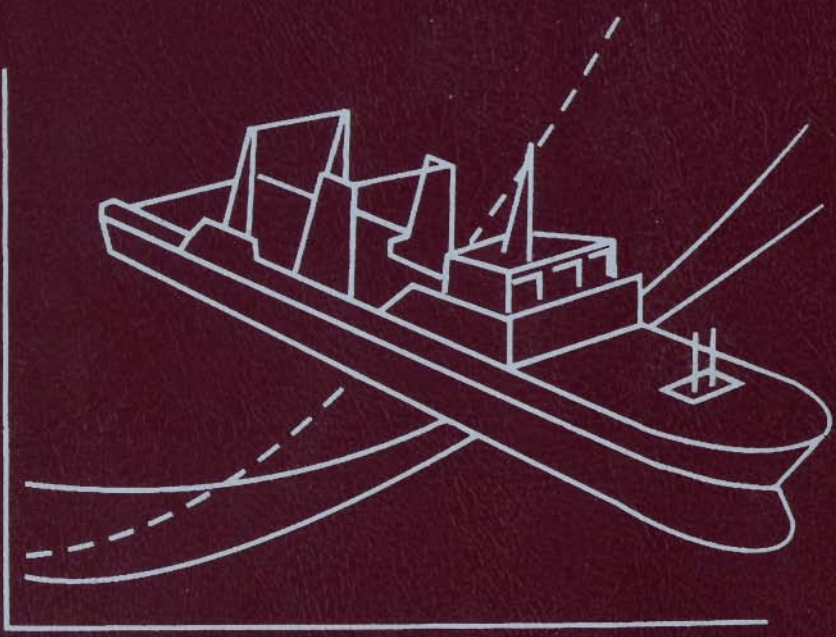
Д.Я.Бронштейн

УСТРОЙСТВО И ОСНОВЫ ТЕОРИИ СУДНА



СУДОСТРОЕНИЕ

ББК 39.425.5
Б88
УДК [629.12.001.11:72] (075.8)

Рецензенты: Ленинградское мореходное училище
(преподаватель **Э. П. Гуляев**), инж. **Ю. М. Ризанов**

Бронштейн Д. Я.

Б88 Устройство и основы теории судна: Учебник. — Л.: Судостроение, 1988. — 336 с.: ил.

ISBN 5-7355-040-6

Раскрыты особенности классификации судов флота рыбной промышленности СССР, приведены схемы основных орудий лова, способов добычи и обработки объектов промысла и связанные с этим особенности архитектурно-компоновочных и конструктивных решений корпуса, устройств и систем. Отражены принципы нормирования, способы контроля и обеспечения норм плавучести, посадки, остойчивости, непотопляемости и прочности корпуса судна. Уделено внимание методам практического использования технической документации и организации борьбы за живучесть судна. Рассмотрена структура надзора за техническим состоянием флота, даны сведения о принципах проектирования, постройки, подготовки к ремонту и ремонта судов. Даны примеры решения практических задач, извлечения из технической документации, наставлений, Правил Регистра СССР.

Предназначен для курсантов и учащихся средних специальных учебных заведений Минрыбхоза СССР, обучающихся по специальностям плавсостава.

Б $\frac{3605030000\text{-}050}{048\,(01)\text{-}88}$ 60-88 (по свод. пл. вып. лит. для средн. спец. уч. зав.)

ББК 39.425.5

ISBN 5-7355-040-6

© Издательство „Судостроение", 1988

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящий учебник предназначен для учащихся несудоводительских специальностей средних специальных учебных заведений Министерства рыбного хозяйства (Минрыбхоза) СССР и написан с учетом анализа учебных планов и программ по этим специальностям.

Архитектурно-компоновочные и конструктивные особенности рыбопромысловых судов, комплектность, конструкция и расположение общесудовых, специальных, промысловых устройств и систем раскрыты в учебнике с учетом особенностей орудий лова и принципов работы с ними. Начальная остойчивость рассмотрена как частный случай остойчивости, а изучению средств и способов борьбы за живучесть судна (БЖС) предшествуют вопросы организации службы и подготовки к БЖС.

Наибольшую трудность при изучении курса представляют осмысливание и обобщение результатов теоретических выводов. В связи с этим особое внимание уделено анализу получаемых зависимостей и выявлению на этой основе тех или иных практических рекомендаций. Той же цели служат приведенные во многих местах учебника численные примеры. Наиболее сложные и принципиальные вопросы иллюстрированы. Для лучшего усвоения материала и возможности самопроверки в конце каждой главы приведены контрольные вопросы.

Изучение материала гл. 1 и 2 рекомендуется начинать с анализа иллюстраций и подрисуночных подписей, а гл. 3 и 4 — сопровождать самостоятельным выводом формул, решением практических задач, постановкой проблемных вопросов. Осваивать материал гл. 5 следует совместно с работами [11–15, 18, 19]. Все сведения, относящиеся к конструкциям, их комплектности и взаиморасположению, все вопросы, связанные с обеспечением условий безопасного плавания судов, охраны человеческой жизни, предотвращения загрязнения с судов и т. п. раскрыты согласно требованиям Правил классификации и постройки морских судов Регистра СССР, поэтому изучение любой темы курса обязательно должно сопровождаться более подробным знакомством с содержанием разделов соответствующих частей этих Правил.

В учебнике приняты единицы физических величин, установленные Международной системой единиц (СИ), и обозначения, установленные нормами СЭВ (см. приложение).

При подготовке учебника помимо указанной в перечне литературы использованы опубликованные в открытой печати материалы научно-

технических конференций стран СЭВ; международных конвенций; „Справочника по теории корабля" (Л., Судостроение, 1985); „Справочника по теории корабля" (М., Воениздат, 1984); „Справочника по живучести корабля" (М., Воениздат, 1984); журналов „Судостроение", „Рыбное хозяйство"; трудов Калининградского технического института рыбной промышленности и хозяйства (КТИРПХ) и Государственного проектно-конструкторского института рыбопромыслового флота (Гипрорыбфлот) и др.

Следует иметь в виду, что приведенные в учебнике извлечения из технической документации судов (схемы, номограммы и т. п.) являются иллюстративным материалом и не могут служить источником для выполнения практических расчетов.

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

Сегодня рыбное хозяйство – высокоразвитая отрасль агропромышленного комплекса. В свете решений XXVII съезда КПСС и Продовольственной программы перед отраслью поставлены задачи: обеспечить производство пищевой рыбной продукции к 1990 г. в объеме 4,4–4,6 млн т в год; увеличить за десятилетие производство товарной рыбы в рыбоводных хозяйствах примерно в 3 раза; расширить и обновить ассортимент рыбных товаров, повысить их качество. Уже в настоящее время потребление рыбы на душу населения страны составляет 17,7 кг против 7 кг в 1950 г., а к 1990 г. оно возрастет до 19 кг. Вырабатываемые пищевые рыбные товары обеспечивают свыше 12% всего пищевого животного белка, производимого в стране [16].

Основу рыбного хозяйства СССР составляет промысловый флот, один из наиболее мощных в мире, обеспечивающий более 90% общего вылова, производство 85% всей выпускаемой продукции, 56% рыбных консервов и почти всей кормовой рыбной муки, вырабатываемой из рыбных отходов. В него входят оснащенные высокомеханизированными средствами добычи и обработки морепродуктов, современной навигационной и поисковой техникой суда, предназначенные для эксплуатации в различных районах Мирового океана, в прибрежных зонах и во внутренних водоемах страны. Для них характерны высокие мореходные качества, выполнение требований международных конвенций, санитарно-гигиенических нормативов, условий, гарантирующих безопасность труда.

Продукция флота рыбной промышленности (ФРП) разнообразна: мороженая, соленая, охлажденная и свежая рыба (живье), филе, пресервы, консервы, рыбный фарш и икра, технический и медицинский рыбий жир, рыбная мука, белковая паста и многое другое.

Современное судно – одно из наиболее сложных инженерных сооружений. Реализуемые при его создании технические идеи и конкретные решения должны отвечать уровню развития техники не только текущего периода, но и ближайших 10–20 лет. Именно поэтому во всем цикле создания объектов судостроения весьма важная и ответственная роль отводится науке. Среди выдающихся ученых нашей страны старшего поколения, внесших значительный вклад в становление и развитие отечественной судостроительной науки, следует назвать М. М. Окунева (1810–1873) – автора оригинального курса теории проектирования судов, вице-адмирала С. О. Макарова (1849–1904) – основоположника

учения о непотопляемости судна, И. Г. Бубнова (1872–1919), положившего начало формированию самостоятельной дисциплины – строительной механики корабля и предложившего современную постановку задачи о выборе наивыгоднейших с экономической точки зрения элементов проектируемого судна, академика А. Н. Крылова (1863–1945) – основоположника современной теории корабля, участника решения основных технических вопросов советского судостроения и многих других. Достойно продолжили традиции русской научной школы судостроителей академики Ю. А. Шиманский, В. Я. Поздюнин, члены-корреспонденты АН СССР П. Ф. Папкович, М. И. Яновский, профессора В. Г. Власов, Б. М. Малинин, Н. Б. Севастьянов, В. К. Васильев, Г. И. Зотиков и многие другие. По ряду направлений судостроительной науки наша страна уверенно занимает лидирующее положение. В Советском Союзе построены первые в мире мощные атомные ледоколы, рыбоконсервные плавучие заводы, самые крупные в мире плавучие базы и научно-исследовательские суда, суда на подводных крыльях, суда-катамараны, буксиры-толкачи, составные сухогрузные суда, речные танкеры и нефтерудовозы, созданы первые в мире опытовый ледовый бассейн и научно-исследовательская подводная лодка, впервые разработаны нормы остойчивости морских судов, применена при постройке грузовых судов низколегированная сталь повышенной прочности, осуществлен переход к массовому строительству траулеров с кормовой схемой траления и т. д. Советские суда – участники всемирных и международных выставок в Брюсселе (1958), Монреале (1967), Париже (1977), Брайтоне (1978), Бордо (1983), ярмарок в Лейпциге, выставок „Инрыбпром" в Ленинграде, ВДНХ СССР в Москве. Они отмечены многими медалями и дипломами. Моряки советского промыслового флота впервые в мировой практике применили в массовом масштабе швартовку судов, ведение грузовых операций, бункеровку топливом, пересадку людей с судна на судно непосредственно на промысле.

СССР – участник 15 многосторонних конвенций, сотрудничает в области рыболовства с 44 государствами по различным вопросам рыбного хозяйства. Традиционно развиваются широкие связи в области рыболовства с социалистическими странами в духе братства и взаимной выгоды. На взаимовыгодных и равноправных условиях оказывается техническое содействие развитию национальной рыбной промышленности ряду развивающихся стран Азии, Африки и Латинской Америки. Деловые отношения в различных областях рыболовства осуществляются и с развитыми капиталистическими государствами, особенно с теми, которые выражают готовность к честному сотрудничеству на основе взаимной выгоды и равноправия.

Сложные процессы преобразований, переоценок, нового мышления и новых действий, названные перестройкой, стали после апрельского (1985 г.) Пленума ЦК КПСС практикой в нашей стране. Перестройка – синоним борьбы. Это подтвердил ход внедрения государственной приемки в промышленности, экспериментальной проверки хозрасчетных

принципов, введения справедливых начал оплаты труда по конечному результату, демократизации управленческих звеньев, реорганизации средней и высшей школы, других революционных по своей сути изменений в обществе. Учитывая опыт начала перестройки, июньский (1987 г.) Пленум ЦК КПСС выработал и утвердил основные положения перестройки управления экономикой страны. Как отметил Генеральный секретарь ЦК КПСС М. С. Горбачев в своем докладе на июньском (1987 г.) Пленуме ЦК, „... создать мощную систему мотивов и стимулов, побуждающих всех работников полностью раскрывать свои способности, плодотворно трудиться, наиболее эффективно использовать производственные ресурсы,— таково веление времени". Выработанные на июньском Пленуме ЦК положения перестройки способствуют успешному выполнению задач, поставленных перед рыбной промышленностью XXVII съездом КПСС и Продовольственной программой.

УСТРОЙСТВО СУДОВ

§ 1. Общие сведения о судне

Классификация судов. Судном называют инженерное сооружение, способное плавать на воде и перемещаться по ней, неся на себе грузы, людей, оборудование, обусловленные назначением этого сооружения. Для составления краткой упрощенной характеристики любого судна или группы судов их классифицируют по следующим основным признакам: по назначению (по роду выполняемой деятельности), материалу корпуса, роду двигателя, роду движителя и району плавания.

По назначению все суда можно разделить на транспортные, вспомогательные, технические, специальные, рыболовные, спортивные.

К транспортным относят пассажирские, грузовые суда, паромы, лихтеры (несамоходные суда). Пассажирским считают судно, предназначенное для перевозки или перевозящее более 12 *пассажиров* — лиц на борту судна, кроме капитана, членов экипажа и других лиц, связанных с деятельностью этого судна (специального персонала). В *экипаж* входит личный состав, обеспечивающий управление, движение, живучесть и безопасность эксплуатации судна, а также персонал, обслуживающий личный состав и пассажиров. К *специальному персоналу* относят лиц, не являющихся пассажирами, членами экипажа или детьми в возрасте менее 1 года и находящихся на борту в связи со специальным назначением данного судна или для выполнения специальных работ на борту данного судна (научные работники, административно-хозяйственный персонал и т. п.). Грузовым считают любое транспортное судно, не являющееся пассажирским (сухогрузное, наливное, комбинированное, многоцелевое, универсальное и др.). *Сухогрузные суда общего назначения* предназначены для перевозки любых штучных грузов в упаковке (генеральных грузов). К *сухогрузным специализированным судам* можно отнести лесовозы, пакетовозы, рефрижераторные, контейнеровозы, балкеры, ролкеры (типа ро-ро и ро-флоу), лихтеровозы. *Балкеры* приспособлены для перевозки навалом любого массового груза (руды, угля и т. п.), а *ролкеры* — для горизонтальной грузообработки. При этом суда типа ро-ро загружают через носовые или кормовые ворота (аппарели) при помощи въезжающих на судно автопогрузчиков или платформ для перевозки груженых автоприцепов, колесной техники, контейнеров и пакетов, а суда типа ро-флоу — через кормовую часть после приема в трюм балласта путем заведения плавающего с грузом понтона. После осушения трюма понтон остается в трюме. В качестве контейнеров на *лихтеровозах* используют несамоходные

баржи-лихтеры, поднимаемые с воды при помощи грузовых устройств лихтеровоза. *Универсальные суда* приспособлены к перевозке нескольких различных грузов, а *комбинированные* – двух разнородных грузов (например, нефтерудовозы). *Наливные суда* (танкеры, газовозы) предназначены для перевозки наливом в грузовых отсеках жидких грузов. Паромы перевозят железнодорожный и автомобильный транспорт, а также пассажиров через морские проливы.

Вспомогательные суда обеспечивают эксплуатацию других судов. Это буксирные (портовые, морские), лоцманские, спасательные, ледокольные (вспомогательные и линейные) и другие суда.

К судам технического флота относят дноуглубительные суда (земснаряды), плавучие краны и плавучие доки, плавучие мастерские, водолазные боты, кабельные и другие суда.

Суда специального назначения – это самоходные суда с механическим двигателем, которые в силу своего назначения имеют на борту более 12 чел. специального персонала, включая пассажиров. К таким судам относят научно-исследовательские, экспедиционные, гидрографические, учебные суда, рыбообрабатывающие базы и прочие суда, используемые для переработки живых ресурсов моря и не занятые их ловом, и др.

Рыболовные суда – это суда, используемые для промысла или для промысла и обработки своего улова (рыбы или других живых ресурсов моря). К *экипажу рыболовного судна* относят всех лиц, занятых выполнением любых обязанностей на борту судна, связанных с назначением судна.

В соответствии с материалом основного корпуса судно может быть стальным, деревянным, композитным (набор стальной, обшивка деревянная), железобетонным (в большинстве случаев несамоходным), из легких сплавов и из стеклопластика.

Главный двигатель, установленный на судне для приведения в действие движителя, дает соответствующее название судну: *пароход* (главный двигатель – паровая машина), *газо-* или *паротурбоход* (главный двигатель – газовая или паровая турбина), *теплоход* (главный двигатель – двигатель внутреннего сгорания), *турбо-* и *дизель-электроход* (главная энергетическая установка состоит из гребного электродвигателя и турбо- или дизель-генератора), *атомоход* (атомная энергетическая установка).

По роду движителя различают *гребные, парусные, колесные, винтовые, с крыльчатым* или *водометным движителем* суда (см. § 33).

В зависимости от мореходных качеств, состояния оборудования, снабжения спасательными средствами, радиоаппаратурой, надежности водонепроницаемых закрытий, при условии выполнения специально оговоренных требований судну может быть назначен неограниченный или ограниченный район плавания (см. § 3).

Основные сведения о судне. Корпус судна образован коробчатой металлической конструкцией, состоящей из набора, палуб, платформ, переборок, обшивки и т. п.

Набор корпуса судна – совокупность соединенных друг с другом балок, подкрепляющих внешние и внутренние листовые конструкции корпуса судна и образующих его каркас, завершающийся в носовой части судна форштевнем, а в кормовой ахтерштевнем. *Форштевень* – передняя особо прочная конструкция носовой оконечности судна в виде стальной балки, изогнутой по форме оконечности, *ахтерштевень* – конструкция кормовой оконечности судна в виде открытой или замкнутой стальной рамы (см. § 6).

Самую верхнюю непрерывную по всей длине судна *палубу* называют *верхней*, а ниже расположенные палубы соответственно второй, третьей и т. д., или им присваивают определенные наименования (например, палуба рыбзавода, нижняя палуба и т. п.). *Платформой* называют палубу, расположенную ниже верхней и простирающуюся лишь на часть длины судна.

Главные поперечные водонепроницаемые *переборки* делят корпус судна по длине на водонепроницаемые отсеки. Самую верхнюю палубу, до которой доведены главные поперечные водонепроницаемые переборки деления судна на отсеки, называют *палубой переборок*, а палубу, от которой измеряют надводный борт – *палубой надводного борта.* Крайние водонепроницаемые носовой и кормовой отсеки именуют соответственно *фор-* и *ахтерпиком*. В зависимости от размеров и назначения судна в самостоятельные отсеки выделяют машинное, котельное, рефрижераторное отделения, грузовые отсеки. Грузовой отсек, предназначенный для перевозки сухих и жидких грузов (топлива, воды), называют *диптанком*. Емкости (цистерны) с топливом, смазочным маслом и т. п., смежные с емкостями питьевой воды или с грузовым отсеком для пищевых продуктов, разделяют узким отсеком – *коффердамом*. Если главная поперечная водонепроницаемая переборка машинного отделения (МО) не является одновременно переборкой ахтерпика, то гребной вал размещают в специальном туннеле гребного вала. Для удобства укладки груза на многих промысловых судах грузовые отсеки разделяют по высоте легкими горизонтальными перекрытиями, образуя твиндеки и трюм. Нумерация грузовых трюмов и твиндеков начинается от носовой оконечности судна, а твиндеков, кроме того, снизу вверх.

Часть корпуса судна, ограниченную снаружи днищевой наружной обшивкой, а изнутри – настилом второго дна, называют *двойным дном.* Отсеки двойного дна используют для хранения запасов топлива, воды, смазочного масла и размещения водяного балласта. Возвышающуюся уступом на высоту 0,7 – 1,0 м кормовую часть верхней палубы именуют *квартердеком.*

На верхней палубе размещены *надстройки*. Как правило, надстройки простираются на всю ширину судна, однако могут быть и уже, но не более чем на 4% ширины судна. *Рубки* меньше надстроек по ширине, и располагают их на палубе надстройки или на верхней палубе. Надстройки и рубки разделяют на ярусы соответствующими палубами надстроек и рубок. Надстройку в кормовой части судна, доходящую до крайней

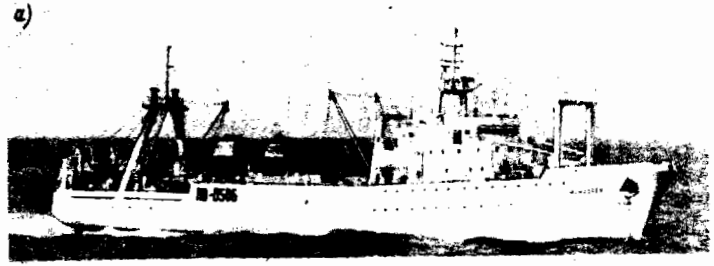
точки кормовой оконечности, называют *ютом*, а надстройку в носовой части, начинающуюся от форштевня, – *баком*. Бак является удлиненным, если его длина не менее 25 % длины судна, считая от форштевня.

Рисунок 1.1 дает представление о компоновочном решении одного из современных больших морозильных рыболовных траулеров (БМРТ).

Эксплуатационно-технические возможности судна определяются следующими основными характеристиками.

Водоизмещение судна с полным грузом – масса M судна при наибольшей допустимой осадке d по *грузовую ватерлинию* (ГВЛ). *Длина судна между перпендикулярами* L – расстояние, измеренное в диаметральной плоскости (ДП) между носовым перпендикуляром, проведенным через крайнюю носовую точку *конструктивной ватерлинии* (КВЛ) – ватерлинии, принятой за основу построения теоретического чертежа судна и соответствующую полученному предварительным расчетом полному водоизмещению судна, – и кормовым перпендикуляром, являющимся линией пересечения ДП с вертикальной поперечной плоскостью, проведенной через точку пересечения оси баллера руля с плоскостью КВЛ. Под ДП понимают вертикальную плоскость симметрии теоретической поверхности (внутренней поверхности наружной обшивки) корпуса судна, рассекающую его на две симметричные половины – левый борт (ЛБ) и правый борт (ПБ). Линию пересечения теоретической поверхности с вертикальной поперечной плоскостью посередине между носовым и кормовым перпендикулярами называют *мидель-шпангоутом* и обозначают знаком ⊠, а горизонтальную плоскость, проведенную через нижнюю точку теоретической поверхности корпуса судна в плоскости мидель-шпангоута – *основной плоскостью* (ОП). Участок длины корпуса судна по $0{,}2L$ в нос и корму от мидель-шпангоута именуют средней частью длины судна, а участки длиной по $0{,}05L$, измеряемые от носового и кормового перпендикуляров в сторону мидель-шпангоута, – оконечностями судна. Если середина МО находится за пределами $0{,}3L$ в корму от мидель-шпангоута, то МО считается расположенным в корме. *Ширина судна* B измеряется на мидель-шпангоуте в районе ГВЛ, а осадка d – по вертикали от ОП до ГВЛ. Под *высотой борта* D понимают вертикальное расстояние, измеренное в плоскости мидель-шпангоута у борта от линии пересечения нижней поверхности палубного настила верхней водонепроницаемой палубы с теоретической поверхностью корпуса судна до ОП, а аналогичное расстояние до ГВЛ, являющееся основным измерителем запаса плавучести судна, называют *высотой установленного надводного борта*.

В практике эксплуатации пользуются понятием валовой и чистой вместимости судна, измеренной в регистровых тоннах (1 рег. т = $=2{,}83$ м^3 $=100$ фут^3). *Валовая вместимость* судна включает объем помещений судна в целом (под верхней палубой, в надстройках и рубках, за исключением вспомогательных помещений, оговоренных в Правилах обмера) и предназначена для расчетов сборов за пользование каналами, причалами, за лоцманские услуги и т. п. и для статистического





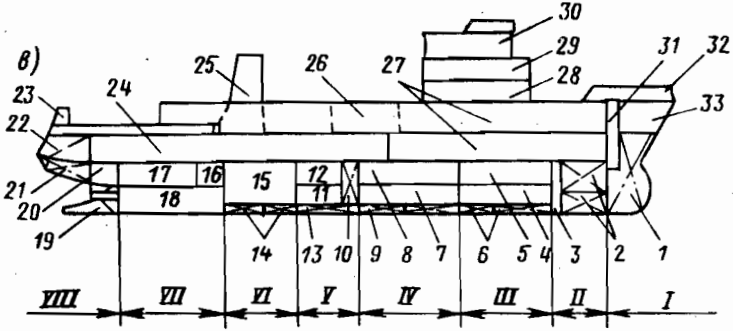


Рис. 1.1. БМРТ типа „Прометей":

а – общий вид; *б* – рабочая палуба; *в* – схема общего расположения; *1, 2, 6, 9, 21* – цистерны дизельного топлива; *3* – коффердам; *4, 7* – рефрижераторные грузовые трюмы; *5, 8* – твиндеки; *10* – цистерна питьевой воды; *11* – рефрижераторное отделение; *12* – центральный пост управления (ЦПУ); *13, 14* – цистерны котельного топлива; *15* – машинно-котельное отделение (МКО); *16* – трюм рыбной муки; *17* – рыбомучное отделение (РМО); *18* – туннель валопровода; *19* – цистерны рыбьего жира; *20* – арматурная; *22* – сетевой трюм; *23* – транцевый портал; *24* – рыбный цех; *25* – фальштрубы; *26* – удлиненный бак; *27* – жилые и служебные помещения; *28, 29* – второй и третий ярусы надстройки; *30* – совмещенная навигационно-промысловая рубка; *31* – цепной ящик; *32* – козырек; *33* – кладовые; *I–VIII* – водонепроницаемые отсеки

учета флота. *Чистая вместимость* представляет собой условный объем коммерчески эксплуатируемых помещений (помещений судна, служащих для перевозки грузов, пассажиров, машинные помещения и др.).

Скорость судна v измеряется в узлах (1 уз = 1 миля/ч = 1852 м/ч).

Более подробно геометрические и эксплуатационно-технические характеристики судна рассмотрены в соответствующих главах учебника.

§ 2. Суда флота рыбной промышленности

Тип судна ФРП СССР зависит от особенностей орудий и объектов лова, района промысла и формы работы на промысле, вида и способа вырабатываемой продукции и т. п.

В практике морского и океанического промысла определились автономная, экспедиционная и автономно-экспедиционная формы работы судов. В первом случае весь цикл от добычи до транспортировки объектов промысла в порт выполняет одно судно без посторонней помощи, во втором – добычу, обработку, перегрузку с судна на судно и транспортировку в порт назначения осуществляют суда различного назначения (экспедиция), в третьем – в зависимости от объектов добычи, сезона или хозяйственной необходимости суда могут работать часть времени по первой и часть – по второй форме.

В соответствии с видом основного орудия лова и объекта промысла добывающее судно называют: *траулером* (орудие лова – сетной мешок, именуемый тралом, при буксировке которого вода процеживается сквозь ячеи сети, а рыба пройти не может), *сейнером* (орудие лова – обметанная вокруг скопления рыбы сетная стена, нижняя часть которой стягивается, образуя „кошель", удерживающий рыбу); *дрифтером* (орудие лова – сетная преграда на пути движения рыбы, в ячее которой рыба объячеивается), *ярусником* (орудие лова – плавающий трос, на котором крепят множество поводцов с наживленными наживкой крючками, образуя в целом ярусный порядок), *траулером-сейнером, сейнером-траулером, траулером-дрифтером, зверобойным, краболовным, креветколовным, тунцеловным, многоцелевым судном* и т. п.

В зависимости от наличия холодильного оборудования суда могут быть морозильными, рефрижераторными и нерефрижераторными. На *морозильных* судах имеется возможность замораживания улова, на *рефрижераторных* – выпуска охлажденной и малосоленой продукции, на *нерефрижераторных* – посола или доставки на приемный пункт охлажденной льдом продукции.

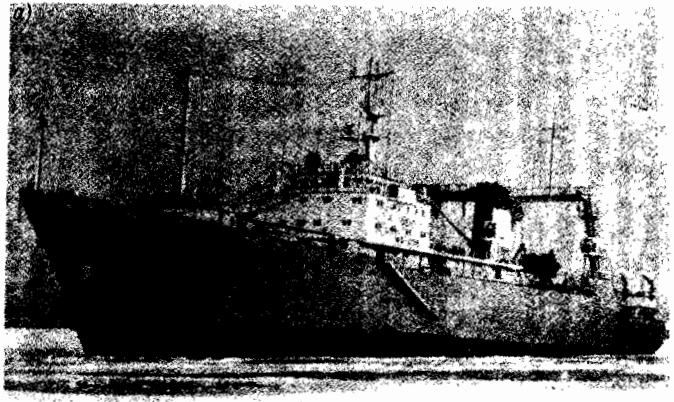
Минрыбхоз СССР подразделяет суда ФРП на суда промыслового флота и суда, не являющиеся промысловыми. Промысловый флот включает добывающие, обрабатывающие, приемно-транспортные и вспомогательные суда. *Добывающие суда* предназначены для ведения водного промысла или ведения промысла и обработки объектов этого

промысла (рыбы, морского зверя, моллюсков, головоногих, водорослей и др.), *обрабатывающие* – для обработки объектов водного промысла, а *приемно-транспортные* – для приема и транспортировки продукции промысла в порт назначения, передачи на добывающие суда различного рода снабжения, топлива, воды, когда приемно-транспортное судно для этого приспособлено. К *вспомогательным* относят учебные суда, суда для научных рыбохозяйственных исследований, охраны запасов объектов промысла и др. Ледокольно-спасательные суда, буксиры-кантовщики, линейные буксиры, танкеры, баржи, пассажирские суда, лоцманские, пожарные и разъездные катера, нефтемусоросборщики и тому подобные суда ФРП не относят к промысловым.

В целях упорядочения классификации судов ФРП Минрыбхоз СССР присваивает им символ класса, состоящий из букв и цифр, определяющих размерную категорию и (или) назначение судна, а также суммарную мощность главных двигателей и номер технического проекта (для судов зарубежной постройки – наименование головного судна серии). Для добывающих судов, как для судов наиболее многочисленного типа, за основу отнесения их к тому или иному классу принята длина судна между перпендикулярами L, м: $L \geqslant 100$ – крупное судно (супер-судно); $65 \leqslant L < 100$ – большое судно; $34 \leqslant L < 65$ – среднее судно; $24 \leqslant L < 34$ – малое судно; $L < 24$ – малое маломерное судно. Например: РТМК-С 5300 кВт типа „Моозунд" – рыболовный траулер морозильно-консервный (супертраулер), мощность главных двигателей 5300 кВт, головное судно „Моозунд" (построен в ГДР). В дальнейшем при кратком обозначении того или иного типа судна мощность главных двигателей указываться не будет, а вместо номера проекта будет приведено название головного судна серии.

Добывающие суда. Крупные добывающие суда предназначены для автономной работы в отдаленных районах Мирового океана. Это рыболовные траулеры с удлиненным баком, переходящим в П-образную (в плане) надстройку, что увеличивает длину промысловой палубы, частично защищает ее с бортов от непогоды, обеспечивает возможность смещения МКО – источника шума – в корму от жилых помещений. Траулеры по бортам имеют две фальштрубы (вместо традиционной одной) для вывода в атмосферу дыма, газов и т. п. Увеличенная длина промысловой палубы, разделенной на две половины, обеспечивает возможность работы по двухтраловой схеме „дубль" (попеременно двумя тралами). Суда имеют транцевую корму со слипом (для втягивания трала), навигационно-промысловую рубку, обеспечивающую круговой обзор. Траулеры могут снабжать добывающие суда топливом, промысловым снаряжением и продовольствием.

На рис. 1.2 представлен рыболовно-крилевый траулер (супертраулер) РКТ-С типа „Антарктида" (СССР), который, являясь обычным современным крупным рыболовным траулером, одновременно – специализированный крилевый траулер. Судно обеспечивает выпуск консервов, мороженой продукции, белковой пасты „Океан" (из криля)





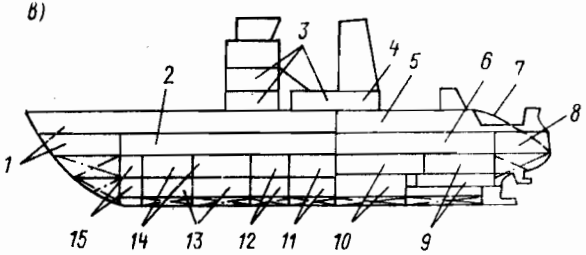


Рис. 1.2. РКТ-С типа „Антарктида":

а – общий вид; *б* – промысловая палуба; *в* – схема общего расположения; *1* – жилые и бытовые помещения; *2, 3* – жилые помещения; *4* – служебные помещения; *5* – разделочно-заготовительный цех; *6* – консервный цех и цех заморозки; *7* – слип; *8* – румпельное отделение; *9* – жиромучные цехи; *10* – МКО и ЦПУ; *11* – рефрижераторное отделение; *12* – рефрижераторный трюм и твиндек; *13* – коль[illegible]ерюмы; *14* – консервные твиндеки; *15* – коффердам

с последующей ее заморозкой, кормовой рыбной муки из отходов производства. Для его необычных архитектурно-компоновочных и конструктивного решений характерны: сопряжение слипа с удлиненной палубой бака, а не с верхней палубой, как у других крупных добывающих судов (см. рис. 1.1), при наличии в кормовой части небольших открытых участков верхней палубы; ярусное расположение промысловых лебедок – ваерных на верхней палубе в корме, кабельно-вытяжных и промыслово-грузовых на основной промысловой палубе (палубе бака), гиневых на палубе надстройки (см. § 14); выливка криля из трала насосной установкой без подъема улова на палубу, что способствует повышению выхода и качества продукции; районирование функциональных зон (жилой, промысловой, производственной и технологической), а также простота коммуникаций внутри каждой зоны и между ними; впервые в мировой практике примененное на траулерах двухъярусное размещение основных производственных участков (на главной и верхней палубах кормовой части судна), позволившее полностью отделить сырые разделочно-заготовительные участки от консервного и морозильного производств. Производственные помещения включают цех обработки рыбы и криля, участки переработки криля на мясо и белковую пасту, консервный цех с морозильно-упаковочным участком, жиромучной цех и различные вспомогательные, разделочные, подготовительные и тому подобные участки, оборудованные современными разделочными и упаковочными машинами и транспортировочными линиями. Для хранения охлажденной рыбы до ее поступления на обработку предусмотрен трехсекционный бункер-аккумулятор.

На рис. 1.3 показан рыболовный траулер морозильный (супертраулер) РТМ-С типа „Спрут" (ПНР). Для него, как и для всех современных крупных траулеров, характерны сопряжение слипа с верхней



Рис. 1.3. РТМ-С типа „Спрут"

палубой, одноярусное размещение основных производственных участков (под верхней палубой), навигационно-промысловая рубка кругового обзора, П-образная надстройка. Судно обеспечивает замораживание улова, изготовление консервов из печени и рыбы (без применения масла), выработку филе, рыбной муки из отходов производства, жира. Оборудование производственных помещений включает технологические линии замораживания и изготовления консервов, установку для выработки жира из печени и рыбомучную установку, расположенные под палубой основных производственных участков.

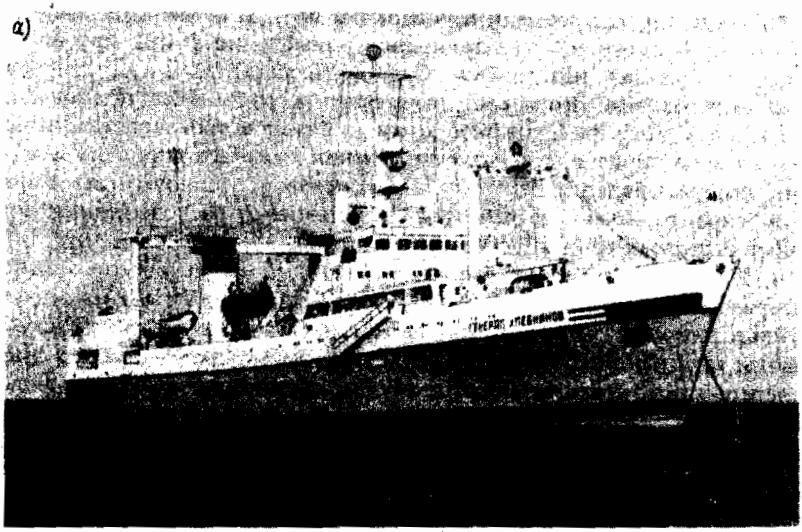
В 1986 г. начат серийный выпуск рыболовных траулеров морозильно-консервных (супертраулеров) РТМК-С типа „Моозунд" (ГДР), предназначенных для лова рыбы в летний период навигации в Арктике и во все периоды года в покрытых льдом неарктических морях. Суда обеспечивают переработку улова на потрошенную и обезглавленную рыбу, филе, рыбные консервы, рыбную муку (из отходов производства), технический и медицинский (из печени) рыбий жир. Производственные помещения включают цехи специальной разделки, обезглавливания, обработки мелкой неразделанной рыбы; участок упаковки замороженных блоков; консервный и жиромучной цехи, оборудованные транспортерами и технологическими производственными линиями. Предусмотрены цистерна для охлаждения забортной воды и четырехсекционный охлаждаемый рыбный бункер-аккумулятор для предварительного хранения рыбы.

Пополнение промыслового флота крупными добывающими судами в основном будет осуществляться за счет РТМ-С типа „Горизонт" (СССР) и находящихся в стадии проектирования консервных крилево-рыбных траулеров (супертраулеров) КРТК-С (СССР).

Большие добывающие суда в зависимости от промысловой обстановки и вида добываемого морепродукта могут работать по автономной, экспедиционной и автономно-экспедиционной форме работы как в отдаленных районах Мирового океана, так и в 200-мильной экономической зоне и на шельфах. В основном это рыболовные траулеры и специализированные (по виду вылавливаемого объекта добычи) сейнеры. Траулеры, – как правило, двухпалубные суда со средним расположением П-образной надстройки и кормовым расположением промысловых механизмов на верхней (промысловой) палубе, заканчивающейся слипом. В надстройке размещены каюты командного состава, общественно-бытовые, медицинские и служебные помещения. В носовой части междупалубного пространства расположены каюты команды, в кормовой – производственные и другие помещения. МКО смещено в корму от мидель-шпангоута, рефрижераторные трюмы – в сторону носовой оконечности судна, рефрижераторный или рыбомучной и консервный трюмы – в корму от МКО. Основные запасы топлива и смазочного масла размещены в двойном дне.

Представление об архитектурно-компоновочном решении современных больших морозильных рыболовных траулеров БМРТ типов „Прометей" (ГДР) и „Пулковский меридиан" (СССР) дают рис. 1.1 и 1.4,*а, б.*

а)



б)

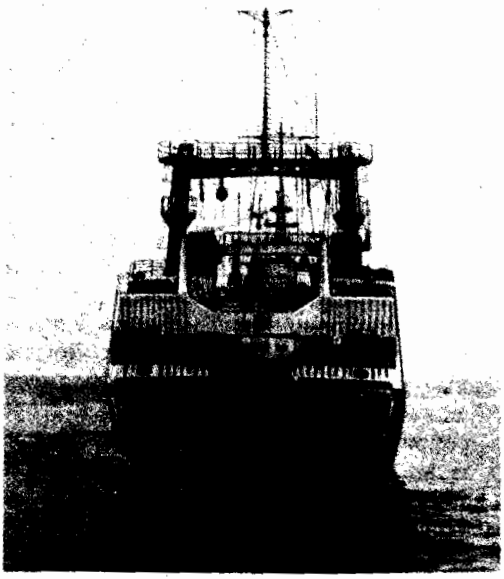
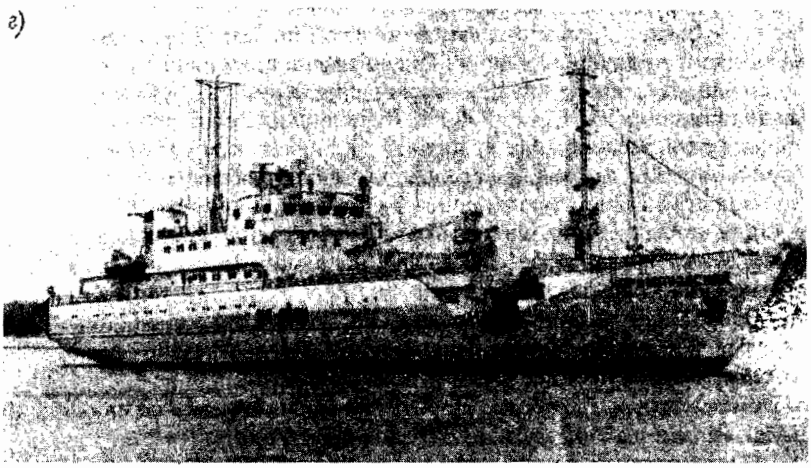


Рис. 1.4. Большие добывающие суда:

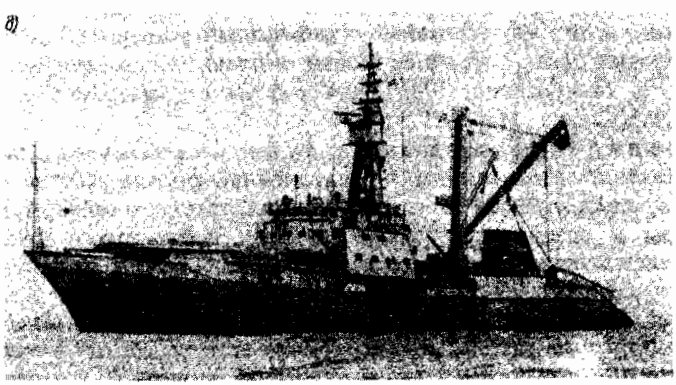
а, б – БМРТ типа „Пулковский меридиан" (общий вид и вид на слип); *в* – БМРТ типа „Лесков"; *г* – РДОС типа „Моряна"; *д* – БСТ типа „Родина"



в)



г)



д)

Суда осуществляют лов рыбы тралом по схеме „дубль" и обеспечивают выработку мороженой продукции, рыбной муки (из отходов производства), жира и приготовление консервов из печени. Оборудование производственных помещений БМРТ типа „Прометей" включает: бункер-аккумулятор, технологические линии производства неразделанной, потрошеной и обезглавленной рыбы, линию ручной разделки, цех производства консервов из печени, жиромучную установку и установку выработки жира из печени. Оборудование производственных помещений БМРТ типа „Пулковский меридиан" принципиально аналогично.

Рис. 1.4,*в* дает представление об архитектуре БМРТ предыдущих поколений, которые еще длительное время будут работать в составе промыслового флота.

К большим добывающим судам относится рыбодобывающее обрабатывающее судно РДОС типа „Моряна" (СССР), предназначенное для добычи кильки на электросвет специальными рыбонасосными установками, производства пресервов, кильки пряного посола в бочках и соленой чешуи в бочках (для нужд лакокрасочной промышленности), хранения и доставки продукции в порт. Судно имеет одну палубу, развитый ют, короткий бак, смещенную в корму трехъярусную рубку и кормовое расположение МКО (рис. 1.4,*г*). Производственная холодильная установка судна расположена в носовой части, где находится аккумулятор (бункер) рыбы, трюмы – в средней части под рыбцехом.

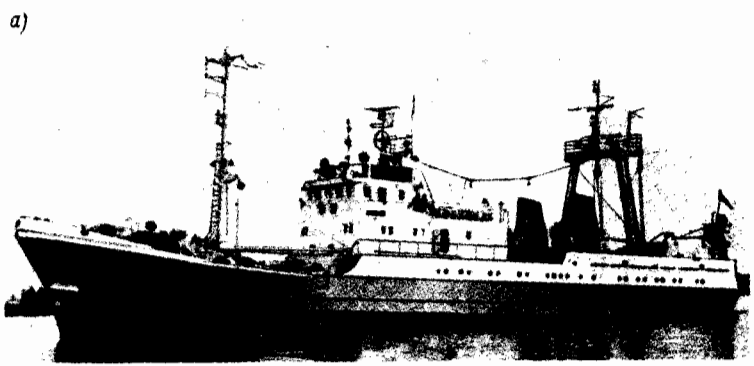
Большой сейнер тунцеловный БСТ типа „Родина" (ПНР) предназначен для добычи тунца кошельковым неводом, обработки и замораживания улова (рис. 1.4,*д*). Судно снабжено мотоботом и спецботами для обеспечения кошелькования тунца.

Зверобойно-рыболовное судно ЗРС типа „Зверобой", также относящееся к большим добывающим судам, предназначено для промысла морского зверя и лова рыбы с помощью трала. На нем производятся обработка шкур, выработка мороженой мясокостной массы, мороженой рыбы, жира и рыбной муки из отходов производства.

Пополнение промыслового флота большими добывающими судами будет осуществляться в основном за счет БМРТ типа „Пулковский меридиан" и его модификаций ограниченных размерений для работы в шельфовых зонах и на материковых склонах при средней удаленности от портов базирования, БМРТ для работы на материковых склонах (ГДР), РДОС типа „Моряна" и др.

Средние добывающие суда предназначены для обеспечения сезонно-автономной и экспедиционной формы работы. Это, как правило, однопалубные траулеры, сейнеры, траулеры-сейнеры, сейнеры-траулеры и специализированные по виду добываемого улова суда.

Представление об архитектурно-компоновочном решении современного среднего рыболовного траулера морозильного СРТМ типа „Василий Попов" (СССР) дает рис. 1.5. Судно осуществляет лов рыбы тралом по схеме „дубль" и обеспечивает ее переработку в мороженую продукцию. Технологическое оборудование включает: транспортеры –



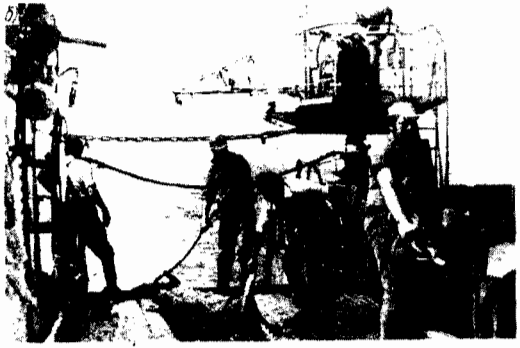
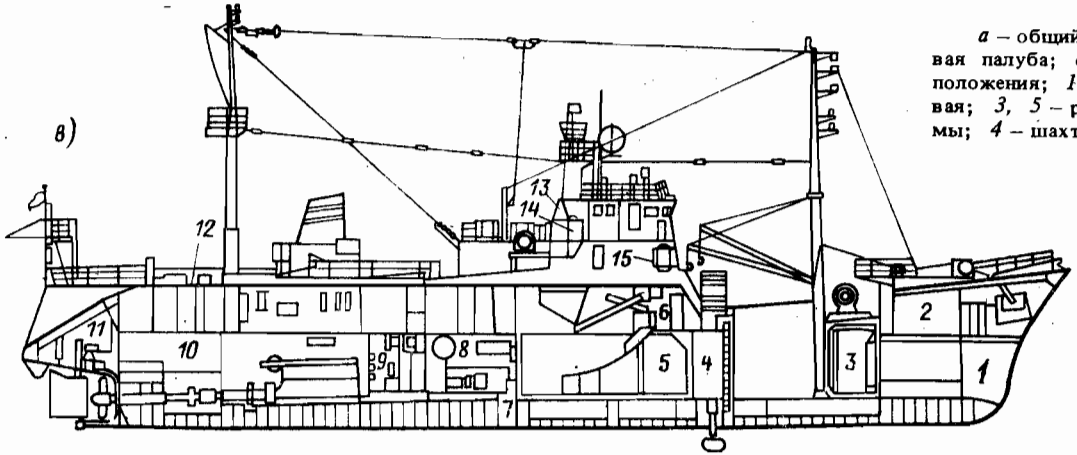


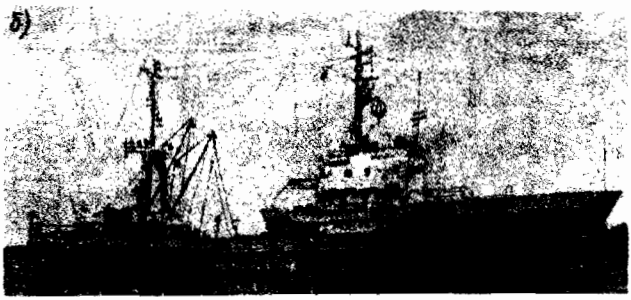
Рис. 1.5. СРТМ типа „Василий Попов":

а – общий вид; *б* – промысловая палуба; *в* – схема общего расположения; *1* – форпик; *2* – кладовая; *3, 5* – рефрижераторные трюмы; *4* – шахта гидролокатора; *6* – морозильное отделение; *7* – шахта лага; *8* – рефрижераторное отделение; *9* – МКО; *10* – цистерны воды; *11* – румпельное отделение; *12* – рабочая площадка; *13* – рулевая рубка; *14* – пульт управления траловой лебедкой; *15* – льдогенератор





б)



в)

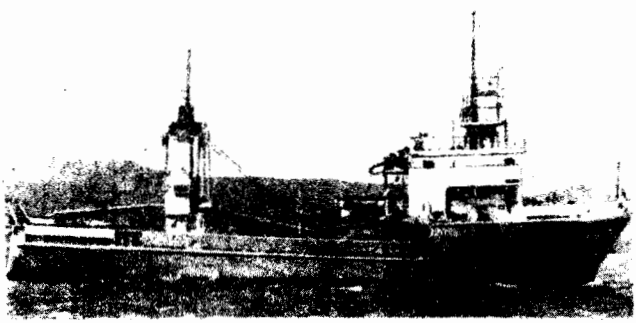
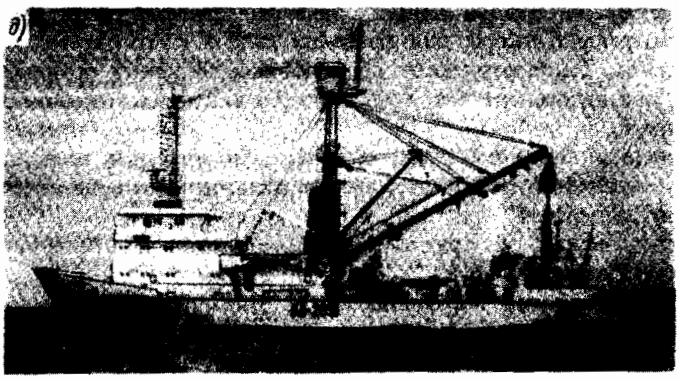
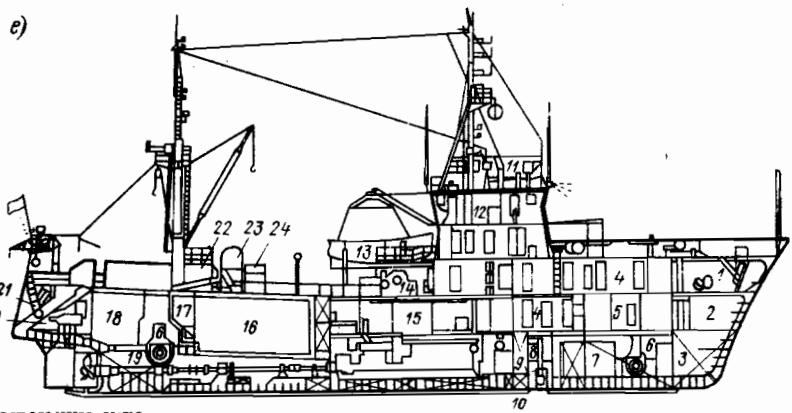


Рис. 1.6. Средние

а – СРТР типа „Баренцево море"; *б* – СТР типа „Альпинист"; *в* – СТР типа
го расположения СТР; *1, 5* – кладовые; *2* – форпик; *3, 19* – балластные цистер-
помещение рыбопоисковых приборов; *9, 10* – цистерны воды; *11* – навига-
промысловая лебедка; *15* – МО; *16* – рыбный трюм; *17* – бункер предваритель-
отделение; *21* – аппарель слипа; *22* – льдогенераторные







добывающие суда

„Надежный"; *г* – ТСМ типа „Орленок"; *д* – ССТ типа „Тибия"; *е* – схема обще-ны; *4* – каюты; *6* – подруливающее устройство; *7* – топливная цистерна; *8* – ционный мостик; *12* – навигационно-промысловая рубка; *13* – мотобот; *14* – ного охлаждения рыбы; *18* – трюм кошелькового невода; *20* – румпельное лебедки; *23* – рыбонасос; *24* – водоотделитель

подъемный, для сортировки улова, для подачи рыбы в бункер морозильного отделения, скребковый для льда; льдогенератор; лотки для подачи груза в трюмы и передачи рыбы от сортировочного к передаточному транспортеру; бункер для охлаждения улова и машину для глазуровки блоков мороженой рыбы.

На рис. 1.6,*а* показан современный средний рыболовный траулер рефрижераторный СРТР типа „Баренцево море" (СССР). Это посольно-свежьевое судно с двухтраловой промысловой схемой „дубль".

Сезонную автономную и экспедиционную работу обеспечивает сейнер-траулер рефрижераторный СТР типа „Альпинист" (рис. 1.6,*б*), осуществляющий лов рыбы большим кошельковым неводом или тралом по кормовой схеме. Перевооружение судна с одного вида лова на другой может быть выполнено силами экипажей судна и одного из судов экспедиции. На судне вырабатывается охлажденная продукция. Выливку улова из кошелькового невода обеспечивает погружной рыбонасос. Предусмотрены бункеры для хранения льда и кратковременного хранения рыбы. Технологическое оборудование включает рыбопосольный агрегат, два льдогенератора, транспортер и винтовые трюмные электроподъемники.

Экспедиционный лов рыбы кошельковым неводом, тралом и снюрреводом, хранение улова в свежем или охлажденном виде обеспечивает СТР типа „Надежный" (рис. 1.6,*в*).

Представление об архитектурно-компоновочном решении современных СТР дает рис. 1.6,*е*.

Траулеры-сейнеры морозильные ТСМ типа „Орленок" (рис. 1.6,*г*), так же как и СТР, предназначались для лова рыбы тралом по промысловой схеме „дубль" и кошельковым неводом, однако опыт эксплуатации показал неэффективность кошелькового лова, и ТСМ пополнили флот как траулеры. На судне обеспечиваются замораживание обработанной или переработанной продукции, производство рыбной муки из отходов, технического и медицинского (из печени) рыбьего жира. Судно оборудовано кормовым рефрижераторным трюмом и трюмом рыбной муки. Предусмотрены цистерна охлаждения забортной воды и бункер предварительного охлаждения рыбы.

Средние сейнеры тунцеловные ССТ типа „Тибия" (СССР) (рис. 1.6,*д*) обеспечивают лов тунца кошельковым неводом и сохранение улова в охлажденной морской воде либо замороженного (подмороженного) в рассоле. На судне имеются приемный бункер для рыбы и восемь рефрижераторных трюмов (танков), циркуляцию воды и рассола в системах охлаждения которых обеспечивают центробежные насосы. Судно оснащено промысловым ботом и двумя мотолодками для кошелькования тунца.

Средний тунцелов-ярусник СТЯ типа „Нереида" (СССР) выполняет добычу тунца с помощью яруса. Кальмароловные суда КЛС обеспечивают промысел кальмаров с помощью специальных крючковых орудий лова (удочек).

Пополнение промыслового флота средними добывающими судами будет производиться за счет СРТМ нового поколения, СРТР типа „Баренцево море", СТР типов „Альпинист" и „Надежный", ССТ типа „Тибия", КЛС, средних креветколовных траулеров морозильных СКТМ и других специализированных и многоцелевых судов.

Малые добывающие суда предназначены для прибрежного промысла, характерного большим разнообразием способов лова, требующим наличия специализированных и многоцелевых судов, способных работать с различными орудиями лова.

Малый рыболовный траулер рефрижераторный МРТР типа „Гируляй" (СССР) вырабатывает охлажденную и слабосоленую (пресервы) продукцию. Технологическое оборудование включает: линию по производству пресервов, в состав которой входят закаточный полуавтомат, машина для мойки и сушки банок, перемешивающее устройство, расфасовочный конвейер и подъемник; линию по производству охлажденной рыбы; льдогенератор; рыбный бункер.

Малый креветколовный траулер морозильный МКТМ типа „Леда" (ПНР, рис. 1.7,*а*) обеспечивает отлов рыбы или креветок, замораживание обработанного и необработанного улова. Технологическое оборудование включает линии обработки креветки и рыбы.

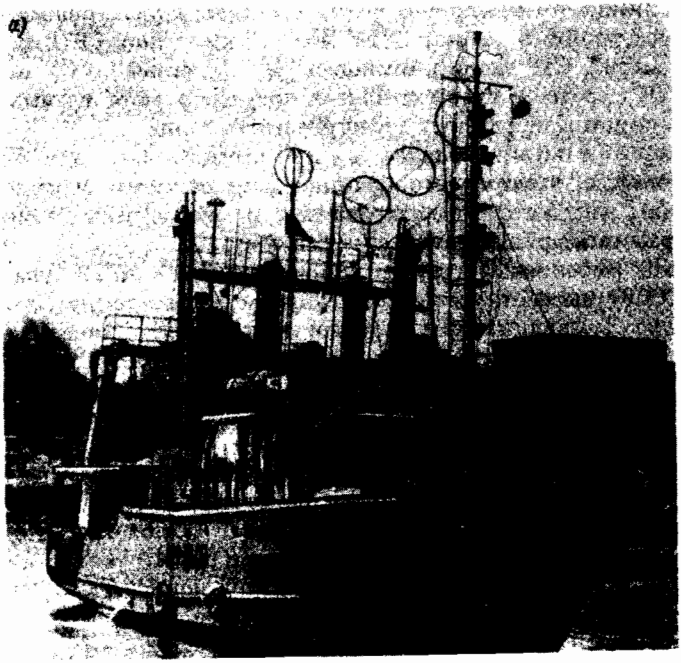
Малый тунцелов-ярусник МТЯ типа „Тунцелов-1" (СССР) производит лов тунца ярусом и его доставку на берег в танках с охлажденной морской водой.

Малый рыболовный траулер рефрижераторный ММРТР типа „Балтика" (рис. 1.7,*б* и *в*) сдает улов в охлажденном виде, а малый рыболовный сейнер ММРС типа „Керчанин" (рис. 1.7,*г*) – в свежем виде.

Для работы в составе советско-зарубежных компаний или промысла по лицензиям в экономических зонах иностранных государств строится серия рыболовно-креветочных морозильно-рефрижераторных малых траулеров типа „Лаукува" (рис. 1.7,*д*). Судно осуществляет кормовое траление рыбы донным, близнецовым и разноглубинным тралами, а также лов креветки и головоногих (осьминога, кальмара, каракатицы) по двубортной схеме с применением тангонов (см. § 14), выпуская мороженую или охлажденную продукцию. Замораживание обеспечивают два автономных морозильных аппарата в рыбном цехе, а выпуск охлажденной продукции – льдогенератор. В первом варианте в грузовом трюме поддерживается температура $-25\,^{\circ}C$, во втором $-4\,^{\circ}C$. Для предварительного хранения улова предусмотрен рыбный бункер с охлажденной забортной водой.

Представление об архитектурно-компоновочном решении современных малых добывающих судов дает рис. 1.7,*е*.

Пополнение промыслового флота малыми добывающими судами будет осуществляться за счет МРТР типа „Гируляй", МКТМ типа „Леда", ММРС типа „Керчанин", ММРТР типа „Балтика" и многими другими специализированными и многоцелевыми добывающими судами, способными вести лов различными средствами.



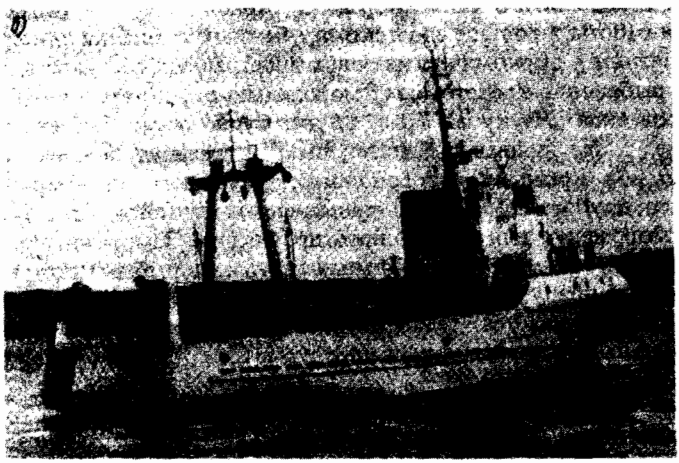
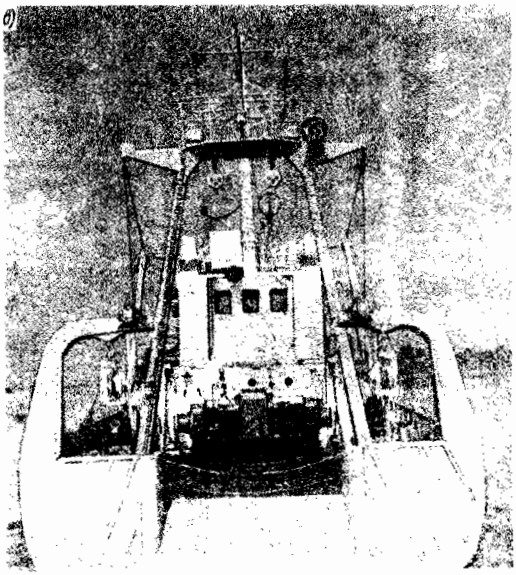
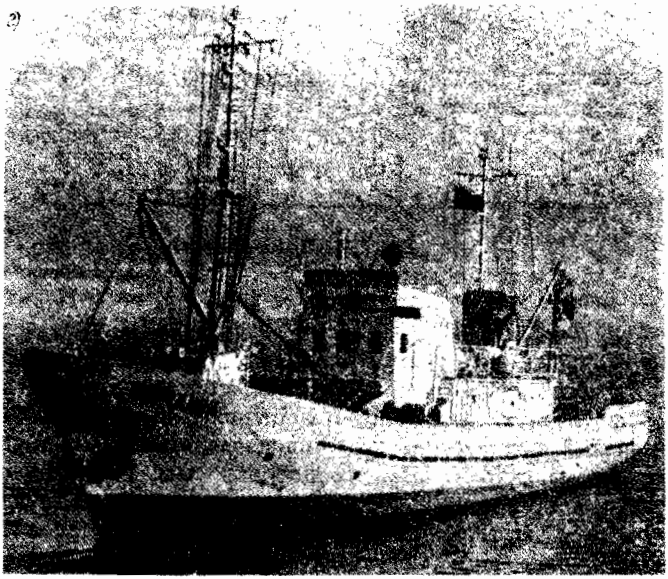


Рис. 1.7. Малые

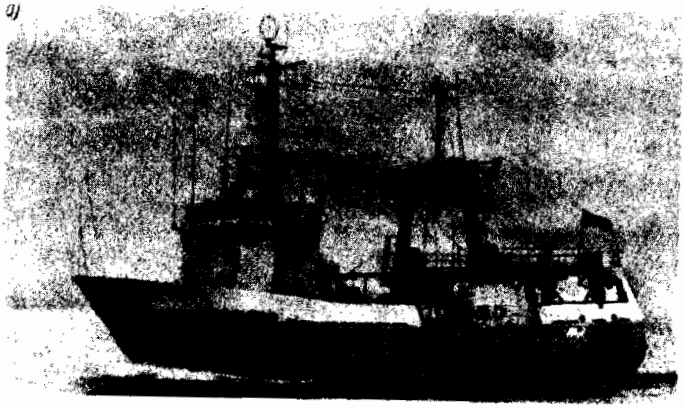
а – МКТМ типа „Леда"; *б* и *в* – ММРТР типа „Балтика" (об
чанин";





добывающие суда:

щий вид и вид на промысловую палубу); *г* – ММРС типа „Кер-



е)

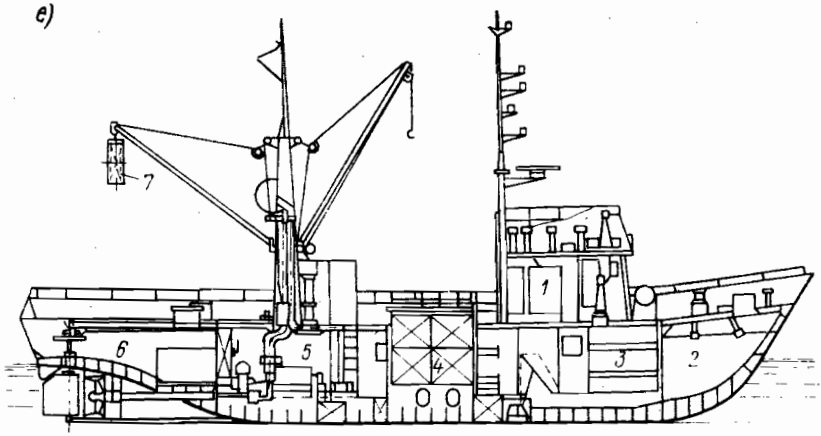


Рис. 1.7. (*Продолжение*)

д – МРКТМ типа „Лаукува"; *е* – схема общего расположения малого добывающего судна; *1* – рулевая рубка; *2* – форпик; *3* – жилой блок; *4* – рыбный трюм; *5* – МО; *6* – ахтерпик; *7* – силовой блок

Обрабатывающие суда. Такие суда принимают от добывающих судов объекты водного промысла, перерабатывают их в полуфабрикаты или готовую продукцию и доставляют в порт. Кроме того, они обеспечивают добывающие суда топливом, смазочным маслом, водой, промысловым снаряжением, продовольствием, а также медицинское и культурно-просветительное обслуживание экипажей судов. В зависимости от характера производства и вида выпускаемой продукции обрабатывающие суда могут быть рыбообрабатывающими, консервными, мучными, универсальными плавбазами, производственными рефрижераторами.

Универсальная плавбаза УПБ типа „Конституция СССР" (ПНР) предназначена для работы в составе экспедиции с добывающими

судами, принимает от них рыбу-сырец и полуфабрикаты, перерабатывает сырец на консервы, пресервы, мороженую и соленую продукцию, производит рыбную муку из отходов производства, технический и медицинский рыбий жир, икру и доставляет продукцию в порт. Это трехпалубное судно с кормовым расположением МКО и смещенной к носовой оконечности средней надстройкой. Судно имеет шесть рефрижераторных трюмов, трюм рыбной муки, цистерны консервного масла, технического и полуфабриката медицинского рыбьего жира. Производственные помещения включают цехи разделки рыбы, консервный, морозильный, производства пресервов, посола, доработки соленого полуфабриката, производства икры, рыбомучной, жиротопное отделение, тузлучную станцию. На судне установлены шесть льдогенераторов чешуйчатого льда и бункер-аккумулятор.

Назначение рыбообрабатывающей плавбазы ПБ типа „Профессор Баранов" (ПНР) аналогично назначению УПБ. Судно обеспечивает замораживание принятого от добывающих судов улова, изготовление пресервов, выработку соленой продукции, рыбных муки (из отходов производства) и жира, доставку продукции в порт. Это двухпалубное судно с кормовым расположением МКО и носовой надстройкой оборудовано четырьмя рефрижераторными трюмами, пятью рефрижераторными твиндеками, мучным трюмом и цистерной рыбьего жира.

Рыбообрабатывающая мучная плавбаза РМБ типа „Пятидесятилетие СССР" (СССР) производит ту же продукцию, что и ПБ, при преимущественном производстве рыбной муки и жира, а консервная плавбаза КПБ – при преимущественном производстве консервов.

Назначение производственных рефрижераторов ПР – прием в районе промысла от добывающих судов, не имеющих морозильного оборудования, рыбы-сырца, ее замораживание с последующей доставкой продукции в порт или передачей на приемно-транспортное судно.

Плавбазы МПБ предназначены для работы в составе экспедиций с малыми добывающими судами и выработки готовой продукции: мороженой (в том числе из разделанной и неразделанной рыбы) печени и молок, пресервов, икры, соленой сельди, рыбной муки (из отходов производства), рыбьего жира (технического и полуфабриката медицинского). Это двухпалубные суда с кормовым расположением МКО, двухъярусным расположением основных технологических цехов, сплошной надстройкой, баком, четырехъярусной носовой и двухъярусной кормовой рубками.

Представление об архитектурно-компоновочном решении одного из современных обрабатывающих судов дает рис. 1.8.

Пополнение промыслового флота обрабатывающими судами будет осуществляться за счет краборыбоконсервных плавбаз (Финляндия), которые заменят хорошо зарекомендовавшие себя КПБ типа „Андрей Захаров" (СССР), а также за счет УПБ типа „Конституция СССР", ПБ (ПНР), судов для обработки мелкой рыбы (СССР), малых рыбообрабатывающих плавбаз МПБ (СССР). На базе РДОС типа „Моряна" будут

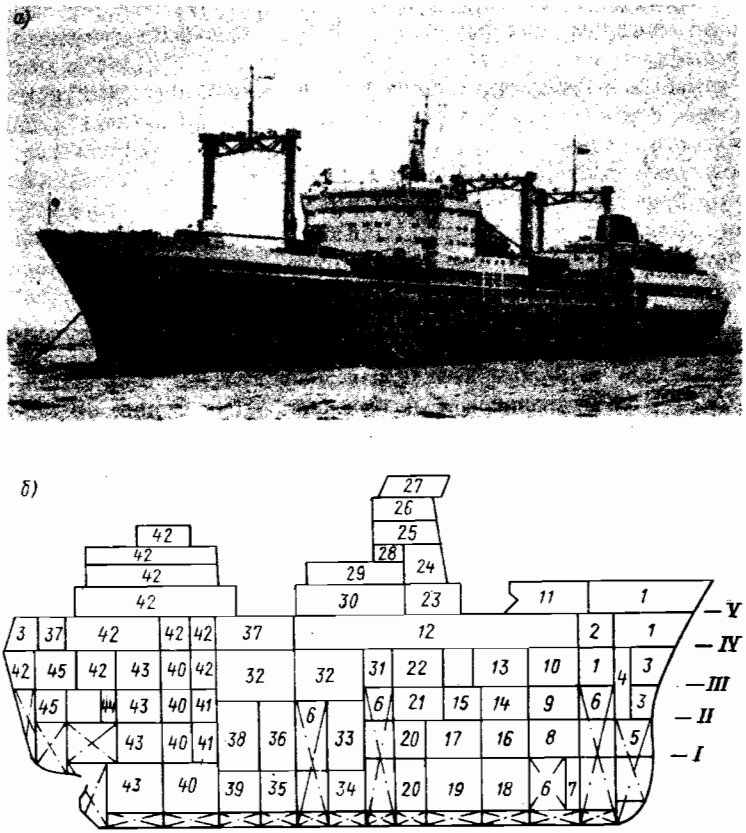


Рис. 1.8. РМБ типа „Пятидесятилетие СССР":

а – общий вид; *б* – схема общего расположения; *1* – помещения промыслового снаряжения; *2* – цех обработки бочек; *3* – боцманские кладовые; *4* – цепной ящик; *5* – цистерна пресной воды; *6* – диптанки топлива; *7 – 9* – насосные отделения; *10* – гидролизное и сепараторное отделение; *11* – кладовые и вспомогательные помещения; *12* – рыборазделочный цех; *13 – 19* – рефрижераторные трюмы и твиндеки; *20* – аппаратные отделения; *21* – компрессорное отделение; *22* – морозильное отделение; *23, 28* – льдогенераторные помещения; *24, 30* – льдохранилища; *25, 26, 29* – жилые и служебные помещения; *27* – рулевая и штурманская рубки; *31* – цех рыбного фарша; *32* – цех рыбной муки; *33 – 36, 38, 39* – трюмы и твиндеки рыбной муки; *37* – рыбный бункер; *40* – котельное отделение; *41* – генераторное отделение; *42* – бытовые и общественные помещения; *43* – МО; *44* – помещение подруливающих устройств; *45* – румпельное отделение; *I* – платформа; *II* – нижняя палуба; *III* – заводская палуба; *IV* – верхняя палуба; *V* – промысловая палуба

созданы приемно-обрабатывающие суда (для салаки, кильки и т. п.) с учетом особенностей разных бассейнов.

Приемно-транспортные суда. Такие суда принимают на промысле продукцию от обрабатывающих и добывающих судов, обеспечивая последних топливом, смазочным маслом, водой, промысловым снаряжением, продовольствием, и доставляют продукцию в порт.

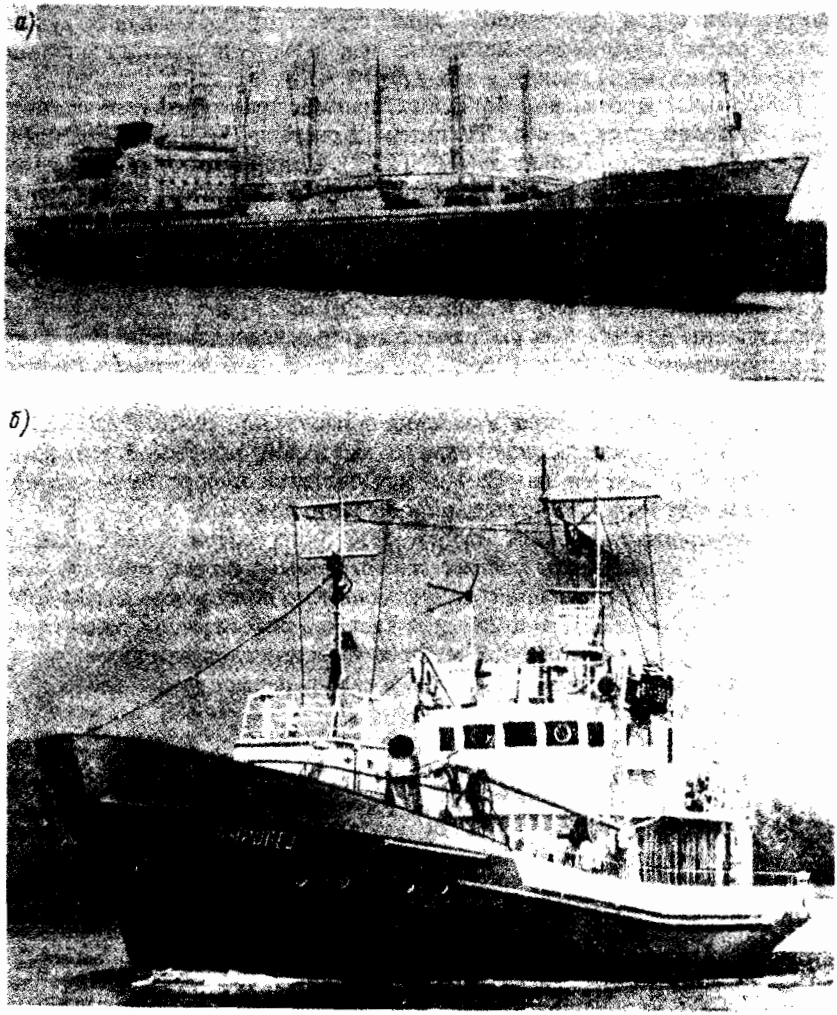


Рис. 1.9. Приемно-транспортные суда:
а – ТР типа „Кристалл-2"; *б* – ТР типа „Кировец"

На рис. 1.9,*а* представлен современный приемно-транспортный рефрижератор ТР типа „Кристалл-2" (ГДР). Это двухпалубное судно, оборудованное четырьмя рефрижераторными трюмами и твиндеками, с кормовым расположением МКО.

Малый приемно-транспортный рефрижератор ТР типа „Кировец" (СССР) предназначен для приема и перевозки мороженой и охлажденной рыбопродукции, консервов и пресервов с перерабатывающих предприятий или судов прибрежного лова, приема от добывающих судов мелкой рыбы в охлаждаемые трюмы, снабжения добывающих судов топливом, смазочным маслом и т. п. (рис. 1.9,*б*).

Пополнение промыслового флота приемно-транспортными судами будет осуществляться за счет ТР типов „Кристалл-2", „Бухта Русская" (СССР), ТР проекта „Атлантик-602" (ГДР). Прибрежный лов обеспечат ТР типа „Кировец", серия малых приемно-транспортных рефрижераторов ($M \leqslant 200$ т), отличающихся высокой степенью автоматизации энергетической установки, и др.

Вспомогательные промысловые суда. Научно-исследовательские суда (НИС), относящиеся к вспомогательным промысловым судам, предназначены для научных рыбохозяйственных исследований.

Рыболовно-поисковые (переоборудованные добывающие) служат для ведения промысловой разведки путем контрольных отловов и наведения добывающих судов в районы обнаружения рыбы. Улов замораживается в неразделанном виде с частичной разделкой крупных экземпляров и сдается на ТР или доставляется в порт базирования. Разведка может быть перспективной и оперативной.

Учебно-производственное судно УПС типа „Призвание", также относящееся к вспомогательным промысловым судам, оборудовано на базе БМРТ типа „Прометей" и предназначено для производственного обучения кадров ФРП. Судно обеспечивает лов рыбы тралом, выработку мороженой продукции, рыбной муки и жира из отходов производства. Аналогичные задачи с целью подготовки кадров решает учебно-транспортный рефрижератор УТР.

Контроль за соблюдением правил рыболовства и мореплавания осуществляют патрульные суда, охрану запасов объектов водного промысла – рыбоохранные суда РОС.

В последующие годы НИС будут создаваться на базе серийных хорошо зарекомендовавших себя добывающих судов.

§ 3. Технический надзор за судами

Надзорная деятельность Регистра СССР. Органом государственного технического надзора и классификации гражданских судов в нашей стране является Регистр СССР. По поручению и от имени Советского правительства или по поручению правительств других стран Регистр СССР осуществляет в пределах своей компетенции технический надзор за

выполнением требований международных конвенций, соглашений и договоров, в которых участвует наша страна. Регистр СССР устанавливает технические требования, обеспечивающие условия безопасного плавания судов в соответствии с их назначением и на основании издаваемых Регистром Правил классификации и постройки морских судов (в дальнейшем именуемых в учебнике Правилами), Правил по конвенционному оборудованию морских судов, Правил о грузовой марке морских судов, Правил по грузоподъемным устройствам морских судов, Правил по предотвращению загрязнения с судов (конструкция и оборудование), Правил обмера морских судов и других правил, а также бюллетеней изменений и дополнений к Правилам, — осуществляет надзорную деятельность. В соответствующих частях Правил учтены технические требования Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 г. (СОЛАС-74) и протоколов 1978 и 1983 гг. к ней, Международной конвенции о грузовой марке 1966 г., Международных правил предупреждения столкновения судов в море 1972 г. (МППСС-72), Регламента радиосвязи 1959 г., Конвенции МОТ-152 о технике безопасности и гигиене труда на портовых работах (пересмотренной в 1979 г.), Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов 1973 г. и протокола 1978 г. к ней (МАРПОЛ-73/78), Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. Предварительно учитываются требования пока не ратифицированной Международной конвенции по безопасности рыболовных судов 1977 г. (КБРС-77) и др. Международное сотрудничество Регистра СССР развивается по следующим основным направлениям: техническое сотрудничество с органами технического надзора и классификации судов (ОТНК) социалистических стран; техническое сотрудничество в рамках Международной ассоциации классификационных обществ (МАКО), членом которой Регистр СССР стал в ноябре 1969 г., двухстороннее сотрудничество с иностранными классификационными органами на основе договоров о взаимном замещении при осуществлении надзора; участие в работе международных правительственных и неправительственных организаций [например, в работе Межправительственной морской организации (ИМО) — подкомитете ООН]; участие в международных научно-технических мероприятиях по вопросам судостроения и безопасности мореплавания.

