными сварными конструкциями, представляющими собой углубление в бортах судна, в которое входят лапы якоря. При якорных клюзах с нишами якоря не выступают за обводы корпуса.

Клюзовую трубу обычно выполняют стальной сварной из двух половин (по диаметру), причем нижняя половина трубы толще

верхней, так как она подвергается большому износу движущейся цепью. Внутренний диаметр трубы принимают равным 8–10 калибрам цепи, а толщина стенки нижней половины трубы находится в пределах 0,4–0,9 калибра цепи.

4.2.5 Цепные стопоры

В зависимости от выполняемых функций цепные стопоры делятся на маневренные и стояночные.

Маневренные стопоры предотвращают передачу усилий на якорные механизмы (шпиль или брашпиль) при маневрировании стоящего на якоре судна или при ремонте якорных механизмов. На практике применяют два типа маневренных стопоров: винтовой и стопор с закладным палом, или «закладной».

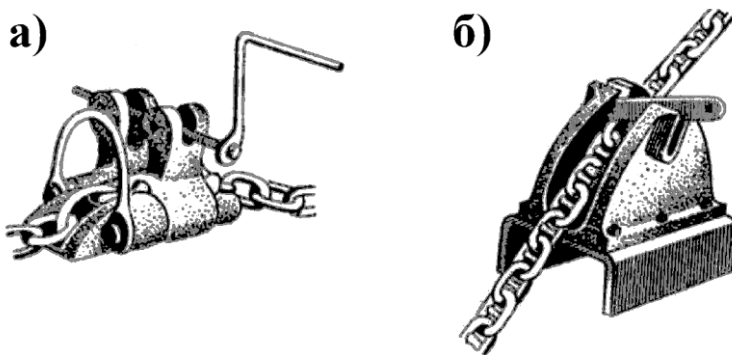


Рис. 69 Стопоры якорной цепи: а – винтовой; б – закладной

В винтовом стопоре (Рис. 69, а) движение цепи ограничивается, если горизонтально ориентированное звено упирается в две щеки, которые укреплены шарнирно. В открытом положении щеки дают возможность цепи свободно скользить по желобу в фундаменте стопора. Вращение щек осуществляется винтом с противоположными нарезами. Чтобы цепь при движении не могла повредить винт, стопор имеет ограничивающую скобу. Винтовые стопоры устанавливаются на судах, калибр цепей которых не превышает 72 мм.

Закладной стопор (Рис. 69, б) состоит из двух неподвижных щек, позволяющих цепи свободно проходить между ними по выемке, соответствующей форме нижней части вертикально ориентированного звена.

На одной из щек в прорези укреплен закладной пал, имеющий возможность свободно входить в вырез противоположной щеки. Наклон выреза таков, что усилие, создаваемое застопоренным звеном, заклинивает пал. Стопор рекомендуется для цепей с калибром, превышающим 72 мм.

Использование маневренных стопоров для закрепления цепи при длительной стоянке на якоре допускается только в виде исключения при благоприятных погодных условиях.

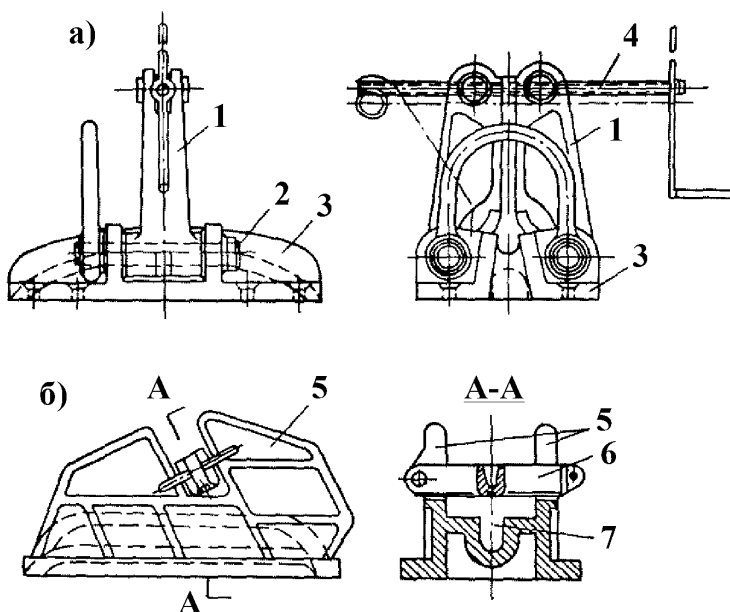


Рис. 70 **Цепные стопоры:** а – винтовой, б – закладной; 1 – щека, 2 – ось щеки, 3 – основание, 4 – винт, 5 – стенка с вырезом, 6 – закладной пал, 7 – желоб

Оба рассмотренных стопора фиксируют закрепляемое звено неподвижно. При попытке остановить винтовым стопором движущуюся цепь происходит следующее: во время прохода через стопор вертикально ориентированного звена щеки сближаются и горизон-

тальное звено упирается в них своей передней частью – происходит мгновенная остановка цепи.

Возникающий при этом рывок чрезвычайно опасен, так как он может привести к разрыву цепи. Поэтому перед стопорением цепь должна быть заторможена и остановлена ленточным тормозом якорного механизма.

Стояночный стопор. При длительной стоянке для цепей со средним калибром применяется специальный стояночный стопор. Он представляет собой короткую смычку, один конец которой закрепляется на палубе, а второй заканчивается массивным глагольгаком. Калибр смычки равен калибру основной цепи судна. Цепные стояночные стопоры применяются только для цепей калибром до 43 мм. Большой вес стояночных стопоров затрудняет их использование для более толстых цепей, для стопорения которых используется тормоз якорных механизмов.

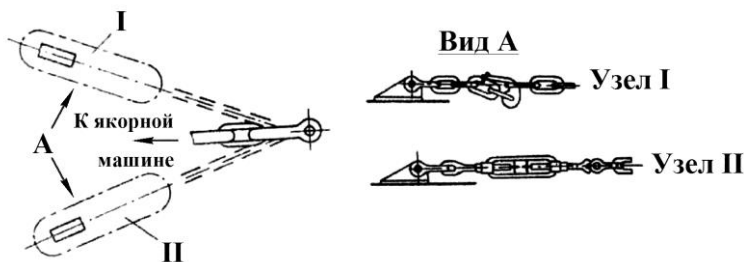


Рис. 71 Стояночный стопор

4.2.6 Цепной ящик

Цепной ящик представляет собой выгородку, сделанную в носовой части судна, предназначенную для хранения якорной цепи на судне. При выборке якорей цепь каждого станового якоря укладывают в отведенное для нее отделение цепного ящика. Каждое отделение имеет квадратную или круглую форму в плане. Металлические стенки цепного ящика изнутри обшивают деревом, а на пол укладывают деревянную решетку.

Размеры цепного ящика должны обеспечить самоукладку якорной цепи при выборке якоря без ее растаскивания вручную.

Этому требованию отвечают цилиндрические отделения цепного ящика диаметром, равным 30–35 калибрам цепи. Высота цепного ящика должна быть такой, чтобы полностью уложенная цепь не доходила до верха ящика на 1–1,5 м. На дне цепного ящика под центром цепной трубы установлен мощный полуовальный рым, через который якорная цепь, меняя направление, подводится к откидному якорному гаку. Цепной ящик имеет самостоятельное осущение. Конструкция цепного ящика и закрытие отверстий для доступа в него должны быть водонепроницаемыми, насколько это необходимо, чтобы случайное затопление цепного ящика не повредило ответственные вспомогательные устройства или оборудование или не повлияло на надлежащую эксплуатацию судна. На подволоке или переборке цепного ящика предусматривается устройство для крепления коренного конца якорной цепи (Рис. 72), позволяющее быстро отдать цепь.

Цепные трубы служат для направления движения якорной цепи в работе от палубы до цепного ящика. Цепные трубы могут быть стальными цельнотянутыми, толстостенными или сварными из обечаек. Внутренний диаметр цепных труб должен быть не менее длины звена цепи плюс 10 мм, а толщина стенки не менее $1/30$ диаметра трубы в свету.

Верхний конец цепной трубы проводится к отверстию в станине якорного механизма, которое расположено под цепной звездочкой брашпиля, а нижний конец трубы, имеющий раструб, несколько не доводится до верха цепного ящика.

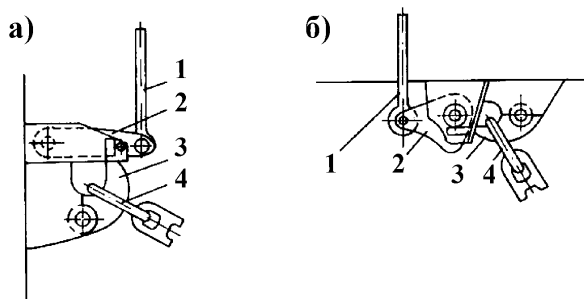


Рис. 72 Крепление коренного конца якорной цепи: а – крепление к переборке, б – к крышке цепного ящика; 1 – тяга привода, 2 – рычаг, 3 – гак, 4 – концевое звено

Нормальное положение цепных труб – вертикальное, но иногда, по условиям расположения якорного устройства, их устанавливают с некоторым наклоном к вертикали, чтобы разместить нижний конец цепных труб над центром цепного ящика. Длина трубы зависит от расположения цепного ящика по высоте судна. Внутренний диаметр трубы клюза принимают равным 7–8 калибрам якорной цепи.

4.2.7 Якорные механизмы

Якорные механизмы служат для отдачи и подъема станковых якорей, а также для удержания судна при отданных станковых якорях.

Основной деталью любого якорного механизма является цепной кулачковый барабан (звездочка). В зависимости от направления оси звездочки якорные механизмы делятся на две группы.

Брашпили

Горизонтальное направление оси звездочки является отличительной чертой брашпильей. Брашпиль обслуживает обе якорные цепи и используется также в швартовых операциях. Он обеспечивает раздельную работу звездочек левого и правого бортов. Электродвигатель посредством механической передачи приводит во вращение вал, на котором насажены две турочки. С помощью промежуточных шестерен или муфтового соединения вал турочек может передавать вращение на звездочки брашпиля. Каждая звездочка представляет собой массивный шкив, имеющий две рабочие поверхности. Первая из них – фигурная, выполненная по форме звеньев якорной цепи так, что цепь плотно прилегает к звездочке и не может пробуксовывать. Вторая поверхность цилиндрическая. К ней прилегают тормозные пластины ленточного стопора, с помощью которого звездочка может быть заторможена или застопорена. При отдаче якоря или во время швартовых операций звездочки разобщены с валом турочек, при выборе якоря – сообщены.

Брашпили не занимают внутренних помещений, так как все механизмы располагаются на палубе.

Два вспомогательных барабана – турочки – предназначены для швартовых операций.

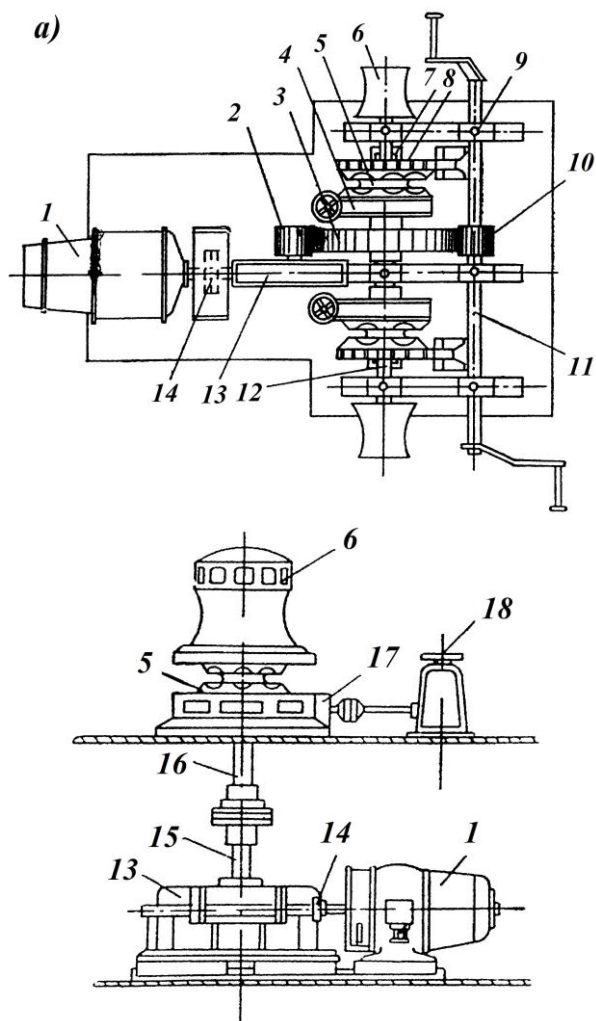


Рис. 73 **Якорные механизмы:** *а* – брашпиль, *б* – шпиль; 1 – электродвигатель; 2, 3, 10 – цилиндрические шестерни; 4 – ленточный тормоз, 5 – цепная звездочка, 6 – швартовый барабан (турачка), 7 – кулачковая муфта, 8 – храповое колесо, 9 – собачка храпового колеса, 11 – вал ручного привода, 12 – вал цепных звездочек, 13 – червячная передача, 14 – муфта соединительная, 15 – вертикальный вал, 16 – баллер шпилья, 17 – колодочный тормоз, 18 – привод тормоза

Шпили

У спиелей ось звездочки вертикальна. Шпили предназначены для работы только с одной цепью. Весь механизм обычно разделен на две части, из которых одна, состоящая из звездочки и швартовного барабана, располагается над палубой, а вторая, включающая редуктор и двигатель – в помещении под палубой. Электромотор вращает барабан. С помощью муфты барабан может сообщаться с расположенной под ним звездочкой. По удобству обслуживания самого якорного устройства брашпиль и шпиль практически равноценны.

4.2.8 Основные термины и определения

Якорное устройство – механизмы и приспособления, предназначенные для постановки и удержания судна ко дну при стоянке на рейде.

Якорь – основной элемент якорного устройства, создающий держащую силу при якорной стойке.

Якорная цепь – осуществляет гибкую связь между якорем и судном.

Калибр якорной цепи – диаметр прутка, из которого изготовлены звенья цепи.

Смычка – часть цепи длиной 25–27,5 м с нечётным числом звеньев. Служит для изменения длины якорной цепи.

Якорный клюз – состоит из якорной (клюзовой) трубы, палубного и бортового клюзов, предназначен для движения якорной цепи.

Якорная (клюзовая) труба – служит для выбирания и травления якорного каната; выполняется сварной из двух половин.

Цепная труба – служит для направления якорной цепи от палубы до цепного ящика.

Цепной ящик – служит для хранения якорного каната.

Якорный стопор – механизм для стопорения якорей попоходному.

Шпиль – палубный механизм с вертикальным валом вращения, служит для выборки швартовов и якорной цепи.

Брашпиль – носовой якорный механизм для выборки якорной цепи с горизонтальным расположением вала.

4.3 Швартовное устройство

Швартовное устройство предназначено для закрепления судна при стоянке его у причала или рядом с другими судами. С помощью швартовного устройства могут перемещаться и незначительные перемещения судна вдоль причала при перешвартовках.

4.3.1 Швартовы

Швартовы – это гибкие эластичные связи, служащие для крепления судна к причалу. В качестве швартовов применяют растительные, стальные или синтетические канаты, которые должны быть легкими, гибкими, прочными, эластичными и износоустойчивыми.

Стальные швартовые тросы должны иметь не менее 144 проволок и не менее 7 органических сердечников. Исключением являются тросы на автоматических швартовых лебедках, которые могут иметь только один органический сердечник, однако число проволок в таких тросах должно быть не менее 216. Проволоки тросов должны иметь цинковое покрытие в соответствии с признанными стандартами. Такие тросы не пригодны для автоматических лебедок потому, что при навивке на барабан они при больших тяговых усилиях вдавливаются и заклиниваются между нижележащими витками и быстро приходят в негодность.

К растительным относится достаточно прочный, но не очень эластичный пеньковый канат, сизальский канат, обладающий прочностью, хорошей гибкостью и малым весом, но снижающий прочность при отрицательных температурах, а также лучший среди растительных манильский канат, который не только отличается хорошей гибкостью и износоустойчивостью, но и не тонет.

Растительные швартовые канаты применяются в основном на судах, занимающихся перевозкой нефтепродуктов и других взрывоопасных грузов, так как при работе с ними исключено искрообразование. Размеры растительных канатов по окружности от 50 до 350 мм.

Стальные тросы обладают высокой прочностью и износоустойчивостью, но тяжелы и малоэластичны. Стальной трос свивается из оцинкованной проволоки, для увеличения гибкости имеет

один или несколько пеньковых сердечников. Наибольший диаметр стальных тросов – 35 мм.

Синтетические канаты, получившие широкое распространение в последнее время, изготавливают из капрона (нейлона). Они обладают высокой прочностью, эластичностью, малым весом, износостойчивостью и не гниют. К недостаткам синтетических канатов можно отнести большое удлинение при растяжении, некоторую потерю прочности под действием солнечных лучей и, в некоторых случаях, образование искр статического электричества при проскальзывании натянутого каната через тумбы кнехтов. Канаты выпускают 8–64 мм.

Все швартовы имеют на забортном конце *ОГОН*, который при швартовке накидывают на мощную тумбу, находящуюся на берегу – береговой пал.

4.3.2 Кнехты

Кнехты – это тумбы различной конструкции, предназначенные для закрепления швартовов. В конструктивном отношении различают одиночные и парные кнехты. По способу изготовления кнехты могут быть разделены на сварные и литые. Наиболее удобны для закрепления швартовов парные кнехты, позволяющие обнести трос восьмерками.

Кнехты могут быть стальными или чугунными. Для малых судов, имеющих на снабжении только растительные тросы или тросы из синтетического волокна, допускается изготовление кнехтов из легких сплавов.

Прямые литые парные кнехты (рис. 74) используются для швартовых канатов средних и больших размеров. На литой фундаментной плите, имеющей отверстия для закрепления на палубе, расположены две тумбы. Выступ на основании, соединяющий две тумбы, служит для увеличения их изгибной жесткости. Тумба заканчивается сверху буртиком, который предотвращает соскальзывание каната. С внешних сторон на тумбах имеются выступы, препятствующие сползанию троса. Для швартовых малых диаметров (до 20 мм) используются полные сварные кнехты; в отличие от литых они имеют только ограничивающий буртик (рис. 75, в).

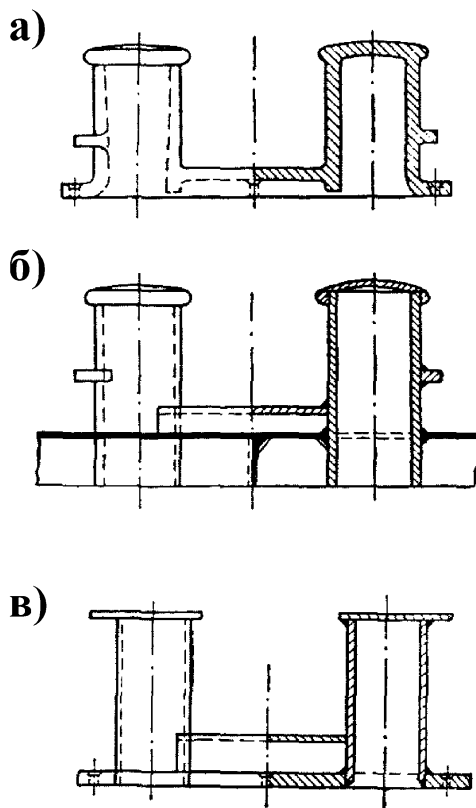


Рис. 74 Прямые парные кнехты: а – литой, б – сварной врезной, в – сварной

Для средних и больших швартовов все более широкое распространение получают прямые кнехты, врезанные в палубу. (Рис.74,б). Палуба в районе их размещения утолщается (в этом месте должна быть расположена какая-нибудь прочная связь палубного набора). Разновидностью этого типа являются кнехты с наклоном тумб во внешнюю сторону. В этом случае трос стремится сместиться вниз, уменьшая изгиб тумбы. Однако вряд ли неизбежное при этом технологическое усложнение может быть оправданно описанным преимуществом, тем более, что использование такого кнехта для вспомогательных целей, например для проводки тросов и т.д., ограничивается.

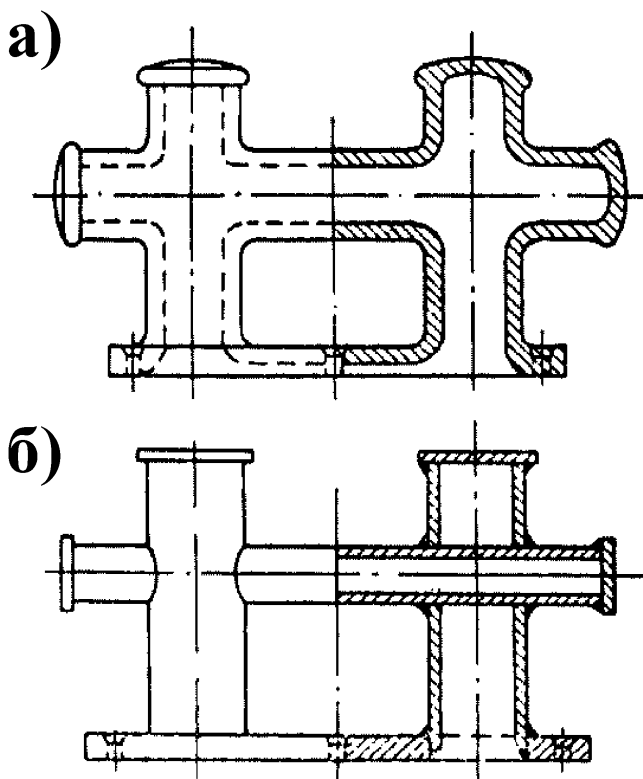


Рис. 75 Парные крестовые кнехты: *а* – литой, *б* – сварной

Парные крестовые кнехты (Рис. 75) могут быть литыми или сварными и используются для швартовов небольших диаметров. В технологическом отношении крестовые кнехты отличаются большой сложностью, однако преимуществом их является разнообразие в закреплении тросов, вплоть до возможности одновременного крепления нескольких швартовов.