Регистр СССР осуществляет технический надзор за следующими морскими судами и судами внутреннего плавания, подлежащими его техническому надзору в постройке и эксплуатации: пассажирскими; наливными, предназначенными для перевозки горючих и других опасных грузов; буксирами (независимо от мощности главных двигателей и валовой вместимости); самоходными судами с главными двигателями мощностью 55 кВт и более; судами валовой вместимостью 80 рег. т и более. Регистр СССР производит технический надзор за судовыми холодильными установками с точки зрения безопасности судов, а по заявке судовладельца — классификацию холодильных установок судна.

Регистр СССР выполняет надзор за судовыми грузоподъемными устройствами грузоподъемностью 1 т и более и по особому согласованию может осуществлять надзор за другими судами, установками и устройствами, не упомянутыми выше. Технологические и специальные устройства рыболовных судов, судов специального назначения, технического флота, кабельных судов ие подлежат надзору Регистра, за исключением оборудования, перечисленного в соответствующих частях Правил. Регистр СССР производит технический надзор за контейнерами при изготовлении и эксплуатации, рассматривает и согласовывает проекты стандартов и других нормативных документов, связанных с его деятельностью, может выполнять экспертизы и участвовать в экспертизах по техническим вопросам, входящим в круг его деятельности, издает Регистровую книгу морских судов, в которой содержатся основные технические данные судов и сведения об их классификации.

Надзор за техническим состоянием судов осуществляют инспекторы Регистра СССР посредством освидетельствований: первоначального (для выдачи соответствующих свидетельств), периодических (через четыре года для возобновления соответствующих свидетельств), промежуточных (для подтверждения действия соответствующих свидетельств), ежегодных (наружного осмотра) и, в необходимых случаях (при аварии и т. п.), дополнительных. В целях сокращения простоя судов в порту широко практикуется непрерывное классификационное освидетельствование, при котором весь объем освидетельствования разделяется на иесколько частичных освидетельствований по укрупненным частям (например, освидетельствование корпуса, грузоподъемных устройств, главной энергетической установки и т. п.). На основании освидетельствования судна ему присваивается класс с определенным символом и выдаются Классификационное свидетельство и Свидетельство о годности судна к плаванию. Первое свидетельство подтверждает выполнение требований Правил, второе – выполнение требований Правил и международных конвенций. Оба документа выдаются на четыре года. Присвоение судну класса означает, что судно полностью или в степени, признанной Регистром достаточной, удовлетворяет требованиям Правил.

К л а с с ы с у д о в. Основной символ класса судна, построенного по Правилам и под надзором Регистра СССР, состоит из знака ⍟ и проставляемого перед ним знака КМ (для самоходных судов) или К (для несамоходных судов). Если судно в целом либо его корпус, либо механическая установка были построены по Правилам и под надзором другого, признанного Регистром СССР иностранного классификационного органа, а затем судну присвоен класс Регистра СССР, то символ класса состоит из знаков КМ или К. Если судно и его механическая установка были построены без надзора признанного Регистром иностранного классификационного органа или вообще без надзора классификационного органа а затем судну присваивается класс Регистра СССР, то в символе класса проставляют знак (КМ) или (К). В зави-

симости от примененной категории ледовых усилений корпуса судна, удовлетворяющих требованиям Правил, за основным символом класса судна ставят один из знаков категорий ледовых усилений: УЛА, УЛ, Л1, Л2 или Л3 [13, ч. I, табл. 2.2, 3.2]. Буксирам в зависимости от категории ледового усиления к основному символу класса добавляют один из следующих знаков: УЛ, Л1 или Л3. Если судно удовлетворяет требованиям ч. V Правил „Деление на отсеки", то к основному символу класса добавляют один из знаков деления на отсеки: [1], [2] или [3]. Знак показывает число отсеков, при затоплении которых судно должно остаться на плаву в удовлетворительном состоянии равновесия. У судна, предназначенного для плавания в ограниченном районе или для смешанного (река-море) плавания и построенного с применением предусмотренных Правилами льгот для определенного района плавания, за основным символом класса проставляют один из знаков ограничения района плавания: I, II, IICП или III, которые дают право на: I – свободное плавание в закрытых морях и удаление от места убежища до 200 миль в открытых морях при расстоянии между местами убежища до 400 миль; II – плавание в границах, установленных Регистром в каждом случае, в закрытых морях и удаление от места убежища до 50 миль в открытых морях при допустимом расстоянии между местами убежища до 100 миль; IICП – плавание в закрытых морях с удалением от места убежища до 100 миль при допустимом расстоянии между местами убежища до 200 миль и плавание на внутренних водных путях, а также плавание в открытых морях на волнении до 6 баллов с удалением от места убежища до 50 миль при допустимом расстоянии между местами убежища до 100 миль; III – прибрежное, рейдовое и портовое плавание в границах, установленных Регистром в каждом случае. Для судов неограниченного района плавания к основному символу класса знак района плавания не добавляют. Если оборудование автоматизации самоходных судов удовлетворяет требованиям ч. XV Правил „Автоматизация", то за основным символом класса проставляют один из знаков автоматизации А1, А2 или А3, означающих следующее: А1 – судно, за исключением пассажирского, имеет объем автоматизации механической установки, обеспечивающий его эксплуатацию без вахты в машинных помещениях и центральном посту управления (ЦПУ); А2 – судно имеет объем автоматизации механической установки, обеспечивающий его эксплуатацию без вахты в машинных помещениях, но с вахтой в ЦПУ; А3 – судно с мощностью главных механизмов 1500 кВт и менее имеет сокращенный объем автоматизации механической установки, обеспечивающий эксплуатацию без вахты в машинных помещениях. Если назначение судна удовлетворяет соответствующим требованиям Правил, то к основному символу класса добавляют краткую словесную характеристику (пассажирское, рудовоз и т. п.). У судна с атомной энергетической установкой, удовлетворяющего требованиям Правил и Правил классификации и постройки атомных судов, к основному символу класса добавляют знак атомного судна ☢.

Например, класс судна КМ ⊛ Л2 [1] А2 рыболовное означает: корпус и механическая установка рыболовного судна построены по Правилам и под надзором Регистра СССР (или под надзором уполномоченного Регистром СССР иностранного классификационного органа); судно имеет право самостоятельного плавания в мелкобитом разреженном льду неарктических морей; при затоплении одного любого отсека судно остается на плаву в удовлетворительном состоянии равновесия; район плавания судна не ограничен; объем автоматизации механической установки судна обеспечивает его эксплуатацию без вахты в машинных помещениях, но с вахтой в ЦПУ.

Классы холодильных установок. В случаях, оговоренных в ч. XII Правил „Холодильные установки", для безопасной

Таблица 1.1. **Сопоставление обозначений в символах классов Регистра СССР**

Наименование символа	Классификационный		
	Регистр СССР	Регистр Ллойда (Великобритания)	Германский Ллойд (ФРГ)
Основной символ	КМ ⊛	✠100A1 + ✠LMC	✠100A4 + ✠MC
	КМ	100A1 + LMC	100A4 + $\overline{\text{MC}}$
	(КМ)	100A1 + LMC	–
Категория ледовых усилений	УЛА	–	–
	УЛ	Ice Class 1A Super	E4
	Л1	Ice Class 1A	E3
	Л2	Ice Class 1B	E2
	Л3	Ice Class 1C	E1
Деление на отсеки	[1]	–	⧸ 1
	[2]	–	
	[3]	–	
Район плавания	Неограниченный (знака нет)	100	Знака нет
	I	Словесные ограничения	M
	II		K
	ПСП		–
	III		W
Автоматизация	A1	UMS	AUT-h/24
	A2	–	AUT-Z
	A3	–	–

эксплуатации судна Регистр может по особому поручению классифицировать холодильные установки и присваивать или возобновлять их класс, осуществляя технический надзор за установками. Присвоение или возобновление класса удостоверяется выдачей классификационного свидетельства на холодильную установку. Основной символ класса холодильной установки, построенной по Правилам и под надзором Регистра СССР, состоит из знаков Х ⊛ , а изготовленной по правилам и под надзором другого, признанного Регистром классификационного органа с последующим освидетельствованием Регистра – из знака Х. Если холодильная установка построена без надзора признанного Регистром классификационного органа или вообще без надзора классификационного органа, а затем ей присваивается

и других классификационных органов надзора

орган надзора	Бюро Веритас (Франция)	Дет Норске Веритас (Норвегия)	Американское Бюро Судоходства	Итальянский Морской Регистр
	1 3/3E ✠ + ✠ MOT	✠1A1 + ✠MV	✠ A1Ⓔ + + ✠AMS	★100A – 1.1
	1 3/3E ✠ + ✠MOT	✠1A1 + ✠MV	A1 + AMS	100As – 1.1 или 90As – 1.2
	–	1A1 + MV	A1 + AMS	–
	–	–		–
	Ice Class 1A Super	ICE-1A*	Обозначений нет при соответствии финско-шведской классификации	RG1*
	Ice Class 1A	ICE-1A		RG1
	Ice Class 1B	ICE-1B		RG2
	Ice Class 1C	ICE-1C		RG3
	○ ○ CSA – обеспечение аварийной остойчивости	–	–	–
		–	–	–
	1 9 ◇ – выполнение требований 7 4 СОЛАС-74	–	–	–
	Deep sea	Deep sea	Знака нет	NAV.I.L
	Словесные ограничения	R280, R90, R45 и т. д. (удаление в милях)	Словесные ограничения	Буквенные и цифровые ограничения
	AUT	EO	✠ ACCU	I.A.Q.-1X
	–	–	✠ ACC	I.A.Q.-2
	–	–	–	

класс Регистра, то символ класса состоит из знака (Х). В случаях, когда холодильная установка предназначена для охлаждения или замораживания продуктов промысла и отвечает соответствующим требованиям ч. XII Правил „Холодильные установки", к основному символу класса добавляют знак Р.

Например, символ класса холодильной установки БМРТ типа „Пулковский меридиан", изготовленной по Правилам и под надзором Регистра СССР, следующий: Х ⍟ Р.

Более полные сведения о деятельности Регистра СССР можно получить в „Общих положениях о надзорной деятельности" и в ч. I „Классификация" Правил.

Наименование символа	Классификационный				
	Ниппон Кайдзи Киокай (Япония)	Польский Регистр судов	Болгарский судовой Регистр	Главная инспекция транспорта ВНР	
Основной символ	NS✱ + MNS✱ NS + MNS –	✱ KM KM (KM)	KM ✱ KM ✱ /KM/ ✱	KM ★ KM ★ /KM/ ★	
Категория ледовых усилений	– Class 1A Super IS Class 1A IS Class 1B IS Class 1C IS	YLA YL L1 L2 L3	УЛА УЛ Л1 Л2 Л3	ULA UL L1 L2 L3	
Деление на отсеки	– – –	1 2 3	1 2 3	1 2 3	
Район плавания	Знака нет Специальные знаки	Знака нет I II – III Районы отличаются от РС	Знака нет I II – III Районы плавания оговорены	Знака нет I II – III	
Автоматизация	МО – –	A² –	A1 A2 –	A1 A2 –	

Аналогичные Регистру СССР классификационные органы капиталистических стран не являются органами государственного значения, а выражают интересы страховых обществ. Ориентировочное сопоставление символов классов Регистра СССР и других классификационных органов представлено в табл. 1.1.

Дополнительный надзор за судами. Надзорная деятельность Регистра СССР не заменяет деятельности органов технического контроля судовладельцев, судоверфей и заводов-изготовителей. Надзор за судами осуществляют инспекции безопасности мореплавания и портового надзора ФРП, органы пожарной охраны, санэпидстанции, технические инспекции профсоюза и судовладелец.

Продолжение табл. 1.1

орган надзора	Судоревизионная и классификационная организация ГДР	Чехословацкий судовой Регистр	Румынский Регистр судов	Югославский Регистр судов	Регистр судов КНДР
	DSRK KM DSRK KM DSRK (KM)	✱ KM KM (KM)	RNR/CM + M/O RNR/CM + M/O RNR/ (CM) + M/O	✱100A1-✱-M1 90A-M2 90A-M	✠KSE +✠MKS KSE + MKS KSE + MKS
	Eis Arktis Eis Super Eis 1 Eis 2 Eis 3	– YL L1 L2 L3	G 60 G 50 G 40 G 30 G 20, G 10	ULA UL L1 L2 L3	– SP IS 1 IS 2 IS 3 IS
	1 2 3	1 2 3	① ② ③	1 2 3	– – –
	Знака нет I II – III	Знака нет I II – III	0 1 2 – 3	Знака нет 7 ограниченных районов	– CS – прибрежное плавание SWS – плавание на спокойной воде
	aut[2] –	A1 A2 –	A[2] –	AUT 1 AUT 2 –	UMA

Деятельность Главной государственной инспекции безопасности мореплавания и портового надзора ФРП Минрыбхоза СССР (ГГРФИ) направлена на предупреждение аварий и нарушений установленного порядка на флоте. Инспекция осуществляет контроль за выполнением Устава службы на судах ФРП, за соблюдением Кодекса торгового мореплавания СССР, Правил технической эксплуатации флота, законодательства, приказов и инструкций Минрыбхоза, международных конвенций и межправительственных соглашений по вопросам безопасности мореплавания и рыболовства. Инспекция производит расследование особо тяжелых аварий на флоте, выявляет причины аварии и лиц, виновных в аварии, ведет постоянный контроль за обеспечением безопасной работы флота на промысле, дает заключение по вопросу назначения лиц командного состава на должности. Возложенные на ГГРФИ задачи выполняются через бассейновые инспекции и их инспекции по районам, капитанов морских рыбных портов.

Надзор за соблюдением правил противопожарной защиты осуществляет морская пожарно-техническая инспекция порта. При надзоре проверяются соблюдение противопожарного режима на судне, состояние противопожарного оборудования и инвентаря, соответствие судового расписания по пожарной тревоге наличному составу судового экипажа и т. п. При исправном противопожарном состоянии судну выдается Свидетельство пожарной охраны сроком на один рейс.

Санитарно-эпидемиологический надзор за санитарным состоянием судна в соответствии с Санитарными правилами для морских судов СССР выполняет санитарно-эпидемиологическая станция. После устранения имеющихся недостатков судну выдается Санитарное свидетельство на право плавания сроком на два года.

Надзор за обеспечением техники безопасности и охраны труда осуществляют технические инспекции профсоюза. Они проверяют наличие и состояние предохранительных и защитных устройств, работу бытовых систем, знание и соблюдение членами экипажа правил техники безопасности и законодательства об охране труда, принимают участие в расследовании причин производственного травматизма.

Не реже одного раза в два года судовладелец в лице специальной комиссии производит инспекторский осмотр, по результатам которого дает оценку технического состояния судна и работы членов экипажа. Непрерывный надзор за техническим состоянием судна осуществляет судовая администрация.

Надзор за маломерными судами, не поднадзорными Регистру СССР. Маломерные суда морского и внутреннего плавания [в том числе базирующиеся на судах-носителях (базах)], не поднадзорные Регистру СССР, подразделяют на самоходные палубные, несамоходные палубные, самоходные беспалубные и несамоходные беспалубные. Согласно Положению об учете, регистрации, техническом надзоре и надзоре за безопасностью плавания маломерных судов ФРП СССР и рыболовецких колхозов технический надзор за этими судами осуществляют судовладелец

и организуемая им постоянно действующая комиссия по техническому освидетельствованию судов. Надзор за безопасностью плавания осуществляет судовладелец, а контроль за организацией учета, регистрации, технического надзора и надзора за безопасностью плавания возлагается на бассейновые и районные госрыбфлотинспекции. Маломерные суда учитываются и регистрируются в Судовых книгах морских рыбных портов, и им выдается Судовой билет, являющийся свидетельством на право плавания под Государственным флагом СССР. Техническое освидетельствование маломерных судов комиссия производит ежегодно перед началом навигации и промысла, а также после постройки и ремонта. Осмотру подлежат корпус, двигатель, судовые устройства, судовые системы и снабжение судна. По результатам осмотра и данных построечных документов комиссия составляет Свидетельство о годности к плаванию, один экземпляр которого хранится на судне, а другой – у судовладельца. Кроме Судового билета и Свидетельства о годности к плаванию на судно выдается Акт освидетельствования рулевого, якорного, швартовного и буксирного устройства (на палубные суда). Маломерные палубные суда морского плавания должны иметь Свидетельство по остойчивости и надводному борту и Наставление по сохранению плавучести и остойчивости.

§ 4. Элементы корпусных конструкций

Материалы, применяемые в судостроении. Технический прогресс любой отрасли промышленности в значительной мере обусловливается успехами в создании и использовании высококачественных материалов, обладающих определенным комплексом физических, механических и специальных свойств, и прогрессивной технологией их производства. Прочностные и другие свойства полимерных материалов (пластмасс) далеко не полностью отвечают современным требованиям судостроения, поэтому возможность замены металлов полимерами в судостроении носит достаточно ограниченный характер. Таким образом, основное применение для корпусных конструкций в ближайшие годы, как и ранее, найдут металлические материалы, в первую очередь на основе железа (сталь). Сталь среди других металлов остается единственным материалом, который при аналогичных затратах на производство обладает наиболее подходящим сочетанием физических и механических свойств. При относительно низких требованиях к массе конструкций используют углеродистые стали обыкновенного качества марок ВСт.3сп4, ВСт.3сп2, ВСт.3кп2 и другие с пределом текучести 235 МПа. Легирование в небольших количествах марганцем, медью и кремнием позволило создать серию низколегированных сталей повышенной прочности: марганцевую 09Г2, хромокремненикелемедистую 10ХСНД, а также нержавеющие стали: хромоникелетитановую 12Х18Н10Т и хромоникелеалюминиевую 09Х17Н7Ю1. Наилучший комплекс физико-механических

свойств низколегированных сталей достигнут при их микролегировании ниобием. Полученная таким путем сталь марки 15ГБ с пределом текучести 353 МПа успешно применяется при постройке судов. Наивысшей прочностью среди низколегированных сталей обладает сталь марки 10ХСНД с пределом текучести 392 МПа. Для судов, работающих в условиях низких температур, разработана низколегированная сталь марки 10ГНБ, микролегированная ниобием и алюминием.

Правила предусматривают использование для изготовления элементов конструкций корпуса судна судостроительной стали нормальной прочности категорий А, В, Д и Е с пределом текучести 235 МПа, а также сталей повышенной прочности с пределами текучести: 315 МПа для категорий А32, Д32, Е32; 355 МПа для категорий А36, Д36, Е36; 390 МПа для категорий Д40, Е40.

Дополнительные сведения о судостроительных материалах и предъявляемых к ним требованиям можно получить в ч. II Правил „Корпус" (п. 1.4).

Наружная обшивка судна. Непроницаемую оболочку корпуса судна, которая вместе с поддерживающим ее набором образует борта, днище и оконечности судна, называют *наружной обшивкой судна.* Листы наружной обшивки располагают длинной стороной вдоль корпуса судна, а их короткие стороны соединяют стыками, образуя ряд. Соединение продольных рядов листов обшивки именуют *пазом*, а ряд листов в продольном направлении, имеющих общий паз, – *поясом наружной обшивки* (рис. 1.10). Участок перехода подводной части от бортов к днищу называют *скулой судна*, а пояс наружной обшивки в районе скулы – *скуловым поясом наружной обшивки.* Наружную обшивку, расположенную выше скулового пояса, называют *бортовой*, а нижнюю часть обшивки, включающую листы скулового пояса, – *днищевой обшивкой*. Пояс обшивки, примыкающий к брусковому килю (при отсутствии горизонтального киля), именуют *шпунтовым*, а крайний пояс настила палубы судна, примыкающий к бортовой наружной обшивке, – *палубным стрингером*. Утолщенные листы наружной обшивки судна в районе действия ледовой нагрузки называют *ледовым поясом наружной обшивки*. Толщина поясьев наружной обшивки, кроме ледового пояса, к оконечностям уменьшается, а ледового пояса увеличивается. Вместе с тем в отдельных местах обшивка может иметь местные утолщения.

Перекрытия судна. Перекрытие судна – участок обшивки или настила, подкрепленный набором и ограниченный опорным контуром, на который опирается набор. Опорным контуром днищевых и палубных перекрытий являются борта и поперечные переборки, бортовых перекрытий – поперечные переборки, днище и палубы. Длина перекрытий равна расстоянию между двумя поперечными переборками или выгородками, высота днищевых перекрытий определяется верхними кромками скулового пояса наружной обшивки, бортовых – расстоянием от днищевого перекрытия до ближайшей палубы или между палубами.

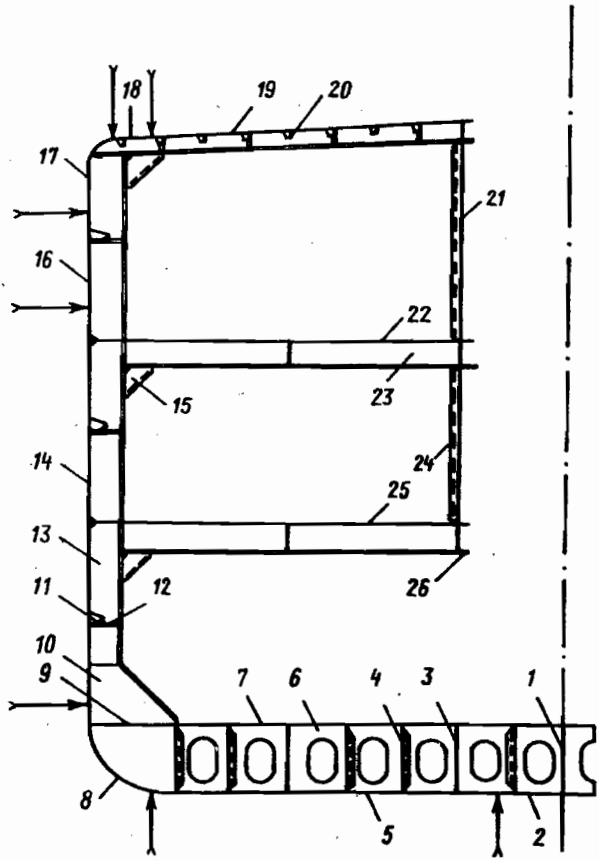


Рис. 1.10. Мидель-шпангоут ТР „Кристалл-2":

1 – вертикальный киль; *2* – горизонтальный киль; *3* – днищевой стрингер; *4* – стойка флора (ребро жесткости); *5* – днищевой пояс наружной обшивки; *6* – сплошной проницаемый флор; *7* – настил второго дна; *8* – скуловой пояс наружной обшивки; *9* – крайний междудонный лист; *10* – скуловая кница; *11* – продольная бортовая балка набора; *12* – кница; *13* – рамный шпангоут; *14* – бортовой пояс наружной обшивки; *15* – бимсовая кница; *16* – подширстречный пояс наружной обшивки; *17* – ширстречный пояс наружной обшивки; *18* – палубный стрингер; *19* – настил верхней палубы; *20* – продольная подпалубная балка набора; *21* – полотно продольной переборки; *22* – настил палубы переборок; *23* – бимс; *24* – стойка переборки; *25* – настил нижней палубы; *26* – карлингс

Жесткий элемент набора корпуса судна, предназначенный для восприятия продольных и поперечных нагрузок, называют *балкой набора корпуса судна.* Балки набора перекрытия располагают параллельно сторонам опорного контура. Балки, которых в перекрытии больше, – балки главного направления, а перпендикулярные им балки – перекрестные.

Пластиной именуют часть обшивки перекрытия, расположенную между двумя балками главного направления и двумя перекрестными балками набора.

Шпангоутные рамы (см. рис. 1.10). Раму, расположенную по периметру в поперечном сечении корпуса судна и состоящую из последовательно соединенных друг с другом балок поперечного набора днища, шпангоутов и бимсов называют *шпангоутной рамой*, а шпангоутную раму миделевого сечения – *мидель-шпангоутом*. Расстояние между двумя соседними рамами – *шпация*. Шпация по длине судна меняется.

Основные элементы шпангоутной рамы следующие.

Бимс – поперечная балка палубного перекрытия. Обыкновенный бимс выполняют из стального профиля, усиленный – из усиленного стального профиля, рамный (бимс увеличенных размеров) – из сварной тавровой балки. Бимс, идущий от борта и доходящий только до выреза грузового люка или карлингса называют *полубимсом*, а совпадающий с поперечной кромкой выреза грузового люка – *концевым бимсом.* Концевой бимс обычно выполняют в виде сварной тавровой балки, а полубимс – в виде стального профиля.

Шпангоут – поперечная балка бортового перекрытия. Как и бимс, он может быть обыкновенным, усиленным и рамным. Ветвь шпангоута, проходящую в трюме, называют *трюмным шпангоутом*, а в твиндеке – *твиндечным*. Шпангоут, устанавливаемый между основными шпангоутами, именуют *промежуточным*, а устанавливаемый в районе оконечностей судна под некоторым углом к ДП – *поворотным.*

Бимсовая кница – листовая деталь (чаще треугольной формы), соединяющая бимс со шпангоутом.

Флор – поперечная связь днищевого перекрытия судна в виде листов с подкрепляющим набором – сплошного флора, который может быть непроницаемым, разделяющим двойное дно на непроницаемое отсеки, и проницаемым, имеющим овальные или круглые вырезы – лазы, или в виде поперечных балок, идущих изнутри по наружной обшивке днища и снизу настила второго дна, соединенных у бортов бракетами, – бракетного флора. При отсутствии у судна двойного дна флор может быть выполнен в виде сварной тавровой балки.

Бракета – листовая деталь прямоугольной или близкой к прямоугольной формы, предназначенная для соединения набора корпуса судна и присоединения его к обшивке или настилу судна.

Скуловая кница – лист треугольной или близкой к треугольной формы, может быть с отогнутой кромкой или с приваренным поясом. При отсутствии второго дна скуловая кница соединяет шпангоут с флором

или крайней днищевой продольной балкой либо крайние днищевые продольные балки с нижними бортовыми продольными балками судна. При наличии второго дна она соединяет шпангоут с крайним междудонным листом – горизонтальным или наклонным листом настила второго дна судна, примыкающим к его наружной обшивке.

Продольные связи набора корпуса судна (см. рис. 1.10). К продольным связям набора корпуса относят стрингеры, карлингсы, кили, продольные балки набора.

Стрингер – усиленная продольная балка набора корпуса в районе бортового или днищевого перекрытия. Днищевой стрингер устанавливают перпендикулярно к ОП судна или нормально к наружной днищевой обшивке судна, бортовой – перпендикулярно или под некоторым углом к бортовой наружной обшивке судна. Днищевой стрингер уменьшенной высоты, расположенный между основными стрингерами по наружной днищевой обшивке или под настилом второго дна судна, называют *полустрингером*, а стрингер уменьшенной высоты и небольшой протяженности, служащий для распределения локальных нагрузок, приложенных к корпусу судна, – *разносящим стрингером.*

Карлингс – усиленная продольная балка палубного перекрытия.

Киль судна – продольная балка или балки, или пояс наружной обшивки судна, находящиеся в ДП либо простирающиеся симметрично этой плоскости в районе днища и служащие для обеспечения прочности корпуса судна. *Вертикльный киль* – вертикальный днищевой стрингер в ДП, проходящий по всей длине или части длины судна. *Туннельный киль* состоит из двух связанных вертикальных балок, расположенных рядом симметрично ДП судна. Горизонтальный средний пояс днищевой наружной обшивки, установленный симметрично ДП судна, называют *горизонтальным килем*, а киль в виде наружной продольной днищевой связи из бруса или нескольких полос, проходящий между форштевнем и ахтерштевнем по всей длине судна, – *брусковым.*

Балки набора корпуса судна, расположенные вдоль судна и подкрепляющие наружную обшивку днища, борта, настил палубы или платформы, настил второго дна, именуют *продольной днищевой, продольной бортовой, продольной подпалубной балками судна* и *продольной балкой настила второго дна* соответственно.

Ребро в виде профильного элемента, подкрепляющее лист обшивки, настила или балку набора корпуса судна составного профиля и обеспечивающее местную жесткость, называют *ребром жесткости корпуса судна,* а конструкцию, окаймляющую вырез в палубе, платформе, площадке, переборке, полупереборке, выгородке, настиле второго дна и бортах судна, – *комингсом*.

Переборки корпуса судна. *Переборка* – это вертикальная стенка из листов с набором, разделяющая внутреннюю часть корпуса на отсеки или ограничивающая надстройки и рубки. В зависимости от расположения и назначения переборка может быть поперечной и продольной, непроницаемой и проницаемой, главной, форпиковой и ахтерпиковой,

полупереборкой, отбойной переборкой, выгородкой, огнестойкой переборкой. Переборка, установленная в поперечном направлении судна, считается *поперечной*, в продольном направлении – *продольной*. Переборку, которая в эксплуатации или аварийных случаях, предусмотренных расчетом, является непроницаемой, именуют *непроницаемой*, а к которой не предъявляется требований непроницаемости – *проницаемой переборкой корпуса судна*. Непроницаемую поперечную переборку, которая доходит до палубы переборок, простирается от борта до борта и делит судно на отсеки, обеспечивающие его непотопляемость, называют *главной поперечной переборкой корпуса судна*, а аналогичную продольную переборку, простирающуюся на большей части длины судна и участвующую в обеспечении его общей продольной прочности, – *главной продольной переборкой корпуса судна*. Непроницаемые поперечные переборки корпуса судна, отделяющие форпик и ахтерпик от остальных помещений, – соответственно *форпиковая* (*таранная*) и *ахтерпиковая переборки*. Переборку корпуса судна, проходящую не по всей длине или ширине, или высоте отсека, именуют *полупереборкой*. Переборка с вырезами, устанавливаемая внутри цистерн для уменьшения динамической нагрузки от перемещения жидкости, – *отбойная переборка*. Вертикальную или наклонную стенку с набором или без него, разделяющую помещения внутри отсека судна, называют *выгородкой*. Если переборка вместе с изоляцией выдерживает действие пламени и не допускает значительного повышения температуры по другую сторону переборки, то это *огнестойкая переборка корпуса судна*. Вертикальную балку набора корпуса судна составного или катаного профиля, входящую в состав набора переборки, именуют *стойкой переборки судна*, а усиленную стойку переборки – *рамной стойкой*. Стойку увеличенных размеров, установленную над вертикальным килем или днищевым стрингером, под которым располагают кильблоки при постановке судна в док, называют *доковой стойкой переборки*. Горизонтальную балку переборок выполняют из составного или катаного профиля. Усиленную горизонтальную балку переборки, состоящую из листа с подкрепляющим набором, именуют *горизонтальной рамой переборки*.

§ 5. Прочность корпуса судна

Общие сведения. 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 швартовочных операциях в море, низкие температуры, удары корпуса о встречную волну (слеминг), особенно в случаях оголения носовой оконечности, после входа в воду которой происходит резкое увеличение гидродинамических усилий, вызывающих прогиб судна, а после прекращения действия – вибрацию корпуса, и т. п.

При проектировании судов прочные размеры корпуса судна определяют в соответствии с требованиями Правил и Временных норм прочности морских судов Регистра СССР. Эти нормативные документы допускают определение прочных размеров корпуса и с помощью прямых расчетов.

Прочность корпуса при общем его деформировании называют *общей прочностью судна,* прочность отдельных его конструкций (борта, палубы, днища, переборки и т. п.) при их местном деформировании – *местной прочностью*. С позиций общей прочности судно рассматривают как пустотелую составную балку, имеющую переменные по длине поперечные сечения и претерпевающую в общем случае деформации изгиба в горизонтальной и вертикальной плоскостях, деформации сдвига и кручения. Деформацию корпуса судна в вертикальной продольной плоскости принято называть *общим продольным изгибом*, а прочность при общем продольном изгибе – *общей продольной прочностью.*

В соответствии с требованиями Временных норм прочности морских судов прочность корпуса судна проверяют по допускаемым напряжениям и по предельному состоянию. В первом случае выявляют способность корпуса судна сопротивляться действующим в процессе нормальной эксплуатации силам, во втором – способность сопротивляться кратковременным перегрузкам.

Согласно теории изгиба балок, рассмотренной в курсе „Сопротивление материалов", нормальные напряжения при изгибе можно определить по формуле

$$\sigma = M_{\text{изг}} z_i / J_{\text{НО}} = M_{\text{изг.}} / W_{\text{НО}}, \qquad (1.1)$$

где $M_{\text{изг}}$ – изгибающий момент в рассчитываемом поперечном сечении корпуса судна (балки), кН · м; z_i – отстояние центра тяжести (ЦТ) i-й связи поперечного сечения корпуса судна от его нейтральной оси (НО), м; $J_{\text{НО}}$ – главный центральный момент инерции поперечного сечения корпуса судна относительно НО сечения, м^4; $W_{\text{НО}}$ – момент сопротивления поперечного сечения корпуса судна относительно НО, м^3.

На спокойной воде судно находится в состоянии равновесия под воздействием сил тяжести и поддержания. Однако интенсивность распределения этих сил по длине судна не одинакова, и при их сложении получается эпюра нагрузки, действующей на судно как на балку сложного поперечного сечения. Очевидно, что если в средней части судна наблюдается избыток сил поддержания, а в оконечностях – сил тяжести, то наблюдается перегиб судна, в палубе возникают напряжения растяжения, в днище – сжатия. При изменении соотношения сил тяжести и поддержания наблюдается прогиб судна, характер напряжений меняется. На волнении происходит изменение эпюры сил поддержания за счет изменения размеров и формы смоченной (подводной) поверхности судна. Так, на вершине волны значение силы поддержания в средней части судна существенно возрастает, в оконечностях – уменьшается и наблюдается

перегиб судна, на подошве волны – прогиб (рис. 1.11). Суммируя изгибающие моменты и перерезывающие силы на тихой воде и на волнении получают расчетные значения статической перерезывающей силы Q и изгибающего момента $M_{изг}$. Очевидно, что наибольшие нормальные напряжения при продольном изгибе возникают в средней части корпуса в районах палубы ($\sigma_п$) и днища ($\sigma_д$), а в оконечностях и в районе ватерлинии они значительно меньше. Именно в наиболее напряженных конструкциях и могут произойти разрушения. Методика расчета $M_{изг}$ и Q приводится в Правилах и Временных нормах прочности морских судов.

Как видно из формулы (1.1), наибольшие нормальные напряжения возникают в связях корпуса, наиболее удаленных от НО поперечного сечения. В поперечное сечение корпуса судна входят бортовая и днищевая обшивки, настилы палуб, платформ и второго дна, продольные связи корпуса судна, образуя поперечное сечение пустотелой балки, называемой *эквивалентным брусом*. Чтобы поперечные сечения продольных связей, идущих не по всей длине судна (комингсов, карлингсов, надстроек и т. п.), могли быть включены в состав эквивалентного бруса для увеличения $W_{НО}$ и уменьшения σ [см. формулу (1.1)], они должны удовлетворять ряду условий, регламентируемых соответствующими нормативными документами.

Настилы палуб, платформ и второго дна, обшивка днища и борта при возникновении напряжений сжатия (при изгибе) могут потерять

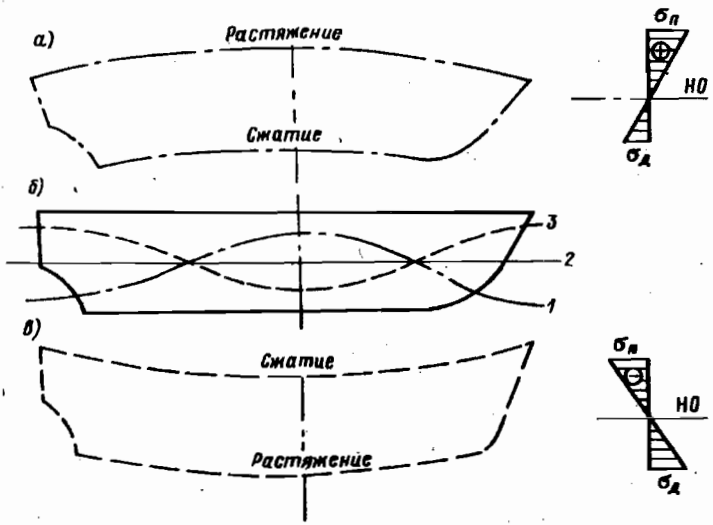


Рис. 1.11. Изгиб судна на волнении:

а – на вершине волны; *б* – на спокойной воде; *в* – на подошве волны; *1, 2, 3* – ватерлинии судна на вершине волны, на спокойной воде и на подошве волны соответственно

устойчивость. Это произойдет тогда, когда напряжения сжатия, вычисленные без учета потери устойчивости, окажутся больше критических напряжений, полученных при расчете на устойчивость упомянутых связей. В результате пластины настилов, платформ или обшивки выпучатся и не смогут воспринимать продольных усилий, превышающих усилия потери устойчивости. Эту дополнительную часть нагрузки воспримут продольные связи, не потерявшие устойчивость (карлингсы, стрингеры, продольные балки набора корпуса), напряжения в них увеличатся. В связи с этим все продольные связи, включаемые в состав эквивалентного бруса, разделяют на гибкие связи, которые могут потерять устойчивость, и жесткие, не теряющие устойчивости. К *жестким связям* относят все продольные балки набора с присоединенными к ним пояскаами (примыкающими слева и справа участками пластин шириной 0,25 размера короткой стороны опорного контура пластины). К *гибким связям* относят все пластины (настилы, наружную обшивку) за вычетом присоединенных поясков жестких связей.

Расчет нормальных напряжений основан на принципе последовательных приближений. В первом приближении определяют $W_{НО}$ для всей площади сечения эквивалентного бруса, затем по формуле (1.1) рассчитывают напряжения сжатия $\sigma_с$ и сравнивают их с допускаемыми напряжениями на устойчивость для соответствующих сжатых пластин $[\sigma_у]$. Если $\sigma_с > [\sigma_у]$, выполняют расчет эквивалентного бруса во втором приближении: все связи, теряющие устойчивость, вводят в эквивалентный брус с уменьшенной площадью поперечного сечения (производят редуцирование), что приводит к изменению геометрических характеристик эквивалентного бруса и соответственно нормальных напряжений от общего продольного изгиба, потом вычисляют нормальные напряжения от общего продольного изгиба, так же как при первом приближении, и для наиболее удаленных от НО связей сопоставляют нормальные напряжения, полученные при первом и втором приближениях. Окончательным считают результат приближения, при котором разность напряжений наиболее удаленных от НО связей последнего и предыдущего приближений не превышает 5%. Расчет проводят отдельно для подошвы и для вершины волны. Минимальные значения момента сопротивления эквивалентного бруса для палубы $W_п$ и днища $W_д$ регламентируются Правилами. Если вычисленные $W_п$ и $W_д$ оказываются меньше значений, требуемых Правилами, то считается, что судно не имеет достаточной общей прочности.

При проверке общей прочности по предельному состоянию вычисляют максимально возможные абсолютные значения изгибающего момента от попадания судна на волну, от ударов волн в днище в носу и в развал носовой оконечности, а также на спокойной воде. Их сумма с учетом соответствующих коэффициентов, значения которых определяют согласно рекомендациям Временных норм прочности морских судов, как при прогибе, так и при перегибе корпуса судна не должна превышать предельного изгибающего момента $M_{пр}$, умноженного на 1,15 при

прогибе и на 1,30 при перегибе. Значение $M_{пр}$ находят в соответствии с рекомендациями Временных норм прочности морских судов для момента сопротивления проверяемого поперечного сечения корпуса судна с учетом редуцирования гибких связей при напряжениях, равных пределу текучести $\sigma_т$ в наиболее удаленной от НО связи.

Кроме общей продольной прочности корпуса судна оценивают местную прочность перекрытий, рам, изолированных балок и пластин.

При расчете перекрытия полагают, что нагрузка воспринимается наружной обшивкой, передается на балки главного направления, а следовательно, и на перекрестные связи, разгружающие балки главного направления. При определенных размерах поперечного сечения перекрестные связи могут нагружать балки главного направления. Это обстоятельство иногда используют для разнесения больших сосредоточенных нагрузок на возможно большее число балок главного направления. Нагрузки, на которые рассчитывают перекрытия, регламентируются Правилами.

Методика расчета прочности корпуса судна изучается в курсе „Строительная механика корабля" и в настоящем учебнике не рассматривается.

Контроль прочности корпуса судна. Прочность корпуса промысловых судов в процессе эксплуатации существенно изменяется. Нерациональное размещение груза на судне приводит к увеличению $M_{изг}$, а износ связей, входящих в состав эквивалентного бруса (уменьшение толщин из-за коррозии, эррозии и др.), и повреждения основных связей – к уменьшению $W_п$ и $W_д$. Все это согласно формуле (1.1) является причиной возникновения напряжений, которые могут превысить допускаемые $[\sigma]$. Сказывается влияние температурных факторов, приводящих к уменьшению $[\sigma]$. Износ и повреждения связей корпусных конструкций, температурные изменения сказываются и на местной прочности. В силу вышеизложенного появляется необходимость постоянного контроля прочности корпуса судна в процессе эксплуатации.

В соответствии с требованиями Правил для контроля общей и местной прочности корпуса судна в процессе эксплуатации устанавливается система освидетельствований, при которых инспектор Регистра СССР осматривает и регистрирует состояние корпусных конструкций, обеспечивающих общую и местную прочность.

К основным способам контроля состояния общей и местной прочности относят: контроль с помощью нормативно-технической документации, приближенные расчеты и контроль посредством специальных приборов.

Согласно Правилам, суда длиной 150 м и более должны быть обеспечены средствами контроля загрузки (Инструкцией по загрузке, приборами и т. п.), а суда любой длины, на которых предусмотрены случаи неравномерной загрузки, должны быть снабжены Инструкцией по загрузке. Обычно Инструкция содержит график зависимости статического момента M_g массы грузов (входящих в дедвейт судна) относительно плоскости мидель-шпангоута от водоизмещения судна M либо

график зависимости допускаемых дифферентов t (разности осадок в носовой и в кормовой оконечностях) от водоизмещения судна M. При наличии первого графика по нему определяют допускаемое значение $[M_g]$, а затем рассчитывают статический момент массы грузов как сумму произведений масс грузов на расстояния от их ЦТ до плоскости мидель-шпангоута. При $M_g > [M_g]$ прочность корпуса судна не обеспечена и следует принять неотложные меры по перераспределению груза на судне. Если в Инструкцию включен график $t = f(M)$, то из него находят $[t]$ и сопоставляют его с действительным значением t. По результатам сравнения принимают необходимые меры. Встречаются и другие варианты диаграмм и графиков, позволяющих контролировать прочность судна в процессе эксплуатации.

При перераспределении грузов следует учитывать, что, например, перемещение груза от мидель-шпангоута в сторону оконечности приводит к увеличению напряжений, если судно имеет выгиб, и к уменьшению, если судно имеет прогиб.

Изменение общей прочности корпуса судна при изменении его загрузки можно контролировать расчетным методом, когда в судовой технической документации приводятся значения допускаемого изгибающего момента и даются рекомендации по методике расчета возникающего в миделевом сечении изгибающего момента.

Контроль изменения $W_п$ и $W_д$ за счет износа и деформаций связей эквивалентного бруса регламентируется Правилами, Руководством по техническому надзору за судами, находящимися в эксплуатации, Нормативно-методическими указаниями по определению технического состояния корпусов морских судов в эксплуатации и Методикой оценки технического состояния корпусов судов ФРП (в дальнейшем текст: Методика).

При контроле общей и местной прочности корпусов судов ФРП обычно применяют Методику. В соответствии с Методикой при определении уменьшения общей прочности корпуса из-за износа у судов длиной более 80 м проводят измерения средних остаточных толщин элементов эквивалентного бруса в рекомендуемых районах средней части судна, по результатам этих замеров находят фактические значения $W_п$ и $W_д$ и сравнивают их с допустимыми значениями. Методика допускает экспериментальное определение фактических значений $W_п$ и $W_д$ путем статического нагружения корпуса (приема или перемещения грузов), расчета создаваемого изгибающего момента, замеров возникающих при загрузке (перемещении) напряжений в палубе и днище в миделевом сечении с последующим определением $W_п$ и $W_д$ по формуле (1.1). Влияние деформаций на общую прочность определяют согласно рекомендациям Методики путем замеров деформаций (остаточных прогибов листов обшивки и настилов) и сравнения с допускаемыми деформациями. Появляющиеся в процессе эксплуатации судна трещины в результате воздействия низких температур, в местах резкого изменения поперечного сечения продольных связей, в углах вырезов

(концентраторов напряжений) согласно требованиям Методики должны быть немедленно устранены.

Контроль состояния местной прочности при износе и повреждении связей состоит в том, что в период очередных освидетельствований проводят обмеры остаточных толщин связей, поднадзорных Регистру СССР.

Контроль прочности корпуса судна с помощью приборов контроля рассмотрен в § 26.

Системы набора корпуса судна. Расположение балок главного направления в перекрытии определяет его систему набора, а система набора большинства перекрытий – систему набора корпуса судна в целом. Различают три системы набора корпуса судна: поперечную, продольную и комбинированную.

При *поперечной системе набора* продольную прочность обеспечивают редко расставленные днищевые и бортовые стрингеры, карлингсы, а также кили, наружная обшивка, настилы палуб, платформ. Расположение длинных сторон пластин поперек судна значительно снижает их устойчивость при действии больших усилий, что приводит к увеличению толщины обшивки длинных судов и массы корпуса в целом (уменьшению грузоподъемности). Поэтому поперечную систему набора применяют на сравнительно небольших судах (при длине до 120 м), испытывающих действие относительно небольших изгибающих моментов, на буксирах, судах ледового плавания и т. п. Корпус добывающих судов, за редким исключением, имеет поперечную систему набора в связи со сравнительно низкими значениями отношения L/D и с тем, что корпус с поперечной системой набора в большей степени может сопротивляться характерным для добывающих судов ударным нагрузкам, возникающим в процессе маневренных операций и швартовок на промысле.

При *продольной системе набора* корпуса судна поперечную прочность обеспечивают редко расставленные рамы, наружная обшивка, настилы, поперечные переборки (расставленные чаще, чем при поперечной системе). Расположение длинных сторон пластин вдоль судна значительно повышает их устойчивость при действии больших сжимающих усилий, что позволяет уменьшить толщину наружной обшивки и соответственно массу корпуса в целом. Поэтому продольную систему набора применяют на судах большой длины, испытывающих действие значительных изгибающих моментов (например, на некоторых крупных обрабатывающих судах, танкерах и др.). Оконечности судов всегда имеют поперечную систему набора, так как при незначительных изгибающих нагрузках в оконечностях (см. рис. 1.11) и существенных поперечных нагрузках (при слеминге, ударах в результате столкновений, воздействии ледовой обстановки и т. п.) продольная система их набора неэффективна.

При равной прочности корпус с продольной системой набора имеет массу, на 5–7 % меньшую, чем с поперечной, однако его сборка при

постройке усложняется, что и ограничивает область применения продольной системы набора.

Как видно из рис. 1.11, борт судна в значительно меньшей степени, чем палуба и днище, участвует в обеспечении общей продольной прочности. Исходя из этого, Ю. А. Шиманский в 1908 г. предложил *комбинированную систему набора.* При таком наборе продольную систему имеют палуба или днище либо палуба и днище. Комбинированная система находит применение на крупных добывающих, обрабатывающих и приемно-транспортных судах (см. рис. 1.10).

§ 6. Корпусные конструкции

Днищевые перекрытия. В соответствии с требованиями Правил суда длиной до 50 м могут не иметь двойного дна, длиной 50–61 м должны иметь двойное дно в МО и в нос от него до форпиковой переборки, длиной свыше 61 м должны иметь двойное дно по всей длине судна между фор- и ахтерпиковой переборками. В отдельных случаях допускаются некоторые отступления от указанных требований.

Высота двойного дна крупных судов достигает 1,5 м и более.

Все днищевые перекрытия средних, больших и крупных добывающих, многих приемно-транспортных и некоторых обрабатывающих судов имеют поперечную систему набора (рис. 1.12,*а*), а многих обрабатывающих и некоторых крупных приемно-транспортных – продольную систему (рис. 1.12,*б*). Вертикальный (туннельный) киль не разрезают, сплошные флоры разрезают для установки вертикального (туннельного) киля, а для прохода продольных балок набора днища и настила двойного дна во флорах предусматривают вырезы соответствующих размеров. Туннельный киль используют для прокладки магистральных трубопроводов. Это облегчает уход за ними и предохраняет их от замораживания. В стенках туннельного киля располагают горловины междудонных танков, что позволяет не делать горловин в настиле второго дна, особенно в настиле рефрижераторных трюмов. Благодаря таким преимуществам туннельный киль получил широкое распространение на промысловых судах. Расстояние между стенками туннельного киля может достигать 1,8 м. На водонепроницаемых флорах вырезы заваривают или продольные балки набора разрезают и крепят к флорам с помощью бракет. Днищевые стрингеры разрезают на каждом сплошном флоре и на поперечных переборках, а для прохода бракетного флора в стенке стрингера предусматривают вырезы соответствующих размеров. Для обеспечения доступа ко всем частям двойного дна в стрингерах, как и в проницаемых флорах, делают круглые или овальные отверстия. Флор и бракету под скуловой кницей горизонтального междудонного листа подкрепляют стойкой. При высоте двойного дна более 0,9 м стенки сплошных флоров, днищевых стрингеров и вертикального (туннельного) киля подкрепляют вертикальными ребрами жесткости

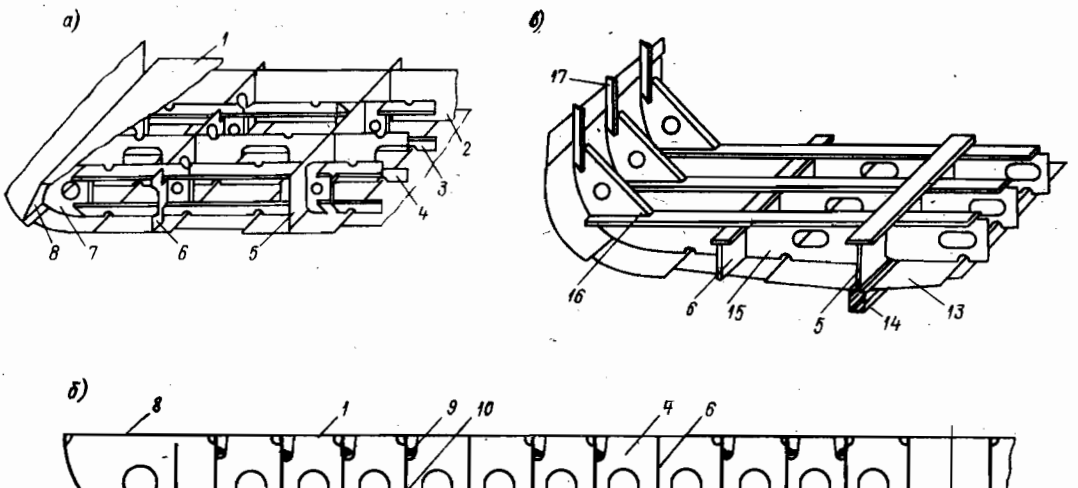


Рис. 1.12. Системы набора днища:

а – поперечная с двойным дном; *б* – продольная с двойным дном; *в* – поперечная без двойного дна; *1* – настил второго дна; *2* – водонепроницаемый флор; *3* – бракетный флор; *4* – водопроницаемый флор; *5* – вертикальный киль; *6* – днищевой стрингер; *7* – бракета; *8* – крайний междудонный лист; *9* – продольная балка набора настила второго дна; *10* – стойка флора; *11* – туннельный киль; *12* – продольная балка набора днища; *13* – шпунтовый пояс; *14* – брусковый киль; *15* – сварной тавровый флор; *16* – скуловая кница; *17* – обыкновенный шпангоут

(стойками) из профильной стали или стальной полосы. При продольной системе набора днища вместо продольных днищевых балок могут быть установлены дополнительные стрингеры, в которых, в отличие от основных стрингеров, делают вырезы больших размеров.

Двойное дно нефтеналивных судов строят в соответствии с требованиями Международной конвенции по охране окружающей среды.

Днищевые перекрытия малых добывающих судов без двойного дна выполняют по поперечной системе набора (рис. 1.12,*в*). Флоры днищевые стрингеры и вертикальный киль изготовляют из сварного таврового профиля. Вертикальный киль разрезают на поперечных переборках, флоры – на вертикальном киле, днищевые стрингеры – на флорах и поперечных переборках. Соединение вертикального киля и днищевых стрингеров с поперечными переборками усиливают кницами или уширением поясков киля и стрингеров. Шпангоуты и флоры соединяют скуловыми кницами, а при отсутствии такой возможности – сваркой встык. Шпация у малых добывающих судов составляет 0,5–0,6 м. В большинстве случаев дополнительно устанавливают брусковый киль, повышающий жесткость днища.

Независимо от системы набора и наличия двойного дна днищевой набор в районе МО усиливают. Во всех случаях количество связей, их размеры, конструкцию, расстояния между связями регламентируют Правила с учетом назначения судна. Более подробные сведения о требованиях к набору днищевого перекрытия можно получить в ч. II Правил „Корпус".

Бортовые перекрытия. Особенностью бортовых перекрытий промысловых судов является то, что они должны воспринимать большие местные нагрузки при швартовках на волнении, при работе с орудиями лова, в ледовой обстановке. В то же время бортовые перекрытия незначительно участвуют в общем продольном изгибе (см. рис. 1.11), поэтому в большинстве случаев имеют поперечную систему набора (рис. 1.13,*а*). Шпангоуты обычно разрезают на палубах и крепят к палубам и крайнему междудонному листу кницами. Иногда применяют бескницевое соединение нижних концов междупалубных шпангоутов с палубой. В районах действия больших сосредоточенных нагрузок бортовой набор усиливают установкой бортовых стрингеров и рамных шпангоутов с интервалом в несколько шпаций. У судов ледового плавания в районах, оговоренных Правилами, между основными шпангоутами размещают промежуточные. Бортовые стрингеры устанавливают, как правило, в плоскости мощных горизонтальных ребер жесткости поперечных переборок, образуя рамы в продольно-горизонтальной плоскости. Одновременно в районах усиленного бортового набора для уменьшения повреждений при швартовках увеличивают толщину наружной обшивки. В бортовых стрингерах делают разрезы на рамных шпангоутах и поперечных переборках, предусматривают соответствующие вырезы для прохода обыкновенных, усиленных и промежуточных шпангоутов.

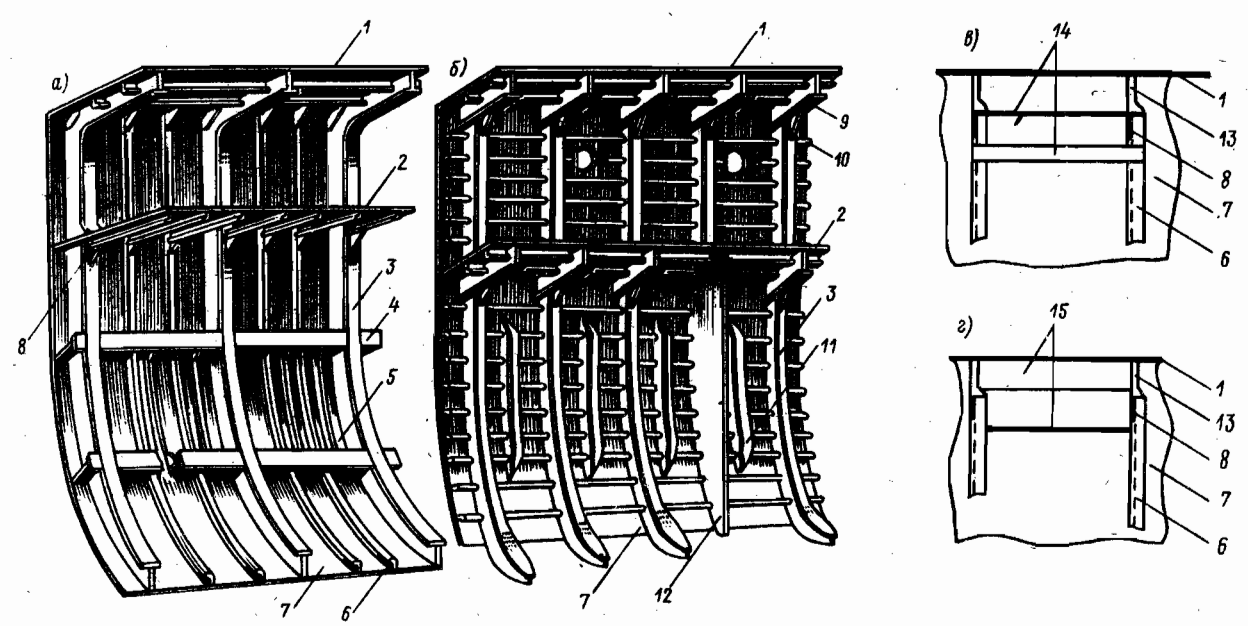


Рис. 1.13. Системы набора борта:

а – поперечная; *б* – продольная; *в, г* – конструкции повышения жесткости набора; *1* – палубный стрингер верхней палубы; *2* – палубный стрингер нижней палубы; *3* – рамный шпангоут; *4* – бортовой стрингер; *5* – промежуточный шпангоут; *6* – обыкновенный шпангоут; *7* – обшивка борта; *8* – бимсовая кница; *9* – рамный бимс; *10* – бортовые продольные балки набора; *11* – ледовое подкрепление; *12* – комингс поперечной переборки; *13* – обыкновенный бимс; *14* – полоса жесткости; *15* – ребро жесткости

При продольной системе набора (рис. 1.13,*б*) продольные бортовые балки проводят через соответствующие вырезы в стенках рамных шпангоутов и разрезают на поперечных переборках, усиливая крепление к последним, так же как и бортовых стрингеров, кницами. Размеры профиля продольных бортовых балок набора в связи с изменением гидростатического давления увеличивают по высоте борта.

В целях уменьшения повреждений узла крепления шпангоутов и бимсов при швартовках их торцы приваривают соответственно к настилу палубы или бортовой обшивке. Если из технологических соображений приварка торцов невозможна, то свободные концы полок шпангоутов и бимсов у бимсовых книц подкрепляют, соединяя их плоской стороной продольной стальной полосы (рис. 1.13,*в*) или стенки шпангоутов и бимсов соединяют попарно ребрами жесткости (рис. 1.13,*г*). При шпангоутах, имеющих развал, верхний участок борта делают вертикальным.

Сведения о районах усилений корпуса судов, швартующихся в море, можно получить в [13, ч. II, рис. 9.4.2.1–1 и 9.4.2.1–2].

Концы промежуточных шпангоутов закрепляют на палубах, платформах или специально установленных продольных связях. Изгиб шпангоутов в плоскости наименьшей жесткости предотвращают за счет установки разносящих бортовых стрингеров, разрезаемых на шпангоутах и привариваемых к ним. У судов с бортовой схемой траления толщина бортовой обшивки и ширстрека между траловыми дугами увеличивается на 1 мм по сравнению с требуемой, в районе размещения траловых дуг устанавливают промежуточные шпангоуты, ширстрек, фальшборт и бортовую обшивку выше уровня балластной ватерлинии (БВЛ) защищают от износа, так же как обшивку транца траулеров кормового траления, прутковой сталью сегментного сечения, приваренной наклонно (см. рис. 1.4,*б* и 1.7,*в*).

При одинарном борте наименьшие потери объемов на изоляцию и наиболее простой ремонт бортовых перекрытий достигаются установкой основных и промежуточных шпангоутов одинакового профиля или уменьшением шпации, позволяющим уменьшить высоту набора и соответственно толщину изоляции. Однако значительно снизить объемы повреждений бортов без существенного увеличения высоты набора не удается. Поэтому в последние годы все чаще на крупных обрабатывающих и приемно-транспортных судах применяют двойной борт, образуемый продольными переборками, используя пространство между переборкой и бортом для размещения запасов жидких грузов. При этом, кроме того, упрощается форма трюмов, что улучшает условия погрузочно-разгрузочных работ, повышается безопасность мореплавания, упрощается конструкция и уменьшается толщина изоляции трюма за счет установки набора внутри двойного борта.

Распространение получили две конструктивные схемы двойного борта: внутреннее перекрытие полностью изолировано от внешнего борта (рис. 1.14,*а*); внутренний и внешний борт соединены горизон-

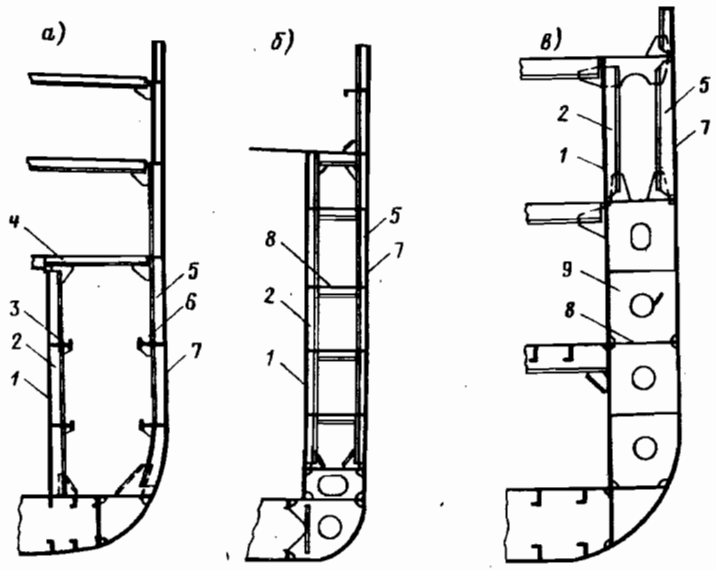


Рис. 1.14. Конструкция двойного борта:

а – РТК-С „Наталия Ковшова"; *б* – ПБ „Ленинская Искра"; *в* – ПБ „Спасск"; *1* – продольная переборка (внутренний борт); *2* – стойка переборки; *3* – продольная рамная балка переборки; *4* – бимс; *5* – шпангоут; *6* – бортовой стрингер; *7* – наружная обшивка; *8* – горизонтальная диафрагма (платформа); *9* – вертикальная диафрагма

тальными платформами (диафрагмами) и вертикальными поперечными диафрагмами, устанавливаемыми через несколько шпаций (рис. 1.14, *б*). На ПБ „Спасск", где в надводной части борта внутреннее и внешнее бортовые перекрытия не соединены связями (рис. 1.14, *в*), характер повреждений внешнего борта при швартовках оказался таким же, как и в районе одинарного борта, а на ПБ „Рыбак Балтики", где бортовые перекрытия по всей высоте борта соединены платформами и диафрагмами, частота повреждений набора и остаточные стрелки прогибов примерно в два раза меньше, чем в районах с одинарным бортом.

Однако установка платформ и диафрагм при ремонтах – трудоемкое и дорогостоящее мероприятие. Поэтому в последние годы стали применять пространственно-стержневые конструкции, образуемые стойками (раскосами) между шпангоутами двойных бортов, превращающих два соседних шпангоута в раскосную ферму. Такие конструкции обеспечивают совместную работу перекрытий двойного борта, увеличивая прочность внешнего перекрытия за счет разнесения нагрузок на большое число ненагруженных связей.

Более подробные сведения о требованиях к набору бортового перекрытия можно получить в ч. II Правил „Корпус".

Палубные перекрытия. Палубные перекрытия современных промысловых судов выполняют либо плоскими, либо с шатровой погибью (перекрытия верхних палуб), образованной несколькими плоскими участками и обеспечивающей сток забортной воды.

Палубные перекрытия добывающих судов, сравнительно небольшого водоизмещения обрабатывающих и приемно-транспортных, многопалубных судов на уровне расположения амортизационной защиты выполняют по поперечной системе набора. Продольную систему набора имеют палубы крупных обрабатывающих и приемно-транспортных судов.

При поперечной системе набора (рис. 1.15,*а*) часто расставленные бимсы, кроме концевых люковых, имеют одинаковую высоту. Концевые люковые бимсы выполняют в виде рамного (усиленного сварного таврового) профиля. Вследствие небольших размеров грузовых люков промысловых судов карлингсы, как правило, не совпадают с продольными комингсами грузовых люков. Для разгрузки карлингсов и уменьшения массы палубного перекрытия устанавливают пиллерсы – вертикальные стойки, на которые опираются карлингсы. Нижний конец пиллерсов опирается на набор двойного дна. Концевые бимсы служат для карлингсов опорами, а карлингсы, в свою очередь, служат опорами для бимсов. Бимсы проводят через вырезы в карлингсах и в продольных комингсах и приваривают к ним. Карлингсы разрезают на поперечных переборках и приваривают к ним, подкрепляя на каждом втором бимсе и на каждом рамном бимсе ребрами жесткости или бракетами, а на переборках – кницами.

При продольной системе набора (рис. 1.15,*б*) подпалубные продольные балки проводят через соответствующие вырезы в стенках рамных бимсов и разрезают на поперечных переборках, приваривают, усиливая кницами соединение с переборками.

Настилы. Толщина листов настила палуб зависит от длины судна. Наибольшую толщину имеют листы настила расчетной палубы – палубы, включенной в эквивалентный брус. Это могут быть верхняя непрерывная палуба судна или палуба длинной средней надстройки. Поскольку наибольшие напряжения возникают в средней части расчетной палубы (см. рис. 1.11), толщина листов настила уменьшается к оконечностям судна. По этой же причине толщина листов настила нижних палуб уменьшается с приближением палубы к НО эквивалентного бруса. Толщину листов настила второго дна выбирают аналогично, из условий обеспечения общей и местной прочности. Листы настилов палубы обычно располагают длинной стороной вдоль судна.

Толщина палубного стрингера должна быть не менее толщины бортовой обшивки, так как его угловое соединение с обшивкой борта при значительном удалении от НО эквивалентного бруса является местом концентрации напряжений. Из этих же соображений на судах большой

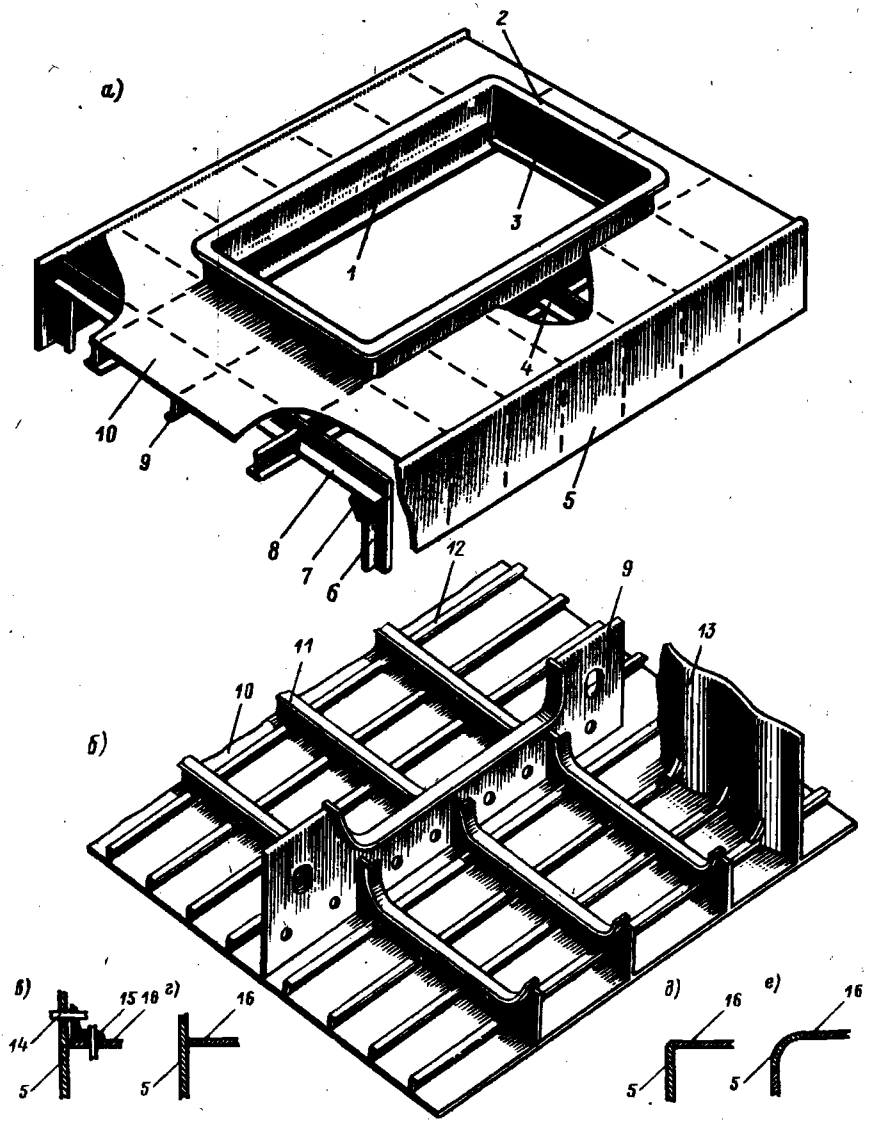


Рис. 1.15. Палубные перекрытия:

а – поперечная система набора; *б* – продольная система набора; *в* – *е* – различные соединения палубного стрингера с ширстреком; *1, 2* – продольный и поперечный комингсы грузового люка; *3* – концевой люковый бимс; *4* – полубимс; *5* – ширстрек; *6* – шпангоут; *7* – бимсовая кница; *8* – обыкновенный бимс; *9* – карлингс; *10* – настил палубы; *11* – рамный бимс; *12* – продольная подпалубная балка набора; *13* – поперечная гофрированная переборка; *14* – заклепка; *15* – стрингерный угольник; *16* – палубный стрингер

длины палубный стрингер соединяют с ширстреком при помощи стрингерного угольника, приклепываемого двойным заклепочным швом (рис. 1.15,*в*). Такое соединение обеспечивает эластичность и предотвращает появление трещин в узле. На добывающих судах соединение палубного стрингера с ширстреком выполняют сварным угловым (рис. 1.15,*г, д*) или в виде закругленного соединения борта с настилом палубы (рис. 1.15,*е*).

Аналогичным местом концентрации напряжений в настилах являются вырезы. Чтобы концентрация напряжений не привела к появлению трещин, углы любых вырезов скругляют, конструкцию в районе выреза подкрепляют. Углы вырезов под грузовые люки промысловых судов подкрепляют вварными листами, толщина которых составляет 1,35 толщины подкрепляемого листа. Относительно короткие вырезы подкрепляют вварными утолщенными листами, устанавливаемыми вдоль всей длины продольных кромок выреза. Увеличивают толщину настилов в районах воздействия на них рассола, отходов обработки улова, морской воды, топлива и т. п.

Более подробные сведения о требованиях, предъявляемых к набору палубных перекрытий и настилов, можно получить в ч. II Правил „Корпус".

Переборки. Количество поперечных водонепроницаемых переборок, разделяющих корпус судна на водонепроницаемые отсеки, зависит от его длины и расположения МО. Если судно получает в символе класса знак деления на отсеки, то число и расположение водонепроницаемых переборок должно отвечать условиям обеспечения непотопляемости судна согласно требованиям ч. V Правил „Деление на отсеки" (см. § 30).

Независимо от количества переборок и удовлетворения требованиям непотопляемости на всех судах устанавливают ахтер- и форпиковую (таранную) переборки. Ахтерпиковую переборку размещают на таком расстоянии от кормового перпендикуляра, чтобы обеспечить размещение дейдвудных труб между ахтерштевнем и переборкой. По высоте переборку доводят до палубы надводного борта, а в отдельных случаях – до первой водонепроницаемой между переборкой и ахтерштевнем палубы или платформы. Расположение форпиковой (таранной) переборки должно до минимума сводить ее разрушение при повреждении носовой оконечности судна. Устанавливают ее не далее чем на 0,08 L от носового перпендикуляра. По высоте ее доводят до палубы надводного борта, а при наличии простирающихся за переборку бака или непрерывной палубы, расположенной выше палубы надводного борта, – до палубы бака или непрерывной палубы. Остальные водонепроницаемые переборки доводят до палубы надводного борта.

Согласно требованиям Правил запрещается установка дверей и горловин ниже палубы переборок в форпиковой переборке и переборках, разделяющих трюмы, – на судах, имеющих в символе класса знак деления на отсеки, и ниже палубы надводного борта – на судах, не имеющих в символе класса знака деления на отсеки. В особых случаях, по

согласованию с Регистром СССР, допускается установка дверей специальных типов в переборках между трюмами и по одной двери в каждой переборке машинных помещений (кроме дверей в туннели гребных валов).

Плоские переборки состоят из полотнища, длинные стороны которого располагают поперек судна (толщину поясьев уменьшают в сторону верхней палубы), и набора в виде вертикальных стоек или горизонтальных ребер, устанавливаемых с одной стороны полотнища. Высота поперечных (кроме таранных) переборок промысловых судов обычно меньше ширины, поэтому их выполняют с вертикальными стойками.

При продольной системе набора палубы и днища стойки располагают в плоскости продольных балок настила второго дна и палубы и соединяют кницами с продольными балками. При поперечной системе набора палубы и днища кницы стоек доводят до ближайших к переборке флора и бимса. При высоте борта менее 3 м, а также в верхних междупалубных помещениях концы стоек срезают „на ус", не соединяя с палубой и днищем. Поперечные переборки промысловых судов в связи

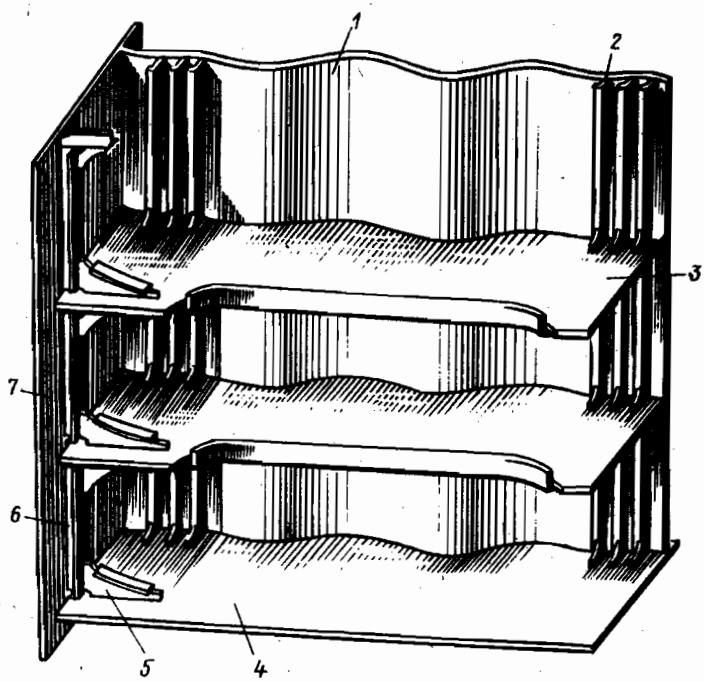


Рис. 1.16. Конструкция переборок:

1 – продольная гофрированная переборка; *2*, *6* – стойки переборок; *3* – рамная балка переборки; *4* – настил второго дна; *5* – скуловая кница; *7* – поперечная плоская переборка

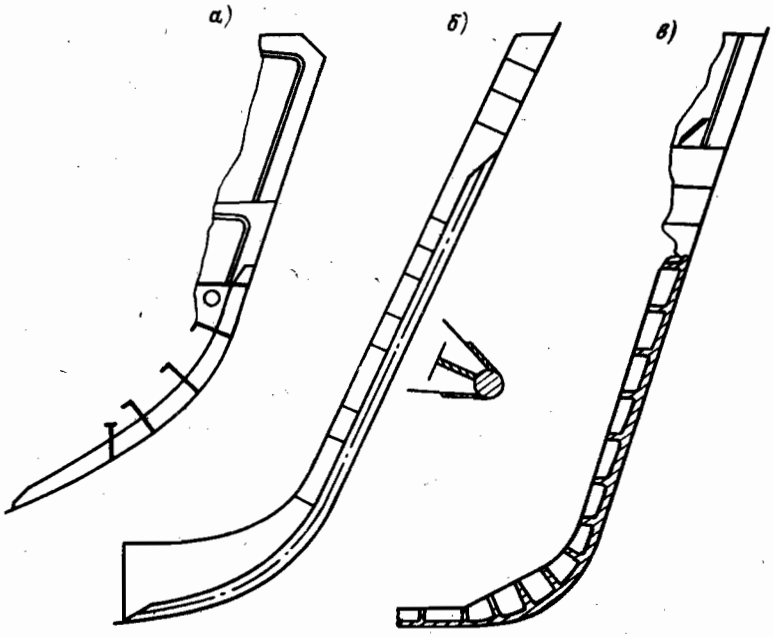


Рис. 1.17. Форштевни:

а – малого траулера; *б* – большого траулера; *в* – плавучей базы

с частыми морскими швартовками усиливают горизонтальными ребрами жесткости между бортом и ближайшей к нему стойкой переборки, приваривая ребро к стойке и срезая „на ус" у борта. При высоте переборки больше ее ширины (таранная переборка), а также при продольной системе набора борта на поперечных переборках устанавливают горизонтальные ребра жесткости, усиливая соединение последних с бортовыми продольными балками при помощи книц.

Прочность и жесткость гофрированных переборок обеспечивают гофры, чаще волнистые или трапециевидные (коробчатые). Жесткость гофрированных переборок иногда увеличивают установкой в перпендикулярном гофрам направлении рамных балок (рис. 1.16). Часто из технологических соображений гофрированные переборки размещают на сварных тавровых балках, ширина пояска которых для этого достаточна.

Носовая оконечность. Основой носовой оконечности корпуса судна (участка от форштевня до форпиковой переборки, а со стороны борта и днища – соответственно на протяжении $0{,}15L$ и $0{,}25L$ от носового перпендикуляра) является форштевень (рис. 1.17). Это балка литой, кованой, сварной конструкции или из профильной стали (у малых маломерных судов), соединяемая с вертикальным килем средним

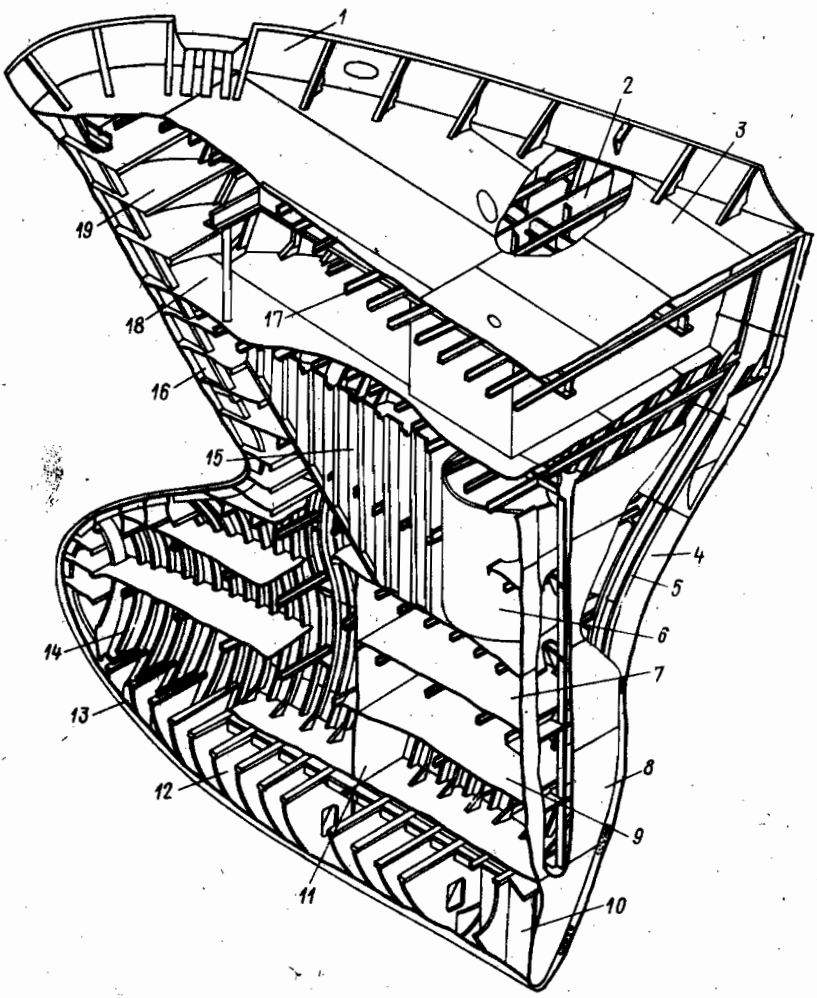


Рис. 1.18. Конструкция носовой оконечности судна:

1 – козырек; *2* – выгородка бака; *3* – палуба бака; *4* – обшивка борта; *5* – шпангоуты борта; *6* – цепной ящик; *7, 9* – платформы; *8* – таранная переборка; *10* – средний днищевой стрингер; *11* – поперечная переборка; *12* – сплошной флор; *13* – обшивка бульбовой наделки; *14* – шпангоуты бульба; *15* – отбойная переборка; *16* – форштевень; *17* – бимс; *18* – палуба надводного борта; *19* – брештук

днищевым разрезаемым на флорах стрингером. Наружная обшивка соединяется с форштевнем встык или внакрой.

Как уже отмечалось, система набора оконечностей судов поперечная (рис. 1.18). Шпация не превышает 600 мм. На судах ледового плавания устанавливают промежуточные шпангоуты из профильной стали, а через каждые 3–4 шпации – рамный шпангоут. Флоры выполняют в виде сварной тавровой конструкции. В форпике устанавливают через шпангоут дополнительные ряды бимсов или горизонтальных диафрагм (платформ с облегчающими вырезами), а по каждому ряду – бортовые стрингеры, образующие раму с горизонтальными ребрами жесткости форпиковой переборки, и подкрепляют кницами. При отсутствии горизонтального ребра жесткости переборки соединение усиливают кницами длиной не менее двух шпаций, доведенными до первой стойки переборки. Бортовые стрингеры разрезают на рамных шпангоутах и форпиковой переборке, в стенках стрингеров предусматривают вырезы для прохода обыкновенных и промежуточных шпангоутов. Шпангоуты, на которых не поставлены дополнительные бимсы, соединяют со стрингерами при помощи книц. Бортовые стрингеры, палубы и платформы соединяют с форштевнем при помощи брештуков (горизонтально расположенных бракет). При размещении в форпике цистерны большой емкости в ней устанавливают отбойную переборку, являющуюся одновременно опорой для дополнительных рядов бимсов или горизонтальных диафрагм. Уменьшение силы ударов при слеминге, сопротивления воды движению судна (особенно его волновой составляющей) и др. обеспечивают увеличением заострения нижних ветвей носовых шпангоутов, а в ряде случаев – оформлением бульбообразной носовой оконечности (см. § 36). В ней устанавливают вертикальные и горизонтальные диафрагмы.

Переход от усиленного набора носовой оконечности к основному набору корпуса судна выполняют от форпиковой переборки, постепенно уменьшая размеры связей. Момент сопротивления всех трюмных шпангоутов нижних твиндеков за форпиковой переборкой до сечения, удаленного от носового перпендикуляра на $0{,}15L$, увеличивают на 20%. Если пролет шпангоута твиндека превышает 3 м, устанавливают дополнительные бортовые стрингеры с интервалом не более 2 м, а в трюме – бортовые стрингеры, являющиеся продолжением бортовых стрингеров форпика.

Кормовая оконечность. Основой кормовой оконечности корпуса судна (участка от ахтерпиковой переборки в сторону кормы) является ахтерштевень (рис. 1.19), расположенный в ДП судна и одновременно обеспечивающий опору для пера руля, направляющих насадок, кормового конца гребного вала. Форма ахтерштевня зависит от формы кормового подзора (наклонной части кормовой оконечности корпуса судна, выступающей за ахтерштевень), количества гребных валов, типа пера руля или направляющей насадки, назначения судна.

При двухвальной гребной установке гребные валы выходят из корпуса вне ДП судна. В этом случае дейдвудная труба выходит через

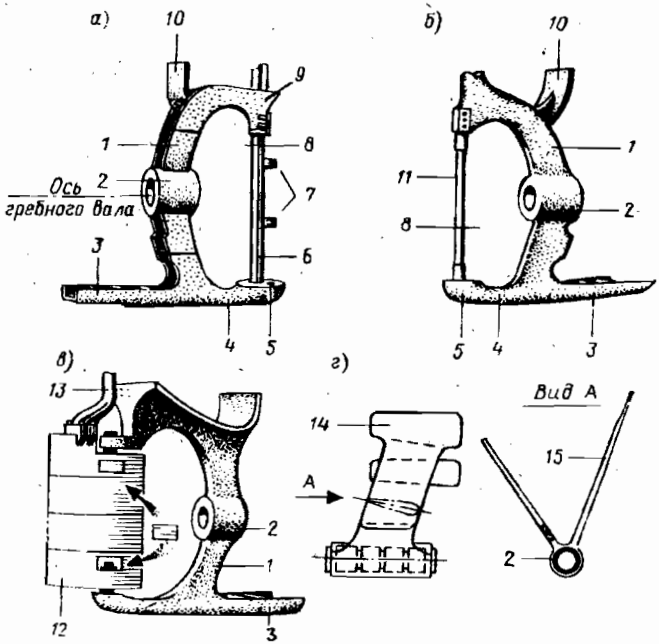


Рис. 1.19. Ахтерштевни и кронштейн гребного вала:

а – ахтерштевень литосварной; *б* – ахтерштевень со съемным рудерпостом; *в* – ахтерштевень без рудерпоста; *г* – двурогий кронштейн гребного вала; *1* – старн-пост; *2* – яблоко; *3* – лыжня; *4* – подошва; *5* – пятка; *6* – рудерпост; *7* – рулевые петли; *8* – окно; *9* – арка; *10* – хвостовик; *11* – съемный рудерпост; *12* – перо руля; *13* – баллер руля; *14* – лапа; *15* – рог

выкружки шпангоутов. Выкружки образуют путем установки фигурных флоров с вырезами для прохода дейдвудной трубы, а наружную обшивку в этом районе изгибают по обводу флоров.

Иногда гребные валы выходят наружу через мортиру – короткую трубу, прочно скрепленную с корпусом судна. Она имеет дейдвудный подшипник, создающий опору для гребного вала, и сальник, препятствующий проникновению воды внутрь корпуса судна. После выхода из мортиры гребной вал протягивается на некоторую длину в корму и у винта поддерживается кронштейном (рис. 1.19,*г*).

Для обеспечения прохода дейдвудной трубы высоту флоров увеличивают. С флорами ахтерштевень соединяют при помощи поперечных ребер, подошву ахтерштевня протягивают в сторону носовой оконечности судна и соединяют с горизонтальным и вертикальным килями. Усиление ахтерника как по конструктивному оформлению, так и по размерам шпации и связей соответствует подкреплению форника (рис. 1.20).

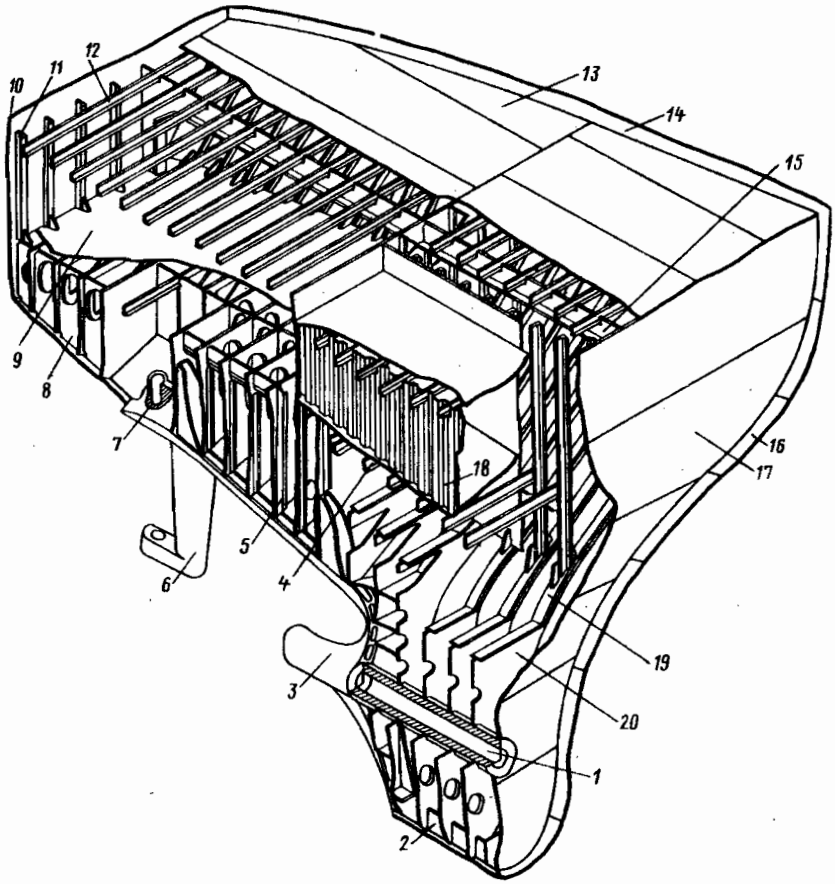


Рис. 1.20. Конструкция кормовой оконечности траулера (слип не показан):

1 – дейдвудная труба (см. рис. 1.25); *2* – днищевой стрингер; *3* – яблоко ахтерштевня; *4, 12* – бимсы; *5, 11* – стойки; *6* – кронштейн руля; *7* – гельмпортовая труба (см. § 9); *8* – днищевой стрингер кормового подзора; *9* – платформа; *10* – обшивка транца; *13* – палуба; *14* – ширстрек; *15* – карлингс; *16* – обшивка борта; *17* – переборка ахтерпика; *18* – продольная гофрированная переборка; *19* – шпангоут; *20* – флор

Траулеры кормового траления имеют транцевую корму (корму с прямыми очертаниями в плане и в вертикальной плоскости) и оборудуются слипом (см. рис. 1.4,*б* и 1.7,*в*). Толщина обшивки транца до места подъема траловых досок увеличивается по сравнению с наружной обшивкой обычных судов, транец защищается от износа приварными наклонными полосами сегментного сечения диаметром не менее 70 мм. При наличии слипа или полуслипа кормовую оконечность усиливают,

устанавливая дополнительные продольные и поперечные рамные балки, распорки, переборки и полупереборки. Боковые вертикальные стенки слипа (см. рис. 1.4,*б*) доводят до наружной обшивки днища и до ахтерпиковой переборки. Стенки слипа плавно переходят в продольные рамные подпалубные балки промысловой палубы – верхней у большинства судов или палубы бака у современных судов (например, у РКТ-С „Антарктида"). Палуба слипа траулеров чаще имеет эллиптическую форму с углом наклона 35°, продольную систему набора с рамными бимсами через 3–4 шпации и расстоянием между продольными балками настила не более 600 мм. На некоторых обрабатывающих судах, где предусмотрен слип для подъема улова специальными колесными или иными транспортными устройствами, палубу слипа выполняют по поперечной системе набора. Набор стенок слипа состоит из вертикальных стоек, которые кницами крепят к балкам набора палубы слипа и основного корпуса судна. Во всех случаях толщина настила палубы слипа на 2 мм больше толщины наружной обшивки. На судах, ведущих пелагический лов, стенки слипа подкрепляют продольными приварными сегментными полосами диаметром не менее 70 мм. Палубу и стенки слипа соединяют с наружной обшивкой при помощи скругленных по радиусу 150–200 мм листов толщиной не менее 20 мм.

Надстройки и рубки. Надстройки и рубки, принимающие участие в общем продольном изгибе корпуса судна, называют *длинными*, а надстройки или рубки, имеющие небольшую длину и незначительно участвующие в общем изгибе корпуса, – *короткими*. Длинные средние надстройки могут быть включены в эквивалентный брус, и тогда расчетной палубой будет палуба надстройки, а площадь поперечного сечения верхней палубы под надстройкой будет больше у концов надстройки. Длинные средние надстройки конструируют аналогично корпусу судна, короткие средние надстройки, бак и ют, рубки – исходя из обеспечения местной прочности.

Набор надстройки аналогичен набору в междупалубных помещениях, только более легкий. Шпангоуты надстроек и бортовые стойки рубок устанавливают на каждом основном шпангоуте, учитывая расположение вырезов в стенках и палубах надстроек и рубок. В плоскости поперечных переборок корпуса судна устанавливают рамные шпангоуты и бимсы или выгородки. Из поперечных переборок надстроек наиболее прочными делают концевые носовые переборки средней надстройки и юта. Бортовые стенки надстроек швартующихся в море судов отстоят от борта не менее чем на 0,1 своей высоты либо имеют уклон не менее 0,1 в сторону ДП судна. По концам надстроек наблюдается концентрация напряжений, поэтому места окончания надстроек усиливают. Листы нижнего пояса бортовой обшивки надстройки имеют толщину большую, чем листы средней части надстройки.

Надстройки и рубки обычно стальные, однако на некоторых промысловых судах рубки изготовлены из алюминиевых сплавов, что уменьшает массу и понижает ЦТ судна. Для предотвращения контактной

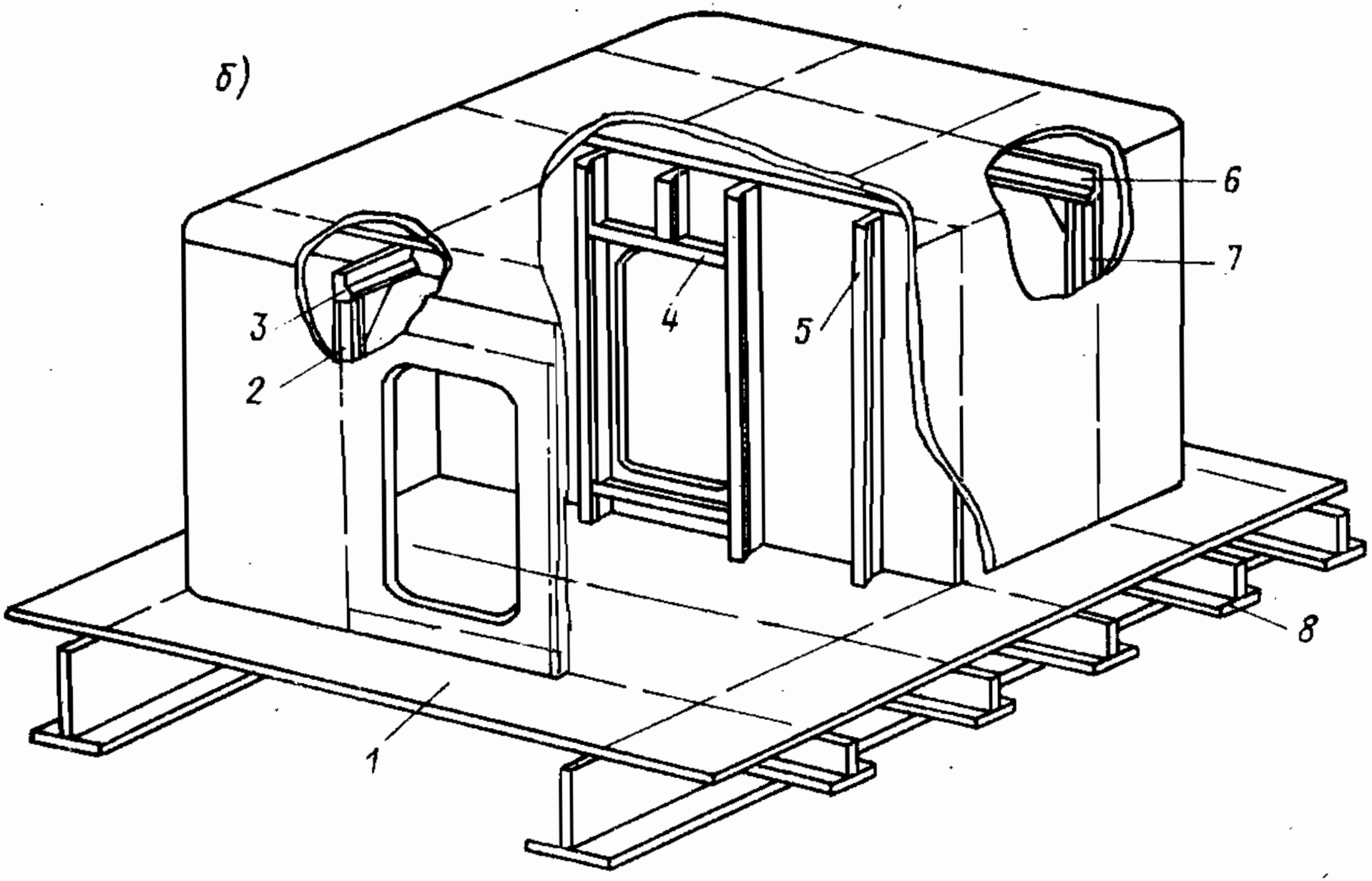


Рис. 1.21. Надстройки и рубки:

а – бак транспортного рефрижератора; *б* – общий вид рубки; *1* – палуба надстройки; *2* – стойка стенки рубки; *3* – продольная подпалубная балка набора рубки; *4* – подкрепление выреза под дверь; *5* – стойка выгородки; *6* – бимс рубки; *7* – стойка борта рубки; *8* – бимс надстройки

коррозии между стальным комингсом надстройки (рубки) и ее стенкой из алюминиевых сплавов устанавливают прокладку из резины или тиоколовой ленты и выполняют заклепочное соединение.

Представление о конструкции надстроек и рубок дает рис. 1.21.

Углы соединения боковых стенок рубок с концевыми переборками выполняют закругленными. Для предотвращения концентрации напряжений в углах оконных и дверных вырезов и появления трещин углы вырезов скругляют, вырезы подкрепляют обделочными рамками. Вырезы для дверей в рубках, расположенных в средней части судна, подкрепляют утолщенными листами, вырезы для иллюминаторов и окон подкрепляют горизонтальными ребрами.

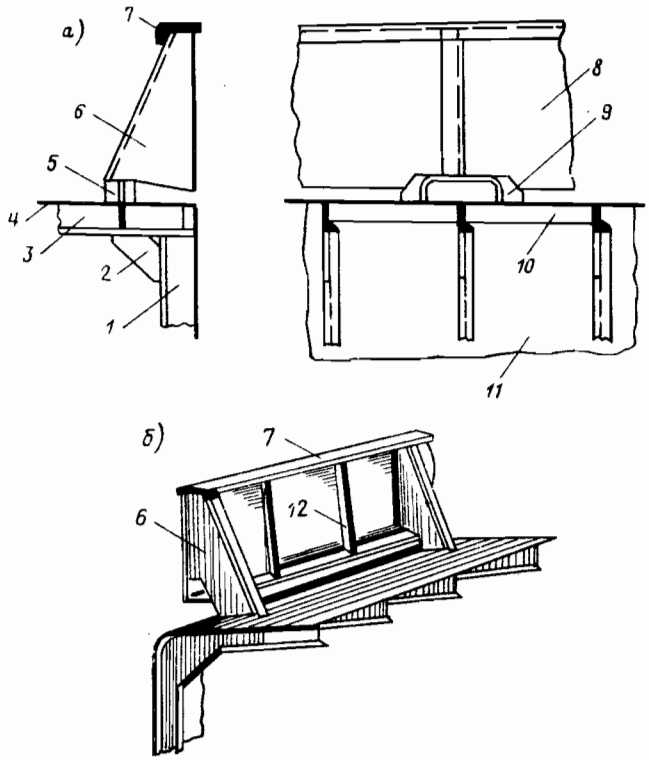


Рис. 1.22. Крепление стоек фальшборта:

а – сминающееся; *б* – жесткое; *1* – шпангоут; *2* – бимсовая кница; *3* – бимс; *4* – палубный стрингер; *5* – сминающаяся коробка; *6* – стойка фальшборта; *7* – планширь; *8* – фальшборт; *9* – кница; *10* – ребро жесткости; *11* – обшивка борта; *12* – ребро жесткости фальшборта

Ограждения. Конструкцию из листов с подкрепляющим набором, предназначенную для ограждения открытых частей верхних палуб, называют *фальшбортом* (рис. 1.22), а аналогичную конструкцию в носовой оконечности – *козырьком* (см. рис. 1.21,*а*). Высота фальшборта колеблется от 1 до 1,5 м. На добывающих судах фальшборт, как правило, не приваривают к ширстреку, оставляя просвет в 100–300 мм для стока за борт больших масс воды при заливании палубы, а в целях предотвращения повреждений при швартовках устанавливают с уклоном внутрь судна не менее 0,1.

Для предупреждения повреждений палубного стрингера в районе крепления к нему стоек фальшборта конструкцию крепления стоек выполняют сминающейся (рис. 1.22,*а*). Стойки фальшборта располагают в плоскости бимсов с интервалом не более 1,5 м. В отдельных случаях допускается увеличение интервала. На рыболовных судах стойки фальшборта устанавливают через две шпации, а в районе размещения бортовых траловых дуг – на каждом шпангоуте. По верхней кромке фальшборта крепится планширь, чаще из полособульбового профиля. На некоторых крупных обрабатывающих и приемно-транспортных судах фальшборт приваривают к ширстреку. Стойки фальшборта устанавливают с большим интервалом, а для удаления больших масс воды с верхней палубы предусматривают штормовые портики – продолговатые вырезы в фальшборте, ограждаемые металлической решеткой (стальными прутками).

На открытых участках палуб надстроек, рубок, в некоторых районах верхних палуб, по кромкам вырезов в палубах, не обеспеченных комингсом достаточной высоты, устанавливают постоянное, съемное или заваливающееся леерное ограждение (см. рис. 1.21,*а*, 2.10,*в* и 2.11,*а*). Ограждение состоит из стоек высотой не менее 1 м, выполненных из труб или профильной стали, леера, изготовленного из труб, прутка, легкой цепи или троса, и деталей крепления. Стойки заваливающегося и съемного ограждения закрепляют в специальных башмаках, приваренных к палубе. После ослабления тросовых или цепных лееров и отдачи поворотных штырей башмаков, стойки снимают или заваливают на палубу, чаще вдоль судна. Расстояние между стойками леерного ограждения не превышает 1,5 м, предусматривается стопорение в вертикальном положении съемных и заваливающихся стоек. Применение в качестве леерного ограждения стального троса допускается в исключительных случаях.

Покрытия верхних палуб. В целях сохранения качества добываемых морепродуктов рабочие участки промысловых палуб покрывают сосновыми досками толщиной 40–60 мм при ширине 100 мм. Доски укладывают параллельно ДП на очищенный и загрунтованный стальной настил с приваренными шпильками и крепят гайками. Отверстие над гайкой закрывают деревянной пробкой, поставленной на белилах, стыки и пазы досок конопатят смоляной паклей, заливают заливочной массой, настил простругивают и покрывают горячей натуральной олифой. На расстоянии

100–150 мм от ширстрека к палубному стрингеру приваривают вдоль борта стальную полосу высотой 50–60 мм (ватервейсовую полосу), до которой и доводят деревянное покрытие палубы. Образованный между ширстреком и ватервейсовой полосой канал (ватервейс) служит для сбора воды, удаляемой за борт через установленные в ватервейсе шпигаты (см. § 17). Для устранения скользкости палуб на них наносят нескользящую мастику НМ-42 и краску НК-101. Мастичные покрытия палуб менее прочны, чем деревянные.

Отдельные узлы. *Шахта МКО* располагается над главными механизмами, проходит сквозь все палубы и закрывается водонепроницаемым съемным капом со световыми люками. Стенки шахты подкрепляют стойками в плоскости основных шпангоутов, палубы в местах вырезов под стенки подкрепляют аналогично вырезам под грузовые люки. На стенках шахты устанавливают тельферы или небольшие мостовые краны, обеспечивающие монтажные и демонтажные работы в МКО. Через шахту выводят трубы от двигателей и котлов в кожух дымовой трубы, производят замену главных и вспомогательных механизмов МКО (при снятом капе).

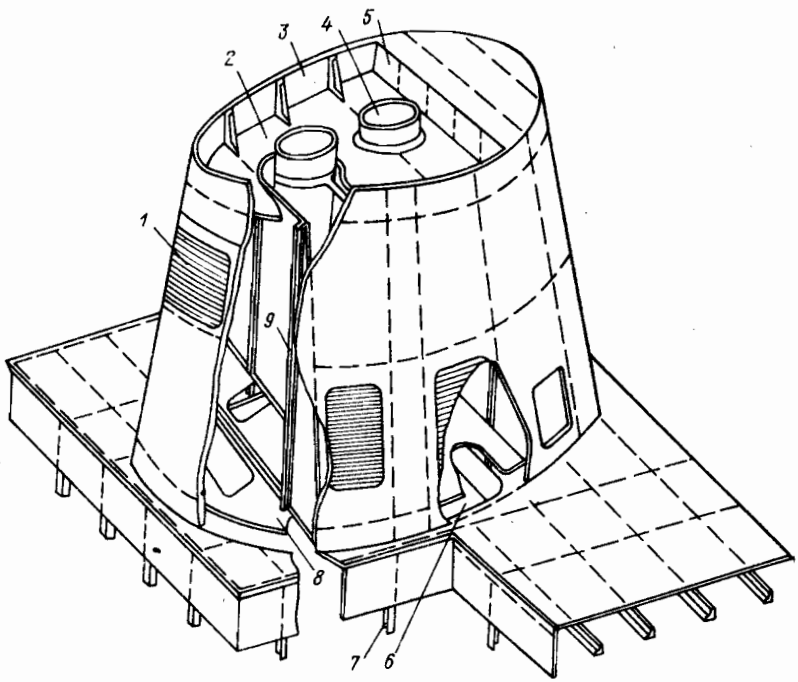


Рис. 1.23. Конструкция дымовой трубы:

1 – жалюзи; *2, 8* – диафрагмы; *3* – кожух дымовой трубы; *4* – дымоход; *5* – выгородка; *6* – шахта МКО; *7* – стойки стенки шахты и выгородки

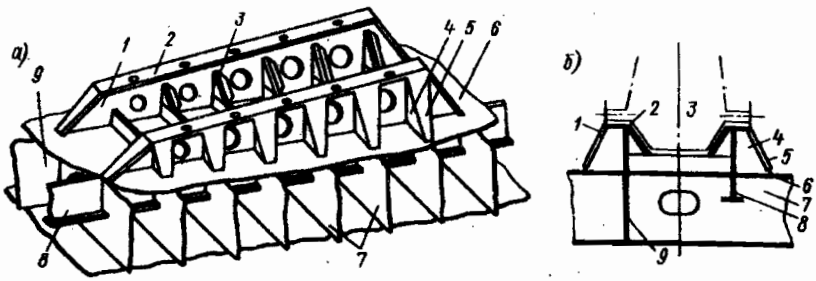


Рис. 1.24. Фундамент под главный двигатель:

а – общий вид; *б* – поперечное сечение; *1* – продольные балки; *2* – горизонтальные полосы; *3* – бракеты с кницами; *4* – кницы; *5* – обратные полосы; *6* – настил второго дна; *7* – флоры; *8* – полустрингер; *9* – днищевой стрингер

Кожух дымовой трубы (фальштрубы) предназначен для ограждения выступающих частей дымохода, газовыхлопов, глушителей и т. п. Форма трубы обеспечивает полный отвод продуктов сгорания в атмосферу без захвата каких-либо районов судна. Внутри дымовой трубы устанавливают утилизационные котлы, небольшие электродвигатели и т. п., оборудуют сушилки и другие помещения.

Представление о конструкции труб дает рис. 1.23, о внешнем их виде – рис. 1.1–1.9.

Фундаменты предназначены для установки и крепления механизмов и агрегатов – объединенных в одно целое для совместной работы нескольких разнотипных машин, устройств и т. п. Фундаменты под главные двигатели состоят из двух сварных тавровых конструкций, стенки которых приварены к настилу второго дна в одной плоскости с днищевыми стрингерами или в плоскости специально установленных полустрингеров настила второго дна. На каждом шпангоуте стенки между собой связаны бракетами с пояском, со стороны бортов подкреплены кницами (рис. 1.24). При отсутствии двойного дна продольные стенки фундамента одновременно являются днищевыми стрингерами, а связующими их элементами служат флоры. Фундаменты вспомогательных и палубных механизмов в большинстве случаев состоят из соединенных продольных и поперечных балок листовой стали, совмещенных с набором корпуса и подкрепленных кницами. При необходимости палубы и платформы в местах установки фундаментов подкрепляют дополнительно, а при большой массе механизма (агрегата) усиливают пиллерсами или полупереборками. Небольшие механизмы устанавливают на прикрепленные к набору корпуса судна кронштейны. Во многих случаях для уменьшения вибрации корпусных конструкций при работе механизмов последние устанавливают на амортизаторы.

Дейдвудное устройство предназначено для вывода гребного вала за пределы корпуса судна. Основные элементы одного из вариантов

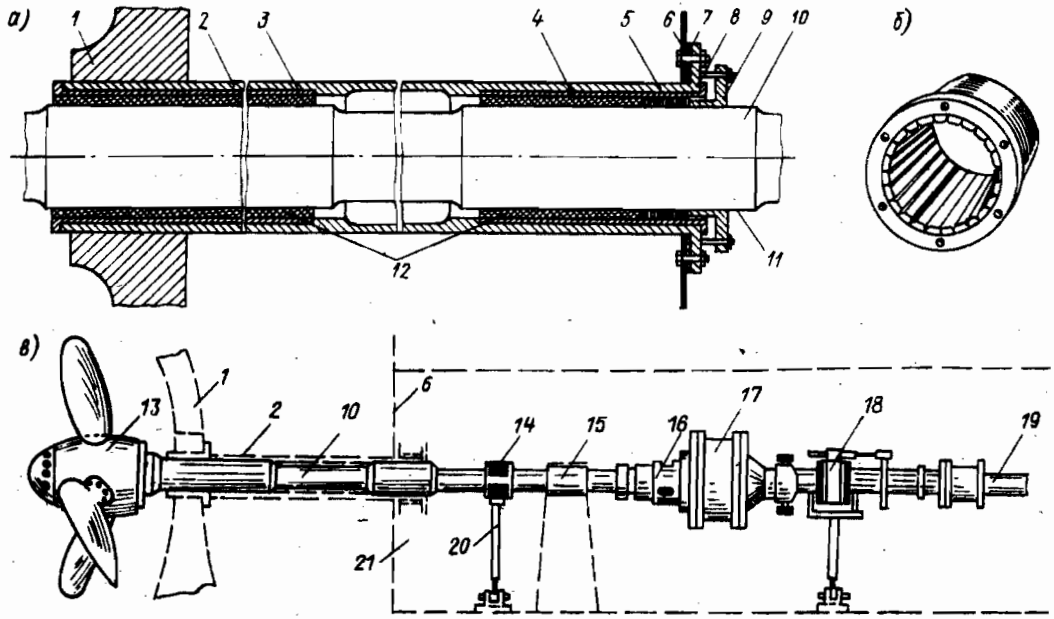


Рис. 1.25. Валопровод БМРТ:

а – дейдвудное устройство; *б* – дейдвудная втулка; *в* – валопровод; *1* – ахтерштевень; *2* – дейдвудная труба; *3, 4* – дейдвудные втулки (подшипники); *5* – сальниковая набивка; *6* – переборка ахтерпика; *7* – прокладка; *8* – фланец дейдвудной трубы; *9* – нажимная втулка сальника; *10* – гребной вал; *11* – облицовка гребного вала; *12* – вкладыши дейдвудных втулок; *13* – винт регулируемого шага (ВРШ); *14* – букса маслопровода; *15* – опорный подшипник; *16* – полумуфта; *17* – механизм изменения шага винта; *18* – маслобукса; *19* – промежуточный вал; *20* – реактивная штанга; *21* – туннель валопровода

дейдвудного устройства представлены на рис. 1.25,*а*. Кормовой конец дейдвудной трубы крепят к ахтерпиковой переборке с помощью фланца или электросварки. Установленный на носовом конце устройства сальник предотвращает поступление забортной воды в корпус судна. В случае применения дейдвудных подшипников, залитых баббитом, сальник устанавливают и на кормовом конце устройства. Более подробно дейдвудное устройство изучается в специальных курсах.

Валопровод (рис. 1.25,*в*) состоит из гребного вала, почти полностью находящегося в дейдвудной трубе, промежуточных валов и вала-проставки, связывающего промежуточные валы с главным двигателем. Между собой валы соединяют при помощи фланцев и плотно пригнанных цилиндрических болтов. Промежуточные валы и вал-проставка лежат в подшипниках скольжения, установленных на фундаментах в туннеле валопровода. Для уменьшения трения шейки валов покрывают бронзой, вкладыши подшипников заливают баббитом. На судах с кормовым расположением МО промежуточные валы отсутствуют.

Туннель валопровода представляет собой расположенную в ДП от ахтерпиковой переборки до кормовой переборки МО продольную водонепроницаемую выгородку. Поперечное сечение туннеля обычно имеет форму арки. Стойки обшивки туннеля устанавливают на каждом шпангоуте. Вход из МО в туннель обеспечивают через клинкетную дверь. У ахтерпиковой переборки туннель уширяют, образуя рецесс, в котором часто устраивают запасной выход из МО на верхнюю палубу через водонепроницаемую шахту. На судах с кормовым расположением МО туннель валопровода отсутствует.

Закрытия отверстий в корпусе судна. *Двери переборок* деления судна на отсеки в закрытом состоянии непроницаемы при напоре столба воды высотой не менее 5 м. Их подразделяют на три типа: навесные (тип 1), скользящие по вертикальным или горизонтальным направляющим с ручным приводом (тип 2) либо с приводом ручным и от источника энергии (тип 3). Стальное литое полотно скользящих (клинкетных) дверей плотно заклинивается в направляющих за счет клиновидной формы двери и направляющих (рис. 1.26,*а*). Управление валиковым, реечным, гидравлическим или другим приводом обеспечивается с обеих сторон переборки у привода вручную или вручную и от источника энергии, а также с легкодоступного места выше палубы переборок. Управление приводом с источником энергии осуществляется дополнительно из рулевой рубки. Перемещение двери по направляющим сопровождается непрерывным звуковым сигналом, а закрывание с поста управления – предварительным непрерывным звуковым сигналом продолжительностью 30 с. Специальное устройство обеспечивает автоматическое закрывание двери, если она, закрытая с поста управления, была открыта с другого поста, и предотвращает возможность ее открывания с поста управления, если закрытие осуществлено с другого поста. Питание энергией приводов дверей типа 3 осуществляется не менее чем от двух независимых источников. Время закрывания двери ручным при-

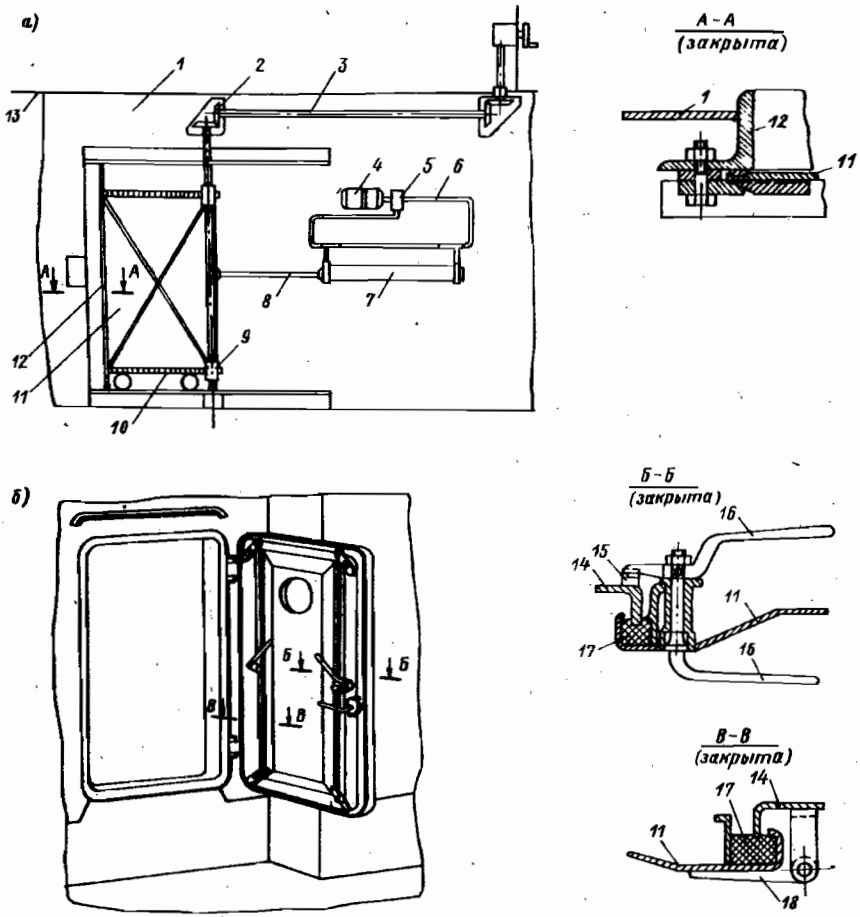


Рис. 1.26. Водонепроницаемые двери:

а – клинкетная; *б* – навесная; *1* – водонепроницаемая переборка; *2* – коническая зубчатая передача; *3* – валиковый привод; *4* – электродвигатель; *5* – масляный насос; *6* – трубопровод; *7* – гидроцилиндр; *8* – шток поршня гидроцилиндра; *9* – цилиндрическая зубчатая шестерня; *10* – зубчатая рейка; *11* – полотно двери; *12* – рама двери; *13* – палуба переборок; *14* – комингс двери; *15* – клиновая наделка; *16* – ручка-задрайка; *17* – бензомаслостойкая резиновая прокладка; *18* – петля двери

водом при прямом положении судна не превышает 90 с, приводом от источника энергии не более 60 с и не менее 10 с. Средства для закрывания двери должны действовать безотказно при крене до 15° на любой борт и дифференте до 5°.

Навесные водогазонепроницаемые двери штампуют из листовой стали (рис. 1.26,*б*). При нажатии рукой на ручку-задрайку (с любой стороны двери) хвостовая ее часть с внутренней стороны помещения надвигается на клиновую наделку, прижимая комингс выреза под дверь к уложенной по периметру двери фасонной бензомаслостойкой резиновой прокладке.

Навесные противопожарные (*огнестойкие*) *двери* – пустотелая стальная коробка, изолированная так же, как и переборка, на которой она установлена. Огнестойкие двери устанавливают в выгородках трапов и в переборках главных противопожарных зон. Дистанционное управление закрытий огнестойких дверей обычно обеспечивают из рулевой рубки. Жилые помещения с глухими или створчатыми иллюминаторами диаметром в свету менее 400 мм оборудуют навесными дверьми более легкой конструкции. Это асбосилитовые огнезадерживающие двери с вентиляционной решеткой и выбивной филенкой в нижней части двери, облицованные слоистым пластиком под ценные породы дерева.

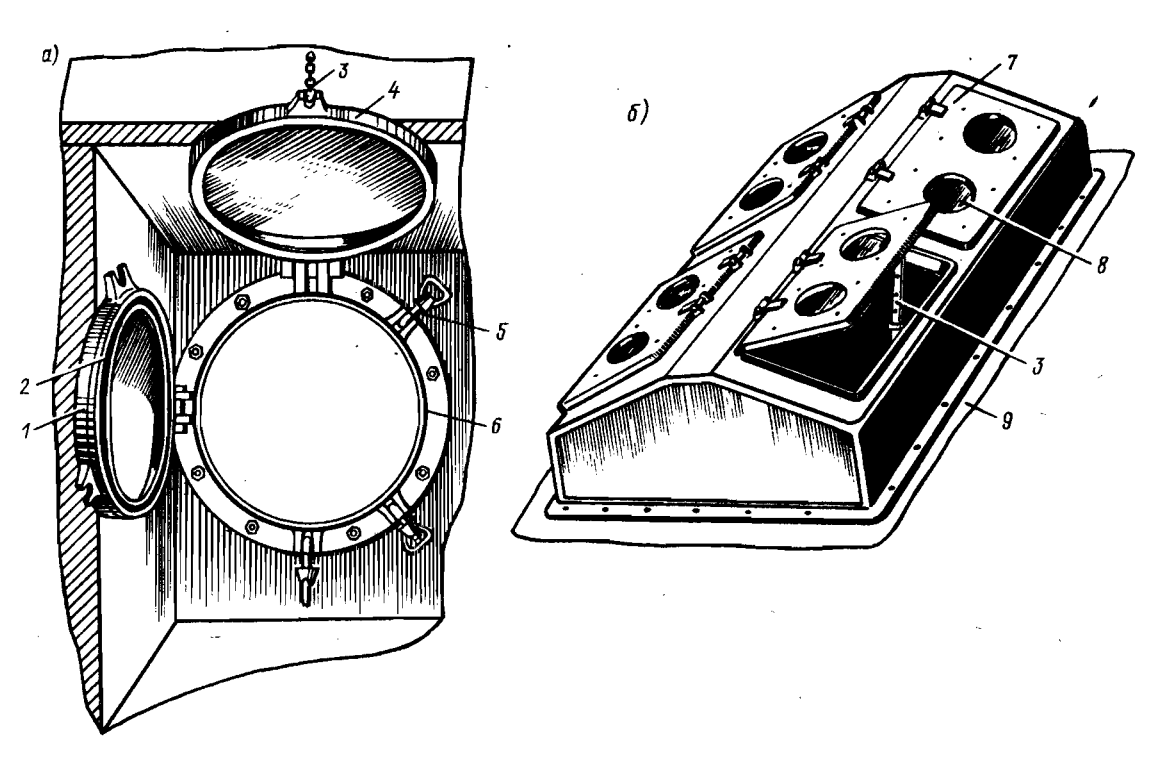
Иллюминаторы по конструктивному исполнению могут быть створчатыми и глухими (не открывающимися), а в зависимости от толщины стекла и диаметра в свету – тяжелыми, нормальными и облегченными. Бортовые иллюминаторы (рис. 1.27,*а*) располагают выше летней ГВЛ не менее чем на $0{,}025B$. Иллюминаторы, установленные в наружной обшивке ниже палубы надводного борта, в лобовых переборках первого яруса надстроек (рубок), второго яруса при удалении от носового перпендикуляра не более чем на $0{,}25L$, снабжают металлическими штормовыми крышками. Водонепроницаемость створчатого иллюминатора и штормовой крышки обеспечивается обжатием фасонной резиновой прокладки.

На корпусе *светового люка* устанавливают глухие иллюминаторы (рис. 1.27,*б*). Крышки световых люков, размещенных над шахтой МО, камбузами, продольными коридорами, открывают и закрывают дистанционно с помощью привода.

Сходные люки (рис. 1.27,*в*) предназначены для доступа в подпалубные помещения. По форме они бывают квадратными, прямоугольными, круглыми или овальными, закрываются и открываются вручную (легкие) или с помощью привода (тяжелые). Водонепроницаемость обеспечивается обжатием фасонной маслобензостойкой резиновой прокладки люка. Откидные крышки сходных люков современных судов для поддержания в открытом состоянии оборудованы самофиксирующимися стопорами.

Горловины (рис. 1.27,*г*) предназначены для доступа в цистерны, коффердамы и т. п. Их форма круглая или овальная, закрываются они металлической крышкой путем обжатия гаек по ее периметру. В зависимости от содержимого помещения непроницаемость обеспечивается резиновой, картонной или другой прокладкой.

Грузовые люки современных промысловых судов (рис. 1.27,*д*) закрывают откидными или двухстворчатыми металлическими крыш-


а)
3
4
5
2
1
6
б)
7
8
3
9

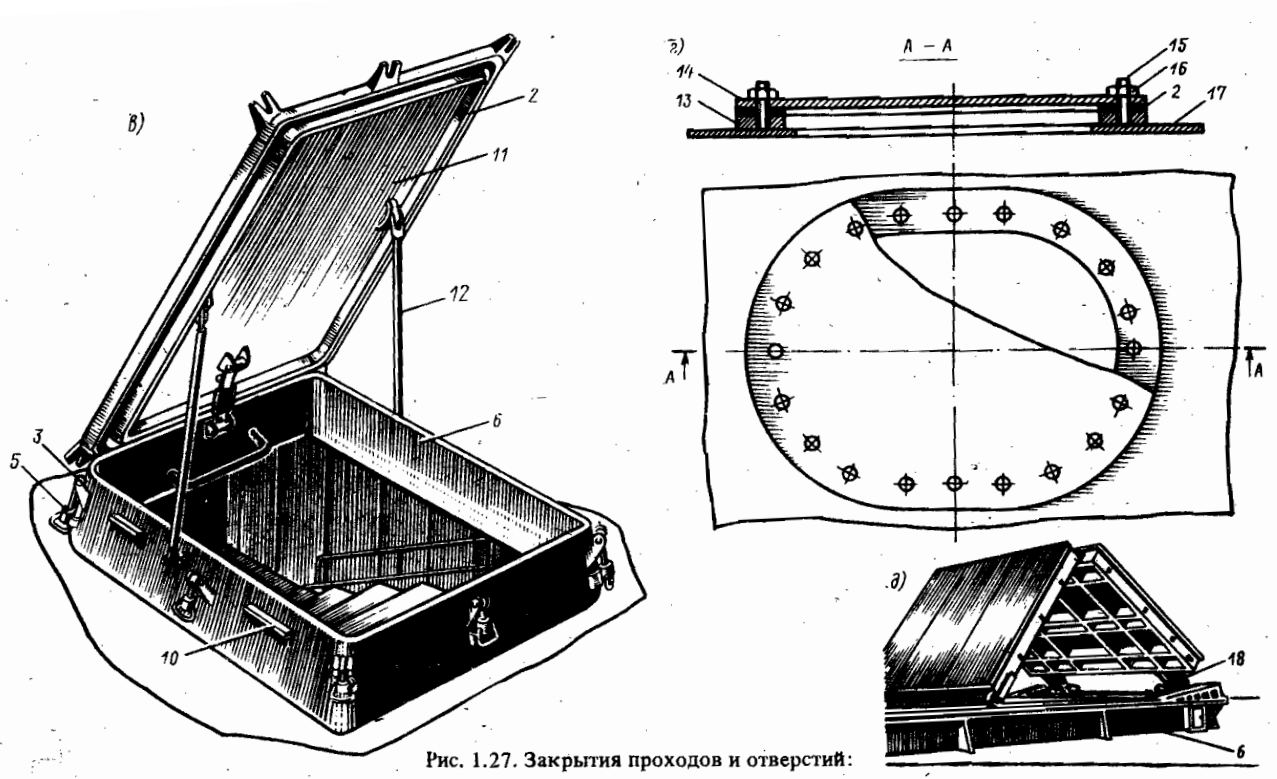


Рис. 1.27. Закрытия проходов и отверстий:

а – створчатый иллюминатор; *б* – световой люк; *в* – сходный люк; *г* – горловина; *д* – двухстворчатое гидравлическое закрытие грузового люка (изоляция снята); *1* – створчатый иллюминатор; *2* – резиновая прокладка; *3* – стопор; *4* – штормовая крышка; *5* – откидной болт с барашковой задрайкой; *6* – комингс; *7* – водогазонепроницаемая крышка; *8* – глухой иллюминатор; *9* – кап МКО; *10* – ограничитель; *11* – крышка люка; *12* – упор; *13* – приварыш; *14* – крышка горловины; *15* – шпилька; *16* – гайка; *17* – настил второго дна; *18* – гидропривод закрытия

ками, снабженными гидравлическими устройствами для открывания и закрывания. Крышки люковых закрытий рефрижераторных трюмов и твиндеков с внутренней стороны покрывают изоляционным материалом и обшивают металлическими листами. Кромки двухстворчатого закрытия между собой соединены шарнирно, одна из створок шарнирно соединена с комингсом грузового люка, другая свободно перемещается на роликах по полкам продольного комингса люка. Высота комингса на открытой палубе не должна быть меньше 600 мм. На некоторых судах крышки люков открывают с помощью грузового устройства. Грузовые люки на промысловой палубе и бункеры закрывают съемными крышками, зашитыми досками заподлицо с деревянным покрытием палубы. Водонепроницаемость обеспечивается так же, как у навесных водонепроницаемых дверей, обжатием утопленных головок-задраек.

§ 7. Судовые помещения

Судовые помещения образованы путем разделения корпуса судна на отсеки и разделения отсеков, надстроек и рубок палубами, платформами и выгородками на отдельные замкнутые пространства. Количество и расположение судовых помещений, их оборудование и размеры определяются многими факторами. Согласно Правилам (ч. VI „Противопожарная защита"), судовые помещения подразделяют на посты управления, жилые, служебные, грузовые, машинные помещения, хранилища топлива и смазочных масел, насосные, производственные помещения, помещения специальной категории.

Посты управления. Пост управления судном располагается на ходовом мостике в закрытом помещении в рулевой рубке, имеющей два выхода – по одному на каждое крыло ходового мостика – и проход с борта на борт. В рулевой рубке устанавливают пульты управления, состоящие из унифицированных секций. В секции встроены машинный телеграф, элементы управления судном и винтом регулируемого шага, коммутаторы трансляции и громкоговорящей связи, телефоны парных связей и автоматическая телефонная станция, элементы различной сигнализации и управления. В помещении, смежном с рулевой рубкой, размещают штурманскую рубку, оборудованную средствами, обеспечивающими выполнение различных штурманских расчетов. На малых судах обе рубки устраивают в одном помещении. В изолированном помещении крупных обрабатывающих и крупных добывающих судов, смежном с рулевой рубкой, устанавливают навигационный комплекс спутниковой навигации для более точного определения местоположения судна. Радиорубку располагают рядом с рулевой рубкой. На современных добывающих судах в кормовой части рубки устраивают промысловую рубку, оборудованную средствами управления промысловыми механизмами, винтом регулируемого шага и средствами обеспечения

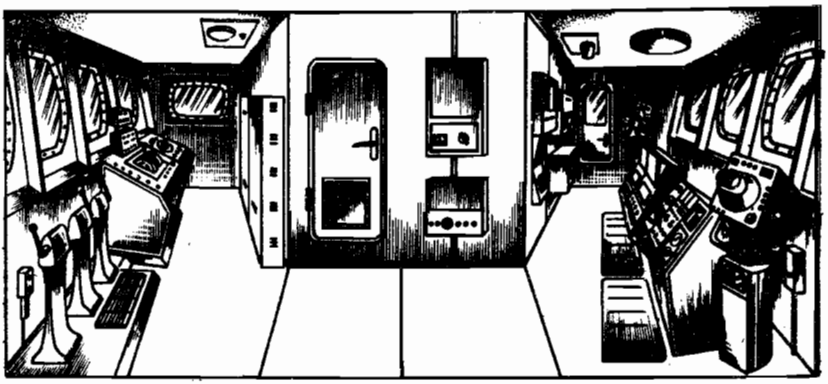


Рис. 1.28. Часть совмещенной навигационно-промысловой рубки современного крупного добывающего судна: рубки слева направо – промысловая, штурманская, рулевая

маневрирования судном, имеющую открытый проход в рулевую рубку (рис. 1.28).

ЦПУ – звукоизолированное помещение, в котором расположены органы дистанционного управления главными и вспомогательными механизмами, винтом регулируемого шага, контрольно-измерительные приборы, приборы аварийно-предупредительной сигнализации и средства связи (рис. 1.29).

Центральный пожарный пост (ЦПП) – помещение, где сосредоточены станции сигнализации обнаружения пожара и дистанционные пусковые устройства противопожарных систем, размещенные на мостике или в других постах управления, имеющих непосредственную связь с мостиком и круглосуточную вахту на ходу судна (к этой же категории

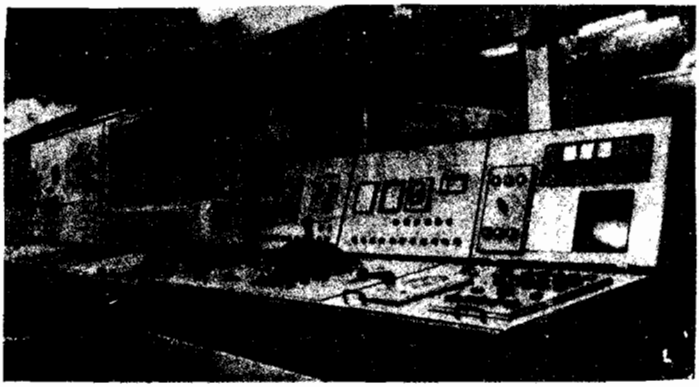


Рис. 1.29. ЦПУ современного судна

помещений относят помещения аккумуляторов, аварийных источников энергии, располагаемых выше палубы переборок, и т. п.).

Жилые помещения. К жилым помещениям относят каюты, общественные и санитарно-гигиенические помещения. Согласно требованиям Правил жилые помещения не допускается размещать ниже палубы переборок, в нос от форпиковой и в корму от ахтерпиковой переборок.

На современных промысловых судах оборудуют одно- и двухместные комфортабельные каюты (рис. 1.30). При расселении экипажа по каютам предусматривают обеспечение наиболее короткого и безопасного пути от каюты до рабочего места. В большинстве случаев устраивают коридорную систему расположения кают с дверями, открывающимися вовнутрь каюты. Каюты располагают по бортам судна, что позволяет использовать в них естественные освещение и вентиляцию.

В последние годы применяют модульный метод борки, оборудования и зашивки судовых помещений. Под модулем понимают унифицированный узел, оформленный как самостоятельное изделие и выполняющий определенную функцию в общем устройстве. В СССР для зашивки помещений принят основной модуль М 100. Кратность размеров модульных (стандартных) панелей зашивки обеспечивает возможность штамповки модулей и полную их взаимозаменяемость, позволяет зашить поверхности практически любых размеров. С внутренней стороны панели наклеена негорючая изоляция с гидрозащитным покрытием, наружная сторона покрыта декоративным полимерным материалом. Крепят панели к металлическому каркасу, изготовленному в цехе (рис. 1.31).

С учетом требований СОЛАС-74 и Правил о применении в судовых противопожарных конструкциях только негорючих материалов (кроме декоративной облицовки поверхностей) в последние годы разработаны

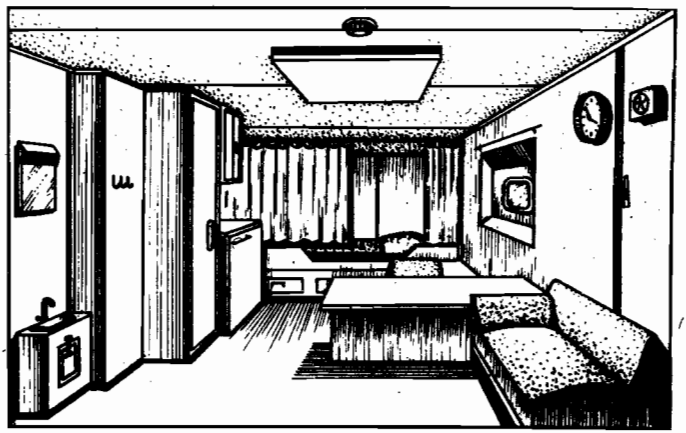


Рис. 1.30. Каюта второго механика на БМРТ

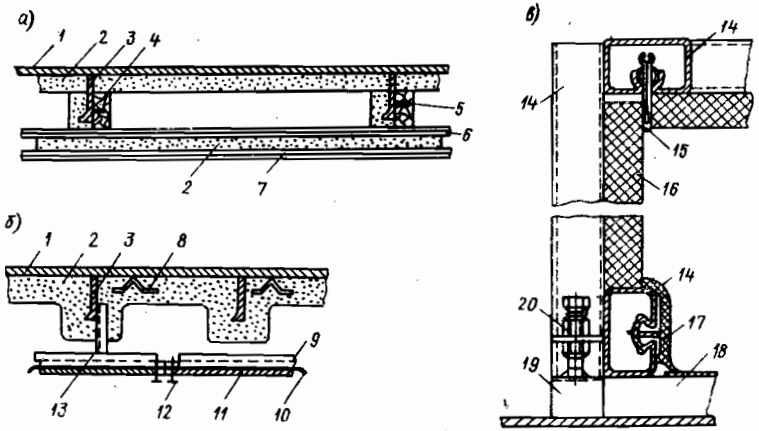


Рис. 1.31. Изоляция судовых помещений:

а – звуковая; *б* – противопожарная напыляемая; *в* – каркасная; *1* – изолируемая поверхность; *2* – изоляция; *3* – набор корпуса; *4* – обрешетник; *5* – шпилька; *6* – зашивка изоляции; *7* – декоративная зашивка; *8* – металлический шплинт; *9* – угольник обрешетника; *10* – прокладка из тиокола; *11* – лист из АМг; *12* – самонарезающий винт; *13* – коротыш; *14* – секция каркасов; *15* – декоративно-отделочный пластмассовый плинтус; *16* – модульные панели; *17* – пластмассовый плинтус; *18* – покрытие палубы; *19* – скоба; *20* – установочный болт

отечественные негорючие и огнезащищенные материалы и композиции. Из них прежде всего следует выделить негорючую жесткую плиточную теплоизоляцию из минерального волокна на карбамидной смоле МФ-17. Плиты используют в качестве сердцевины модульных теплозвукопротивопожарных панелей для изоляции жилых и служебных помещений. Негорючий клей марки АЖ позволяет приклеивать плиты изоляции как внутри панелей, образуя их сердцевину, так и к корпусным конструкциям. Декоративным материалом оболочек панелей принят металлопласт – стальной оцинкованный лист толщиной 0,8–1,1 мм с наклеенной на него декоративно-защитной полимерной пленкой толщиной 150– 300 мкм. Гидрозащитное покрытие марки ХНС, наносимое на плиты ручным или механизированным способом, а также бумажнослоистый пластик повышенных эластичности, термостойкости и водостойкости обеспечивают замедление распространения пламени. Для покрытия палуб разработаны плиточный линолеум и линолеум на основе с широкой гаммой расцветок, отличающиеся медленным распространением пламени по его поверхности.

К общественным помещениям относят салоны, кают-компании, столовые, курительные, кинозалы, библиотеки, читальные и спортивные залы, медицинские помещения (медицинские блоки) и т. п. Все большие и крупные добывающие суда оборудуют санитар-

ными блоками, а крупные обрабатывающие и многие крупные приемно-транспортные суда – хирургическими, стоматологическими, рентгеновскими и другими специализированными кабинетами и стационарами. Медицинские помещения располагают изолированно от других помещений и обеспечивают независимым выходом на открытую палубу. Двери общественных помещений должны открываться наружу для ускорения выхода из этих помещений при аварии.

К санитарно-гигиеническим помещениям относят туалеты (гальюны), умывальные, душевые, ванные, бани, прачечные и тому подобные помещения. Полы и стены этих помещений покрывают керамическими плитками по цементному основанию. Для них обычно используют наименее удобные помещения без естественного освещения.

Служебные помещения. К служебным помещениям относят хозяйственные помещения – камбузы (кухни), хлебопекарни и т. п. (их оборудование работает на твердом или жидком топливе); гладильные; главные буфетные; провизиционные кладовые; посудомоечные и кладовые помещения – кладовые судовых запасов, взрывчатых веществ, запчастей, фонарные, малярные и т. п.

Грузовые помещения. Грузовые помещения – это грузовые танки для перевозки грузов наливом, в том числе сливные цистерны, и помещения для сухих грузов – трюмы и твиндеки.

Грузовые танки для перевозки грузов наливом (диптанки) устраивают на крупных обрабатывающих и приемно-транспортных судах для доставки топлива добывающим судам на промысле. После осушения, пропаривания и зачистки диптанки загружают рыбной мукой. Располагают их, как правило, между грузовыми рефрижераторными трюмами и форпиком. Сливные цистерны предназначены для сбора сточно-фекальных и льяльных вод. Бункеры предварительного охлаждения забортной воды используют для обеспечения подачи холодной воды в бункеры-аккумуляторы хранения улова до его поступления в производственные помещения. Вкладные цистерны рыбьего жира служат для хранения и доставки его в порт.

Грузовые трюмы и твиндеки на современных промысловых судах в основном рефрижераторные, их внутреннюю поверхность покрывают изоляцией для уменьшения теплообмена с внешней средой. Низкую температуру в трюме обеспечивает рефрижераторная установка, которая может иметь либо батарейную систему охлаждения (охлаждающие бортовые и потолочные батареи расположены вдоль всего трюма), либо воздушную (с каналами или без каналов). При батарейной системе бортовые батареи ограждают защитной решеткой, при воздушной – в специальной выгородке трюма устанавливают воздухоохладители, а охлажденный воздух подается вентиляторами либо в бортовые или напольные перфорированные (или с решетками) каналы, через которые он поступает в трюм, либо сразу в трюм.

Все внутритрюмные части корпуса судна изолируют изоляцией из биостойких материалов, не выделяющих запаха, а в местах возможных

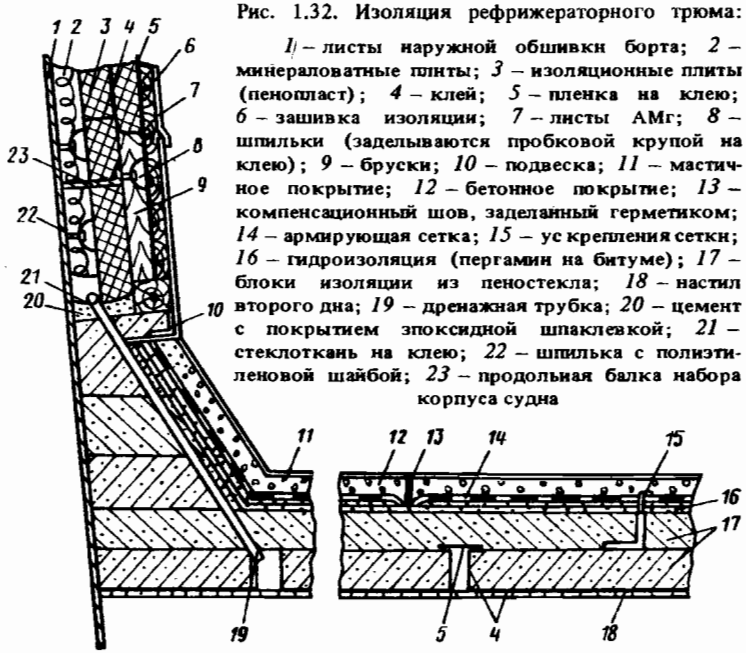


Рис. 1.32. Изоляция рефрижераторного трюма:

1 – листы наружной обшивки борта; *2* – минераловатные плиты; *3* – изоляционные плиты (пенопласт); *4* – клей; *5* – пленка на клею; *6* – зашивка изоляции; *7* – листы АМг; *8* – шпильки (заделываются пробковой крупой на клею); *9* – бруски; *10* – подвеска; *11* – мастичное покрытие; *12* – бетонное покрытие; *13* – компенсационный шов, заделанный герметиком; *14* – армирующая сетка; *15* – ус крепления сетки; *16* – гидроизоляция (пергамин на битуме); *17* – блоки изоляции из пеностекла; *18* – настил второго дна; *19* – дренажная трубка; *20* – цемент с покрытием эпоксидной шпаклевкой; *21* – стеклоткань на клею; *22* – шпилька с полиэтиленовой шайбой; *23* – продольная балка набора корпуса судна

повреждений изоляцию зашивают. В последние годы получила распространение конструкция изоляции рефрижераторных трюмов и твиндеков без традиционной 50-миллиметровой воздушной прослойки между обшивкой корпуса и изолирующей конструкцией (рис. 1.32). Образующийся конденсат изоляции отводят в специальные колодцы с помощью дренажной системы. При установке на судах с двойным дном деревянного настила его толщина должна быть не менее 50 мм при $L \leqslant 60$ м и не менее 65 мм при $L > 60$ м, а под просветом грузового люка в случае, если предусматривается разгрузка трюма механизированными приспособлениями, – удвоенной. К трюму готовую продукцию подают с помощью транспортеров, а в трюм – с помощью люлечных элеваторов, гравитационных спиральных или гравитационных спусков. Внутритрюмную механизацию с учетом размеров трюма обеспечивают установкой стационарных или передвижных ленточных конвейеров, различных автопогрузчиков и штабелеукладчиков. При наличии твиндеков передвижные конвейеры перемещают по специальным направляющим из твиндеков в твиндек, а автопогрузчики – при помощи грузового устройства судна. В неохлаждаемых грузовых трюмах без двойного дна сплошной деревянный настил из щитов укладывают поверх флоров и доводят до верха скулового закругления. Толщина настила не менее 40 мм при $L \leqslant 30$ м и не менее 60 мм при $L > 30$ м, под просветом грузовых люков не менее 70 мм. При наличии двойного дна

к настилу второго дна крепят поперечные бруски-лаги, на которые укладывают щиты деревянного настила – пайола. По бортам в специально приваренные скобы укладывают с некоторым интервалом продольные доски – рыбинсы. Трюмы свежьевых и посольно-свежьевых добывающих судов, перевозящих рыбу навалом, разделяют при помощи закладных досок по высоте и в плане на отдельные ячейки – чердаки. Доски закладывают в пазы специально предусмотренных для этой цели пиллерсов (стоек) и плинтусов. Чердаки предотвращают перемещение рыбы в трюме при качке судна.

Машинные помещения. Это помещения, содержащие главные механизмы, валопроводы, котлы, двигатели внутреннего сгорания, электрогенераторы и другие основные электрические механизмы, установки, рулевые машины и т. п. Главные механизмы [энергетическая установка (ЭУ)] предназначены для приведения в действие двигателей, вспомогательные механизмы обеспечивают работу главных механизмов, снабжение судна электроэнергией и другими видами энергии, а также функционирование систем и устройств. К машинным помещениям относят МО, котельное (или МКО), отделение холодильных машин (рефрижераторное отделение), румпельное, туннель валопровода и др. Каждое машинное помещение с механизмами общей мощностью не менее 375 кВт, работающими на жидком топливе, туннели валопроводов и трубопроводов должны иметь не менее двух выходных путей, расположенных как можно дальше друг от друга. Размещение главных и вспомогательных механизмов, оборудования, трубопроводов, арматуры и т. п. должно быть таким, чтобы был возможен свободный доступ к ним для обслуживания и аварийного ремонта при обеспечении свободного прохода шириной не менее 600 мм к выходным путям из их постов управления и мест обслуживания.

Машинное отделение – основное машинное помещение, в котором размещают ЭУ и многие вспомогательные механизмы. Рациональное использование объема МО обеспечивают платформы, а удобство обслуживания – установленные в несколько ярусов решетчатые площадки с трапами и прочным леерным ограждением. Палубу настилают рифленными металлическими листами, плотно прилегающими к металлическому каркасу. Между настилом и вторым дном прокладывают трубопровод. На малых добывающих судах получили распространение дизель-редукторные ЭУ (дизель или два дизеля – редуктор – гребной вал), на средних – одномашинные дизель-редукторные ЭУ, на больших и крупных – двухмашинные дизель-редукторные ЭУ с отбором мощности на валогенераторы (рис. 1.33). ЭУ крупных ТР – одновальные дизельные (ТР типа „Кристалл-2") или дизель-редукторные агрегаты (ТР пр. „Атлантик-602"), крупных обрабатывающих судов – одновальные двухмашинные дизель-редукторные агрегаты с отбором мощности на валогенераторы (краборыбоконсервная плавбаза), одновальные одномашинные дизельные агрегаты [ПБ (ПНР)], малых обрабатывающих судов – одновальные одномашинные дизель-редукторные

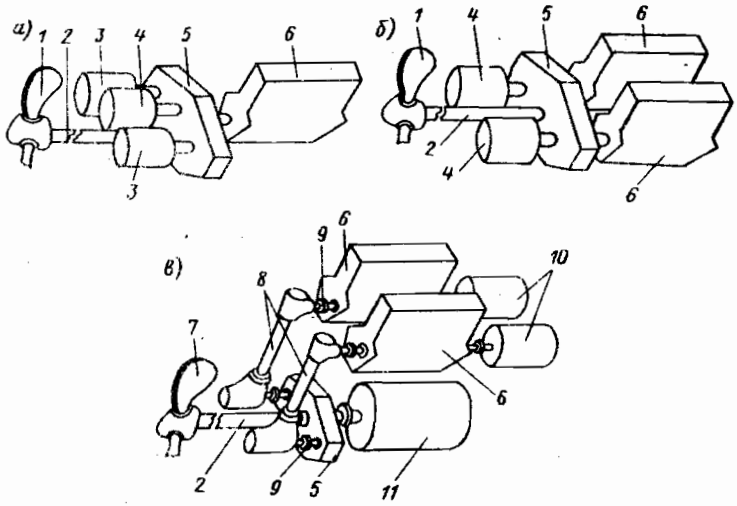


Рис. 1.33. Принципиальные схемы главных ЭУ:

а - БМРТ „Иван Бочков"; *б* – РТМ-С „Спрут"; *в* – с комбинированной двухпоточной передачей мощности на гребной винт; *1* – ВРШ; *2* – валопровод; *3* – валогенератор постоянного тока; *4* - валогенератор переменного тока; *5* – редуктор; *6* – главный двигатель (дизель); *7* – винт фиксированного шага (ВФШ); *8* – вертикальные передаточные колонки; *9* – эластично-разобщительная муфта; *10* – генератор постоянного тока; *11* – гребной электродвигатель

агрегаты (малая ПБ). Для обеспечения электроэнергией судовой электростанции устанавливают дизель-генераторы либо дизель-генераторы и валогенераторы. Прием электроэнергии и ее подачу к потребителям обеспечивает главный распределительный щит (ГРЩ), располагаемый в ЦПУ в районе МО. В перспективе на крупнотоннажных обрабатывающих и приемно-транспортных судах возможно использование ЭУ с комбинированной двухпоточной передачей мощности на гребной винт (рис. 1.33,*в*). Главные двигатели могут работать непосредственно на гребной винт через вертикальные передаточные колонки и редуктор либо, при отключенных колонках, на генераторы, питающие гребной электродвигатель.

Представление о перспективном расположении механизмов в МО дает рис. 1.34. Впервые в практике траулеростроения на РТК-С „Антарктида" все вспомогательные механизмы, обслуживающие главные двигатели, собраны в единый функциональный агрегатный блок для каждого двигателя. Общая компоновка МО подчинена функциональной целесообразности, принципу максимального сокращения протяженности коммуникаций, обеспечению безопасности и удобства обслуживания механизмов и арматуры, а также возможности агрегатного ремонта.

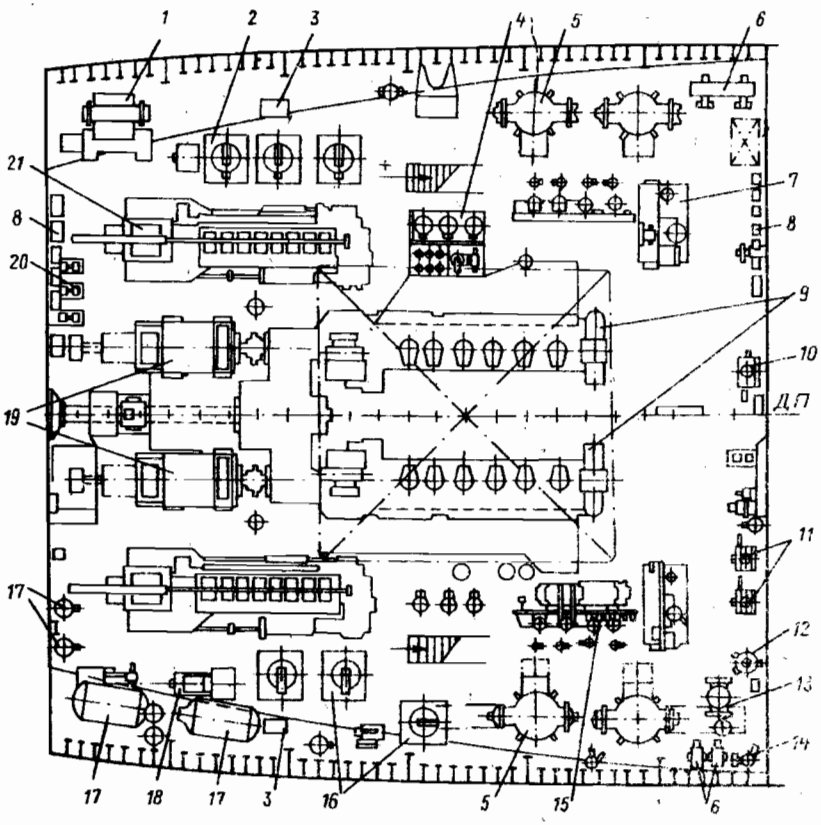


Рис. 1.34. Оборудование МО на РКТ-С „Антарктида" (платформа не показана):

1 – агрегат смазки редуктора; *2* – сепаратор топлива; *3* – масляные бачки; *4* – масляный агрегат главного двигателя (ГД); *5* – опреснительные установки; *6* – агрегат насосов опреснительных установок; *7* – агрегат топливоподготовки ГД; *8* – пусковые устройства; *9* – главный дизель-редукторный агрегат; *10, 11* – топливоперекачивающие насосы; *12* – водоподогреватель; *13* – фильтры забортной воды; *14* – пожарный насос; *15* – агрегат водоподготовки ГД; *16* – сепараторы масла; *17* – баллоны сжатого воздуха; *18* – воздушный компрессор; *19* – валогенераторы переменного тока; *20* – насосы трюмных систем; *21* – вспомогательные (стояночные) дизель-генераторы

На РДОС „Моряна" в МО выделены три функциональные зоны: все вспомогательное оборудование расположено у носовой переборки, главный двигатель и дизель-генераторы – в средней части, а котельная установка и ЦПУ – у кормовой переборки. Бытовые механизмы и оборудование сконцентрированы в отдельном отсеке насосного отделения, находящемся рядом с МО.

В отделении холодильных машин (рефрижераторном отделении) располагают механизмы и оборудование холодильных установок, предназначенных для производства искусственного холода. Требования, предъявляемые к рефрижераторному отделению, зависят от группы холодильного агента (ХА), на котором работают холодильные машины. К группе I относят невоспламеняющиеся ХА (*R*22, *R*12 и др.), к группе II – токсичные и воспламеняющиеся ХА при объемной концентрации паров в воздухе 3,5 % и более (аммиак), к группе III – взрывоопасные и воспламеняющиеся ХА при объемной концентрации паров в воздухе 3,5 % (пропан, пропилен). На современных и перспективных судах промыслового флота холодильные установки работают на ХА группы I (*R*22, *R*12). Холодильные машины с ХА групп II и III должны устанавливаться в отдельных газонепроницаемых помещениях, имеющих два выхода, расположенных как можно дальше друг от друга, с открывающимися наружу дверями. Эти выходы не должны вести в жилые и служебные помещения или в помещения, сообщающиеся с ними. Один из выходов должен сообщаться с открытой палубой. Отделение должно иметь автономную вентиляцию. Отделения автоматизированных холодильных машин с безвахтенным обслуживанием, работающих на ХА группы I могут не иметь второго выхода. Механизмы, аппараты и другое холодильное оборудование устанавливают на расстоянии не менее 100 мм от переборок и стенок других устройств.

Представление о расположении оборудования рефрижераторного отделения БМРТ дает рис. 1.35.

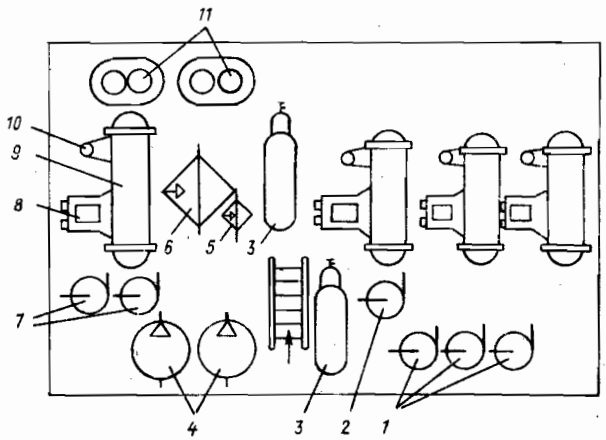


Рис. 1.35. Рефрижераторное отделение БМРТ „Прометей":

1 – насосы охлаждающей воды; *2* – пожарный насос; *3* – баллоны сжатого воздуха; *4* – компрессоры сжатого воздуха; *5* – станция минерализации; *6* – станции озонирования; *7* – рассольные насосы; *8* – винтовой компрессорный агрегат; *9* – конденсатор; *10* – электродвигатель; *11* – топливоперекачивающие насосы

Румпельное отделение (в ахтерпике) предназначено для размещения приводов руля (см. § 9).