Крестовые одиночные литые и сварные кнехты сохранились только на малых судах или как средство закрепления ненагруженных связей.

На промысловых судах часто устанавливают кнехты с вращающимися тумбами (Рис. 76). Тумбы под действием натяжения троса свободно вращаются только в одном, прямом направлении, от

обратного вращения тумбы кнехта удерживаются стопорным устройством, состоящим из храповика и собачки. Принцип работы кнехта заключается в следующем. После подачи швартовного конца на берег или другое судно накладывают два-три шлага на тумбы кнехта, свободный конец швартова заводят на шпиль или турачку брашпиля и выбирают его до тех пор, пока судно не подтянется к берегу или другому судну. При выполнении этой операции тумбы кнехта вращаются в сторону выборки швартова. Далее трос снимают с турачки или шпиля и добавляют на тумбы кнехта два-три шлага. Стопорное устройство удерживает тумбы кнехта от обратного вращения, не давая свободному концу слабины.

Кнехты с вращающимися тумбами повышают безопасность проводимых швартовных операций, делают удобной эксплуатацию швартовного устройства и сокращают время швартовок.

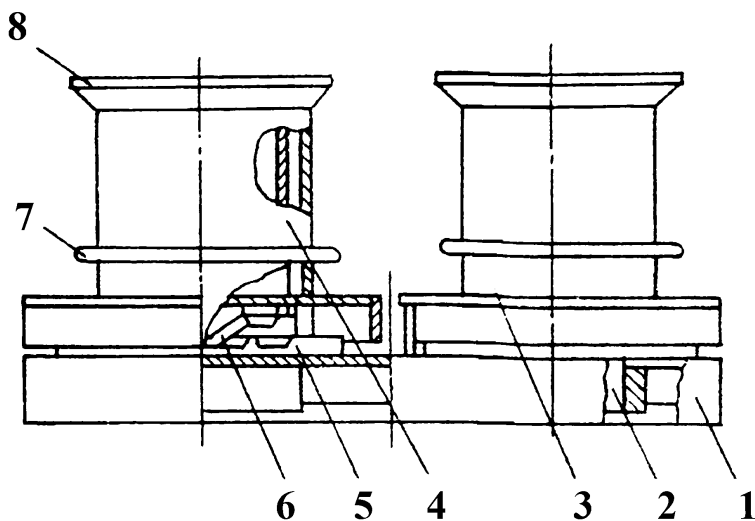


Рис. 76 Кнехт с вращающимися тумбами: 1 – основание; 2 – баллер; 3 – тумба вращающаяся правая; 4 – тумба вращающаяся левая; 5 – храповик; 6 – собачка; 7 – ограничитель; 8 – крышка

4.3.3 Швартовые клюзы, киповые планки и вьюшки

Киповые планки и клюзы необходимы для того, чтобы исключить повреждения швартовых тросов при проходе их через ограждение палубы.

В зависимости от типа ограждения палубы используются два вида устройств для проводки швартовых тросов. При леерном или открытом ограждении используются Киповые планки. Если же швартовы должны проходить через фальшборт, то применяются клюзы.

Конструкция типовых планок и клюзов должна способствовать уменьшению трения при движении швартовов.

Киповые планки подразделяются на *открытые* и *закрытые*. Простейшей является прямая открытая киповая планка (Рис. 77). Такие планки допускаются для растительных тросов окружностью до 65 мм, так как из-за сравнительно алого радиуса закругления рабочей поверхности типовой планки швартовы быстро изнашиваются.

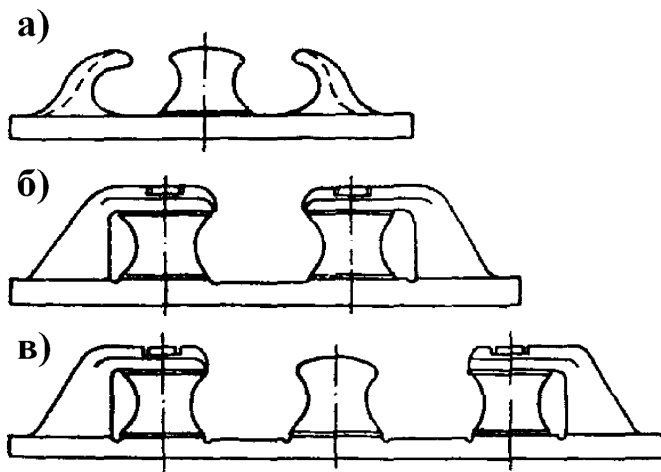


Рис. 77 Прямая киповая планка

Срок эксплуатации тросов можно значительно продлить, если применить открытые киповые планки с роульсами, число которых варьируется от одного до трех (Рис. 78, а; б; в).

Рис. 78 Киповые планки с роульсами: *а* – обычные, *б* – с двумя роульсами, *в* – с тремя роульсами

На судах нашли широкое применение упрощенные киповые планки, состоящие из нескольких отдельно стоящих роульсов. Они устанавливаются у фальшбортов с большими вырезами или просто на палубе у ширстрека на фундаментах сварной конструкции (Рис.79).

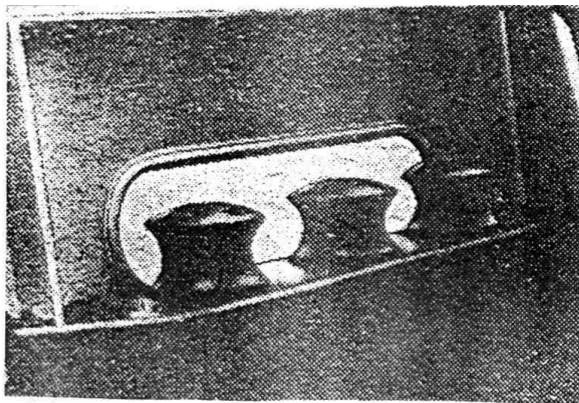


Рис. 79 Киповая планка с тремя отдельными роульсами

Чтобы исключить возможность заклинивания тросов, следует обращать особое внимание на величину зазора между роульсами и фундаментом.

Открытые киповые планки позволяют принимать швартовы только снизу или в горизонтальном направлении

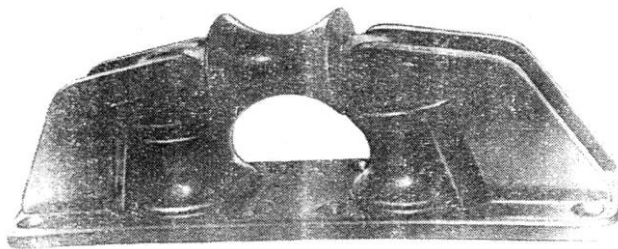


Рис. 80 Киповая планка с горизонтальным роульсом

В этом отношении удобнее закрытые киповые планки, у которых наметка или откидной роульс закрывают проем в верхней части и позволяют варьировать направление швартовов в более широких пределах (Рис. 79; 80).

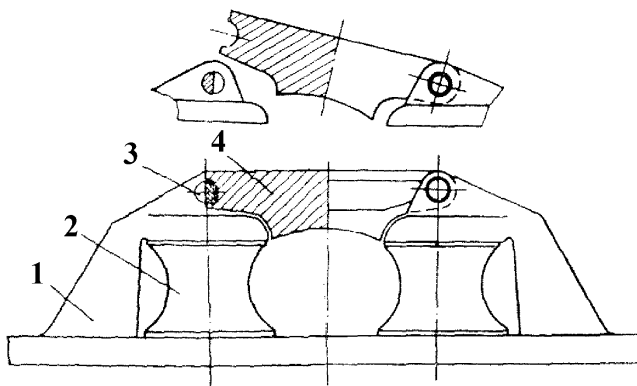


Рис. 81 Киповая планка с наметкой: 1 – корпус, 2 – роульс, 3 – задержник, 4 – наметка

При закрытых планках швартовы могут под тем или иным углом подниматься вверх при движении судна по каналу со шлюзами, имеющими значительный перепад высот, при швартовке к судну с более высоким надводным бортом и во многих других случаях, когда открытые киповые планки не могут выполнять своих функция.

Киповые планки стандартной конструкции подбираются по диаметру швартовов.

Фальшборт для проводки швартовных тросов оборудуется бортовыми клюзами, которые имеют плавную кривизну рабочей поверхности для предотвращения излома швартова. Там, где фальшборт отсутствует, делают палубные клюзы.

К этой группе клюзов относятся панамские клюзы (Рис. 82), которыми обязательно должны быть оборудованы суда, следующие по Панамскому каналу. Радиус кривизны рабочей поверхности панамского клюза больше, чем обычного, поэтому он лучше приспособлен для работы со швартовыми большего диаметра. панамский клюз имеет большую прочность, поэтому на крупнотоннажных

промысловых судах панамские клюзы могут устанавливаться по всей верхней палубе, а не только там, где требуется Правилами прохождения судов по панамскому каналу.

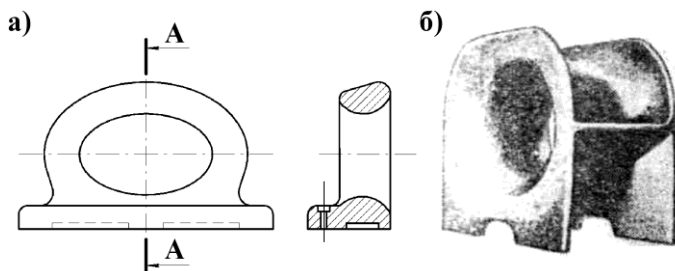


Рис. 82 Панамские клюзы: а – литой чугунный, б – литой стальной

Простейшим в конструктивном отношении является литой бортовой клюз (Рис. 83, а). Обычно такие клюзы имеют круглую или овальную форму и соединяются с фальшбортом болтами или заклепками. Простая по форме стальная или чугунная отливка клюза имеет плавное скругление рабочей поверхности, что исключает резкий изгиб швартова.

На крупных судах стали применять швартовные клюзы с поворотной обоймой и роульсами (Рис. 83, б). Клюзы такой конструкции обеспечивают лучшие условия работы швартовов.

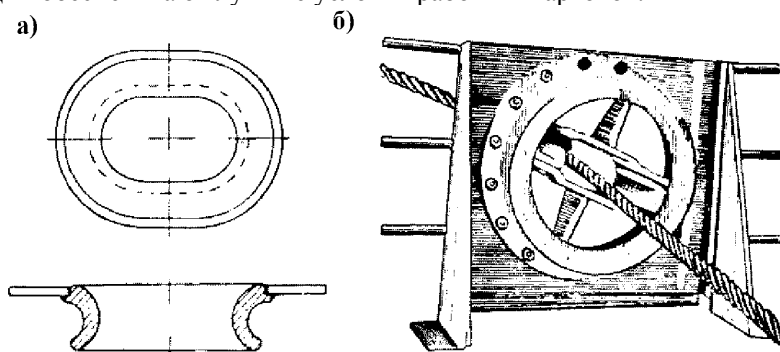


Рис. 83 Швартовные клюзы: а – стальной литой, б – с поворотной обоймой и роульсами

На Рис. 84 показан универсальный клюз. Он прочен, прост и позволяет в широких пределах варьировать направление швартова.

Чтобы облегчить проводку огона (петли в конце троса), вертикальные ролики расставлены широко, образуя вытянутый зазор. Учитывая, что при проходе шлюзов палуба судна чаще всего находится ниже уровня берега, конструкторы сместили горизонтальные ролики вниз; это позволяет швартову иметь больший наклон вверх. Однако и в этой конструкции не исключается заклинивание троса между горизонтальными роликами.

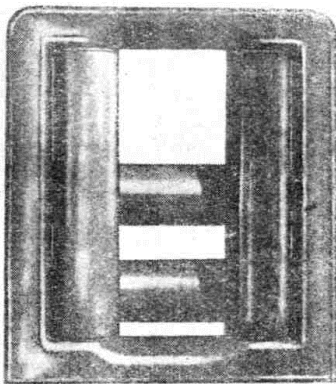


Рис. 84 Универсальный клюз

Швартовные вьюшки используются для хранения стальных швартовов по-походному. Швартов наматывается на барабан вьюшки, который должен иметь диаметр не менее 20 диаметров швартова. Стравливание швартова с вьюшки производится с притормаживанием барабана ножным тормозом. Все швартовные тросы хранятся вблизи швартовых кнехтов так, чтобы не загромождать приходы на палубе.

4.3.4 Механизмы швартовного устройства

На большинстве судов в качестве швартовных механизмов используют шпили или брашпили, оборудованные швартовными барабанами (турачками). Турачки сидят на грузовом или промежуточном валу жестко и всегда вращаются при включенном двигателе. Обычно этого достаточно, чтобы полностью обеспечить работу со швартовами на баке. Иногда для швартовных операций применяют грузовые лебедки.

На кормовой палубе для работы со швартовыми механизмами — швартовые шпили. От якорных шпилей они отличаются тем, что не имеют звездочек, ленточного тормоза и механизма разобщения. Иными словами, швартовый шпиль представляет собой барабан, приводимый во вращение электромотором через редуктор. Обычно на судах устанавливают один или два швартовых шпиля на корме. Помимо этого, на очень больших судах швартовые шпили размещают еще и на баке. На некоторых приемно-транспортных судах имеются дополнительные шпили в средней части судна.

Наиболее современным швартовым механизмом является автоматическая швартовая лебедка. На ее барабане швартов хранится постоянно, и, таким образом, она выполняет одновременно функции швартового механизма, выюшки и кнехта. Работать такая лебедка может в режиме ручного и автоматического управления. В режиме автоматического управления на барабане поддерживается постоянное тяговое усилие, вследствие чего чрезмерно набитый трос потравится, а имеющий слабинку — выберется. Как правило, на судне устанавливают две автоматические швартовые лебедки: в носу и корме. Иногда их снабжают переносным спаренным пультом управления. Автоматические швартовые лебедки намного облегчают труд матросов, несколько упрощают швартовку, увеличивают надежность стоянки судна на швартовах, и поэтому получают все большее распространение.

4.3.5 Основные термины и определения

Швартовое устройство — совокупность механизмов, предназначенных для крепления судна к причалу или другому судну.

Швартовы — канаты, служащие для крепления судна к причалу или другому судну.

Кнехты — металлические тумбы, на которых крепится конец швартова.

Киповая планка — изделие, предназначено для направления швартовых канатов на кнехты и ограничивающее их боковые перемещения.

Клюз — вырез в фальшборте, предназначен для направления канатов, тросов, цепей.

Вьюшка – барабан на фундаменте с высокими бортишками, предназначен для хранения тросов, канатов.

Шпиль – палубный механизм с вертикальным валом вращения, служит для выборки швартовов и якорной цепи.

Брашпиль – носовой якорный механизм для выборки якорной цепи с горизонтальным расположением вале.

Кранцы – устройства, размещаемые на наружной части корпуса судна или причала, предназначенные для смягчения ударов при швартовке и стоянке.

4.4 Грузовое устройство

Грузовые устройства промысловых судов предназначены для перегрузочных операций в море и порту, выполнения вспомогательных работ с орудиями лова, постановки и снятия кранцевой защиты и пересадки людей с судна на судно. Перегрузочные операции в открытом море характеризуются высокой интенсивностью, поэтому их вынуждены проводить на волнении, при ветре и качке судна. Для этих условий наиболее приемлемыми оказываются устройства с грузовыми стрелами, которые получили широкое распространение на промысловых судах. Для выполнения грузовых операций такие устройства оснащены системой блоков и тросов, закрепленных вне стрелы на неподвижных судовых конструкциях – мачтах, колоннах, палубах и т.д. Чтобы сократить время на перегрузочные работы в море, из стреловых грузовых устройств судов создаются специальные перегрузочные комплексы, состав и оснастка которых зависят от размеров и общего расположения отшвартованных друг к другу судов, массы передаваемых грузов, волнения, ветра и т.п.

4.4.1 Основные элементы грузовых устройств со стрелами

Прочные размеры грузовых устройств выбирают по расчету. Запасы прочности различных элементов устройства регламентированы Российским морским Регистром судоходства. Многие элементы устройства стандартизированы и выбираются по соответ-

ствующим стандартам, в зависимости от рабочей нагрузки, испытываемой данным элементом. Конфигурация и конструкция большинства элементов грузового устройства определилась в процессе многолетней практики эксплуатации этих устройств. Ниже приводится перечень основных элементов устройства с их краткой характеристикой.

4.4.2 Мачты грузовые

Эти мачты несут на себе стрелы и обладают достаточной прочностью, чтобы обеспечить нормальные и безопасные условия работы при соответствующей грузоподъемности устройства. На Рис. 85 показаны различные типы грузовых мачт, применяемых на современных судах.

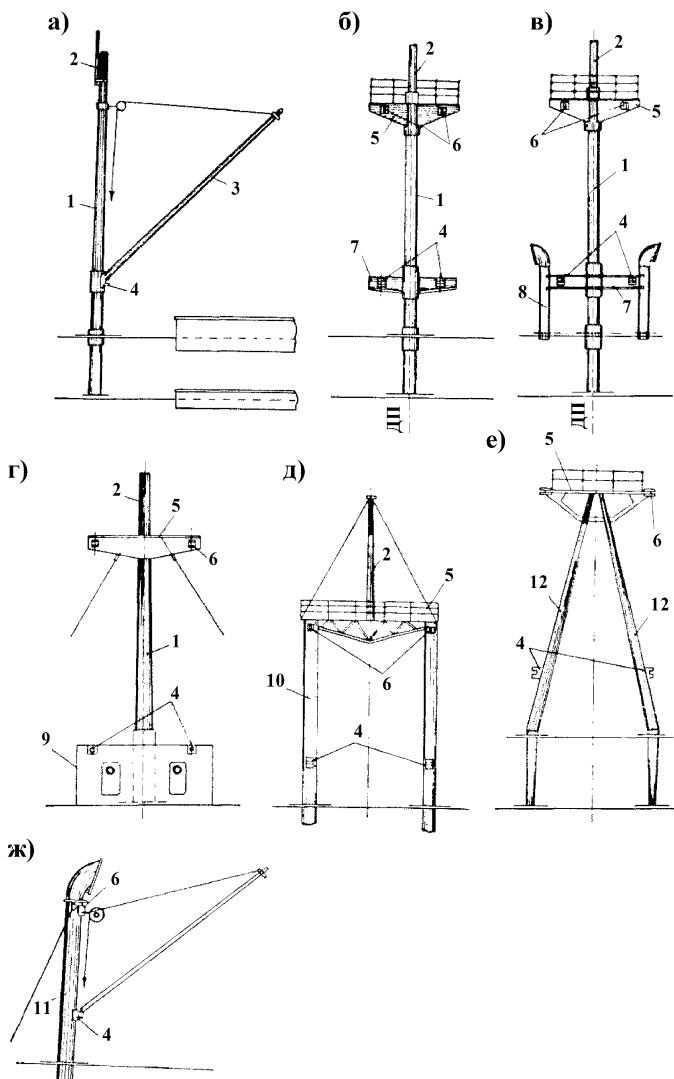


Рис. 85 Схемы грузовых мачт и колонок: *а* – одиночная без салинга, *б* – одиночная с салингом и краспицей, *в* – одиночная с салингом и краспицей, опертой на две колонки, *г* – одиночная с опорной рубкой, *д* – П-образная мачта, *е* – Л-образная мачта, *ж* – грузовая колонка; 1 – мачта, 2 – стеньга, 3 – стрела, 4 – башмаки стрел, 5 – салинг, 6 – обухи топенантов, 7 – краспица, 8 – вентиляционные колонки, 9 – рубка, 10 – полумачта, 11 – грузовая колонна, 12 – укосины

а) Одинокная грузовая мачта (Рис. 85, а) представляет собой стальную трубчатую конструкцию, сваренную из отдельных стальных обечаек. Такие мачты устанавливают в диаметральной плоскости судна и применяют на широких судах, так как иначе при одиночной мачте трудно обеспечить большой вылет стрелы за борт, который в зависимости от грузоподъемности устройства должен быть от 2 до 8 м.

б) Одиночные мачты с салингом и краспицей (Рис. 85, б) устанавливают в диаметральной плоскости судна. Если мачта установлена между двумя грузовыми люками, то к ней крепится четыре стрелы. Салинг и краспица, вынося места крепления стрелы ближе к борту, увеличивают вылет стрелы за борт.

в) Одинокная мачта с салингом и краспицей, опертой на две колонки (Рис. 85, в), позволяет избавиться от консольного конца краспицы и тем самым снизить величину изгибающего момента в краспице и в опорном сечении мачты.

г) Одинокная мачта с опорной рубкой (Рис. 85, г). При такой конструкции мачту можно не пропускать через палубу для лучшего закрепления ее в корпусе судна: крыша рубки является надежной второй опорой мачты.

д) П-образная мачта (Рис. 85, д) состоит из двух полумачт, соединенных в верхней части длинным салингом ферменной конструкции. В диаметральной плоскости, на салинге, устанавливают стенгу для несения ходовых огней и флага.

е) Л-образная мачта (Рис. 85, е) позволяет отказаться от вант и штагов, которые мешают работе стрел.

ж) Грузовую колонну (Рис. 85, ж), которая также является разновидностью мачт, устанавливают обычно у бортов судна.

4.4.3 Грузовые стрелы

Грузовые стрелы служат для подвески грузового блока или грузовых талей и для перемещения груза в горизонтальной плоскости.

Грузоподъемность стрелы – это наибольшая масса безопасно поднимаемого груза, включая массу вспомогательных приспособлений, применяемых для крепления груза: стопоров, платформ, секток и т.п., а также грейферов, грузоподъемных электромагнитов, кабелей и бадей.