В отдельных помещениях выше палубы переборок с выходом на открытую палубу располагают автономный аварийный источник электроэнергии (дизель-генератор или аккумуляторные батареи).

Хранилища топлива и смазочных масел. К ним относят цистерны основного запаса, размещаемые в двойном дне и выше двойного дна, расходные, сточные, переливные и отстойные цистерны, располагаемые чаще всего в МО. Цистерны оборудуют системами заполнения-осушения, локализации пожара, предусматривают возможность их зачистки.

Производственные помещения. Это цехи, лаборатории, мастерские и т. п. На современных больших и крупных добывающих судах, обрабатывающих судах производственные помещения располагают в два-три яруса. На ярусах устанавливают легкие переборки, выгородки, образуя производственные цехи и участки. Так, на РКТМ-С типа „Антарктида" сырые разделочно-заготовительные участки размещены на верхней палубе, консервное и морозильное производство – на главной, жиромучное производство – в нижнем ярусе. Оборудование производственных помещений зависит от размеров и назначения судна, вида вырабатываемой продукции. Разнообразные специальные машины и установки (головоотсекающие, филетировочные, шкуросъемные и т. п.) увязывают средствами транспортировки в технологические линии обработки объекта промысла, технологические линии также увязывают между собой, обеспечивая полную утилизацию отходов. Краткие сведения о технологическом оборудовании современных промысловых судов приведены в § 2.

§ 8. Понятия о проектировании, постройке и ремонте промысловых судов

Проектирование судна. Основным методом проектирования судов является метод последовательных приближений. Он заключается в разделении процесса проектирования на отдельные стадии или этапы, внутри которых решается сравнительно небольшая группа вопросов, тесно связанных между собой. Из всех заданных величин и требований к судну выбирают главные для решения конкретного этапа, и результаты первого приближения корректируют после решения вопросов других этапов так, чтобы не было противоречий между решениями разных этапов. Количество требуемых приближений зависит от устанавливаемого допустимого расхождения между двумя последовательными приближениями. Обычно при проектировании идут по пути подбора какого-либо построенного судна, близкого к проектируемому по назначению и главным техническим характеристикам, в качестве исходного приближения. Практика проектирования выработала определенные стадии разработки проектов судов, внутри которых могут выделяться еще и отдельные этапы.

Первая стадия – разработка технического задания на проектирование – перечня требований, предъявляемых проектанту заказчиком. Обоснование требований и составляет главную задачу разработчика технического задания.

Вторая стадия – техническое предложение или эскизный проект, отличающиеся лишь глубиной проработки, но имеющие одинаковые главные задачи: проверка совместимости требований технического задания и обеспечение безопасности работы и плавания судна.

Третья стадия – технический проект. Его основные задачи – конструктивная разработка судна и составление ведомостей заказов комплектующего оборудования и материалов.

Четвертая стадия – рабочий проект. Эта стадия иногда совмещается с третьей, и тогда разрабатывают технорабочий проект. Нередко рабочие чертежи создают применительно к конкретным техническим и технологическим возможностям завода-строителя и даже его цехов и участков.

В каждой стадии уточняют характеристики и показатели судна, полученные на предыдущих стадиях, и в то же время проверяют выполнение требований технического задания. В СССР техническое задание на проектирование промыслового судна разрабатывают обычно организации Минрыбхоза. Иногда та же организация прорабатывает техническое предложение. Эскизный и технический проекты разрабатывают центральные конструкторские бюро (ЦКБ), специализирующиеся на проектировании судов определенных типов. Рабочие проекты выполняют обычно те же ЦКБ, часто совместно с конструкторскими бюро заводов-строителей. После согласования проекта с Регистром СССР, Госсанэпидстанцией, пожарной инспекцией, органами профсоюзов проект утверждает заказчик.

Особенности эксплуатации промысловых судов требуют выполнения многовариантных исследований на всех стадиях проектирования, в первую очередь в период проработки технических задания и предложения. Решение такой трудоемкой задачи невозможно без применения экономико-математических методов и ЭВМ на основе системы автоматизированного проектирования (САПР). Уже в 1986 г. доля автоматизированных проектно-конструкторских работ в ведущих проектных организациях страны доведена до 50%. В ближайшие годы найдет широкое применение САПР „Рыбфлот", разрабатываемая КТИРПХом совместно с Гипрорыбфлотом. Система обеспечит автоматизированное проектирование перспективных промысловых судов на всех этапах, вплоть до автоматизированного выпуска графической части проекта.

Особенностью современного проектирования являются меж- и внутрипроектная унификация, создание базовых проектов, обеспечивающих сокращение типоразмеров судов, увеличение доли автоматизированных проектно-конструкторских работ. При этом создаваемые на основе технического проекта масштабные макеты МКО и других насыщенных помещений обеспечивают выпуск образмеренных чертежей

с закоординированными трассами трубопроводов, вентиляционных каналов, электросетей и т. п. и позволяют изготовлять модульные сборочные единицы (МСЕ) в цеховых условиях строительного предприятия и предприятия-поставщика.

Формирование корпуса судна. Строительство судна начинается с подготовки судостроительного предприятия: разрабатывают технологический график постройки; изготовляют оснастку, приспособления, шаблоны деталей; завозят материалы, механизмы, агрегаты, оборудование и т. п., поставляемые предприятиями-поставщиками. Приступают к выпуску деталей, узлов, фундаментов, элементов судового набора, обшивки и др. Готовые изделия маркируют и отправляют на склады. Дальнейшая последовательность работ зависит от выбранного способа окончательного формирования корпуса судна на сборочной площадке.

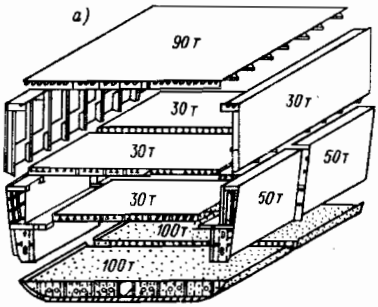
Традиционными сборочными единицами (СЕ) являются секция – плоскостная и объемная, блок-секция, блок. *Плоскостная секция* может иметь небольшую кривизну полотнища, *объемная* имеет замкнутый объем (часть днища с цистернами двойного дна, часть борта с цистернами двойного борта и т. п.). *Блок-секция* – объемная конструкция, сформированная из нескольких объемных и плоскостных секций. *Блок* включает в себя водонепроницаемый отсек, сформированный из блок-секций. Обычно блок охватывает функционально самостоятельную зону (например, район МО).

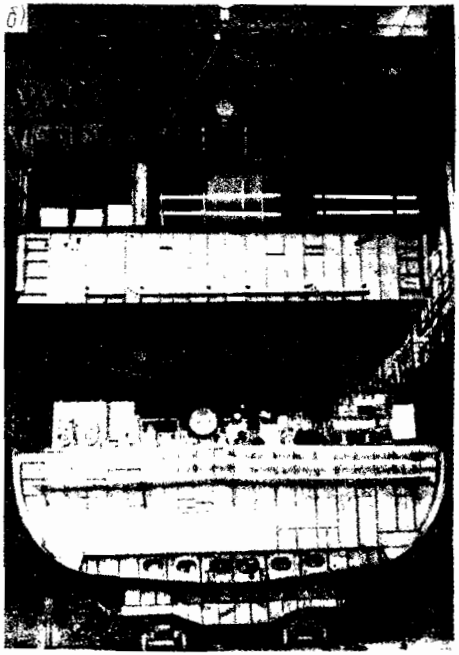
При всех способах формирования корпуса судна стремятся перенести его насыщение механизмами, оборудованием и т. п. на более ранний этап сборки – в цеховые условия. Современные принципиальная технология и организация судостроения предусматривают блочно-модульное формирование корпусов из блок-модулей, модульно-агрегатный монтаж судового оборудования и механизмов, отделку помещений по модульной системе М100. Модульное судостроение создает условия для быстрого и гибкого реагирования судостроительной промышленности на изменение потребности в судах различных типов и размеров, позволяет осуществлять изготовление на специализированных участках судостроительного предприятия комплексно насыщенные механизмами, агрегатами, трубопроводами и т. п. крупные МСЕ. Судно рассматривают как унифицированную платформу-носитель различных технических систем и средств, поставляемых в виде стандартизированных и унифицированных МСЕ. Однако высокая насыщенность промысловых судов комплектующими изделиями, полное отсутствие цилиндрической вставки (участка корпуса в средней части судна одинаковых обводов) или ограниченная ее длина не позволяют принять секции и блоки в качестве наиболее крупных общесудовых МСЕ. Такими МСЕ у промысловых судов являются объемные насыщенные конструкции (ОНК), формируемые из корпусных СЕ и включающие крупные агрегатированные единицы (АЕ) и изделия корпусодостроечной номенклатуры. Являясь промежуточной СЕ между секцией и блоком, ОНК включает значительную часть более мелких МСЕ и изделий насыщения, которые при

блочно-секционной технологии направляются либо в блок, либо непосредственно на судно. Так, на РДОС „Моряна" из размещенных в МКО 128 ед. оборудования включено в агрегаты или поставлено в агрегатированном виде 100 ед., а три из девяти агрегатов МКО вошли в зональный блок. Все вспомогательные механизмы РКТ-С „Антарктида", обслуживающие главные двигатели, собраны в единый функциональный агрегатный блок для каждого двигателя (см. рис. 1.34), семь из четырнадцати агрегатов основной части вспомогательных механизмов и оборудования – стандартные модули. Наиболее характерными для промысловых судов являются ОНК помещений, габаритные характеристики которых унифицированы. При модульном судостроении стремятся к тому, чтобы все ОНК имели такую же насыщенность, какую они имеют в составе судна, а при выполнении монтажных соединений крупных МСЕ исключалась установка мелких деталей или более мелких СЕ.

Внедрение модульного судостроения означает стандартизацию не только деталей, узлов, элементов конструкций, а и более крупных СЕ – унифицированных секций, блоков и частей судна. Широко применяют унифицированные модульные конструкции одного типоразмера, изготовленные по единому чертежу (рис. 1.36,*а*). Предполагается создание шести типов судов на основе БМРТ „Пулковский меридиан" и единой для них базовой модели, в средней части которой предусмотрен функциональный модуль, меняемый в зависимости от назначения судна, но все модификации будут иметь одинаковые конструкции корпуса, энергетические и движительные установки, устройства и т. п. Разработка ограниченного числа типоразмеров ОНК и входящих в их состав менее крупных МСЕ, стандартизация агрегатов, мелких СЕ и деталей, дальнейшее совершенствование САПР, увеличение объема проектной документации, передаваемой на машинных носителях или непосредственно с ЭВМ проектной организации на ЭВМ судостроительного предприятия, – все эти перспективные направления проектирования и постройки судов позволят шире внедрять оборудование для изготовления типовых конструкций на механизированных линиях и участках с применением поточных методов производства и механизацией основных и вспомогательных операций (рис. 1.36,*в*).

Сборочной площадкой для окончательного формирования корпуса судна могут быть продольный, поперечный или горизонтальный стапель, слип, плавучий или сухой док, эллинг и др. *Стапель* представляет собой узкую длинную железобетонную площадку, расположенную перпендикулярно (продольный и горизонтальный) или параллельно (поперечный) урезу воды. За счет уклона 2–5 ° к горизонту продольный и поперечный стапели обеспечивают гравитационный спуск судна в воду на заведенных под корпус последнего спусковых салазках по смазанным специальным жиром спусковым дорожкам. С продольного стапеля судно входит в воду обычно кормой, с поперечного – бортом, „прыжком". С горизонтального стапеля судно при помощи троса и лебедок





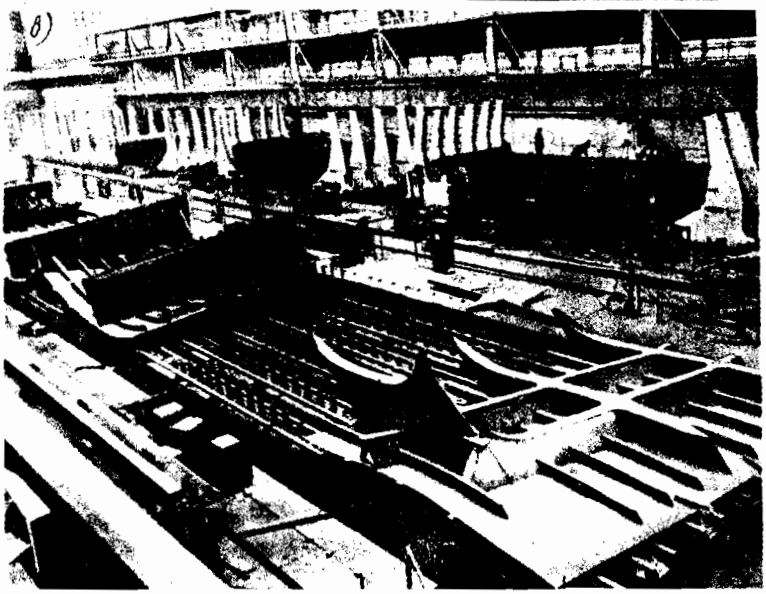


Рис. 1.36. Формирование блока судна:

а – из модульных СЕ; *б* – из укрупненных ОНК помещений; *в* – механизированная поточная линия изготовления днищевых и бортовых секций

накатывают на подведенный к стапелю плавучий док, док с судном отводят от стапеля и притапливают, судно всплывает. *Слип* – это несколько горизонтальных площадок, связанных с одной наклонной, уходящей в воду, и оборудованных рельсовыми путями. На заведенных под корпус тележках судно при помощи тросов и лебедок переводят на наклонную площадку и, потравливая трос, производят спуск в воду. Плавучий док и слип используют и для подъема судов из воды в целях очистки и ремонта подводной части корпуса. *Плавучий док* – несколько последовательно соединенных длинной стороной прямоугольных понтонов, по краям коротких сторон которых почти по всей длине дока установлены две прямоугольные башни. На палубе понтонов (стапельпалубе) устанавливают киль-блоки и клетки или направляющие дорожки (в зависимости от назначения дока). При затопленных отсеках понтонов сооружение притапливается, при осушенных – всплывает. *Сухой док* представляет собой бетонированный котлован, расположенный ниже уровня акватории и отделенный от нее специальным затвором. Затвор открывают и всплывшее судно выводят из дока. *Эллинг* – производственное помещение, оборудованное стапельными местами для строительства или ремонта небольших судов.

Формирование корпуса судна на сборочной площадке осуществляют секционно-пирамидальным, секционно-островным, блочно-секционным, блочным или поточно-позиционным способом. При *секционно-пирамидальном способе* формирование корпуса обычно начинают с закладки средней объемной днищевой секции, которую постепенно наращивают секциями от ДП к бортам, от днища к палубе и одновременно в нос и корму. *Секционно-островной* способ характерен формированием нескольких самостоятельных пирамид (островов), смыкаемых забойными (вставными) секциями и узлами. *Блочно-секционный способ формирования* корпуса осуществляют из блок-секций и секций пирамидальным или островным способом. *Блочный способ формирования* корпуса осуществляют стыковкой доставляемых к сборочной площадке изготовленных в цехе блоков. Формирование корпуса из блок-модулей, ОНК аналогично блочному формированию. В ряде случаев корпус формируют *поточно-позиционным (конвейерным) способом*, когда площадку передвигают по цеху с позиции на позицию, где выполняют предусмотренные для соответствующей позиции работы. С последней позиции сформированный корпус спускают в воду.

Принятый способ формирования корпуса судна зависит от конструктивных особенностей и размеров судна, наличия и технического оснащения соответствующих производственных площадей, грузоподъемности кранового оборудования строящего предприятия, вида сборочной площадки и многих других факторов.

Спущенное на воду судно подводят к достроечному пирсу, где завершают все монтажные и отделочные работы, готовят к сдаче заказчику.

Сдача судна заказчику. Для всесторонней проверки соответствия построенного судна техническому проекту проводят швартовные и

ходовые испытания. Головные суда промыслового флота заказчик принимает после эксплуатационных испытаний в виде опытно-промыслового рейса. Все испытания проводят по специально разработанным программам.

На *швартовных испытаниях* у достроечного пирса проверяют работу механизмов, устройств и систем как в отдельности, так и во взаимодействии, обеспечивают безопасность ходовых испытаний.

Ходовые испытания (выход в море) позволяют выявить и устранить обнаруженные дефекты. Во время этих испытаний контролируют все оборудование и системы судна при их работе на различных эксплуатационных режимах, проверяют соответствие тактико-технических данных техническому проекту. В состав ходовых испытаний головных промысловых судов входят испытания промыслового оборудования по прямому назначению, морозильных аппаратов и технологического комплекса на рыбе. После устранения замечаний по усмотрению Регистра СССР и заказчика иногда проводят контрольный выход в море, затем на судно выдают комплект отчетной документации, составляют приемосдаточный акт и передают судно заказчику.

Программа *опытно-промыслового рейса* включает мореходные, ледовые испытания (для судов с ледовыми усилениями), проверку работоспособности промыслового, холодильного и технологического оборудования в эксплуатационных условиях, соответствия технико-экономических показателей судна требованиям проекта. После устранения замечаний по опытно-промысловому рейсу приемосдаточный акт утверждает Минрыбхоз СССР.

На всех этапах постройки судна, вплоть до подписания приемосдаточного акта, узлы, механизмы, агрегаты, конструкции, устройства, системы и судно в целом, поднадзорные Регистру СССР, предъявляют для освидетельствования инспекторам Регистра.

Ремонт судов. В установленные нормативно-технической документацией сроки на судоремонтном предприятии проводят плановый текущий, средний, капитальный и гарантийный ремонты технических средств и судна в целом. *Текущий ремонт* предназначен для поддержания технико-эксплуатационных характеристик (ТЭХ) в заданных пределах. Производят замену и (или) восстановление отдельных быстроизнашивающихся элементов, очистку и окраску корпуса, небольшие корпусные работы. При *среднем ремонте* выполняют работы по восстановлению ТЭХ до заданных значений с заменой и (или) восстановлением элементов ограниченной номенклатуры. Заменяют некоторые листы наружной обшивки и элементы набора корпуса. *Капитальный ремонт* обеспечивает восстановление ТЭХ до значений, близких к построечным, с заменой и (или) восстановлением любых элементов, включая базовые (главные двигатели, валопровод и т. п.). После среднего и капитального ремонтов проводят приемосдаточные испытания в объеме, близком к испытаниям в период постройки судна. В течение гарантийного срока судоремонтное и судостроительное

предприятия проводят *гарантийный ремонт*. Исправное или работоспособное состояние отдельных элементов судна в период между плановыми ремонтами обеспечивает судовладелец путем *неплановых межрейсовых ремонтов*. Причины и последствия аварийных повреждений устраняют при *аварийных ремонтах*, а повреждений, вызванных стихийными бедствиями, — при *восстановительных ремонтах*. *Поддерживающий ремонт* обеспечивает поддержание ТЭХ в заданных пределах по усмотрению судовладельца в конце или непосредственно после окончания нормативного срока службы (в среднем 20—24 года).

Для улучшения ТЭХ судна (элемента судна), включая характеристики условий труда и быта экипажа, выполняют *модернизацию* — совокупность операций по изменению конструкции судна (элемента судна), а в целях изменения функционального назначения судна (элемента судна) — *переоборудование* — совокупность операций по изменению конструкции судна (элемента судна). Для очистки корпуса и проверки состояния движительно-рулевого комплекса проводят *доковые осмотры*.

По всем видам ремонта составляют ведомости нулевого этапа ремонта, ремонтных работ и доковых работ. Ведомости нулевого этапа и ремонтных работ содержат отдельные разделы по корпусной, механической, электрической, радионавигационной и производственно-технологической частям. Отдельную ведомость составляют на ремонтные работы, выполняемые экипажем судна. Последовательность перечня ремонтных работ соответствует Единой номенклатуре комплектов и узлов судна. Подготовкой ремонтной документации занимается администрация судна.

На нулевом этапе ремонта судоремонтное предприятие готовит необходимую базу для ремонта. Началом ремонта считают момент окончания приемки судна на ремонт судоремонтным предприятием, которое в течение первой трети планового срока ремонта производит уточняющую дефектацию и определяет окончательный объем и расчетный срок ремонта. Составляют технологический (сетевой) график ремонта судна — основной документ для организации и планирования ремонтных работ. Завершается ремонт приемкой судна судовладельцем и составлением соответствующего акта.

Одним из основных современных методов ремонта является *агрегатный ремонт*, при котором заменяют неисправные узлы, агрегаты, механизмы и т. п. новыми или снятыми при ремонте другого судна и заранее отремонтированными. При поточном методе ремонта работы выполняют на позициях специализированных рабочих мест в определенной технологической последовательности. Подробно вопросы ремонта судов рассматриваются в специальных предметах.

Борьба с коррозией и обрастанием корпуса судна. Под воздействием внешней среды корпус судна подвергается существенным разрушениям (коррозии), которые уменьшают его прочность, снижают скорость судна. Не меньшее влияние на уменьшение скорости судна

оказывает обрастание района переменной ватерлинии зелеными водорослями, а ближе к килю – животными обрастателями (в основном балянусами). Коррозия приводит к большим объемам корпусных ремонтных работ. Обрастание корпуса и коррозия требуют периодических докований для уменьшения шероховатости наружной обшивки.

Химическая коррозия (окисление) характерна для незащищенных надводных стальных конструкций. Более опасна электрохимическая коррозия, сущность которой состоит в следующем: при размещении в электролите двух элементов с разными электрическими потенциалами между ними начинает протекать электрический ток от элемента с более низким потенциалом (анода) к элементу с более высоким потенциалом (катоду). Процесс сопровождается разрушением („растворением") анода. Морская вода является электролитом, стальная наружная обшивка корпуса – анодом, а ее окалина, разнородные шлаковые и газовые включения, бронзовые гребные винты, втулки дейдвудных подшипников и др. – катодом. Наиболее интенсивно распространяется электрохимическая коррозия по наружной обшивке в районе переменной ватерлинии, у кормового подзора, в местах установки донной арматуры, в районе сварных швов. Усиленно корродируют якорные цепные ящики, льяла, двойное дно, ватервейс, настилы под деревянными покрытиями и у комингсов люков, прачечные, душевые и т. п.

Для защиты наружной обшивки от коррозии и обрастания применяют противообрастающие покрытия, которые можно разделить на четыре группы: обычные, долгосрочные, самовосстанавливающиеся и самополирующиеся. Обычные покрытия типа ХВ-53 работоспособны в течение 12–14 мес, долгосрочные – 16–24 мес, самовосстанавливающиеся – 2,5–5 лет, самополирующиеся покрытия (СПК), основанные на медленно растворяющихся в воде органических акриловых сополимерах (выделяющих при этом токсичные вещества) и образующие пленку повышенной гладкости, – до 30 мес. К самополирующимся относится покрытие „Хидрон", которое набухает, поглощая до 70–80 % воды от своей массы, и сглаживает поверхность.

В последние годы разработано много устройств ультразвуковой защиты от обрастания, заставляющих обшивку корпуса слабо вибрировать, что не позволяет морским организмам и водорослям прикрепляться к ее поверхности.

Для уменьшения коррозии цистерн в балластную воду и некоторые нефтепродукты добавляют специальные ингибиторы (замедлители), отдельные конструкции и узлы, трубопроводы выполняют из нержавеющей стали, поверхности определенных деталей оксидируют для образования прочной и плотной пленки окислов (обычно применяют фосфатирование). При протекторной защите к наружной обшивке корпуса на приварных шпильках крепят изготовленные из сплавов на алюминиевой основе протекторы, являющиеся по отношению к обшивке анодом. Радиус действия протекторов ограничен. Более

эффективна катодная защита, при которой в определенных районах наружной обшивки на изолированном стеклопластиком участке крепят железокремниевые или платинотитановые экраны. Положительный полюс судового источника постоянного тока подводят к экрану (анод), отрицательный – к корпусу судна (катод). Защиту многих деталей, трубопроводов от коррозии обеспечивают цинкованием, хромированием и т. п.

В последнее время получила распространение профилактическая и преддоковая очистка корпусов судов под водой. В первом случае удаляется только обрастание, а во втором – вместе с обрастанием снимается и старая краска.

Все известные в настоящее время способы очистки поверхностей представлены на рис. 1.37.

Сущность очистки с помощью механического очистного органа заключается в воздействии на очищаемую поверхность пучков стальных проволок, шарошек, пластинок, скребков, ударников, которые подвергают наслоения удару, срезанию, царапанию, рыхлению и частичному заглаживанию. Наиболее распространенными средствами механизации очистки на отечественных заводах являются агрегаты с механическим

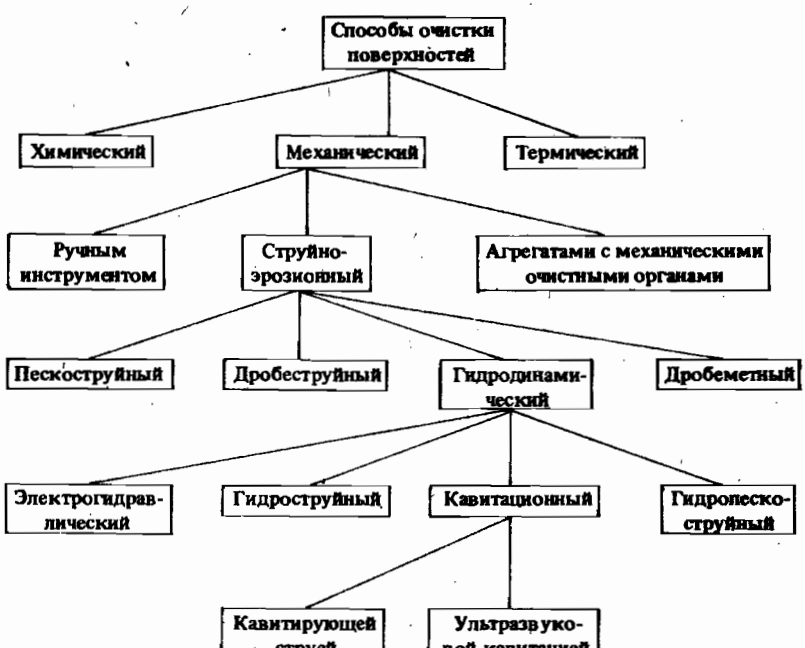


Рис. 1.37. Способы очистки поверхностей

рабочим органом в виде щеточных и шарошечных барабанов. Создание эффективных и надежных дробеструйных и дробеметных агрегатов с замкнутым циклом регенерации дроби требует серьезной конструкторско-технологической проработки. Получил распространение гидродинамический способ, использующий подаваемую под давлением воду в качестве средства очистки и повышающий качество очистки. Эффективность очистки повышается за счет совместного использования динамического и кавитационного воздействия высоконапорной затопленной струи воды на обрабатываемую поверхность. При истечении высоконапорной затопленной (при подводной очистке) струи из насадки со скоростью 32 м/с и более при давлении 0,6 МПа и более образуется кавитационная зона, заполненная выделившимися из жидкости в процессе ее расширения газами и парами. При схлопывании кавитационных пузырьков генерируется энергия, достаточная для разрушения окислов металлов, лакокрасочных покрытий и отложений, если обрабатываемая поверхность находится вблизи кавитационной зоны. Очистка поверхности происходит под воздействием гидравлических ударов, создаваемых струей, и ударных волн, возникающих при схлопывании пузырьков. Протяженность кавитационной зоны регулируется расходом воды. Испытания показали, что полная очистка подводной части корпуса судна за счет кавитационной эрозии при давлении струи 5,5 МПа аналогична такой же очистке обычной струей при давлении 70 МПа. Скорость очистки подводной части корпуса устройством, состоящим из щеточной машинки с кавитаторами, возросла в два раза по сравнению со скоростью очистки обычной щеточной машинкой.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику классификации судов по назначению, району плавания, типу главного двигателя, движителя и материалу корпуса.
2. Что означает: КМ★Л1[2]А2 рефрижераторное и КМ1Л3 рыболовное?
3. Дайте характеристику форм организации работы промыслового флота; способов добычи объектов морского промысла; архитектурно-компоновочного решения современных БМРТ, СРТМ, малых добывающих судов, ПБ, ТР.
4. Назовите потребители электроэнергии, имеющиеся на промысловых судах, и способы ее обеспечения; варианты компоновки ЭУ; потребители низких температур.
5. Назовите основные поперечные и продольные связи набора корпуса судна.
6. Дайте характеристику систем набора основных промысловых судов.
7. Дайте характеристику конструкций днища БМРТ; борта ТР; палубы ПБ.
8. Как обеспечивается водонепроницаемость судовых проходов и закрытий?
9. Дайте характеристику СЕ, применяемых при различных способах формирования корпуса судна; способов защиты судовых конструкций от коррозии; работ, выполняемых при различных видах ремонта судна.

СУДОВЫЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ

§ 9. Рулевое устройство

Рулевое устройство – совокупность механизмов, агрегатов и узлов, обеспечивающих управление судном. Основными конструктивными элементами любого рулевого устройства являются: рабочий орган – перо руля (руль) или поворотная направляющая насадка; баллер, соединяющий рабочий орган с рулевым приводом; рулевой привод, передающий усилие от рулевой машины к рабочему органу; рулевая машина, создающая усилие для поворота рабочего органа; привод управления, связывающий рулевую машину с постом управления.

На современных судах устанавливают пустотелые обтекаемые р у л и, состоящие из горизонтальных ребер и вертикальных диафрагм, покрытых стальной обшивкой (рис. 2.1,*а*). Обшивку крепят к раме электрозаклепками. Внутреннее пространство руля заполняют смолистыми веществами или самовспенивающимся пенополиуретаном ППУ-3С.

В зависимости от расположения оси вращения различают балансирные (рис. 2.1,*а, в*), небалансирные (рис. 2.1,*б*) и полубалансирные рули. Ось вращения *балансирного руля* проходит через перо руля, а *небалансирного* – совпадает с передней кромкой пера. У *полубалансирного руля* в нос от оси вращения выступает только нижняя часть пера. Момент сопротивления повороту балансирного или полубалансирного руля меньше, чем небалансирного, и соответственно меньше требуемая мощность рулевой машины. Принцип работы пера руля рассмотрен в § 37.

По способу крепления рули разделяют на подвесные и простые.

Подвесной руль крепят горизонтальным фланцевым соединением к баллеру и устанавливают только на малых и малых маломерных добывающих судах.

Простой одноопорный балансирный руль (см. рис. 2.1,*а*) штырем упирается в упорный стакан пятки ахтерштевня. Для уменьшения трения цилиндрическая часть штыря имеет бронзовую облицовку, а в пятку ахтерштевня вставлена бронзовая втулка. Соединение руля с баллером – горизонтальное фланцевое на шести болтах или конусное. При конусном соединении коническая концевая часть баллера вставляется в конусное отверстие верхней торцевой диафрагмы руля и плотно затягивается гайкой, доступ к которой обеспечивается через крышку, поставленную на винтах, входящих в обшивку руля. Изогнутый баллер

дает возможность раздельного демонтажа руля и баллера (при их взаимном развороте).

Простой двухопорный небалансирный руль (см. рис. 2.1, *б*) сверху закрыт листовой диафрагмой и литой головкой, имеющей фланец для соединения руля с баллером и петлю под верхнюю штыревую опору. В петлю рудерпоста вставляют бакаутовые, бронзовые или другие втулки.

Недостаточная жесткость нижней опоры балансирных рулей часто становится причиной вибрации кормы судна и руля. Этот недостаток отсутствует у *балансирного руля со съемным рудерпостом* (см. рис. 2.1, *в*). В перо такого руля вмонтирована труба, через которую проходит съемный рудерпост. Нижний конец рудерпоста

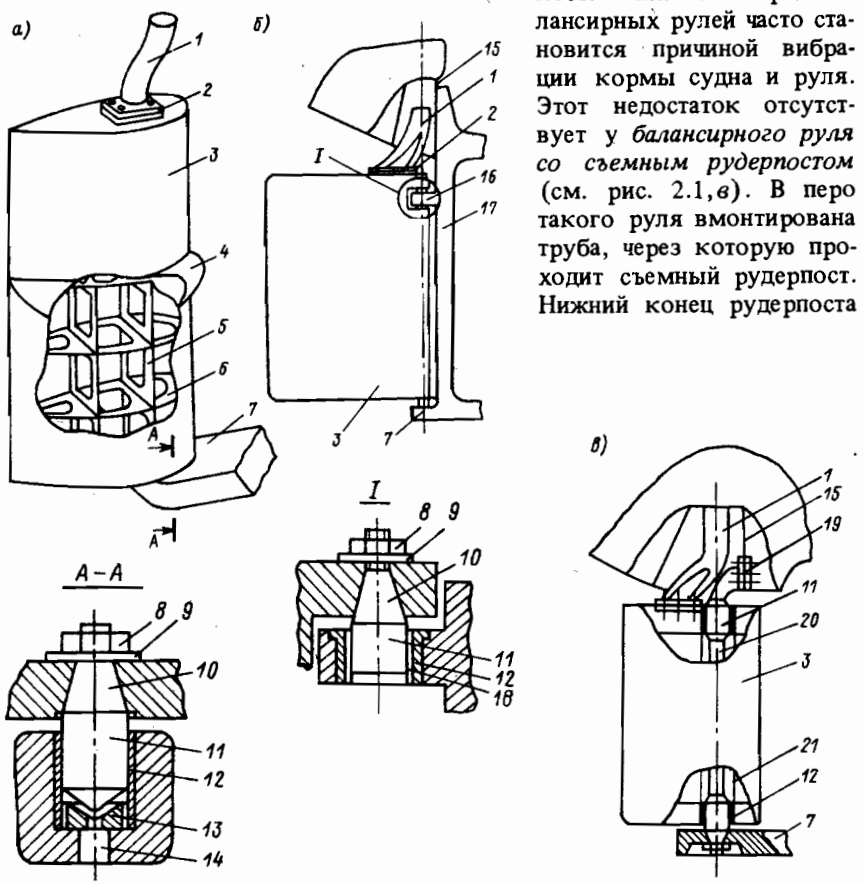


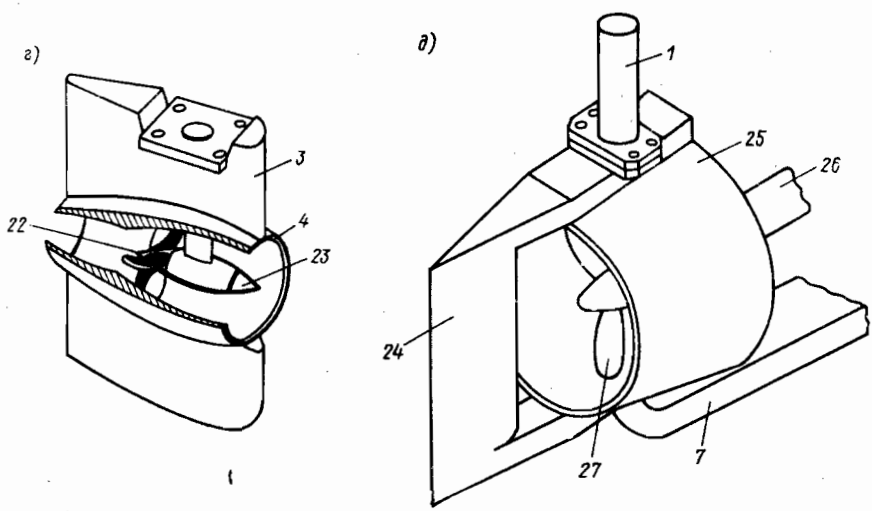
Рис. 2.1. Рабочие органы

а – руль одноопорный балансирный; *б* – руль двухопорный небалансирный; ная направляющая насадка со стабилизатором; *1* – баллер; *2* – фланец; *3* – обзонтальное ребро; *7* – пятка ахтерштевня; *8* – гайка; *9* – шайба; *10* – рулевой *13* – упорный стакан; *14* – канал для демонтажа упорного стакана; *15* – гельмрудерпоста; *20* – съемный рудерпост; *21* – вертикальная труба; *22* – гребной направляющая иасадка; *26* –

закрепляют конусом в пятке ахтерштевня, а верхний крепят фланцем к ахтерштевню. Внутри трубы устанавливают подшипники. Рудерпост в местах прохождения через подшипники имеет бронзовую облицовку. Крепление руля к баллеру – фланцевое.

В пере *активного руля* (рис. 2.1,*г*) помещен вспомогательный гребной винт. При перекладке руля направление упора вспомогательного винта изменяется и возникает дополнительный момент, поворачивающий судно. Направление вращения вспомогательного винта противоположно направлению вращения основного. Электродвигатель размещается в пере руля или в румпельном отделении. В последнем случае электродвигатель непосредственно соединен с вертикальным валом, передающим вращение редуктору движителя. Винт активного руля может обеспечить судну скорость до 5 уз.

На многих судах промыслового флота вместо руля устанавливают поворотную направляющую насадку (рис. 2.1,*д*), которая создает такую же, как и руль, боковую силу при меньших углах перекладки. Причем момент на баллере насадки примерно в два раза меньше момента на баллере руля. Для обеспечения устойчивого положения насадки при перекладках и увеличения ее рулевого действия к хвостовой части насадки в плоскости оси баллера крепят ста-



рулевых устройств:

в – руль балансирный со съемным рудерпостом; *г* – активный руль; *д* – поворотшивка пера руля; *4* – наделка-обтекатель; *5* – вертикальная диафрагма; *6* – гориштырь; *11* – бронзовая облицовка штыря; *12* – бронзовая втулка (подшипник); портовая труба; *16* – петля рудерпоста; *17* – рудерпост; *18* – бакаут; *19* – фланец винт руля; *23* – редуктор с обтекателем; *24* – стабилизатор; *25* – поворотная гребной вал; *27* – гребной винт

билизатор. Конструкция и крепление насадки аналогичны конструкции и креплению балансирного руля.

Баллер – изогнутый или прямой стальной цилиндрический брус, выведенный через гельмпортовую трубу в румпельное отделение. Соединение гельмпортовой трубы с наружной обшивкой и настилом палубы – водонепроницаемое. В верхней части трубы устанавливают уплотнительный сальник и подшипники баллера, которые могут быть опорными и упорными.

Рулевое устройство должно иметь приводы: главный и вспомогательный, а при их расположении ниже грузовой ватерлинии дополни-

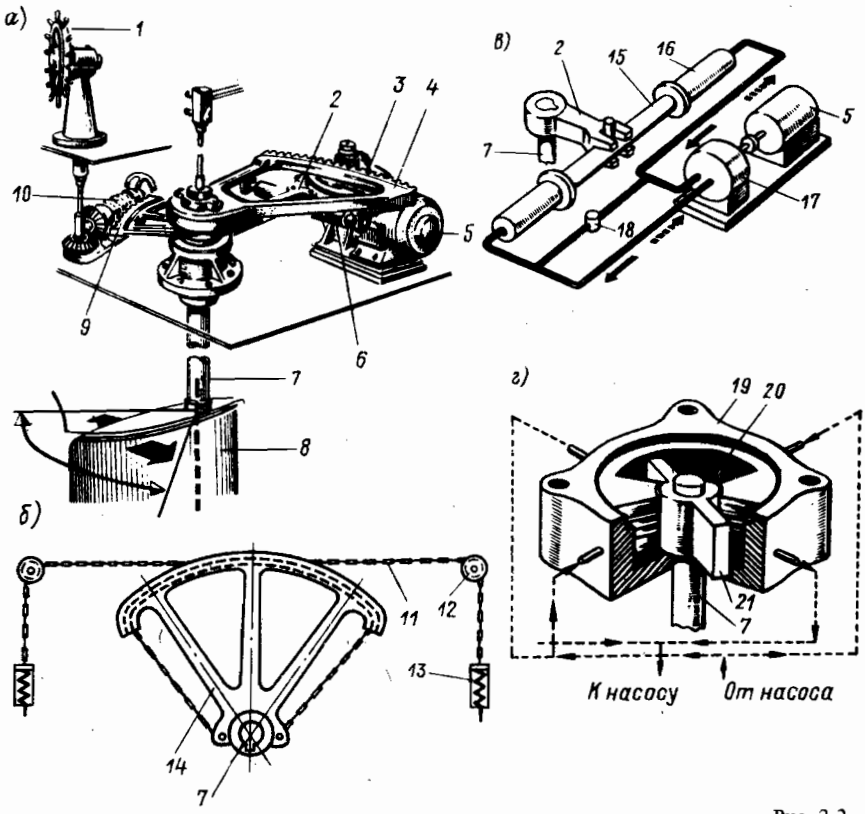


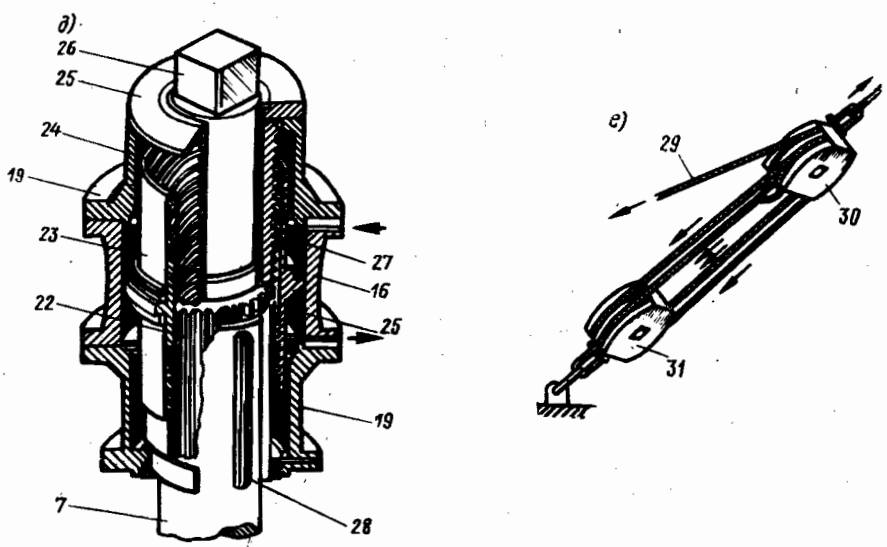
Рис. 2.2.

а – секторно-зубчатый; *б* – штуртросовый; *в* – гидравлический плунжерный; *1* – штурвал и рулевая колонка вспомогательного привода; *2* – румпель; *3* – чер- *6* – пружинный амортизатор; *7* – баллер; *8* – балансирный руль; *9* – зубчатый щие роульсы; *13* – буферные пружины; *14* – сектор; *15* – поршень-плунжер; *20* – секторовидная камера; *21* – крылатка с лопастями; *22* – стакан с продоль- *25* – крышка; *26* – квадратная головка; *27* – рабочая полость цилиндра; *28* – неподвиж-

тельный аварийный, размещенный выше палубы переборок. Вместо вспомогательного привода допускается установка сдвоенного главного, состоящего из двух автономных агрегатов. Все приводы должны действовать независимо друг от друга, но, как исключение, допускается наличие у них некоторых общих деталей. Главный привод должен работать от источников энергии, вспомогательный может быть ручным.

Конструкция привода руля зависит от типа рулевой машины. На судах промыслового флота устанавливают *электрические* и *электрогидравлические рулевые машины*. Первые выполняют в виде электродвигателя постоянного тока, вторые – в виде комплекса электродвигатель – насос в сочетании с плунжерным, лопастным или винтовым гидравлическим приводом. *Ручные рулевые машины* в сочетании с штуртросовым, валиковым или гидравлическим рулевым приводом встречаются только на малых и маломерных добывающих судах.

На многих мало- и среднетоннажных судах устанавливают *секторно-зубчатый рулевой привод* (рис. 2.2, *а*). При работе электродвигателя свободно насаженный на баллер зубчатый сектор через



Приводы руля:

г – гидравлический лопастный; *д* – гидравлический винтовой; *е* – румпель-таль; вячный редуктор; *4* – зубчатый сектор главного привода; *5* – электродвигатель; сектор вспомогательного привода; *10* – червяк; *11* – штуртрос; *12* – направляю- *16* – гидроцилиндр; *17* – насос; *18* – предохранительный клапан; *19* – корпус; ными канавками; *23* – кольцевой поршень; *24* – стакан с винтовыми канавками; шпоночная канавка; *29* – ходовой конец лопаря; *30* – подвижный блок; *31* – ный блок

пружинные амортизаторы передает усилие жестко закрепленному на баллере продольному румпелю. Амортизаторы смягчают толчки, возникающие при пуске электродвигателя или при ударах волн о перо руля. Червячный редуктор обеспечивает самоторможение привода. В качестве вспомогательного привода предусмотрен дополнительный жестко насаженный на баллер зубчатый сектор. Работу сектора обеспечивает ручная штурвальная колонка через валиковую проводку и дополнительный червячный редуктор.

На маломерных добывающих судах применяют *секторный штуртросовый привод* (рис. 2.2,*б*). Усилие рулевой машины через штуртрос передается жестко насаженному на баллер сектору. Штуртрос выполняют из стального троса с участком цепи Галля в средней части или целиком из цепи. Обе ветви штуртроса от сектора через направляющие роульсы идут к звездочке или барабану рулевой машины. В последнем варианте при вращении барабана одна ветвь стального троса выбирается, а другая – потравливается. Слабину штуртроса выбирают винтовыми талрепами, толчки смягчаются буферными пружинами.

Наибольшее распространение на промысловом флоте получили *гидравлические рулевые приводы:* плунжерный, лопастный, винтовой.

Насос гидравлического плунжерного привода (рис. 2.2,*в*) при работе электродвигателя перекачивает рабочую жидкость из одного гидроцилиндра в другой, что приводит к перемещению шарнирно соединенного с жестко насаженным на баллер румпелем плунжера и повороту баллера. При ударе волны о перо руля давление в одном из гидроцилиндров возрастает и предохранительный клапан перепускает часть рабочей жидкости в другой цилиндр, амортизируя удар. Специальное устройство обеспечивает автоматический возврат пера руля в первоначальное положение после спада давления в гидроцилиндре. На многих судах установлены сдвоенные плунжерные гидравлические рулевые приводы. Параллельно работающие две пары гидроцилиндров и два насоса обеспечивают возможность перекладки руля любой парой гидронасосов. В этом случае на судне может отсутствовать вспомогательный привод руля.

Румпель гидравлического лопастного рулевого привода, выполненный в виде крылатки с лопастями, находится в закрытом цилиндрическом корпусе, разделенном неподвижными перегородками на несколько рабочих камер, заполненных рабочей жидкостью (на рис. 2.2,*г* две камеры). Зазоры между лопастями и корпусом, неподвижными перегородками и баллером уплотняются. При перекачке рабочей жидкости из одних полостей камер в другие создается разность давлений, вызывающая поворот румпеля и баллера.

Винтовой гидравлический привод (рис. 2.2,*д*) состоит из неподвижного корпуса, средняя часть которого выполняет роль цилиндра. В цилиндр помещен кольцевой поршень: его внутренняя поверхность

имеет в верхней части винтовые, а в нижней – продольные канавки. На головку баллера жестко надет стакан с продольными канавками. Другой стакан с винтовыми канавками неподвижно прикреплен к крышке корпуса. При подаче жидкости в рабочую полость цилиндра поршень получает поступательное движение, перемещаясь по винтовым канавкам неподвижного стакана, поворачивается и через стакан с продольными канавками поворачивает баллер.

Кроме перечисленных на промысловых судах изредка встречаются рулевые приводы других типов, в основном в качестве вспомогательных или аварийных. В исключительных аварийных ситуациях могут быть применены две *румпель-тали.* Таль – это два блока, между которыми натянут трос (лопарь, рис. 2.2, *е*). Конец лопаря, за который производят тягу, называют ходовым, а закрепленный конец – коренным. Блок состоит из корпуса, внутри которого находятся один или несколько шкивов, вращающихся на оси (нагеле). Тали могут быть различной конструкции. Наиболее простым видом тали является гордень – неподвижный одношкивный блок, позволяющий изменить направление тяги (направляющий блок). Гордень не дает выигрыша в усилии. Другой вид – *хват-тали* – это двух- и одношкивные блоки, причем коренной конец лопаря закреплен на одношкивном блоке. Тали, состоящие из блоков с одинаковым числом шкивов, называют гинцами, а из блоков с числом шкивов более трех в каждом блоке – гинями. При работе тали во всех ветвях лопаря возникает усилие, равное усилию, приложенному к ходовому концу, поэтому общее усилие, передаваемое талью, равно сумме усилий в ветвях подвижного блока, включая усилие и в ходовом конце, если он сходит с этого блока. Один блок тали скобой крепят к предусмотренному в шпангоуте отверстию, другой – к сектору или румпелю. Ходовые лопари через систему направляющих блоков выводят к ближайшей лебедке. Принцип работы аналогичен работе штуртросового привода.

Дистанционное управление рулевой машиной из рулевой рубки обеспечивают телединамические передачи, называемые рулевыми телепередачами или рулевыми телемоторами. На современных промысловых судах нашли применение гидравлические и электрические рулевые телепередачи. Часто они дублируются или комбинируются в электрогидравлические.

Электрическая телепередача состоит из специального контроллера, расположенного в рулевой тумбе и связанного электрической системой с пусковым устройством рулевой машины. Управление контроллером осуществляется с помощью штурвала, рукоятки или кнопки.

Гидравлическая телепередача состоит из ручного насоса, приводимого в работу штурвалом, и системы трубок, связывающих насос с пусковым устройством рулевой машины. Рабочей жидкостью системы служат незамерзающая смесь воды с глицерином или минеральное масло.

Управление главным и вспомогательным рулевыми приводами (работающими от источника энергии) – независимо и производится с ходового мостика, а также из румпельного отделения. Время перехода с главного на вспомогательный привод не должно превышать 2 мин. При наличии постов управления главным рулевым приводом в рулевой и промысловой рубках выход из строя системы управления с одного поста не должен препятствовать управлению с другого поста. Время перекладки полностью погруженного руля или поворотной насадки главным приводом (при наибольшей скорости переднего хода) с 35° одного борта на 30° другого не должно превышать 28 с, вспомогательным (при скорости, равной половине наибольшей скорости переднего хода или 7 уз, в зависимости от того, какое значение больше) с 15° одного борта на 15° другого – 60 с, аварийным (при скорости не менее 4 уз) не ограничивается.

Угол перекладки руля определяют по установленному у каждого поста управления аксиометру. Кроме того, на секторе рулевого привода или других деталях, жестко связанных с баллером, наносят шкалу для определения действительного положения руля. Автоматическую согласованность между скоростью, направлением вращения и положением штурвала и скоростью, стороной и углом перекладки руля обеспечивает сервомотор.

Ограничители перекладки руля выполняют в виде выступов на пере руля и ахтерштевне, которые упираются друг в друга при максимально допускаемом угле перекладки руля, или в виде книц, приваренных к палубе, в которые упирается сектор привода руля. Все механические рулевые приводы дополнительно имеют конечные выключатели, отключающие механизмы прежде, чем руль дойдет до ограничителя поворота. В гидравлическом плунжерном приводе ограничителем поворота руля служат донышки гидроцилиндров привода.

Тормоз (стопор) руля предназначен для удержания руля при аварийном ремонте или при переходе с одного привода на другой. Наиболее часто применяют ленточный стопор, зажимающий непосредственно баллер руля. Секторные приводы имеют колодочные стопоры, в которых тормозная колодка прижимается к специальной дуге на секторе. В гидравлических приводах роль стопора выполняют клапаны, перекрывающие доступ рабочей жидкости к приводам.

Удержание судна на заданном курсе при благоприятных погодных условиях без участия рулевого обеспечивает *авторулевой*, принцип работы которого основан на применении гирокомпаса или магнитного компаса. Органы обычного управления связаны с авторулевым. Когда судно ложится на заданный курс, руль по аксиометру устанавливают в нулевое положение и включают авторулевой. Если под действием ветра, волнения или течения судно отклоняется от заданного курса, электродвигатель системы, получив импульс от датчика компаса, обеспечивает возвращение судна на заданный курс. При изменении курса или маневрировании авторулевой отключают и переходят на обычное рулевое управление.

§ 10. Якорное устройство

Якорное устройство предназначено для удержания судна на месте во время стоянки вне береговых причалов, для снятия судна с мели, для быстрого гашения инерции движущегося судна, при маневрировании в стесненных условиях и т. п. Основными элементами устройства (рис. 2.3) являются: якорь, якорная цепь, стопоры, якорные механизмы, командоконтроллер, якорные клюзы, цепной ящик, устройство для крепления и отдачи коренного конца якорной цепи, цепные трубы, крышки якорных клюзов. Устройство располагают на палубе бака. Некоторые крупнотоннажные суда (ПБ, ТР и др.), выполняющие морские грузовые операции, оборудуют дополнительным устройством, расположенным на юте, а для глубоководных якорных стоянок — на баке.

По назначению якоря подразделяют на становые (основные) и вспомогательные. Самый большой из вспомогательных якорей называют стоп-анкером. Он обычно входит в состав кормового якорного устройства. Назначение стоп-анкера — удержание стоящего на становом якоре судна в определенном положении и т. п.

По конструкции судовые якоря делят на якоря со штоком и без штока с поворотными лапами. Они могут быть кованого, литого или сварного исполнения.

Адмиралтейский якорь (рис. 2.4,*а*) состоит из веретена, поперечное сечение которого имеет прямоугольную, круглую или овальную форму, заканчивающегося утолщением (трендом) с рогами и лапами. Сквозь отверстие в верхней части веретена проходит шток, загнутый на одном конце, что позволяет убирать его вдоль веретена (по-походному). Шток имеет упорное кольцо и прямоугольное отверстие, в которое вкладывается чека для удержания штока в рабочем положении. К верхней части веретена крепится якорная скоба для соединения якоря с якорной цепью. Якорь падает на грунт наиболее тяжелой и прочной частью (пяткой). При натяжении цепи шток переворачивает якорь, ложится на грунт и одна лапа зарывается. Обеспечивая большую держащую силу (6—8 весов якоря), якорь тем не менее имеет ряд существенных недостатков: на малых глубинах вторая лапа может повредить корпус судна и проходящих судов; возможно наматывание цепи на лапу; шток не позволяет втянуть веретено в клюз и поэтому якорь хранят на палубе. К группе адмиралтейских относятся якоря Тротмана, Мартина и др.

Якорь Холла (рис. 2.4,*б*) состоит из веретена и коробки (тренда), отлитой вместе с лапами. В тренде имеется сквозное отверстие, через которое проходит веретено. Валик веретена упирается в гнезда. С другой стороны опорами для валика являются две стопорные шпильки, которые устанавливают после постановки веретена. Якорь падает плашмя. При волочении по грунту приливы вызывают поворот коробки, лапы разворачиваются на угол до 45° и зарываются в грунт. Неоди-

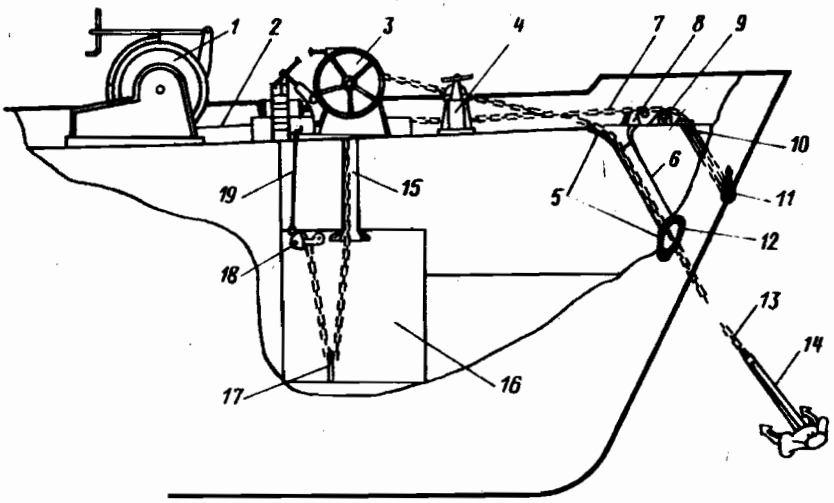


Рис. 2.3. Якорное устройство:

1, 2, 7, 8, 9, 10 – соответственно лебедка, трос, цепная смычка, стопор, шкив троса и клюз глубоководного (дополнительного) якоря; *3, 4, 12, 13* – соответственно брашпиль, стопор, бортовой якорный клюз и якорная цепь станового якоря; *5, 6* – соответственно раструб и труба бортового якорного клюза; *11* – глубоководный якорь; *14* – становой якорь; *15* – клюзная труба цепного ящика; *16* – цепной ящик; *17* – обух; *18* – устройство крепления и отдачи коренного конца цепи; *19* – тяга дистанционной отдачи цепи

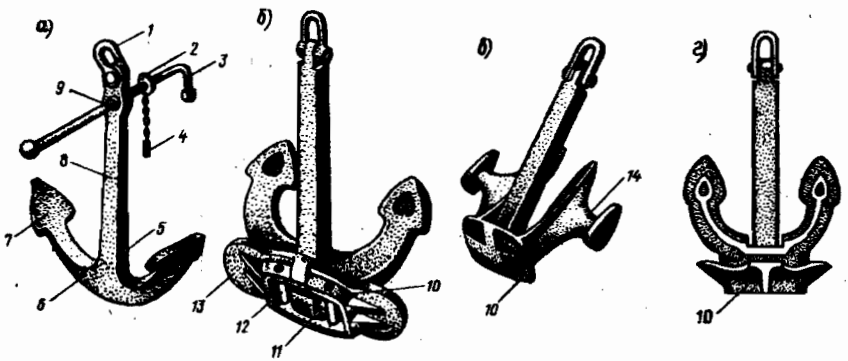


Рис. 2.4. Якоря различных типов:

а – адмиралтейский; *б* – Холла; *в* – Матросова; *г* – Грузона; *1* – якорная скоба; *2* – упорное кольцо; *3* – шток; *4* – чека; *5* – тренд; *6* – рога; *7* – лапы; *8* – веретено; *9* – прямоугольное отверстие; *10* – коробка; *11* – валик веретена; *12* – стопорные шпильки; *13* – прилив; *14* – шток с фланцем

наковое сопротивление лапам (при зарывании в грунт) приводит к возникновению момента, стремящегося вывернуть якорь из грунта. Такое же явление происходит при изменении направления натяжения якорной цепи под воздействием на судно ветра, волнения или течения. Поэтому держащая сила якоря Холла (3–4 веса якоря) меньше, чем штоковых. Этот недостаток компенсируют, увеличивая длину вытравливаемой якорной цепи. Якорь лишен недостатков штоковых якорей и нашел повсеместное применение на промысловом флоте.

Якорь Матросова (рис. 2.4,*в*) отличается от якоря Холла более близким расположением лап к веретену, что уменьшает момент, выворачивающий якорь из грунта, и увеличивает держащую силу (6–12 весов якоря). Шток с фланцами обеспечивает правильное положение якоря при волочении по грунту и предохраняет якорь от опрокидывания. Форма сечения лап приближается к треугольной.

Якорь Грузона (рис. 2.4,*г*) имеет другую конструкцию соединения веретена с коробкой, иную форму лап и тренда, чем у якоря Холла, но держащая сила примерно такая же.

Встречается много якорей прочих типов: для постановки плавучего навигационного ограждения, плавучих маяков, доков и для других целей.

Правила дают рекомендации по расчету требуемой массы станового якоря и допускают применение в качестве становых якорей и стопанкеров якорей Холла, Грузона и адмиралтейского. Снабжение судов якорями других типов является предметом специального рассмотрения Регистром. Суда с категориями усилений УЛА и УЛ имеют дополнительный ледовый якорь.

Якорная цепь комплектуется из деталей по ГОСТ 228–65 в соответствии с ГОСТ 6345–65. Цепь состоит из смычек длиной от 25,0 до 27,5 м, которые подразделяют на якорную (крепится к якорю), коренную (крепится в цепном ящике) и промежуточные. Смычка состоит из звеньев, которые при калибре цепи (диаметре прутка) 15 мм и более имеют контрфорсы (распорки). Предотвращение закручивания цепи и выворачивания якоря из грунта при стоянке судна на якоре обеспечивает вертлюг (рис. 2.5,*а*), включаемый в якорную смычку у якоря. Смычки соединяются соединительными звеньями (рис. 2.5,*б*, в). Чтобы соединительные звенья, имеющие несколько большую толщину, проходили через звездочку якорного механизма плашмя, смычки имеют нечетное число звеньев. Цепь маркируется в местах соединения смычек: количество звеньев на каждой смычке, соответствующее номеру смычки, окрашивают в белый цвет и на их контрфорсы накладывают шлаги из отожженной проволоки. Маркировка повторяется через каждые пять смычек: маркировка шестой смычки аналогична первой. Общая длина двух якорных цепей судов неограниченного района плавания должна быть не менее 200 м, ограниченного – 100 м. При нечетном числе промежуточных смычек цепь ПБ должна иметь на одну промежуточную смычку больше, чем цепь ЛБ.

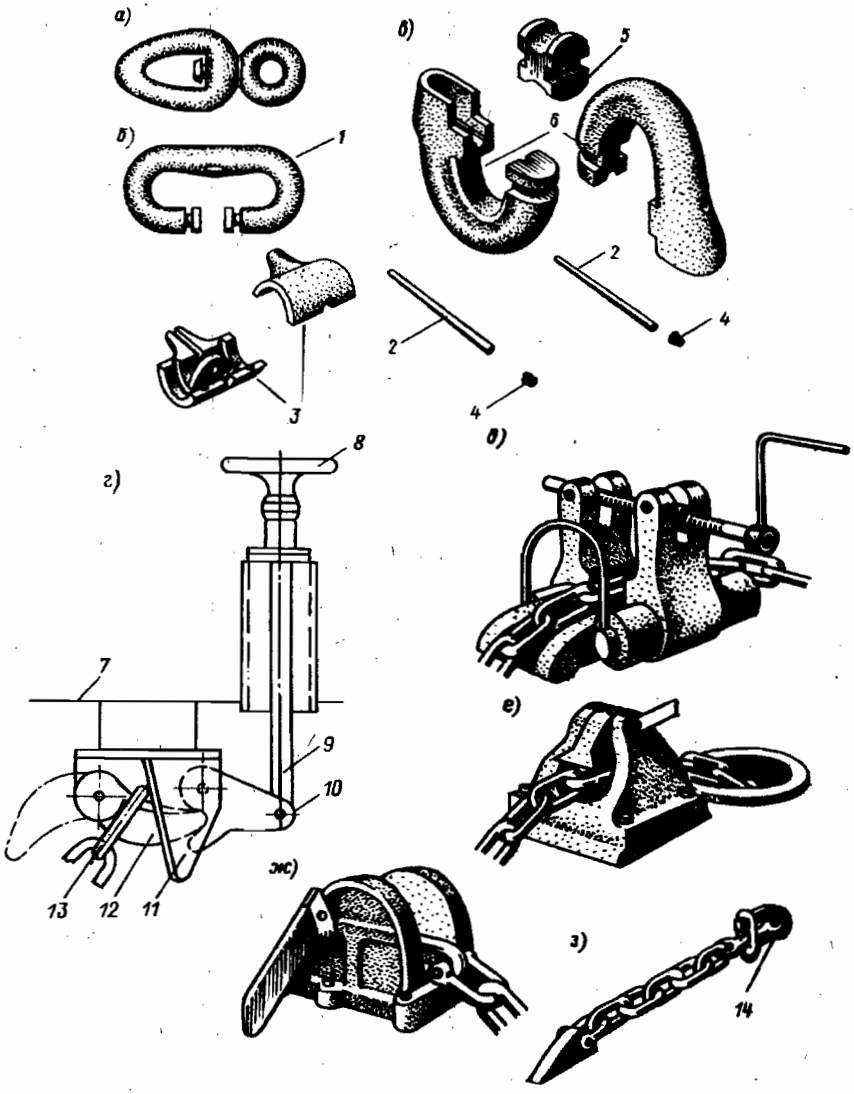


Рис. 2.5. Элементы якорного устройства:

а – вертлюг: *б* – соединительное звено (ГОСТ 6348–52); *в* – соединительное звено Кентера; *г* – крепление коренного конца якорной цепи; *д – з* – стопоры якорной цепи: винтовой (*д*); маятниковой (*е*); закладной (*ж*); цепной (*з*); *1* – скоба соединительного звена; *2* – шпилька; *3* – щеки; *4* – пробка; *5* – съемный контрфорс; *6* – скобы Кентера; *7* – палуба бака; *8* – маховик; *9* – тяга; *10* – угловой рычаг; *11* – корпус; *12* – откидной гак; *13* – коренное звено коренной смычки; *14* – глаголь-гак

Якорную смычку соединяют с якорной скобой при помощи концевой скобы, штырь которой закладывают в якорную скобу. Коренную смычку на малых и старых судах соединяют при помощи глаголь-гака с закрепленным за обух в цепном ящике скобой коротким участком цепи (жвака-галсом). При полностью вытравленной цепи глаголь-гак выступает над палубой и обеспечивает при необходимости быстрое отсоединение цепи. На современных судах вместо жвака-галса устанавливают специальное устройство, состоящее из захватывающего механизма и механизма отдачи. Устройство может быть двух типов: с угловым рычагом (рис. 2.5,*г*) и с прямым рычагом. При вращении расположенного на палубе маховика рычаг освобождает откидной гак, и гак выходит из коренного звена смычки.

Стопоры предназначены для крепления якорной цепи и якоря по-походному. Наиболее часто между якорем и якорным механизмом устанавливают стопоры винтовые или с закладным палом. При вращении рукоятки шпинделя *винтового стопора* (рис. 2.5, д) колодки обжимаются и зажимают якорную цепь, одновременно прижимая ее к основанию стопора. Защитная дуга предохраняет резьбу шпинделя при быстром вытравливании якорной цепи. На современных судах обжатие колодок стопора может осуществляться и дистанционно из рубки, для чего используют электродвигатель при частично измененной конструкции стопора. Стопорение цепи при помощи *стопора с закладным палом* (рис. 2.5,*ж*) обеспечивает закладываемый в пазы стопора между вертикальными звеньями цепи металлический брусок (пал). При калибре цепи до 72 мм устанавливают винтовой стопор, свыше 72 мм – стопор с закладным палом. При протравливании цепи поворотный пал *маятникового стопора* (рис. 2.5,*е*) прижимает ее к основанию стопора.

Для плотного втягивания якоря в клюз и предотвращения его смещения при качке судна служит *цепной стопор* (рис. 2.5,*з*), прикрепленный к обуху на палубе. При помощи глаголь-гака или другого приспособления стопор крепят к якорной цепи и обтягивают талрепом (на рисунке не показан). Иногда стопор проводят через коренную скобу якорной смычки либо через звено цепи и крепят оба его конца к обухам на палубе.

Ленточный стопор (рис. 2.6,*а*) обеспечивает удержание якорной цепи после расстопорения всех остальных стопоров, а также регулирует скорость ее потравливания. Стопор состоит из обшитой фрикционной прокладкой с внутренней стороны стальной ленты, охватывающей тормозной диск звездочки якорного механизма. Лента стягивается винтовым приводом вручную, на современных судах – дистанционно (из рубки)

Якорные механизмы – брашпили, шпили, лебедки, якорные приставки, применяемые на промысловых судах, могут быть с паровым (на судах с паросиловой ЭУ), электрическим и электрогидравлическим приводом.

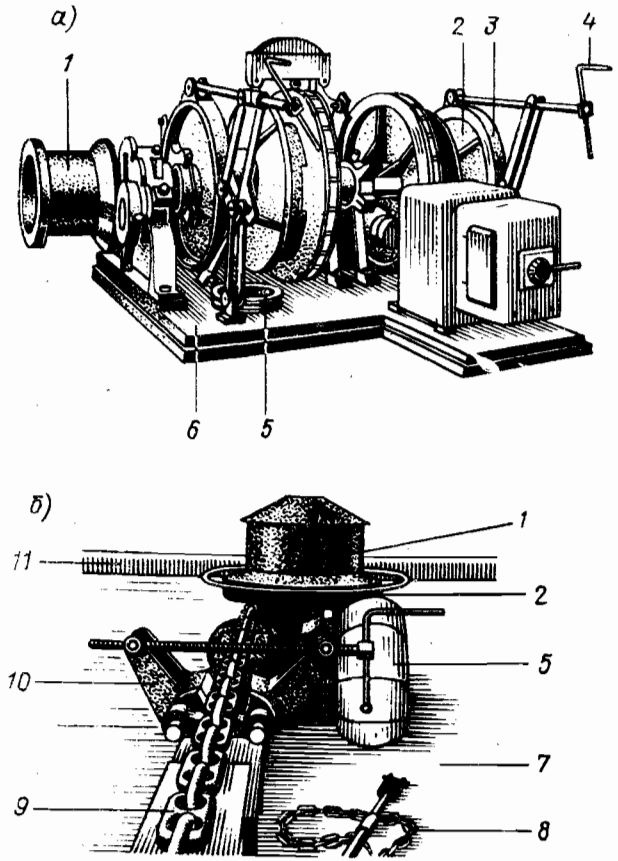


Рис. 2.6. Якорные механизмы:

а – брашпиль; *б* – шпиль; *1* – турачка; *2* – якорная звездочка; *3* – ленточный стопор; *4* – привод ленточного стопора; *5* – клюз; *6* – станина; *7* – палуба бака; *8* – цепной стопор; *9* – якорная цепь; *10* – винтовой стопор; *11* – козырек

При калибре цепи до 92 мм и отсутствии препятствий со стороны носовой бульбовой наделки устанавливают *брашпиль* (см. рис. 2.6,*а*). Свободно насаженные на главный вал брашпиля две якорные звездочки могут соединяться с ним при помощи кулачковых или фрикционных муфт. Муфты скользят вдоль вала по связывающим их с валом шпонкам и соединяются с якорными звездочками только при выбирании якорной цепи. В остальных случаях звездочки и муфты разъединены, что позволяет использовать жестко насаженные на концах

вала барабаны (турачки) для швартовных, промысловых и грузовых операций. Работу брашпиля обеспечивает электродвигатель через редуктор. При дистанционном управлении брашпилем из рубки местный пост управления (командоконтроллер) сохраняют, но в конструкцию брашпиля дополнительно вводят электрический привод управления ленточным стопором, электрический или гидравлический привод управления муфтами сцепления звездочек, счетчик длины вытравленной цепи. Дистанционное управление стопоров крепления якоря по-походному блокируется с дистанционным управлением брашпилем.

Шпиль (рис. 2.6,*б*) в отличие от брашпиля имеет вертикальный вал (баллер), что дает возможность разместить привод шпиля, обычно электрический, под палубой бака. На верхний конец баллера, выходящий на открытую палубу, жестко насажена турачка, ниже которой свободно надета якорная звездочка с тормозным барабаном ленточного стопора. Звездочка с баллером соединяется муфтой. На палубе в корму от шпилей размещают защитное ограждение (козырек), за которым расположен пост управления. Шпили устанавливают при калибре якорной цепи свыше 82 мм, а также при наличии у судна бульбообразной носовой наделки.

На крупнотоннажных судах применяют *якорно-швартовные лебедки* с гидравлическим приводом и дистанционным управлением. Такие лебедки компонуют из автоматических швартовных лебедок и одноякорных брашпилей (полубрашпилей). Лебедка одновременно является приводом для брашпиля.

В случаях установки якорного механизма с несамотормозящейся передачей предусматривают автоматическое тормозное устройство, срабатывающее при исчезновении приводной энергии или выходе привода из строя.

Приводной двигатель якорного механизма должен обеспечивать: выбирание одной якорной цепи вместе с якорем в течение не менее 30 мин со скоростью не менее 0,15 м/с, а при подходе якоря к клюзу — не более 0,17 м/с (рекомендуется не более 0,12 м/с); одновременную выборку двух якорей с глубины, равной половине расчетной.

Палубные и бортовые якорные клюзы состоят из клюзовой трубы и стальных литых раструбов. Толщина стенки трубы клюза должна быть не менее 0,4 калибра цепи. На многих судах бортовые якорные клюзы со стороны борта имеют нишу для предотвращения выступания лап якоря за пределы обводов корпуса. В сочетании с якорным шпилем применяют угловой палубный клюз, брашпилем — специальный клюз, являющийся частью брашпиля (см. рис. 2.6,*б*).

Предотвращение заливания палубы через бортовой якорный клюз обеспечивают крышки якорных клюзов.

В районе работающего якорного устройства должны находиться только лица, обслуживающие устройство. Запрещается разобщать

якорные звездочки и отдавать стопоры, не проверив обжатие ленточного стопора, а при запуске в работу якорного механизма следует убедиться, что цепная звездочка разобщена (кроме случаев выбирания якорной цепи).

§ 11. Грузовое устройство

Грузовое устройство – совокупность механизмов, узлов, деталей и оснастки, предназначенных для погрузки, выгрузки, перемещения грузов и продуктов морского промысла, а также для вспомогательных операций с орудиями лова. К основным грузовым устройствам промысловых судов относят грузовое устройство со стрелами, краны и подъемники (кран-балки, тельферы, тали, гордени). Кроме того, находят применение транспортеры (стационарные и переносные), элеваторы, лотки, рольганги. На многих промысловых судах установлены специальные спускоподъемные устройства.

Грузовое устройство со стрелами (рис. 2.7) – основной вид грузового устройства промысловых судов – состоит из грузовых стрел, закрепленных на мачтах или прочных судовых конструкциях, тросовой оснастки (такелажа) и лебедок.

Мачта – это пустотелая конструкция с поперечным сечением круглой, прямоугольной или другой формы, обычно заканчивающаяся салингом, на котором устанавливают стеньгу с небольшим плоским диском (клотиком). Мачты подразделяют на одиночные, Л-образные, портальные, П-образные и грузовые колонны. При наличии на судне трех мачт носовую называют фок-мачтой, среднюю – грот-мачтой, кормовую – бизань-мачтой. Мачта проходит через отверстие в верхней палубе (пяртнерс) и приварена к настилу нижней палубы или второго дна (степс). В местах прохода мачты сквозь палубы обеспечивается необходимая местная прочность корпуса судна. Иногда мачты и стеньгу дополнительно раскрепляют при помощи стоячего такелажа из жесткого стального троса. Трос, раскрепляющий мачту и стеньгу со стороны борта, называют вантами, со стороны носовой оконечности судна – штагом. Трос, раскрепляющий мачту со стороны кормовой оконечности судна, именуют бак-штагом, а стеньгу – фордуном (например, трос, раскрепляющий стеньгу второй мачты со стороны кормы, – это грот-стень-фордун). Крепление *стоячего такелажа* к палубе показано на рис. 2.8,*а*. В большинстве случаев стоячий такелаж на промысловых судах отсутствует.

На современных добывающих судах обычно устанавливают портальные мачты (см. рис. 1.1–1.7 и 2.7,*а*), отличающиеся от Л-образных более низким расположением траверсы (переходной площадки), к которой крепят силовые блоки для работы с орудиями лова и других вспомогательных целей. П-образные мачты состоят из двух отдельных мачт, соединенных вверху траверсой. Такие мачты обеспечивают срав-

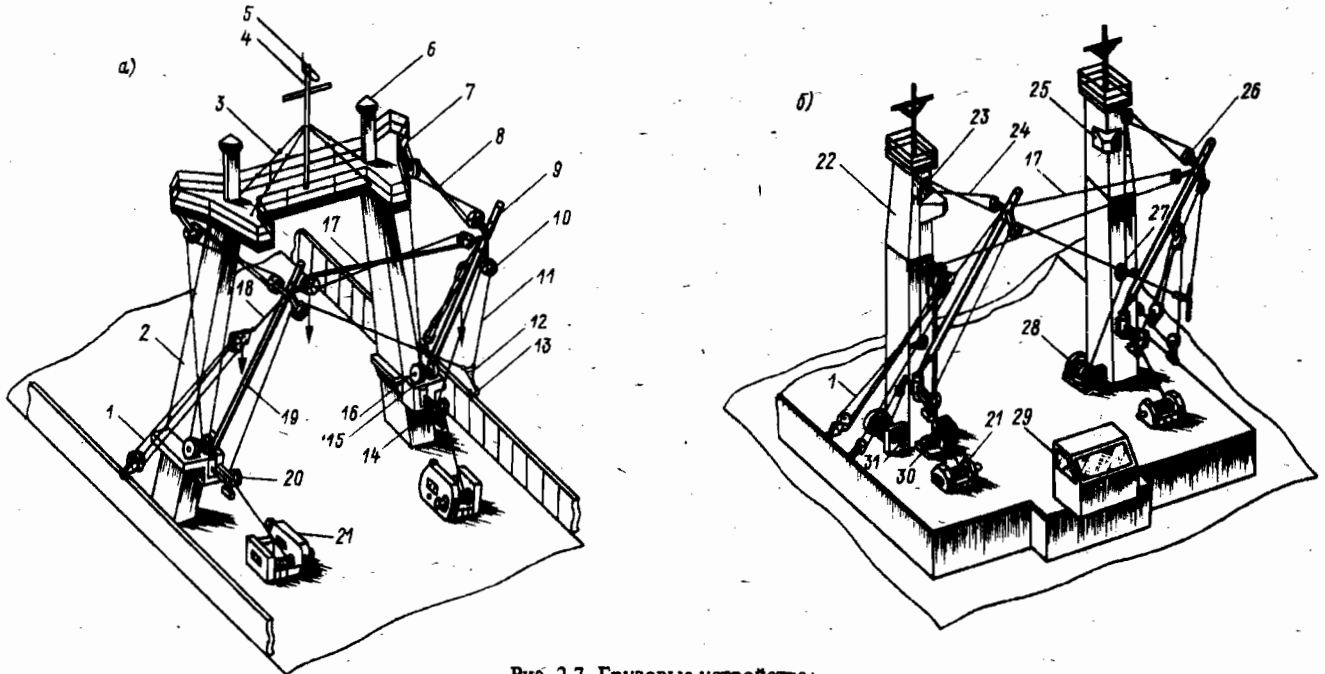


Рис. 2.7. Грузовые устройства:

а – портальная мачта БМРТ типа „Прометей"; *б* – грузовые колонны с механизированными стрелами ТР типа „Кристалл-2"; *1* – оттяжка; *2* – портальная мачта; *3* – стень-ванты; *4* – стеньга; *5* – клотик; *6* – головка вентиляции РМО; *7* – портал; *8, 24* – топенант-таль; *9* – ноковый бугель; *10* – грузовой блок; *11* – грузовой шкентель; *12* – треугольное звено; *13* – грузовой гак; *14* – башмак; *15* – шпор стрелы; *16* – вьюшка топенанта; *17* – „телефон"; *18* – мантыль; *19* – легкая стрела; *20* – направляющий блок грузового шкентеля; *21* – грузовая лебедка; *22* – грузовая колонна; *23* – блок топенанта на мачте; *25* – упор для крепления стрелы по-походному; *26* – ноковый блок топенанта; *27* – направляющий блок топенанта; *28* – топенантная лебедка; *29* – кабина управления устройством; *30* – лебедка „телефона"; *31* – лебедка оттяжки

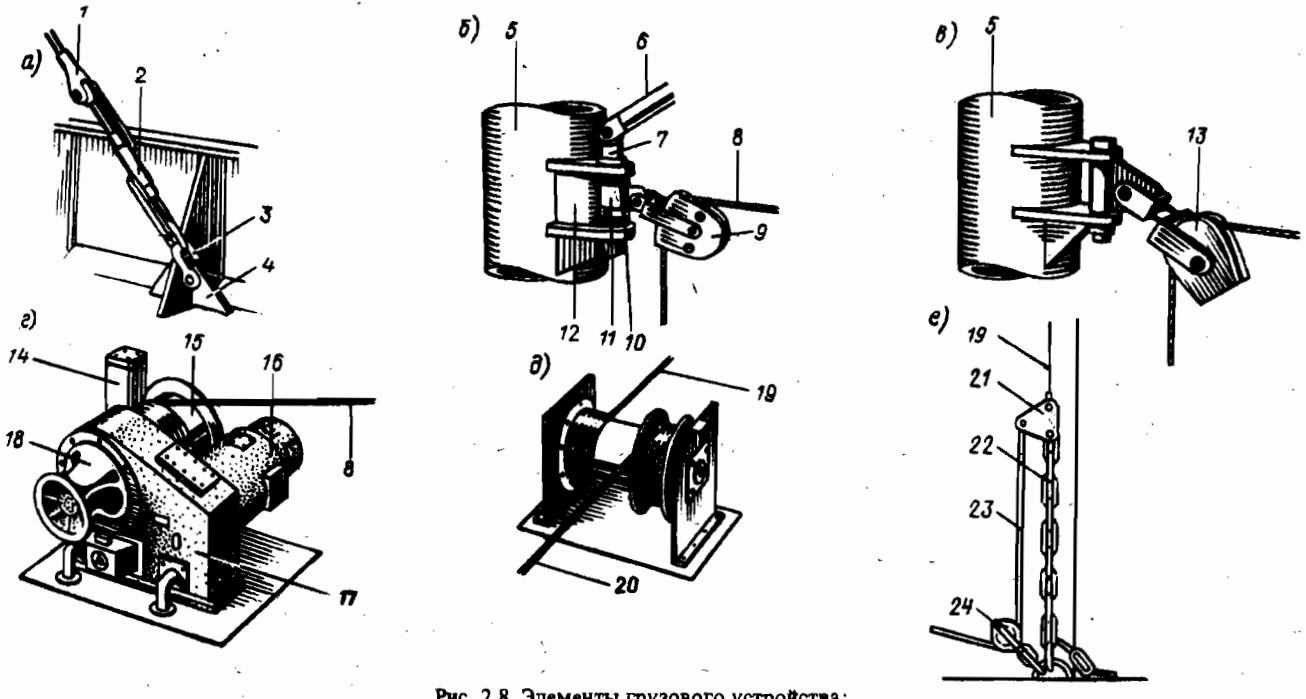


Рис. 2.8. Элементы грузового устройства:

а – крепление стоячего такелажа; *б* – крепление шпора легкой стрелы; *в* – крепление блока топенанта; *г* – грузовая лебедка легкой стрелы с электроприводом; *д* – топенантная вьюшка; *е* – стопор топенанта; *1* – концевая обойма; *2* – талреп; *3* – скоба; *4* – обух; *5* – мачта; *6* – шпор стрелы; *7* – вертлюг; *8* – грузовой шкентель; *9* – направляющий блок шкентеля; *10* – шайба; *11* – серьга; *12* – башмак; *13* – блок топенанта; *14* – командоконтроллер; *15* – грузовой барабан; *16* – электродвигатель; *17* – редуктор; *18* – турачка; *19* – топенант; *20* – свистов; *21* – треугольное звено; *22* – стопор топенанта; *23* – лопарь топенанта; *24* – канифас-блок

нительно большой вылет грузовой стрелы, чем объясняется их широкое распространение на обрабатывающих и приемно-транспортных судах (см. рис. 1). Грузовые колонны – отдельно стоящие по бортам мачты, не связанные между собой и обеспечивающие наибольший вылет грузовой стрелы, – устанавливают на крупных промысловых судах (см. рис. 1.8, 2.7, *б*).

Грузовые стрелы грузоподъемностью до 100 кН называют легкими и крепят к мачте (или корпусной конструкции) на высоте до 2,5 м над палубой. При большей грузоподъемности стрелы называют тяжеловесами и крепят к палубе (корпусной конструкции) у основания мачты. Стрела представляет собой стальную пустотелую конструкцию с поперечным сечением круглой или другой формы, нижний конец которой (шпор) имеет вилку с двумя проушинами. К верхнему концу стрелы (ноку) приваривают стальную накладку (бугель) для крепления обухов. К мачте приваривают башмак с проушиной и подпятником. Через отверстие проушины башмака пропускают вертикальный штырь (вертлюг), нижний конец которого упирается в подпятник, а верхний соединяется со шпором стрелы горизонтальным болтом. Вертлюг обеспечивает перемещения нока стрелы в горизонтальной плоскости, а горизонтальный болт – в вертикальной. Крепление тяжеловесной стрелы к палубе принципиально аналогично креплению легкой стрелы.

Раскрепление и работу стрелы осуществляют с помощью *бегучего такелажа* – топенанта, оттяжек, контроттяжек, грузового шкентеля (см. рис. 2.7). Топенант легкой стрелы – гибкий стальной трос, проведенный от нокового бугеля стрелы через блок топенанта на мачте к топенантной вьюшке, топенантной лебедке или турачке грузовой лебедки. Иногда применяют стопор топенанта. Топенант тяжеловесной, а часто и легкой стрелы – таль, у которой один блок крепят к нокóвому бугелю, другой – к мачте, а ходовой конец лопаря проводят через блок топенанта к топенантной лебедке. Топенант обеспечивает требуемый угол подъема (вылет) стрелы. Оттяжки легкой стрелы состоят из короткого стального троса (мантыля), одним концом закрепленного на нокóвом бугеле, а другим – на блоке тали. Второй блок тали крепят к корпусу судна (палубе, фальшборту), а ходовой лопарь – на кнехтах. Одиночная стрела имеет две оттяжки. На промысловых судах в большинстве случаев устанавливают спаренные стрелы, имеющие по одной бортовой оттяжке и одну общую центральную оттяжку („телефон") в виде тали, у которой блоки крепят к нокам стрел, а ходовой лопарь – на кнехтах или лебедке. Оттяжки тяжеловесной стрелы не имеют мантыля, а ходовой лопарь тали (гини) проводят на лебедку. Оттяжки обеспечивают требуемое положение стрелы в горизонтальной плоскости. Грузовой шкентель легкой стрелы – гибкий стальной трос, проведенный от барабана грузовой лебедки через направляющий (в башмаке) и грузовой (на ноке) блоки. На свободном конце шкентеля крепят противовес (отрезок цепи или

специальный груз), обеспечивающий натяжение шкентеля без груза, и грузовой гак. Грузовой шкентель тяжеловесной стрелы – шкентель-гинь, у которой блоки крепят к ноку стрелы и грузовому гаку, а ходовой лопарь проводят через врезной блок на ноке, направляющие блоки на мачте и палубе – к барабану грузовой лебедки.

Грузовые лебедки современных промысловых судов в основном электрические или электрогидравлические. В качестве вспомогательных иногда устанавливают ручные лебедки (при грузоподъемности до 8 кН). Изредка встречаются паровые лебедки (на судах с паросиловой ЭУ). Грузоподъемность лебедок достигает 100 кН, при необходимости – увеличивается применением шкентель-талей. Лебедки могут быть тихо- или быстроходными; одно- или многоскоростными; с одним грузовым барабаном и турачкой или только с грузовым барабаном, с грузовым барабаном, турачкой и приставным грузовым барабаном. На рис. 2.8, *г* представлена распространенная на промысловых судах электрическая грузовая лебедка. Соединение грузового барабана с грузовым валом лебедки обеспечивается с помощью сидящей на шлицах вала кулачковой муфты. Турачка жестко насажена на грузовой вал. Для медленного потравливания груза под действием силы тяжести, а также для удержания груза на весу грузовой барабан снабжен тормозным барабаном с ленточным стопором. Кроме того, предусмотрен электрический тормоз. Пост управления лебедкой состоит из кулачкового контроллера водозащищенного исполнения, установленного на палубе. У электрогидравлических грузовых лебедок электродвигатель спарен с насосом, подающим рабочую жидкость в гидродвигатели лебедки. Лебедки обеспечивают плавное регулирование скорости подъема и опускания груза. Электрогидравлические лебедки грузоподъемностью 30 и 50 кН установлены на многих промысловых судах.

Топенантная вьюшка (рис. 2.8, д) на одном валу имеет два барабана, один из которых предназначен для приводного стального троса (свистова), подаваемого на турачку грузовой лебедки, а другой – для лопаря топенанта. При выбирании грузовой лебедкой свистова оба барабана вьюшки вращаются и обеспечивают требуемый вылет грузовой стрелы. Вьюшка имеет стопор и тормоз, что позволяет надежно опускать стрелу под действием ее силы тяжести. Для подъема стрелы с грузом устанавливают специальные топенантные лебедки или грузовые лебедки имеют топенантный барабан. В посленем случае топенант выполняют в виде топенант-тали.

Стопор топенанта (рис. 2.8, *е*) устанавливают на некоторых добывающих судах при наличии одиночных стрел небольшой грузоподъемности. Стопор состоит из треугольного звена, на котором закреплены ходовой конец топенанта, лопарь топенанта – стальной гибкий трос – и стопор топенанта – длиннозвенная (такелажная) цепь. В этом случае вьюшкой (лебедкой) выбирают лопарь топенанта, поднимая стрелу на угол, больший требуемого, крепят стопор на палубе за звено, соответствующее требуемому вылету стрелы, и потравливают лопарь до натяжения стопора.

На судах применяют независимый (одиночный), последовательный и совместный способы работы стрелами. Легкие стрелы могут работать любым способом, тяжеловесные – только одиночным. При одиночной работе груз перемещают поворотом стрелы с помощью оттяжек. Подъем и опускание груза осуществляют при закрепленных оттяжках. Последовательную работу обеспечивают за два приема: одной стрелой груз из трюма укладывают на палубу, другой – переносят в нужном направлении.

Наиболее распространенный способ совместной работы стрел – работа „на телефон". Одну стрелу устанавливают над грузовым люком, а другую вываливают за борт. Ходовые концы грузовых шкентелей соединяют с помощью треугольного звена, к которому крепят общий грузовой гак (см. рис. 2.7). Стрелы раскрепляют между собой топриком (стальным тросом) или талью („телефон"), а со стороны бортов – оттяжками. Кроме того, со стороны бортов дополнительно заводят контроттяжки (стальной трос). При разгрузке трюма сначала более интенсивно работает грузовая лебедка стрелы, установленной над трюмом, а грузовая лебедка другой стрелы обеспечивает требуемую слабину своего грузового шкентеля. После вывода груза из трюма более интенсивно работает лебедка другой стрелы. С помощью этой же лебедки опускают груз (на причал или другое судно). При этом масса поднимаемого груза не должна превышать 50% грузоподъемности одной стрелы. Полное использование грузоподъемности при повышенной производительности дает способ подвижной стрелы, при котором одну стрелу оттяжками закрепляют неподвижно над трюмом, а поворот второй стрелы обеспечивают закрепленным на ее ноке грузовым шкентелем неподвижной стрелы. Вываливание подвижной стрелы за борт производится под действием ее собственного веса, для чего судно должно иметь крен 3–4° в сторону причала (другого судна). Работа стрел „бабочкой" в принципе не отличается от работы стрел „на телефон". Стрелы вываливают за соответствующий им борт, что обеспечивает одновременную разгрузку (погрузку) двух сдающих (принимающих) судов, ошвартованных у обоих бортов судна.

Принципы совместной работы стрел двух ошвартованных судов аналогичны совместной работе стрел одного судна.

Современные суда оборудуют кранами или другими грузовыми устройствами высокой производительности.

На промысловых судах устанавливают грузовые краны с электрическим или гидравлическим приводом. Гидравлический привод упрощает работу, дает возможность дистанционного управления и программированного рабочего цикла. *На электрогидравлическом поворотном кране* с гидроприводами низкого давления некоторых промысловых судов работу грузового барабана, барабана топенанта, поворот платформы обеспечивают шесть гидродвигателей (по два на механизм). Механизмы подъема груза и изменения вылета стрелы оборудованы тормозами с автоматическим растормаживанием от

гидроцилиндров. Колонна крана одновременно служит баком для рабочей жидкости.

Мачтовый кран – обычная стрела с гидроприводом подъема и поворота стрелы. Гидравлический вертлюг, смонтированный на башмаке мачты, осуществляет поворот стрелы в горизонтальной плоскости, а гидроцилиндр, шарнирно соединенный с мачтой и стрелой, изменяет вылет стрелы. Грузовой шкентель проводят на грузовую лебедку через шкив нока стрелы, отводной блок на мачте, второй шкив нока, направляющий блок шпора. При такой проводке грузовой шкентель одновременно выполняет функции топенанта.

Двухтопенантная стрела имеет два закрепленных на ноке топенанта, проведенных через разнесенные на салинге блоки к двум топенантным лебедкам. При такой оснастке отсутствуют оттяжки, а работа стрелы обеспечивается грузовой и двумя топенантными лебедками.

Перекидной тяжеловес – двухтопенантная стрела, установленная между двумя грузовыми колоннами. Конструкция располагается между двумя смежными трюмами. Топенанты оснащены топенант-талями, а грузовой шкентель выполнен в виде шкентель-гини. С помощью топенантов изменяют вылет стрелы, осуществляют перевод ее на смежный трюм, разворот стрелы в горизонтальной плоскости (при противоположном вращении барабанов топенантных лебедок). Чтобы при переводе стрелы на смежный трюм не требовалась ее переоснастка, верхние блоки топенантов крепят к поворотным головкам верхних концов грузовых колонн.

Все более широкое применение находят *механизированные стрелы* (см. рис. 2.7, *б*), у которых предусматривается возможность изменения их положения под грузом. Дистанционное управление работой устройства осуществляет из кабины один человек.

Краны, механизированные стрелы и подъемники должны иметь концевые выключатели для автоматической остановки механизмов в крайних положениях. Направление движения рукояток органов управления механизмами должно соответствовать направлению движения груза.

Работа грузового устройства запрещается: в случаях обнаружения несоответствия требованиям Правил; при неисправности тормозных устройств; при отсутствии надписей о допускаемой нагрузке; до проведения испытаний после ремонта; при замене ответственных несъемных частей, окончании срока годности документов. Не допускается крепление топенанта на кнехтах, утках и т. п., применение сплесненных тросов, стального троса с 10% оборванных проволок на участке длиной в восемь диаметров троса, растительного троса при наличии разрыва каболок, прелости и значительных износе или деформации. К работе на грузовых лебедках допускаются только специально подготовленные лица. Лица младше 18 лет к грузовым работам не допускаются. Во время проведения грузовых работ запре-

щается: находиться под стрелой, на просвете люка, на линии движения груза; работать без защитных касок; поправлять шкентель руками; оставлять устройство с поднятым грузом; находиться в районе работ посторонним лицам.

§ 12. Швартовное и буксирное устройства

Швартовное устройство. Это совокупность деталей и механизмов, предназначенных для подтягивания и надежного крепления судна к причальным сооружениям или другим судам. Оно включает швартовы, выброску, вьюшки, клюзы, киповые планки, отводные роульсы, кнехты, утки, стопоры, швартовные механизмы, швартовные кранцы. Схемы швартовных устройств разнообразны и зависят от способа швартовки и степени механизации швартовных операций, а компоновка устройств согласуется с компоновкой якорного и буксирного устройств (рис. 2.9, см. также рис. 1.21,*а*).

Швартовный трос (швартов) бывает *стальным, растительным* (пеньковый, манильский, сизальский), *синтетическим* (капроновый, нейлоновый, полипропиленовый и др.) и *комбинированным.* На промысловых судах в основном применяют стальной трос, из растительных предпочитают манильский. Лучшим считается комбинированный швартов, состоящий из стального троса, оканчивающегося 15–20-метровым отрезком синтетического троса. Все швартовы имеют на ходовом конце петлю (огон), накидываемую на береговую тумбу (пал). Растительный и синтетический швартовы диаметром менее 20 мм не применяют, а из соображений пожаро- и взрывобезопасности в некоторых случаях не используют стальной и синтетический швартовы (в районе пожаро- и взрывоопасных участков). Бракуют швартов так же, как грузовой шкентель.

Выброска – это 25-метровый растительный или синтетический трос с закрепленным на конце парусиновым мешочком с песком в тросовой оплетке (легостью). Выброску укладывают в шлаги (рис. 2.10,*а*) и, удерживая за свободный конец, бросают на причал. Конец крепят за огон швартова и последний подают через швартовный или буксирный клюз. Наименование основных швартовных концов при швартовке отражено на рис. 2.9.

Хранят стальной швартов на ручных вьюшках, оборудованных тормозом, прижимаемым педалью к щеке барабана. На крупнотоннажных судах устанавливают швартовные вьюшки с приводом.

Швартовные клюзы (рис. 2.10,*б, в, г*) подразделяют на *бортовые* и *палубные.* На судах, следующих по Панамскому каналу, где проводка судна через шлюзы осуществляется с помощью береговых тягачей, обязательно устанавливают панамские клюзы, имеющие больший радиус кривизны рабочей поверхности, чем у бортового, и лучше приспособленные для работы со швартовами большого диа-

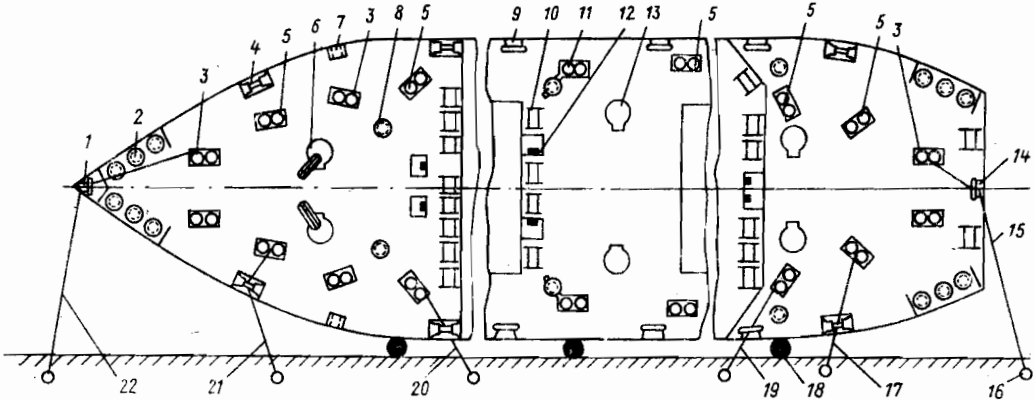


Рис. 2.9. Схема швартовки, размещения швартовного и буксирного оборудования ТР „Кристалл-2":

1, 14 – буксирные клюзы; *2* – киповая планка с тремя роульсами; *3* – битенг; *4* – киповая планка с наметкой и двумя роульсами; *5* – швартовный кнехт с вращающимися тумбами; *6* – якорно-швартовный шпиль; *7* – панамский клюз; *8* – отводной роульс; *9* – бортовой швартовный клюз; *10* – вьюшка; *11* – швартовный кнехт с вращающимися тумбами и отводным роульсом; *12* – пост управления лебедками; *13* – швартовный шпиль; *15* – кормовой продольный швартов; *16* – пал; *17* – кормовой прижимной швартов; *18* – швартовный кранец; *19, 20* – кормовой и носовой шпринги; *21* – носовой прижимной швартов; *22* – носовой продольный швартов

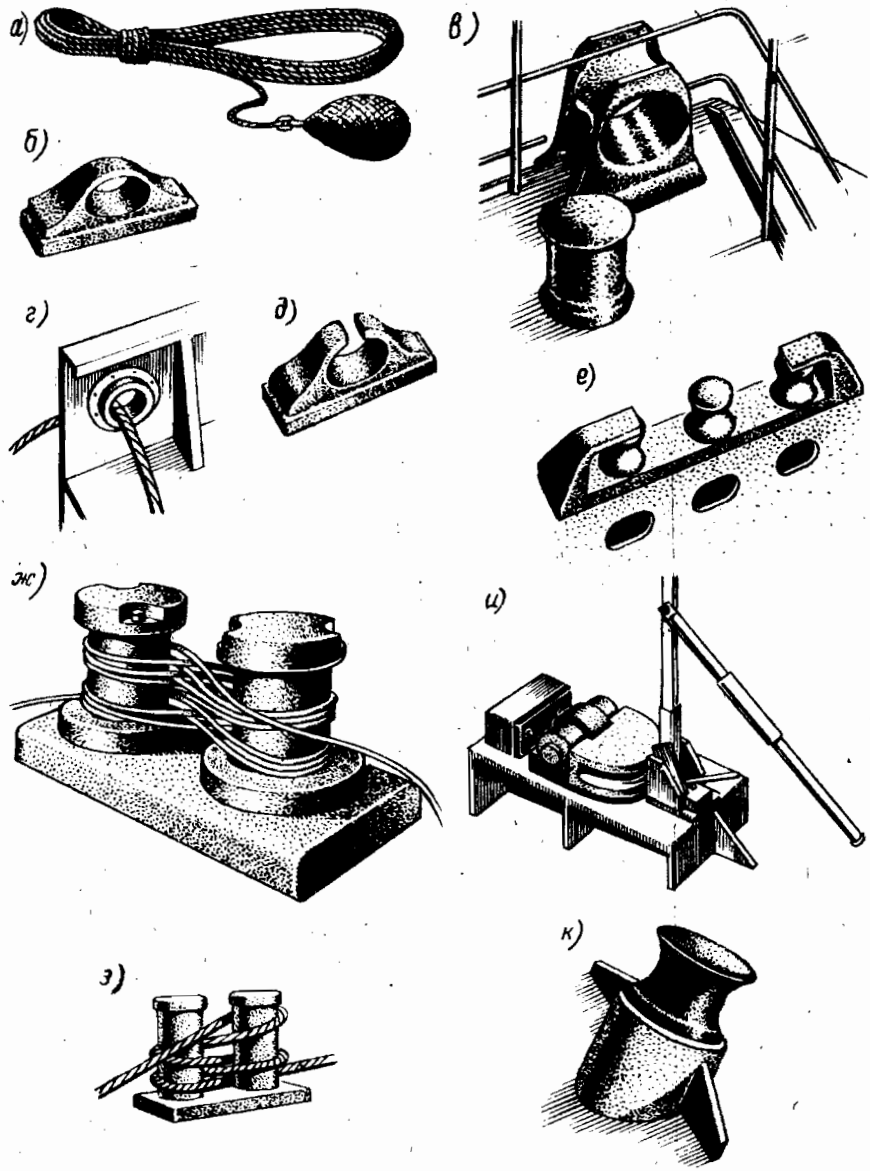


Рис. 2.10. Элементы швартовного устройства:

а – выброска; *б, в, г* – швартовные палубный, панамский, бортовой клюзы; *д, е* – прямая и с тремя роульсами киповые планки; *ж, з* – кнехты с вращающимися тумбами и двойной прямой; *и* – устройство „Серп"; *к* – отводной роульс

метра. Для проводки швартовов с автоматических лебедок обычно устанавливают универсальные или автоматические поворотные клюзы.

Киповые планки (рис. 2.10, *д, е*) предназначены для изменения направления швартова. На большинстве современных судов устанавливают киповые планки из отдельно стоящих двух-трех **роульсов**. Отводные (палубные) роульсы (рис. 2.10, *к*) устанавливают около швартовного механизма, что предотвращает перекос швартова на барабане (турачке).

Швартовные кнехты предназначены для крепления швартова на судне. Их подразделяют на *прямые* (рис. 2.10, *з*) и *крестовые*. Для ликвидации на промысле травмоопасных ситуаций при швартовках используют кнехты с вращающимися тумбами (рис. 2.10, *ж*) и устройство „Серп-1" (рис. 2.10, *и*) для закрепления и быстрой отдачи швартова. Кнехты состоят из основания и двух вращающихся тумб со стопорным устройством храпового типа, обеспечивающим вращение тумб в одном направлении. С барабана швартовного механизма швартов проводят на кнехт и накладывают тремя шлагами в виде восьмерок. После крепления огона на причале (другом судне) швартовным механизмом выбирают слабину. Стопорное устройство кнехта исключает необходимость применения переносного стопора и обеспечивает надежную швартовку. В устройстве „Серп-1" огон швартова другого судна накидывают на серьгу, которая, опускаясь под действием собственного веса, удерживает швартов за счет наличия эксцентриситета между осью вращения серьги и линией натяжения швартова. Для отдачи швартова следует вынуть страховочный палец и поворотом рычага опрокинуть серьгу.

Кнехты могут быть стальными или чугунными, сварными или литыми при наружном диаметре тумбы не менее 10 диаметров стального, 5,5 диаметров синтетического, а также не менее одной длины окружности растительного швартова, для которых предназначен кнехт. Расстояние между осями тумб кнехтов должно быть не менее 25 диаметров стального или трех длин окружности растительного швартова.

Утки – кованная или сварная двурогая конструкция, рассчитанная на сравнительно небольшие усилия и предназначенная для временной швартовки подходящих к борту буксиров, катеров и т. п. Устанавливают их на фальшборте или у ватервейса.

Клюзы, кнехты, киповые планки, роульсы располагают таким образом, чтобы обеспечивалась удобная работа швартовных механизмов и закладка швартова на кнехты.

После заведения швартова судно швартовным механизмом подтягивают к причалу (другому судну), швартов временно закрепляют **стопором** и заводят на кнехт.

Швартовные механизмы – швартовные шпили, брашпили и лебедки. На многих добывающих судах в качестве швартовных механизмов используют другие палубные механизмы, имеющие турачки. В последнее время устанавливают комбинированные *якорно-швартов-*

ные лебедки, в которых цепные и швартовные барабаны имеют общий гидропривод. *Швартовные шпили* могут быть с над- и подпалубным расположением электродвигателя и привода или с их расположением в головке шпиля (безбалерный шпиль). *Швартовные лебедки* бывают простыми и автоматическими. Автоматические лебедки устанавливают на требуемое усилие с учетом метеорологических условий. С увеличением усилия в тросе лебедка автоматически включается на режим травления, а при уменьшении – на режим выбирания, пока не будет обеспечено заданное усилие. При изменении условий работы изменяют и установку автомата. Такая лебедка может работать в режиме ручного и автоматического управления. Швартов постоянно хранится на барабане автоматической лебедки, в результате чего она одновременно выполняет функции вьюшки и кнехта. Тяговое усилие швартовных механизмов не должно превышать 1/3 разрывного усилия швартова, используемого на судне. Тормоз швартовного механизма должен выдерживать усилие, равное 1,5 номинального тягового. Автоматическая швартовная лебедка должна иметь звуковую сигнализацию, срабатывающую при полностью вытравленном швартове. На судах перспективной постройки будут применяться комбинированные механизмы и автоматические швартовные лебедки. Прижимные швартовы будут крепиться на барабане автоматической лебедки, турачки которой обеспечат выбирание продольных швартовов и шпрингов, закрепляемых на кнехтах. Контроль и управление работой механизмов будут осуществляться автоматической системой, включающей местные, централизованные (в одной оконечности судна) и главный (в рубке) посты контроля и управления.

Швартовные кранцы предназначены для предохранения корпуса судна от повреждений при швартовках. Выполняют их эластичными, пневматическими, гидравлическими, а также комбинированными. *Эластичные кранцы* представляют собой сплошные, полые или наборные резиновые и резинокордные детали, иногда в сочетании с металлическими конструкциями. Чаще применяют отработанные автомобильные шины, которые в количестве 10–25 штук прошивают в трех или четырех местах стальным тросом и развешивают вдоль борта на цепях (кранцы-гирлянды). Могут применяться блоки гирлянд. При швартовке и стоянке в порту используют легкие переносные кранцы – брезентовые мешки, набитые различным амортизационным материалом и оплетенные снаружи пеньковым тросом. *Пневматический кранец* – баллон, чаще цилиндрической формы, состоящий из камеры и покрышки с арматурой. В камере поддерживается избыточное давление. Простейшие *гидравлические кранцы* имеют одну оболочку, в верхней части которой находится воздух, а в нижней – вода. При сближении бортов судов оболочка расправляется под действием давления воздуха. Отсутствие отдачи, высокая степень гашения энергии делают гидравлические кранцы перспективными. Находят применение демпфирующие швартовные кранцы, которые в свободном состоянии наполнены водой (или воздухом, если кранец расположен выше ватерлинии). При сбли-

жении судов и сжатии кранца вода (воздух) выдавливается наружу, а по мере расхождения судов — засасывается снова. Количество и размещение элементов кранцевой защиты варьируют в зависимости от типа судна и условий работы.

Для обеспечения безопасной швартовки иллюминаторы борта, обращенного к причалу (судну), должны быть задраены, а места проведения швартовных работ хорошо освещены. При этом запрещается: находиться на линии направления тяги как впереди, так и позади швартовного механизма, внутри угла, образованного швартовом, ближе 1 м от турачки (барабана) или кнехта при выбирании ходового конца швартова или потравливании с кнехта; травить или выбирать швартовы без команды лица, руководящего швартовными работами; находиться при наложении стопора со стороны натяжения швартова после отдачи стопора; крепить швартовы на турачках механизмов даже на непродолжительное время; работать со стальным тросом без парусиновых рукавиц. Верхние шлаги наложенных на кнехты швартовов должны скрепляться между собой достаточно прочным тросом. В районе проведения швартовных операций запрещается находиться лицам, не принимающим участие в швартовке.

Буксирное устройство. Это совокупность деталей и механизмов, обеспечивающих возможность буксировать другое судно или быть буксируемым. Оно включает буксирный трос, буксирные клюзы, битенги (буксирные кнехты), вьюшки для хранения троса (см. рис. 1.21,*а* и 2.9). Количество и размеры элементов устройства определяют Правила.

Суда промыслового флота снабжены стальным буксирным тросом согласно ведомственному табелю снабжения (штатным тросом). Длину буксирной линии обычно принимают равной 400–500 м. Требуемая длина буксирной линии может быть значительно уменьшена включением в нее равнопрочной вставки из капронового троса. Бракуют буксирный трос так же, как швартовный.

Буксирные клюзы бывают *закрытыми* (с замкнутым контуром) и *открытыми*. Они могут быть снабжены роульсами и наметкой (накладкой). Устанавливают клюзы на фундаменте в выемке фальшборта. При подаче буксирного троса между выброской и тросом включают канат-проводник — легкий прочный стальной или синтетический трос.

Битенги (усиленные кнехты) прочно связаны с набором корпуса и расположены в оконечностях и средней части судна. Однако прочность штатных креплений буксирного троса на промысловых судах не всегда достаточна для длительной буксировки, особенно буксировки малых судов большими и при неблагоприятных погодных условиях. Поэтому независимо от наличия буксирного устройства способ крепления троса разрабатывают в каждом конкретном случае.

Брага — прочный стальной трос диаметром, большим, чем буксирный, или несколько стальных тросов диаметром, меньшим, чем буксирный. Концы браги имеют огоны, а в ее середине заделан коуш для

крепления буксирного троса. Брага может заводиться в якорные клюзы, за фундаменты судовых механизмов, комингсы грузовых люков и другие прочные судовые конструкции.

При буксировке на небольшие расстояния и благоприятных погодных условиях буксирный трос крепят за битенги, а на добывающих судах могут быть использованы промысловые лебедки.

В морской практике буксировок судов промыслового флота распространена буксировка в кильватер, когда буксирующее судно с помощью буксирного троса (буксирной линии) тянет за собой буксируемое. В особых аварийных случаях буксировку осуществляют лагом (борт о борт).

Безопасность работ с буксирным устройством следует обеспечивать так же, как и при работах со швартовным устройством.

§ 13. Спасательное устройство

Спасательное устройство – совокупность судовых спасательных средств и устройств для их хранения и спуска на воду. Различают спасательные средства коллективного и индивидуального пользования. К первым относят шлюпки (рис. 2.11, *а*), плоты (рис. 2.11, *б, в*), приборы, ко вторым – спасательные круги, пояса, жилеты и т. п.

Шлюпки делят на спасательные, рабочие, дежурные и специального назначения.

Спасательные шлюпки бывают открытыми и закрытыми; деревянными, из легких сплавов и пластмассовыми; гребными (весельными), парусными и винтовыми. Винтовые спасательные шлюпки имеют механический или моторный привод. Механические приводы могут быть валиковыми и чаще рычажными. При рычажном механическом приводе качательное движение ручных рычагов или ножных педалей преобразуется во вращательное движение гребного вала. Моторные шлюпки снабжены двигателем внутреннего сгорания, работающим через реверс-редуктор на гребной вал. Спасательные шлюпки вместимостью 60–100 чел. должны иметь моторный или механический привод, а свыше 100 чел. – только моторный.

У каждой спасательной шлюпки имеются: отверстия в днище для спуска воды, закрываемые пробкой на резьбе или автоматическим клапаном; леер с поплавками, расположенный снаружи под планширем; кили-поручни в районе скулы; воздушные отсеки (оцинкованные жестяные ящики), обеспечивающие плавучесть затопленной по уровень планширя шлюпки с полным количеством людей и снабжения; спускоподъемное приспособление в районе оконечностей для закрепления талей при спуске и подъеме шлюпки; полный комплект снабжения согласно нормам, установленным Правилами по конвенционному оборудованию морских судов Регистра СССР.

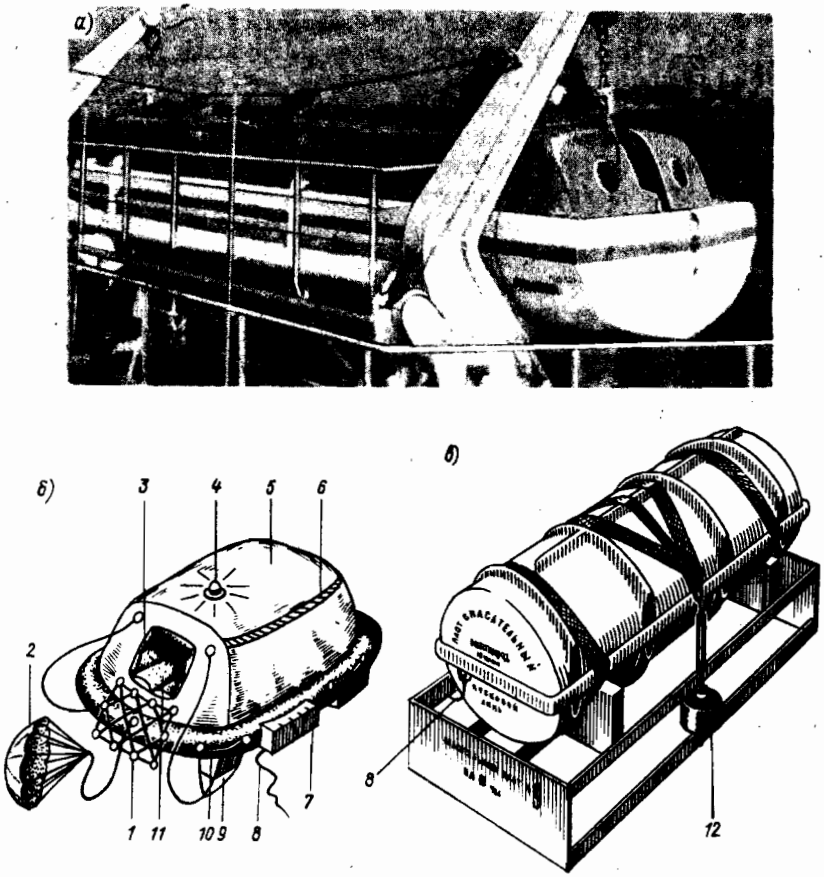


Рис. 2.11. Коллективные спасательные средства:

а – моторная спасательная шлюпка закрытого исполнения; *б* – надувной спасательный плот в рабочем положении; *в* – надувной спасательный плот в контейнере; *1* – трап; *2* – плавучий якорь; *3* – шторка входа; *4* – сигнальный фонарь; *5* – двойной тент; *6* – водосборник; *7* – баллон с газом в чехле; *8* – пусковой линь; *9* – водобалластный карман; *10* – леер; *11* – надувное днище; *12* – гидростат

Спуск шлюпок на воду и подъем их на борт судна осуществляют с помощью шлюпбалок. Шлюпбалки бывают гравитационными, заваливающимися и поворотными.

На промысловых судах устанавливают *гравитационные шлюпбалки* нескольких разновидностей, но во всех случаях их вываливание за борт производится под действием силы тяжести шлюпки. У одношарнирной гравитационной шлюпбалки (рис. 2.12,*а*) стрела нижним концом шарнирно закреплена на палубе. Вываливание будет происходить до тех пор,

пока нижний прямой участок шлюпбалки не достигнет упоров на палубе. Двухшарнирная гравитационная шлюпбалка (рис. 2.12,*б*) состоит из двух шарнирно соединенных частей, нижняя из которых шарнирно закреплена на палубе. Предельное вываливание верхней части шлюпбалки ограничивается закрепленной на неподвижном шарнире телескопической тягой. *Заваливающаяся гравитационная шлюпбалка* (рис. 2.12,*в*) за счет перемещения катков по двум неподвижным направляющим совершает вращательно-поступательное движение и вываливается за борт. *Скатывающаяся гравитационная шлюпбалка* (рис. 2.12,*г*)

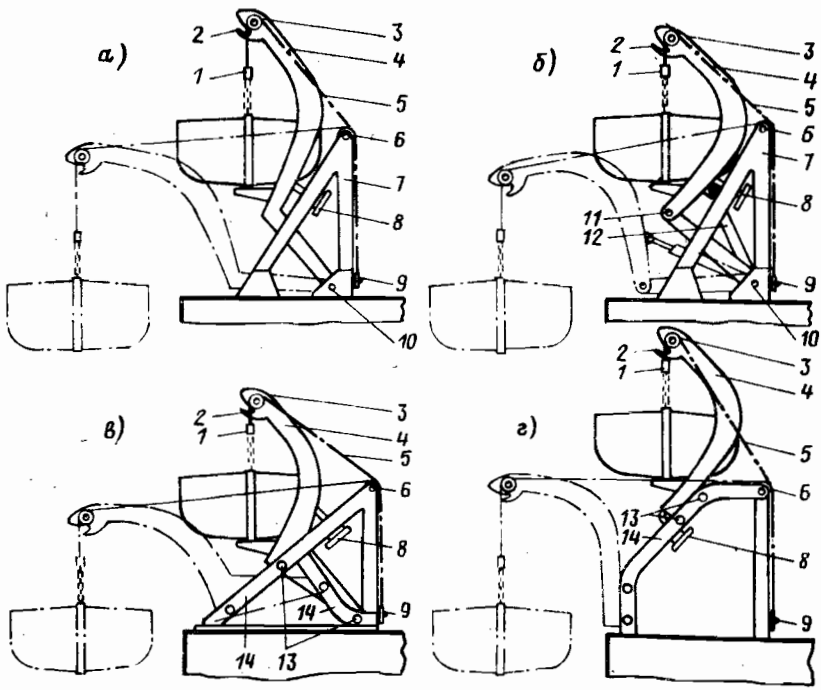


Рис. 2.12. Шлюпбалки:

а, б – гравитационные одно- и двухшарнирная; *в, г* – гравитационные заваливающаяся и скатывающаяся; *д* – приводная заваливающаяся; *1* – подвижный блок; *2* – рог; *3* – ноковый блок; *4* – стрела шлюпбалки; *5* – лопарь шлюпталей; *6* – направляющий блок; *7* – станина; *8* – стопор; *9* – отводной блок; *10* – неподвижный шарнир; *11* – подвижный шарнир; *12* – ограничительная телескопическая тяга; *13* – катки; *14* – направляющие; *15* – шлюптали; *16* – механизм вываливания; *17* – рукоятка

также совершает вращательно-поступательное движение за счет перемещения катков по изогнутым направляющим. По-походному гравитационные шлюпбалки закрепляют стопором, который имеет винтовой шпиндель с гаком. Гак закладывают за упоры на шлюпбалке, а винтовым шпинделем выбирают слабину. У каждой гравитационной шлюпбалки имеется односторонний кильблок, к которому с помощью найтова (троса с глаголь-гаком и талрепом) прижимают шлюпку.

Вываливание гравитационных шлюпбалок и спуск шлюпки на воду осуществляют при помощи шлюп-талей, состоящих из одношкивного блока с серьгой. Лопарь шлюп-тали с барабана шлюпочной лебедки проводится через отводные блоки на палубе, один шкив двухшкивного направляющего блока станины шлюпбалки, один шкив двухшкивного блока на ноке, подвижный блок шлюп-тали, второй шкив нокового блока и блока станины и крепится внизу у станины. Такая проводка обеспечивает после отдачи стопоров шлюпбалок при потравливании лопаря шлюп-тали сначала вываливание шлюпбалки, а затем спуск шлюпки. Навешенная на рог нока шлюпбалки серьга подвижного блока шлюп-тали соскальзывает с рога только после вываливания шлюпбалки и предотвращает преждевременный спуск шлюпки. Заведенные на один барабан лебедки лопари обоих шлюп-талей обеспечивают равномерный спуск шлюпки.

У *заваливающихся шлюпбалок* (рис. 2.12, *д*) при вращении рукоятки ходовой винт через зубчатую или червячную передачу вывинчивается из муфты (механизм вываливания) и вываливает стрелу шлюпбалки вместе со шлюпкой за борт. Спуск шлюпки на воду осуществляют с помощью шлюп-тали, неподвижный блок которой закреплен на ноке стрелы шлюпбалки, а подвижный кольцом или удлиненным звеном заведен за гак шлюпки. Существует несколько разновидностей таких шлюпбалок, но все они вываливаются с помощью приводного механизма. По-походному шлюпку крепят найтовами к двум кильблокам — поперечным подставкам на палубе, имеющим обводы корпуса шлюпки. Наружную половину кильблоков делают откидной или скользящей, что исключает необходимость приподнимать шлюпку при вываливании ее за борт.

Поворотные шлюпбалки разворачиваются только в горизонтальной плоскости вокруг своей вертикальной оси. Для вываливания шлюпки необходимо вывести за борт сначала одну ее оконечность, а затем другую. Используют такие шлюпбалки для спуска и подъема рабочих шлюпок и других вспомогательных плавучих средств на малых судах.

Ноки каждой пары шлюпбалок соединяются топриком (тросом), к которому крепят не менее двух спасательных шкентелей из растительного троса с мусингами (узлами) на расстоянии не более 0,5 м друг от друга.

При массе шлюпки с людьми и снабжением до 2,3 т включительно устанавливают заваливающиеся или гравитационные шлюпбалки, свыше 2,3 т — только гравитационные. Гравитационные шлюпбалки должны

обеспечивать безопасный спуск шлюпки при крене судна на любой борт до 15° и дифференте до 10° не более чем за 2 мин, а заваливающиеся при тех же крене и дифференте – не менее чем за 4 мин.

Шлюпочные лебедки бывают с ручным (редко) и с электрическим приводом. Лебедки с электрическим приводом имеют центробежный тормоз для обеспечения требуемой скорости спуска спасательных средств, ручной тормоз (ленточный стопор) для замедления и стопорения спуска шлюпки, стопорное устройство (стопорную собачку, самотормозящую передачу) для предотвращения самопроизвольного спуска шлюпки при ее подъеме, ручной привод. На каждой шлюпбалке установлен конечный выключатель, отключающий питание приводного двигателя прежде, чем шлюпбалка дойдет до упора. После срабатывания конечного выключателя дальнейшее заваливание шлюпбалки со шлюпкой обеспечивается ручным приводом.

Посадку людей в шлюпку при наличии волнения или на ходу судна производят либо при нахождении ее на кильблоках, либо после спуска шлюпки до уровня палубы, с которой наиболее удобно осуществлять посадку. В тихую погоду посадку людей производят по штормтрапу после спуска шлюпки на воду.

При значительной качке для предохранения шлюпки от ударов используют заранее приготовленное ограждающее устройство – концы трех стальных тросов, соединенные в общий узел. Устройство проводят под килем судна к месту спуска шлюпки таким образом, чтобы один трос можно было закрепить к палубе со стороны противоположного спуску шлюпки борта, а два других – к шлюпочной палубе со стороны спуска шлюпки. Шлюпка двумя манильскими тросами свободно крепится к каждой ветви устройства. При спуске шлюпки петли манильского троса скользят по подкильным концам. В тот момент, когда шлюпка окажется на воде, петли перерезают ножом. При наличии большого крена для спуска шлюпки используют салазки, состоящие из двух спусковых полозьев, закрепленных к борту шлюпки упорными болтами. Шлюпка скользит на полозьях по борту судна, а после спуска болты освобождают и полозья снимают. На сильном волнении хорошие результаты дает вылитое в воду растительное масло: тонкая пленка разлившегося масла препятствует образованию крутых гребней волн. Однако этот метод применяют только в исключительных случаях (оставление гибнущего судна и т. п.).

Дежурная шлюпка – специальное спасательное средство, которое находится на судне в постоянной готовности для немедленного использования, и предназначено для спасания упавших в воду людей, людей с потерпевшего аварию судна, а также для сбора и буксировки спасательных плотов в условиях аварии. Дежурные шлюпки могут быть жесткой, надувной или комбинированной конструкции, их длина 3,8–8,5 м. Они должны обеспечивать размещение не менее пяти человек в сидячем и одного в лежачем положении. Дежурные шлюпки должны быть способны маневрировать при скорости до 6 уз и сохранять ее

в течение не менее 4 ч, обладать достаточными мобильностью и маневренностью на волнении для спасения находящихся в воде людей, сбора судовых спасательных плотов и буксировки полностью нагруженного 25-местного спасательного плота или его эквивалента со скоростью не менее 2 уз на тихой воде. Требования к плавучести дежурных шлюпок соответствуют требованиям к спасательным шлюпкам. Конструкция шлюпок допускает их спуск на ходу судна, идущего со скоростью до 5 уз на тихой воде. Шлюпки окрашены в оранжевый цвет, а на их закрытиях нанесены кресты. Гребной винт снабжен защитным приспособлением. Частично закрытая дежурная шлюпка в случае опрокидывания должна возвращаться в первоначальное положение при приложении усилия одного человека, а полностью закрытая дежурная шлюпка жесткой конструкции должна быть самовосстанавливающегося типа. Прочность жесткой дежурной шлюпки обеспечивает ее сброс на воду с высоты 3 м без повреждений, а спускоподъемное приспособление для полностью нагруженной жесткой дежурной шлюпки позволяет производить отдачу гаков одним человеком. Требования к общей прочности подвешенной на гаках надувной дежурной шлюпки, к ее остойчивости оговорены в Правилах по конвенционному оборудованию морских судов Регистра СССР. Надувные дежурные шлюпки должны иметь транцевую корму или эквивалентную конструкцию для крепления приводного двигателя. Шлюпки должны быть самоосушающимися или иметь эффективные средства осушения. Конструкция надувной дежурной шлюпки должна позволять одному человеку возвращать ее в первоначальное положение из опрокинутого состояния. Прочность надувной шлюпки обеспечивает возможность ее сбрасывания на поверхность воды с высоты 3 м с полным снабжением и спусковой командой. На судне дежурная надувная шлюпка хранится в надутом состоянии под спусковыми устройствами. Спускоподъемное приспособление для полностью нагруженной надутой дежурной шлюпки обеспечивает отдачу гаков с одной точки.

В качестве дополнительных средств или для частичной, а иногда и полной замены спасательных шлюпок используют спасательные плоты: жесткие (из легких сплавов или пластмасс) и надувные.

Жесткий плот имеет овальную камеру плавучести в виде замкнутой трубы круглого сечения, разделенную переборками на несколько отсеков, заполненных поропластом. Днище металлических плотов – двойное (в нем хранят снабжение), пластмассовых – одинарное (в этом случае снабжение хранят в специальном контейнере). По внутреннему и наружному контуру плота крепится спасательный леер. Плот оборудован веслами, парусом, а для защиты людей от непогоды тентом, который на специальных дугах может быть поднят. При отдаче стопора плот соскальзывает в воду с наклонных направляющих.

На промысловых судах в основном применяют *надувные спасательные плоты* (см. рис. 2.11, *б, в*), изготовленные из многослойной прорезиненной ткани ярко-оранжевого цвета. Овальная или круглая камера плавучести таких плотов – замкнутая труба, разделенная на несколько

самостоятельных отсеков (число отсеков четное). Тент плота поддерживается трубчатыми дугами. Камера плавучести и дуги заполняют смесью углекислого газа с азотом, находящейся в стальном баллоне, закрепленном на плоту. Пусковой линь одним концом присоединен к клапану баллона, вторым – к корпусу судна. В нерабочем состоянии зачехленный плот хранят в контейнере, закрепленном на палубе найтовом с гидростатом. Найтов отдают вручную и сбрасывают плот за борт, либо при погружении судна на определенную глубину срабатывает гидростат и освобождает найтов. При натяжении пускового линя под действием силы плавучести всплывающего контейнера или вручную открывается клапан баллона, плот наполняется газом, разрывает чехол и контейнер и принимает рабочее положение. Пусковой линь разрывается при усилии, меньшем силы плавучести надутого плота. При желании (с учетом времени года) двойное дно плота можно заполнить воздухом с помощью ручного меха (насоса). Им же можно обеспечить подкачку камер плавучести через клапаны поддува при появлении утечки газа. Предохранительные клапаны предотвращают разрыв камер плавучести в случае расширения газа. Водобалластные карманы под днищем повышают остойчивость плота, уменьшают качку и ветровой дрейф. Электрическая лампочка на тенте получает питание при погружении в воду закрепленной на днище плота сухозаряженной батарейки. Дождевая вода из водосборника на тенте по трубке отводится внутрь плота. В случае выхода из строя половины отсеков плавучести плот остается на плаву с полным количеством людей и снабжения, на которое он рассчитан. Надувной плот должен быть в полной готовности через 60 с после вскрытия пускового клапана баллона при температуре воздуха 18–20 °С и через 180 с при температуре 30 °С.

Многие суда на палубах надстроек и рубок имеют плавучие приборы – легкие плоты, спасательные скамейки и т. п., обнесенные спасательным леером, под сиденьями которых закреплены воздушные ящики. При гибели судна приборы всплывают.

Индивидуальные спасательные средства делят на жесткие (из пробки или пенопласта) и надувные (с камерой плавучести из водонепроницаемой ткани). Все они имеют ярко-оранжевую окраску.

Спасательные круги, обнесенные по внешнему периметру спасательным леером, крепят на леерном ограждении, фальшборте, стенках рубок с обоих бортов судна. Примерно 50% спасательных кругов имеют светящиеся буйки, лампочка которых зажигается при попадании в буек морской воды. Если на судне установлены четыре и более спасательных круга со светящимися буйками, то не менее двух из них снабжены автоматически действующими дымовыми шашками. Не менее чем один спасательный круг на каждом борту имеет спасательный линь (тонкий трос), закрепленный на судне.

Спасательные жилеты выдают каждому человеку, находящемуся на судне, и дополнительно вахтенному персоналу на месте несения вахты. Жилеты – жесткие или надувные – снабжены свистком

и лампочкой, получающей питание от водоналивной батарейки. Надувные жилеты состоят из двух надувных камер, наполняемых из закрепленного на жилете баллона. Кроме того, надувные камеры можно наполнить через трубку, которой для страховки снабжен надувной жилет. Правильно надетый жилет обеспечивает положение человека под углом 45° к поверхности воды лицом вверх независимо от того, в каком положении человек упал в воду.

Спасательные нагрудники удовлетворяют тем же требованиям, что и спасательные жилеты.

Спасательные костюмы-комбинезоны используют при выполнении спасательных или авральных работ, связанных с длительным пребыванием в воде.

Страховочные рабочие жилеты предназначены для постоянного ношения во время работ, которые сопряжены с возможным падением за борт. Жилет обеспечивает поддержание упавшего за борт человека в положении, близком к вертикальному.

Конструкция спасательных средств, их количество и размещение на каждом судне регламентируются Правилами по конвенционному оборудованию морских судов Регистра СССР. Допускается размещение плотов на палубе, расположенной выше или ниже шлюпочной, при условии наличия площадки для сбора людей. Шлюпки можно размещать в любом по длине судна месте, за исключением носовой оконечности, где они могут быть смыты волной за борт.

Для обеспечения безопасности при обслуживании шлюпочного устройства запрещается: пользоваться шлюпочным устройством после истечения срока годности свидетельства Регистра СССР до получения нового свидетельства; допускать к самостоятельным работам по спуску и подъему шлюпок лиц, не обладающих необходимыми знаниями и практическими навыками; спускаться в шлюпку по шлюп-талям или другим, не предназначенным для этих целей концам; размещать в шлюпке людей свыше установленной для нее нормы; ходить, стоять в шлюпке; держать руки на планшире при подходе к борту судна или причалу. Люди, выкладывающие нижние блоки шлюп-талей, должны стоять лицом к соответствующему штевню шлюпки, а тали брать за щеки так, чтобы пальцы рук не могли быть затянуты в шкивы блока. При этом запрещается находиться между штевнем шлюпки и талью. Места установки спасательных устройств коллективного пользования и участки воды в районах спуска должны освещаться судовыми средствами. В проходах и на трапах судов водоизмещением 3000 т и больше должны быть указатели направления выхода к спасательным средствам.

§ 14. Промысловые устройства

Промысловое устройство – совокупность конструкций, промысловых механизмов, рангоута, такелажа, приспособлений и агрегатов, обеспечивающих выполнение всех операций при работе с орудиями лова.

Донный трал (рис. 2.13,*а*) предназначен для облова донных рыб и представляет собой несимметричный относительно горизонтальной плоскости сетной мешок. Верхняя его половина больше нижней и образует над устьем трала сквер (сетную крышу), предотвращающий уход рыбы вверх. *Удавным стропом* закрывают выход рыбы из кутка при подходе трала к судну, *дележным стропом* разделяют большой улов на части, *гайтяном* (шнуром с глаголь-гаком) завязывают куток трала, а при выливке улова на судно – развязывают. Горизонтальное раскрытие устья трала обеспечивают *траловыми досками* (овальными, прямоугольными, крыловидными и др.), включенными между *кабелем* и *ваером* под некоторым углом к направлению движения трала, а вертикальное раскрытие – *кухтылями* (пустотелыми пластмассовыми шарами или конструкциями другой формы) и *грунтропом* – стальным тросом с грузами, размещаемыми соответственно на верхней и нижней *подборе* (стальном тросе, окаймляющем сеть в устье трала). За счет тяжелого грунтропа донный трал при тралении движется по дну, следуя всем его неровностям. К центральной части грунтропа крепят *квартроп* – стальной трос для подтягивания, спуска и подъема грунтропа. *Клячевки* с металлическими шаровыми *бобинцами*, расправляя крылья трала, способствуют его вертикальному раскрытию. Кабели (стальной трос длиной 100–125 м) включают между клячевками и траловыми досками. Ваеры (стальной трос) обеспечивают буксировку трала. Переходные концы траловых досок обеспечивают включение и выключение последних при спуске и подъеме трала. Для подачи питания размещенным на тралe приборам проводят электрокабель. Разноглубинные (пелагические) тралы, как правило, бесклячевочные. Их конструктивная особенность – отсутствие сквера и грунтропа.

Устройства для кормового траления. Операции кормового траления включают: подготовку и сбрасывание трала в воду, травление кабелей, включение траловых досок, травление ваеров и их стопорение, выборку ваеров после окончания буксировки трала, прием и отключение траловых досок, выборку кабелей, подъем и *выливку улова* (освобождение трала от улова), осмотр трала и его ремонт. Схемы промысловых устройств отличаются способами выполнения операций траления, а комплектность оборудования зависит от длины промысловой палубы (промысловой площадки), высоты надводного борта и обеспечивает втягивание (подъем) всего трала (рис. 2.13,*б*) или его части (крыльев, подбор, кутка). При полном втягивании (подъеме) трал растягивают на палубе (у судов длиной более 50–60 м), частично (у судов длиной 30–60 м) или полностью (у судов длиной до 30–40 м) наматывают на сетной барабан. При частичном втягивании (подъеме) средняя часть трала постоянно остается в воде, а куток извлекают из воды для выливки рыбы. Крупные, большие и многие средние добывающие суда оборудованы промысловым устройством, обеспечивающим полное втягивание трала по слипу.

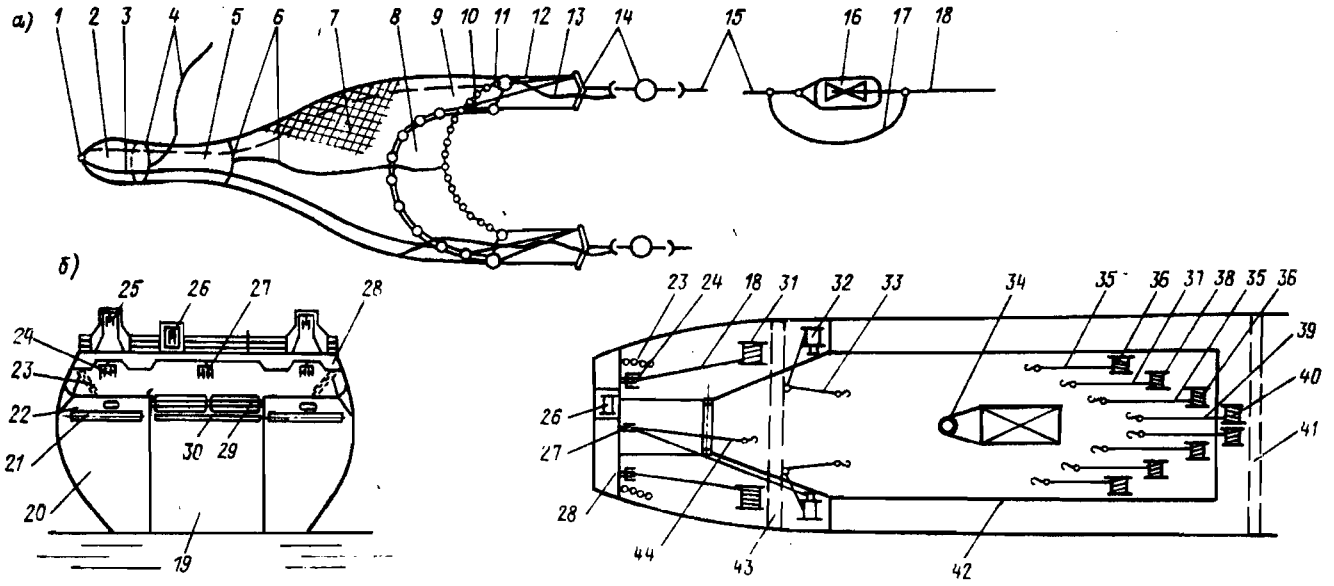


Рис. 2.13. Кормовой траловый лов:

а – принципиальная схема донного трала; *б* – промысловая схема БМРТ типа „Прометей"; *1* – гайтян; *2* – куток; *3* – топенант; *4* – дележный строп с линем; *5* – мешок; *6* – удавный строп с линем; *7* – залавливающая часть; *8* – сквер; *9* – крыло; *10* – нижняя подбора с грунтропом; *11* – верхняя подбора с кухтылями; *12* – голые концы грунтропа, подбор и топенанта; *13* – квартроп; *14* – клячевка с бобинцем; *15* – кабель; *16* – траловая доска; *17* – переходный конец траловой доски; *18* – ваер; *19* – слип; *20* – транец; *21* – горизонтальный рол; *22* – транцевый фальшборт; *23* – стопор траловой доски; *24* – ваерный подвесной блок; *25* – подвесной канифас-блок; *26* – электрокабельная лебедка; *27* – подвесной блок стяжного троса; *28* – транцевый портал; *29* – ворота слипа; *30* – горизонтальный рол на пороге слипа; *31* – ваерная лебедка; *32* – грузовая лебедка с турачкой; *33* – грузовой шкентель; *34* – направляющий роульс; *35* – вытяжной конец кабельной лебедки; *36* – кабельная лебедка; *37* – вытяжной конец для выбирания сетной части трала; *38* – грузовая лебедка; *39* – вытяжной конец гиневой лебедки; *40* – гиневая лебедка; *41, 43* – порталы портальных мачт; *42* – ограждение рабочей площадки; *44* – стяжной трос

Траловая лебедка, обеспечивающая спуск-подъем трала и различные вспомогательные и грузовые операции при работе с ним выполняется в виде одного агрегата или состоит из нескольких операционных лебедок. Лебедки могут иметь электрический, гидравлический либо механический привод от главного или специально установленного двигателя внутреннего сгорания. Из агрегатных траловых лебедок распространены лебедки с четырьмя и более барабанами, расположенными на одном или двух валах. На СТР типа „Альпинист" лебедка имеет по два ваерных, вспомогательных и кабельных барабана. Схема промыслового устройства с раздельными лебедками разработана советскими инженерами. При такой схеме устанавливают две однобарабанные *ваерные лебедки* и две (при работе с двумя тралами – четыре) двухбарабанные *кабельно-вытяжные лебедки*. Барабаны лебедок оборудуют ваероукладчиками, ленточными тормозами, растормаживающим устройством, срабатывающим при достижении усилия в ваере свыше установленного (например, при зацепе трала за грунт и т. п.). Наибольшее распространение получил *винтовой канатоукладчик* – вращающийся от привода грузового вала лебедки винт с крупной правой и левой резьбой, по которому перемещается каретка с двумя вертикальными и одним горизонтальным роликами. За один оборот барабана лебедки каретка перемещается по винту на один виток каната, и проведенный между роликами канат (трос) ровно укладывается на барабан лебедки. Встречаются и реечные канатоукладчики.

На крупных и многих больших траулерах устанавливают вспомогательные грузовые и гиневые однобарабанные (иногда без турачек) лебедки. *Гиневые лебедки* используют при подъеме на палубу тралового мешка с уловом. Некоторые суда оборудуют *сетным барабаном* – гидроприводным одновальным механизмом, выполняющим функции вытяжной лебедки. Барабан – гладкий цилиндр, разделенный ребордами на три секции: две крайние предназначены для намотки вытяжных, переходных концов и кабелей, а центральная – для намотки сетной части трала. Положение внутренних реборд регулируется их смещением. ТСМ типа „Орленок" оборудован десятибарабанной вспомогательной лебедкой с двумя приводными электродвигателями, каждый из которых обеспечивает работу пяти барабанов. Барабаны расположены в две линии. На линии с кормовой стороны имеются четыре кабельных барабана, из которых два центральных могут соединяться для выборки сетной части трала и составляют в целом сетной барабан, а боковые снабжены канатоукладчиками. Вторая линия снабжена шестью вспомогательными барабанами, из которых два центральных – вытяжные (гиневые) для подъема улова на судно, два средних – для выливки улова, два крайних – для подсушки трала. Спуск и подъем электрокабеля, питающего расположенные на трале приборы, выполняют электроприводные *электрокабельные лебедки*. Работа электрокабельной и траловой (ваерной) лебедок синхронизирована.

Управление лебедками современных судов осуществляют из промысловой рубки.

В районе сопряжения слипа с промысловой палубой устанавливают горизонтальный рол для уменьшения износа трала и палубы, а для заведения стропов перехвата и подтягивания трала по палубе в палубе делают поперечную слиповую канавку под ролом или в нос от него. У верхнего порога слипа устанавливают *ворота слипа*, обеспечивающие безопасность людей и предотвращающие набегание крутой волны на палубу. Современные суда оборудуют двухстворчатыми воротами с гидравлическим закрытием.

Направляющие ролики для проводки ваеров и тросов – это шкивы с вертикальной осью вращения, укрепленные на фундаментах или кронштейнах, а подвесные (ваерные) ролики – шкивы, подвешенные на *качающихся порталах* (дугах), *транцевых порталах, траловых дугах* и других конструкциях. Канифас-блок для стягивания трала в воду крепят в средней части транцевого портала, переходного мостика, на специальном выстреле или стреле. Блоки для подъема и подтягивания трала, выливки улова, проводки вытяжных концов и т. п. крепят на стационарных портальных мачтах, качающихся порталах (дугах), траловых дугах, транцевых порталах, выстрелах и т. п. Характерной чертой крупных добывающих судов кормового траления является наличие на рабочей площадке двух портальных мачт, переднюю из которых используют для подтягивания трала по палубе, а заднюю (кормовую) – для подъема кутка и выливки улова (см. рис. 1.2). Для многих добывающих судов характерно наличие кормовой портальной мачты в сочетании с низким транцевым порталом (см. рис. 1.1 и 1.6). В некоторых случаях вместо транцевого портала применяют два Г-образных кронштейна, образующих вместе как бы портал, но без средней части траверсы (см. рис. 1.5). На малых траулерах с бесслиповым промысловым устройством устанавливают кормовые качающиеся порталы (дуги) с амплитудой качания до 90°. Вертикальный подъем трала осуществляют с помощью шкентелей, проведенных через подвешенные грузовые блоки портала (дуги), а горизонтальное перемещение к месту выливки улова – заваливанием портала (в нос – корму) с помощью гидропривода. На многих судах вертикальный подъем улова для перемещения к месту выливки производят грузовыми стрелами. На малых траулерах используют траловые дуги – арки из коробчатого или двутаврового профиля, закрепленные на палубных фундаментах. На дугах подвешивают блоки для проводки ваеров, а у основания устанавливают коренные ролики. Размещают дуги побортно в кормовой части промысловой палубы или у транцевого фальшборта. Для увеличения разового перемещения трала при его спуске применяют выстрелы в виде легкой стрелы или плоской формы со спусковым канифас-блоком, заваленные в походном положении к транцевому порталу.

Стяжной трос – стальной трос с глаголь-гаком на ходовом конце и двумя линями-проводниками, один из которых предназначен для отсоединения глаголь-гака от трала при его приближении к спусковому канифас-блоку, а другой – для подтягивания гака к месту повторного

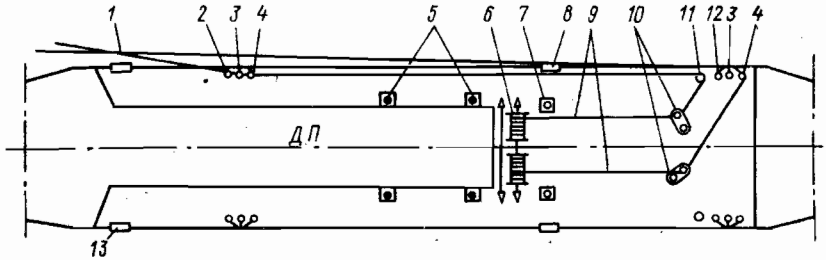


Рис. 2.14. Принципиальная схема бортового траления СРТР „Пионер":

1 – стопор-блок; *2* – кормовая траловая дуга; *3, 4* – подвесной и коренной ролики траловой дуги; *5* – отводящие ролики; *6* – траловая лебедка; *7* – квартропная тумба с роликом; *8* – роульс на фальшборте; *9* – ваеры; *10* – центральные ролики; *11* – бортовой ролик; *12* – носовая траловая дуга; *13* – кип мессенжера

крепления за трал. *Вытяжной конец* – стальной трос с гаком для вытягивания, перехвата и подтягивания трала и кутка после стопорения выбранных клячевок. Применяют аналогичные дополнительные вытяжные концы. *Подъемный трос* – шкентель порталов, используемый совместно с дополнительными вытяжными концами или талями (гинями) для облегчения подтягивания приподнятого улова к месту выливки. Стопоры траловых досок (обычно цепные) предназначены для крепления досок к корпусу судна. В последнее время применяют приспособления для механизированного приема и отдачи траловых досок.

Устройства для бортового траления. Операции бортового и кормового траления аналогичны. У траулеров бортового траления или оба борта рабочие и с них осуществляют попеременный лов двумя тралами, или один борт рабочий. Многие СРТМ типа „Нолинск", МРТР типа „Карелия" и другие суда, переоборудованные для лова креветки, могут работать одновременно двумя и даже четырьмя малыми тралами. Для этой цели на них установлены поворотные т а н г о н ы – выстрелы для стопорения ваеров трала.

Основными элементами промыслового устройства для бортового траления являются траловая лебедка, траловые дуги (или кронштейны и т. п.), центральные и бортовые роульсы, кипы мессенжера, ролики на надстройке (рубке), стопор-блок. Кроме того, используют специальные грузовые средства (джильсоны, „сушилки", стрелы) и тросы (рис. 2.14).

Траловые лебедки траулеров бортового траления, за редким исключением, нераздельные, с двумя ваерными барабанами, одной или двумя парами турачек. Барабаны, свободно насаженные на грузовой вал, имеют самостоятельные муфты включения, ленточные тормозы и ваероукладчик. Турачки используют для вспомогательных операций. Иногда одну пару турачек заменяют парой небольших грузовых барабанов.

Мессенжер – стальной трос с гаком на ходовом конце, предназначенный для подтягивания ваеров к борту судна и заводки их в стопор-

блок. *Кип мессенжера* – два вертикальных и один горизонтальный роульсы, устанавливаемые на фальшборте в районе крепления к судну ваеров. *Стопор-блок* удерживает оба ваера в одной точке. Применяют полуавтоматические стопор-блоки различных конструкций. Мессенжером заводят оба ваера в зев стопор-блока. Под давлением ваеров стопорящие защелки и гаки отжимаются, а после прохода ваеров под действием пружин возвращаются в первоначальное положение и закрывают выход. Защелки и гаки отжимают рукояткой и освобождают ваера.

Джильсон – стальной трос с грузовым гаком, проводимый через подвешенные к мачте грузовые блоки. *„Сушилка"* – блок, подвешенный в ДП над палубой за треугольное звено, растянутое между мачтой и надстройкой (рубкой) растяжками из стального троса. Предназначена она для подъема из воды и заваливания на палубу сетей мешка трала (для подсушки).

Выливку улова осуществляют в следующей последовательности. После подтягивания трала к борту выбирают удавный строп, поднимают мешок, набивая рыбой кутук и, захватив джильсоном дележный строп, поднимают кутук на палубу, одновременно припустив „сушилкой" мешок. При этом часть рыбы, не поместившаяся в кутке, остается между дележным и удавным стропами. Кутук освобождают от рыбы, гайтян затягивают, опускают кутук в воду, и поднимают мешок за удавный строп. После наполнения кутка рыбой повторяют те же операции.

Устройства для кошелькового лова. *Кошельковый невод* состоит из сетной части, насаженной на верхнюю, нижнюю и боковую подборы (капроновый канат). Улов концентрируется в сливной части, расположенной в центре невода у двукрылых неводов или с края – у однокрылых. Наибольшее промысловое значение имеют однокрылые неводы, используемые для лова с одного судна (рис. 2.15). Длина невода может доходить до 2000 м, высота – до 250 м. Верхняя подбора оснащена кухтылями, нижняя – грузилами и стяжными кольцами (в последнее время бронзовыми разъемными) на уздечках. Через стяжные кольца пропускают стяжной стальной трос. К боковой подборе на поводках или малых уздечках крепят малые кольца для бокового стяжного троса. При замете невода первым выметывают *пятной урез* (стальной трос), последним – *бежной урез*. К пятному урезу крепят плавучий якорь, светящийся буй, *проводник* (стальной трос, обеспечивающий связь пятного крыла невода с судном при замете) и через переходной конец – *стяжной трос*. Косяк рыбы окружают неводом, стяжной трос стягивают и замыкают низ невода, образуя кошель, в котором удерживается рыба до полной выливки на судно.

Отдельные операции лова могут выполняться по-разному, что вносит изменения в промысловые устройства судов. Замет невода во всех случаях наиболее удобен с кормы, а для выполнения других операций можно выделить три основные схемы, обеспечивающие: кошелькование, выборку невода и выливку улова с борта; кошелькование, выборку невода и выливку улова с кормы; кошелькование с борта, выборку

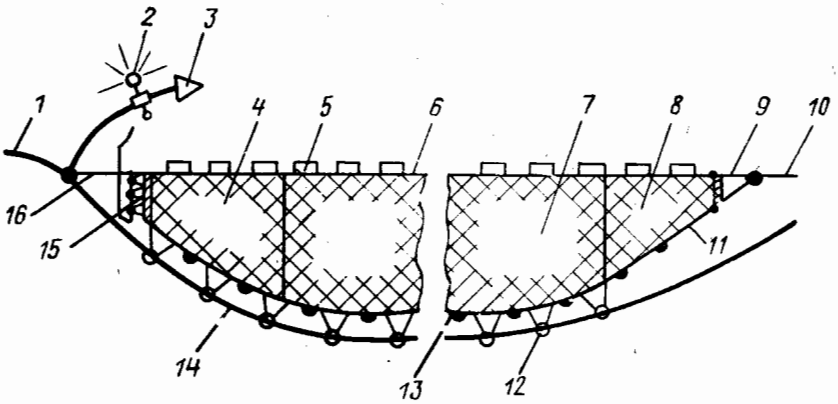


Рис. 2.15. Принципиальная схема однокрылового кошелькового невода:

1 – проводник; *2* – светящийся буй; *3* – плавучий якорь; *4* – сливная часть невода; *5* – поплавок; *6* – верхняя подбора; *7* – крыло невода; *8* – косынка; *9* – уздечка бежного уреза; *10* – бежной урез; *11* – нижняя подбора; *12* – стяжное кольцо с уздечкой; *13* – грузила; *14* – стяжной трос; *15* – боковая подбора с уздечками, стяжными кольцами и боковым стяжным тросом; *16* – пятной урез

невода с носа, выливку улова с борта. При работе по второй схеме судно располагают кормой к центру обметанного пространства и с кормы осуществляют все дальнейшие работы. Первая схема в отечественной практике является основной.

Промысловые лебедки используют для работы со стяжным тросом и проводником, для подъема колец, подсушки невода, выливки улова и других вспомогательных операций. На судах, обеспечивающих несколько видов лова (СТР, ТСМ и др.), устанавливают многооперационные траловые лебедки. Для перемотки с барабана лебедки стяжного троса перед заметом невода, для обслуживания проводника широко применяют ручные и приводные вьюшки. На ССТ и других судах устанавливают сейнерные электрогидравлические лебедки. Кроме того, используют шпили, брашпили, грузовые и ваерные лебедки.

Подвесные *неводовыборочные машины* (НВМ) – подвешиваемые силовые блоки с электрическим или электрогидравлическим приводом, совмещающие функции выборки и укладки невода (рис. 2.16, *а*). Неводовыборочные комплексы состоят из двух подвесных НВМ или палубной неводовыборочной и подвесной укладочной машин. На СТР типа „Альпинист" установлена НВМ типа „Триплекс", состоящая из трех цилиндрических барабанов с гидравлическим приводом, консольно закрепленных в одной плоскости. Невод сформированной лентой (а не жгутом) проходит над первым, затем под вторым, и далее над третьим барабаном. *Комплекс „Рол"*, предназначенный для подсушки невода (концентрации улова в сливной части при выборке невода), представ-

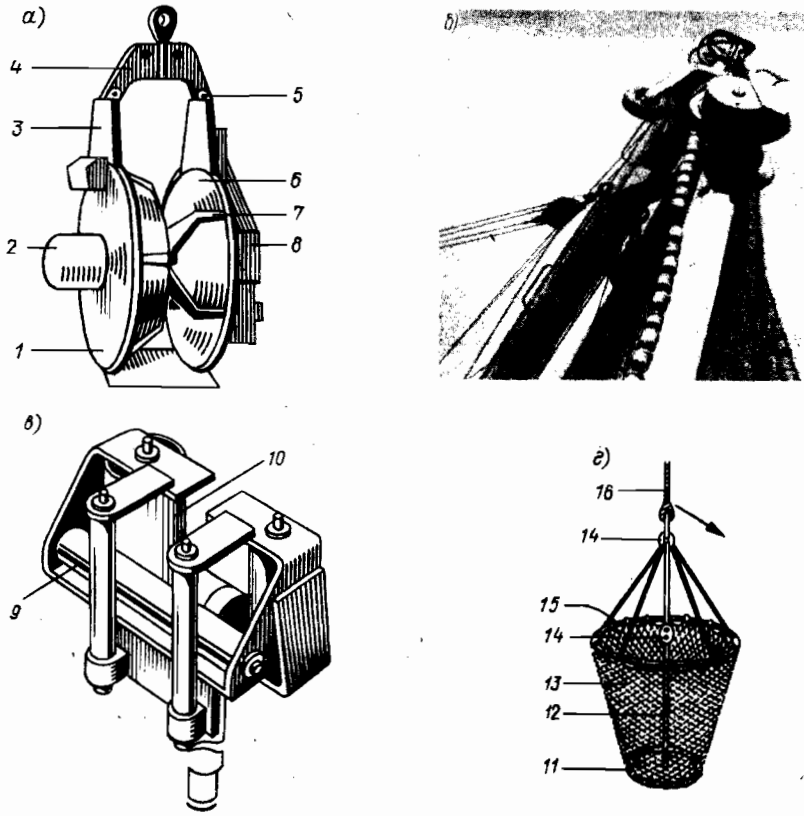


Рис. 2.16. Элементы промыслового устройства для кошелькового лова:

а – силовой блок с электроприводом; *б* – жгутоформирователь; *в* – мальгогер; *г* – каплер; *1* – щека; *2* – привод; *3* – щиток; *4* – траверса; *5* – закладной палец; *6* – барабан; *7* – ребро; *8* – редуктор; *9* – горизонтальный ролик; *10* – вертикальный ролик; *11* – стяжное кольцо; *12* – стяжной конец; *13* – сетное полотно; *14* – приспособление для отдачи и затягивания стяжного кольца; *15* – обруч; *16* – шкентель грузовой стрелы

ляет собой несколько ролов диаметром до 220 мм с резиновым покрытием, оборудованных прижимными ролами меньшего диаметра. Такие ролы с гидравлическим приводом обеспечивают скорость подсушки невода 0,2 м/с и надежное удержание сливной части у борта. *Жгутоформирователь* осуществляет формирование в жгут и свободную проводку невода при выборке. В качестве формирователя применяют дуги трубчатого сечения, закрепленные на фальшборте, свободно вращающиеся подвешиваемые барабаны, мальгогер (рис. 2.16, *б, в*). Силовые блоки подвешивают на стрелах, кран-балках, балках-манипу-

ляторах, кронштейнах. Кран-балки и балки-манипуляторы можно вываливать, разворачивать в горизонтальной плоскости, их ноки можно поднимать и опускать. Выстрелы с подвешенными канифас-блоками для проводки стяжного троса при кошельковании обеспечивают вынос канифас-блоков в носовой части судна за пределы фальшборта на расстояние до 1 м. Выстрелы могут иметь различную форму, быть съемными, поворотными. На современных судах устанавливают гидравлические *нот-балки*, состоящие из выстрела с гидроцилиндром, раздвижного блока с гидроцилиндром, пульта и блока управления. Пульт управления обеспечивает дистанционные опускание-подъем выстрела, открытие блока и отдачу стяжного троса. Предусмотрен аварийный вариант управления с помощью троса, заведенного на турачку брашпиля. *Устройство „Сброс"*, предназначенное для дистанционной отдачи сливной части невода при замете, состоит из автоматического гака, закрепленного на кран-балке или другом штатном месте в кормовой части судна, блока сигнализации и пульта управления, расположенного в рулевой рубке. При подаче питания на гак последний раскрывается и сливная часть невода или плавучий якорь падают в воду, увлекая за собой весь невод. *Выстрел* для крепления сливной части невода при выливке улова – легкая стрела небольшой длины, снабженная крючками для подвешивания боковой подборы сливной части за кольца. Он может подниматься и опускаться топенант-талью, разворачиваться в горизонтальной плоскости и фиксироваться в рабочем положении оттяжками. Рукояткой выстрел можно повернуть вокруг его продольной оси и быстро отдать сливную часть. В положении по-походному его заваливают вдоль борта судна. Металлические лотки и поворотные кронштейны (выстрелы) применяют для укладки и выметки стяжных колец при замете невода. *Каплер* предназначен для выливки рыбы из подсушенного невода. Чтобы каплер лучше зачерпывал рыбу, к одному краю обруча крепят груз (рис. 2.16, *г*).