Стрелы подразделяются на легкие, грузоподъемностью до 10 т, и тяжеловесные, грузоподъемностью более 10 т. Грузоподъемность тяжеловесных стрел может достигать 300 т.

а) Легкая грузовая стрела (Рис. 86) представляет собой круглую полую стальную трубу с утолщением в средней части. Верхняя часть трубы называется ноком, средняя веретеном, нижняя – шпором.

Шпор снабжен вилкой 7, шарнирно соединенной с вертлюгом 2, который вставлен в подшипник башмака, приваренного к мачте 1 от выскакивания из подшипника вертлюг предохраняется стопором. Конструкция опоры стрелы обеспечивает ее поворот в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Шпоры для получения наибольшего вылета легких стрел устанавливают на некотором расстоянии от диаметральной плоскости судна.

Вылет стрелы – это максимальное расстояние между центром тяжести поднятого груза и вертикальной осью вращения вертлюга шпора стрелы.

К верхней части стрелы – ноку – крепится бугель или обухи для топенанта 5, оттяжек 6 или грузового блока.

Для изменения угла наклона (вылета) стрелы служит топенант, который крепится к обуху на ноке стрелы и пропускается через направляющий блок топенанта 25. На современных промысловых судах топенанты обслуживаются вьюшками, имеющими собственный привод и стопорное устройство для удержания нагруженной стрелы. Такие вьюшки предназначены для крепления ходового конца топенанта легких стрел и изменения угла их наклона без груза на гаке.

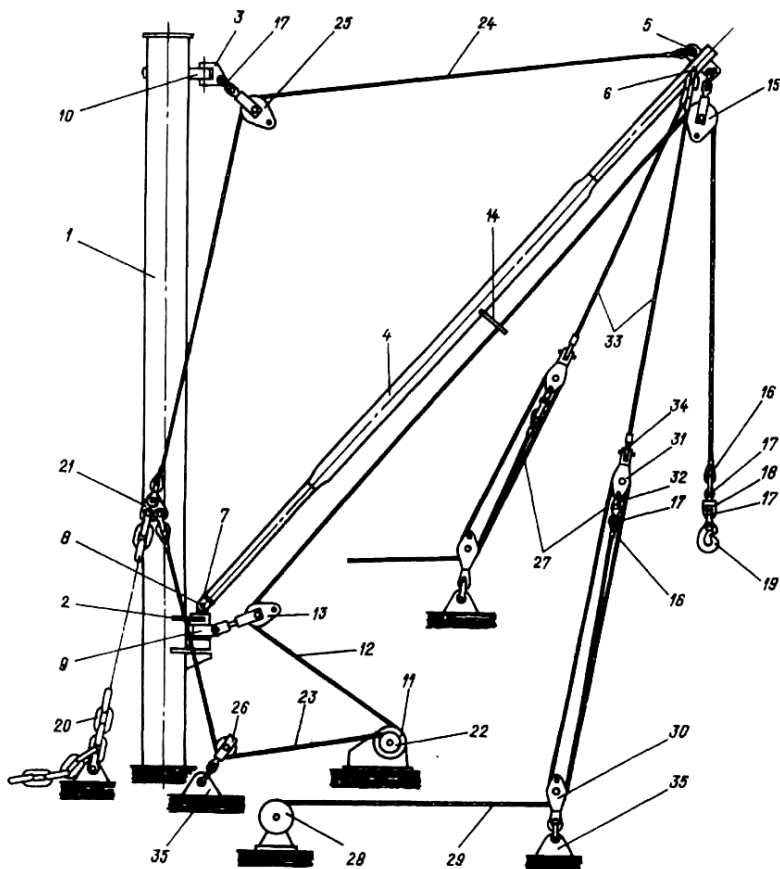


Рис. 86 **Вариант оснастки лёгкой грузовой стрелы:** 1 – грузовая мачта, 2 – вертлюг шпора, 3 – вертлюг топенанта, 4 – стрела, 5 – врезной обух, 6 – обух оттяжки, 7 – вилка шпора стрелы, 8 – ось вертлюга, 9 – обойма направляющего блока грузового шкентеля, 10 – обух топенанта, 11 – грузовая лебедка, 12 – грузовой шкентель, 13 – направляющий (грузовой) блок грузового шкентеля, 14 – направляющая грузового шкентеля, 15 – грузовой блок, 16 – коуш; 17 – скоба, 18 – вертлюг, 19 – грузовой гак, 20 – цепной стопор топенанта, 21 – треугольная планка, 22 – турачка лебедки, 23 – лопарь топенанта, 24 – топенант, 25 – направляющий блок топенанта, 26 – канифас-блок, 27 – таль оттяжки, 28 – лебедка оттяжки, 29 – ходовой конец троса талей оттяжки, 30 – нижний блок оттяжки, 31 – верхний блок оттяжки, 32 – ушко, 33 – мантиль оттяжки, 34 – коуш, 35 – обух с круглой проушиной

Грузовой шкентель 12 предназначен для подъема и опускания груза. На ходовом конце шкентеля закреплен грузовой гак 19, к которому подвешивается груз. За гаком установлены вертлюг 18 и противовес. Вертлюг исключает вращение груза при раскручивании шкентеля во время его прохождения через грузовой блок. Противовес необходим для натяжения ненагруженного троса. Шкентель, проходя через грузовой блок 15, подходит под стрелой к направляющему блоку 13, который в любом положении стрелы направляет шкентель на турачку грузовой лебедки 22.

Оттяжки служат для фиксирования стрелы в положении «над люком» или «за бортом», а также для перевода ее из одного положения в другое при выполнении грузовых операций. Каждая стрела имеет две оттяжки – одну левого, другую правого борта. Оттяжки изготовляют из стального троса (мантыля) 33, верхний конец которого крепится к обуху оттяжки 6, а нижний – к таям оттяжек 27. Тали легких стрел могут иметь лопарь из растительного троса. Нижний блок талей оттяжек 30 крепится к обуху 35, приваренному к палубе или фальшборту.

б) Тяжеловесная грузовая стрела (Рис. 87) располагается в диаметральной плоскости для обслуживания обоих бортов.

Стрела закрепляется шарнирно на специальном фундаменте 6; этим исключается передача действующих на стрелу сил на мачту и неизбежное усложнение ее конструкции.

Очень часто для обслуживания стрел-тяжеловесов используют лебедки легких стрел, поэтому подъем груза и изменение наклона стрелы могут быть обеспечены только при использовании многошкентельных талей.

Для оснастки перекидного тяжеловеса используется сдвоенный топенант 24, поэтому необходимость оттяжек отпадает. Изменение вылета достигается одновременным изменением длины обоих топенантов; при увеличении длины одного и уменьшении длины другого топенанта стрела поворачивается. Таким образом, сдвоенный топенант выполняет функции топенанта и оттяжек. Грузовой шкентель 13 оснащается сдвоенными таями.

Все блоки крепятся с помощью специальных вращающихся обойм, поэтому отпадает необходимость переоснащать стрелу при обслуживании другого трюма.

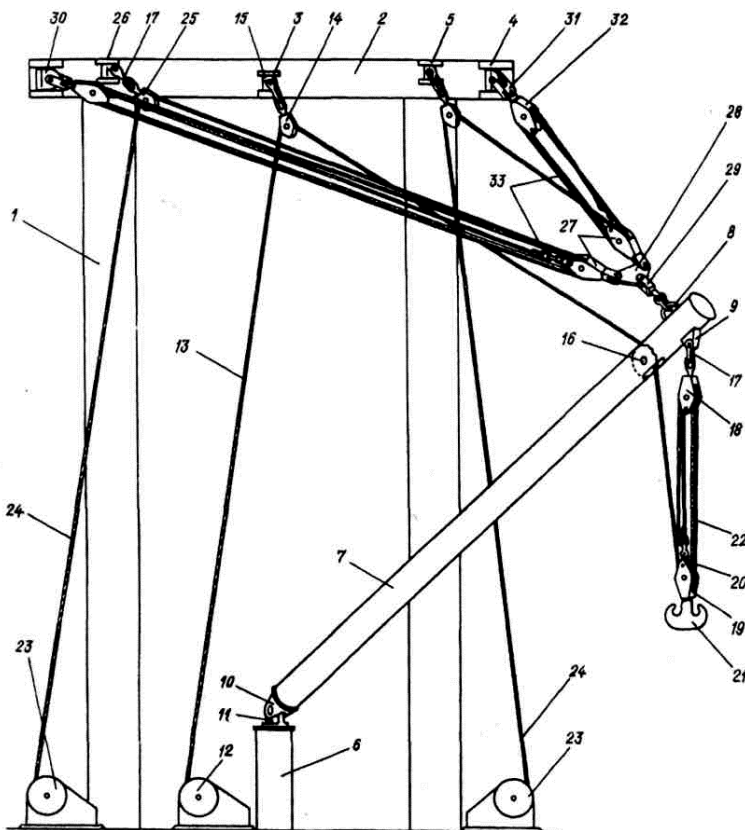


Рис. 87 Типовая оснастка тяжелой двухтопенантной механизированной стрелы: 1 – порталная мачта, 2 – салинг, 3 – вертлюг шкентеля, 4 – вертлюг топенанта, 5 – вертлюг направляющего блока, 6 – фундамент вертлюга шпора, 7 – стрела, 8 – обух топенанта, 9 – обух шкентеля, 10 – вилка шпора стрелы, 11 – вертлюг шпора стрелы, 12 – грузовая лебедка, 13 – грузовой шкентель, 14 – направляющий блок грузового шкентеля, 15 – обух шкентеля, 16 – врезной шкив, 17 – скоба, 18 – верхний грузовой блок талей, 19 – нижний грузовой блок талей, 20 – ушко, 21 – грузовой гак, 22 – грузовая таль, 23 – лебедка топенантная, 24 – топенант, 25 – направляющий блок топенанта, 26 – обух направляющего блока топенанта, 27 – подвижный блок топенант-тали, 28 – треугольная планка, 29 – вертлюг, 30 – обух блока топенант-талей, 31 – двойная вилка, 32 – неподвижный блок топенант тали, 33 – топенант тали

4.4.4 Грузовые лебедки

Для приведения в движение бегучего такелажа грузового устройства применяют грузовые лебедки. Обычно их устанавливают на верхних палубах или на крышах мачтовых рубок. По роду привода грузовые лебедки можно разделить на ручные, моторные, паровые, электрические, гидравлические.

Ручные лебедки применяются при грузоподъемности стрел до 1 т. Обычно такие лебедки применяют в редко работающих вспомогательных грузовых устройствах на малых судах. Усилие на рукоятке грузовой лебедки не должно превышать 12 кгс, при этом скорость подъема груза может достигать 1–1,5 м/мин.

Моторные лебедки приводятся в действие двигателем внутреннего сгорания. Эти лебедки устанавливают на судах, на которых не хватает энергии от электростанции для работы грузовых лебедок. Применение этих лебедок ограничено.

Паровые лебедки применяют на судах с паросиловыми установками. В настоящее время эти лебедки применяются и на крупных танкерах – для обслуживания грузового устройства сухого трюма и стрелы подачи шлангов. Грузоподъемность паровых лебедок от 3 до 10 т, скорость подъема груза 18–60 м/мин.

Электрические лебедки – самые распространенные на грузовых судах. Грузоподъемность их 1,5–10 т, скорость подъема груза 10–50 м/мин.

Гидравлические лебедки благодаря их положительным качествам можно считать наиболее перспективными. Они имеют небольшие габариты, малый вес, бесступенчатое регулирование скорости в большом диапазоне и надежное предохранение от перегрузок. Грузоподъемности гидравлических лебедок от 1 до 9 т, скорость подъема груза 12–100 м/мин.

Морские суда некоторых типов оборудуются грузовыми устройствами с кранами (Рис. 88). Краны в отличие от стрел не нуждаются в системе блоков и тросов, закрепленных на неподвижных судовых конструкциях. Их производительность выше, чем грузовых стрел. Однако из-за высокой стоимости и неудобства в работе, даже на небольшом волнении, краны на промысловых судах устанавливают редко.

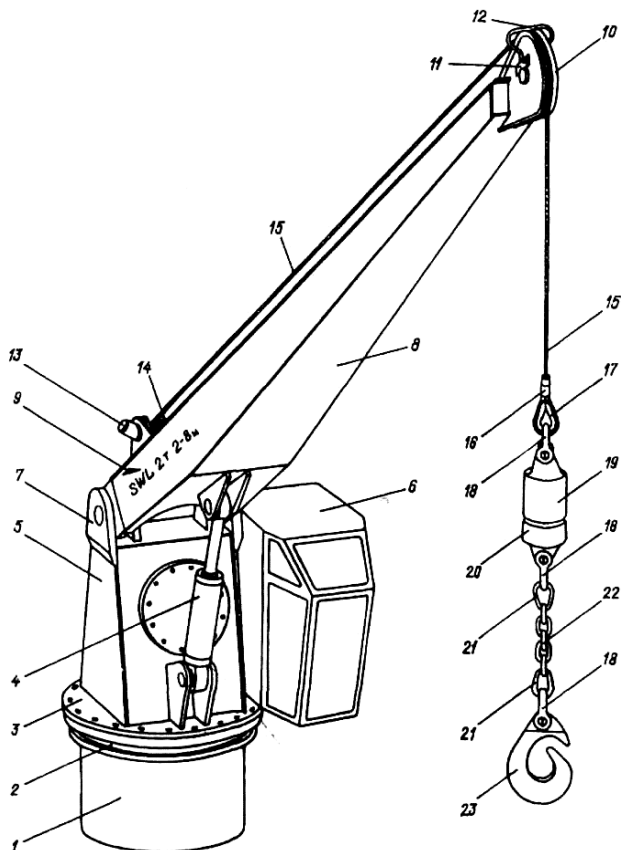


Рис. 88 Палубный полноповоротный кран: 1 – колонна крана, 2 – круг опорно-поворотный, 3 – поворотная часть крана, 4 – гидроцилиндр изменения вылета стрелы, 5 – помещение для механизмов крана, 6 – кабина управления, 7 – подшипник шпора стрелы, 8 – стрела, 9 – маркировка, 10 – защитный лист, 11 – стопорная планка, 12 – защита троса от спадания со шкива, 13 – гидрометр, 14 – лебедка механизма подъема груза, 15 – грузовой шкентель, 16 – тросовый патрон, 17 – коуш, 18 – скоба такелажная, 19 – противовес, 20 – вертлюг, 21 – соединительное звено, 22 – цепь, 23 – грузовой гак

4.4.5 Основные термины и определения

Грузовое устройство – предназначено для погрузки, выгрузки, перемещения грузов и продуктов морского промысла.

Грузовая стрела – это устройство, которым выполняются грузовые операции с помощью системы блоков и тросов.

Шпор – нижний конец стрелы шарнирно соединенный с верлюгом.

Стеньга – часть рангоута, служащая продолжением верхнего конца мачты.

Нок – верхний конец стрелы.

Салинг – конструкция, служащая для соединения частей вертикального рангоута.

Топенант – трос, служащий для закрепления стрелы над люком трюма под определённым углом к горизонту.

Тали оттяжки – грузоподъёмное устройство, состоящие из пары блоков, через которые проходит трос.

Турачка – боковой барабан на грузовом валу лебёдки (или брашпиля), предназначенный для натяжения и выборки швартовов и т.п.

Штаг – наклонный трос, раскрепляющий мачту вдоль судна.

Цепной стопор – служит для закрепления ходового конца топенанта после установки стрелы в рабочем положении.

Шкентель – трос, обеспечивающий вертикальное перемещение груза.

Оттяжка – трос, служащий для поворота грузовой стрелы и её фиксирования в положении «над люком» или «за бортом». Состоит из мантыля и талей.

Мантыль оттяжки – короткий стальной трос, который одним концом крепят к обуху на бугеле стрелы, вторым – к таям, закрепляемым на палубе или фальшборте судна.

Гак – стальной крюк, используемый для подъёма груза стрелами, кранами. Глагольгак – откидной крюк.

Топрик – фиксированный трос, соединяющий ноки обеих стрел, который служит для раскрепления стрел при спаренной работе.

Баишмак – устройство для закрепления шпора грузовой стрелы на мачте или фундаменте.

Бугель – устройство с четырьмя обухами, жестко насаженное на нок грузовой стрелы для закрепления бегучего такелажа.

Ванты – тросы, устанавливаемые поперек судна для крепления мачты.

Клотик – самая верхняя точка топ-мачты.

Краспица – поперечный брус (распорка) на мачте.

Рангоут – комплекс надпалубных конструкций и деталей, предназначенных для размещения судовых огней, средств связи, крепления грузовых устройств.

Такелаж – совокупность судовых снастей для крепления рангоута и управления грузоподъемными работами: ванты, штаги, оттяжки и т.п.

Палубный механизмы – механизмы и машины, расположенные на верхней палубе судна и обеспечивающие его различные эксплуатационные потребности.

Талреп – приспособление для натягивания снастей.

В ТЕХНИЧЕСКИЙ НАДЗОР НАД СУДАМИ

5.1 Функция Российского морского Регистра судоходства

Регистр является государственным учреждением, проводящим освидетельствования и классификацию гражданских судов. Регистр является членом Международной ассоциации классификационных обществ (МАКО) и учитывает в своей деятельности решения МАКО и положение Кодекса этики МАКО.

Кроме того, Регистр по получению и от имени правительства Российской Федерации или по получению правительств других стран проводит в пределах своей компетенции освидетельствования в соответствии с требованиями международных конвенций, соглашений и договоров, в которых учувствуют упомянутые страны.

Регистр устанавливает технические требования, обеспечивающие условия безопасного плавания в соответствии с их назначением, охраны человеческой жизни и надлежащей перевозки грузов на море и на внутренних водных путях, предотвращения загрязнения с судов, проводит освидетельствования в соответствии с этими требованиями, производит классификацию судов, устанавливает валовую и чистую вместимость морских судов и обмерные характеристики находящихся на учёте Регистра судов внутреннего плавания.

Деятельность Регистра осуществляется на основании издаваемых им правил и имеет целью определить, отвечают ли правилам и дополнительным требованиям суда, состоящие на учёте Регистра, а также материалы и изделия, предназначенные для постройки и ремонта судов и их оборудования. Применение и выполнение правил и дополнительных требований является обязанностью проектных организаций, судовладельцев, судоверфей, а также предприятий, которые изготавливают материалы и изделия, на которые распространяются требования правил.

Толкование требований правил других нормативных документов Регистра находятся в компетенции только Регистра.

Классификационная деятельность Регистра включает в себя:

1. Разработку и издание правил и иных нормативных документов.

2. Рассмотрение и одобрение технической документации.
3. Проведение освидетельствований при постройке, переоборудовании, модернизации и ремонте судов, при изготовлении и ремонте изделий и изготовлении материалов, используемых в судостроении.
4. Проведение освидетельствований судов в эксплуатации.
5. Присвоение, возобновление и восстановление класса.
6. Оформление и выдача документов Регистра.

К иной деятельности Регистра относятся:

1. Освидетельствование судов при постройке, переоборудовании, модернизации и ремонте в соответствии с положениями международных конвенций и соглашений.
2. Учёт судов.
3. Расследование и учёт аварийных случаев на судах.
4. Инициативные освидетельствования судов.
5. Проведение экспертиз по техническим вопросам.
6. Прочая деятельность, не связанная с классификацией судов.

Регистр издаёт Регистровую книгу судов, в которой содержится сведения о морских самоходных судах валовой вместимостью 100 и более, имеющих класс Регистра.

За выполненные работы Регистр взимает плату, которая назначается в соответствии с действующей системой ценообразования Регистра. В случае неисполнения или ненадлежащего исполнения обязательств перед Регистром, в том числе по оплате его услуг, Регистр имеет право не присваивать класс или, в случае когда класс уже присвоен, приостановить его действие либо снять класс с судна, и изъять (сделать запись о недействительности) выданные Регистром документы.

5.2 Класс судна

Присвоение судну класса Регистра означает подтверждение Регистром в соответствии конструкции судна применимых требований Правил Регистра.

Регистр может присвоить класс судну по результатам освидетельствования при его постройке, а также присвоить или возобновить класс судну, находящемуся в эксплуатации.

Класс судну присваивается или возобновляется Регистром, как правило, на пятилетний период, однако в обоснованных случаях Регистр может присвоить или возобновить класс на меньший срок.

Наличие у судна действующего класса Регистра означает, что техническое состояние судна полностью или в степени, признанной Регистром за достаточную, удовлетворяет тем требованиям Правил, которые на него распространяются в соответствии с назначением, условиями эксплуатации и символом класса судна. Наличие у судна действующего класса удостоверяется наличием на судне действующего Классификационного свидетельства.

Присваиваемый Регистром судну или плавучему сооружению класс состоит из основного символа и дополнительных знаков и совестных характеристик, определяющих конструкцию и назначение судна или плавучего сооружения.

В 2008 году Регистром были изменены некоторые символы класса и дополнительные характеристики, поэтому в таблице 1 приведены как прежние обозначения, так и новые.