Рыбонасосы для выливки рыбы могут быть с электрическим, гидравлическим или с механическим (от главного или специального двигателя внутреннего сгорания) приводом. В комплект входят всасывающий и напорный резинотканевые армированные проволокой шланги с забортным патрубком и невозвратным клапаном, водоотделитель и пускорегулирующая аппаратура. Находят применение погружные рыбонасосы.

На рис. 2.17 представлена схема выборки невода СРТМ. Невод выбирают, пока нижняя подбора не натянется вдоль борта, после чего ее заваливают через планширь и закрепляют с помощью привязок на тросе или поручнях. Верхняя подбора специально заведенным концом поддерживается в поднятом положении. Каплером или рыбонасосом производят выливку улова.

Устройства для дрифтерного, крючкового и некоторых других видов лова. Дрифтерный лов применяют при облове рыбы небольших концентраций. Сложившаяся в отечественной практике схема промыслового устройства предусматривает выметку дрифтерного порядка с ле-

вого борта, а выборку – с правого, что позволяет использовать судно и для тралового лова.

Простой дрифтерный порядок (с нижним или верхним расположением вожака) и *комбинированный* (ступенчатый) – ряд последовательно соединенных дрифтерных сетей. *Дрифтерная сеть* – прямоугольное сетное полотно длиной 30–35 м, высотой 6–15 м, посаженное на подборы (растительный канат). Верхняя подбора оснащена пенопластовыми поплавками, нижняя (при наличии верхнего вожака) – загрузкой (грузилами). Порядки с нижним расположением вожака (без грузила) находят более широкое применение (рис. 2.18). Длина порядка достигает 5–7 км. Судно дрейфует є порядком при закрепленном в носовой части палубы вожаке. Автомат стояночного вожака, встроенный в дрифтерный шпиль или установленный на палубе, стравливает вожак в случае возникновения в нем усилия, превышающего установленное. Схема механизации выборки порядка представлена на рис. 2.19,*а*.

В промысловой практике применяют три вида крючковых орудий лова: удочки, троллы и ярусы. *Троллы* состоят из поводцов с наживленными наживкой крючками, буксируемых за судном на специальных выстрелах. Основной вид крючкового орудия лова – ярусный порядок длиной до 150 км, который может быть дрейфующим и стационарным. Порядок состоит из *корзин* длиной до 300 м, образованных шестью секциями. Дрейфующий ярусный порядок – дрейфующая снасть для облова рыбы на глубинах до 300 м от поверхности воды. Секция

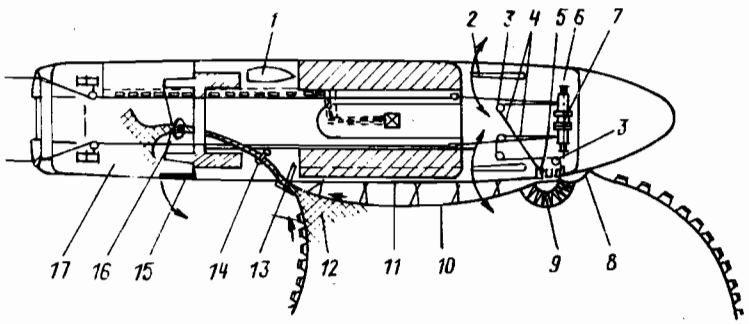


Рис. 2.17. Выборка невода на СРТМ:

1 – моторный бот; *2* – кран-балка для подвешивания каплера; *3* – блоки и ролики для проводки тросов; *4* – стяжной трос; *5* – выстрел с канифас-блоками для проводки стяжного троса; *6* – носовая промысловая площадка; *7* – тралово-сейнерная лебедка; *8* – крепление сливной части невода; *9* – стяжные кольца с уздечками нижней подборы; *10* – нижняя подбора с уздечками; *11* – трос (штанга) для передачи колец с уздечками и нижней подборы к неводовыборочному механизму; *12* – невод; *13* – кран-балка для подвешивания выборочного силового блока; *14* – отводной ролик; *15* – штанга для стяжных колец при замете невода; *16* – укладочный силовой блок на портале; *17* – кормовая промысловая площадка

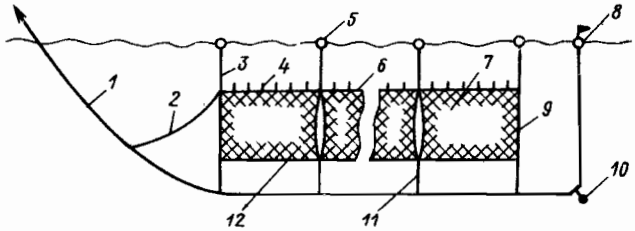
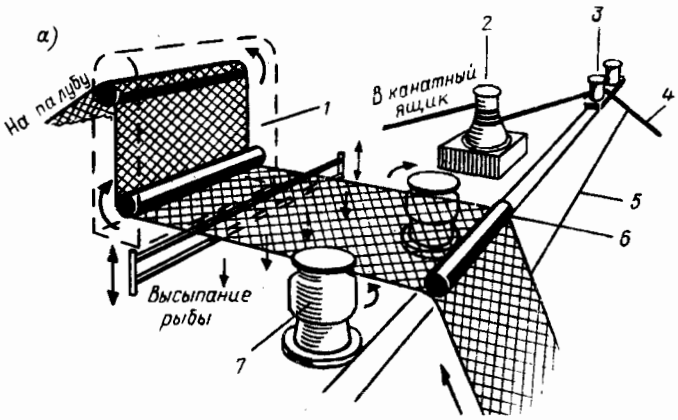


Рис. 2.18. Принципиальная схема простого дрифтерного порядка с нижним вожаком:

1 – вожак; *2* – канат для подтягивания верхней подборы; *3* – буйковый поводец; *4* – поплавок; *5* – буйковый поплавок; *6* – верхняя подбора; *7* – дрифтерная сеть; *8* – буй-маяк; *9* – боковая подбора; *10* – груз; *11* – вожаковый поводец; *12* – нижняя подбора



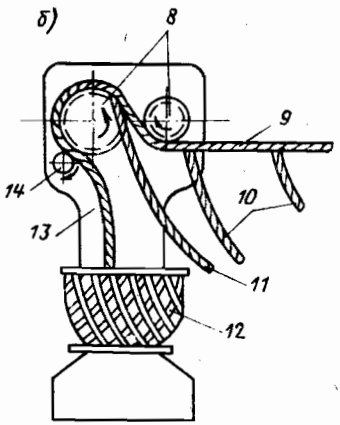


Рис. 2.19. Схемы выбирания:

а – дрифтерного порядка; *б* – яруса; *1* – машина сететрясная; *2* – шпиль; *3* – мальгогер; *4* – вожак; *5* – вожаковый поводец; *6* – дрифтерный рол; *7* – сетевыборочная машина; *8* – тянущие шкивы; *9* – хребтина; *10* – крючковые поводцы; *11* – буйреп; *12* – емкость с корзиной; *13* – ярусовыборочная машина; *14* – прижимной шкив

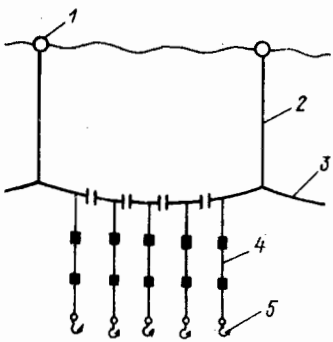


Рис. 2.20. Принципиальная схема пелагического яруса:

1 – буйковый поплавок; *2* – буйковый поводец; *3* – хребтина; *4* – крючковый поводец; *5* – крючок

яруса состоит из хребтины (растительного или капронового троса диаметром до 8 мм), буйков и крючков с поводцами (рис. 2.20). Буйки изготовляют из резины надувными, или из полиэтилена, поводцы – из растительного или капронового троса диаметром до 6 мм. Крючки – стальные хромированные. Стационарный ярусный порядок отличается от дрейфующего наличием концевых якорей, удерживающих порядок на месте, от которых идет *буйреп* (трос) к дополнительным буям-вешкам с флажками. Кроме того, к хребтине с интервалом в 10–15 м крепят грузы на растительных тросах, длиной которых регулируют положение крючков над грунтом.

При наличии кормовой надстройки постановку и выборку яруса, производят с борта, при отсутствии – постановку яруса осуществляют с кормы, а выборку – с борта. На малой скорости судна сбрасывают за борт крючковые поводцы с наживкой, стравливая одновременно хребтину и сбрасывая буйковые поводцы с буйками.

На современных судах устанавливают машины и устройства с автоматическим наживлением крючков при постановке яруса. Крючки с хребтиной проходят через специальный бункер, встречают на своем пути кусочки рыбы, нарезанной автоматическими специальными ножами, накалывают их и увлекают за борт. При выметке хребтину отводят от корпуса судна бортовым лотком-отводителем. Выбираемая хребтина через мальгогер или другое направляющее приспособление проводится на ярусовыборочную машину с электрическим либо гидравлическим приводом и укладывается в емкость или наматывается на барабан (см. рис. 2.19, *б*).

Для образования промысловой концентрации и привлечения рыбы некоторых пород применяют надводное и подводное освещение. Люстры (прожекторы) надводного освещения располагают на специальных выстрелах, причем со стороны рабочего борта люстры красного света, с противоположного – синего. Обнаружив прожектором скопление рыбы (например, сайры), зажигают люстры синего света и устанавливают ловушку (сетной мешок) с противоположного борта. Когда скопление рыбы станет плотным, синие люстры постепенно гасят и включают красные – рыба переходит в пространство между бортом и ловушкой. Поднимают ловушку и производят выливку улова.

Распространен лов рыбы на подводный электросвет с помощью рыбонасоса (см. рис. 1.4, *г*). В системе шлангов и труб от насоса до залавливающего устройства создается вакуум, и вода с рыбой (пульпа) устремляется по системе к насосу. Из водоотделителя вода поступает за борт, а рыба – на палубу.

Средства активного управления (САУ) – вспомогательные устройства, имеющие свой приводной двигатель и создающие упор, направленный под углом к ДП на малых ходах и без хода судна, независимо от судового движителя. Они облегчают условия работы с орудиями лова, уменьшают вероятность заноса судна в невод, сокращают время морских швартовок и т. п.

К САУ относят *активные рули* (см. рис. 2.1), *подруливающие устройства* (ПУ), *выдвижные движительно-рулевые поворотные колонки* (ВДРК) и др.

ПУ состоит из сквозного туннеля (трубы), расположенного в оконечности судна ниже ватерлинии и проходящего от одного борта к другому, и движителя, размещенного в туннеле. Рабочим органом ПУ могут быть гребные винты, крыльчатые движители и насосы различных типов. При работе рабочего органа по туннелю перекачивается вода и создается поперечная сила, поворачивающая судно. Изменение направления потока воды достигается реверсом двигателя в случае установки винта фиксированного шага, поворотом лопастей винта регулируемого шага, дистанционным открытием одного из клинкетов, расположенных в туннеле по обеим сторонам насоса. У некоторых ПУ гребной винт закреплен на вертикальном валу, размещенном в вертикальном туннеле. В верхней части туннель расходится на оба борта, забор воды производится из-под днища судна, направление ее выброса регулируется заслонками. Конструкция отечественного ПУ с винтами противоположного вращения представлена на рис. 2.21, *а*. Два кормовых ПУ типа „ВРШ в трубе" установлены на малой ПБ, одно кормовое – на ТСМ типа „Орленок".

Направление упора, создаваемого ВДРК (рис. 2.21, *б*), может изменяться в горизонтальной плоскости в пределах 360°. Две кормовые ВДРК установлены на ТР типа „50 лет СССР".

Спускоподъемные устройства (СПУ) предназначены для обеспечения работы технических средств специального назначения (ботов, судов-ловцов, автономных и буксируемых аппаратов и др.), а также для выполнения некоторых специальных видов работ (пересадки людей, приема лоцмана и др.). Современные СПУ для автономных плавсредств включают в себя следующие основные элементы: несущую металлоконструкцию; механизм изменения вылета; механизм спуска-подъема объекта; автоматическую систему выбора момента начала подъема с волны; устройство амортизации рывков в грузовой канатной проводке; устройство автоматической остропки плавсредства; устройство ограничения поперечного и продольного раскачивания объекта от качки судна при спуске (подъеме); механизм слежения за плавсредством при его движении на волне; устройство центровки объекта при установке на кильблоки; электро- и гидросистему приводов механизмов, входящих в состав СПУ; систему управления и информации о выполнении отдельных операций. В зависимости от назначения и конструкции

объекта некоторые из перечисленных элементов могут отсутствовать. СПУ для автономных объектов в настоящее время находятся в стадии становления и интенсивного развития.

На рис. 2.22, *а* представлено СПУ для мотобота ТСМ типа „Орленок". Вываливание бота за борт осуществляет гидроцилиндр. При этом коромысло вместе с ботом удерживаются оттяжками параллельно борту судна. Спуск на воду и подъем из воды осуществляют шкентелями с помощью лебедки. В случае упора противовеса в планку ограничителя последняя поднимается, сжимая пружину. Шток, закрепленный на планке и проходящий внутри пружины, размыкает клеммы контактора блока с автостопом и обесточивает лебедку. Управление всеми операциями производят из промысловой рубки.

Индивидуальное СПУ грузоподъемностью 250 кН для тунцеловных ботов ТБ типа „Ленинский луч" представлены на рис. 2.22, *б*. Бот приподнимают над кильблоками, грузовые барабаны лебедки затормаживают. Вываливание стрел за борт под действием силы тяжести бота обеспечивают потравливанием канатной проводки. С помощью лебедки осуществляют спуск бота, уменьшая его раскачивание оттяжками. Пульт управления расположен между колоннами на палубе.

Индивидуальные СПУ для добывающих судов КПБ типа „Андрей Захаров" представляют собой не заваливающиеся, а поворачивающиеся вокруг своей вертикальной оси шлюпбалки.

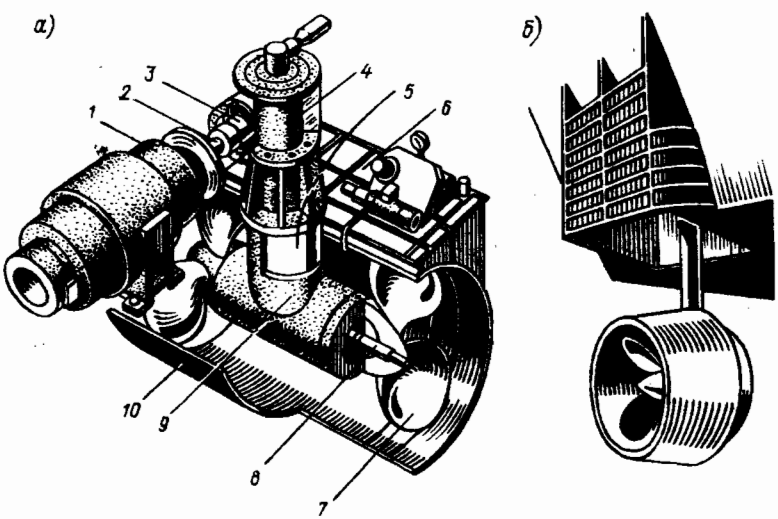


Рис. 2.21. Средства активного управления:

а – ПУ с парными винтами противоположного вращения; *б* – ВДРК; *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

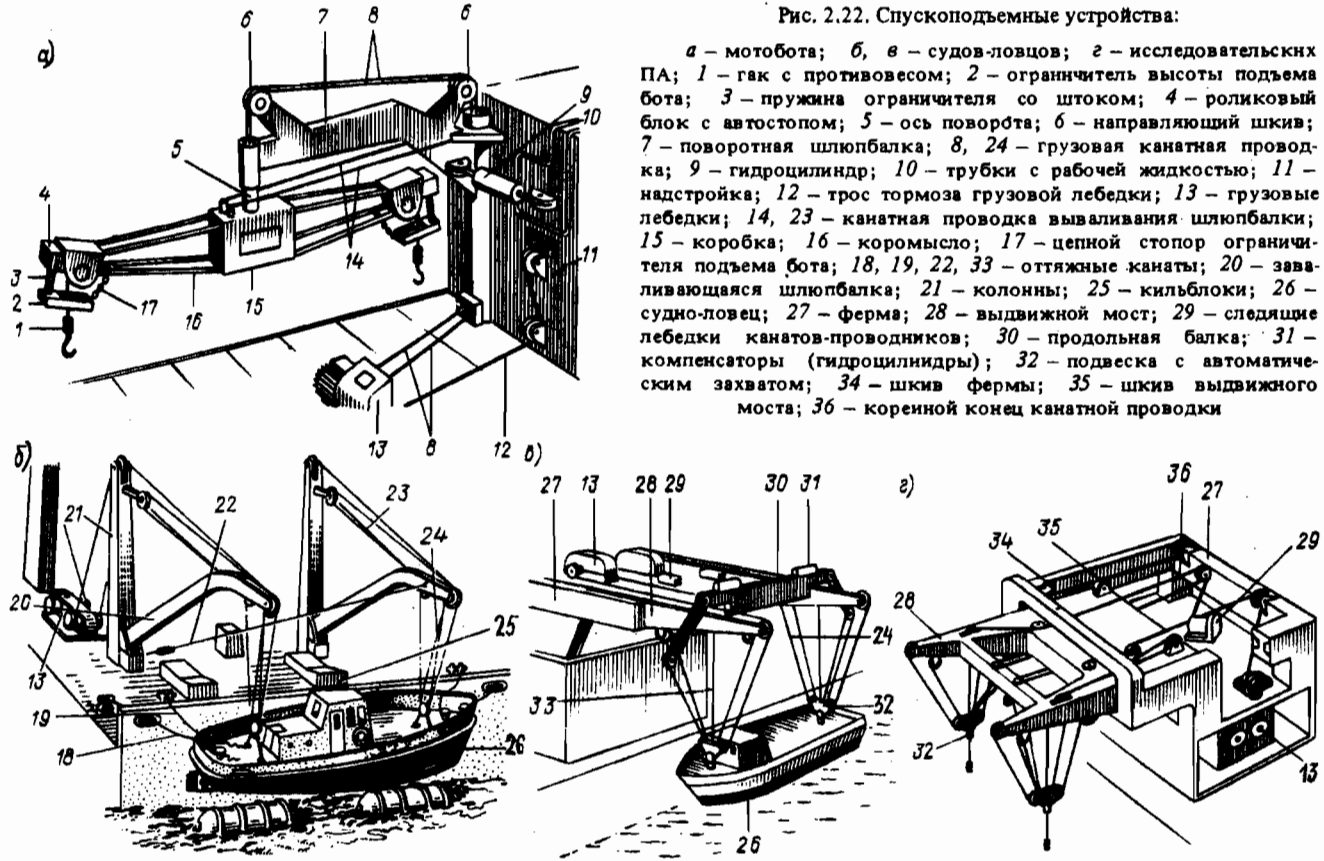


Рис. 2.22. Спускоподъемные устройства:

а – мотобота; *б, в* – судов-ловцов; *г* – исследовательскнх ПА; *1* – гак с противовесом; *2* – ограничитель высоты подъема бота; *3* – пружина ограничителя со штоком; *4* – роликовый блок с автостопом; *5* – ось поворота; *6* – направляющий шкив; *7* – поворотная шлюпбалка; *8, 24* – грузовая канатная проводка; *9* – гидроцилиндр; *10* – трубки с рабочей жидкостью; *11* – надстройка; *12* – трос тормоза грузовой лебедки; *13* – грузовые лебедки; *14, 23* – канатная проводка вываливания шлюпбалки; *15* – коробка; *16* – коромысло; *17* – цепной стопор ограничителя подъема бота; *18, 19, 22, 33* – оттяжные канаты; *20* – заваливающаяся шлюпбалка; *21* – колонны; *25* – кильблоки; *26* – судно-ловец; *27* – ферма; *28* – выдвижной мост; *29* – следящие лебедки канатов-проводников; *30* – продольная балка; *31* – компенсаторы (гидроцилиндры); *32* – подвеска с автоматическим захватом; *34* – шкив фермы; *35* – шкив выдвижного моста; *36* – кормовой конец канатной проводки

На КПБ типа „Восток" для добывающих судов[1] установлены (по одному с каждого борта) СПУ грузоподъемностью 800 кН (рис. 2.22, *в*). На перемещающемся по рельсам фермы выдвижном мосту расположены грузовые лебедки и следящие лебедки канатов-проводников. Две ветви канатной грузовой проводки подведены к подвеске с автоматическим захватом под углом, предотвращающим раскачивание поднимаемого судна в поперечном направлении. Оттяжные канаты, вынос которых в сторону оконечностей судна обеспечивает продольная балка, предотвращают раскачивание судов в продольном направлении. Компенсаторы-гидроцилиндры, связанные с гидропневмоаккумулятором, компенсируют усилия в оттяжных канатах. Транспортировку судов-ловцов по палубе к СПУ для спуска или к штатному месту после подъема обеспечивают расположенные по две на каждом борту самоходные электрогидравлические тележки с подвижными в вертикальной плоскости кильблочными рамами.

Для обеспечения приема улова у добывающего судна непосредственно из воды на некоторых обрабатывающих судах предусмотрены специальные устройства, состоящие из кормового слипа, лебедок и тросов (ПБ типа „Пионерск", „Рыбацкая слава", „Спасск" и др.). К тросу, поданному на добывающее судно с помощью плавающих буев, крепят контейнер с рыбой и сбрасывают последний за борт. Через слип обрабатывающего судна контейнер поднимается на рабочую палубу. Более сложное устройство для подъема улова в сетных мешках оборудуют тележкой и площадкой. Мешок с рыбой втягивают на установленную в нижней части слипа обрабатывающего судна тележку, которую затем подводят к наклоняющейся площадке. Мешок с рыбой перемещают с тележки на площадку, отдают стяжной трос, площадку наклоняют и производят выливку рыбы через нижнее отверстие сетного мешка. Другие типы специальных устройств для приема улова бесконтактным способом принципиально не отличаются от рассмотренных. Бесконтактный способ приема улова не нашел широкого применения на промысловом флоте, и перспективные обрабатывающие суда не будут иметь слипа.

Значительные различия по форме и массе автономных подводных аппаратов (ПА), предназначенных для исследования работы орудий лова, поведения рыбы и т. п., разнообразие судов-носителей этих аппаратов приводят к конструктивному разнообразию их СПУ. Для малых ПА применяют устройства в виде усовершенствованных кранов, установленных на палубе судна. На НИС „Зунд" буксировку, спуск и подъем двухместного несамоходного ПА „Тетис-2" обеспечивают грузовыми стрелами. СПУ грузоподъемностью 400 кН для самоходных ПА „Север-2" и ТИНРО-2 НИС „Одиссей" и „Ихтиандр" представлено на рис. 2.22, *г*. Канатная проводка выполнена следующим образом: ко-

[1] В процессе эксплуатации добывающие суда себя не оправдали и были сняты с КПБ, однако СПУ представляет интерес.

ренной конец крепится к ферме и, проходя через шкив подвески и шкив нока выдвижного моста, попадает на шкив задней части моста, далее — на шкив фермы и через направляющие шкивы — на барабан грузовой лебедки, установленной в рубке или трюме. Такая проводка обеспечивает возможность перемещения моста при неработающих лебедках. В СПУ применены автоматические захваты, которые вместе с подъемными штоками обеспечивают автоматическую остропку аппаратов в условиях волнения моря. СПУ в виде выдвижного моста с рельсами для спуска по слипу буксируемого аппарата (с телевизионной станцией) „Кайман" установлено на НИС „Южная звезда". На НИС „Гидронавт" для самоходного ПА ТИНРО-2 установлено СПУ грузоподъемностью 180 кН с параллелограммной, вываливаемой за борт гидроцилиндрами, металлоконструкцией. Конструкция оборудована следящими лебедками для канатов-проводников, автоматическими захватами, системой автоматического выбора момента подъема-спуска аппарата с учетом его положения на волне, тележкой с гидроприводом для транспортировки аппарата по судну.

Пересадку людей с судна на судно при слабом волнении осуществляют по обычным судовым трапам и сходням. С усилением волнения применяют подвешиваемые на гак грузового устройства навесные кабины с закрепленными на днище старыми автопокрышками. Более совершенное устройство состоит из кабины с лебедкой для вспомогательного троса и пружинной вьюшки. Лебедкой выбирают вспомогательный трос, закрепленный на палубе принимающего судна, постепенно приближая кабину к палубе. При этом барабаны-вьюшки, проворачиваясь, закручивают пружины. Раскручиваясь при качке, пружины выбирают появившуюся слабину вспомогательного троса. Согласно требованиям Международной конвенции по охране человеческой жизни на море длина штормтрапа от поверхности воды до места входа лоцмана на судно не должна превышать 9 м. Поэтому на крупных судах наиболее часто применяют механические лоцманские подъемники. Тележку оттяжками крепят у борта, соединенные жесткий (длина 2,5 м) и гибкий лоцманские трапы, закрепленные на тележке, с помощью талей и лебедки опускают до касания поверхности воды. После перехода лоцмана в район страхующей дуги жесткого трапа трап поднимают лебедкой, и лоцман переходит на площадку тележки. Существуют и другие конструкции подъемников.

§ 16. Элементы судовых систем

Судовые системы — совокупность сети трубопроводов с арматурой, механизмами, аппаратами, приборами управления и контроля, устройствами и емкостями, служащими для транспортировки, хранения и изменения физических свойств жидкостей и газов. В зависимости от назначения и характера выполняемых функций судовые системы подразделяют на общесудовые, специальные и системы судовых ЭУ.

К общесудовым системам относят трюмные (осушительную, балластную, креновую, дифферентную, водоотливную), санитарные (питьевой, мытьевой, забортной воды, сточно-фановую, систему шпигатов), искусственного микроклимата (вентиляции, отопления, охлаждения, кондиционирования воздуха), противопожарные (водотушения, паротушения, пенотушения, газотушения, жидкостного тушения; сигнализации возникновения пожара).

Специальные системы промысловых судов – это системы холодильные, рыбьего жира, растительного масла, тузлука, рыбоподачи, производственной пресной и забортной воды, производственного пароснабжения, канализации и др.

Системы для обслуживания судовых ЭУ (топливные, паровые, масляные, воздушно-газовые, водяного охлаждения и др.) изучают в специальных предметах.

В зависимости от типа, размеров, назначения и требований эксплуатации схема судовых систем может быть: *централизованной* – механизмы и управляемая арматура расположены в одном месте (например, в МО) и обслуживают потребителей всего судна; *децентрализованной* – механизмы расположены в одном месте, а управляемая арматура – в разных местах; *автономной* – в каждом обслуживаемом отсеке имеются самостоятельный механизм и отдельная магистраль с необходимой арматурой; *групповой* – один механизм обслуживает несколько отсеков. Требования, предъявляемые к судовым системам, регламентируются Международной конвенцией по охране человеческой жизни на море, Правилами, нормами техники безопасности и промышленной санитарии.

Трубопроводы, путевые соединения и арматура судовых систем. Магистральный трубопровод (магистраль) может быть выполнен в виде разомкнутой линии (один трубопровод вдоль судна) или кольца (два трубопровода вдоль судна, связанные перемычками, включающими разобщительную арматуру). От магистрального трубопровода отходят отростки в соответствующие отсеки (помещения) судна. На крупных судах возможно наличие комбинированной магистрали.

В зависимости от свойств проводимой среды применяют трубы стальные, стальные оцинкованные или футированные полиэтиленом, медные, медно-никелевые, латунные, биметаллические, из титановых сплавов, пластмассовые. Для систем, обеспечивающих живучесть судна, применяют только бесшовные трубы, для прочих систем – сварные. Размеры и марки материалов труб регламентированы ГОСТом.

В соответствии с ГОСТ 5648–76 трубопровод судовых систем маркируют нанесением отличительных и предупреждающих знаков в виде накрашенных (наклеенных) колец. Основной отличительный знак определяет проводимую среду, а сочетание основного и дополнительного знаков устанавливает назначение трубопровода. Ширина отличительных колец – 25 мм (узкого) или 50 мм (широкого), предупреждающих – 50 мм. При нанесении только отличительных знаков

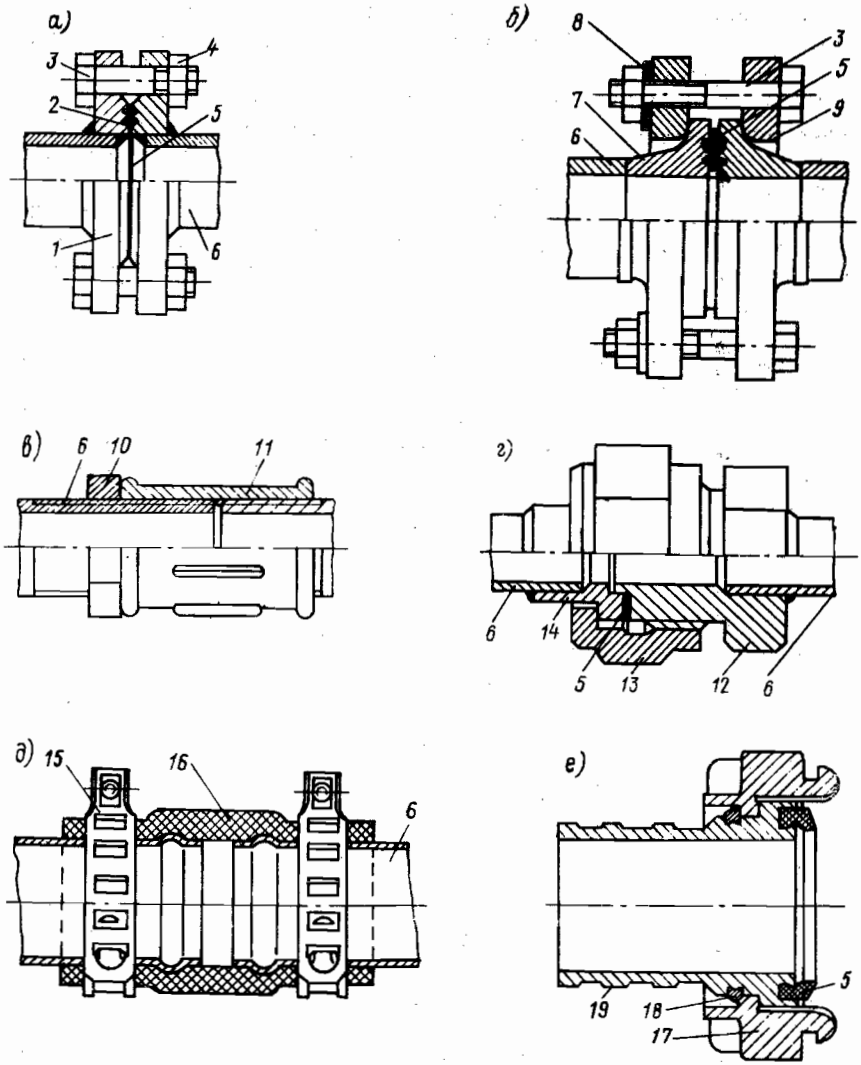


Рис. 2.23. Путевые соединения трубопроводов:

а – с приварным фланцем; *б* – со свободным фланцем; *в* – муфтовое; *г* – штуцерное; *д* – дюритовое; *е* – быстросмыкаемое; *1* – приварной фланец; *2* – кольцевые проточки; *3* – болт; *4* – гайка с шайбой; *5* – прокладка; *6* – труба; *7* – бурт; *8* – шайба; *9* – свободный фланец; *10* – контргайка; *11* – муфта; *12* – штуцер; *13* – накидная гайка; *14* – ниппель; *15* – хомутик; *16* – дюритовая муфта; *17* – поворачивающаяся гайка с цапками; *18* – стопорное кольцо; *19* – патрубок для шланга

расстояние между кольцами равно 25 мм. Кольца предупреждающих знаков наносят между кольцами отличительных знаков без зазора.

Путевые соединения предназначены для соединения труб между собой и с арматурой, фасонными частями, стенками емкостей и т. п. *Неразъемные соединения* могут быть сварными, паяными или клееными, *разъемные* – фланцевыми (рис. 2.23,*а, б*), муфтовыми (рис. 2.23,*в*); штуцерными (рис. 2.23,*г*), дюритовыми (рис. 2.23,*д*), быстросмыкаемыми (рис. 2.23,*е*) и специальными. Все виды соединений регламентированы соответствующими ГОСТами, нормалями и техническими условиями. Плотность соединения обеспечивают: фланцевого –

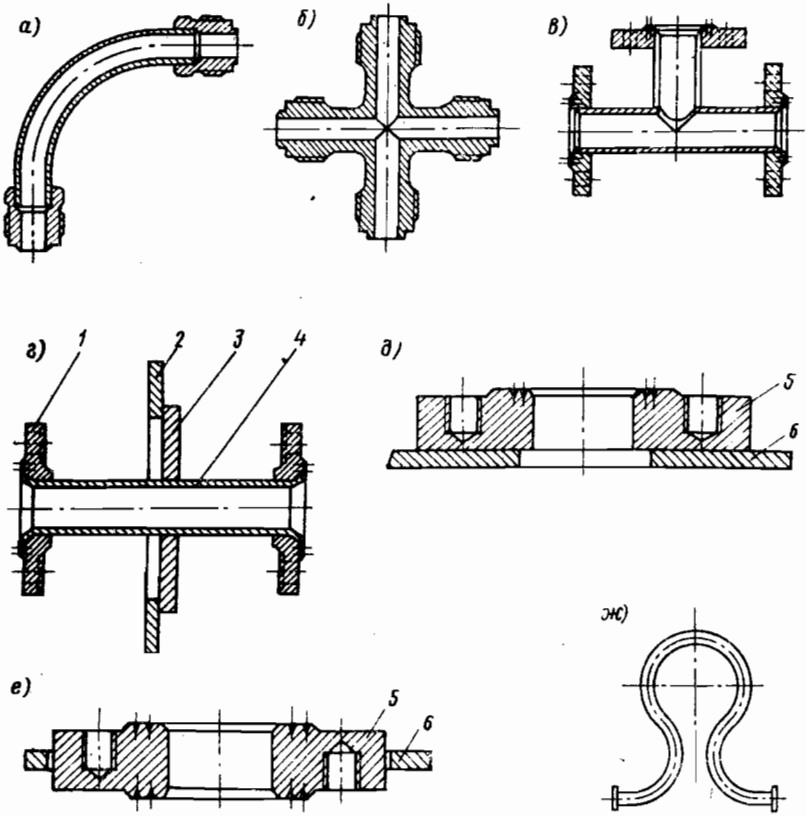


Рис. 2.24. Фасонные части трубопроводов:

а – штуцерное колено; *б* – штуцерная крестовина; *в* – фланцевый тройник; *г* – переборочный стакан; *д* – приварыш; *е* – вварыш; *ж* – лирообразный компенсатор; *1* – трубный фланец; *2* – переборка; *3* – переборочный фланец; *4* – труба; *5* – приварыш или вварыш; *6* – настил палубы

обжатием прокладки (резиновой, паронитовой, винипластовой, медной, стальной); муфтового – пропитанной железным суриком паклей, наматываемой по резьбе труб; штуцерного – прижатием прокладки при навинчивании гайки на штуцер; дюритового – развальцовыванием концов труб, соединяемых цилиндрической муфтой из эластичной резины с тканевой прослойкой; быстросмыкаемого (для соединения шлангов) – обжатием резиновых прокладок при стыковании двух патрубков с последующим поворотом на 30–40° одной гайки относительно другой и сцеплением цапок.

Фасонные части предназначены для разветвления трубопровода или изменения направления движения рабочей среды, а также для герметизации прохода труб через корпусные конструкции (рис. 2.24). Компенсаторы компенсируют изменения размеров трубопровода в процессе эксплуатации. Крепление труб к корпусным конструкциям обеспечивают подвесками или жесткими опорами с установкой паронитовой или резиновой прокладки.

Арматура служит для включения, отключения, переключения и регулирования давления рабочей среды в магистрали трубопровода.

Клапан – запорное устройство, у которого проходное отверстие закрывается плотно прижимаемой к седлу в корпусе клапана тарелкой. По способу соединения штока с тарелкой клапаны разделяют на запорные (рис. 2.25, *а, б*), невозвратные (рис. 2.25, *в*), невозвратно-запорные (рис. 2.25, *г*) и невозвратно-управляемые (рис. 2.25, *д*). Невозвратный клапан штока не имеет и при повышении давления в полости под тарелкой (или разрежении над тарелкой) последняя поднимается, открывая проход для рабочей среды только в одном направлении. Клапанные коробки объединяют общим корпусом несколько клапанов.

С помощью предохранительных, редукционных, дроссельных и других клапанов осуществляется регулирование давления рабочей среды. В предохранительном клапане тарелка прижимается к седлу пружиной, степень сжатия которой регулируют специальным винтом. При повышении давления сверх установленного тарелка поднимается и выпускает некоторое количество рабочей среды, пока давление не уменьшится до установленного. В редукционном клапане, изменяя положение тарелки, уменьшают проходное сечение, чем увеличивают скорость истечения и уменьшают давление рабочей среды. Дроссельный клапан, по устройству аналогичный запорному, обеспечивает регулирование расхода рабочей среды за счет изменения проходного сечения между тарелкой удобообтекаемой формы и седлом.

Кран – запорное устройство, у которого проходное отверстие закрывается поворотом на определенный угол плотно притертой конусной пробки с прорезями (рис. 2.25, *е*). В зависимости от количества и формы прорезей в пробке различают проходные (прорезь сквозная), трехходовые краны и крановые манипуляторы. Проходной кран сообщает или разобщает две трубы, трехходовой с L-образной прорезью в пробке сообщает или разобщает среднюю трубу с любой из двух крайних труб,

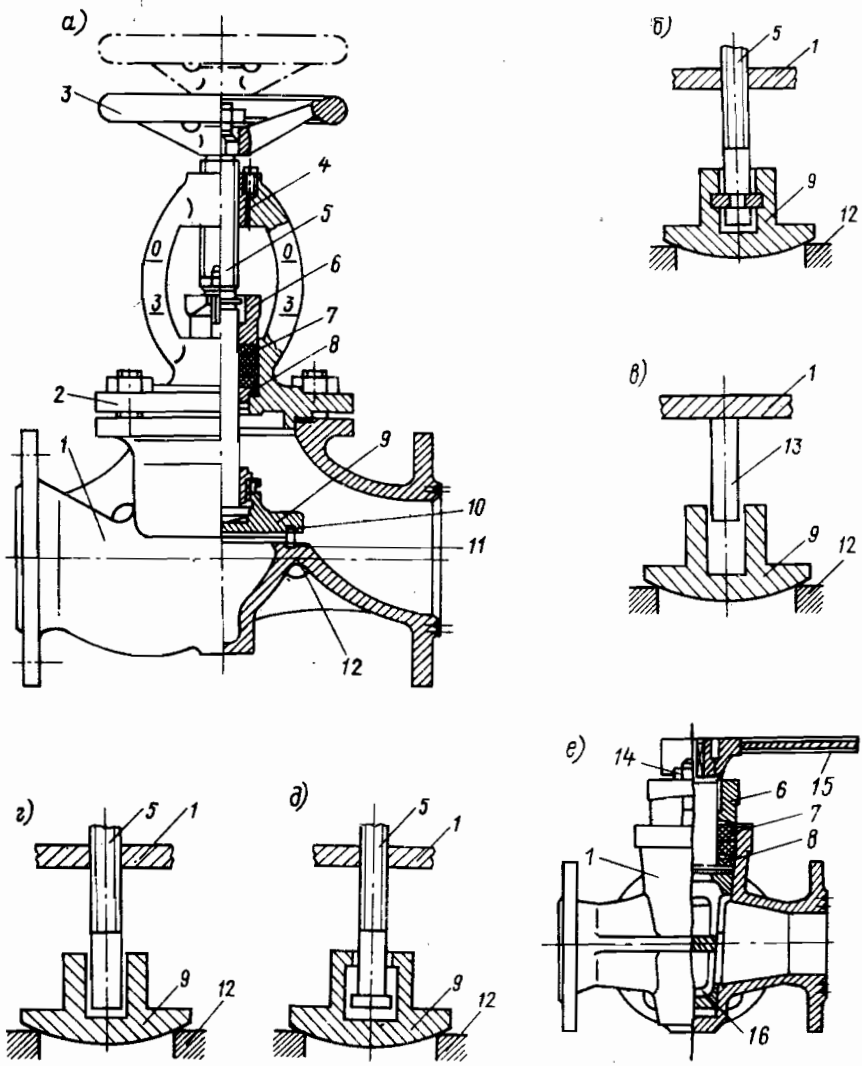


Рис. 2.25. Арматура судовых систем:

а – общий вид запорного клапана; *б – д* – приципиальные схемы клапанов: запорного (*б*), невозвратного (*в*), невозвратно-запорного (*г*), невозвратно-управляемого (*д*); *е* – общий вид проходного крана; *1* – корпус; *2* – крышка; *3* – маховик; *4* – неподвижная втулка с внутренней резьбой; *5* – шток с резьбой; *6* – нажимная втулка; *7* – сальниковая набивка; *8* – опорное (стопорное) кольцо; *9* – тарелка; *10, 11* – наплавленные уплотнительные поверхности тарелки и седла корпуса; *12* – седло; *13* – направляющая тарелки; *14* – гайка; *15* – рукоятка; *16* – пробка

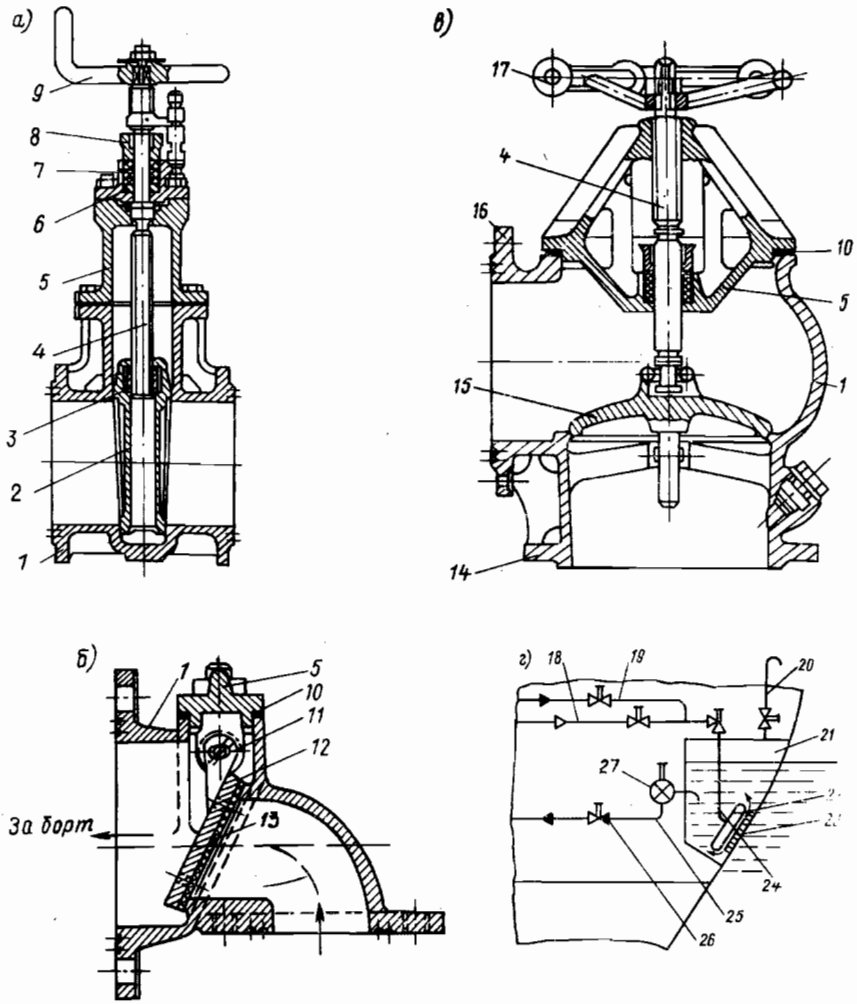


Рис. 2.26. Донная и бортовая арматура:

а – клинкет; *б* – захлопка; *в* – кингстон; *г* – схема включения арматуры; *1* – корпус; *2* – клин (задвижка); *3* – ходовая гайка; *4* – шток с резьбой; *5* – крышка; *6* – опорное кольцо; *7* – сальниковая набивка; *8* – нажимная втулка; *9* – рукоятка; *10, 13* – прокладки; *11* – ось тарелки; *12* – тарелка; *14* – донный фланец; *15* – тарелка с направляющим фланцем; *16* – трубный фланец; *17* – маховик; *18* – труба подвода пара; *19* – труба подвода сжатого воздуха; *20* – воздушная труба; *21* – кингстонный ящик; *22* – перфорированная труба; *23* – решетка; *24* – труба подачи пара или сжатого воздуха; *25* – приемная труба; *26* – невозвратно-запорный клапан; *27* – кингстон

а с Т-образной прорезью в пробке сообщает между собой все три присоединенные трубы. Манипулятор соединяет в различных вариантах подключенные к нему трубопроводы, но не может перекрывать их.

Клинкетные задвижки (*клинкеты*) – запорные устройства, у которых проходное отверстие закрывается клиновой задвижкой. У изображенного на рис. 2.26,*а* клинкета шток не движется поступательно,

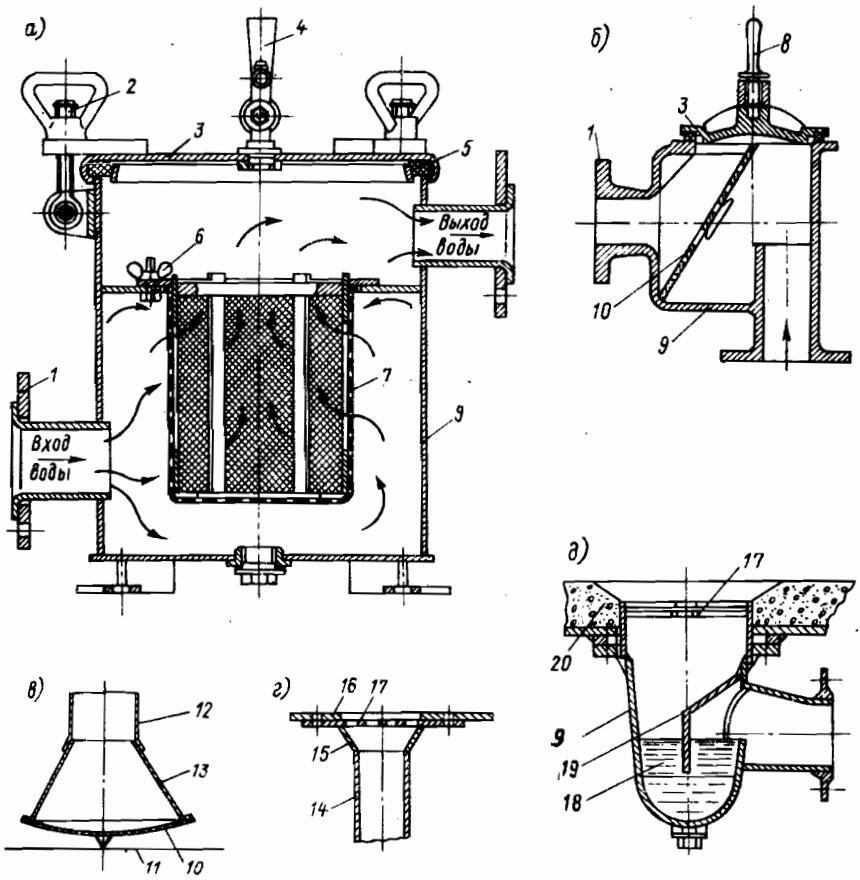


Рис. 2.27. Грязезащитные устройства:

а – фильтр; *б* – грязевая коробка; *в* – приемник; *г* – шпигат верхней палубы; *д* – шпигат закрытой палубы; *1* – фланец; *2* – откидной болт; *3* – крышка; *4* – кран для отвода воздуха; *5* – резиновая прокладка; *6* – барашек; *7* – стакан, обтянутый мелкой металлической сеткой; *8* – рым; *9* – корпус; *10* – сетка; *11* – днище судна; *12* – приемная труба; *13* – раструб; *14* – шпигатная труба; *15* – воронка; *16* – палуба; *17* – решетка; *18* – полость; *19* – козырек; *20* – покрытие палубы

а только поворачивается рукояткой. При этом ходовая гайка, навинчиваясь на шток, перемещается вдоль него вместе с задвижкой. Клинкет, оборудованный сервомотором, имеет цилиндр с крышкой и поршень, надетый на гладкий (без резьбы) шток задвижки. Перемещения задвижки осуществляются вместе с перемещениями поршня.

Запорным органом *захлопки* (рис. 2.26, *б*) является тарелка, которая поворачивается на оси под действием давления рабочей среды под тарелкой и открывает проход. Закрывается проход под действием силы тяжести тарелки. Захлопки более сложной конструкции управляются дистанционно.

Поворотный затвор в качестве запорного органа имеет поворачиваемый вокруг вертикальной оси круглый диск-заслонку, а *кингстон* (рис. 2.26, *в*) — тарелку с направляющим пальцем.

Схема включения донной арматуры представлена на рис. 2.26, *г*.

На приемных трубопроводах забортной воды устанавливают *фильтры* (рис. 2.27, *а*) или *грязевые коробки* (рис. 2.27, *б*), а на концах всасывающих труб в цистернах (отсеках) — *приемники* (рис. 2.27, *в*) или *приемные разборные сетки*. Сетки состоят из двух полуцилиндров с диаметром боковых отверстий 8—10 мм. Часто у приемной сетки ставят невозвратный клапан. На палубах для обеспечения стока воды размещают шпигаты (рис. 2.27, *г* и *д*).

Приводы управления, контрольно-измерительные приборы и механизмы судовых систем. Управление арматурой, аппаратами и другими элементами трубопроводов и систем обеспечивается местными и дистанционными приводами вручную и автоматически. Дистанционное управление может осуществляться с помощью механического (валикового), гидравлического, пневматического или электрического привода.

Валиковый привод (рис. 2.28, *а*) представляет собой цепь шарнирно соединенных валиков (или труб). Вращение привода осуществляют вручную или электродвигателем. У *гидравлического привода* с односторонней подачей рабочей жидкости (веретенного или турбинного масла) при соединении рабочей полости манипулятора с подающей трубкой насос подает рабочую жидкость под поршень, клапан открывается (рис. 2.28, *б*). После переключения манипулятора под действием пружины поршень опускается и проходное отверстие перекрывается, а рабочая жидкость по сливной трубке поступает в бак. При двухсторонней подаче рабочей жидкости последняя дополнительно подводится в пространство над поршнем, выполняя роль пружины. У пневматических приводов вместо жидкости применяют воздух. В состав *электрического привода* входит электродвигатель или электромагнит. Электродвигатель может располагаться непосредственно у арматуры или в отдалении от нее.

Контрольно-измерительные приборы (КИП) — манометры, вакуумметры и термометры — предназначены для контроля за состоянием среды, протекающей по трубопроводам.

В судовых системах применяют насосы: поршневые, роторные (шестеренные и винтовые), центробежные, осевые (пропеллерные),

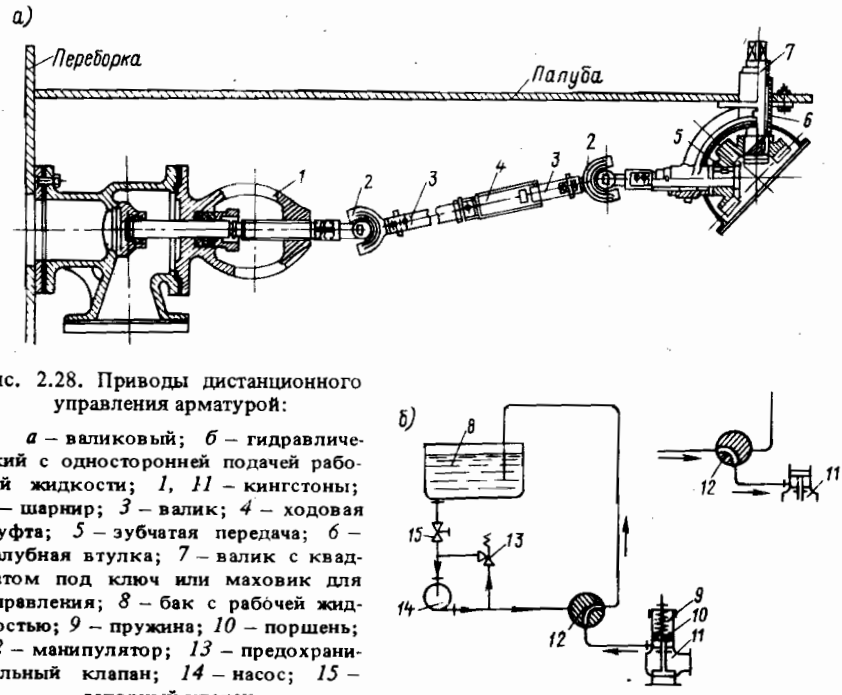


Рис. 2.28. Приводы дистанционного управления арматурой:

а – валиковый; *б* – гидравлический с односторонней подачей рабочей жидкости; *1, 11* – кингстоны; *2* – шарнир; *3* – валик; *4* – ходовая муфта; *5* – зубчатая передача; *6* – палубная втулка; *7* – валик с квадратом под ключ или маховик для управления; *8* – бак с рабочей жидкостью; *9* – пружина; *10* – поршень; *12* – манипулятор; *13* – предохранительный клапан; *14* – насос; *15* – запорный клапан

вихревые и струйные. Наибольшее распространение получили поршневые, центробежные и струйные насосы (эжекторы).

У *поршневого насоса* (рис. 2.29,*а*) при движении поршня вверх в цилиндре создается разрежение и жидкость поступает в цилиндр через всасывающий клапан, а при движении поршня вниз – вытесняется

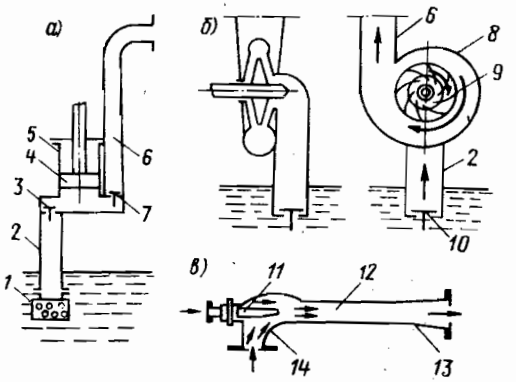


Рис. 2.29. Принципиальные схемы работы насосов:

а – поршневого; *б* – центробежного; *в* – струйного; *1* – приемная сетка; *2* – всасывающий трубопровод; *3* – всасывающий клапан; *4* – поршень; *5* – цилиндр; *6* – нагнетательный трубопровод; *7* – нагнетательный клапан; *8* – корпус насоса; *9* – рабочее колесо; *10* – невозвратный клапан; *11* – насадка (сопло); *12* – диффузор; *13* – отливной патрубок; *14* – всасывающий патрубок

через нагнетательный клапан. Клапаны открываются под давлением жидкости, а закрываются под действием пружины (на схеме не показана).

Возникающие при вращении лопастного колеса *центробежного насоса* центробежные силы отбрасывают жидкость в спиралевидный канал и образовавшееся в центре разрежение обеспечивает приток жидкости по всасывающему трубопроводу (рис. 2.29,*б*). Для пуска насоса его корпус и всасывающий трубопровод предварительно заполняют водой, поэтому при установке насоса выше уровня перекачиваемой жидкости на всасывающем трубопроводе ставят невозвратный клапан, позволяющий залить насос жидкостью перед его пуском. В ряде случаев насос снабжают самовсасывающим устройством (вакуум-насосом), удаляющим воздух из приемного трубопровода. В целях повышения напора центробежные насосы выполняют многоступенчатыми – из нескольких рабочих колес на одном валу.

У *вихревых насосов*, в отличие от центробежных, жидкость перемещается по периферии рабочего колеса в тангенциальном направлении, а у *осевых насосов* – в осевом направлении.

У *центробежно-вихревых насосов* первой ступенью служит рабочее колесо центробежного насоса, второй – вихревого.

Рабочая вода (пар), вытекая с большой скоростью из сужающейся насадки *струйного насоса (эжектора)*, обеспечивает разрежение во всасывающем патрубке (рис. 2.29,*в*). В результате перекачиваемая жидкость поднимается по всасывающему трубопроводу и перемещается по нагнетательному.

Вентиляторы служат для перемещения воздуха или газа при давлении не более 5 кПа. Их подразделяют на центробежные и осевые. В судовых системах чаще применяют центробежные вентиляторы, работающие по принципу действия центробежных насосов.

§ 17. Общесудовые системы

Трюмные системы. Осушительная система (рис. 2.30,*а*) состоит из осушительных насосов, магистрали с приемными отростками и разобщительной арматурой. Систему выполняют по централизованной схеме с линейной прокладкой приемных трубопроводов. Сбор воды в отсеках осуществляется в льялах и сточных колодцах. Приемные отростки системы во многих случаях снабжены раструбами с сеткой или грязевыми коробками. На конце выводимого за борт отливного трубопровода устанавливают невозвратно-запорный клапан с приводом дистанционного управления. Система должна иметь не менее двух *осушительных насосов* с механическим приводом, в качестве которых могут применяться независимые балластные, санитарные насосы или насосы общесудового назначения. На судах длиной до 91,5 м в качестве одного из осушительных насосов может быть водо- или пароструйный эжектор.

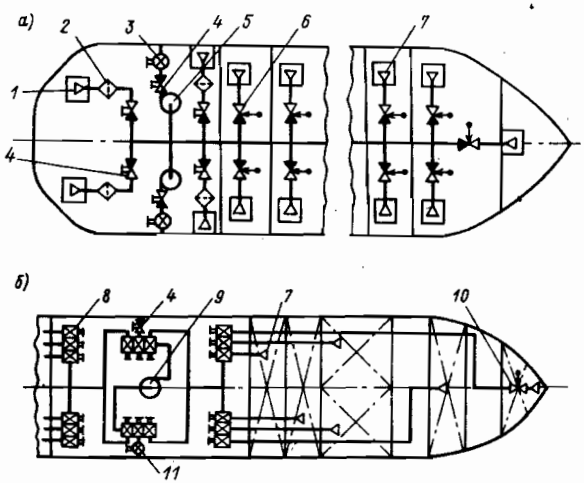


Рис. 2.30. Принципиальные схемы систем:

а – осушительной; *б* – балластной; *1* – сборный колодец; *2* – грязевая коробка; *3, 11* – кингстоны; *4* – невозвратно-запорные клапаны; *5* – осушительный насос; *6* – невозвратно-запорный дистанционно управляемый клапан; *7* – приемники; *8* – трехклапанная запорная коробка; *9* – балластный насос; *10* – запорный дистанционно управляемый клапан

Осушительные центробежные насосы должны быть самовсасывающими. В противном случае система оборудуется воздухоотсасывающим устройством. На судах, имеющих индекс деления на отсеки более 0,5 (см. § 30), один из насосов является насосом погружного типа, а источник его питания находится выше палубы переборок. В противном случае насосы и источники их питания размещают в разных водонепроницаемых отсеках таким образом, чтобы при любом допускаемом для судна затоплении один насос находился в неповрежденном отсеке и был способен осушать любой затопленный отсек. Обеспечивается возможность осушения МО через приемные отростки, присоединенные к насосу, при одновременном осушении остальных отсеков другими насосами. Кроме того, предусматривается возможность аварийного осушения МО, для чего наибольший по производительности насос охлаждающей главные двигатели воды имеет приемные отростки с невозвратно-запорными клапанами, причем на отростках не устанавливают приемные сетки и фильтры. МО с двойным дном оборудуют осушительными колодцами вместимостью не менее 0,2 $м^3$. Осушительный трубопровод обычно прокладывают вне двойного дна, а в случаях прокладки в двойном дне приемные отростки в каждом водонепроницаемом отсеке оборудуют невозвратными клапанами. Внутри шахт лага и эхолота, в колодцах двойного дна под механизмами и в местах сбора воды устанавливают

дополнительные приемные отростки. Помещение аммиачных холодильных машин имеет автономную систему осушения, а фреоновых – подключается к общесудовой системе осушения. В кормовой части грузового трюма с двойным дном предусматривают по одному осушительному колодцу с каждого борта вместимостью не менее 0,2 м^3. Фор- и ахтерпик, не используемые в качестве цистерн, цепные ящики и шкиперские могут иметь автономное осушение ручными насосами или водяными эжекторами. Осушение помещений рулевых машин и других помещений над ахтерпиком может осуществляться ручными насосами, водяными эжекторами или при помощи сточных труб. К приемной осушительной магистрали подключают насос трюмных вод, подающий воду на сепаратор или на специальное судно. Очищенная в сепараторе вода удаляется за борт, а продукты очистки – в сборную цистерну. В цистернах и трюмах трубопровод прокладывают в специальных туннелях.

Водоотливная система предназначена для удаления больших масс воды, попавшей на судно при затоплении отсеков. Система аналогична осушительной системе, но имеет трубы значительно большего диаметра (до 300–400 мм) и насосы большей производительности. На промысловых судах система входит в состав единой осушительной системы.

Спускная и перепускная системы предназначены соответственно для слива и перепуска воды из небольших неосушаемых помещений в осушаемые. В самом низком месте неосушаемого помещения устанавливают невозвратный или невозвратно-запорный клапан, от которого отводят спускную трубку к расположенному в осушаемом отсеке сточному колодцу, льялам или к специальной водосборной цистерне. Сточный трубопровод охлаждаемых помещений снабжается гидравлическим затвором и не имеет запорных клапанов. Если сточная цистерна является общей для нескольких водонепроницаемых отсеков, то сточные трубы оборудуют невозвратными клапанами.

Балластная система (рис. 2.30,*б*) предназначена для приема, перемещения и удаления забортной воды с целью улучшения мореходных качеств и сохранения прочности корпуса судна. Система состоит из цистерн для водяного балласта, насосов и трубопроводов с арматурой, средств контроля количества принятого балласта и воздушных труб. В качестве балластных цистерн обычно используют фор- и ахтерпик, а также цистерны двойного дна. Осушение балластных цистерн осуществляют через тот же трубопровод, что и наполнение. При этом клапанные коробки делают запорного типа. Насосы системы – самовсасывающие. Забортная вода в систему поступает через кингстоны или клинкеты, установленные на обшивке корпуса, стенке ящика забортной воды или кингстонного ящика и закрепленные на приварыше (см. рис. 2.26,*г*). В наружной обшивке корпуса судна на приемных отверстиях располагают съемные защитные решетки. Для продувания и прогревания приемных отверстий к ним подводят сжатый воздух, горячую воду или пар. Каждая балластная цистерна обслужи-

вается независимым трубопроводом. Систему выполняют по централизованной схеме с линейной прокладкой трубопроводов. Балластная система обслуживается не менее чем одним насосом, в качестве которого могут быть использованы насосы общесудового назначения, в том числе осушительный, пожарный или резервный насос охлаждающей воды. При этом, если балластные цистерны используют в качестве топливных, применение резервного насоса охлаждающей воды или пожарного насоса недопустимо. Насосы, используемые для откачки балластной воды из цистерн двойного дна, должны быть самовсасывающими. Приемные отростки системы обеспечивают осушение балластной цистерны при крене судна до 5°.

В группу балластных систем входят креновая и дифферентная системы, предназначенные для изменения посадки судна. Такие системы характерны только для специальных судов. На большинстве промысловых судов осушительную, балластную, креновую и дифферентную системы объединяют в общую балластно-осушительную систему. При этом приемный трубопровод осушительной системы выполняют независимым от балластного, а один из приемников осушительной системы МКО подводят к независимому осушительному насосу. Обычно устанавливают не менее двух балластно-осушительных насосов.

Трубопроводы осушительной, водоотливной, спускной и перепускной систем маркируют узким зеленым основным и широким черным дополнительным отличительными кольцами, а балластной, креновой и дифферентной систем – широким зеленым основным отличительным кольцом.

Воздушная подушка при заполнении цистерн устраняется с помощью воздушных труб с воздушной головкой, выведенных из цистерн на верхнюю палубу и загнутых на угол 180°. Поплавковый клапан (резиновый шарик) головки предотвращает попадание в цистерну воды. Измерительные трубы (см. § 18, рис. 2.40) размещают над самым низким местом цистерны (трюма). Уровень жидкости определяют по высоте смоченной поверхности футштока, поднимаемого вверх за выворачиваемую втулку. Воздушные и измерительные трубы маркируют узкими желтым основным и дополнительным (основного цвета проводимой среды) отличительными кольцами.

Санитарные системы. Основные элементы системы питьевой воды представлены на рис. 2.31,*а*. Воду хранят в специальных вкладных цистернах (не менее двух). Цистерны не соприкасаются с забортной водой и топливными цистернами, удалены от источников тепла и скоплений нечистот. В целях выполнения санитарных требований к питьевой воде внутренняя поверхность цистерн тщательно зачищается и покрывается безопасными для здоровья людей красками. Наибольшее распространение получили: цинкосиликатная краска В-Ж-41, наносимая на поверхность в три слоя со смачиванием последнего слоя 10 %-ным раствором ортофосфорной кислоты; этилсиликатная краска КО-42, наносимая в четыре слоя; полиуретановые эмали УР-41, УР-41Л, Э-76, наносимые

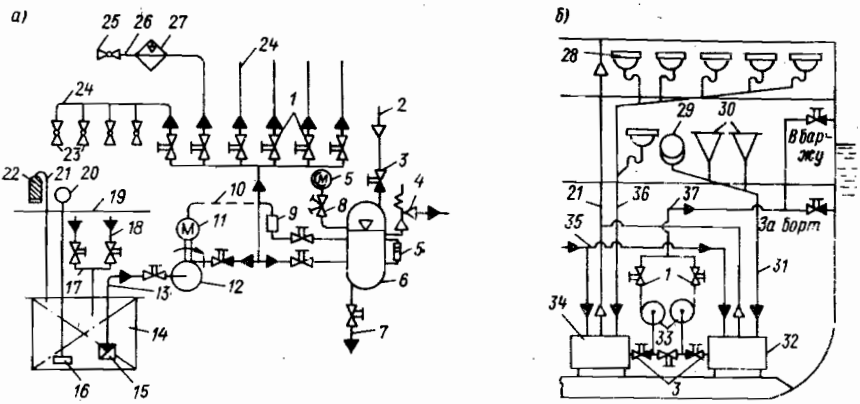


Рис. 2.31. Принципиальные схемы санитарных систем:

а – питьевой воды; *б* – сточно-фановой; *1* – запорные клапаны; *2* – трубопровод сжатого воздуха; *3* – невозвратно-запорный клапан; *4* – предохранительный клапан; *5* – манометры; *6* – гидрофор; *7* – сливной трубопровод; *8* – клапан манометра; *9* – манометрическое реле; *10* – электроцепь; *11* – электродвигатель; *12* – насос питьевой воды; *13* – всасывающий трубопровод; *14* – запасная цистерна питьевой воды; *15* – приемный клапан с сеткой; *16* – датчик уровнемера; *17* – трубопровод приема воды с берега (другого судна); *18* – трубопровод от опреснительной установки; *19* – верхняя палуба; *20* – уровнемер; *21* – воздушная труба; *22* – противопыльный фильтр; *23* – водоразборный кран; *24* – расходный трубопровод; *25* – расходный кран; *26* – питательный трубопровод; *27* – сатураторная установка для приготовления газированной воды; *28* – умывальник; *29* – писсуар; *30* – унитазы; *31* – фановый трубопровод; *32* – фекальная цистерна; *33* – фекальные насосы; *34* – сточная цистерна; *35* – трубопровод промывания цистерн забортной водой; *36* – сточный трубопровод; *37* – отливной трубопровод

в три слоя; протекторная краска (силикацинк-3), накосимая в три слоя, и др. Заполняются цистерны от береговой магистрали питьевой воды, запасы пополняются с судов-водолеев и от судовой опреснительной установки.

Принцип работы опреснительной установки состоит в выпаривании морской воды в опреснителе с последующей конденсацией пара в конденсаторе. Полученная дисциллированная вода насыщается кислородом и другими компонентами для придания ей необходимых вкусовых качеств. Общая производительность опреснительных установок некоторых ПБ составляет 350–500, а добывающих судов – 120–150 т/сут. Срок хранения питьевой воды увеличивают за счет ее прокачивания через ионизационную бактерицидную установку.

Пневмоцистерна (гидрофор) – резервуар с водой, вытесняемой к потребителю сжатым воздухом. Манометрическое реле при заданных минимальном и максимальном значениях давления воздуха в гидрофоре замыкает либо размыкает электрическую цепь, автоматически

включая или выключая насос по мере расхода воды в гидрофоре. Предохранительный клапан гидрофора срабатывает, если давление сжатого воздуха в гидрофоре на 20% превысит максимально установленное для манореле. На небольших судах вместо пневмоцистерн устанавливают (чаще в рубке) расходную цистерну, из которой вода к потребителям поступает самотеком, а автоматическая работа насоса обеспечивается поплавковым реле, срабатывающим при предельных уровнях воды в цистерне.

Систему питьевой воды маркируют двумя узкими основными отличительными кольцами зеленого цвета и одним предупреждающим синего цвета.

Система мытьевой воды по устройству аналогична системе питьевой воды, но в ее состав дополнительно включают отдельные трубопроводы и цистерну горячей воды, водоподогреватель и самостоятельный электронасос для перекачивания горячей воды. Запасы мытьевой воды хранят в цистернах прочного корпуса судна (в диптанках, бортовых цистернах, цистернах двойного дна). На некоторых судах системы мытьевой и питьевой воды совмещены. Потребители обеих систем обеспечиваются питьевой водой.

Система забортной воды по устройству аналогична системе питьевой воды, но не имеет запасных цистерн. Используется система для промывки гальюнов, охлаждения кипятильников, водоподогревателей, питания опреснительной установки, хозяйственных нужд и т. п.

Системы мытьевой и забортной воды маркируют узкими основными и дополнительными отличительными кольцами зеленого цвета.

Фановая система предназначена для удаления нечистот (фекальных вод) из гальюнов, сточная система – для удаления грязной воды из умывальников, бань, душевых, прачечных и т. п. Современные суда имеют сточно-фановую систему закрытого типа (рис. 2.31, *б*). Из санитарных помещений фекальные и сточные воды поступают в соответствующие цистерны самотеком по фановому и сточному трубопроводам, на которых устанавливают водяные затворы – изгибы труб, где вода задерживается и препятствует проникновению газов (запахов) в помещения. С этой же целью под умывальниками устанавливают отстойники. Трубопровод фановой системы имеет диаметр не меиее 100 мм и прокладывают его с уклоном не менее 0,05. Диаметр трубопровода сточной системы меньше. Из цистерн нечистоты удаляют фекальным насосом, оборудованным устройством для автоматического пуска при заполнении цистерны. В порту и в водах с санитарным режимом автоматика отключается. Цистерны располагают вдали от жилых и служебных помещений, постов управления и источников тепла, оборудуют сигнализацией о заполнении и указателями уровня заполнения. У выхода за борт отливной трубопровод имеет дистанционно управляемый невозвратно-запорный клапан. С палуб внутренних помещений вода самотеком поступает в сточные трубы через шпигаты, а с открытых

палуб – через палубные шпигаты по вертикальным трубам последовательно с одной палубы на другую и затем за борт. Систему маркируют узким основным и широким дополнительным отличительными кольцами черного цвета.

Согласно требованиям Конвенции МАРПОЛ-73/78, все суда должны быть снабжены установками для очистки и обеззараживания льяльных, сточных и хозяйственно-бытовых вод или цистернами для их сбора и последующей передачи на очистные сооружения. Применяемые установки основаны на биохимических или физико-химических методах обработки. Первые должны работать непрерывно из-за продолжительности образования активного ила и некоторых его особенностей (например, из-за потери активности), вторые требуют наличия и хранения опасных химических реагентов (коагулянтов), под воздействием которых взвешенные твердые частицы сточных вод выделяются, адсорбируясь на хлопьях гидроокисей металлов. Хлопья либо оседают, либо отфильтровываются и перекачиваются в сборную емкость, а очищенные стоки поступают для обеззараживания в дезинфекционную камеру. В подобных установках используют гидроокиси магния, кальция, хлорное железо и другие химикаты. Перспективен физико-химический способ очистки сточных вод и их смеси с фекальными водами при электрохимическом получении коагулянтов (рис. 2.32). Способ основан на анодном растворении алюминия либо железа в морской воде (или растворе поваренной соли) с образованием гидроксохлоридов, являющихся эффективными коагулянтами для очистки воды от взвешенных частиц и нефтепродуктов. Очищаемая вода подается в предварительную камеру, снабженную двумя фильтрами грубой очистки, где происходят частичное разделение нефтепродуктов и фильтрация от крупных примесей. Масла перекачиваются в маслосборник, а нефтепродукты в виде взвешенных частиц поступают вместе со стоками в реактор. После заполнения реактора начинается наработка коагулянта в электролизере, а выделяющийся хлор пропускается через очищаемые стоки. Коагулянт вытесняется сжатым воздухом из электролизера и смешивается с очищаемой водой. В процессе разложения гипохлорита в сточной воде происходит флотация взвешенных частиц с

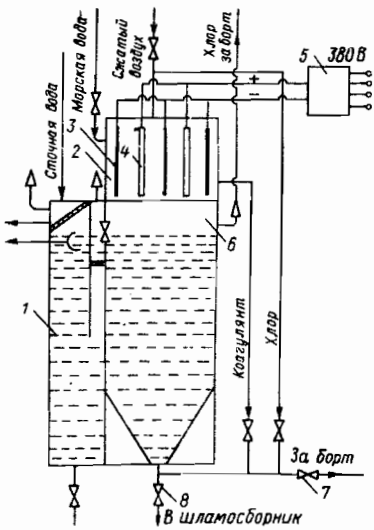


Рис. 2.32. Принципиальная схема установки для физико-химической обработки сточных вод

1 – предварительная камера; *2* – электролизер; *3* – катод; *4* – анод; *5* – источник питания; *6* – реактор-отстойник; *7, 8* – краны

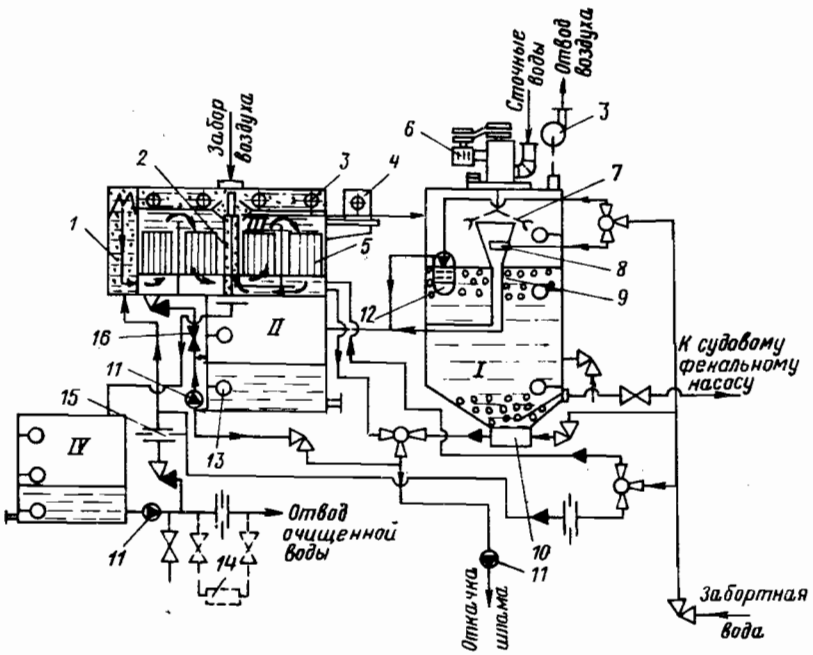


Рис. 2.33. Принципиальная схема установки для электрохимической обработки сточных вод:

1 – емкость с поваренной солью; *2* – устройство отвода очищенной воды и пены; *3* – вентилятор; *4* – привод пеносъемного механизма; *5* – блоки электродов; *6* – электродвигатель привода сетчатого фильтра; *7* – сетчатый фильтр; *8* – труба для промывки фильтра; *9* – приемная воронка; *10* – измельчитель шлама; *11* – насосы; *12* – фильтр-отстойник; *13* – датчик уровня; *14* – контроль качества очищенной воды; *15* – дроссельный клапан подачи очищенной воды в емкость с солью; *16* – дроссельный клапан (с невозвратным клапаном) подачи сточных вод в узел электрохимической очистки; *I*– блок грубой очистки и сбора шлама (примесей); *II* – усреднительная емкость; *III* – узел электрохимической обработки; *IV* – емкость сбора очищенной воды

помощью выделяющегося газообразного хлора и сжатого воздуха, чистая фракция сливается через кран *7*, а густая – через кран *8* подается в шламосборник. Эффект очистки воды от нефтепродуктов достигает 99 %, от взвешенных веществ – 97 %.