Таблица основных символов, дополнительных знаков и словесных характеристик

Таблица 1

Прежнее обозначение	Новое обозначение	
КМ☼	КМ☼	Основной символ класса судна или плавучего сооружения, построенного по правилам и под наблюдением Российского морского регистра судоходства
КМ★	КМ★	Основной символ класса судна или плавучего сооружения, которое полностью (либо его корпус, либо механическая установка, механизмы, оборудование) построено и/или изготовлено по правилам и под наблюдением другого признанного Российским морским регистром судоходства классификационного органа, а затем судну или плавучему сооружению присвоен класс Российского морского регистра судоходства
КМ★	КМ★	Основной символ класса судна или плавучего сооружения, которое полностью (либо его корпус, либо механическая установка, механизмы, оборудование) построено и/или изготовлено по правилам и под наблюдением классификационного общества-члена МАКО, но которому в силу особенностей конструкции невозможно присвоение основного символа класса КМ★ при переклассификации на класс Российского морского регистра судоходства

(KM)★	(KM)★	Основной символ класса судна или плавучего сооружения, которое полностью (либо его корпус, либо механическая установка, механизмы, оборудование) построено и/или изготовлено без наблюдения другого признанного Российским морским регистром судоходства классификационного органа или вообще без наблюдения классификационного органа, а затем судну или плавучему сооружению присвоен класс Российского морского регистра судоходства
УЛА	ULA	Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное плавание во всех районах Мирового океана в летне-осенний период навигации)
УЛ	UL	Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное плавание Арктике в летне-осенний период навигации в легких ледовых условиях и в замерзающих неарктических морях круглогодично)
Л1	L1	Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное плавание Арктике в летне-осенний период навигации в битом разреженном льду и в замерзающих неарктических морях круглогодично в легких ледовых условиях)
Л2	L2	Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное плавание в неарктических морях в мелкобитом разреженном льду)
Л3	L3	Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное плавание в неарктических морях в мелкобитом разреженном льду)
Л4	L4	Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное эпизодическое плавание в неарктических морях в мелкобитом разреженном льду)

ЛУ1	Ice1	Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное эпизодическое плавание в мелкобитом разреженном льду неарктических морей и в сплошном льду в канале за ледоколом при толщине льда до 0,4 м)
ЛУ2	Ice2	Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное плавание в мелкобитом разреженном льду неарктических морей и в сплошном льду в канале за ледоколом при толщине льда до 0,55 м)
ЛУ3	Ice3	Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное плавание в мелкобитом разреженном льду неарктических морей и в сплошном льду в канале за ледоколом при толщине льда до 0,7 м)
	Arc4	Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное плавание в разреженных однолетних арктических льдах толщиной до 0,6 м в зимне-весеннюю навигацию и до 0,8 м в летне-осеннюю навигацию. Плавание в канале за ледоколом в однолетних арктических льдах толщиной до 0,7 м в зимне-весеннюю навигацию и до 1,0 м в летне-осеннюю навигацию)
ЛУ5	Arc5	Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное плавание в разреженных однолетних арктических льдах толщиной до 0,8 м в зимне-весеннюю навигацию и до 1,0 м в летне-осеннюю навигацию. Плавание в канале за ледоколом в однолетних арктических льдах толщиной до 0,9 м в зимне-весеннюю навигацию и до 1,2 м в летне-осеннюю навигацию)

ЛУ6	Arc6	Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное плавание в разреженных однолетних арктических льдах толщиной до 1,1 м в зимне-весеннюю навигацию и до 1,3 м в летне-осеннюю навигацию. Плавание в канале за ледаколом в однолетних арктических льдах толщиной до 1,2 м в зимне-весеннюю навигацию и до 1,7 м в летне-осеннюю навигацию)
ЛУ7	Arc7	Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное плавание в сплоченных однолетних арктических льдах толщиной до 1,4 м в зимне-весеннюю навигацию и до 1,7 м в летне-осеннюю навигацию при эпизодическом преодолении ледовых перемычек с помощью работы набегам. Плавание в канале за ледаколом в однолетних арктических льдах толщиной до 2,0 м в зимне-весеннюю навигацию и в двухлетних арктических льдах толщиной до 3,2 м в летне-осеннюю навигацию)
ЛУ8	Arc8	Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное плавание в сплоченных однолетних и двухлетних арктических льдах толщиной до 2,1 м в зимне-весеннюю навигацию и до 3,1 м в летне-осеннюю навигацию. Преодоление ледовых перемычек с помощью работы набегам. Плавание в канале за ледаколом в двухлетних арктических льдах толщиной до 3,4 м в зимне-весеннюю навигацию и в многолетних льдах в летне-осеннюю навигацию без ограничений)

ЛУ9	Arc9	Знак категории ледовых усилений судна (самостоятельное плавание в сплоченных многолетних арктических льдах толщиной до 3,5 м в зимне-весеннюю навигацию и до 4,0 м в летне-осеннюю навигацию. Преодоление ледовых перемычек с помощью работы набегами. Эпизодическое преодоление участков однолетних и двухлетних сплошных льдов с помощью работы набегами)
ЛЛ1	LL1	Знак категории ледокола (выполнение всех видов ледокольных работ в арктических морях по прибрежным и высокоширотным заприпайным трассам в течение всего года. Может продвигаться в сплошном ледяном поле толщиной более 2,0 м. Суммарная мощность на гребных валах 47807 кВт и более)
ЛЛ2	LL2	Знак категории ледокола (выполнение всех видов ледокольных работ в арктических морях в летний период, а в зимний период по прибрежным трассам. Может продвигаться в сплошном ледяном поле толщиной менее 2,0 м. Суммарная мощность на гребных валах от 22065 до 47807 кВт)
ЛЛ3	LL3	Знак категории ледокола (выполнение всех видов ледокольных работ в неарктических замерзающих морях, в мелководных и устьевых участках рек, впадающих в арктические моря, в зимний период самостоятельно, а также в арктических морях по прибрежным трассам в течение всего года совместно с ледоколами высших категорий. Может продвигаться в сплошном ледяном поле толщиной менее 1,5 м. Суммарная мощность на гребных валах от 11032 до 22065 кВт)

ЛЛ4	LL4	Знак категории ледокола (выполнение всех видов ледокольных работ в портовых и припортовых акваториях в течение всего года самостоятельно, а также в неарктических замерзающих морях в зимний период совместно с ледоколами высших категорий. Может продвигаться в сплошном ледяном поле толщиной менее 1,0 м. Суммарная мощность на гребных валах менее 11032 кВт)
ЛЛ6	Icebreaker6	Знак категории ледокола (выполнение ледокольных операций в портовых и припортовых акваториях, а также в неарктических замерзающих морях при толщине льда до 1,5 м. Способен продвигаться непрерывным ходом в сплошном ледовом поле толщиной до 1,0м)
ЛЛ7	Icebreaker7	Знак категории ледокола (выполнение ледокольных операций: на прибрежных трассах арктических морей в зимне-весеннюю навигацию при толщине льда до 2,0 м и в летне-осеннюю навигацию при толщине льда до 2,5 м; в неарктических замерзающих морях и в устьевых участках рек, впадающих в арктические моря, - при толщине льда до 2,0 м. Способен продвигаться непрерывным ходом в сплошном ледовом поле толщиной до 1,5м. Суммарная мощность на гребных валах не менее 11 МВт)
ЛЛ8	Icebreaker8	Знак категории ледокола (выполнение ледокольных операций: на прибрежных трассах арктических морей в зимне-весеннюю навигацию при толщине льда до 3,0 м и в летне-осеннюю навигацию – без ограничений. Способен продвигаться непрерывным ходом в сплошном ледовом поле толщиной до 2,0м. Суммарная мощность на гребных валах не менее 22 МВт)

ЛЛ9	Icebreaker9	Знак категории ледокола (выполнение ледокольных операций: в арктических морях в зимне-весеннюю навигацию при толщине льда до 4,0 м и в летне-осеннюю навигацию – без ограничений. Способен продвигаться непрерывным ходом в сплошном ледовом поле толщиной до 2,5м. Суммарная мощность на гребных валах не менее 48 МВт)
1	1	Знак деления на отсеки (одноотсечная непотопляемость)
2	2	Знак деления на отсеки (двухотсечная непотопляемость)
3	3	Знак деления на отсеки (трехотсечная непотопляемость)
I	R1	Знак ограничения района плавания (плавание в морских районах на волнении с высотой волны 3%-ной обеспеченности 8,5 м, с удалением от места убежища не более 200 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 400 миль)
II	R2	Знак ограничения района плавания (плавание в морских районах на волнении с высотой волны 3%-ной обеспеченности 7,0 м, с удалением от места убежища не более 100 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 200 миль)
IIСП	R2-RSN	Знак ограничения района плавания (смешанное (река-море) плавание на волнении с высотой волны 3%-ной обеспеченности 6,0 м, с удалением от места убежища: - в открытых морях не более 50 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 100 миль; - в закрытых морях не более 100 миль и с допустимым расстоянием между местами убежища не более 200 миль)

III	R3	Знак ограничения района плавания (портовое, рейдовое и прибрежное плавание на границах, установленных Российским морским регистром судоходства в каждом случае)
IIIСП	R3-RSN	Знак ограничения района плавания (смешанное (река-море) плавание на волнении с высотой волны 3%-ной обеспеченности 3,5 м, с учетом конкретных ограничений по району и условиям плавания, обусловленных ветроволновыми режимами бассейнов, с установлением при этом максимально допустимого удаления от места убежища, которое не должно превышать 50 миль)
A1	AUT1	Знак автоматизации (объем автоматизации механической установки, за исключением пассажирских судов и судов специального назначения, имеющих на борту специальный персонал более 200 чел., позволяет ее эксплуатацию без постоянного присутствия обслуживающего персонала в машинных помещениях и центральном посту управления)
A2	AUT2	Знак автоматизации (объем автоматизации механической установки позволяет ее эксплуатацию одним оператором из центрального поста управления без постоянного присутствия обслуживающего персонала в машинных помещениях)
A3	AUT3	Знак автоматизации (объем автоматизации механической установки с помощью главных механизмов до 2250 кВт позволяет ее эксплуатацию без постоянного присутствия обслуживающего персонала в машинных помещениях)

A1И, A2И or A3И	AUT1-ICS, AUT2-ICS, AUT3-ICS	Знак автоматизации, если автоматизация выполнена с применением компьютерной интегрированной системы управления и контроля
A1К, A2К or A3К	AUT1-C, AUT2-C, AUT3-C	Знак автоматизации, если автоматизация выполнена с применением компьютеров или программируемых логических контролеров (PLC)
Ac	AUTstab	Знак автоматической стабилизации высокоскоростного судна (на судне установлена система, обеспечивающая автоматическую или полуавтоматическую стабилизацию судна в пространстве, и без этой системы судно не может двигаться в эксплуатационном режиме)
ДИНПОЗ-1	DYNPOS-1	Знак оснащенности судна системой динамического позиционирования класса 1 (система динамического позиционирования с минимальным резервированием ее подсистем, обеспечивающим удержание судна над точкой позиционирования при единичном отказе одного активного или пассивного элемента системы)
ДИНПОЗ-2	DYNPOS-2	Знак оснащенности судна системой динамического позиционирования класса 2 (система динамического позиционирования с резервированием ее подсистем. Допускается потеря положения над точкой позиционирования при единичном отказе в системе, то есть отказе одного любого активного элемента системы, при этом считается, что отказ пассивных элементов исключен за счет наличия соответствующей защиты)

ДИНПОЗ-3	DYNPOS-3	Знак оснащенности судна системой динамического позиционирования класса 1 (система динамического позиционирования с минимальным резервированием ее подсистем, обеспечивающим удержание судна над точкой позиционирования при: - единичном отказе одного активного или пассивного элемента системы, или - отказе активных и пассивных элементов системы, находящихся в любом одном из водонепроницаемых отсеков при его затоплении, или - отказе активных и пассивных элементов системы в любом одном из противопожарных отсеков в результате пожара)
(ОВНМ)	OMBO	Знак судна, управляемого одним вахтенным на ходовом мостике
П1	FF1	Знак оснащенности судна средствами борьбы с пожарами на других судах (на судне имеются дополнительные системы, оборудование снабжение для борьбы с пожарами на других судах, буровых установках, плавучих и береговых сооружениях, и судно в отношении этих средств полностью отвечает соответствующим требованиям правил в зависимости от степени оснащенности этими средствами, определяемой составом противопожарных систем и оборудования, предписанного правилами.

П1В	FF1WS	Знак оснащенности судна средствами борьбы с пожарами на других судах (на судне имеются дополнительные системы, оборудование снабжение для борьбы с пожарами на других судах, буровых установках, плавучих и береговых сооружениях, и судно в отношении этих средств полностью отвечает соответствующим требованиям правил в зависимости от степени оснащенности этими средствами, определяемой составом противопожарных систем и оборудования, предписанного правилами
П2	FF2	Знак оснащенности судна средствами борьбы с пожарами на других судах (на судне имеются дополнительные системы, оборудование снабжение для борьбы с пожарами на других судах, буровых установках, плавучих и береговых сооружениях, и судно в отношении этих средств полностью отвечает соответствующим требованиям правил в зависимости от степени оснащенности этими средствами, определяемой составом противопожарных систем и оборудования, предписанного правилами
П2В	FF2WS	Знак оснащенности судна средствами борьбы с пожарами на других судах (на судне имеются дополнительные системы, оборудование снабжение для борьбы с пожарами на других судах, буровых установках, плавучих и береговых сооружениях, и судно в отношении этих средств полностью отвечает соответствующим требованиям правил в зависимости от степени оснащенности этими средствами, определяемой составом противопожарных систем и оборудования, предписанного правилами
П3В	FF3WS	Знак оснащенности судна средствами борьбы с пожарами на других судах (на судне имеются дополнительные системы, оборудование снабжение для борьбы с пожарами на других судах, буровых установках, пла-

		вучих и береговых сооружениях, и судно в отношении этих средств полностью отвечает соответствующим требованиям правил в зависимости от степени оснащённости этими средствами, определяемой составом противопожарных систем и оборудования, предписанного правилами
РЕФ	REF	Знак судна, предназначенного для перевозки охлажденных грузов в специально оборудованных помещениях и/или в термоизолированных контейнерах и имеющего при этом холодильную установку, классифицированную Российским морским регистром судоходства
(РЕФ)	(REF)	Знак судна, предназначенного для перевозки или сохранения охлажденных грузов или продуктов лова в судовых грузовых помещениях и/или в термоизолированных контейнерах и использующего для поддержания требуемой температуры неклассифицированную этим холодильную установку
		Знак атомного судна (судно оборудовано атомной энергетической установкой)
		Знак судна атомно-технологического обслуживания, осуществляющего весь комплекс технологического обслуживания атомных судов либо отдельные его виды
(ОП)	(ESP)	Знак освидетельствования по расширенной программе
СВПа	ACV	Судно на воздушной подушке амфибийное
СВПс	SES	Судно на воздушной подушке скеговое
СПК	hydrofoil craft	Судно на подводных крыльях
СС	HSC	Скоростное судно

СМПВ	SWATH	Судно с малой площадью ватерлинии
МКС	МНС	Многокорпусное судно
bulk carrier BC-A (ESP)	bulk carrier BC-A (ESP)	Судно длиной 150 м и более, предназначенное для перевозки навалочных грузов плотностью 1 т/м ³ и выше, при максимальной осадке определенные трюмы остаются пустыми
bulk carrier BC-B (ESP)	bulk carrier BC-B (ESP)	Судно длиной 150 м и более, предназначенное для перевозки навалочных грузов плотностью 1 т/м ³ и выше, при загрузке всех трюмов
bulk carrier BC-C (ESP)	bulk carrier BC-C (ESP)	Судно длиной 150 м и более, предназначенное для перевозки навалочных грузов плотностью 1 т/м ³
bulk carrier BC-A (ESP) (no MP)	bulk carrier BC-A (ESP) (no MP)	Судно длиной 150 м и более, предназначенное для перевозки навалочных грузов плотностью 1 т/м ³ и выше, при максимальной осадке определенные трюмы остаются пустыми. Изначально не спроектировано для погрузки и разгрузки в нескольких портах
bulk carrier BC-B (ESP) (no MP)	bulk carrier BC-B (ESP) (no MP)	Судно длиной 150 м и более, предназначенное для перевозки навалочных грузов плотностью 1 т/м ³ и выше, при загрузке всех трюмов. Изначально не спроектировано для погрузки и разгрузки в нескольких портах
bulk carrier BC-C (ESP) (no MP)	bulk carrier BC-C (ESP) (no MP)	Судно длиной 150 м и более, предназначенное для перевозки навалочных грузов плотностью 1 т/м ³ и выше. Изначально не спроектировано для погрузки и разгрузки в нескольких портах
ECO	ECO	Знак в символе класса, определяющий основные требования по контролю и ограничению эксплуатационных выбросов и сбросов
ECO-S	ECO-S	Знак в символе класса, определяющий дополнительные требования по контролю и ограничению эксплуатационных выбросов и сбросов

gas carrier type 1G	gas carrier type 1G	Судно, предназначенное для перевозки грузов, которые требуют обеспечения максимальных предупредительных мер для предотвращения их утечки
gas carrier type 2G	gas carrier type 2G	Судно, предназначенное для перевозки грузов, которые требуют обеспечения значительных предупредительных мер для предотвращения их утечки
gas carrier type 2PG	gas carrier type 2PG	Судно длиной 150 м и менее, предназначенное для перевозки грузов, которые требуют обеспечения значительных предупредительных мер для предотвращения их утечки, и где грузы должны перевозиться во вкладных цистернах типа С, рассчитанных на MARVS более 700 кПа и расчетную температуру в грузосодержащей системе 55 °С или выше
gas carrier type 3G	gas carrier type 3G	Судно, предназначенное для перевозки грузов, которые требуют обеспечения умеренных предупредительных мер для предотвращения их утечки
chemical tanker type 1	chemical tanker type 1	Судно, предназначенное для перевозки грузов, которые требуют обеспечения максимальных предупредительных мер для предотвращения их утечки

chemical tanker type 2	chemical tanker type 2	Судно, предназначенное для перевозки грузов, которые требуют обеспечения значительных предупредительных мер для предотвращения их утечки
chemical tanker type 3	chemical tanker type 3	Судно, предназначенное для перевозки грузов, представляющих серьезную опасность, которые требуют обеспечения умеренной степени защиты для увеличения живучести в поврежденном состоянии
(Символ класса холодильной установки) Класс холодильной установки означает, что холодильная установка полностью или в степени, признанной Российским морским регистром судоходства за достаточную, удовлетворяет тем требованиям правил Российского морского регистра судоходства, которые к ней относятся и что холодильная установка находится под предусмотренным правилами наблюдением Российского морского регистра судоходства за ее техническим состоянием в течение установленного периода с проведением обязательных освидетельствований, предписанных правилами на этот период. Класс холодильной установки удостоверяется наличием действующего Классификационного свидетельства на холодильную установку. В символе класса холодильной установки используются символы и знаки.		
X⊗	REF⊗	Основной символ класса холодильной установки, построенной по правилам и под наблюдением Российского морского регистра судоходства
X★	REF★	Основной символ класса холодильной установки, построенной по правилам и под наблюдением Российского морского регистра судоходства классификационного органа, а затем ей присвоен класс Российского морского регистра судоходства

X★	REF★	Основной символ класса холодильной установки, построенной по правилам и под наблюдением классификационного общества-члена МАКО, но который в силу неполного соответствия требованиям правил не может быть присвоен символ REF при переклассификации на класс Российского морского регистра судоходства
(X)★	(REF)★	Основной символ класса холодильной установки, построенной без наблюдения признанного Российским морским регистром судоходства классификационного органа или вообще без наблюдения классификационного органа, а затем ей присвоен класс Российского морского регистра судоходства
Г	CA	Знак, означающий, что в дополнение к холодильной установке судно оборудовано системой регулирования состава газовой среды в охлаждаемых помещениях и/или термоизолированных контейнерах
К	CONTAINERS	Знак, означающий, что холодильная установка предназначена для охлаждения груза, перевозимого в термоизолированных контейнерах
Н	LG	Знак, означающий, что холодильная установка предназначена для поддержания требуемого режима перевозки сниженных газов наливом
З	QUICK FREEZING	Знак промысловой охлаждающей и морозильной установки (установка предназначена для охлаждения или замораживания продуктов промысла)
+	PRECOOLING	Знак способности к охлаждению продуктов промысла (мощность холодильной установки позволяет производить охлаждение на судне груза, предварительно не охлажденного, за время, в течение которого обеспечивается его сохранность)

VI ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И МОРЕХОДНЫЕ КАЧЕСТВА СУДНА

6.1 Эксплуатационные качества судна

6.1.1 Водоизмещение

1. Объёмным водоизмещением судна ∇ называется объём подводной части судна, равный объёму вытесненной судном воды. Измеряется в м³.

2. Водоизмещение судна порожнем Δ представляет собой вес порожнего судна, т.е. вес корпуса, механизмов и оборудования без груза, запасов топлива, смазки, воды, продовольствия и без учёта веса экипажа и багажа. Измеряется в тоннах.

3. Водоизмещение Δ – это полная масса судна, равная массе вытесненной судном воды. Измеряется в тоннах:

$$\Delta = \Delta_0 + DW \quad (1), \text{ где}$$

Δ – водоизмещение (т);

Δ_0 – водоизмещение судна порожнем (т);

DW – дедвейт

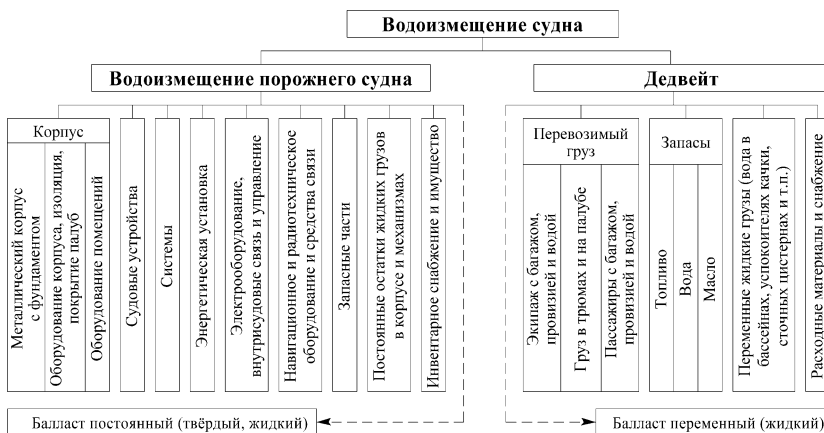


Рис. 89 Основные статьи водоизмещения судна

6.1.2 Грузоподъёмность

Грузоподъёмностью называют массу различного рода грузов, которые может перевезти судно. Различают чистую грузоподъёмность и дедвейт.