В последнее время получили распространение установки с электрохимической обработкой сточных вод типа ЭОС (рис. 2.33). По приемному патрубку сточные воды поступают на вращающийся сетчатый фильтр, в котором под действием центробежных сил крупные загрязнения (шлам) слетают с сетки, ударяются об эластичный экран и падают в шламовую емкость. Очищенные от крупных загрязнений сточные

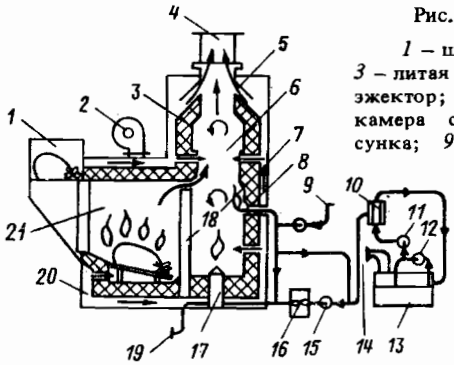


Рис. 2.34. Печь для сжигания отбросов:

1 – шлюз подачи мусора; *2* – воздуходув; *3* – литая футеровка; *4* – выход газов; *5* – эжектор; *6* – вторичная камера сгорания; *7* – камера сгорания шлама; *8* – запальная форсунка; *9* – подача топлива; *10* – самоочищающийся фильтр; *11* – шламовый циркуляционный насос; *12* – насос-дробилка; *13* – цистерна шлама; *14* – подача шлама и твердых отбросов; *15* – шламовый дозирующий насос; *16* – смеситель; *17* – шламовая форсунка; *18* – теплопередающая керамическая сетка; *19* – подача воздуха для распыления; *20* – двойная стенка воздушного охлаждения; *21* – камера сгорания твердых отбросов

воды через приемную воронку поступают в емкость для усреднения состава сточных вод, откуда перекачиваются через дроссель и невозвратный клапан на электрохимическую очистку. Процесс очистки осуществляется при последовательном прохождении стоков через межэлектродные пространства. При этом загрязнения образуют на поверхности сточных вод пену, которая скребками направляется в центр емкости и самотеком поступает в шламовую емкость. Откачка шлама одновременно с его измельчением производится в фекальную цистерну либо в мусоросжигающую печь. Промывка сетки вращающегося сетчатого фильтра обеспечивается обратным потоком воды через кольцеобразную перфорированную трубу, расположенную в приемной воронке. При работе ЭОС на пресной воде предусмотрена емкость, в которую засыпается поваренная соль и насосом подается очищенная вода. Образовавшийся рассол самотеком через переливную трубу поступает в узел электрохимической очистки. В установке предусмотрена принудительная вентиляция всех емкостей, что обеспечивает необходимое разрежение и препятствует проникновению неприятных запахов в судовые помещения.

Один из перспективных вариантов печи для сжигания жидких и твердых отбросов представлен на рис. 2.34. Запальная форсунка поджигает шламовую и отключается. Шламовая форсунка нагревает подаваемый на нее нефтяной шлам до 800 °С, шламовый дозирующий насос автоматически запускается, шлам сгорает. В случаях влагосодержания шлама свыше 60 % и понижения температуры ниже 800 °С автоматически увеличивается подача топлива, а при повышении температуры свыше 960 °С автоматически уменьшается производительность шламового насоса. При сгорании шлама нагревается керамическая стенка и в смежной камере сгорают твердые отбросы (мусор). В случаях отсутствия нефтяного шлама твердые отбросы сжигают с подогревом керамической стенки топливом. Насос-дробилка, циркуляционный насос для шлама и воздуходувка работают непрерывно. При аварийной температуре 1050 °С печь автоматически переключается на режим охлаждения.

Системы искусственного микроклимата. Систему парового отопления на судах малого водоизмещения строят по централизованному принципу, на других судах – по групповому. Теплоносителем служит насыщенный пар низкого давления (0,2–0,3 МПа), получаемый от главных, вспомогательных или утилизационных котлов. Система

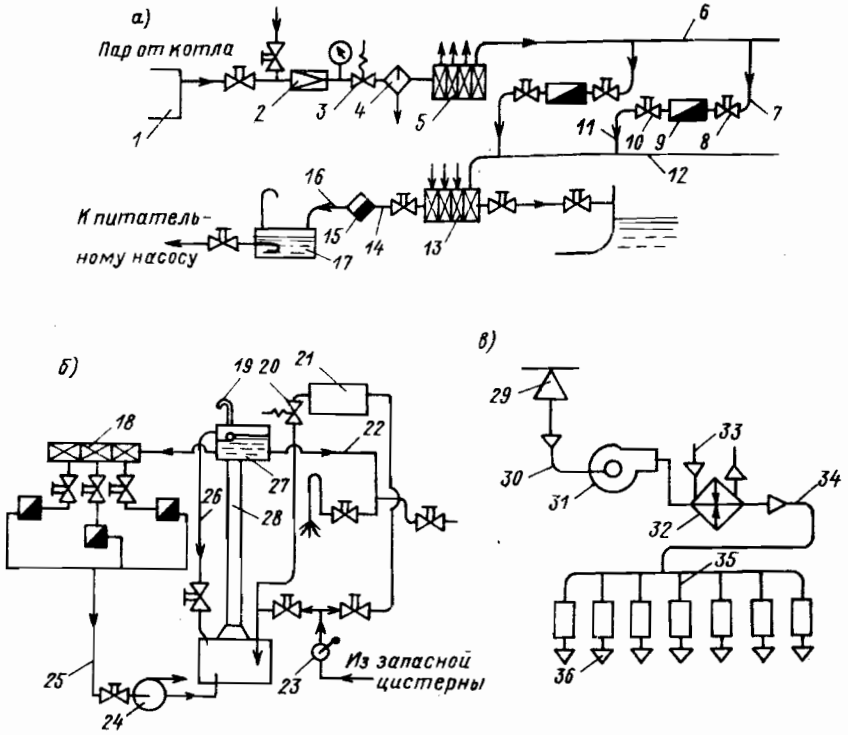


Рис. 2.35. Принципиальные схемы систем отопления:

а – паровой двухпроводной; *б* – водяной; *в* – воздушной одноступенчатой; *1* – котел; *2* – редукционный клапан; *3* – предохранительный клапан; *4* – сепаратор пара (водоотводный); *5* – парораспределительная коробка (коллектор); *6* – магистраль свежего пара; *7* – отростки к грелкам; *8* – запорный игольчатый клапан; *9* – грелка; *10* – запорный конденсатный клапан; *11* – отростки конденсатного трубопровода; *12* – магистраль конденсатного трубопровода; *13* – сборная коробка конденсата; *14* – труба отвода конденсата; *15* – конденсатоотводчик; *16* – трубопровод конденсата; *17* – теплый ящик; *18* – водораспределительная коробка; *19* – труба отвода пара; *20* – автоматически действующий клапан; *21* – бак; *22* – трубопровод отвода воды на хозяйственные нужды; *23* – питательный насос: *24* – циркуляционный насос; *25* – рециркуляционный трубопровод; *26* – труба отвода избыточной воды; *27* – расширительный бак; *28* – горячая вода; *29* – заборный раструб; *30* – трубопровод свежего воздуха; *31* – электровентилятор; *32* – калорифер; *33* – трубопровод теплоносителя; *34* – магистраль подогретого воздуха; *35* – отростки к воздухораспределителям; *36* – воздухораспределитель

может быть выполнена одно- или двухпроводной. В первом случае отвод конденсата и подвод пара производят по одному и тому же трубопроводу, во втором (рис. 2.35,*а*) — по разным трубопроводам. При однопроводной системе пар от котла через редукционный и предохранительный клапаны подводят к сепаратору, в котором он осушается и через распределительную коробку поступает в магистраль. К магистрали отростками присоединены грелки. В грелке пар частично конденсируется, и его смесь с конденсатом по отростку поступает в магистраль и конденсатную коробку, далее через клапан и конденсатоотводчик — в „теплый" ящик, откуда конденсат насосом подается в котел. На современных судах паровое отопление применяют только в МО, санблоках, кладовых и т. п., так как оно снижает влажность воздуха в помещении, вызывает пригорание пыли на грелках и появление запаха гари, сопровождается шумом. Систему маркируют узкими основными и дополнительным отличительными кольцами серебристо-серого цвета.

Систему водяного отопления строят по тому же принципу, что и систему парового отопления, но в ней отсутствуют сепараторы, редукционные клапаны и конденсатоотводчики. Теплоносителем служит вода температурой 80—90 °С. Система снабжается циркуляционным насосом и расширительным баком, компенсирующим изменение объема воды при нагревании (рис. 2.35,*б*). Циркуляция может обеспечиваться за счет разности плотностей горячей и охлажденной в грелках воды (гравитационная система). При двухпроводной системе теплоноситель может поступать к грелкам сверху вниз и снизу вверх, двигаясь в одном направлении (прямоточная схема) или в противоположных направлениях (противоточная схема), при однопроводной системе теплоноситель поступает к грелкам снизу и выходит вниз. Систему водяного отопления применяют в жилых, служебных и общественных помещениях, маркируют узкими зеленым основным и серебристо-серым дополнительным отличительными кольцами.

Систему воздушного отопления выполняют по групповому принципу и применяют преимущественно в жилых и служебных помещениях. Теплоносителем служит подаваемый в помещение предварительно подогретый воздух. Подогрев может быть одно- или двухступенчатым. В первом случае воздух полностью подогревается в общем воздухоподогревателе, во втором — частично (до 15—20 °С) в групповом воздухоподогревателе и окончательно, до требуемой температуры, в каютных воздухоподогревателях. По омываемым подогреваемым воздухом оребренным трубкам воздухоподогревателя проходит пар или горячая вода. Подогрев воздуха может осуществляться электрическими грелками. Скомпонованный с электровентилятором такой воздухоподогреватель называют калорифером. Принципиальная схема системы воздушного отопления представлена на рис. 2.35,*в*.

Электрическое отопление (электрогрелки) используют в помещениях, где необходимо поддерживать постоянные температуру и влажность воздуха (рубках и т. п.). В связи с простотой

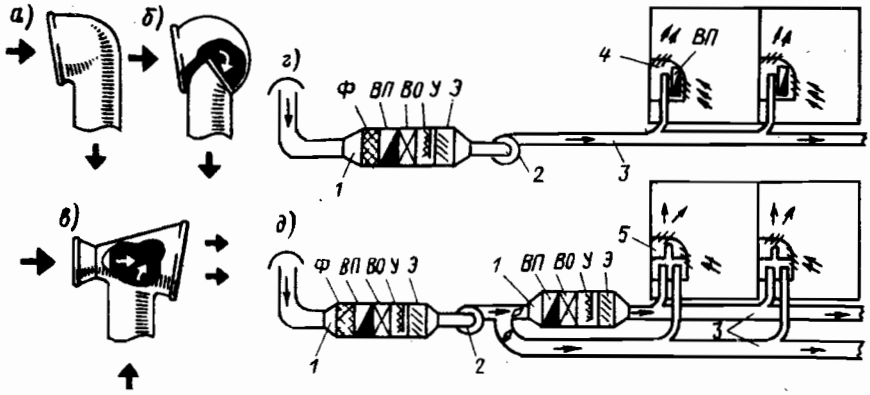


Рис. 2.36. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха:

а – нормальный дефлектор; *б* – шаровой дефлектор; *в* – эжекционный дефлектор; *г* – схема одноканальной высоконапорной СКВ; *д* – схема двухканальной высоконапорной СКВ; *1* – центральный кондиционер; *2* – электровентилятор; *3* – воздухопровод; *4* – каютный кондиционер; *5* – смеситель; *Ф* – фильтр; *ВП* – воздухоподогреватель; *ВО* – воздухоохладитель; *У* – увлажнитель; *Э* – элиминар (влагоотделитель)

и гигиеничностью этот вид отопления находит все более широкое применение.

На современных судах воздушное отопление применяют в составе системы вентиляции или кондиционирования воздуха. По принципу действия вентиляция бывает естественной, искусственной и комбинированной, а по характеру – приточной (вдувной), вытяжной и приточно-вытяжной. Для помещений с одинаковыми параметрами воздуха и характером вредных выделений систему вентиляции выполняют по групповому принципу, для помещений большого объема (грузовые трюмы, машинные и производственные помещения, кинозалы и т. п.), а также для аккумуляторных, помещений рыбомучной установки, медицинских изоляторов и т. п. – по автономному.

Воздухообмен при естественной вентиляции осуществляется либо через иллюминаторы, люки, двери и т. п. за счет разности плотности холодного и теплого воздуха, либо через поворотные дефлекторы или эжекционные головки за счет использования скоростного потока воздуха, омывающего судно. Дефлекторы в положении, изображенном на рис. 2.36,*а, б*, обеспечивают втяжную вентиляцию, а эжекционная головка на рис. 2.36,*в* – вытяжную. При их повороте вокруг вертикальной оси на 180° характер вентиляции изменится. Каждый дефлектор имеет прочную крышку, которую в штормовую погоду закрывают.

Система искусственной вентиляции состоит из электровентиляторов, воздухопроводов (круглого или прямоугольного сечения) с разобщительными клинкетами, приемной и воздухораспределительной арматуры.

Для снижения шума в воздухопроводах устанавливают звукопоглощающие патрубки. Прием свежего и отвод загрязненного воздуха производятся через грибовидные головки на открытой палубе (надстройке) и вентиляционные шахты (в надстройке или фальштрубе) с воздухозащитными крышками. В системах общесудовой вентиляции свежий воздух подается вентиляторами через фильтр и воздухораспределители в жилые и служебные помещения, вытесняя загрязненный воздух в коридор. Загрязненный воздух из бытовых помещений засасывается вентиляторами и выбрасывается в атмосферу, а свежий воздух поступает через дверные решетки из коридора. Вдувные магистрали оборудованы автоматической или дистанционно управляемой газонепроницаемой арматурой, перекрывающей каналы в случае пожара.

МКО оборудуют смешанной вентиляцией (естественной вытяжной и искусственной приточной), преимущественно приточной с подогревом воздуха в воздухоподогревателе зимой и охлаждением в воздухоохладителе летом. Помещения холодильных машин имеют автономную вытяжную вентиляцию и дополнительную аварийную, грузовые трюмы – искусственную втяжную и вытяжную вентиляцию с размещением в вентиляционных колонках реверсивных осевых электровентиляторов. Некоторые суда оборудуют системой вентиляции трюмов с предварительной подсушкой воздуха в специальных установках, состоящих из двух одинаковых частей. Через одну часть продувают наружный воздух, который, соприкасаясь с влагопоглотителем, осушается и поступает в трюм. В это же время подаваемый во вторую часть нагретый воздух удаляет из ее влагопоглотителя избыток влаги. В процессе работы назначение частей периодически меняют.

Трубопровод системы вентиляции маркируют широким основным и дополнительным отличительными кольцами голубого цвета.

Системы кондиционирования воздуха (СКВ) отличаются от систем вентиляции тем, что воздух, поступающий в помещения, подвергается подогреву или охлаждению, увлажнению или осушению, очистке от пыли и других загрязнений, обеспечивая в жилых и служебных помещениях температуру воздуха в пределах 20–25 °С при относительной влажности 40–60%, а в рабочих зонах машинных и котельных отделений – не выше 28 °С. СКВ классифицируют по следующим основным признакам: сезонности работы (сезонные, круглосуточные), назначению (комфортные, технологические), местам обработки воздуха (центральные – обработка всего вентилирующего воздуха для ряда помещений осуществляется в центральном или групповом кондиционерах, местные или автономные – воздух обрабатывается в небольших кондиционерах, находящихся в самих помещениях). По числу магистральных воздуховодов СКВ подразделяют на одно- и двухканальные. СКВ могут быть прямоточными (атмосфера – кондиционер – помещение – атмосфера) и непрямоточными, работающими на смеси свежего и рециркуляционного (из помещений) воздуха. В зависимости от скорости движения воздуха в воздуховодах системы могут быть низко-,

средне- и высокоскоростными (напорными). В низконапорных системах обработка воздуха производится полностью в центральном кондиционере, откуда он подается в помещение под давлением 1—2 кПа. Такие системы имеют ограниченные возможности местного регулирования и применяются только в больших помещениях и в помещениях с одинаковым тепловым режимом. В высоконапорных системах с одноканальной схемой воздух из центрального кондиционера с повышенной скоростью поступает в каютные кондиционеры, оборудованные водяными или электрическими калориферами, что обеспечивает подсос воздуха из помещения и его подогрев в местном калорифере. В высоконапорных системах с двухканальной схемой часть свежего воздуха обрабатывается (нагревается или охлаждается) в одном центральном кондиционере и поступает к смесителю в помещение, а другая часть проходит оба центральных кондиционера, нагревается (охлаждается) до более высокой (низкой) температуры и также поступает в помещение. Желаемая температура в помещении поддерживается посредством регулирования количества обоих потоков воздуха в смесителе.

Представление о работе современных СКВ дают рис. 2.36,*г, д*.

§ 18. Специальные системы промысловых судов

В системах искусственного холода наибольшее распространение на судах нашел принцип отбора теплоты, соприкасающейся с охлаждаемой средой жидкостью (хладагентом), имеющей при атмосферном давлении низкую температуру кипения: аммиаком (−33,4 °С), фреоном-12 (−29,8 °С), фреоном-22 (−40,8 °С) и др. Отвод теплоты из охлаждаемых помещений обеспечивают рассольная, непосредственная, воздушная и смешанная системы охлаждения.

В *рассольной системе охлаждения* (рис. 2.37,*а*) компрессор засасывает из испарителя сухие насыщенные пары ХА (рабочего тела) и сжимает их. Давление паров повышается, они перегреваются и нагнетаются компрессором в конденсатор, где циркулирующая забортная вода отбирает у них теплоту. Перегретые пары переходят в насыщенные, а затем превращаются в конденсат. Из конденсатора жидкий ХА поступает к регулирующему клапану, где происходят понижение его давления и частичное испарение. Температура жидкости снижается, и основная ее масса испаряется в испарителе, т. е. переходит снова в сухой насыщенный пар. Теплоту, необходимую для испарения, жидкий ХА получает от рассола, омывающего змеевик испарителя. Охлажденный в испарителе рассол насосом прокачивается через батареи охлаждаемого помещения и, отобрав некоторое количество теплоты воздуха помещения, вновь возвращается в испаритель. В качестве ХА рассольной системы охлаждения обычно используют ядовитый и взрывоопасный аммиак, а в качестве рассола – водные растворы хлористого кальция, хлористого натрия и др.

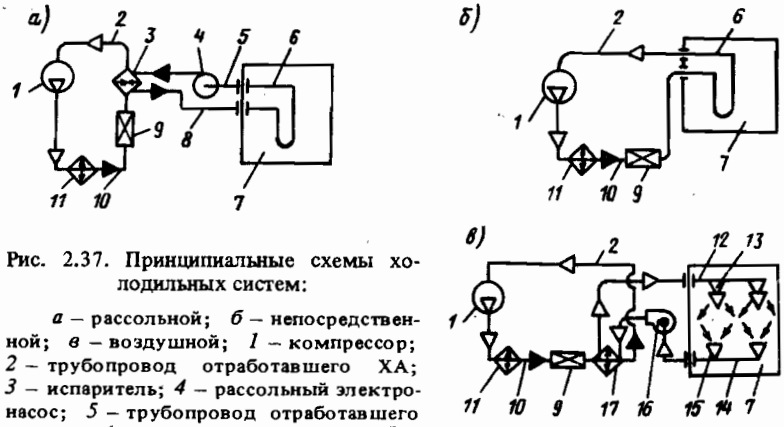


Рис. 2.37. Принципиальные схемы холодильных систем:

а – рассольной; *б* – непосредственной; *в* – воздушной; *1* – компрессор; *2* – трубопровод отработавшего ХА; *3* – испаритель; *4* – рассольный электронасос; *5* – трубопровод отработавшего рассола; *6* – охлаждающая батарея; *7* – охлаждаемое помещение; *8* – трубопровод охлажденного рассола; *9* – дроссельный клапан; *10* – трубопровод жидкого хладагента; *11* – конденсатор; *12* – трубопровод охлажденного воздуха; *13* – воздухораспределитель; *14* – вытяжной воздухопровод; *15* – приемный раструб; *16* – электровентилятор; *17* – воздухоохладитель

Появление фреона (тяжелого безвредного газа без запаха, не горючего и не образующего с воздухом взрывоопасных концентраций) позволило применить на современных судах *непосредственную систему охлаждения* (рис. 2.37,*б*), при которой по батареям охлаждаемого помещения протекает жидкий ХА, закипающий при соприкосновении с воздухом помещения и отбирающий его теплоту. К основным достоинствам системы относятся: отсутствие рассола, испарителя, насосов и другого оборудования для охлаждения и подачи рассола; значительно большая холодопроизводительность; простота устройства.

В *воздушной системе охлаждения* (рис. 2.37,*в*) воздух, охлажденный в специальных воздухоохладителях, вентиляторами подается в помещение, где нагревается и вновь засасывается вентиляторами.

Смешанная система охлаждения помещений значительно усложняет холодильную установку и применяется редко.

Температурный режим охлаждаемого помещения при использовании автоматизированных холодильных установок поддерживается регуляторами температуры или давления. В первом случае чувствительный элемент (реле температуры) при повышении температуры в охлаждаемом помещении замыкает контакты и с помощью промежуточного реле открывает соленоидный клапан, через который в охлаждающие батареи поступает рассол или ХА.

При понижении температуры до нижнего заданного предела контакты реле температуры размыкаются, соленоидный клапан закрывается, подача охлаждающего вещества в батареи прекращается. Во втором случае при повышении температуры в охлаждаемом помещении воз-

растают температура и давление паров ХА в батарее и, когда давление достигает верхнего заданного предела, контакты реле давления замыкаются, компрессор включается в работу. По мере отсасывания паров ХА давление в батарее понижается и при достижении нижнего заданного предела контакты реле размыкаются, компрессор останавливается. Реле давления используют в тех случаях, когда компрессор обслуживает несколько помещений с одинаковым температурным режимом.

Трубопровод холодоносителя – рассола – маркируют узким основным и широким дополнительным кольцами зеленого цвета, а жидкостного ХА – двумя узкими основными желтого цвета, двумя узкими дополнительными отличительными кольцами черного цвета и предупреждающим кольцом желтого цвета с черными полосами.

Систему предварительного охлаждения используют для сохранения рыбы до поступления ее на переработку. В этой системе при подаче ХА во внутреннюю полость испарителя льдогенератора происходит его интенсивное кипение за счет отбора теплоты от воды, подаваемой через форсунки на наружные поверхности испарителя. Образовавшийся лед скалывается фрезами и ссыпается вниз, а избыток воды стекает в поддон и отводится на рециркуляционную станцию. Пары ХА отводятся к компрессору. К местам потребления лед подается с помощью транспортеров, элеваторов и т. п.

Система замораживания предназначена для замораживания рыбопродукции перед загрузкой в рефрижераторный трюм. В судовых условиях используют воздушный и контактный (между охлаждающими плитами) методы замораживания. На добывающих судах распространены тележечные и конвейерные (современные) воздушно-морозильные аппараты. Автоматизированный скороморозильный аппарат состоит из рыбного бункера, конвейерной части аппарата с движущимися блок-формами для замораживания рыбы в потоке холодного воздуха, воздухоохладителя с вентилятором, транспортера для подачи блоков на глазуровку и упаковку. В последние годы находит применение способ мокрого замораживания рыбы некоторых пород (мелкого тунца и др.), при котором рыбный танк заполняют охлажденной морской водой и загружают рыбой, перекачивая вытесняемую воду в следующий танк. После заполнения танка рыбой в него добавляют свежую охлажденную забортную воду и включают циркуляционный рассольный насос. Затем в воду добавляют поваренную соль. Через некоторое время рассол выкачивают, и в танке поддерживают за счет рефрижераторной установки температуру от -6 до $-12\,^{\circ}$С. Перед приходом в порт рыбу размораживают, пропуская через танки горячий рассол.

Система технического рыбьего жира обеспечивает производство жира по следующей схеме: измельченные рыбные отходы подают в варильник на разварку сухим паром, а затем под пресс. Жом направляется на приготовление рыбной муки, а жиросодержащая жидкость насосом перекачивается в шламоотделитель (центри-

фугу), где очищается от твердых белковых примесей, подогревается и самотеком поступает в сепаратор для отделения жира. Трубопровод маркируют широким коричневым основным отличительным кольцом.

Систему медицинского рыбьего жира применяют для производства жира из печени рыб некоторых пород (трески, акулы и др.). Жир вырабатывается в жиротопных котлах острым паром, на сепараторных установках с предварительным дроблением и нагревом печени и в комбинированных установках, сочетающих жиротопные котлы и сепараторы. Вкладные цистерны медицинского рыбьего жира располагают вдали от источников теплоты и загрязнений. Перекачку жира обеспечивают специальные насосы. Трубопровод системы маркируют двумя узкими коричневыми основными отличительными кольцами и синим предупреждающим.

Система тузлука обеспечивает приготовление малосоленой и соленой рыбы. Тузлук приготовляют прокачкой забортной воды через солерастворители с последующей очисткой в механических фильтрах, охлаждением в рассольном охладителе и подачей к потребителям. Отработанный тузлук сливается в сборник и снова подается в солерастворители для повышения концентрации. Трубопровод системы маркируют двумя широкими зелеными основными отличительными кольцами и синим предупреждающим.

Система растительного масла состоит из вкладных цистерн для хранения масла, специальных баков для его прокаливания перед подачей к потребителям, трубопроводов с арматурой, насосов и напорного бака, откуда масло самотеком поступает на маслоразливочные машины. Трубопровод системы маркируют двумя широкими основными коричневыми отличительными кольцами и синим предупреждающим.

Система производственной забортной воды состоит из рассольного охладителя воды для аккумуляторных баков и парового водоподогревателя для мойки оборудования горячей водой. Систему маркируют так же, как систему мытьевой воды.

Система производственной пресной воды независима от системы бытовой пресной воды и маркируется так же, как система питьевой воды. Система производственного пароснабжения маркируется так же, как система парового отопления.

Система производственной канализации состоит из безнапорных участков, предназначенных для удаления сточных вод самотеком за борт, в сточные колодцы или сборные цистерны, и напорных участков, по которым воду удаляют из мест сбора. Сточный трубопровод прокладывают в пределах одного водонепроницаемого отсека. Перед забортными отверстиями устанавливают невозвратно-запорные клапаны или невозвратные захлопки. Бортовую арматуру оборудуют системой продувания и обогрева. Трубопровод системы производственной канализации маркируют так же, как сточно-фановую систему.

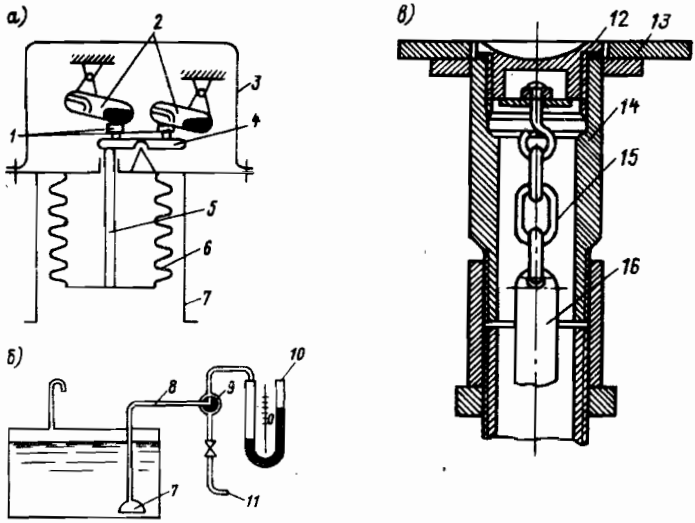


Рис. 2.38. Измерение уровня жидкости с помощью:

а – реле уровня трюмных вод типа РУК; *б* – пневмеркаторной системы; *в* – футштока; *1* – винты настройки; *2* – ртутные переключатели; *3* – колпак; *4* – рычаг; *5* – шток; *6* – сильфон; *7* – колокол; *8* – трубка к манометру; *9* – кран; *10* – жидкостный манометр; *11* – трубопровод сжатого воздуха; *12* – втулка с резьбой; *13* – палуба (настил второго дна); *14* – измерительная труба; *15* – цепочка (трос); *16* – футшток (рейка)

Система подогрева балласта предназначена для поддержания температуры воды в цистернах на 1–2 °С выше точки ее замерзания. В этой системе пар пропускают через дистанционно управляемые клапаны и расположенные в цистернах змеевики, а конденсат через конденсатоотводчики и невозвратно-запорные клапаны направляют в трубопровод отвода конденсата. Предусмотрена система продувания змеевиков сжатым воздухом.

Системы дистанционного измерения уровня жидкости в помещениях и цистернах в настоящее время еще не полностью отвечают современным требованиям эксплуатации судов и находятся в стадии усовершенствования. Одна из таких систем включает *реле уровня трюмных вод* типа РУК, устанавливаемое в сточных колодцах колоколом вниз (рис. 2.38,*а*). При определенном уровне воды в трюме сжимаемая воздушная подушка колокола сжимает сильфон, и шток, через рычаг поворачивая ртутные переключатели, замыкает контакты последних, обеспечив загорание сигнальной лампочки на посту управления. *Сигнализатор уровня электродного типа* состоит из двух электродов в специальном корпусе, к которым подведен кабель.

Когда уровень воды достигает закрепленного на переборке сигнализатора, происходит замыкание электродов и загорание сигнальной лампочки на посту управления. В основу работы *пневматического уровнемера* положено измерение разности давлений в двух трубках, одна из которых опущена на дно цистерны, а другая подведена в ее верхнюю часть. В *пневмеркаторной* системе (рис. 2.38, *б*) измерительную трубку и колокол продувают сжатым воздухом, в результате чего в колоколе устанавливается давление, равное давлению столба жидкости над ним. По показаниям жидкостного манометра определяют уровень жидкости в цистерне. В *дифманометре* гидростатическое давление столба жидкости воспринимает мембрана, прогибы которой вызывают перемещение сердечника в индукционной катушке преобразователя и соответственно изменение силы тока в электрической цепи и отклонение стрелки указателя уровня.

Системы дистанционного измерения осадки судна, как правило, принципиально аналогичны системам дистанционного измерения уровня жидкости в цистернах и трюмах. Кроме того, можно отметить датчик Парунова и датчик Доценко. Датчик Парунова представляет собой заполненную маслом трубу с поплавком, замыкающим две натянутые внутри трубы константановые проволоки. Проволоки соединены с указателем осадки на посту управления по схеме потенциометра, ползуном которого служит поплавок. Труба сообщается с забортной водой. При изменении осадки судна соответственно меняются уровень масла в трубе и сопротивление электрического моста. У датчика Доценко в сообщающейся с забортной водой трубе на одинаковых расстояниях друг от друга закреплены контакты, соединенные многожильным кабелем с указателем на посту управления судном. В зависимости от уровня воды в трубе (от осадки судна) замыкается определенное количество контактов. Ползун указателя поворачивают до тех пор, пока не загорится или погаснет включенная в сеть лампочка. Недостаток большинства систем дистанционного измерения осадки — возможность замерзания в них воды зимой. Кроме того, в системах, работающих по принципу измерения давления или использующих промежуточные жидкие среды (масло, ртуть), не учитываются влияние изменения плотности забортной воды и влияние качки судна.

§ 19. Противопожарные системы

Противопожарные системы предназначены для выявления очага пожара и его ликвидации. По способу тушения пожара системы подразделяют на поверхностные, служащие для подачи на поверхность очага пожара вещества, которое охлаждает или прекращает доступ кислорода в зону горения, и на объемные, заполняющие объем помещения парами или газами, не поддерживающими горения. По роду используемого огнегасительного вещества системы делят на водяные (водо-

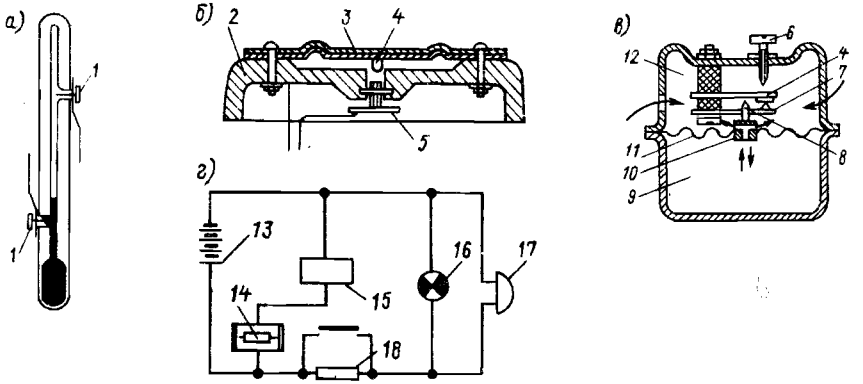


Рис. 2.39. Элементы системы сигнализации возникновения пожара:

а – ртутный максимальный температурный извещатель; *б* – температурный извещатель с биметаллической пластинкой; *в* – дифференциальный температурный извещатель; *г* – электрическая схема системы; *1* – платиновые контакты; *2* – фарфоровое основание; *3* – биметаллическая пластинка; *4* – подвижный контакт; *5* – диск со шкалой настройки и неподвижным контактом; *6* – ограничитель перемещения контакта; *7* – неподвижный контакт; *8* – стержень; *9* – нижняя камера; *10* – втулка с отверстием; *11* – мембрана; *12* – верхняя камера; *13* – аккумуляторная батарея; *14* – датчик; *15* – соленоид; *16* – лампочка; *17* – звонок; *18* – сопротивление

тушения и водораспылительные), затопления забортной водой, пенотушения, паротушения, газотушения (углекислотная и инертных газов) и жидкостного тушения (СЖ-Б).

Ниже рассмотрены конструктивные элементы и принцип действия систем обнаружения пожара и пожаротушения. Рекомендации по целесообразности применения систем и организации борьбы с пожаром даны в § 41.

Система автоматической пожарной сигнализации включает: датчики-извещатели; приемную аппаратуру; соединительные линии, связывающие извещатели с приемной аппаратурой; источники питания электроэнергией системы сигнализации. *Температурные извещатели* разделяют на максимальные, дифференциальные и комбинированные. Простейший максимальный температурный извещатель (рис. 2.39,*а*) представляет собой ртутный термометр с впаянными платиновыми контактами. При повышении температуры в помещении до определенного значения столбик ртути достигает верхнего контакта и замыкает электрическую цепь. Возникают световой и звуковой сигналы. У извещателя, изображенного на рис. 2.39,*б*, с повышением температуры в помещении электрическая цепь замыкается при прогибе биметаллической пластинки. Дифференциальные температурные извещатели (рис. 2.39,*в*) реагируют не на абсолютное значение температуры

в помещении, а на скорость ее нарастания. Воздух в корпусе извещателя нагревается и свободно выходит из верхней камеры через каналы в стенках корпуса, а из нижней камеры – через отверстия малого диаметра во втулке. За счет возникающей разности давлений в камерах мембрана прогибается вверх, и ее стержень размыкает контакты, подавая импульс в систему сигнализации. Если скорость изменения температуры воздуха в помещении невелика, воздух из нижней камеры успевает вытечь через отверстия втулки и в камерах извещателя не создается достаточной для прогиба мембраны разности давлений. В комбинированных извещателях сочетается принцип максимальных и дифференциальных извещателей. В системах сигнализации, работающих на принципе обнаружения дыма, вентилятором по сигнальным трубкам постоянно отсасывается воздух из контролируемых помещений. На концах трубок установлен фотоэлемент. При появлении дыма изменяется сила света, фотоэлемент срабатывает и замыкает сеть сигнализации. Датчики-извещатели, основанные на обнаружении открытого пламени, также имеют фотоэлемент, замыкающий электрическую сеть.

Простейшая электрическая сигнальная система представлена на рис. 2.39,*г*. Сила тока, протекающего по цепи от аккумуляторной батареи, не достаточна для загорания сигнальной лампочки и работы звонка. При срабатывании датчика-извещателя электрическая цепь размыкается, сердечник соленоида шунтирует сопротивление и электрический ток полной силы проходит от батареи через лампочку и звонок. Возникают световой и звуковой сигналы.

Аппаратура, принимающая сигналы от извещателей и оповещающая о пожаре, объединяется в коммутаторе пожарной сигнализации, установленном на посту управления (в рулевой рубке). Каждой зажигающейся лампочке соответствует свой номер охраняемого помещения. Датчики ручной пожароизвещательной сигнализации устанавливают в коридорах и вестибюлях жилых, служебных и общественных помещений.

Схема противопожарной системы водотушения представлена на рис. 2.40,*а*. Центробежные пожарные электронасосы с независимым от главного двигателя приводом должны обеспечить одновременную работу 15 % всех установленных на судне пожарных рожков водяного орошения трапов и выходов из МО, системы водораспыления в МО и системы пенотушения. В качестве аварийного средства используют аварийный пожарный насос с приводом от аварийного источника энергии. К системе могут быть подключены балластные, охлаждающие и другие насосы судовых систем. На большинстве промысловых судов система выполнена по кольцевой схеме с поперечными перемычками, имеющими разобщительные клапаны. От магистрали и перемычек идут отростки к пожарным рожкам. Встречаются варианты выполнения магистрали по линейной схеме. От замерзания в зимний период трубопровод предохраняют устройства для спуска и продувания воды. Пожарный рожок представляет собой запорный клапан с фланцем на одной

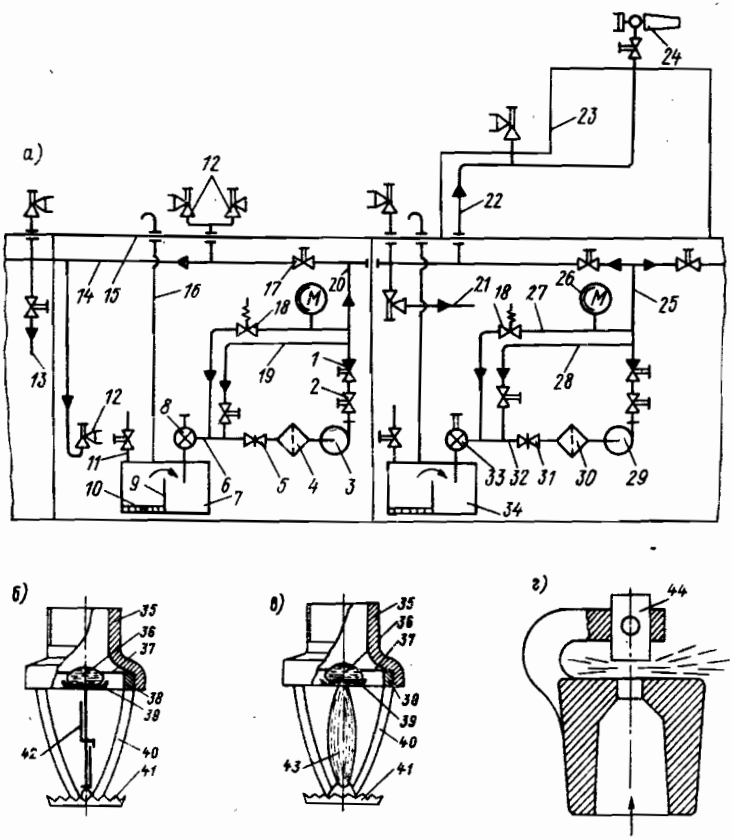


Рис. 2.40. Элементы водяной системы пожаротушения:

а – принципиальная схема системы водотушения; *б* – спринклер с металлическим замком; *в* – спринкер со стеклянной колбой; *г* – водораспылитель; *1* – невозвратно-запорный клапан; *2* – запорный клапан; *3, 29* – пожарные насосы; *4, 30* – водяные фильтры; *5, 31* – клинкеты; *6, 32* – приемный трубопровод; *7, 34* – кингстонные ящики; *8, 33* – приемные кингстоны; *9* – перегородка; *10* – решетка; *11* – трубопровод продувания; *12* – пожарные рожки; *13* – трубопровод к системе пенотушения; *14* – водопожарная магистраль; *15* – верхняя палуба; *16* – воздушная труба; *17* – разобщительный клапан; *18* – предохранительный клапан; *19, 28* – байпасные трубопроводы; *20, 25* – стояки; *21* – трубопровод к системам водораспыления и орошения; *22* – трубопровод на палубу надстройки; *23* – надстройка; *24* – лафетный ствол; *26* – манометр; *27* – перепускной трубопровод; *35* – штуцер; *36* – стеклянный клапан; *37* – диафрагма; *38* – кольцо; *39* – шайба; *40* – рама; *41* – розетка; *42* – легкоплавкий металлический замок; *43* – стеклянная колба с жидкостью; *44* – штифт

стороне для крепления к отросткам магистрали и быстросмыкаемой гайкой на другой стороне для присоединения пожарного рукава. Количество и расположение пожарных рожков обеспечивает одновременную подачу двух струй воды в любую часть судна. Вблизи каждого рожка размещают рукав с ручным пожарным стволом (брандспойтом), имеющим присоединительную гайку быстросмыкающегося типа. Комбинированные стволы дают компактную струю и распыленную воду. Для обеспечения постоянной готовности системы к немедленному действию напор в магистрали поддерживается с помощью пневмоцистерны, аналогичной цистернам систем водоснабжения. При отсутствии пневмоцистерны напор в магистрали обеспечивает постоянно работающий один из пожарных насосов, принимающий забортную воду через общесудовой или специальный кингстон. Система может снабжаться водой с берега или другого судна через переходное соединение унифицированного международного образца.

Водораспылительные системы разделяют на спринклерные, водораспыления, орошения и водяных завес. Огнегасительное действие систем основано на охлаждении поверхности горящего вещества с одновременным интенсивным парообразованием, уменьшающим доступ кислорода.

Спринклерная система состоит из трубопровода (под подволоком помещения) с патрубками и спринклерными головками, арматуры, пневмоцистерны и автоматически действующего насоса. Предусмотрено резервное подключение к системе водотушения. Распространен групповой принцип построения системы, автономный встречается реже. При повышении температуры в охраняемом помещении (в жилых и общественных до 70—80 °С) припой металлического замка спринклера (рис. 2.40, *б*) плавится, либо разрывается стеклянная колба при закипании в ней жидкости (рис. 2.40, *в*), клапан открывается и находящаяся под давлением в системе вода, ударяясь о розетку, разбрызгивается. Расстояние между спринклерами не превышает 3 м, от переборок они отстоят на 1,5 м, а в коридорах их устанавливают посередине прохода. При вскрытии одного (любого) спринклера срабатывает контрольно-сигнальный клапан, открывающий доступ воде к спринклерам. При этом на центральный пожарный пост поступает сигнал.

Систему водораспыления выполняют в виде нескольких кольцевых ярусов с распылителями, отличающимися от спринклера отсутствием клапана. Распылители начинают действовать сразу же после открытия запорного клапана на подводящем трубопроводе. Штифт распылителя, изображенного на рис. 2.40, *г*, обеспечивает распыление воды до мелкой водяной пыли, выходящей из насадки в виде почти горизонтального веера. Диаметр выходного отверстия распылителя принимают равным 3—7 мм, а расстояние между распылителями 1,2—1,5 м. Получили распространение сферические и полусферические распылители с большим количеством отверстий диаметром 1—4 мм, обеспечивающие распыление воды до туманообразного состояния. Распыление воды может быть

осуществлено с помощью сжатого воздуха. Водой система снабжается от водопожарной магистрали. Применяется она в МКО, производственных помещениях, малярных, фонарных и т. п.

Систему водоорошения выполняют автономной для каждого охраняемого помещения. Воду система получает от водопожарной магистрали. При повышении температуры по сигналу от датчика-извещателя автоматически открывается кран с электромагнитным приводом и вода поступает к водораспылителям системы. Предусмотрен пуск системы с помощью ручного привода. Систему применяют на зверобойных и других специальных судах в местах хранения взрывчатых и легковоспламеняющихся веществ, используют для охлаждения переборок и орошения шахт аварийных выходов из машинных помещений.

Система водяных завес, питающаяся от водопожарной магистрали, препятствует распространению огня, защищает водонепроницаемые двери и их проемы, выходы из помещений холодильных машин, коридоры производственных помещений и т. п., охлаждает близкорасположенные конструкции.

Трубопровод систем водотушения, спринклерной, водораспыления, водоорошения, водяных завес маркируют двумя узкими зелеными основными отличительными кольцами и красным предупреждающим кольцом.

Система затопления забортной водой предназначена для затопления помещений в случае возникновения опасности взрыва. Трубопровод системы маркируют двумя широкими зелеными основными отличительными кольцами и красным предупреждающим кольцом.

Система пенотушения обеспечивает изоляцию горящих предметов от кислорода воздуха в результате покрытия их слоем пены. На судах широко применяют *стационарные системы воздушно-механического пенотушения* (рис. 2.41,*а*). Жидкий пенообразователь ПО-1 или ПО-6 эжектором подают из специальной цистерны в напорный трубопровод, где он смешивается с водой от водопожарной магистрали, образуя водяную змульсию. Проходя через воздушно-пенный ствол водяная змульсия засасывает воздух, образуя пену, которая подается к месту пожара. Наряду со стационарными системами с внешним пенообразованием применяют *местные стационарные воздушно-пенные установки с внутренним пенообразованием* (рис. 2.41,*б*). В резервуар подают сжатый воздух, который через сифонную трубку вытесняет эмульсию в трубопровод. В этот же трубопровод через отверстия в верхней части сифонной трубки проходит часть воздуха, в результате чего образуется пена. Аналогичные установки выполняют переносными (воздушно-пенный огнетушитель). В *системе химического пенотушения* при реакции кислоты и щелочи образуется пена, в пузырьках которой содержится углекислый газ, что повышает ее гасящие свойства. Трубопровод системы пенотушения маркируют так же, как систему затопления.

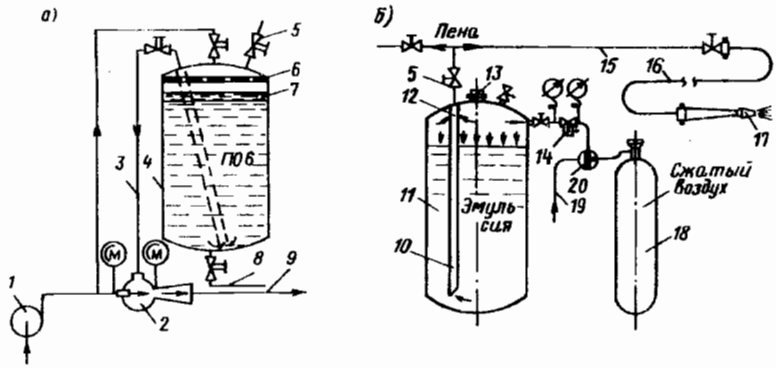


Рис. 2.41. Системы воздушно-механического пенотушения:

а – с внешним пенообразованием; *б* – местная с внутренним пенообразованием; *1* – пожарный насос; *2* – эжектор-смеситель; *3* – трубопровод пенообразователя; *4* – цистерна; *5* – запорный клапан; *6* – рассеиватель; *7* – буферная жидкость; *8* – трубопровод спуска жидкости; *9* – напорный трубопровод; *10* – сифонная трубка; *11* – резервуар с эмульсией; *12* – отверстия для входа воздуха; *13* – горловина; *14* – редукционный клапан; *15* – пенопровод; *16* – гибкий шланг; *17* – спрыск; *18* – баллон сжатого воздуха; *19* – трубопровод сжатого воздуха; *20* – трехходовой кран

Систему паротушения выполняют по централизованному принципу. Пар от парового котла через редукционный клапан поступает на распределительную коробку (коллектор), от которой идут отростки в охраняемые помещения. К цистернам пар подводят в их верхнюю часть, к помещениям – на высоте до 1 м от настила палубы. К коллектору пар может подводиться от берегового источника или с другого судна. Трубопровод системы маркируют так же, как систему парового отопления с дополнением предупреждающего кольца красного цвета.

Углекислотная система пожаротушения состоит из одной или двух (носовой и кормовой) станций углекислотного тушения, размещенных на открытых палубах и огражденных стальными газонепроницаемыми переборками. На станции, оборудованной теплоизоляцией и вентиляцией, установлены объединенные в батареи баллоны с жидким углекислым газом. Батареи работают на общий коллектор, от которого в охраняемые помещения проводят трубы со специальными насадками-соплами. Трубы прокладывают под подволоком помещения, так как углекислый газ тяжелее воздуха, а помещение герметизируют. Прокладка трубопровода через жилые, служебные и общественные помещения не допускается. Принцип работы системы раскрыт на рис. 2.42, *а*. Трубопровод системы маркируют узким желтым основным отличительным кольцом и двумя предупреждающими кольцами: красным и желтым с черными полосами.

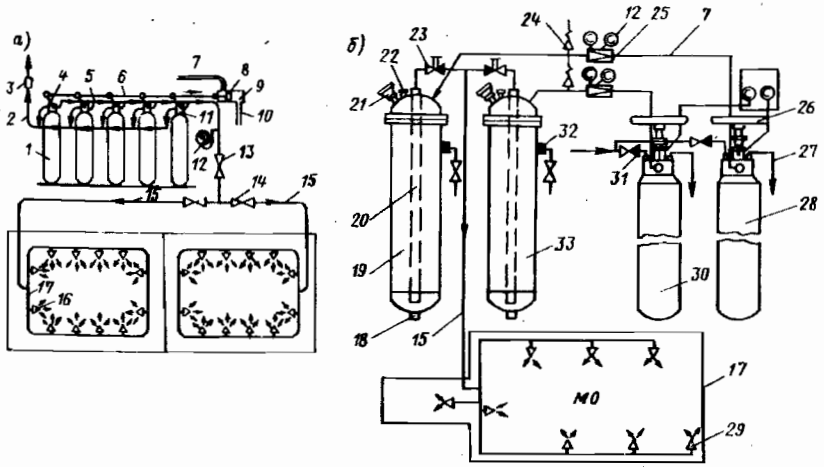


Рис. 2.42. Системы объемного пожаротушения:

а – углекислотная; *б* – СЖ-Б; *1* – баллон с углекислым газом; *2* – предохранительный трубопровод; *3* – свисток; *4* – пусковой рычаг; *5* – коллектор; *6* – штанга пневматического группового привода для пуска углекислого газа из батареи; *7* – трубопровод пускового сжатого воздуха; *8* – поршень; *9* – цилиндр; *10* – трубопровод выпуска воздуха из цилиндра; *11* – выпускная головка; *12* – манометр; *13* – главный стопорный клапан; *14* – пусковой клапан; *15* – магистральный трубопровод; *16* – насадка-сопло; *17* – кольцевой трубопровод; *18* – пробка слива жидкости; *19* – основной резервуар с огнегасящей жидкостью; *20* – сифонная трубка; *21* – воронка для заполнения резервуара; *22* – легкоплавкая предохранительная пробка; *23* – невозвратно-запорный клапан; *24* – предохранительный клапан; *25* – редукционный клапан; *26* – клапан баллона; *27* – трубопровод продувания баллона; *28* – основной баллон сжатого воздуха; *29* – распылитель; *30* – резервный баллон сжатого воздуха; *31* – клапан приема воздуха; *32* – кран контроля уровня жидкости; *33* – резервный резервуар с огнегасящей жидкостью

Система пожаротушения инертными газами исключает образование взрыво- и пожароопасных концентраций паров нефтепродуктов за счет заполнения свободных объемов емкостей нефтепродуктов и смежных с ними помещений инертными газами, не поддерживающими горения. Образовавшиеся при сгорании жидкого топлива в специальных генераторах газы подвергают очистке, охлаждению и при температуре 40–50 °С нагнетают в охраняемые помещения. Используют также отработанные выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания и паровых котлов.

Система жидкостного пожаротушения СЖ-Б может быть выполнена как по централизованному, так и по групповому или индивидуальному принципу. Принципиальная схема системы представлена на рис. 2.42,*б*. Если открыть клапаны *26* и *13*, сжатый воздух вытеснит кипящую при низкой температуре жидкость (смесь бромисто-

го этила и тетрафтордибромэтана или чистый тетрафтордибромэтан – фреон 11ЧВ-2) в магистральный трубопровод. При выходе из распылителей в охраняемое помещение жидкость, испаряясь, выделяет инертный газ, который тяжелее воздуха и не поддерживает горения. Запуск системы невозможен прежде, чем сработает сигнализация предупреждения личного состава. Трубопровод систем СЖ-Б и инертных газов маркируют так же, как трубопровод углекислотной системы.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику: рабочих органов рулевого устройства и их крепления; приводов руля; принципа работы якорного устройства; основных элементов якорной цепи; стопоров якорного устройства; якорных механизмов; мачт и стоячего такелажа; устройства грузовых стрел; бегучего такелажа; механизмов грузового устройства; элементов швартовного устройства; кранцевой защиты промысловых судов при морских швартовках; элементов буксирного устройства промыслового судна; шлюпбалок; индивидуальных спасательных средств.

2. Как осуществляются: работа одиночной стрелой и „на телефон"; спуск и подъем шлюпки, надувного спасательного плота?

3. Какие промысловые устройства и оборудование обеспечивают: кормовое траление; бортовое траление; кошельковый лов; дрифтерный лов; ярусный лов; другие виды лова?

4. Какие промысловые устройства и оборудование тралового лова могут быть применены для других видов лова?

5. Дайте характеристику принципа работы: арматуры судовых систем; средств защиты арматуры и механизмов от засорения; приводов дистанционного управления арматурой; насосов и вентиляторов; гидрофора; систем отопления; СКВ; систем обеспечения низких температур в грузовых трюмах; систем дистанционного измерения осадки судна и уровня жидкости в отсеке (цистерне); поверхностных и объемных систем пожаротушения; средств обеспечения выполнения требований Международной конвенции по охране окружающей среды.

6. Как маркируют различные судовые системы?

7. Какие специальные системы промысловых судов Вы знаете?

ОСНОВЫ СТАТИКИ СУДНА

Теория судна – наука о равновесии и движении плавающего судна – включает два основных раздела: статику и динамику судна. В статике рассматривают мореходные качества судна: плавучесть, остойчивость и непотопляемость, в динамике – ходкость, управляемость, качку. Ходкость, в свою очередь, охватывает два самостоятельных, но взаимосвязанных вопроса: сопротивление воды движению судна и судовые движители.

§ 20. Форма корпуса судна и краткие сведения о приближенных вычислениях

Форма корпуса судна. Форма корпуса судна определяется формой его сечений тремя взаимно перпендикулярными плоскостями, соотношением главных размерений и коэффициентами полноты. Представление о форме корпуса судна дает *теоретический чертеж судна.*

В качестве трех взаимно перпендикулярных секущих плоскостей принимают ДП, плоскость мидель-шпангоута, обозначаемого знаком ⊠, и плоскость КВЛ – горизонтальную плоскость, совпадающую с поверхностью воды для судна, плавающего при полном водоизмещении и расчетной осадке. При решении задач статики судна используют главные координатные плоскости – ДП, плоскость мидель-шпангоута и ОП (рис. 3.1).

Главными теоретическими размерениями судна являются: длина между перпендикулярами L; длина по расчетной ватерлинии $L_{в}$ – расстояние между точками пересечения носовой и кормовой частей расчетной ватерлинии с ДП судна; расчетная ширина судна B – наибольшая ширина теоретической поверхности корпуса судна по КВЛ; высота борта D; осадка d. Наибольшие размерения $L_{нб}$ и $B_{нб}$ соответствуют максимальным размерам теоретической поверхности корпуса судна, а габаритные $L_{гб}$ и $B_{гб}$ учитывают постоянно выступающие части корпуса.

Форму корпуса судна характеризуют следующие наиболее важные соотношения главных размерений. Отношение L/B в значительной степени определяет ходкость судна: чем больше скорость судна, тем больше

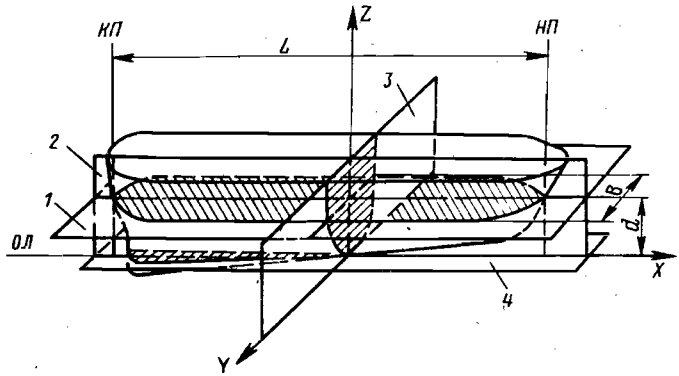


Рис. 3.1. Главные размерения и система отсчета:

1 – плоскость КВЛ; *2* – ДП; *3* – плоскость мидель-шпангоута; *4* – ОП

должно быть это отношение; B/d влияет на остойчивость, качку и ходовые качества; L/D оказывает влияние на прочность корпуса судна; D/d определяет остойчивость на больших углах крена и непотопляемость судна.

Коэффициенты полноты формы подводного объема корпуса судна позволяют численно оценить главные ее особенности. К основным коэффициентам полноты относят коэффициенты полноты площади ГВЛ α, площади погруженной части мидель-шпангоута β, общей полноты (полноты водоизмещения) δ, к производным – коэффициенты продольной полноты φ и вертикальной полноты χ:

$$\alpha = S/(LB); \tag{3.1}$$

$$\beta = \omega_{\text{м}}/(Bd); \tag{3.2}$$

$$\delta = \nabla/(LBd); \tag{3.3}$$

$$\varphi = \nabla/(\omega_{\text{м}}L) = \delta/\beta; \tag{3.4}$$

$$\chi = \nabla/(Sd) = \delta/\alpha, \tag{3.5}$$

где S, $\omega_{\text{м}}$ – соответственно площади ГВЛ и погруженной части мидель-шпангоута, м^2; ∇ – объемное водоизмещение судна, м^3.

Каждому типу судов соответствуют свои, сравнительно узкие диапазоны значений коэффициентов полноты и отношений главных размерений. Небольшие промысловые суда имеют малые значения L/B и δ и по форме корпуса близки к буксирным судам. Форма корпуса крупных промысловых судов мало отличается от формы корпуса обычных транспортных судов. Различие наблюдается только в форме кормовой оконечности, зависящей от особенностей работы судна на промысле.

Таблица 3.1. **Характеристики формы корпуса промысловых судов**

Характеристика	Большие рыболовные траулеры	Средние рыболовные траулеры	Большие сейнеры	Обрабатывающие суда	Приемно-транспортные суда
δ	0,57–0,66	0,55–0,58	0,48–0,54	0,60–0,73	0,66–0,74
α	0,78–0,82	0,77–0,83	0,70–0,84	0,76–0,86	0,71–0,84
β	0,96–0,98	0,82–0,88	0,81–0,90	0,91–0,99	0,93–0,99
L/B	5,4–5,6	4,7–5,2	3,8–4,6	5,6–7,4	5,9–7,5
B/d	2,5–2,7	2,3–2,9	2,2–2,8	2,1–3,7	2,0–2,7
L/D	7,5–7,7	10,0–10,5	7,7–8,6	10,0–12,6	10,5–13,5

Представление о средних значениях характеристик формы корпуса промысловых судов дает табл. 3.1.

На теоретическом чертеже теоретическую поверхность корпуса судна рассекают (с равными интервалами) системой вспомогательных плоскостей, параллельных главным координатным плоскостям. Изображение проекций всех сечений на плоскость мидель-шпангоута называют *„корпусом"*, на ОП – *„полуширотой"*, на ДП – *„боком"*. Поскольку теоретическая поверхность судна симметрична относительно ДП, на „полушироте" вычерчивают только половины ватерлиний, а на „корпусе" – половины шпангоутов. Расстояние между двумя соседними теоретическими поперечными секущими плоскостями, измеренное в ДП, называют *теоретической шпацией*.

При решении практических задач обычно используют прямоугольную систему координат $oXYZ$ (см. рис. 3.1), в соответствии с которой определяют координаты любой точки судна: абсциссу x, положительную в нос от плоскости мидель-шпангоута, ординату y, положительную в сторону правого борта от ДП, аппликату z, положительную вверх от ОП. На многих промысловых судах, построенных не на отечественных судостроительных заводах, отсчет абсциссы $x_{КП}$ ведется от КП в сторону носовой оконечности. В этом случае при необходимости пересчет можно произвести по формуле

$$x = x_{КП} - L/2. \qquad (3.6)$$

Так как все три проекции теоретического чертежа изображают одну и ту же теоретическую поверхность, координаты любой точки судна должны быть согласованы на всех проекциях. Абсцисса может быть определена на проекциях „бок" и „полуширота", ордината – на проекциях „полуширота" и „корпус", аппликата – на проекциях „бок" и „корпус". Это свойство используют для вычерчивания на теоретическом чертеже любого необходимого в практике самостоятельных расчетов сечения плоскостью, параллельной одной из главных координатных плоскостей.

Посадка судна. Посадку судна определяют параметры, фиксирующие его положение относительно невозмущенной поверхности воды или

положение действующей ватерлинии относительно судна (рис. 3.2). К ним относят: угол крена θ – угол между действительным положением ДП и продольной вертикальной плоскостью; угол дифферента ψ – угол между действительным положением плоскости мидель-шпангоута и поперечной вертикальной плоскостью; среднюю осадку судна d, равную

$$d = (d_н + d_к)/2, \tag{3.7}$$

где $d_н$ и $d_к$ – осадки, измеренные от ОП на носовом и кормовом перпендикулярах соответственно, м.

Дифферент t более наглядно характеризует продольное положение судна:

$$t = d_н - d_к. \tag{3.8}$$

Зависимость между ψ и t можно установить из рис. 3.2:

$$\operatorname{tg}\psi = t/L. \tag{3.9}$$

Иногда в расчетах используют среднюю осадку d_f, измеренную в районе ЦТ площади действующей ватерлинии. Как видно из рис. 3.2,

$$d_f = d + x_f \operatorname{tg}\psi = d + x_f t/L, \tag{3.10}$$

где x_f – абсцисса ЦТ площади действующей ватерлинии, м.

Для контроля за осадкой в условиях эксплуатации судна используют *марки углубления* – накрашенные или приваренные на обоих бортах оконечностей судна цифры, определяющие вертикальное расстояние от нижней кромки цифры до нижней кромки корпуса судна в районе нанесения марки (рис. 3.3, *а, б*). Римские цифры означают осадку в футах, арабские – в метрах (1 фут = 0,3048 м ≈ 0,305 м). Положение марок углубления не совпадает с НП и КП, поэтому следует четко представлять разницу между расчетными осадками $d_н$ и $d_к$, измеренными

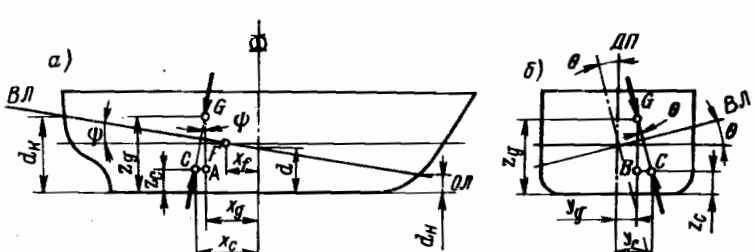


Рис. 3.2. Посадка судна:

а – с дифферентом на корму; *б* – с креном на правый борт

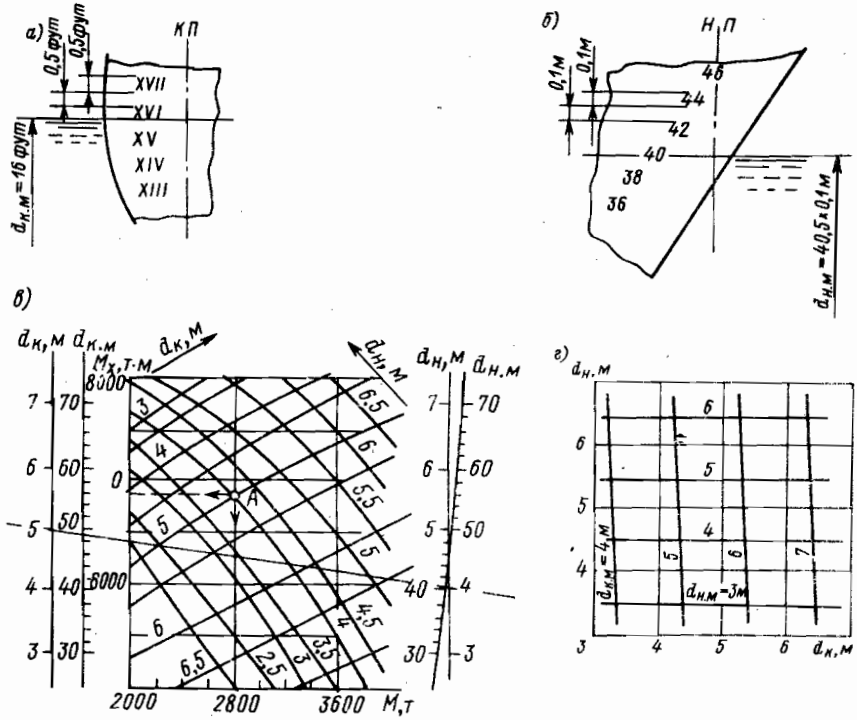


Рис. 3.3. К определению осадок:

а – по маркам углубления в футах; *б* – по маркам углубления в метрах; *в, г* – по диаграммам осадок

от ОП на носовом и кормовом перпендикулярах, и эксплуатационными осадками $d_{н.м}$ и $d_{к.м}$, определяющими отстояние от поверхности воды нижней точки корпуса в районе марок. В документации промысловых судов дается боковая проекция судна с изображенными на ней марками углубления и осадками на перпендикулярах. Пересечение нанесенной на эту проекцию судна по показаниям марок углубления действующей ватерлинии с НП и КП определит расчетные осадки. Встречаются и другие формы документации (рис. 3.3, *в, г*).

В оконечностях некоторых крупных промысловых судов устанавливают осадкомеры, показания которых автоматически передаются в штурманскую рубку. Однако существующие системы осадкомеров дают хорошие результаты только на тихой воде. Угол крена замеряют кренометром, угол дифферента – с помощью жидкостного дифферентометра.

Пример 3.1. По показаниям марок углубления БМРТ (см. рис. 3.3) определить осадки на перпендикулярах.

Рассчитаем эксплуатационные осадки (см. рис. 3.3, *а, б*):

$d_{н.м} = 0{,}1 \cdot 40{,}5 = 4{,}05$ м; $d_{к.м} = 16$ фут $= 0{,}305 \cdot 16 = 4{,}93$ м.

Осадки на перпендикулярах равны (см. рис. 3.3, *в*): $d_н = 4$ м; $d_к = 5$ м.

Приближенные вычисления. Объем судна ограничен кривыми поверхностями, а площади сечений – кривыми линиями, причем эти ограничивающие поверхности и линии аналитически не задаются. Поэтому в расчетах по теории судна пользуются приближенными вычислениями. В отечественной практике расчетов наибольшее распространение получило правило трапеций.

Пусть требуется вычислить площадь фигуры *0ГД4* (рис. 3.4, *в*). Разобьем длину основания 04 на ряд равных отрезков и в точках деления восстановим перпендикуляры до пересечения с кривой *ГД*. При условии достаточного количества сечений участки кривой можно считать прямыми. Получим ряд трапеций одинаковой высоты δl. Искомая площадь определится как сумма площадей этих трапеций:

$$s = (y_0 + y_1)\delta l/2 + (y_1 + y_2)\delta l/2 + (y_2 + y_3)\delta l/2 +$$

$$+ (y_3 + y_4)\delta l/2 = \delta l[y_0 + y_1 + y_2 + y_3 + y_4 - (y_0 + y_4)/2].$$

Полученное выражение называют *формулой трапеций*, которую в общем виде можно записать так:

$$s = \delta l\left[\sum_{i=1}^{n} y_i - (y_0 + y_n)/2\right], \qquad (3.11)$$

где $\delta l = l/(n+1)$, м; l – длина рассекаемого участка, м; n – количество сечений; $\sum_{i=1}^{n} y_i = y_0 + y_1 + \ldots + y_{n-1} + y_n$ – алгебраическая сумма ординат, м; $(y_0 + y_n)/2$ – полусумма крайних ординат (поправка), м.

Аналогично определяют объем тела, рассекаемого равноотстоящими параллельными плоскостями с интервалом δl:

$$v = \delta l\left[\sum_{i=1}^{n} s_i - (s_0 + s_n)/2\right]. \qquad (3.12)$$

Формулы трапеций для определения по теоретическому чертежу судна площади ватерлинии, шпангоута, объема подводной части судна можно записать в следующем виде:

$$S = 2(\delta L)\left[\sum_{i=1}^{n} y_i - (y_0 + y_n)/2\right]; \qquad (3.13)$$

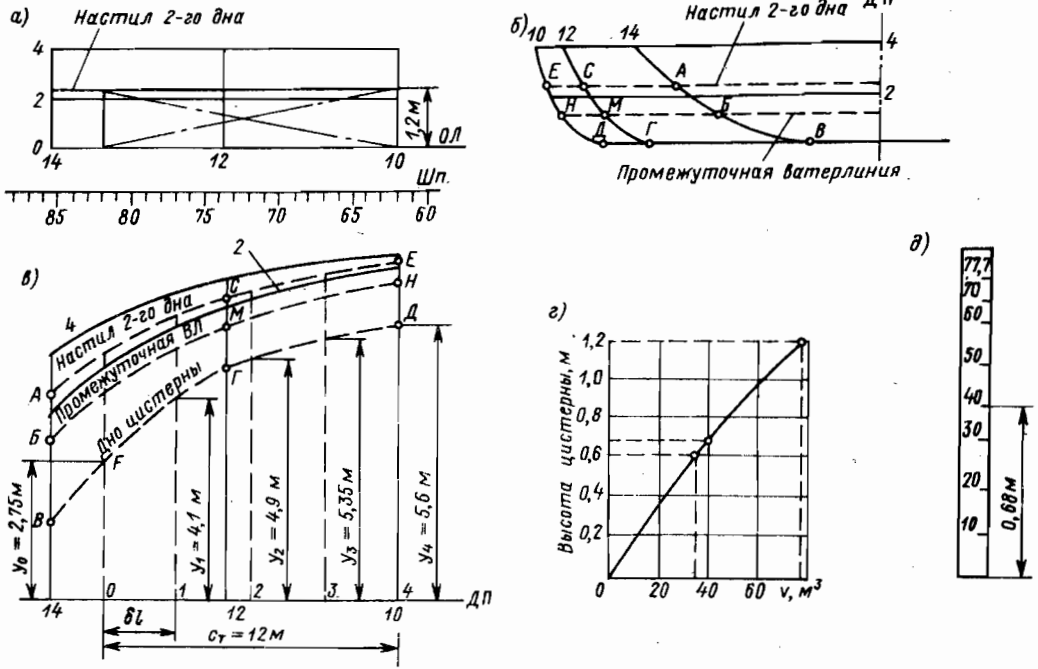


Рис. 3.4. К расчету футштока:

теоретический чертеж района днищевой топливной цистерны БМРТ: *а* – „бок"; *б* – „корпус"; *в* – „полуширота"; *г* – кривая емкости цистерны; *д* – футшток

$$\omega = 2(\delta d)\left[\sum_{i=1}^{n} y_i - (y_0 + y_n)/2\right]; \tag{3.14}$$

$$\nabla = \delta d\left[\sum_{i=1}^{n} S_i - (S_0 + S_n)/2\right]; \tag{3.15}$$

$$\nabla = \delta L\left[\sum_{i=1}^{n} \omega_i - (\omega_0 + \omega_n)/2\right], \tag{3.16}$$

где δL, δd – соответственно расстояния между теоретическими шпангоутами и ватерлиниями, м; $\sum_{i=1}^{n} y_i$ – сумма ординат теоретической ватерлинии на соответствующих теоретических шпангоутах [в формуле (3.13)] или теоретического шпангоута на соответствующих теоретических ватерлиниях [в формуле (3.14)], м; S_i, ω_i – соответственно площади ватерлиний и шпангоутов, м^2; ∇ – объем корпуса судна, м^3; $\sum_{i=1}^{n} S_i$, $\sum_{i=1}^{n} \omega_i$ – соответственно суммы площадей ватерлиний и шпангоутов, м^2.

Пример 3.2. На рис. 3.4, *а, б, в* представлены три проекции участка теоретического чертежа БМРТ в районе расположения днищевой топливной цистерны между 62 и 82 шпангоутами (шп.) ЛБ. Длина цистерны 12, высота 1,2 м, ширина – от ДП до борта. Построить кривую вместимости (емкости) цистерны и изготовить футшток.

На проекции „корпус" (см. рис. 3.4, *б*) нанесены настил второго дна и рассекающая цистерну по высоте на две равные части ватерлиния. По замеренным на „корпусе" ординатам точек *А, С, Е, Б, М, Н* настил и ватерлиния спроецированы на „полушироту" (см. рис. 3.4, *в*). Там же нанесены водонепроницаемые флоры 82-го и 62-го шп. и поперечные сечения, рассекающие цистерну по длине на четыре равные части.

По замеренным на „полушироте" ординатам поперечных сечений рассчитаем площади горизонтальных сечений цистерны и ее емкость (без учета набора корпуса) при разных уровнях заполнения. В соответствии с формулой (3.11) площадь дна цистерны

$$s_{дн} = 3[2{,}75 + 4{,}10 + 4{,}90 + 5{,}35 + 5{,}60 - (2{,}75 + 5{,}60)/2] = 55{,}6 \text{ м}^2,$$

площадь промежуточного горизонтального сечения цистерны

$$s_{пр} = 3[4{,}25 + 5{,}20 + 5{,}75 + 6{,}15 + 6{,}45 - (4{,}25 + 6{,}45)/2] = 67{,}35 \text{ м}^2,$$

площадь настила второго дна

$$s_{2дн} = 3[5{,}05 + 5{,}80 + 6{,}30 + 6{,}65 + 6{,}90 - (5{,}05 + 6{,}90)/2] = 74{,}2 \text{ м}^2.$$

Согласно формуле (3.12), теоретическая вместимость цистерны при заполнении до промежуточной ватерлинии равна

$$v_{пр} = 0{,}6[55{,}6 + 67{,}35 - (55{,}6 + 67{,}35)/2] = 36{,}9 \text{ м}^3,$$

а теоретическая вместимость цистерны

$$v = 0{,}6\,[\,55{,}6 + 67{,}35 + 74{,}20 - (55{,}60 + 74{,}20)/2\,] = 79{,}35\ \text{м}^3.$$

Так как набор корпуса судна в цистернах занимает в среднем 2 % объема, действительная вместимость будет составлять соответственно $v_{пр} = 0{,}98 \cdot 36{,}9 = 36{,}2\ \text{м}^3$, $v = 0{,}98 \cdot 79{,}35 = 77{,}7\ \text{м}^3$.

По результатам расчета строим кривую вместимости цистерны (рис. 3.4, *г*). На металлической полосе керним метки вместимости, соответствующие уровню заполнения (рис. 3.4, *д*). Отстояние меток от конца футштока определяем по кривой вместимости цистерны.

§ 21. Плавучесть

Основные характеристики и условия плавучести. Способность судна находиться в равновесии при определенном положении относительно поверхности воды называют *плавучестью.*

На плавающее судно действуют силы тяжести и силы давления воды. Вектор равнодействующей сил тяжести, называемой *весовым водоизмещением судна* Δ, направлен вертикально вниз, а линия его действия проходит через ЦТ судна. Вектор равнодействующей сил давления воды (сил поддержания), равной силе тяжести воды в объеме погруженной части корпуса судна, направлен в противоположную сторону, а линия его действия проходит через ЦТ погруженного объема корпуса судна [центр величины (ЦВ)]. В теории корабля ЦТ судна обозначают буквой *G*, а ЦВ буквой *C*. У плавающих судов промыслового флота ЦТ всегда выше ЦВ.

Для равновесия свободного твердого тела необходимо и достаточно, чтобы сумма проекций всех сил на оси координат и сумма моментов этих сил относительно каждой из осей координат равнялись нулю. Следовательно, для равновесия плавающего судна необходимо и достаточно, чтобы равнодействующая сил тяжести судна была равна по модулю равнодействующей сил давления воды, а ЦТ судна находился на одной вертикали с ЦВ. Для судна, плавающего без крена и дифферента, эти условия равновесия можно записать в виде

$$\Delta = \gamma \nabla, \text{ или } M = \rho \nabla; \tag{3.17}$$

$$x_C = x_g, \tag{3.18}$$

$$y_C = y_g, \tag{3.19}$$

где $\Delta = Mg$ – весовое водоизмещение (сила тяжести) судна, равное силе тяжести вытесненной им воды, кН ($g = 9{,}81\ \text{м/с}^2$ – ускорение свободного падения); γ – удельный вес воды, кН/м^3; ∇ – объемное водоизмещение (объем вытесненной судном воды), м^3; M – водоизмещение (масса) судна, равное массе вытесненной им воды, т; ρ – плотность

воды, т/м^3; x_C, y_C, x_g, y_g – соответственно координаты ЦВ и ЦТ судна, м. Для пресной воды $\gamma = 9{,}81$ кН/м^3, $\rho = 1$ т/м^3, для морской воды $\gamma = 10{,}05$ кН/м^3, $\rho = 1{,}025$ т/м^3.