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

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

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

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

В отличие от дедвейта водоизмещение (масса) порожнего судна представляет собой сумму всех постоянных масс, из которых складывается масса конструкции построенного судна (масса корпуса, механизмов, судовых устройств, систем и оборудования) и масса постоянного инвентарного снабжения. Сюда включается масса тех частей запаса топлива, воды и масла, которые находятся в котлах, механизмах и трубопроводах подготовленной к запуску энергетической установки судна, а также масса тех остатков различных жидких грузов и цистернах, которые не могут быть удалены при откачке (так называемый мёртвый запас). Твёрдый балласт, укладываемый на некоторых судах для обеспечения остойчивости, учитывают при вычислении водоизмещения порожнего судна (Рис. 89).

$$DW = P_9 + P_3 + P_2 + P_6 \quad (2), \text{ где}$$

P_9 – суммарная масса экипажа, провизии и снабжения;

P_3 – жидкие запасы;

P_2 – перевозимый судном груз;

P_6 – жидкий балласт (заборная вода, принимаемая в специальные (балластные танки для изменения параметров посадки и остойчивости).

6.1.3 Грузовместимость

Объём судовых помещений, предназначенных для перевозки грузов, называется грузовместимостью судна (м^3). Различают *киповую грузовместимость* (грузовместимость при заполнении штучными грузами, например, рыбой в ящиках) и *грузовместимостью насыпью* (грузовместимость при заполнении насыпными грузами, например солью). Киповая грузовместимость включает объём грузовых помещений между внутренними кромками выступающих частей. Грузовместимость насыпью подсчитывается с учётом всех свободных пространств, имеющих в грузовых помещениях.

Каждый груз обладает определённым удельным погрузочным объёмом – так называют средний объём, начисляемый в кубических метрах (м^3), который необходим для размещения 1 тонны груза.

Удельный погрузочный объём (удельная грузовместимость) μ ($\text{м}^3/\text{т}$), определяется как отношение кубатуры трюмов W (объём трюмов) к чистой грузоподъёмности (массе груза) $P_{гр}$.

$$\mu = \frac{W}{P_{гр}} \quad (3), \text{ где}$$

μ – удельный погрузочный объём ($\text{м}^3/\text{т}$);

W – объём трюма (м^3),

$P_{гр}$ – масса груза в трюме (т).

Для определения платы, взимаемой с судна за пользование причалами, каналами за лоцманские услуги и статического учёта флота специальные правила устанавливают *вместимость судна*, измеряемую в регистровых тоннах (регистрационная вместимость).

Регистровая тонна – единица объёма, равная 2,83 м³. В практике эксплуатации флота пользуются понятиями валовой и чистой вместимости судна.

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

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

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

6.1.4 Скорость

Скорость – важнейшее эксплуатационное качество судна, определяющее быстроту транспортных операций. Скорость измеряют в узлах.

Узел – единица скорости, равная одной морской миле в час (1,852 км/ч).

Различают техническую, паспортную и валовую эксплуатационную скорость судна. Под *технической скоростью* понимают среднюю скорость судна относительно воды за длительный интервал времени, которую способно поддерживать судно при установленном режиме работы машины, определённых гидрометеорологических условий и чистом корпусе. *Паспортная скорость* устанавливается во время теплотехнических испытаний и является нормативной величиной на определённый срок эксплуатации данного судна. *Валовая эксплуатационная скорость* – это средняя скорость судна, вычисленная как отношение расстояния, пройденного между двумя или несколькими портами, к ходовому времени.

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

6.1.5 Дальность плавания

Дальностью плавания называют расстояние, которое судно может пройти с заданной скоростью без пополнения запасов топлива, котельно-питательной воды и масла. Дальность плавания зависит от назначения судна. В настоящее время в связи с развитием международной торговли и связанных с этим межконтинентальных рейсов значительно повысилась дальность плавания транспортных судов – она достигает 15000–20000 миль.

6.1.6 Автономность

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

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

6.2 Мореходные качества судна

6.2.1 Плавучесть

Плавучестью называется способность судна поддерживать вертикальное равновесие с заданной посадкой под действием приложенной к судну силы тяжести и *выталкивающей силы воды (силы поддержания или плавучести)*.

6.2.2 Управляемость

Управляемость – это способность судна удерживать заданное направление движения или изменять его в соответствии с командами судоводителя.

6.2.3 Ходкость

Ходкость – это способность судна поддерживать заданную скорость при наименьшей затрате мощности двигателя.

6.2.4 Маневренность

Маневренность – это способность судна изменять направление движения.

6.2.5 Остойчивость

Остойчивость – это способность судна, выведенного из положения вертикального равновесия под действием внешних сил, вновь возвращаться в исходное положение равновесия, после прекращения действия этих сил.

6.2.6 Непотопляемость

Непотопляемость – это способность судна в достаточной мере сохранять мореходные качества при аварийном затоплении отсека.

6.2.7 Живучесть

Живучесть – это способность судна при получении повреждений сохранять свои эксплуатационные и мореходные качества.

VII ГЕОМЕТРИЯ КОРПУСА СУДНА

Система координат, используемая для решения задач статики судна, решаемых судоводителем в процессе его эксплуатации, образуется при пересечении трёх взаимоперпендикулярных плоскостей – *основной*, *диаметральной* и плоскости *мидель-шпангоута*.

Основная плоскость (ОП) – горизонтальная продольная плоскость, проходящая по внутренней поверхности горизонтального киля: у судов, имеющих так называемый построечный дифферент (например, СТР-503), основная плоскость проходит через линию пересечения внутренней поверхности горизонтального киля с плоскостью мидель-шпангоута.

Диаметральная плоскость (ДП) – продольная вертикальная плоскость симметрии корпуса судна.

Плоскость мидель-шпангоута (⊗) – поперечная вертикальная плоскость, равноудалённая от носового и кормового перпендикуляров.

Проекция основной плоскости на диаметральную называется основной линией (ОЛ).

Плоскость конструктивной ватерлинии (КВЛ) называется горизонтальная продольная плоскость, параллельная основной плоскости (ОП), отстоящая от ОП на величину проектной осадки (обычно соответствует летней грузовой ватерлинии).

Горизонтальная продольная плоскость, совпадающая с поверхностью воды называется плоскостью ватерлинии (Рис. 90).

Ватерлинией (ВЛ) называется сечение корпуса судна плоскостью, совпадающей с неволнованной поверхностью воды.

Носовой перпендикуляр – это линия, перпендикулярна основной плоскости, проходящая через точку пресечения КВЛ с передней кромкой форштевня.

Кормовой перпендикуляр – это линия, перпендикулярная основной плоскости, проходящая по оси баллера руля или на расстоянии 0,96 длины судна по летнюю грузовую ватерлинию от носового перпендикуляра.

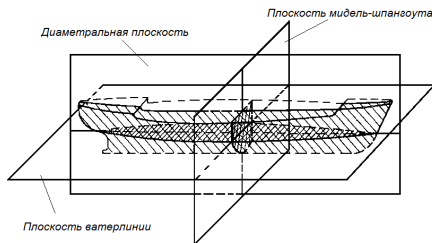


Рис. 90 Сечение корпуса судна тремя взаимно-перпендикулярными плоскостями

Линия пересечения $ОП$ и $ДП$ образует ось абсцисс O_X (положительное направление – в нос судна; абсциссы отсчитываются от $\otimes$); линия пересечения $ОП$ и $\otimes$ – ось ординат O_Y (положительное направление – вправо; ординаты отсчитываются от $ДП$); линия пересечения $ДП$ и $\otimes$ – ось аппликат O_Z (положительное направление – вверх; аппликаты отсчитываются от $ОП$) (Рис. 91).

Уравнивания плоскостей, параллельных плоскостям теоретического чертежа, имеют следующий вид:

$X = 5$ – плоскость, параллельная плоскости мидель-шпангоута, отстоящая от $\otimes$ на 5 м в нос судна, т.е. плоскость соответствующего шпангоута;

$Y = -2$ – плоскость, параллельная $ДП$, отстоящая от $ДП$ на 2 м влево;

$Z = 6$ – плоскость, параллельная $ОП$, т.е. плоскость теоретической ватерлинии, соответствующей осадке 6 м.

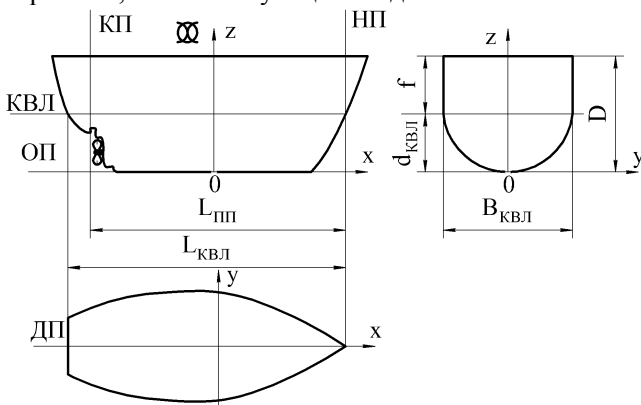


Рис. 91 Координатные оси и параметры посадки

7.2 Главные размерения судна и их соотношения

Главными размерениями называются размеры судна, измеряемые параллельно основным плоскостям. Главные размерения бывают *теоретические* или *расчётные*, *наибольшие* и *габаритные*. Принято измерять длину судна, ширину, осадку и высоту борта.

7.2.1 Теоретические главные размерения

Длина между перпендикулярами ($L_{пп}$) – расстояние между носовым и кормовым перпендикулярами.

Длина по КВЛ ($L_{квл}$) – расстояние между точками пересечения КВЛ с диаметральной плоскостью судна.

Ширина по КВЛ ($B_{квл}$) – наибольшая ширина конструктивной ватерлинии судна.

Осадка на перпендикулярах ($d_{кп}$; $d_{пп}$) – расстояние по вертикали от основной плоскости до следа ватерлинии на кормовом и носовом перпендикулярах. Равна отрезкам соответствующих перпендикуляров от ОП до ВЛ, получаются в результате расчёта.

Высота борта (H) – расстояние по вертикали, измеренное на миделе, от основной плоскости до верхней кромки бимса верхней палубы у борта.

Разность между высотой борта и осадкой определяет высоту надводного борта f .

Расчётная осадка ($d_{квл}$) – измеряется в плоскости мидель-шпангоута от основной плоскости до плоскости конструктивной ватерлинии.

7.2.2 Наибольшие главные размерения

Длина ($L_{нб}$) – расстояние между крайними точками теоритической поверхности корпуса судна без учёта выступающих частей.

Ширина $B_{нб}$ – измерится в наиболее широком месте судна без учёта выступающих частей.

Осадка ($d_{нб}$) – измеряется от нижней кромки – горизонтально-го киля до грузовой ватерлинии.

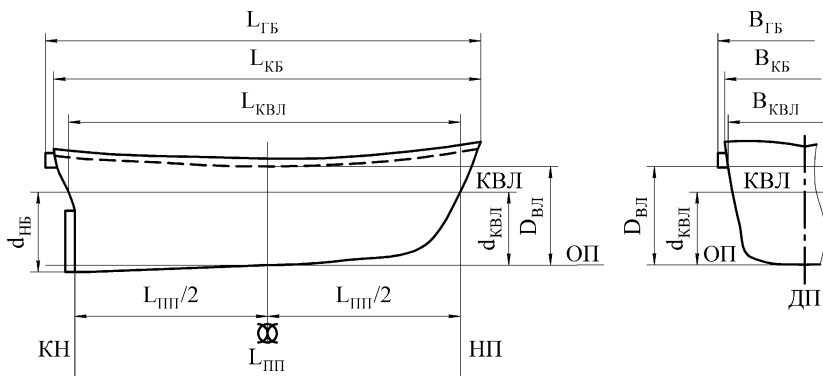


Рис. 92 Главные наибольшие и габаритные размеры судна

7.2.3 Габаритные главные размеры судна

Длина ($L_{ГБ}$) – измеряется между крайними точками теоретической поверхности корпуса судна с учётом постоянно выступающих частей.

Ширина ($B_{ГБ}$) – измеряется с учётом постоянно выступающих частей (например, с привальными брусьями).

Все теоретические или расчётные главные размеры не учитывают толщины наружной обшивки корпуса. Теоретические главные размеры используются в различных расчётах, выполняемых для суждения о качествах судна, определяемых его геометрической формой.

Для общей характеристики формы корпуса используются следующие соотношения главных размещений:

- отношение $\frac{L}{B}$, определяющее в значительной степени ходовые качества судна;
- отношение $\frac{B}{d}$, влияющее на отстойчивость, качку и ходовые качества;
- отношение $\frac{L}{D}$, влияющее на прочность корпуса судна;

- отношение $\frac{D}{d}$, определяющее остойчивость на больших углах крена и непотопляемость судна.

7.3 Теоретический чертёж

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

На теоретическом чертеже (Рис. 94) корпус судна изображается в проекциях на три взаимно перпендикулярные плоскости: диаметральную (ДП), конструктивной ватерлинии (КВЛ) и мидельшпангоута () , называемых соответственно «Бок», «Полуширота» и «Корпус». На проекции «Бок» помимо следа ДП изображают также кривые пересечения поверхности корпуса с плоскостями, параллельными ДП, называемые *батоксами* (обычно проводят 2–3 батокса на каждый борт).

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

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

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

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

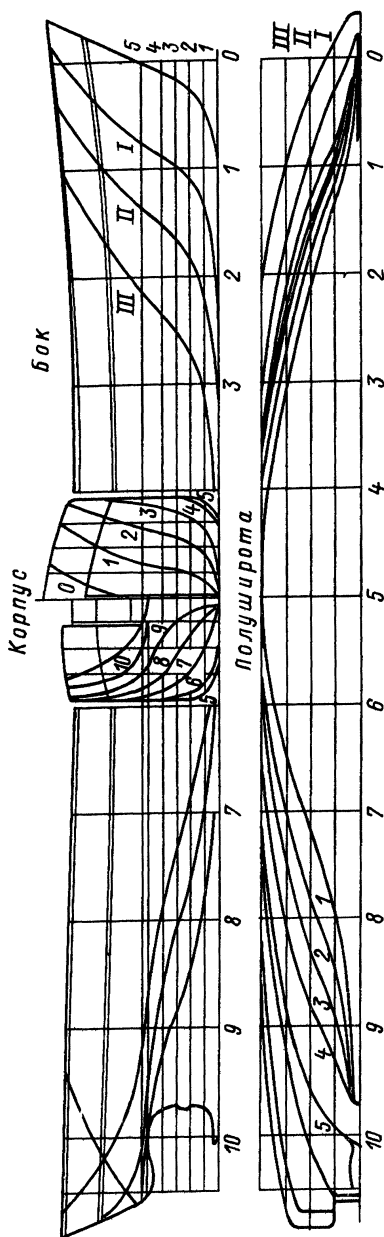


Рис. 3 Теоретический чертёж рыболовного траулера

ДП, а обводы кормовых шпангоутов – слева от неё.

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

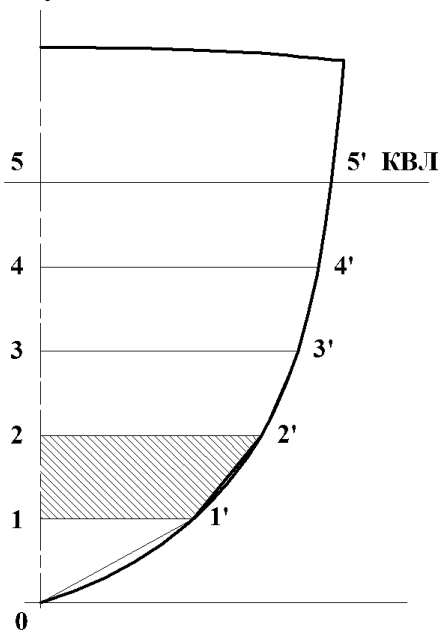


Рис. 95

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

С помощью теоретического чертежа можно, несмотря на сложность формы корпуса судна, достаточно просто и точно определить его объём. Для этого прежде всего рассчитывают площадь всех теоретических шпангоутов, которые делят длину судна на 10 или 20 равных частей. Чтобы найти площадь одного шпангоута, необходимо разбить её на несколько горизонтальных полос (Рис.95). В каждой из этих полос криволинейную кромку можно без большой погрешности заменить прямолинейной (чем на большее число полос будет разбита площадь, тем меньше будет по-

грешность). После этого площадь каждой полоски, представляющей собой трапецию, легко подсчитать. Складывая площади всех полосок, на которые разбита площадь шпангоута, и удвоив их, так как на теоретическом чертеже изображают только половины шпангоутов, получают численную величину площади шпангоута.

Вычислив таким способом площади всех 10 (или 20) теоретических шпангоутов, изображенных на теоретическом чертеже, можно построить кривую, которая показывает, как изменяется площадь поперечного сечения по длине судна. Такую кривую называют строевой по шпангоутам (Рис. 96).

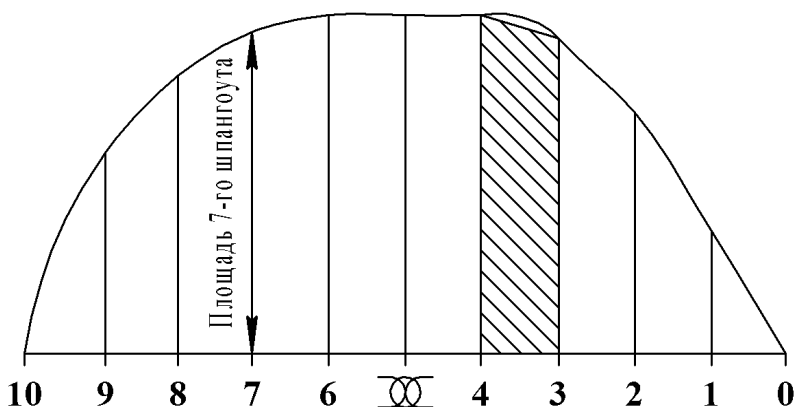


Рис. 96

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

Площадь строевой по шпангоутам равна в выбранном масштабе объёму корпуса судна по той ватерлинии, до которой определяли площадь шпангоута. Её находят таким же образом, как и площадь шпангоута: делением на ряд полос, площадь которых рассчитать несложно. Помимо объёма корпуса судна, по теоретическому чертежу можно определить ряд других важных геометрических характеристик, например положения центра тяжести объёма подводной части корпуса (центра величины), площадь ватерлинии,

коэффициенты полноты и прочие элементы, позволяющие рассчитать и оценить предполагаемые мореходные качества будущего судна. При постройки судна на заводе теоретический чертёж выполняют на специальной площадке – плазе – в масштабе 1 : 1. Для крупных судов чаще применяют разбивку корпуса в масштабе 1 : 10. По вычерченному в масштабе 1 : 1 (или 1 : 10) теоретическому чертежу можно определять достаточно точно истинные размеры и конфигурацию отдельных конструктивных элементов корпуса.

7.4 Безразмерные коэффициенты полноты

Коэффициенты теоретического чертежа в известной мере характеризуют форму корпуса судна и используются для приближенного решения ряда практических задач.

1. Коэффициенты полноты ватерлинии (α) равен отношению площади ватерлинии $S_{ВЛ}$ к площади прямоугольника со стороны, равными длине и ширине ватерлинии (Рис. 97, а).

$$\alpha = \frac{S_{ВЛ}}{LB} \quad (4)$$

2. Коэффициент полноты мидель-шпангоута (β) равен отношению погруженной площади мидель-шпангоута $A_{\text{м}}$ к площади прямоугольника со сторонами, равными ширине ватерлинии B и осадке d (Рис. 97, б).

$$\beta = \frac{A_{\text{м}}}{Bd} \quad (5)$$

3. Коэффициент общей полноты (C_B) равен отношению объема подводной части судна ∇ к объёму прямоугольного параллелепипеда со сторонами, равными длине L и ширине ватерлинии B и осадке d (Рис 97, в).

$$C_B = \frac{\nabla}{LBd} \quad (6)$$

4. Коэффициент продольной полноты (φ) равен отношению объема подводной части судна ∇ к объёму цилиндра, имеющего в основании погружённую площадь мидель-шпангоута $A_{\text{м}}$ и высоту, равную длину ватерлинии L (Рис. 97, г).

$$\varphi = \frac{\nabla}{A_{\infty} \cdot L} = \frac{C_B \cdot \cancel{LBd}}{\beta \cdot \cancel{Bd} \cdot \cancel{L}} = \frac{C_B}{\beta} \quad (7)$$

$$A = \beta \cdot Bd$$

$$\nabla = C_B \cdot LBd \quad \varphi = \frac{\nabla}{A_{\infty} \cdot L} = \frac{C_B \cdot \cancel{LBd}}{\beta \cdot \cancel{Bd} \cdot \cancel{L}} = \frac{C_B}{\beta}$$

5. Коэффициент вертикальной полноты (X) равен отношению объёма подводной части судна ∇ к объёму цилиндра, имеющего в основании площадь ватерлинии S_{BL} и высоту цилиндра, равную осадке d (Рис. 97, δ).

$$X = \frac{\nabla}{S_{BL} \cdot d} = \frac{C_{BL} \cdot LBd}{\alpha \cdot LB \cdot d} = \frac{C_B}{\alpha}$$

(8)

$$\nabla = C_B \cdot LBd$$

$$S_{BL} = \alpha \cdot LB$$

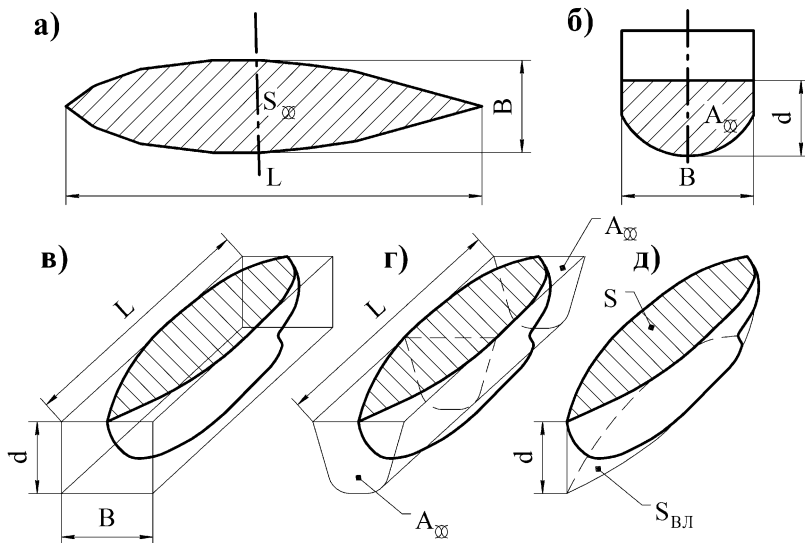


Рис. 97 Безразмерные коэффициенты полноты

7.5 Посадка судна

Положение судна относительно невозмущенной поверхности воды называется посадкой. В задачах, связанных с определением посадки судна, обычно используют связанную с судном прямоугольную координатную систему O_{XYZ} , в которой ось абсцисс (Ox) направлена в нос по линии пересечения диаметральной и основной плоскости, ось ординат (Oy) – правый борт по линии пересечения плоскости мидель-шпангоута и основной плоскости, ось аппликат (Oz) – вверх по линии пересечения диаметральной плоскости и плоскости мидель-шпангоута.

7.5.1 Параметры посадки судна

Параметрами посадки судна являются:

$d_{нп}$ – садка на носовом перпендикуляре – длина отрезка носового перпендикуляра ($НП$) от Ватерлинии ($В/Л$) до основной плоскости ($ОП$);

$d_{кп}$ – осадка на кормовом перпендикуляре – длина отрезка кормового перпендикуляра ($КП$) от ВЛ до ОП;

$d_{\otimes} = \frac{d_{нп} + d_{кп}}{2}$ – осадка на миделе – расстояние от ВЛ до ОП в плоскости мидель-шпангоута;

$d_{ср} = \frac{d_{н} + d_{к}}{2}$ – средняя осадка (полусумма осадок носом и кормой).

Креном называется поперечное наклонение судна относительно главной продольной оси, проходящей через точку F (где F – это центр тяжести площади ватерлинии).

θ – угол крена – угол между диаметральной плоскостью ($ДП$) и вертикалью (линия отвеса), Рис. 98)

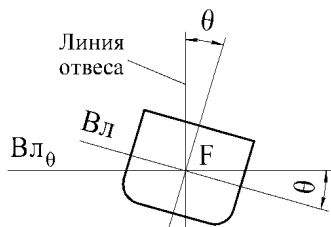


Рис. 98 Угол крена

Если параметр θ равен нулю, то говорят, что судно сидит прямо.

Дифферентом называется продольное наклонение судна относительно главной поперечной оси, проходящей через точку F.

Ψ – угол дифферента – угол между плоскостью мидель-шпангоута и вертикалью (Рис. 99).

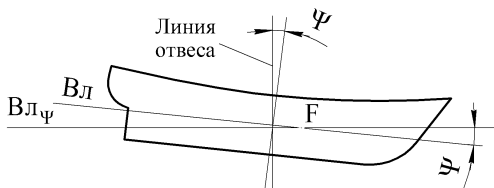


Рис. 99 Угол дифферента

Если параметр Ψ равен нулю, то говорят, что судно сидит на равный киль.

Наклонение судна в вертикальной продольной плоскости может быть также охарактеризовано дифферентом D_f , равным разности осадок носом и кормой: $D_f = d_H - d_K$, где

d_H – осадка судна носом;

d_K – осадка судна кормой.

Дифферент на нос ($D_f > 0$) считается положительным.

Дифферент на корму ($D_f < 0$) считается отрицательным.

7.5.2 Марки углубления

Для контроля за осадкой судна в процессе эксплуатации используют марки углубления, которые наносятся в носу и корме судна. Расстояние (Рис. 100) между ними дается либо в дециметрах (арабскими цифрами), либо в футах (римскими цифрами). По маркам углубления можно замерить осадки судна в носу и корме от ниж-

ней кромки киля, а не от основной плоскости судна. Кроме того, марки углубления не обязательно располагаются на носовом и кормовом перпендикулярах судна. Судовая документация для оценки мореходных качеств судна рассчитывается и строится для осадок судна, отсчитываемых на перпендикулярах от основной плоскости судна. Поэтому для её использования необходимо перейти от осадок на марках углубления d_{HM} и d_{KM} к осадкам на перпендикулярах $d_{HП}$ и $d_{KП}$. Это можно сделать с помощью специального чертежа, на котором приведены шкалы осадок на марках углубления и перпендикулярах (Рис. 111). Для определения $d_{HП}$ и $d_{KП}$ следует найти точки пересечения шкал осадок на перпендикулярах с прямой линией, проведенной через точки d_{HM} и d_{KM} , отмеченные на шкалах марок углубления.

На некоторых судах для определения осадок устанавливается осадкомеры, показания от которых передаются на мостик. Следует отметить, что существующие системы осадкомеров позволяет замерять осадку с достаточной точностью только на тихой воде. Угол крена на судах замеряется кренометром. Для замера угла дифферента некоторые суда снабжаются специальными дифферентометрами. d_{HM} и d_{KM} – осадки носом и кормой, определенные по маркам.

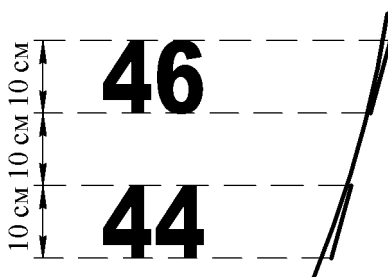


Рис. 100. Марки углубления

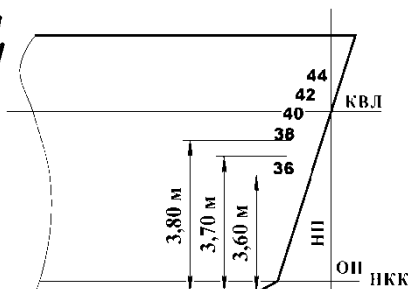


Рис. 101 Осадка на марках углубления

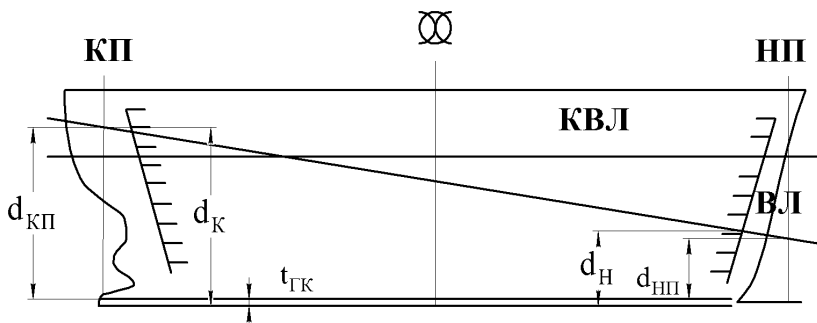


Рис. 102 Осадка на марках углубления

Осадка на марках углубления – это расстояние от нижней кромки горизонтального киля (НKK), до следа ватерлинии на носовой и кормовой шкалах марок углублений (Рис. 102).

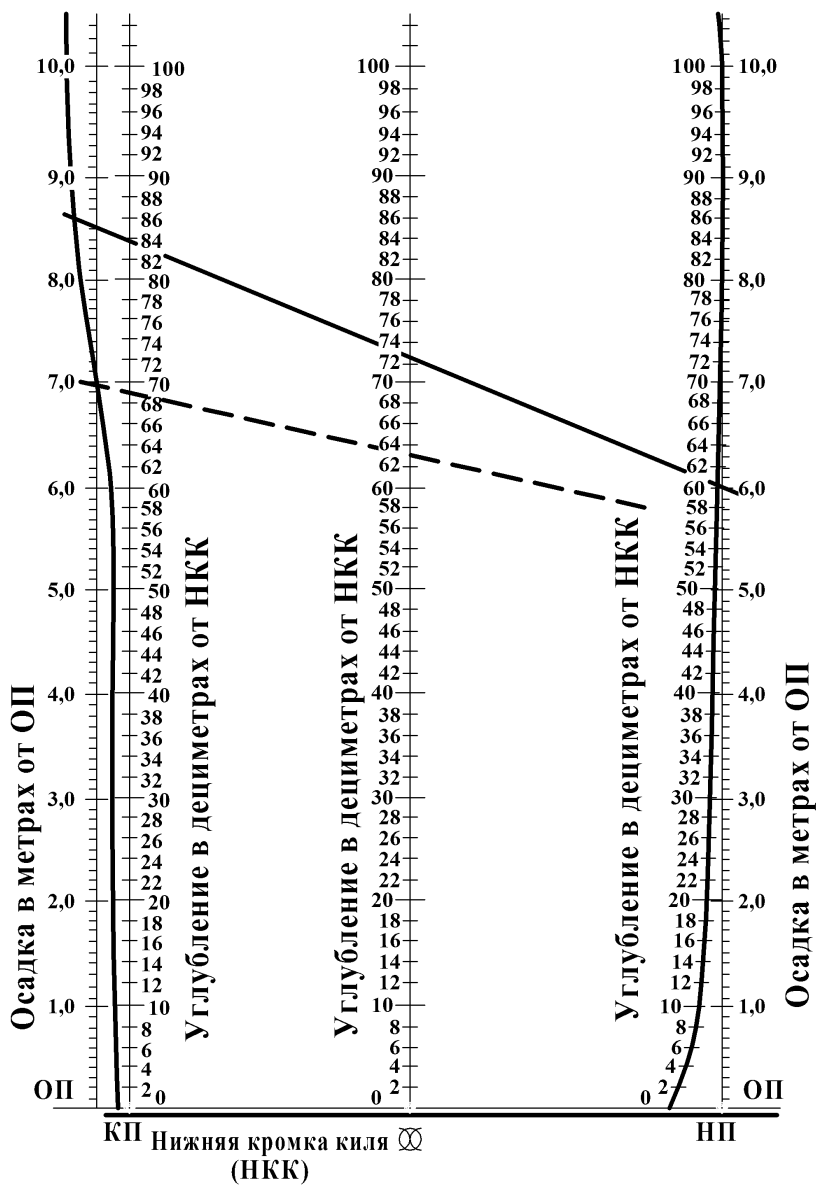


Рис. 103 Схема марок углубления

VIII Плавучесть

8.1 Основные понятия. Условия вертикального равновесия судна

Плавучестью называется способность судна поддерживать вертикальное равновесие с заданной посадкой под действием приложенной к судну силы тяжести и *выталкивающей силы воды (силы поддержания или плавучести)*. Плавучесть судна оценивается объёмом водонепроницаемости корпуса. При заданной загрузке судна надводным объём корпуса (объём корпуса выше ватерлинии) определяет *запас плавучести*. В свою очередь, запас плавучести определяется высотой надводного борта. Минимальная высота надводного борта, а, следовательно, и минимальный запас плавучести для каждого судна ограничивается *грузовой маркой*, наносимой на борта судна в районе мидель-шпангоута в соответствии с требованиями *Международной конвенции о грузовой марке (КГМ-66)*. Требования КГМ-66 и зоны и время действия зимней и тропической марок приведены в Правилах Регистра.

На судно, плавающее на спокойной воде, действуют распределенные силы тяжести и силы давления воды.

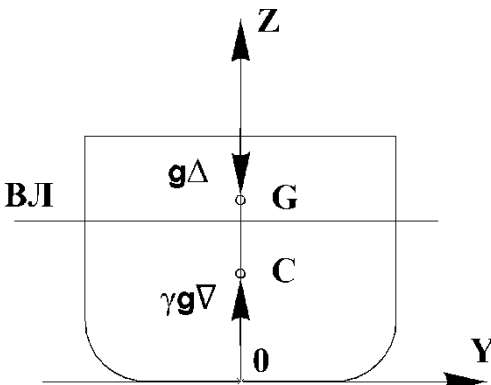


Рис. 104 Схема действия сил на судно

Равнодействующая сил тяжести Δg направлена вертикально вниз и приложена к центру тяжести судна G . Центр тяжести судна G – геометрическая точка, неизменно связанная с судном. Положение центра тяжести судна в однородном поле тяжести совпадает с положением его центра масс, характеризующим распределение масс судна.

Равнодействующая сил давления воды $\gamma g \nabla$ или силы поддержания (плавучести) приложена к центру величины судна C и направлена по вертикали вверх. Центр величины геометрически представляет собой центр тяжести объема подводной части корпуса судна. Судно будет оставаться на плаву в заданном положении, если сила тяжести и сила поддержания не только равны и противоположно направлены, но и лежать на одной вертикальной прямой. В противном случае возникает вращающий момент пары сил. Этот момент будет действовать до тех пор, пока судно не примет такое положение, при котором силы окажутся на одной прямой.

Соответственно вертикальное равновесие выражается равенством нулю сумм вертикальных сил и моментов вертикальных сил.

При рассмотрении условий вертикального равновесия все приложенные к судну силы сводятся к двум равнодействующим – силе тяжести $g\Delta$ и силе поддержания $\gamma g \nabla$. Условие равновесия выражается равенством $g\Delta = \gamma g \nabla$, кН; в масштабе масс, т:

$$\Delta = \gamma \nabla, \text{ где}$$

Δ – водоизмещение судна (масса судна);

∇ – объемное водоизмещение судна (объем втесненной судном воды);

γ – плотность заборной воды (для морской воды принимается $\gamma = 1,025 \text{ т/м}^3$, для пресной – $\gamma = 1,000 \text{ т/м}^3$);

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения;

G – центр тяжести судна (ЦТ);

точка C – центр величины (центр плавучести) судна (ЦВ).

Схема действующих сил представлена на Рис. 104.

Выражение $\Delta = \gamma \nabla$ называется *основным уравнением плавучести* и выражает закон Архимеда. Основное уравнение плавучести выражает условия равенства сил.

8.2 Вычисление координат центра масс судна. Таблица нагрузок

Вес (водоизмещение) судна при некотором заданном состоянии его нагрузки складывается из весов порожнего судна (водоизмещения судна порожнем), команды, снабжения, судовых запасов, балласта и т.д.

В целях систематизации учета весов и расчета координат центра тяжести судна составляют таблицу весовой нагрузки, в которую заносят веса всех элементов (статей) нагрузки P_i , координаты (плечи) их центров тяжести x_i и z_i , а также статические моменты массы каждого танка (трюма) относительно основной плоскости (ОП) $M_{zi}=P_i \cdot Z_i$ и относительно плоскости мидель-шпангоута $M_{xi}=P_i \cdot X_i$ (Рис 105).

Бланк расчета координат ЦТ судна

№ п/п	Наименование	Р, т	Z, м	M _z , тм	X, м	M _x , тм	δ m _z , тм
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	Судно порожнём						
2	Экипаж, снабжение						
3	Судовые запасы: тяжёлое топливо; дизельное топливо; смазочное масло; пресная вода						
4	Груз						
5	Балласт						
6	Водоизмещение						

Рис. 105 Таблица весовой нагрузки

При заполнении таблицы используют судовую документацию (чертежи общего расположения, таблицы элементов топливных и других цистерн, чертеж размещения грузов и пр.).

После суммирования по столбцам 3, 5 и 7 находят:

$$\Delta = \Delta_0 + P_9 + P_3 + P_z + P_6$$

$$M_X = \sum M_{Xi}, \quad (10)$$

где M_X – статический момент водоизмещения относительно плоскости мидель-шпангоута,

$$M_z = \sum M_{zi}, \quad (11)$$

где M_z – статический момент водоизмещения относительно основной плоскости.

Координаты центра тяжести ($ЦТ$) судна определяются:

$$Zg = \frac{M_z}{\Delta}; Xg = \frac{M_x}{\Delta}. \quad (12)$$

Значение координат $ЦТ$ судна записываются в 4 и 6 столбцы строки “водоизмещение”.

Поскольку эксплуатация судна с креном не допускается, все запасы и грузы размещаются симметрично $ДП$, поэтому в бланке отсутствуют столбцы для расчета ординаты $ЦТ$ судна y_g . Если невозможно обеспечить симметричное распределение статей нагрузки, то возникший вследствие этого момент компенсируется приемом балласта в соответствующую цистерну.

Грузовой план – план размещения грузов на судне (Рис. 106).

ГРУЗОВОЙ ПЛАН

Т/х: "Игрим"

Рейс: Находка - Корсаков

	Трюм 2 Соль, 75 т	Трюм 1 Картон, 50 т	
--	----------------------	------------------------	--

Рис. 106 Грузовой план

Приведенный на Рис. 105 бланк обычно дополняется таблицей расчётных значений параметров остойчивости и посадки.

Расчёт координат $ЦТ$ судна производится грузовым помощником перед каждым рейсом на отход и приход судна (с учётом расходовемых за рейс судовых запасов), а также в течение рейса, если по какой-либо причине изменяется состояние загрузки судна или предполагается снижение остойчивости в рейсе. Рассчитанные значения координат $ЦТ$ судна и водоизмещения используются для проверки остойчивости и расчёта посадки судна.

8.3 Изменение осадки при приёме и расходовании грузов

В процессе эксплуатации нагрузка судна постоянно меняется, поэтому необходимо учитывать её влияние на посадку судна. Методика определения изменения осадки при приёме или расходовании грузов зависит от их массы. В теории судна принято разделять грузы на две категории: «малые грузы» и «большие грузы». Под малыми грузами понимают грузы, при приёме и расходовании которых можно полагать борта судна в районе переменной ватерлинии вертикальными. Масса малого груза, как правило, не превосходит 10–12% водоизмещения. Грузы большей массы относятся к категории «больших грузов».

Представим, что на судно принят малый груз, который не вызывает дифферента и крена. Тогда погрузившуюся в воду часть судна объёмом V можно считать цилиндром, имеющим в основании ватерлинию площадью S и высоту, равную изменению осадки δ .

В соответствии с правилами геометрии (d объём цилиндра равен произведению площади основания на высоту).

$$V = S \cdot \delta d, \text{ откуда } \delta d = \frac{V}{S} = \frac{P}{\rho \cdot S} \quad (13)$$

Для быстрого определения изменения средней осадки при операциях с малыми грузами вводится величина, называемая числом тонн на 1 см осадки и обозначаемая через q , т.е. масса груза, приём (снятие) которого вызывает изменение средней осадки на 1 сантиметр.

Положив $\delta d = 1 \text{ см} = 0,01 \text{ м}$ и $P = q$, получим число тонн на 1 см осадки

$$q = 0,01 \rho S \quad (14)$$

Зная q , легко найти изменение средней осадки при приёме или расходовании малого груза по формуле (в см):

$$\delta d = \frac{P}{q} \quad (15)$$

На грузовой шкале (см. Рис. 107) обычно рядом со шкалой осадок приводятся данные числа тонн на 1 см осадки.

Осадка, м	Осадка, футы	Водоизмещение, т			Дедвейт, т			Число тонн на 1 см осадки $\rho=1,000 \text{ т/м}^3$	Осадка, м
		Пресная вода $\rho=1,000 \text{ т/м}^3$	Солёная вода $\rho=1,010 \text{ т/м}^3$	Солёная вода $\rho=1,025 \text{ т/м}^3$	Пресная вода $\rho=1,000 \text{ т/м}^3$	Солёная вода $\rho=1,010 \text{ т/м}^3$	Солёная вода $\rho=1,025 \text{ т/м}^3$		
9,5	XXXI		15000	15000	10000	10000	10000		9,5
	XXX							20	
9,0	XXIX	14000	14000	14000	9000	9000	9000		9,0
	XXVIII								
8,5	XXVII	13000	13000	13000	8000	8000	8000		8,5
	XXVI							19	
8,0	XXV	12000	12000	12000	7000	7000	7000		8,0
	XXIV								
7,5	XXIII	11000	11000	11000	6000	6000	6000		7,5
	XXII							18	
7,0	XXI	10000	10000	10000	5000	5000	5000		7,0
	XX								
6,5	XIX	9000	9000	9000	4000	4000	4000	17	6,5
	XVIII								
6,0	XVII	8000	8000	8000	3000	3000	3000		6,0
	XVI							16	
5,5	XV	7000	7000	7000	2000	2000	2000		5,5
	XIV								
5,0	XIII	6000	6000	6000	1000	1000	1000		5,0
	XII							15	
4,5	XI	5000	5000	5000	0	0	0		4,5
	X								
4,0	IX								4,0
	VIII								
3,5	VII								3,5
	VI								
3,0	V								3,0
	IV								
2,5	III								2,5
	II								
2,0	I								2,0
1,5									1,5
1,0									1,0
0,5									0,5
0,0									0,0

$$P \ominus C \frac{\Pi}{9,12} \frac{T9,29}{\boxed{L9,10}} \frac{38,91}{\boxed{38,91}}$$

Рис. 107 Грузовая шкала

8.4 Изменение осадки при переходе в воду с иной плотностью

Изменение плотности забортной воды, связанное с изменением её солёности и температуры, приводит к изменению силы плавучести (поддержания) и, следовательно, к изменению осадки. Масса судна при этом не меняется и можно записать:

- для исходного состояния в воде с плотностью ρ

$$\Delta = \rho \nabla; \quad (16)$$

- для состояния после перехода в воду с плотностью ρ_1

$$\Delta = \rho_1 (\nabla + \delta \nabla). \quad (17)$$

Из сравнения двух этих выражений следует

$$\rho \nabla = \rho_1 (\nabla + \delta \nabla). \quad (18)$$

$$\text{Отсюда} \quad \delta \nabla = \frac{\rho - \rho_1}{\rho_1} \nabla \quad (19)$$

Поскольку это изменение объёмного водоизмещения мало, то судно можно считать прямобортным в пределах изменения осадки, т.е. $\delta \nabla = \delta d \cdot S$.

Подставив это выражение в записное выше соотношение, получим

$$\delta d = \frac{\rho - \rho_1}{\rho_1} \cdot \frac{\nabla}{S}. \quad (20)$$

С учётом того, что объёмное водоизмещение $\nabla = C_B \cdot L \cdot B \cdot d$, а площадь ватерлинии $S = \alpha \cdot L \cdot B$, окончательно можно записать

$$\delta d = \frac{C_B}{\alpha} \left(\frac{\rho}{\rho_1} - 1 \right) \cdot d. \quad (21)$$

Из этой формулы видно, что при переходе судна из менее плотной воды в более плотную ($\rho < \rho_1$) изменение осадки $\delta \nabla < 0$, т.е. судно подвсплывает (например, из реки в море), и, наоборот, при переходе с моря в реку ($\rho > \rho_1$) осадка увеличивается.

Так как у обычных судов $\frac{C_B}{\alpha} \approx 0,85$, то

$$\delta d = 0,85 \left(\frac{1,025}{1,000} - 1,000 \right) \cdot d \approx 0,02d$$

$$\frac{\delta d}{d} \approx 0,02 \cdot 100 = 2\%,$$

т.е. максимальное изменение осадки составляет примерно 2%.

8.5 Определение водоизмещения и осадки судна в судовых условиях

8.5.1 Судно плавает без дифферента

Здесь и далее полагаем, что крен отсутствует. В этом случае водоизмещение судна можно определить по кривой водоизмещения – грузовому размеру (Рис. 108).

Грузовой размер – это зависимость весового Δ или объёмного ∇ водоизмещения от осадки d (Рис. 103).

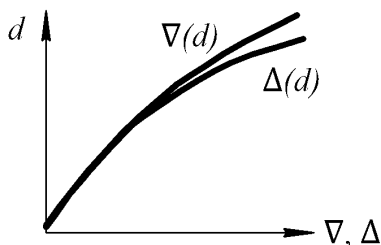


Рис. 108 Грузовой размер

Грузовой размер позволяет решать при эксплуатации судна следующие задачи:

- Определение водоизмещения судна по известной средней осадке;
- Определение средней осадки судна по известному водоизмещению;
- Определение количества принятого или снятого с судна груза по известному изменению средней осадки;
- Определение изменения средней осадки по известному количеству принятого или снятого груза.

Последние две задачи можно решать не только для случая малого груза, но и для груза любой величины.

Следует оговориться, что грузовой размер строится по теоретическому чертежу для посадки судна на ровный киль, и пользоваться им можно только при дифференте, не превышающем 1° . При больших величинах дифферента грузовой размер даёт большую погрешность.

Связь между водоизмещением и осадкой может быть представлена также в виде номограммы (Рис. 107), называемой *грузовой шкалой*, которая широко применяется на судах. На её вертикальных

шкалах откладываются водоизмещение в пресной и морской воде, дедвейт, осадка, высота надводного борта и другие параметры. Зная одну из перечисленных величин и отметив её на соответствующей шкале, снимают с остальных шкал искомых параметры.

8.5.2 Судно плавает с дифферентом

При сравнительном большом дифференте (обычно более $1,0-1,5^\circ$) зависимости $\nabla(d)$ или $\Delta(d)$ дают существенную ошибку, поэтому для определения водоизмещения ими пользоваться нельзя. Достаточную точность определения водоизмещения судна с дифферентом обеспечивает так называемый масштаб Бонжана. Ординаты кривых масштаба Бонжана дают погружённые площади шпангоутов (Рис. 109), которые вычисляются по формулам и откладываются от теоретических шпангоутов по горизонтали. Чтобы определить водоизмещение судна, на масштаб Бонжана по известной осадке носом и кормой наносят ватерлинию судна, по горизонтали от точек пересечения ватерлинии с теоретическими шпангоутами снимают погружённые площади шпангоутов и, произведя необходимые вычисления, получают объёмное водоизмещение и абсциссу центра величины судна, плывущего дифферентом.

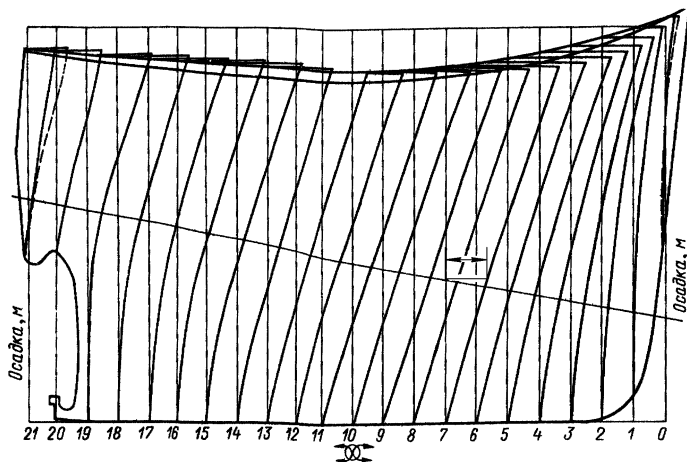


Рис. 109 Масштаб Бонжана

Расчёт параметров судна по масштабу Бонжана связан с проведением сравнительно громоздких вычислений, поэтому на практике для определения водоизмещения и абсциссы центра величины судна при дифференте пользуются диаграммами осадок носом и кормой (Рис. 110). Диаграммы позволяют найти водоизмещение судна при любой его посадке, в том числе и на ровный киль.

8.5.3 Кривые элементов теоретического чертежа (гидростатические кривые)

К теоретическим элементам корпуса судна; используемым при решении различных задач статики судна, относятся:

- объёмное водоизмещение ∇ ;
- координаты центра величины x_c и z_c ;
- площадь ватерлинии $S_{в.л.}$;
- абсцисса центра тяжести площади ватерлинии x_f ;
- коэффициенты полноты: площади ватерлинии α , мидель-шпангоута β и общей C_B .

Кроме того, при решении задач статики судна, связанных с его остойчивостью, используются следующие теоретические элементы, значение которых будет разъяснено в дальнейшем:

- центральные моменты инерции площади ватерлинии I_x и I_y ;
- аппликаты поперечного и продольного метacentров z_m и z_M ;
- поперечный и продольный метacentрические радиусы r и R .

Все перечисленные элементы вычисляют при проектировании судна по стандартной методике с помощью ординат теоретического чертежа для различных осадок судна. Совокупность кривых, выражающих графически зависимость элементов плавучести и остойчивости осадки судна (в предположении его посадки прямо и на ровный киль), изображают на одном чертеже, который носит название *кривые элементов теоретического чертежа* (Рис. 111). Ординаты кривых x_c и x_f откладывают от одной вертикали, представляющей собой след плоскости мидель-шпангоута на *ДП*, а ординаты прочих кривых – от некоторых условных вертикалей, причём масштаб ординат указывают на самих кривых или в нижней и верхней частях чертежа вычёркивают ряд шкал, на которые наносят масштабы кривых. Указанный чертёж выдаётся на судно в составе отчётной документации; он позволяет быстро и без каких-либо вычислений находить значения всех требуемых теоретических элементов корпуса судна для любой осадки.

Рассмотрим свойства некоторых из этих кривых.

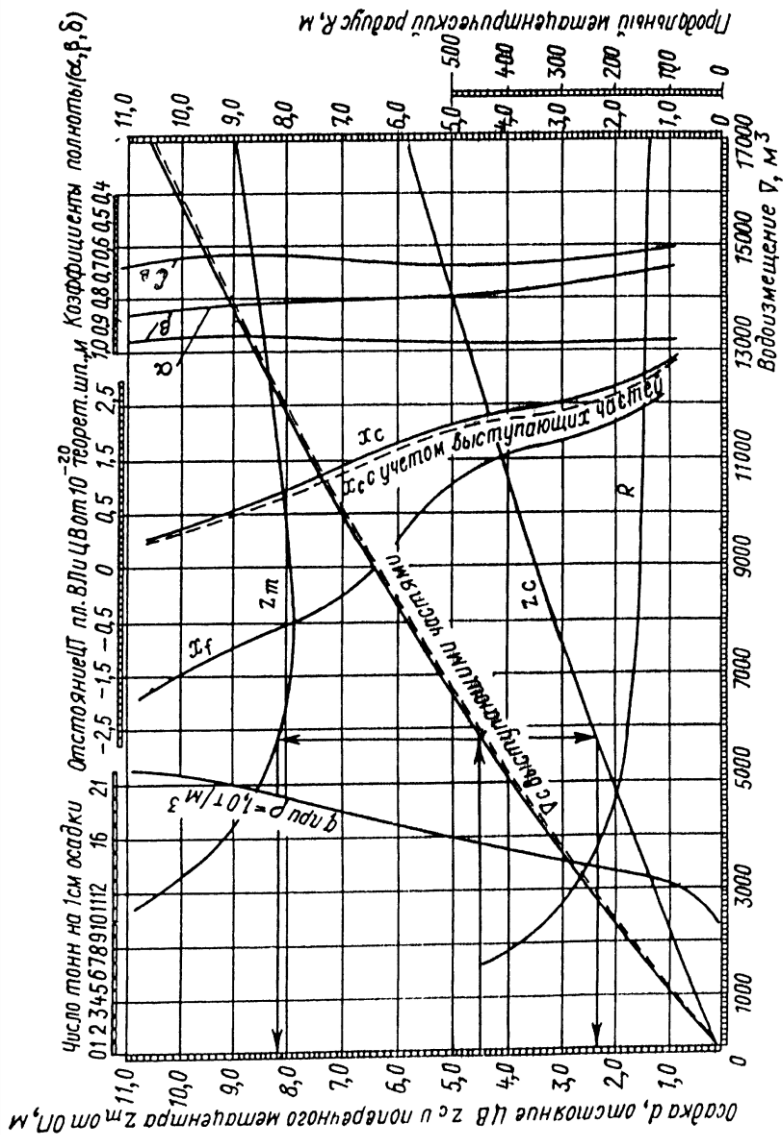


Рис. 111 Гидростатические кривые

8.6 Нормирование и контроль плавучести морских судов

Любое судно для обеспечения безопасности плавания должно иметь избыток водоизмещения – запас плавучести. Под запасом плавучести понимают объём водопроницаемого корпуса выше ватерлинии или то дополнительное количество груза, которое судно может принять до момента потери способности держаться на воде.

Запас плавучести морских судов определяется высотой надводного борта – пока он сохраняется, судно плывёт. Методика расчёта минимального надводного борта (минимального запаса плавучести) изложена в «Правилах о грузовой марки морских судов» Российского Морского Регистра Судоходства, разработана на основе Международной конвенции о грузовой марке. Правила делят судна совершающие международные рейсы, не совершающие международных рейсов и рыболовные. Под международными рейсами понимаются морские рейсы из страны, на которую распространяется Международная конвенция о грузовой марки, в порт, расположенный за пределами страны. Минимальный надводный борт судна устанавливается Правилами в зависимости от назначения судна (пассажирское, грузовое и т.д.), характера грузов, перевозимых судном, длины и конструктивных особенностей судна, условий плавания и других факторов.

Судно в период технического надзора за его постройкой подвергается специальному освидетельствованию, которое включает полную проверку его конструкции и оборудования в пределах, предусмотренных «Правилам о грузовой марке». Устанавливается соответствие общего расположения, оборудования, устройств, материалов, прочности и остойчивости судна требованиям этих «Правил». По результатам освидетельствования составляется протокол, рассчитывается надводный борт и выдается свидетельство о грузовой марке. Для возобновления грузовой марки производится периодические освидетельствования через промежутки времени, не превышающие пяти лет.

Грузовая марка – это специальный знак, наносимый на бортах судна в районе мидель-шпангоута, состоящий из трех элементов: палубная линия, знака грузовой марки (круга или диска Плимсоля) и грузовых марок (гребёнок осадки).

1. Палубная линия – это горизонтальная линия длиной 300 мм, середина которой совпадает с плоскостью мидель-шпангоута, а верхняя кромка – с линией пересечения верхней поверхности палубы с наружной поверхностью обшивки борта.

2. Собственно знак грузовой марки, который имеет форму кольца с наружным диаметром 300 мм, пересеченного горизонтальной линией длиной 450 мм. Верхняя кромка этой линии проходит через центр кольца, расположенный посередине длины судна. Над линией по её концам двумя буквами наносится обозначение классификационного общества, назначившего судна надводный борт. У судов, не совершающих международных рейсов, а также у рыболовных судов кольцо дополнительно разделяется вертикальной линией, проходящей через его центр.

Расстояние от верхней кромки палубной линии до центра кольца является минимальным надводным бортом судна при его плавании в летний сезонный период.

3. Грузовые марки – горизонтальные линии длиной 230 мм, отмечающие допустимую осадку судна.

На судах, совершающих международные рейсы, и судах неограниченного района плавания наносится следующие марки:

Л – летняя грузовая марка, определяемая верхней кромкой горизонтальной линии, проходящей через центр кольца;

З – зимняя грузовая марка, которая получается прибавлением к летнему надводному борту $\frac{1}{48}$ осадки судна при его плавании в летний сезон;

Чтобы перейти с осадки по летнюю грузовую марку (d_L) на осадку по зимнюю грузовую марку ($d_З$) нужно от летней осадки вычесть $\frac{1}{48}$ летней осадки.

$$d_З = d_L - \frac{1}{48} \cdot d_L ;$$

ЗСА – зимняя грузовая марка для Северной Атлантики, которая располагается ниже зимней на 50 мм (для судов длиной более 100 м она совпадает с зимней – *З*);

Т – тропическая грузовая марка, получаемая путём вычета из летнего надводного борта $\frac{1}{48}$ осадки летнего сезона;

П – грузовая марка для пресной воды в летний сезон плавания. Она располагается выше *Л*;

ТТТ – тропическая грузовая марка для пресной воды. Она располагается выше *Т*.

Все линии грузовой марки и буквы выполняются толщиной 25мм, изготавливаются из стали и привариваются или наносятся керном на бортах, затем окрашиваются в белый или жёлтый цвет на тёмном фоне бортов и в чёрный – на светлом.

Суда с минимальным надводным бортом должен загружаться так, что ватерлиния не проходила выше верхней кромки соответствующей грузовой марки. Суда, имеющие избыточный надводный борт, во всех случаях, кроме отмеченных грузовыми марками, должны загружаться в морской воде не выше, чем по верхнюю кромку горизонтальной линии знака грузовой марки.

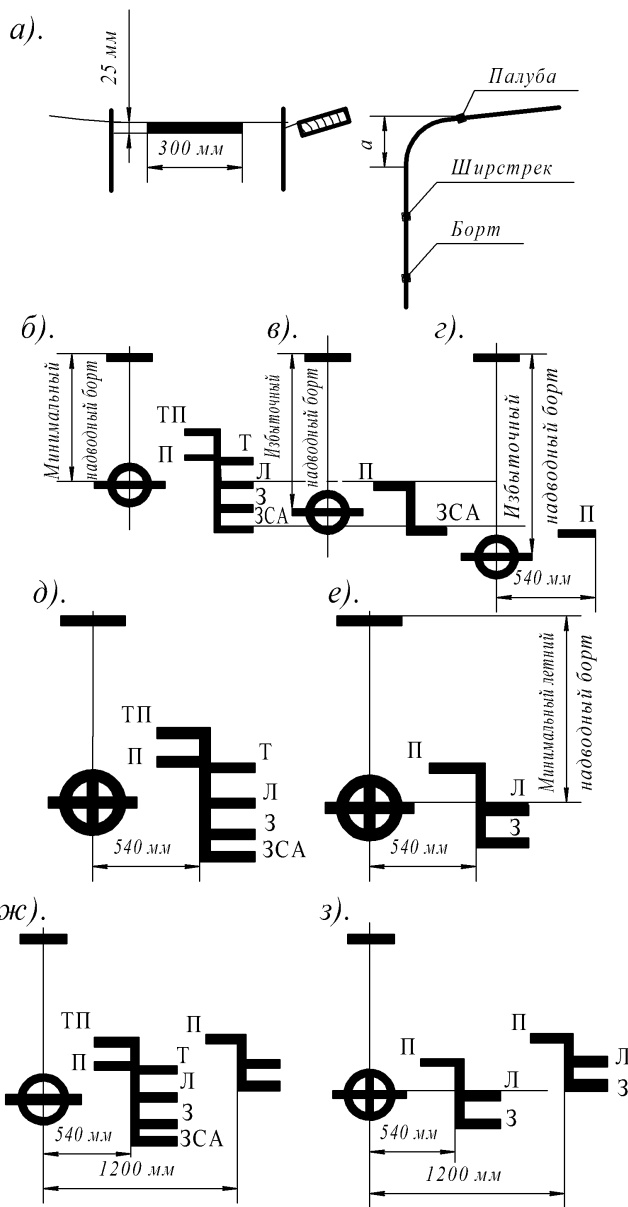


Рис. 112 Грузовые марки

IX ОСТОЙЧИВОСТЬ СУДНА

9.1 Начальная остойчивость судна

В механике различают три вида статического равновесия тела. Если тело находится в положении равновесия и при малом наклоне возвращается в своё первоначальное положение, то равновесие тела называют *устойчивым*. Если при малом отклонении тело остается в том положении, в какое его отклонили, то равновесие будет *безразличным*. Наконец, если при малом отклонении тело стремится ещё больше отклониться от своего первоначального положения, то его равновесие будет *неустойчивым*.

В статике судна применительно к равновесию плавающего судна в условиях возможного воздействия на него внешних моментов известное в механике свойство статического устойчивости принято называть *статической остойчивостью* или просто *остойчивостью*.

Таким образом, остойчивость можно определить как способность судна, выведенного из положения вертикального равновесия под действием внешних сил, вновь возвращаться в исходное положение равновесия, после прекращения действия этих сил.

Приведенное выше определение показывает, что остойчивость судна тесно связано с его равновесием и служит характеристикой последнего. Судно считается *остойчивым*, если его равновесие устойчиво, и *неостойчивым*, если его равновесие неустойчиво или безразлично.

Изучая остойчивость судна, различают *остойчивость на малых углах наклона*, или *начальную остойчивость*, и *остойчивость на больших углах наклона*. Это вызвано тем, что обычно судно остойчиво лишь при отклонениях, лежащих в определённых пределах, различных для разных судов, и поэтому целесообразно сначала исследовать его остойчивость при весьма малых (теоретически бесконечно малых) отклонениях от положения равновесия, а затем уже определить пределы остойчивости при больших отклонениях. Кроме того, при изучении бесконечно малых наклонов имеется возможность принять ряд допущений и получить простые математические зависимости.

При изучении остойчивости судна рассматривают его наклонения в двух взаимно перпендикулярных плоскостях – поперечной

и продольной. Рассматривая наклонения в поперечной плоскости, определяемые углами крена судна, изучают его *поперечную остойчивость*. Наклонения в продольной плоскости, определяемые углами дифферента, характеризуют его *продольную остойчивость*.

В зависимости от характера внешних сил остойчивость делят на *статическую* и *динамическую*. Областью *статической остойчивости* являются случаи постепенного наклонения судна, когда силами инерции и сопротивления воды можно пренебречь. К области *динамической остойчивости* относятся быстрые наклонения судна, когда необходимо учитывать действие сил инерции и сопротивления воды.

9.2 Теорема Эйлера

Изучение остойчивости судна проводится в условиях его вертикального равновесия, при которых удовлетворяется первое уравнение равновесия ($\Delta = \gamma \cdot \nabla$). Таким образом, предполагается, что объёмное водоизмещение судна ∇ при его наклонениях остаётся неизменным в силу неизменности веса судна Δ и плотности заборной воды γ . Наклонения, при которых подводный объём судна не изменяется, называются *равнообъёмными наклонениями*, а ватерлинии, отсекающие одинаковые подводные объёмы, – *равнообъёмными ватерлиниями*.

Согласно теореме Эйлера, в общем случае при *равнообъёмном наклонении* плавающего тела на бесконечно малый угол $d\varphi$ его ватерлинии до и после наклонения пересекаются по прямой, проходящей через их общий центр тяжести F (Рис.113).

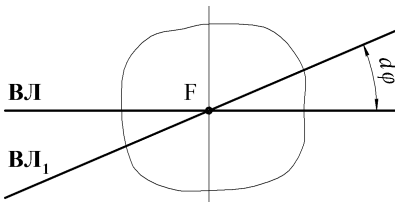


Рис. 113 К формулировке теоремы Эйлера

Другая формулировка теоремы Эйлера гласит: *ось бесконечно малого равнообъёмного наклонения плавающего тела лежит в плоскости ватерлинии и проходит через центр тяжести её площади*.

Заметим, что, изображая на рисунке наклонения судна, мы будем, как правило, наклонять не само судно, а след ватерлинии (в обратном направлении), как показано на Рис. 113. Это не меняет существа задачи, так как во всех задачах статики судна нас будет интересовать не положение судна в пространстве, а его положение относительно поверхности воды, которая условно принимается наклонной.

В практических расчётах теорему Эйлера считают справедливой не только при бесконечных малых, но и при конечных, но малых наклонениях. Если судно прямобортное, то в пределах его прямобортности теорема Эйлера справедлива для любого угла наклонения.

9.1 Схема образования восстанавливающего момента

9.3.1 Поперечное наклонение судна

Момент внешних сил, вызывающий поперечное наклонение (крен) судна, называется *кренящим моментом* ($M_{кр}$).

При воздействии момента судно наклоняется, но обычно не опрокидывается. Более того, как только прекращается действие момента, оно возвращается в исходное положение.

Восстанавливающий момент (M_v) – это момент сил тяжести и поддержания поперечным и продольным наклонениям соответствуют поперечный и продольный восстанавливающие моменты.

Рассмотрим *малое поперечное равнообъёмное наклонение судна* (наклонение, в процессе которого водоизмещение судна не изменяется). Схема образования восстанавливающего момента при наклонении судна показана на Рис. 114.

Предположим, что в исходном положении крен отсутствует, а для простоты изображения на схеме показываем наклонение *ВЛ*.

В начальный момент судно находилось в равновесии под действием сил тяжести и поддержания $g\Delta = g\nabla$, находившихся на одной линии. Под воздействием *внешнего кренящего момента* $M_{кр}$ судно наклонилось на угол крена θ , при этом центр величины $ЦВ$ сместился в сторону наклонения, и сила поддержания совместно с силой тяжести создали восстанавливающий момент M_v , равный по величине кренящему моменту $M_v = M_{кр}$. Равенство кренящего и

восстанавливающего моментов выражает основной закон статического наклонений. Смещение $ЦВ$ в сторону наклона обусловлено тем, что при наклонении судна один борт (в приведенной схеме – правый) погружается в воду, а другой (левый) выходит из воды. Это приводит к перераспределению погруженного объема корпуса судна и, как следствие, – к смещению центра тяжести объема.

Согласно *теореме Эйлера*, ось малого равнообъемного наклона проходит через $ЦТ$ площади действующей $ВЛ$. Поскольку на приведенной схеме в начальный момент крен отсутствовал, то в силу симметрии корпуса $ЦТ$ площади действующей $ВЛ$ находился в $ДП$. В этой точке пересекаются ватерлинии судна $ВЛ$ и $ВЛ_\theta$. При малых наклонениях кривую центра величины $СС_\theta$ можно заменить дугой окружности радиуса r , называемого начальным поперечным метацентрическим радиусом. Центр этой окружности находится в точке m , которая называется начальным поперечным метацентром.

Возвышение метацентра над центром тяжести называется *начальной поперечной метацентрической высотой (МЦВ)* $h = z_m - z_g$. Возникший при наклонении восстанавливающий момент как момент пары сил (тяжести и поддержания) равен произведению одной из сил на плечо, равное кратчайшему расстоянию между линиями действия этих сил. Это плечо обозначается l_{cm} и называется *плечом статической остойчивости*, или *плечом восстанавливающего момента*. Восстанавливающий момент $M_\theta = l_{cm} g \Delta$ (кНм) или в размерности [тм] $M_\theta = l_{cm} \Delta$. Из прямоугольного треугольника при $ml_{cm} = h \sin \theta$. В итоге получаем метацентрическую формулу поперечной остойчивости, тм:

$$M_\theta = \Delta h \sin \theta. \quad (22)$$

Поскольку наклонения малы, что соответствует малым значениям угла крена θ , можно воспользоваться известными математике соотношениями, справедливыми для малых углов, выраженных в радианах (радиан – единица безразмерная) $\sin \theta \approx \theta = \theta^0 / 57,3^0$; $\cos \theta \approx 1,0$ и получить *метацентрическую формулу поперечной остойчивости* в окончательном виде, тм:

$$M_{\theta^0} = \frac{\Delta h \theta^0}{57,3^0}. \quad (23)$$

Приведенное выражение показывает *линейную зависимость* восстанавливающего момента от угла крена. При положительных значениях *МЦВ* (точка *m* расположена выше точки *G*) восстанавливающий момент положителен; при $h=0$ (точки *m* и *G* совпадают) восстанавливающий момент равен нулю, и судно остойчивостью не обладает; при отрицательных значениях *МЦВ* (точка *m* расположена ниже точки *G*) возникающий при наклонении судна момент увеличивает кренящий момент. Таким образом, знак и величина восстанавливающего момента определяются знаком и величиной *МЦВ*, и поэтому *МЦВ* используется в качестве показателя начальной остойчивости судна. Произведение Δh называется *коэффициентом поперечной остойчивости*.

9.3.2 Продольное наклонение судна

Момент внешних сил, вызывающий продольное наклонение (дифферент) судна, называется *дифференцирующим моментом* ($M_{диф}$).

Схема образования восстанавливающего момента при продольном наклонении показана на Рис. 115. В общем случае в силу большой величины отношения длины судна к его осадке любые продольные наклонения можно считать малыми, поэтому все допущения, примененные при рассмотрении поперечных наклонений, применимы для продольных наклонений. Продольный метацентр обозначается *M*, его координаты – x_M и z_M , *МЦ* радиус – *R*, продольная *МЦВ* – $H = z_M - z_g$. Точкой *F* на схеме обозначен *ЦТ* площади действующей *ВЛ*. Выражение (22) для продольных наклонений записывается в виде, тм:

$$M_{в\psi} = \Delta H \sin \psi \quad (24)$$

Поскольку на практике в качестве параметра продольного наклонения используются величина дифферента, а не его угол, то по Рис. 115 можно определить, что $tg \psi = D_f/L$. Поскольку угол ψ мал, то в силу свойств малых углов $\sin \psi \approx tg \psi$, а выражение продольного восстанавливающего момента имеет вид, тм:

$$M_{в\psi} = \frac{\Delta H D_f}{L} \quad (25)$$

Основной закон статических наклонений для продольных наклонений выражается равенством *дифференцирующего момента* $M_{диф}$ и продольного восстанавливающего момента $M_{вп}$.

Выражение (25) называется *метацентрической формулой продольной остойчивости*, а произведение ΔH – *коэффициентом продольной остойчивости*.

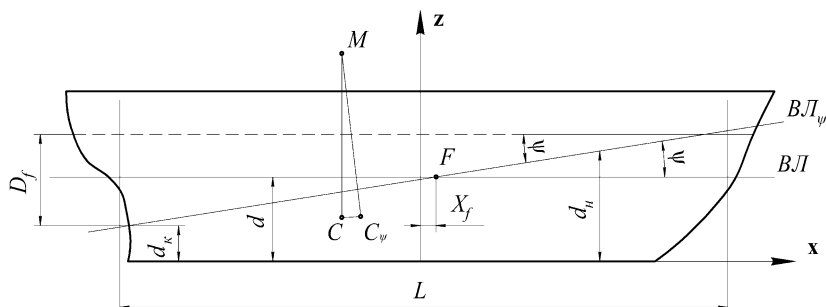


Рис. 115 Схема продольного наклонения

Если в выражении (25) принять дифферент равным одному метру $D_f=1,0$ м, то получим выражение момента, дифференцирующего на 1 метр

$$M_{1M} = \frac{\Delta H}{L} \quad (26)$$

Если при расчёте координат ЦТ судна получено $x_g \neq x_c$, то судно будет иметь дифферент, создаваемый продольным моментом сил тяжести и поддержания, равным $\Delta(x_g - x_c)$. Величина дифферента определяет выражением

$$D_f = \frac{\Delta(x_g - x_c)}{M_{1M}}.$$

Осадки носом и кормой определяются по формулам

$$d_n = d + \left(\frac{L}{2} - x_f\right) \cdot \frac{D_f}{L}; d_{\kappa} = d - \left(\frac{L}{2} + x_f\right) \cdot \frac{D_f}{L}$$

где d – осадка по грузовому размеру.

9.4 Метacentрические радиусы

Рассмотрим равнообъёмное наклонение плавающего тела произвольной формы (Рис. 116). Тело имеет погружённый объём V , площадь ватерлинии S , $ЦТ$ площади ватерлинии находится в точке F , ось ординат O_y лежит в плоскости $ВЛ$. При бесконечно малом наклонении тела на угол $d\varphi$ центр величины тела – точки C – смещается в сторону наклонения по дуге окружности радиуса ρ , центр этой окружности находится в точке m .

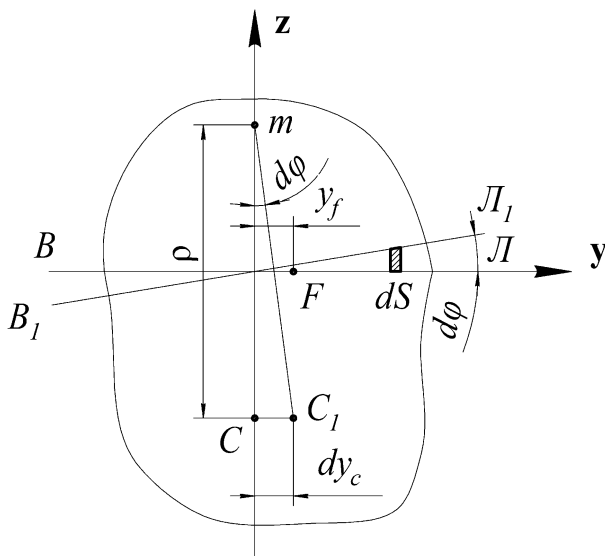


Рис. 116 Схема наклонения тела произвольной формы

Пусть $ВЛ$ – начальная ватерлиния плавающего тела, соответствующая его прямому положению, а $В_1Л_1$ – близкая к ней равнообъёмная ватерлиния после наклонения тела на бесконечно малый угол $d\varphi$. Согласно теореме Эйлера, ось рассматриваемого равнообъёмного наклонения проходит через точку F – $ЦТ$ площади ватерлинии $ВЛ$ (по нормали к плоскости чертежа). В результате входа в воду клина $FL_1Л$ и выхода из воды равновеликого ему клина $FB_1В$ центр величины переместится из точки C в точку C_1 с ординатой dy_c . Статический момент погруженного объёма тела изме-

нится на величину $dM_v = V dy_c$. Поскольку $d\phi$ бесконечно малый, dy_c можно считать равной дуге CC_1 , тогда $dy_c = \rho d\phi$, а $dM_v = V \rho d\phi$. Изменение статического момента погруженного объёма тела равно статическому моменту объёма, вызвавшему это изменение – объёма тела, заключенного между ватерлиниями B/L и B_1/L_1 .

Для определения последнего выделим элементарный объём, представляющий собой призму с основанием dS и вертикальными образующими. Объём призмы равен $dS(y - y_f)d\phi$, а статический момент объёма – $dSy(y - y_f)d\phi$. Проинтегрировав полученный элементарный статический момент по площади ватерлинии S , получим искомое значение dM_v

$$V \rho d\phi = d\phi \int_S y(y - y_f) dS = d\phi \left[\int_S y^2 dS - y_f \int_S y dS \right] \quad (27)$$

$$\int_S y^2 dS = I_x$$

В полученном выражении – момент инерции площади ватерлинии относительно ее продольной оси O_x ;

$$\int_S y dS = y_f S$$

Следовательно, выражение (27) принимает вид

$$V \rho = I_x - y_f S = I_F, \quad (28)$$

где I_F – момент инерции площади ватерлинии относительно оси наклонения.

В итоге получаем выражение для начального метацентрического радиуса

$$\rho = \frac{I_F}{V}. \quad (29)$$

Перейдя от плавающего тела произвольной формы к судну, имеющему строгую ориентацию ватерлинию относительно осей O_x и O_y , наклонениям судна относительно главных центральных осей ватерлинии будут соответствовать два главных метацентра m и M и два главных метацентрических радиуса r и R , один из которых будет наименьшим, а другой – наибольшим. В частном случае, когда судно сидит прямо и на ровный киль, проекция на $ОП$ главной продольной оси совпадает с осью O_x , а проекция главной поперечной

оси O_{yf} параллельна оси O_y . Соответственно этому выражения для поперечного r и продольного R метацентрических радиусов имеют вид

$$r = \frac{I_x}{\nabla}; \quad R = \frac{I_{yf}}{\nabla}, \quad (30)$$

где I_x – момент инерции площади ватерлинии относительно главной продольной оси; I_{yf} – момент инерции площади ватерлинии относительно главной поперечной оси (оси, параллельной O_y , проходящей через ЦТ площади ватерлинии – точку F).

Момент инерции площади плоской фигуры, имеющей размеры I вдоль оси O_x и b вдоль оси O_y , определяются выражением

$$i_x = k_x I b^3; i_y = k_y I^3 b, \quad (31)$$

где k_x и k_y – коэффициенты, зависящие от формы фигуры; для прямоугольника $k_x = k_y = 1/12$.

Для судна выражения (31) имеют вид

$$I_x = k_x L B^3; \quad I_{yf} = k_y L^3 B. \quad (32)$$

Выражения (32) позволяют оценить соотношение между продольным и поперечным метацентрическими радиусами

$$R/r = (k_y L^3 B / \nabla) / (k_x L B^3 / \nabla) = k_1 (L/B)^2, \quad (33)$$

где $k_1 = k_y/k_x$ – коэффициент, по величине близкий к 1.

При отношении длины к ширине промыслового судна 5...7 отношение метацентрических радиусов равно 25...50.

Выразим метацентрические высоты через метацентрические радиусы

$$h = r - (z_g - z_c); \quad H = R - (z_g - z_c).$$

Поскольку поперечная $МЦВ$ – величина малая (обычно 0,2...1,0 м), то возвышение ЦТ судна над ЦВ близко по величине к поперечному метацентрическому радиусу и, следовательно, продольные метацентрическая высота и радиус близкие величины.

Выражение (32) позволяет также оценить влияние главных размеров судна на его начальную остойчивость. Поскольку $МЦВ$ отличается от $МЦ$ радиуса на постоянную для данной загрузки величину, то последний также может быть использован в качестве показателя начальной остойчивости. Если поставить в выражение $МЦ$ радиусов $\nabla = C_B L B d$, то получим

$$r = I_x / \nabla = k_x L B^3 / C_B L B d = k_r B^2 / d;$$

$$R = I_{yf} / \nabla = k_y L^3 B / C_B L B d = k_R L^2 / d,$$

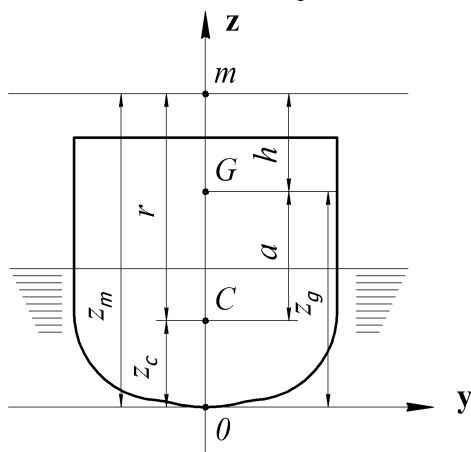
где $k_r = k_x / C_B$, $k_R = k_y / C_B$ – коэффициенты, зависящие от формы корпуса судна.

Таким образом, поперечный $МЦ$ радиус прямо пропорционален квадрату ширине судна, а продольный – квадрату длине судна.

Полученные выводы позволяют оценить влияние формы корпуса судна на изменение остойчивости при изменении дифферента.

9.5 Метацентрические высоты

Метацентрические формулы остойчивости показывают, что метацентрические высоты являются критериями начальной остойчивости судна. Действительно, при $h > 0$, $M_B > 0$ судно остойчиво, при $h \leq 0$, $M_B \leq 0$ судно не остойчиво. Таким образом, для суждения остойчивости судна необходимо научиться вычислять метацентрические высоты. В соответствии с Рис. 118 легко получить следующие зависимости для определения метацентрических высот:



$$\left. \begin{aligned} h &= z_c + r - z_g; \\ h &= z_m - z_g; \\ h &= r - a, \end{aligned} \right\} \quad (34)$$

где a – возвышение центра тяжести над центром величины;

z_c – возвышение центра величины над основной плоскостью $ОП$ (аппликата центра тяжести);

z_g – возвышение центра тяжести над $ОП$ (аппликата центра тяжести);

Рис. 118 К определению поперечной начальной метацентрической высоты

z_m – возвышение поперечного метacentра над $ОП$ (аппликата поперечного метacentра);

r – поперечный метацентрический радиус.

По аналогии для продольной метацентрической высоты получим Рис. 119.

$$\left. \begin{aligned} H &= z_c + R - z_g; \\ H &= z_M - z_g; \\ H &= R - a. \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

где R – продольный метацентрический радиус;

z_m – возвышение продольного метацентра над $ОП$ (апликата продольного метацентра).

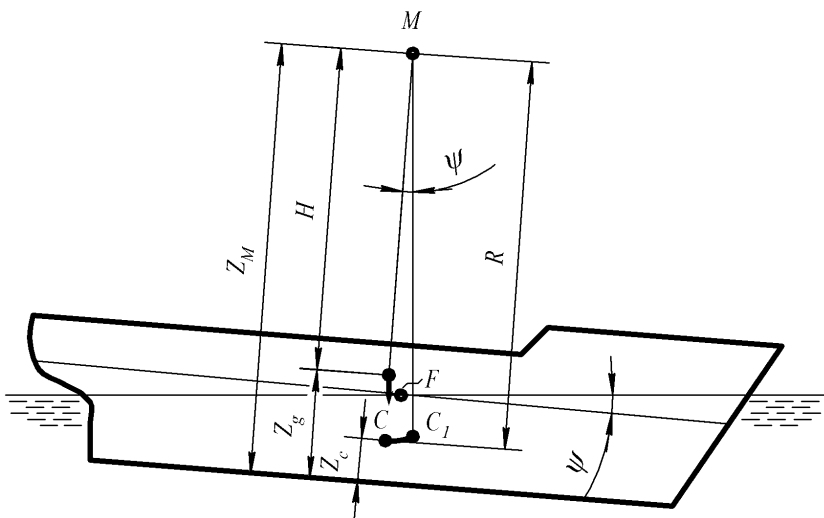


Рис. 119 К определению продольной метацентрической высоты

Содержание

Введение	3
I 10 ПРИЗНАКОВ КЛАССИФИКАЦИИ ГРАЖДАНСКИХ СУДОВ	4
1.1 Признаки классификации судов	4
1.2 Типы судов в зависимости от их назначения	6
1.2.1 Транспортные суда	6
1.2.2 Промысловые суда	22
1.2.3 Служебно-вспомогательные суда	25
1.2.4 Суды технического флота	27
II АРХИТЕКТУРА СУДНА	30
2.1 Общее расположение судовых помещений на судне	30
2.2 Архитектурно-конструктивные типы судов	35
III КОНСТРУКЦИЯ КОРПУСА СУДНА	42
3.1 Прочность корпуса	45
3.2 Системы набора корпуса судна	48
3.3 Основные конструктивные элементы корпуса	53
3.3.1 Конструкция днищевого перекрытия	53

3.3.2 Конструкция бортовых перекрытий	56
3.3.3 Штевни	60
3.3.4 Конструкция фальшборта	61
3.3.5 Конструкция палубных перекрытий	62
3.3.6 Переборки и выгородки	64
3.3.7 Конструкция оконечностей корпуса	68
3.3.8 Конструктивный мидель-шпангоут	74
IV СУДОВЫЕ УСТРОЙСТВА	80
4.1 Рулевое устройство	80
4.1.1 Общие сведения	80
4.1.2 Конструкция рулей и их типы	83
4.1.3 Рулевые приводы	85
4.1.4 Рулевые машины и рулевые передачи	88
4.1.5 Средства активного управления	90
4.1.6 Основные термины и определения	95
4.2 Якорное устройство	97
4.2.1 Общие сведения	97
4.2.2 Основные типы якорей	98
4.2.3 Конструкция якорных канатов	100

4.2.4 Якорные клюзы	103
4.2.5 Цепные стопоры	105
4.2.6 Цепной ящик	107
4.2.7 Якорные механизмы	109
4.2.8 Основные термины и определения	111
4.3 Швартовное устройство	112
4.3.1 Швартовы	112
4.3.2 Кнехты	113
4.3.3 Швартовые клюзы, киповые планки и выюшки	117
4.3.4 Механизмы швартовного устройства	122
4.3.5 Основные термины и определения	123
4.4 Грузовое устройство	123
4.4.1 Основные элементы грузовых устройств со стрелами	124
4.4.2 Мачты грузовые	124
4.4.3 Грузовые стрелы	127
4.4.4 Грузовые лебедки	131
4.4.5 Основные термины и определения	133
V ТЕХНИЧЕСКИЙ НАДЗОР НАД СУДАМИ	135
5.1 Функция Российского морского Регистра судоходства	135

5.2 Класс судна	137
VI ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И МОРЕХОДНЫЕ КАЧЕСТВА	
СУДНА	154
6.1 Эксплуатационные качества судна	154
6.1.1 Водоизмещение	154
6.1.2 Грузоподъемность	155
6.1.3 Грузовместимость	156
6.1.4 Скорость	158
6.1.5 Дальность плавания	159
6.1.6 Автономность	159
6.2 Мореходные качества судна	159
6.2.1 Плавучесть	159
6.2.2 Управляемость	160
6.2.3 Ходкость	160
6.2.4 Маневренность	160
6.2.5 Остойчивость	160
6.2.6 Непотопляемость	160
6.2.7 Живучесть	160
VII ГЕОМЕТРИЯ КОРПУСА СУДНА	161

7.2 Главные размерения судна и их соотношения	163
7.2.1 Теоретические главные размерения	163
7.2.2 Наибольшие главные размерения	163
7.2.3 Габаритные главные размерения судна	164
7.3 Теоретический чертёж	165
7.4 Безразмерные коэффициенты полноты	169
7.5 Посадка судна	171
7.5.1 Параметры посадки судна	171
7.5.2 Марки углубления	172
VIII Плавучесть	176
8.1 Основные понятия. Условия вертикального равновесия судна	176
8.2 Вычисление координат центра масс судна. Таблица нагру- зок	177
8.3 Изменение осадки при приёме и расходовании грузов	180
8.4 Изменение осадки при переходе в воду с иной плотностью	182
8.5 Определение водоизмещения и осадки судна в судовых условиях	183
8.5.1 Судно плавает без дифферента	183

8.5.2 Судно плавает с дифферентом	184
8.5.3 Кривые элементов теоретического чертежа (гидростатические кривые)	187
8.6 Нормирование и контроль плавучести морских судов	189
IX ОСТОЙЧИВОСТЬ СУДНА	193
9.1 Начальная остойчивость судна	193
9.2 Теорема Эйлера	194
9.1 Схема образования восстанавливающего момента	195
9.3.1 Поперечное наклонение судна	195
9.3.2 Продольное наклонение судна	198
9.4 Метacentрические радиусы	200
9.4 Метacentрические высоты	203