Условие (3.17) называют *основным уравнением плавучести*. При наличии у судна крена и дифферента условие (3.17) остается неизменным, а (3.18) и (3.19) меняются. Действительно, из рассмотрения треугольника *GAC* при наличии дифферента (см. рис. 3.2,*а*) и треугольника *GBC* при наличии крена (см. рис. 3.2,*б*) условие расположения ЦТ и ЦВ на одной вертикали можно записать соответственно так:

$$x_C - x_g = (z_g - z_C)\,\mathrm{tg}\,\psi; \tag{3.20}$$

$$y_C - y_g = (z_g - z_C)\,\mathrm{tg}\,\theta. \tag{3.21}$$

Угол дифферента промысловых судов часто не превышает 1,5°, поэтому условие (3.20) с достаточной для практических целей точностью можно представить в следующем виде:

$$x_C \approx x_g. \tag{3.22}$$

Нормирование плавучести связано с назначением судну *запаса плавучести*, под которым понимают объем водонепроницаемого корпуса выше ГВЛ. Запас плавучести определяет массу грузов (или воды), которую судно, плавающее по ГВЛ, может принять до полной потери плавучести. Основной измеритель запаса плавучести – высота минимального надводного борта, достаточная для безопасного плавания в определенных районах и в определенное время года, – устанавливается Правилами о грузовой марке морских судов, разработанными Регистром СССР на основе Международной конвенции о грузовой марке. Требования конвенции распространяются на суда, (кроме рыболовных) совершающие международные рейсы, т. е. заходящие в порты стран, на которые распространяется конвенция.

Для контроля высоты надводного борта в условиях эксплуатации на каждом борту в середине судна наносят *грузовую марку* (рис. 3.5). Орган надзора, назначивший судну грузовую марку, обозначают буквами (на отечественных судах Р и С). Верхняя кромка палубной линии совпадает с линией пересечения продолженной верхней поверхности палубы надводного борта (или деревянного настила этой палубы, если он имеется) с наружной поверхностью бортовой обшивки. Верхняя кромка горизонтальной линии проходит через центр диска Плимсоля, и вертикальное расстояние от нее до верхней кромки палубной линии равно назначенному судну летнему надводному борту. Марки осадок наносят перпендикулярно вертикальной линии, проходящей на расстоянии 540 мм в нос от центра диска Плимсоля. Если на судно не распространяются требования Международной конвенции о грузовой марке, марку наносят согласно одной из марок, изображенных на рис. 3.5,

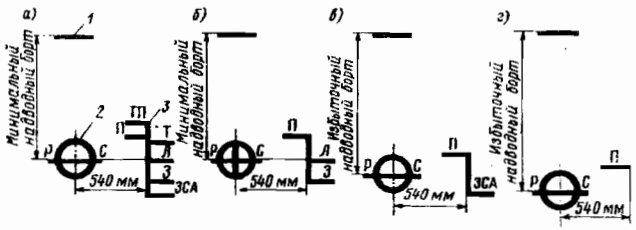


Рис. 3.5. Грузовые марки:

а – судна с минимальным надводным бортом, совершающего международные рейсы; *б* – судна с минимальным надводным бортом ограниченного района плавания; *в, г* – судов с избыточным надводным бортом, совершающих международные рейсы; *1* – палубная линия; *2* – диск Плимсоля; *3* – марки осадок; ТП – для пресной воды в тропиках; П – для пресной воды летом; Т – тропическая; Л – летняя; З – зимняя; ЗСА – зимняя в Северной Атлантике

но с вертикальной полосой, пересекающей центр диска Плимсоля. Судам, на которые распространяются требования Конвенции, Регистр СССР выдает Международное свидетельство о грузовой марке, составленное на русском и английском языках, на все остальные суда – Свидетельство о грузовой марке только на русском языке.

Каждой осадке судна соответствует определенное водоизмещение. Водоизмещение судна порожнем равно массе готового к рейсу судна без принимаемых переменных грузов. Водоизмещение с полным грузом равно массе судна, плавающего по грузовую марку. Разность водоизмещений судна с полным грузом и судна порожнем называют *дедвейтом* или *предельной грузоподъемностью* судна. Под *чистой грузоподъемностью* судна понимают предельную массу груза, который судно, погруженное по грузовую марку, принимает при имеющихся на нем соответственно району и сезону плавания запасах и экипаже. Различают *грузовместимость* судна *киповую* и *насыпью* (в зерне), под которыми понимают объем помещений для перевозки соответственно штучных грузов и грузов насыпью. *Удельная грузоподъемность* – это грузовместимость, приходящаяся на 1 т чистой грузоподъемности судна. *Удельная грузовместимость* – это грузоподъемность, приходящаяся на 1 м^3 грузовместимости.

Погрузочные характеристики, м^3/т, некоторых грузов представлены ниже:

Тара

Банки консервные жестяные	2,97
Бочки деревянные	11,67
Мешки для рыбной муки	3,50
Гофротара	3,33

Готовая продукция

Рыбий жир в бочках	1,50–1,70
Консервы, пресервы в картонных коробках	2,46
Рыба мороженая в гофротаре	2,45
Рыбное филе мороженое в гофротаре	1,83
Рыба соленая в бочках	1,50
Рыбная мука в мешках	2,38

Пример 3.3. ТР типа „Остров Русский" может дополнительно принять 1300 т груза в верхние твиндеки, свободная вместимость которых равна 2800 м³. Какую массу мороженой рыбы и мороженого рыбного филе в гофротаре следует погрузить на судно, чтобы полностью использовать его грузоподъемность и грузовместимость?

Погрузочные характеристики мороженой рыбы 2,45 м³/т, мороженого филе 1,83 м³/т. Условие полного использования грузовместимости при приеме филе массой m и мороженой рыбы массой $1300 - m$ запишем в виде $2800 = 1{,}83m + 2{,}45(1300 - m)$. Решив это уравнение относительно m, получим $m = 621$ т. На судно следует погрузить 621 т филе и 679 т мороженой рыбы.

Определение характеристик плавучести. В целях обеспечения контроля и регулирования мореходных качеств при эксплуатации судна на стадии проектирования рассчитывают для различных осадок объемное водоизмещение и координаты ЦВ, площадь ватерлинии и абсциссу ее ЦТ, другие характеристики формы корпуса. Результаты вычислений выдают на судно в форме таблиц, графиков, шкал, диаграмм, номограмм в двух вариантах: с учетом дифферента (для конкретных осадок на перпендикулярах) и без учета дифферента (для конкретных средних осадок). Первый вариант нашел применение в виде диаграмм Фирсова, Гундобина, КТИРПХ, Фирсова – Гундобина (рис. 3.6,*а*), диаграмм осадок различной формы (см. рис. 3.3, *в, г*) и др. Второй вариант документации встречается в виде грузовой шкалы и гидростатических кривых, называемых кривыми элементов теоретического чертежа (рис. 3.6,*б*). Первый вариант используют при любом дифференте, второй – только при дифференте до 1,5°, причем до 1° применяют формулу (3.7), от 1 до 1,5° – формулу (3.10).

Для определения водоизмещения и координат ЦТ судна составляют таблицу нагрузки (табл. 3.2). При этом применяют теорему о статическом моменте равнодействующей силы: момент равнодействующей силы относительно какой-либо системы отсчета равен алгебраической сумме моментов составляющих сил относительно этой же системы отсчета. Положение ЦТ судна в однородном поле тяжести совпадает с положением его центра масс, характеризующим распределение масс судна. Поэтому в таблице ведется расчет массы и статических моментов массы как более удобных (в практических условиях) величин. Водоизмещение и координаты ЦТ судна определяют по формулам

$$M = M_0 + \sum_{i=1}^{n} m_i; \qquad (3.23)$$

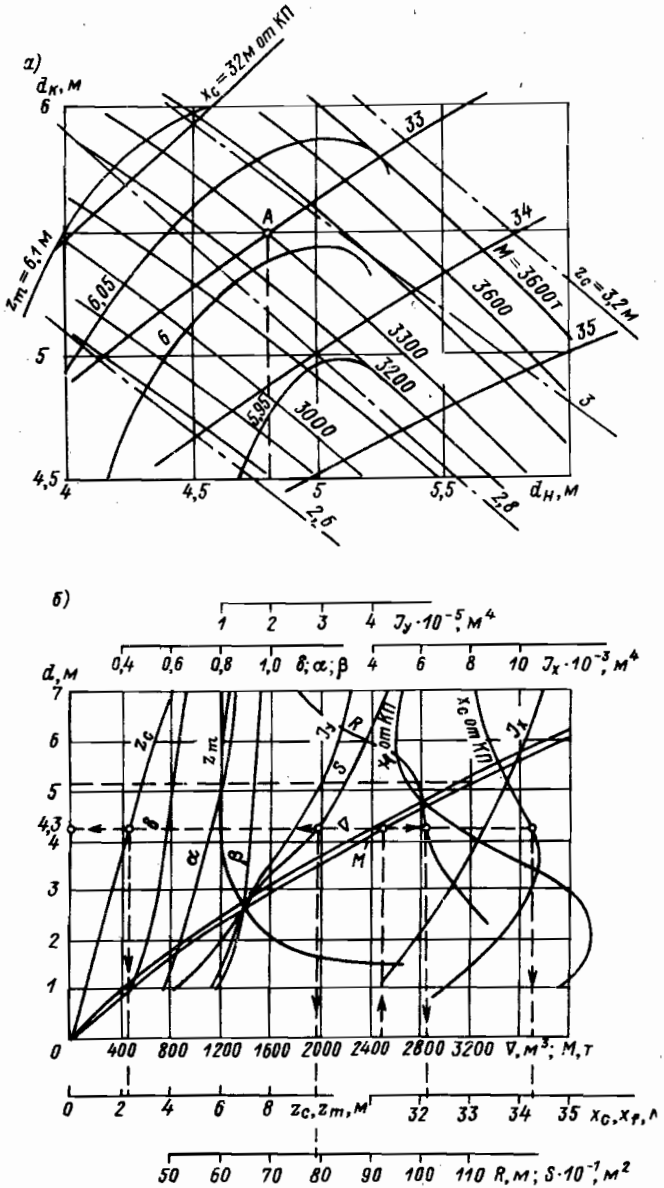


Рис. 3.6. Характеристики элементов теоретического чертежа РТМ „Атлантик":

а – диаграмма Фирсова – Гундобина; *б* – гидростатические кривые

Таблица 3.2. **Нагрузка РТМ типа „Атлантик" с минимальным двухсуточным запасом топлива и воды без груза**

Статьи нагрузки	Район расположения, шп.	m, т	x(от КП), м	z, м	M_x, т·м	M_z, т·м
Судно порожнем	–	2226	34,6	6,21	77 020	13 824
		Цистерны с дизельным топливом				
№ 1 (ДП)	114 – нос	–	–	–	–	–
№ 2 (ДП)	95–108	–	–	–	–	–
№ 3, 4 (ЛБ и ПБ)	81–95	–	–	–	–	–
№ 5, 6 (ЛБ и ПБ)	70–81	–	–	–	–	–
№ 7 (ЛБ)	59–70	–	–	–	–	–
№ 8 (ЛБ)	59–68	–	–	–	–	–
№ 9 (ПБ)	63–68	–	–	–	–	–
№ 12 (ПБ)	59–68	–	–	–	–	–
№ 28, 29 (ЛБ и ПБ)	27–35	–	–	–	–	–
№ 30 (ЛБ)	15–27	5,0	14,4	0,51	72,0	2,6
№ 31 (ПБ)	21–27	15,0	14,7	1,67	220,5	25,1
№ 35 (ДП)	4 – корма	–	–	–	–	–
		Цистерны с мазутом				
№ 15, 16 (ЛБ и ПБ)	45–58	3,0	29,0	0	87,0	0
		Цистерны с маслом				
№ 10 (ПБ)	59–63	2,8	36,6	0,42	102,5	1,2
№ 13 (ЛБ)	44–50	1,5	27,9	0,06	41,9	0,1
№ 14 (ПБ)	44–50	4,18	27,9	0,49	116,6	2,0
№ 17, 18 (ЛБ и ПБ)	50–58	–	–	–	–	–
№ 19, 20 (ЛБ и ПБ)	37–44	4,0	24,3	–0,07	97,2	–0,3
№ 36 (ЛБ)	72–80	0,5	45,6	3,27	22,8	1,6
№ 37 (ЛБ)	70–72	2,6	42,6	3,34	110,8	8,7
№ 43 (ДП)	51–58	2,0	32,7	0,11	65,4	0,2
		Цистерны с пресной водой				
№ 24 (ЛБ)	36–42	–	–	–	–	–
№ 25 (ПБ)	43–44	–	–	–	–	–
№ 26, 27 (ЛБ и ПБ)	33–43	–	–	–	–	–
№ 33, 34 (ЛБ и ПБ)	5–10	5,0	4,8	5,32	24,0	26,6
		Прочие цистерны				
№ 11 фекальная (ПБ)	68–70	3,0	41,4	1,0	124,2	3,0
№ 21 конденсата очищенного масла (ПБ)	68–70	0,8	41,4	1,65	33,1	1,3
№ 22 конденсата масла (ЛБ)	43–44	0,5	26,1	2,20	13,1	1,1

Продолжение табл. 3.2.

Статьи нагрузки	Район расположения, шп.	m, т	x (от КП), м	z, м	M_x, т·м	M_z, т·м
№ 23 котельной воды (ЛБ)	42–44	1,0	25,7	0,40	25,7	0,4
№ 32 рыбьего жира (ПБ)	15–21	–	–	–	–	–
		Технологические цистерны				
I охлаждения рыбы (ЛБ)	5–10	–	–	–	–	–
II охлаждения рыбы (ЛБ)	5–10	–	–	–	–	–
III охлаждения рыбы (ПБ)	5–10	–	–	–	–	–
IV охлаждения рыбы (ПБ)	5–10	–	–	–	–	–
№ 38 охлаждения воды (ПБ)	10–13,5	–	–	–	–	–
		Грузовые трюмы				
№ 1 (рыба)	95–113	–	–	–	–	–
№ 2 (рыба)	81–100	–	–	–	–	–
№ 3 (рыба)	26–44	–	–	–	–	–
		Мучной трюм				
Рыбная мука	10–26	–	–	–	–	–
Мешки рыбной муки	10–26	10,0	14,5	5,00	145,0	50,0
		Прочие статьи нагрузки				
Рыба в рыбцехе	12–46	–	–	–	–	–
Сырье в РМУ	10–23	–	–	–	–	–
Груз рыбы на палубе	–	–	–	–	–	–
Груз рыбы на ноке стрелы	–	–	–	–	–	–
Упаковочный материал	26–44	42,2	21,0	6,00	886,2	253,2
Экипаж с багажом	–	9,0	48,0	9,70	432,0	87,3
Промысловое вооружение	–	50,0	11,6	8,50	580,0	425,0
Провизия	–	0,5	50,0	8,00	25,0	4,0
Обледенение	–	–	–	–	–	–
Водоизмещение, статические моменты водоизмещения и координаты ЦТ судна	–	2389	33,59	6,16	80245	14717

$$x_g = (M_0 x_{g_0} + \sum_{i=1}^{n} m_i x_i)/M; \tag{3.24}$$

$$z_g = (M_0 z_{g0} + \sum_{i=1}^{n} m_i z_i)/M; \tag{3.25}$$

$$y_g = (M_0 y_{g0} + \sum_{i=1}^{n} m_i y_i)/M, \tag{3.26}$$

где m_i – массы переменных грузов на судне, т; x_i, z_i, y_i – координаты центра масс (ЦТ) i-го переменного груза, м; M_0, x_{g0}, z_{g0}, y_{g0} – соответственно водоизмещение, т, и координаты ЦТ судна порожнем, м, определенные при сдаче судна в эксплуатацию и не меняющиеся до ближайшего существенного ремонта, переоборудования или очередного опыта кренования.

В соответствии с требованиями Правил на каждое судно выдается Информация об остойчивости, позволяющая в условиях эксплуатации осуществлять постоянный контроль и регулирование посадки и остойчивости судна. В Информации приведены сведения о посадке и остойчивости по основным характерным (типовым) случаям нагрузки судна, а также справочные материалы, необходимые для выполнения самостоятельных расчетов. Например, для типового случая нагрузки РТМ „Атлантик" (см. табл. 3.2), применив формулы (3.22) – (3.24), получим следующие характеристики: $M = 2389$ т; $z_g = 6{,}16$ м; $x_g = 33{,}59$ м от КП, или при длине судна между перпендикулярами $L = 73$ м согласно формуле (3.6) $x_g = 33{,}59 - 73/2 = -2{,}91$ м от плоскости мидель-шпангоута.

Если в основу расчета на промысле принят один из типовых случаев нагрузки Информации об остойчивости, используют следующие формулы, выражающие ту же теорему о статическом моменте равнодействующей силы:

$$M_1 = M \pm \sum_{i=1}^{n} m_i; \tag{3.27}$$

$$x_{g_1} = (Mx_g \pm \sum_{i=1}^{n} m_i x_i)/M_1; \tag{3.28}$$

$$z_{g_1} = (Mz_g \pm \sum_{i=1}^{n} m_i z_i)/M_1; \tag{3.29}$$

$$y_{g_1} = (My_g \pm \sum_{i=1}^{n} m_i y_i)/M_1, \tag{3.30}$$

где M_1, x_{g1}, z_{g1}, y_{g1} и M, x_g, z_g, y_g – соответственно водоизмещение и координаты ЦТ судна в рассчитываемом и типовом случаях нагрузки; m_i, x_i, z_i, y_i – масса и координаты ЦТ принятых или снятых i-х грузов. В формулах (3.27) – (3.30) знак плюс используют при приеме, минус при снятии груза.

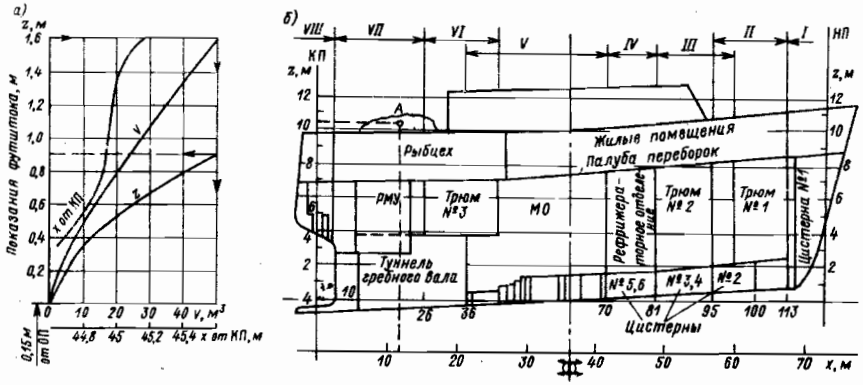


Рис. 3.7. Кривые вместимости и координат ЦТ топливной цистерны № 5 или 6 (*а*); схематический чертеж (*б*) РТМ типа „Атлантик":

I – VIII – водонепроницаемые отсеки

Массу и координаты ЦТ жидких грузов определяют с помощью таблиц или графиков (рис. 3.7, *а*) по показаниям футштока. Массу твердых грузов находят взвешиванием, по массе единицы груза (бочки, коробки, мешки, банки и т. п.), по удельной грузовместимости. Координаты ЦТ твердых грузов определяют с помощью схематического чертежа судна (рис. 3.7, *б*) или выполненного в масштабе чертежа общего расположения судна.

Пример 3.4. На РТМ „Атлантик" при нагрузке, приведенной в табл. 3.2, приняли 20 т рыбы на палубу в районе 10–26 шп. и балласт в цистерны № 5 и 6, передали другому судну 10 т мешков для рыбной муки. Пользуясь рис. 3.6, *б* и 3.7, *а*, *б*, определить водоизмещение, координаты ЦТ и ЦВ, осадку, площадь ватерлинии и абсциссу ее ЦТ.

На рис. 3.7, *б* нанесено положение принятой рыбы и определены координаты ее ЦТ – точки A; $x_{рыб} = 11{,}5$ м; $z_{рыб} = 10{,}5$ м.

Характеристики одной цистерны определяем по рис. 3.7, *а*: $v = 50$ м³; $x_{вод} = 45{,}15$ м; $z_{вод} = 0{,}9 + 0{,}15 = 1{,}05$ м.

При плотности морской воды $\rho = 1{,}025$ т/м³ масса принятого в обе цистерны балласта равна $m_{вод} = 2\rho v = 2 \cdot 1{,}025 \cdot 50 = 102{,}5$ т.

Массу и статические моменты массы мешков для рыбной муки находим из табл. 3.2: $m_{меш} = 10$ т; $m_{меш} x_{меш} = 145$ т · м; $m_{меш} z_{меш} = 50$ т · м.

Характеристики судна до изменения нагрузки следующие (см. табл. 3.2): $M = 2389$ т; $Mx_g = 80\,245$ т · м; $Mz_g = 14\,717$ т · м.

По формулам (3.27) – (3.29) рассчитываем

$$M_1 = 2389 + 20 + 102{,}5 - 10 = 2502 \text{ т};$$

$$x_{g1} = (80\,245 + 20 \cdot 11{,}5 + 102{,}5 \cdot 45{,}15 - 145)/2502 = 33{,}96 \text{ м от КП};$$

$$z_{g1} = (14\,717 + 20 \cdot 10{,}5 + 102{,}5 \cdot 1{,}05 - 50)/2502 = 5{,}99 \text{ м}.$$

Согласно гидростатическим кривым (см. рис. 3.6, *б*) при $m_1 = 2502$ т $d = 4{,}3$ м, при $d = 4{,}3$ м $x_C = 34{,}25$ м; $z_C = 2{,}3$ м; $x_f = 32{,}15$ м от КП; $S = 795$ м².

Пример 3.5. С помощью расчета получены характеристики РТМ типа „Атлантик": $M = 3300$ т; $x_g = 33$ м от КП. Пользуясь рис. 3.6, *а*, найти осадки на перпендикулярах и z_C.

При условии (3.22) точка A определит: $d_н = 4{,}8$ м; $d_к = 5{,}5$ м; $z_C = 2{,}91$ м.

Пример 3.6. Для условия примера 3.1 найти водоизмещение и абсциссу ЦТ БМРТ.

Точка A (см. рис. 3.3, *в*) соответствует водоизмещению $M = 2800$ т и статическому моменту $M_x = -1000$ т · м. Определим абсциссу ЦВ: $x_C = M_x/M = -1000/2800 = -0{,}36$ м от плоскости мидель-шпангоута.

Приняв условие (3.22), получим $x_g \approx x_C = -0{,}36$ м.

Изменение средней осадки судна. Изменение средней осадки при приеме или снятии груза определяют, используя справочные материалы судовых документов.

Пример 3.7. По результатам решения примера 3.4 определить изменение средней осадки РТМ типа „Атлантик" после приема на судно 698 т груза.

Водоизмещение после приема груза равно $M = M_1 + 698 = 2502 + 698 = 3200$ т. Как видно из рис. 3.6, *б*, водоизмещению M соответствует средняя осадка $d_1 = 5{,}2$ м. Изменение средней осадки $\delta d = 5{,}2 - 4{,}3 = 0{,}9$ м.

Масса принимаемого или снимаемого (расходуемого) на промысле груза при конкретной грузовой операции по сравнению с водоизмещением судна невелика, изменение средней осадки незначительно, поэтому с достаточной степенью точности борта судна в районе изменения осадки можно считать вертикальными, а принятый (снятый) груз считать так называемым *малым грузом*. Масса малого груза, как правило, не превышает 5–10% водоизмещения. Нижний предел отвечает судам острых образований, верхний – судам с относительно прямостенными бортами. При приеме (снятии) малого груза вошедший в воду (или вышедший из воды) объем $\delta\nabla$ можно определить как объем призматического тела, основанием которого служит площадь ватерлинии S, а высотой – изменение средней осадки δd:

$$\delta\nabla = S\,\delta d. \tag{3.31}$$

В соответствии с условием (3.17) масса груза равна

$$m = \rho\,\delta\nabla. \tag{3.32}$$

Подставив (3.31) в (3.32) и решив полученное уравнение относительно δd, найдем

$$\delta d = m/(\rho S). \tag{3.33}$$

В практических расчетах часто применяют число тонн (килоньютонов) на 1 см изменения осадки, обозначаемое через q. Приняв в (3.33) $\delta d = 0{,}01$ м, $m = q$ и решив уравнение относительно q, получим

$$q = \delta d \rho S = 0{,}01\,\rho S. \tag{3.34}$$

Подставив в (3.34) выражение для S из (3.1), найдем

$$q = 0{,}01\,\rho\,\alpha\,L\,B. \tag{3.35}$$

Приняв для промысловых судов среднее значение $\alpha \approx 0{,}8$ (см. табл. 3.1), получим приближенную формулу

$$q \approx 0{,}008\,\rho\,L\,B. \tag{3.36}$$

Формулы (3.33) – (3.35) удобны для быстрого расчета изменения средней осадки или количества принятого (снятого) груза, если производящий расчеты запомнил примерные значения S или q для судна порожнем, с полным грузом и при каком-то промежуточном состоянии нагрузки.

Рассмотрим, как изменится средняя осадка судна при его переходе из среды с одной плотностью в среду с другой плотностью. Пусть судно находится в среде с плотностью ρ при объемном водоизмещении ∇. После перехода в среду с плотностью ρ_1 в соответствии с (3.17) его объемное водоизмещение станет равным ∇_1 при неизменившемся водоизмещении, т. е.

$$\rho\,\nabla = \rho_1\,\nabla_1; \tag{3.37}$$

$$\nabla_1 = \nabla + \delta\nabla. \tag{3.38}$$

Подставив (3.38) в (3.37), получим

$$\rho\,\nabla = \rho_1\nabla + \rho_1\,\delta\nabla. \tag{3.39}$$

Подставив (3.31) в (3.39) и решив полученное уравнение относительно δd, найдем

$$\delta d = (\rho - \rho_1)\nabla\,/\,(\rho_1 S). \tag{3.40}$$

Осадка судна увеличится при переходе в менее плотную среду и уменьшится при переходе в более плотную среду.

Пример 3.8. Какую дополнительную массу груза можно разместить на БМРТ, загруженном в пресной среде по грузовую марку П, чтобы с переходом в морскую среду не нарушить марку Л? Водоизмещение судна, плавающего в морской среде по марку Л, равно 5450 т, площадь ватерлинии 1070 м^2.

Объемное водоизмещение судна в пресной среде находим по формуле (3.17): $\nabla = M/\rho = 5450$ м^3. По формуле (3.40) определяем изменение средней осадки судна при переходе в морскую среду:

$$\delta d = (1 - 1{,}025)\,5450/(1{,}025 \cdot 1070) = -0{,}124 \text{ м (всплытие)}.$$

Решая (3.33) относительно m, получаем

$$m = \rho_1 S\,\delta d = 1{,}025 \cdot 1070 \cdot 0{,}124 = 136 \text{ т}.$$

§ 22. Статическое равновесие при наклонениях судна

Остойчивостью называют способность судна, отклоненного внешним моментом от положения равновесия, возвращаться в исходное положение после прекращения действия этого момента. Момент называют *статическим*, если угловой скоростью и ускорением вызванного им наклонения судна можно пренебречь. В противном случае момент считают *динамическим*. Соответственно рассматривают *статическую* и *динамическую остойчивость*. В зависимости от плоскости действия момент называют *кренящим* или *дифферентующим*, а остойчивость – *поперечной* или *продольной*. В практике эксплуатации неповрежденного судна большие углы дифферента не наблюдаются, поэтому различают *начальную остойчивость* (поперечную и продольную) и *остойчивость на больших углах крена*.

При изучении начальной остойчивости рассматривают так называемые *равнообъемные наклонения*, когда объем подводной части судна остается постоянным, а меняется лишь его форма. Соответствующие таким наклонениям ватерлинии называют *равнообъемными*.

Принципиальная схема изучения остойчивости представлена на рис. 3.8.

Основы учения об остойчивости судов были разработаны членом Петербургской Академии наук Леонардом Эйлером в сочинении „Корабельная наука", опубликованном в 1749 г. Согласно теореме Эйлера,



Рис. 3.8. Схема изучения остойчивости

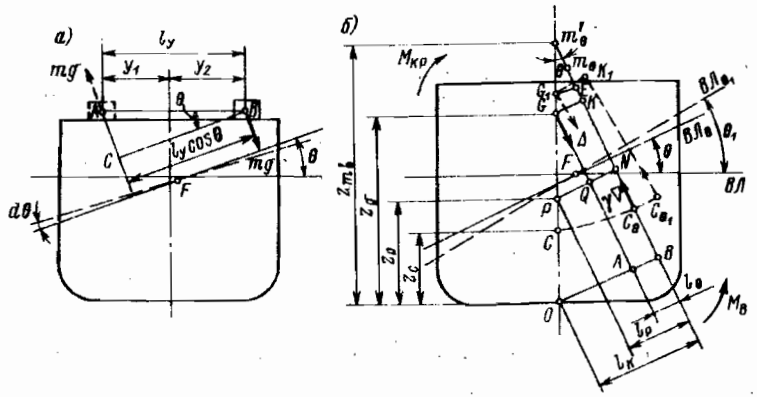


Рис. 3.9. Горизонтально-поперечное перемещение груза (*а*); к расчету плеча статической остойчивости (*б*)

две равнообъемные ватерлинии, если угол между ними бесконечно мал, пересекаются по прямой линии, проходящей через ЦТ площади действующей ватерлинии и называемой *осью равнообъемного наклонения*. На рис. 3.9 ось равнообъемного наклонения проецируется в точку *F*. Если судно прямобортно, то в пределах его прямобортности теорема Эйлера справедлива для любого угла наклонения. На судах промыслового флота с достаточной для практических целей точностью теорема Эйлера может быть использована при углах крена до 12°.

Кренящие и дифферентующие моменты. Суда промыслового флота в условиях эксплуатации могут оказаться под воздействием статических кренящих и дифферентующих моментов при проведении грузовых и промысловых работ, маневрировании на небольших скоростях движения, буксировках, скоплении на одном борту членов экипажа, наличии непорывистого ветра и т. п. Динамический кренящий момент может возникнуть при рывке буксирного троса или зацепе орудий лова за неровности грунта, обрывах ваера, буксирного троса, швартовных концов, грузового шкентеля, при воздействии порывистого ветра или резких изменениях курса на больших скоростях движения судна и т. п.

Горизонтально-поперечное перемещение груза массой m (рис. 3.9,*а*) можно рассматривать как снятие груза из положения A с последующим приемом этого же груза в положение B. Момент возникшей статической кренящей пары сил равен

$$M_{кр} = mg(y_2 - y_1)\cos\theta = mgl_y \cos\theta, \qquad (3.41)$$

где l_y – расстояние, на которое перемещен груз в горизонтально-поперечном направлении, м.

Произвольный прием груза можно рассматривать как прием его в ДП ($y_1 = 0$) с последующим горизонтально-поперечным перемеще-

нием в действительное положение (y_2). В этом случае выражение (3.41) принимает вид

$$M_{кр} = mgy_2 \cos\theta = mgy \cos\theta, \tag{3.42}$$

где y – ордината ЦТ принятого груза, м. Очевидно, что выражение (3.42) применимо и при снятии с судна груза.

По аналогии с предыдущими рассуждениями статические дифферентующие моменты при горизонтально-продольном перемещении и приеме (снятии) груза могут быть соответственно выражены следующим образом:

$$M_{диф} = mg\,(x_2 - x_1)\cos\psi = mgl_x \cos\psi; \tag{3.43}$$

$$M_{диф} = mg\,(x - x_f)\cos\psi, \tag{3.44}$$

где x_f и x – абсциссы ЦТ площади действующей ватерлинии и принятого (снятого) груза, м.

При небольших углах крена и дифферента практически $\cos\theta \approx 1$, $\cos\psi \approx 1$ и выражения (3.41) – (3.44) принимают такой вид:

$$M_{кр} = mgl_y; \tag{3.45}$$

$$M_{кр} = mgy; \tag{3.46}$$

$$M_{диф} = mgl_x; \tag{3.47}$$

$$M_{диф} = mg\,(x - x_f). \tag{3.48}$$

С достаточной из практических соображений точностью в неаварийных условиях эксплуатации промыслового флота величиной x_f в выражении (3.48) можно пренебречь и принять

$$M_{диф} \approx mgx. \tag{3.49}$$

Статический кренящий момент при скоплении членов экипажа на одном борту определяют из выражения

$$M_{кр} = g \sum_{i=1}^{n} m_i y_i \cos\theta \approx g \sum_{i=1}^{n} m_i y_i, \tag{3.50}$$

где массу m_i одного человека принимают равной 0,075 т при плотности размещения 6 чел. на 1 м^2 свободной площади палубы.

При расположении стяжного троса промысловых механизмов в плоскости поперечного сечения судна и незначительных углах крена, возникающих в процессе работы с орудиями лова, наибольший статический кренящий момент равен

$$M_{кр} = F_{пр}\sqrt{y^2 + (z-d)^2}. \tag{3.51}$$

Здесь $F_{пр}$ – натяжение стяжного троса, кН; y, z – координаты точки схода стяжного троса с канифас-блока, мальгогера, нока стрелы и т. п., м. Если стяжной трос составляет с плоскостью поперечного сечения угол α, в выражении (3.51) следует $F_{пр}$ заменить на $F_{пр}\cos\alpha$, а $M_{кр}$ увеличить на величину $F_{пр}\, y \sin\alpha$.

Статический кренящий момент на установившейся циркуляции определяют по рекомендациям § 37.

Считая направление действия ветра перпендикулярным к борту судна и равнодействующую сил давления ветра сосредоточенной в ЦТ площади парусности судна, статический и динамический кренящие моменты можно определить по формуле

$$M_{кр} = p_v\, A_v\, z, \tag{3.52}$$

где p_v – условное удельное давление ветра, определяемое по шкале Бофорта при действии ветра без порывов или при порывах, кПа; A_v – площадь проекции надводной части судна на ДП, м^2; z – возвышение ЦТ площади парусности судна над ватерлинией, м.

Динамический кренящий момент при обрыве грузового шкентеля находят из выражения

$$M_{кр} = mgy. \tag{3.53}$$

Здесь m – масса груза на шкентеле, т; y – ордината точки крепления грузового блока на ноке грузовой стрелы, м.

Восстанавливающий момент. Допустим, что судно с ЦТ в точке G, находящееся в прямом положении равновесия при ватерлинии ВЛ (рис. 3.9,*б*), в результате действия внешнего статического кренящего момента $M_{кр}$, не связанного с нагрузкой судна (действия непорывистого ветра, тяги промысловых механизмов, маневрирования и т. п.), накренилось на угол θ. В силу принятых выше условий положение ЦТ судна остается неизменным, а ЦВ выходит из плоскости наклонения и перемещается в сторону наклонения по некоторой пространственной кривой, называемой траекторией ЦВ. Проекцию траектории ЦВ на соответствующую ей плоскость наклонения называют кривой ЦВ (кривая CC_θ). Линии действия сил тяжести Δ и поддержания $\gamma\nabla$, оставаясь перпендикулярными к действующей ватерлинии $ВЛ_\theta$, не лежат на одной вертикали и, следовательно, создают пару сил с плечом GK – *плечом статической остойчивости* l_θ. Момент этой пары сил называют *восстанавливающим моментом*

$$M_в = \Delta\, l_\theta. \tag{3.54}$$

В соответствии с известной аксиомой статики в рассматриваемом случае ватерлиния $ВЛ_\theta$ будет ватерлинией равновесия, если соблюдается условие

$$M_{в} = M_{кр}, \tag{3.55}$$

или

$$l_{кр} = l_{\theta}, \tag{3.56}$$

где $l_{кр}$ – плечо кренящего момента, м, определяемое из выражения

$$l_{кр} = M_{кр} / \Delta. \tag{3.57}$$

Если ЦТ судна расположен в точке G_1, ватерлиния $ВЛ_{\theta}$ не может быть ватерлинией равновесия, так как $G_1E < GK$, и соответственно $M_{в} < M_{кр}$. В этом случае ватерлинией равновесия будет $ВЛ_{\theta_1}$ при угле крена θ_1 и положении ЦВ в точке C_{θ_1}. Из сказанного следует, что остойчивость зависит от положения по высоте ЦТ судна и характера кривой ЦВ.

Аналитического выражения кривая ЦВ не имеет, и ее форма зависит от осадки и обводов судна. Каждому положению точки C на кривой ЦВ соответствуют определенный мгновенный центр кривизны m_{θ}, называемый *поперечным метацентром*, и мгновенный радиус кривизны $m_{\theta}C_{\theta}$, именуемый *поперечным метацентрическим радиусом* r_{θ} и определяемый по формуле

$$r_{\theta} = I_x / \nabla, \tag{3.58}$$

где I_x – центральный момент инерции площади наклонной ватерлинии $ВЛ_{\theta}$ относительно ее продольной центральной оси, м^4; ∇ – объемное водоизмещение судна при ватерлинии $ВЛ_{\theta}$, м^3.

В расчетах по теории судна часто применяют понятие мгновенного ложного поперечного метацентра (прометацентра) m'_{θ}, под которым подразумевает точку пересечения линий действия силы поддержания при углах крена $\theta = 0$ и θ.

Аналогичным образом для случая продольных наклонений судна (рис. 3.10,*а*) можно вывести зависимости

$$M_{в} = \Delta GK; \tag{3.59}$$

$$M_{в} = M_{диф}; \tag{3.60}$$

$$R = I_{yf} / \nabla. \tag{3.61}$$

Здесь $M_{в}$ – восстанавливающий момент, возникающий при продольных наклонениях судна, кН · м; R – *продольный метацентрический радиус*, м; I_{yf} – центральный момент инерции площади наклонной ватерлинии $ВЛ_1$ относительно ее поперечной центральной оси, м^4; ∇ – объемное водоизмещение судна при ватерлинии $ВЛ_1$, м^3. Момент $I_{yf} \gg I_x$, поэтому из выражений (3.58) и (3.61) следует, что всегда $R \gg r_{\theta}$. При отсутствии сведений о значении R принимают $R \approx L$.

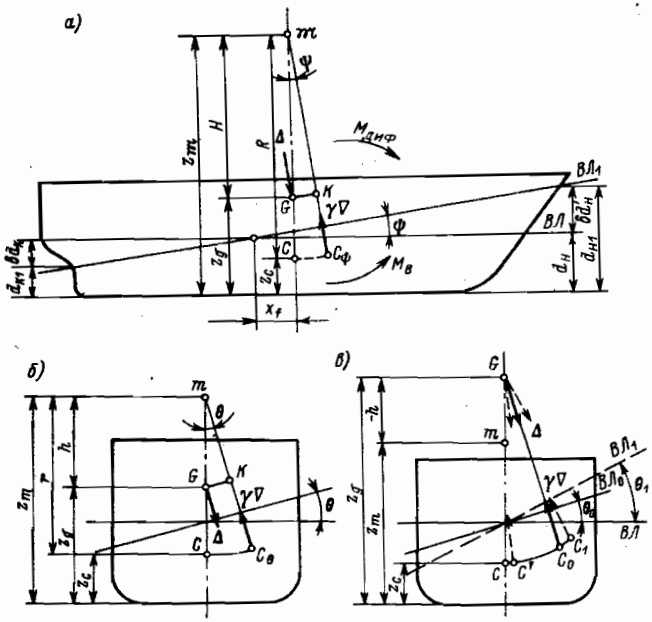


Рис. 3.10. Элементы остойчивости:

а – продольной; *б* – поперечной; *в* – отрицательной начальной

Диаграмма статической остойчивости. Допустим, что судно с ЦТ в точке G накренилось на угол θ (см. рис. 3.9,*б*). Произведем на рисунке некоторые дополнительные построения. Проведем из произвольной точки P (полюса) $PN \perp m'_\theta C_\theta$ и прямую $GQ \parallel m'_\theta C_\theta$. Тогда можно записать

$$l_\theta = GK = QN = PN - PQ. \tag{3.62}$$

Из прямоугольного треугольника PQG следует, что

$$PQ = (z_g - z_P)\sin\theta. \tag{3.63}$$

Подставив (3.63) в (3.62) и приняв $PN = l_P$, получим

$$l_\theta = l_P - (z_g - z_P)\sin\theta, \tag{3.64}$$

где l_P – плечо остойчивости формы (плечо силы поддержания) относительно произвольного полюса P, м. Значение l_P при конкретных водоизмещении и угле крена зависит только от положения линии действия силы поддержания, определяемого формой подводного объема

судна. Плечи остойчивости формы вычисляют при проектировании и представляют в виде интерполяционных кривых (или таблиц) плеч остойчивости формы, называемых *пантокаренами*. На судах промыслового флота нашли применение интерполяционные кривые плеч остойчивости формы, рассчитанные относительно полюсов O, C, m (см. рис. 3.9,*б*), а также номограммы аппликат ложного метацентра.

Заменой в (3.64) z_P аппликатой предусмотренного пантокаренами полюса можно получить конкретные выражения для расчета значений l_θ, применяемые в условиях эксплуатации судна

$$l_\theta = l_K - z_g \sin\theta; \tag{3.65}$$

$$l_\theta = l_F - (z_g - z_C)\sin\theta, \tag{3.66}$$

$$l_\theta = l_M - (z_g - z_m)\sin\theta; \tag{3.67}$$

$$l_\theta = (z_{m_\theta'} - z_g)\sin\theta. \tag{3.68}$$

Здесь l_K, l_F, l_M – соответственно плечи сил поддержания, рассчитанные относительно основной плоскости, ЦВ и начального поперечного метацентра, м.

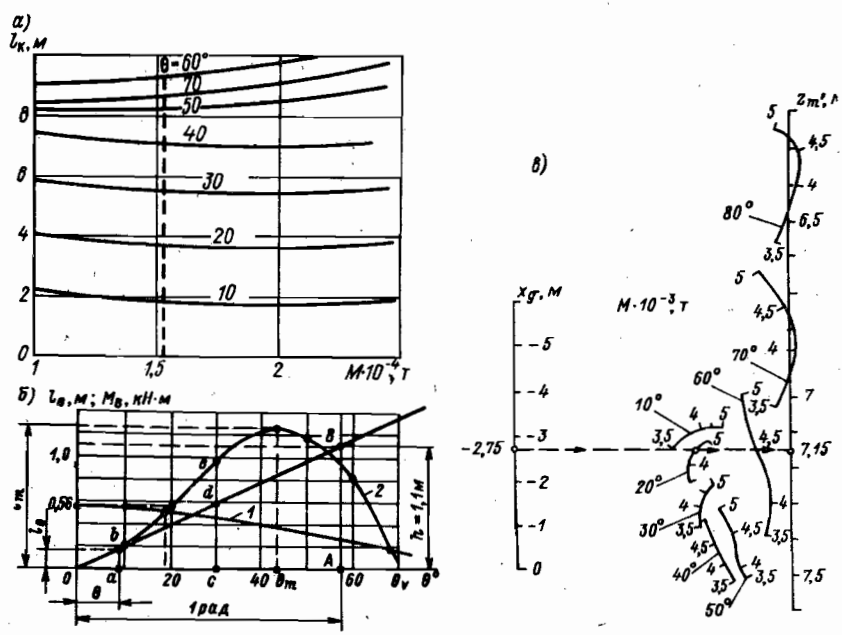


Рис. 3.11. К расчету ДСО:

а – пантокарены (относительно ОП) плавбазы: *б* – ДСО плавбазы; *в* – номограмма Ю. Л. Макова для БМРТ

Из выражений (3.65) – (3.68) видно, что для расчета плеча статической остойчивости в судовых условиях достаточно определить положение по высоте ЦТ судна.

Графическую зависимость плеча статической остойчивости или восстанавливающего момента от угла крена для конкретного состояния нагрузки судна называют *диаграммой статической остойчивости* (ДСО). Характерный для судов промыслового флота тип ДСО в виде кривой *2* представлен на рис. 3.11, *б*. В силу симметрии судна относительно ДП при наклонении на ЛБ форма ДСО такая же, как и при наклонении на ПБ, но плечи статической остойчивости имеют противоположные знаки.

Пример 3.9. Построить ДСО для ПБ при нагрузке $M = 15\,268$ т и $z_g = 9{,}23$ м. Плечи остойчивости формы рассчитаны относительно ОП и приведены на рис. 3.11, *а*.

По кривым, изображенным на рис. 13.11, *а*, при $M = 15\,268$ т и углах крена с интервалом в 10° находим плечи остойчивости формы l_K: 1,82; 3,72; 5,58; 7,16; 8.26; 8.81; 8.69 м. Плечи статической остойчивости l_θ, вычисленные по формуле (3.65), соответственно равны 0,22; 0,56; 0,96; 1,23; 1,19; 0,82; 0,02 м. ДСО, построенная по полученным данным, представлена на рис. 3.11, *б* (кривая *2*).

Пример 3.10. С помощью номограммы Ю. Л. Макова (рис. 3.11, *в*) определить значение плеча статической остойчивости БМРТ при угле крена 20°, если $M = 4450$ т, $z_g = 6{,}33$ м, $x_g = -2{,}75$ м.

По номограмме, приведенной на рис. 3.11, *в*, при $M = 4450$ т, $x_g = -2{,}75$ м и $\theta = 20°$ находим $z_{m'} = 7{,}15$ м. По формуле (3.68) вычисляем $l_\theta = (7{,}15 - 6{,}33) \cdot 0{,}342 = 0{,}284$ м.

ДСО без каких-либо дополнительных расчетов l_θ можно построить с помощью включаемой в документацию судна универсальной диаграммы статической остойчивости (УДСО), для чего достаточно рассчитать нагрузку судна.

В Информацию об остойчивости для каждого типового случая нагрузки включена соответствующая ДСО. Если водоизмещения судна и в одном из типовых вариантов нагрузки одинаковы, а положения ЦТ судна по высоте не совпадают, можно произвести пересчет типовой ДСО с помощью величины

$$\delta l_\theta = (z_{g_1} - z_g) \sin \theta \qquad (3.69)$$

(z_{g_1} и z_g – соответственно аппликаты ЦТ судна в рассчитываемом и типовом вариантах нагрузки, м), определив плечи статической остойчивости рассчитываемого случая по формуле

$$l_{\theta_1} = l_\theta - \delta l_\theta, \qquad (3.70)$$

где l_{θ_1} и l_θ – соответственно плечо статической остойчивости в рассчитываемом и типовом вариантах нагрузки, м. Очевидно, что при $z_{g_1} < z_g$ $l_{\theta_1} > l_\theta$.

Пример 3.11. Приняв нагрузку ПБ в примере 3.9 за типовую, определить плечо статической остойчивости при $\theta = 30°$, если $z_{g_1} = 8{,}23$ м, $M_1 = 15\,300$ т.

По формуле (3.69) находим

$$\delta l_\theta = (8{,}23 - 9{,}23) \cdot 0{,}5 = -0{,}50 \text{ м}.$$

Замерив на рис. 3.11, *б* величину $l_\theta = 0{,}96$ м при $\theta = 30°$, по формуле (3.70) определяем

$$l_{\theta_1} = 0{,}96 - (-0{,}5) = 1{,}46 \text{ м}.$$

Очевидно, что при действии внешнего кренящего момента за счет перемещения ЦВ в сторону наклонения судна l_θ увеличивается (см. рис. 3.9, *б*). Бесспорно также и то, что l_θ уменьшается после наклонения судна на угол θ_m, отвечающий максимуму ДСО (см. рис. 3.11, *б*). Следовательно, θ_m должен соответствовать началу резкого изменения формы входящей в воду или выходящей из воды при наклонении судна части корпуса. Для судов промыслового флота в большинстве случаев θ_m соответствует углу входа в воду палубы надводного борта. В некоторых случаях для малых судов с остроскуловыми обводами, плавающих при незначительных осадках, θ_m соответствует углу выхода из воды скулы, если при наклонениях скула выходит из воды раньше входа в воду палубы.

Пример 3.12. По результатам решения примера 3.9 определить угол крена ПБ после горизонтально-поперечного перемещения груза массой 570 т в сторону противоположного борта на расстояние 15 м. Угол крена считать малым.

По формуле (3.45) находим $M_{кр} = 570 \cdot 9{,}8 \cdot 15 = 83\,790$ кН · м.

По формуле (3.57) вычисляем $l_{кр} = 83\,790/(15\,268 \cdot 9{,}8) = 0{,}56$ м.

Согласно выражению (3.56) $l_\theta = 0{,}56$ м. По ДСО, приведенной на рис. 3.11, *б*, при $l_\theta = 0{,}56$ м находим $\theta = 20°$.

Пример 3.13. Решить пример 3.12, считая угол крена большим.

По формуле (3.41) находим значения $M_{кр}$ при $\theta = 0, 10, 20, \ldots, 70°$: 83 790; 82 517; 78 737; 72 564; 64 187; 53 859; 41 895; 28 658 кН · м, а по выражению (3.57) соответствующие этим значениям $l_{кр}$: 0,56; 0,55; 0,53; 0,48; 0,43; 0,36; 0,28; 0,19 м.

На рис. 3,11, *б* построена кривая $l_{кр} = f(\theta)$ (кривая *1*), согласно которой угол крена судна в положении устойчивого равновесия равен 19°, в положении неустойчивого равновесия 68,5°

Если судно наклонилось бы на угол 68,5° (см. пример 3.13), то при уменьшении этого угла на бесконечно малую величину восстанавливающий момент будет больше кренящего и судно перейдет в положение при угле крена 19°. При незначительном увеличении угла крена сверх 68,5° судно опрокинется.

Очевидно, что при действии внешнего постоянного статического кренящего момента (перемещении, приеме или снятии груза, натяжении ваера и т. п.) максимум ДСО определит угол статического опрокидывания $\theta_m = 43{,}6°$ и момент статического опрокидывания $M_{опр} = \Delta l_m = 15\,268 \cdot 9{,}8 \cdot 1{,}26 = 18\,853$ кН · м (см. рис. 3.11, б). Уже вблизи максимума ДСО положение судна будет опасным, так как любой случайный

даже незначительный дополнительный кренящий момент может опрокинуть судно.

При действии на судно статического кренящего момента от непорывистого ветра, значение которого превышает $M_{\text{опр}}$, угол заката диаграммы $\theta_V = 71^\circ$ определит угол статического опрокидывания (см. рис. 3.11, *б*), т. е. опрокидывание будет зависеть от продолжительности действия кренящего фактора.

§ 23. Начальная остойчивость

В соответствии с теоремой Эйлера о равнообъемных наклонениях при незначительных поперечных наклонениях плавающего без крена судна форму входящей в воду и выходящей из воды частей корпуса можно считать одинаковой. В этом случае I_x и ∇ не изменяются и согласно формуле (3.58) $r_\theta = \text{const}$. Следовательно, в пределах малых наклонений траекторию ЦВ можно считать дугой окружности. Радиус этой окружности называют *начальным поперечным метацентрическим радиусом* r, а ее центр – *начальным поперечным метацентром* m. Поперечный m_θ и ложный поперечный m'_θ метацентры при малых наклонениях считают совмещенными в точке m. Как видно из рис. 3.10, *б*.

$$z_m = r + z_C. \tag{3.71}$$

В документации судна приводят значения z_m при разных осадках. Следовательно, положение ЦТ судна по высоте можно характеризовать не только величиной z_g, но и вертикальным расстоянием от точки m до точки G, называемым *поперечной метацентрической высотой* h. Из рис. 3.10, *б* следует, что

$$h = z_m - z_g = r + z_C - z_g. \tag{3.72}$$

При более низком положении ЦТ судна поперечная метацентрическая высота больше, начальная остойчивость лучше. В отечественной практике расчетов начальной остойчивости предпочтение отдают поперечной метацентрической высоте.

Как видно из прямоугольного треугольника GKm (см. рис. 3.10, *б*),

$$l_\theta = GK = h \sin\theta. \tag{3.73}$$

С учетом того, что синус малого угла равен углу (в радианах),

$$l_\theta \approx h\theta. \tag{3.74}$$

Подставив (3.73) или (3.74) в (3.54), получим

$$M_{\text{в}} = \Delta h \sin\theta = \Delta h\theta. \tag{3.75}$$

Выражение (3.75) называют *метацентрической формулой поперечной остойчивости.*

На рис. 3.11,*б* выполнены дополнительные построения: проведена касательная из начала координат к начальной ветви ДСО; восстановлены перпендикуляры к оси абсцисс при $\theta = 57{,}3^\circ$ (1 рад) и θ. Из подобия треугольников Oab и OAB следует:

$$Oa/OA = ab/AB. \tag{3.76}$$

Учитывая, что $Oa = \theta, OA = 1$, $ab = l_\theta$, из формулы (3.76) можно получить

$$l_\theta = AB\theta. \tag{3.77}$$

Сопоставив зависимости (3.74) и (3.77), можно сделать заключение, что $AB = h$, т. е. отрезок восстановленного к оси абсцисс при угле крена $57{,}3^\circ$ (1 рад) перпендикуляра, измеренный от оси до точки его пересечения с начальной касательной к ДСО, определяет в масштабе плеча статической остойчивости значение h, а формула (3.75) применима для углов крена, при которых начальная касательная к ДСО совпадает с ДСО. Действительно, при $\theta = 30^\circ$ (см. рис. 3.11,*б*) $l_\theta = ce \neq cd$. Однако графически определять значение h не рекомендуется, так как невозможно провести касательную с необходимой точностью. Указанное свойство целесообразно применять для контроля и построения начального участка ДСО, когда известно значение h.

Пример 3.14. Применив формулу (3.75), решить пример 3.13. Сравнить результаты расчета.

По формуле (3.45) определяем $M_{кр} = 83\,790$ кН · м. Согласно выражению (3.55) и рис. 3.11,*б* $M_в = 83\,790$ кН · м, $h = 1{,}1$ м. Подставляя эти значения в формулу (3.75) и решая полученное уравнение относительно θ, находим $\theta = 83\,790 \times 57{,}3/(15\,268 \cdot 9{,}8 \cdot 1{,}1) = 29{,}2^\circ$.

Из сравнения результатов решения примеров 3.13 и 3.14 следует, что применение метацентрической формулы поперечной остойчивости при большом угле крена завысило действительный результат на 54 %.

Пример 3.15. При подготовке БМРТ к ремонту требуется осушить цистерну ПБ, в которой находится 10 т топлива с ординатой ЦТ $y = 2$ м. Можно ли в целях сокращения сроков ремонта предварительно снять клинкетную задвижку системы забортной охлаждающей воды, если отливное отверстие находится на 0,5 м выше ватерлинии с ЛБ. Характеристики судна: $M = 3200$ т; $h = 0{,}05$ м; $B = 15{,}2$ м.

Отверстие входит в воду при угле крена, тангенс которого равен $\operatorname{tg}\theta = 0{,}5/(B/2) = 0{,}0658$, откуда $\theta = 3{,}76^\circ$. По формуле (3.46) $M_{кр} = 10 \cdot 9{,}8 \cdot 2 = 196$ кН · м. Согласно выражению (3.55) $M_в = 196$ кН · м. Подставляя это значение в формулу (3.75), пренебрегая изменением (ухудшением) остойчивости при осушении цистерны и решая полученное уравнение относительно θ, находим $\theta = 196 \cdot 57{,}3/(3190 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}05) = 7{,}2^\circ$.

Без предварительного понижения ЦТ судна снимать клинкетную задвижку нельзя, так как при осушении цистерны отверстие входит в воду и возможно затопление МО.

Допустим, что ЦТ судна расположен выше начального поперечного метацентра (см. рис. 3.10,*в*). В условиях эксплуатации всегда найдется какой-либо внешний фактор, который накренит судно на незначительный угол и ЦВ сместится в сторону наклонения. Возникший при этом восстанавливающий момент будет не восстанавливать, а кренить судно до угла θ_0, при котором линии действия сил тяжести и поддержания окажутся на одной вертикали. Ватерлинией устойчивого равновесия будет ватерлиния $ВЛ_0$. У такого судна отрицательная начальная остойчивость, и оно будет плавать с углом крена θ_0 на ПБ либо на ЛБ. При движении такого судна наблюдаются характерные валкость и плавное переваливание с борта на борт. На ДСО такого судна плечи статической остойчивости имеют отрицательные значения в промежутке между строго прямым положением ($\theta = 0°$) и наклонным ($\theta = \theta_0$). Начиная с некоторого угла крена θ_0 плечи статической остойчивости становятся положительными и диаграмма приобретает обычный вид (рис. 3.12,*а*, кривая *4*). Таким образом, наличие отрицательной начальной остойчивости не может служить основанием для заключения о том, что судно неостойчиво и должно опрокинуться. Отрицательная начальная остойчивость характерна для многих судов промыслового флота в период подготовки к заводскому ремонту, при ремонте и опасна из-за возможного входа в воду открытых или неплотно закрытых отверстий надводного борта (при незначительном крене). Единственный способ устранения отрицательной начальной остойчивости – обеспечить более низкое положение ЦТ судна. Попытка спрямить такое судно перемещением, приемом или снятием груза вне ДП приведет к переваливанию

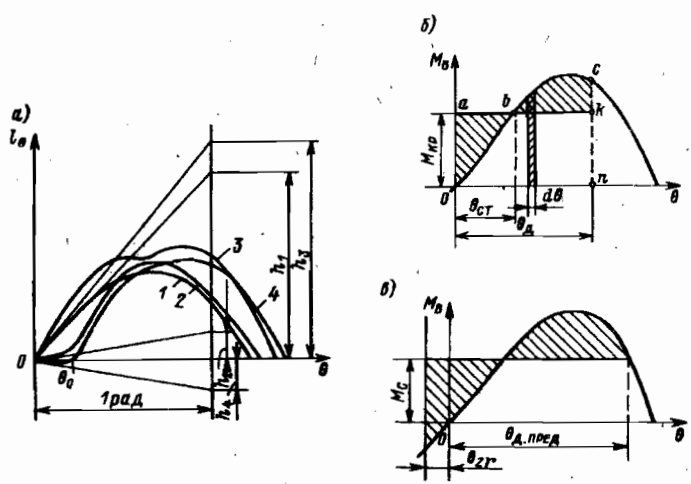


Рис. 3.12. Типы ДСО промысловых судов (*а*); определение угла динамического крена (*б*); определение минимального опрокидывающего момента (*в*)

через прямое положение на другой борт еще на больший угол, если причиной крена была только отрицательная начальная остойчивость. Неправильная оценка причины возникновения крена и попытка его устранения обычными методами часто приводят к тяжелым аварийным ситуациям и даже к опрокидыванию.

Как и при рассмотрении малых поперечных наклонений, при исследовании продольных наклонений (см. рис. 3.10,*а*) можно ввести понятие *продольной метацентрической высоты* H и *метацентрической формулы продольной остойчивости*

$$M_{в} = \Delta H \sin \psi = \Delta H \psi. \tag{3.78}$$

Из рис. 3.10,*а* следует, что

$$H = R - (z_g - z_C). \tag{3.79}$$

Так как $R \gg (z_g - z_C)$, в практических расчетах принимают

$$H \approx R, \tag{3.80}$$

а при отсутствии сведений о значении R

$$H \approx L. \tag{3.81}$$

Кроме того, на основании рис. 3.10,*а* можно записать

$$\delta d_{н} = (L/2 - x_f) \operatorname{tg} \psi; \tag{3.82}$$

$$\delta d_{к} = (L/2 + x_f) \operatorname{tg} \psi, \tag{3.83}$$

где $\delta d_{н}$ и $\delta d_{к}$ – соответственно изменение осадки на носовом и кормовом перпендикулярах при продольном наклонении судна на угол ψ, м; x_f – абсцисса ЦТ площади действующей ватерлинии с учетом ее знака, м.

В практических расчетах часто применяют момент, кренящий судно на 1°, и момент, дифферентующий на 1 см. Приняв в формуле (3.75) $\theta = 1^\circ \approx 1/57{,}3$ рад и применив условие (3.55), найдем

$$M_{1^\circ} = \Delta h / 57{,}3. \tag{3.84}$$

где M_{1° – момент, кренящий судно на 1°, кН · м/град. Считая, что при малых углах $\sin \psi = \psi$, подставляя (3.9) в (3.78) и принимая $t = 0{,}01$ м, при соблюдении условия (3.60) получаем

$$M_{1\,см} = \Delta H / (100 L), \tag{3.85}$$

а при соблюдении условия (3.81)

$$M_{1\,см} = 0{,}01 \Delta, \tag{3.86}$$

где $M_{1\,см}$ – момент, изменяющий дифферент судна на 1 см, кН · м/см.

§ 24. Динамическая остойчивость

Динамической остойчивостью называют способность судна противостоять, не опрокидываясь, действию внезапно приложенного кренящего момента.

Предположим, что к судну, находящемуся в прямом положении, внезапно приложен кренящий момент $M_{кр}$. В целях упрощения задачи будем считать, что этот момент не зависит от угла крена. График такого момента будет изображен на ДСО прямой линией, параллельной оси θ (рис. 3.12,*б*), а точка b определит угол статического крена судна $\theta_{ст}$ в случае, если бы момент действовал статически. Поскольку приложенный кренящий момент уже имеет определенное значение, а восстанавливающий момент возрастает постепенно, судно в процессе наклонения приобретает некоторую нарастающую угловую скорость, которая в положении статического равновесия, когда соблюдается условие (3.55), достигает своего наибольшего значения. По инерции судно кренится далее, но уже с уменьшающейся угловой скоростью, так как восстанавливающий момент становится больше кренящего. При достижении некоторого угла динамического крена $\theta_д$, когда угловая скорость наклонения становится равной нулю, под воздействием восстанавливающего момента рассмотренный процесс повторится в обратном направлении, судно начнет совершать колебательные движения, постепенно затухающие под влиянием сопротивления окружающей среды (воды и воздуха). Таким образом, выражение (3.55) не может быть условием динамического равновесия судна и величина $M_в$ не является мерой динамической остойчивости. Мерой динамической остойчивости будет работа восстанавливающего момента, которую он должен совершить, чтобы возвратить в начальное положение накрененное на угол $\theta_д$ судно. Следовательно, условие динамического равновесия имеет следующий вид:

$$T_{кр} = T_в, \tag{3.87}$$

где $T_{кр}$ и $T_в$ – соответственно работы кренящего и восстанавливающего моментов.

Известно, что работа постоянного кренящего момента при наклонении судна до угла $\theta_д$ равна произведению момента на угол крена:

$$T_{кр} = M_{кр}\theta_д. \tag{3.88}$$

Как видно из рис. 3.12,*б*, эта работа соответствует площади прямоугольника *Oakn*. Если на ДСО (см. рис. 3.12,*б*) выделить элементарную полоску, площадь которой $M_в d\theta$, то площадь ДСО при угле крена $\theta_д$ равна

$$A_{Obcn} = \int_{\theta=0}^{\theta=\theta_д} M_в\, d\theta. \tag{3.89}$$

Из выражения (3.89) следует, что работа восстанавливающего момента соответствует площади ДСО при конкретных углах крена $\theta_д$, и с учетом зависимости (3.88) условие (3.87) принимает вид

$$A_{Oakn} = A_{Obcn}. \tag{3.90}$$

Площади A_{Oakn} и A_{Obcn} включают общую для них площадь $Obkn$, поэтому условие (3.90) можно записать так:

$$A_{Oab} = A_{bck}. \tag{3.91}$$

Выражение (3.91) используют для графического решения уравнения (3.87): при известном значении динамического кренящего момента положение ординаты cn подбирают таким образом, чтобы заштрихованные на рис. 3.12,*б* площади оказались равными; точка n определит значение угла динамического крена судна.

Очевидно, что при каком-то динамическом кренящем моменте для определения $\theta_д$ вся площадь ДСО, расположенная выше графика этого кренящего момента, должна быть заштрихована, динамический угол крена станет равным статическому углу крена положения неустойчивого равновесия. При малейшем увеличении угла крена $T_{кр}$ превысит $T_в$ – судно неизбежно опрокинется. Внезапно приложенный кренящий момент, при котором динамический угол крена достигнет значения угла неустойчивого статического равновесия, называют *минимальным опрокидывающим моментом* $M_{опр}$. В Правилах под *опрокидывающим моментом* подразумевают минимальный условный расчетный динамически приложенный кренящий момент M_c, определенный с учетом энергии качки, который судно еще способно выдержать без аварии. Угол, на который при этом наклоняется судно, считается *предельным углом крена*. Методика расчета минимального опрокидывающего момента с учетом энергии качки представлена на рис. 3.12,*в*, где θ_{2r} – условная расчетная амплитуда бортовой качки, определяемая по рекомендациям Правил.

Если заливание судна наступает раньше, чем опрокидывание (например, в период работы с орудиями лова при открытых отверстиях), динамически приложенный момент, способный накренить судно до угла заливания, также называют опрокидывающим, так как заливание считается аварийным последствием крена. В этом случае ДСО обрывается при угле заливания, а значение M_c уменьшается.

Задачи, связанные с динамической остойчивостью, решаются точнее и быстрее по диаграмме динамической остойчивости (ДДО), которая строится на основании ДСО и представляет собой кривую, выражающую зависимость работы восстанавливающегося момента (площади ДСО) от угла крена. Поскольку построение ДДО производится, как правило, только в процессе проектирования судна, в настоящем параграфе этот вопрос не рассмотрен.

§ 25. Нормирование остойчивости судна

Основные критерии остойчивости. Задача нормирования остойчивости судна – установить минимальную допустимую остойчивость, при которой правильно эксплуатируемому и разумно управляемому судну гарантируется безопасность в отношении опрокидывания. Общие требования Правил, которым должны удовлетворять все суда независимо от их назначения, включают проверку остойчивости на одновременное действие динамически приложенного давления ветра и бортовой качки судна при наклонении его на наветренный борт, требования к ДСО, поперечной метацентрической высоте и проверку остойчивости судна в условиях обледенения.

В качестве основного критерия остойчивости принят критерий погоды К, равный отношению минимального опрокидывающего момента M_c (см. рис. 3.12,*в*) к кренящему моменту от давления шквального ветра M_v, рассчитанному по формуле (3.52), в которую входит условное удельное давление ветра p_v, определяемое по таблице Правил. Остойчивость считается удовлетворяющей требованиям Норм по основному критерию, если в наихудшем с точки зрения остойчивости состоянии нагрузки судна соблюдается условие

$$K = M_c/M_v \geqslant 1. \qquad (3.92)$$

Условия эксплуатации судов неограниченного района плавания наиболее суровы, поэтому они должны иметь более высокую норму остойчивости по сравнению с судами ограниченного района плавания. Это требование можно обеспечить установлением большего значения К или, при сохранении одинакового К для судов всех районов плавания, назначить более высокие нормы p_v. В Правилах регламентируются значения p_v в зависимости от района плавания судна и положения ЦТ площади парусности.

Однако критерий погоды не дает исчерпывающей характеристики остойчивости и не учитывает ряд других факторов и других видов внешних сил. В тех случаях когда суда имеют малый надводный борт и малую площадь парусности, требования к основному критерию остойчивости можно удовлетворить и при чрезмерно низкой и короткой ДСО, которая не обеспечит судну необходимую степень безопасности. В связи с этим введены дополнительные требования к ДСО и поперечной метацентрической высоте.

Характеристики бортовой качки судна тесно связаны с его начальной остойчивостью. При большой поперечной метацентрической высоте судно испытывает резкую качку, что может привести к смещению груза. С другой стороны, малая метацентрическая высота увеличивает валкость судна даже при действии на него сравнительно небольших кренящих моментов, что также может вызвать смещение груза.

Согласно требованиям Правил, исправленная начальная метацентрическая высота рыболовных судов и судов специального назначения

должна быть во всех случаях эксплуатации не менее 0,05 м или $0{,}003B$, смотря по тому, какая из величин больше. При длине судна до 20 м (за исключением судна порожнем) остойчивость по критерию погоды не проверяется, а исправленная начальная метацентрическая высота должна быть не менее 0,5 м; при нагрузке „судно на промысле с открытыми люками, без улова в трюмах, с уловом и мокрыми сетями на палубе при 25% запасов и полной нормой льда и соли" исправленная начальная метацентрическая высота должна быть не менее 0,35 м; угол статического крена при работе с сетями и грузовой стрелой на максимальном ее вылете не должен превышать 10° или угла, при котором палуба входит в воду (смотря по тому, что меньше).

На основании сопоставления ДСО большого числа опрокинувшихся и благополучно плавающих судов установлена предельная ДСО, которая характеризуется конкретными значениями l_m, θ_m и θ_v.

Сдвиг θ_m в сторону малых углов при неизменившихся l_m, θ_v и общей площади ДСО приводит к увеличению h и соответственно к более резкой бортовой качке. Судно будет попадать в резонанс при более коротких волнах, которые повторяются значительно чаще. Эти доводы побудили ограничить положение максимума ДСО некоторым минимальным углом. Правила требуют обеспечения θ_m не менее 30°, а у двугорбой диаграммы первый от прямого положения судна максимум должен быть при угле не менее 25°. Для судов ограниченного района плавания в условиях обледенения необходимо обеспечить θ_m не менее 25°.

Случаи, когда суда получали статический крен, превышающий 50°, подтверждают практическое значение нисходящей ветви диаграммы. Правила требуют обеспечения θ_v не менее 60°, а при обледенении — не менее 55°. Для судов длиной менее 20 м обрыв диаграммы при углах крена менее 40° не допускается. Однако при этом необходимо, чтобы условный угол заката диаграммы, определенный в предположении непроницаемости закрытых отверстий, был не ниже вышеупомянутых значений.

При следовании на попутном волнении со скоростью, близкой к скорости бега волн, судно может некоторое время задержаться в положении, когда его средняя часть находится на вершине волны. Если при этом длина волны примерно равна длине судна, в соответствии с формулами (3.58) и (3.71) остойчивость формы судна меняется и ДСО существенно снижается, что может привести к внезапному накренению и даже опрокидыванию. При этом ухудшается управляемость судна, что может вызвать внезапный разворот лагом к волне, соскальзывание на ее подошву и опасный крен. Рассматриваемая ситуация имеет особенно важное значение для малых судов. Более подробно данный вопрос рассмотрен в дальнейшем.

Правила требуют обеспечения l_m не менее 0,25 м для судов длиной $L \leqslant 80$ м и не менее 0,2 м при $L \geqslant 105$ м. Для промежуточных длин судна значения l_m определяются линейной интерполяцией. В условиях обледенения судов ограниченного района плавания $l_m \geqslant 0{,}2$ м.

Дополнительные требования Правил дифференцированы в зависимости от типа и назначения судна. Они устанавливают расчетные варианты нагрузки, регламентируют начальную остойчивость, исходя из максимально допустимых углов крена в условиях, оговоренных Правилами, и содержат рекомендации по проверке остойчивости рыболовных судов, ведущих лов сетями.

Для малых рыболовных судов ограниченных районов плавания длиной от 20 до 35 м Регистр может снижать требования к критериям остойчивости до 10%.

Общие сведения об остойчивости промысловых судов. Как было установлено, остойчивость судна тем лучше, чем больше ординаты ДСО, углы θ_m и θ_v. Эти показатели формы ДСО определяются шириной судна и высотой надводного борта, наличием водонепроницаемых надстроек и рубок, открытых отверстий в корпусе судна, состоянием нагрузки и условиями промысла.

Влияние ширины судна на форму ДСО можно установить, сравнив два гладкопалубных судна, которые отличаются только шириной. У более широкого судна больше I_x и в соответствии с формулами (3.58) и (3.72) больше r и h. Кроме того, увеличение ширины судна приводит к уменьшению угла входа в воду кромки палубы надводного борта при крене, что вызывает смещение углов θ_m и θ_v в сторону меньших значений. Таким образом, увеличение ширины судна приводит к более крутому начальному участку ДСО, увеличению l_θ при одновременном уменьшении θ_m и θ_v.

Аналогично сравнивая два гладкопалубных судна, отличающихся только высотой надводного борта, можно установить: увеличение высоты надводного борта не изменяет начального участка ДСО, однако увеличивает l_θ, θ_m и θ_v за счет увеличения угла входа в воду кромки палубы надводного борта при крене.

Влияние водонепроницаемых надстроек на ДСО аналогично увеличению надводного борта. Следовательно, ранний закат ДСО у низкобортных судов частично может быть устранен за счет водонепроницаемых надстроек. Так, среди судов, потерпевших аварию от опрокидывания, 74% не имели водонепроницаемых надстроек или имели надстройки малой протяженности. Хорошей остойчивостью на больших углах крена обладают большие и крупные добывающие, обрабатывающие и приемно-транспортные суда, у которых две и более палуб, развитые надстройки. До сих пор не зафиксировано ни одного случая опрокидывания таких судов в условиях промысла.

При увеличении размеров судна в n раз и соблюдении геометрического подобия восстанавливающие моменты возрастают пропорционально n^4, а кренящие от действия ветра – n^3, т. е. остойчивость более крупных судов обеспечить легче, чем малых. Этот вывод подтверждает статистика: примерно 90% аварий, связанных с опрокидыванием, произошло с судами длиной до 40 м и почти нет случаев опрокидывания судов длиной более 60 м.

Поскольку кормовые образования промысловых судов более полные, с увеличением дифферента на корму поперечная метацентрическая высота несколько увеличивается, начальный участок ДСО становится более крутым, а при дифференте на нос крутизна начального участка диаграммы уменьшается.

Значительное влияние на ДСО оказывает характер нагрузки судна. Понижение ЦТ судна увеличивает h, l_θ, θ_m, θ_ν.

Рассмотрим наиболее характерные типы ДСО (см. рис. 3.12,*а*), которые могут быть у судов промыслового флота в условиях эксплуатации.

На протяжении всей своей положительной части диаграмма, представленная кривой *1*, не имеет точек перегиба и по характеру напоминает синусоиду или параболу, обращенную вершиной вверх. Судно обладает поперечной метацентрической высотой в пределах 0,6–1,0 м. Это наиболее распространенный для судов промыслового флота тип ДСО.

Диаграмма, представленная кривой *2*, имеет точку перегиба, однако плечи статической остойчивости достигают больших значений. Судно обладает поперечной метацентрической высотой менее 0,5 м. Такая диаграмма характерна для многих средних и малых добывающих судов.

Диаграмма, изображенная в виде кривой *3*, на протяжении своей положительной части имеет два максимума вследствие влияния надстроек и рубок, учтенных при расчете интерполяционных кривых плеч остойчивости формы. Судно может обладать поперечной метацентрической высотой, как в одном из предыдущих случаев, и даже большей. Такая диаграмма характерна для некоторых крупных добывающих, обрабатывающих и приемно-транспортных судов.

На начальном участке диаграмма, представленная кривой *4*, проходит в отрицательной области. Судно обладает отрицательной поперечной метацентрической высотой и даже при условии расположения ЦТ судна в ДП плавает с углом крена θ_0 на любой из бортов. При углах крена, больших θ_0, диаграмма проходит в положительной области и может иметь форму любой из ранее рассмотренных диаграмм при больших значениях l_θ, θ_m и θ_ν. Такая диаграмма возможна у многих, даже крупных промысловых судов в период подготовки их к заводскому ремонту, докованию, при заводском ремонте и Правилами не допускается.

§ 26. Контроль остойчивости судна

Методы контроля остойчивости. Очевидно, что остойчивость судна при конкретной нагрузке характеризуется положением его ЦТ по высоте, а также то, что снижение ЦТ судна приведет к увеличению любого критерия остойчивости, независимо от применяемой системы нормирования. Следовательно, для различных осадок (водоизмещений) судна

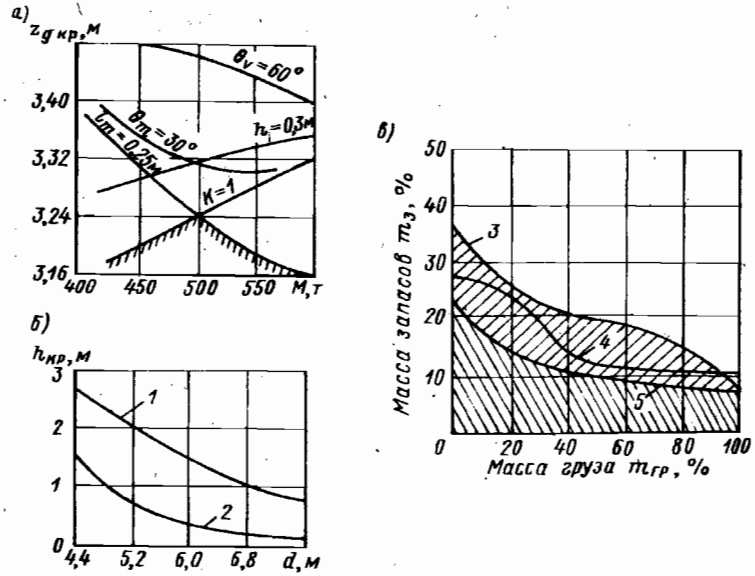


Рис. 3.13. К вопросу контроля остойчивости судна:

а – график допускаемых аппликат ЦТ для СРТР; *б* – график допускаемых h для ПБ; *в* – график балластировки ТСМ; *1* – $h_{кр}$ неповрежденного судна при достаточной остойчивости после получения пробоины; *2* – $h_{кр}$ неповрежденного судна при недостаточной остойчивости после получения пробоины; *3, 4* – границы начала приема балласта в цистерну № 10 при траловом или кошельковом лове; *5* – граница начала дополнительного приема балласта в цистерну № 16 при обоих видах лова

заранее можно определить такое положение его ЦТ по высоте, при котором выполняются требования ко всем критериям остойчивости конкретных национальных норм.

Как отмечалось ранее, положение ЦТ судна по высоте определяется аппликатой z_g, поперечной метацентрической высотой h или кратными им величинами – статическим моментом водоизмещения Mz_g и коэффициентом остойчивости Mh. Даже при наихудшем по остойчивости варианте нагрузки остойчивость судна должна быть такой, чтобы удовлетворялись требования Правил к критериям остойчивости. Рассмотрим, как практически выполняется это условие.

Для конкретной осадки (водоизмещения) судна при разных положениях его ЦТ по высоте строят серию ДСО. Критическим (допускаемым) положением ЦТ судна по высоте для данной осадки (водоизмещения) будет такое положение, при котором выполняются требования ко всем критериям остойчивости национальных норм, причем значение одного из критериев (или сразу нескольких) будет предельным, а остальные будут иметь некоторый запас. Например, из серии ДСО для СРТР при $M = 500$ т (рис. 3.13, *а*) значения $l_m = 0{,}25$ м и $K = 1$ имеет

диаграмма, построенная для $z_g = 3{,}24$ м, значение $\theta_m = 30^\circ$ – диаграмма, построенная для $z_g = 3{,}31$ м, значение $h = 0{,}3$ м – для $z_g = 3{,}32$ м и $\theta_v = 60^\circ$ – для $z_g = 3{,}46$ м. Огибающая кривая на рис. 3.13,*а* (выделена штриховкой) является окончательной кривой допускаемых положений по высоте ЦТ судна. Такая огибающая кривая включается в Информацию об остойчивости судна в виде одного из вариантов: $z_{g\,кр} = f(M \text{ или } d)$; $h_{кр} = f(M \text{ или } d)$; $(Mz_g)_{кр} = f(M \text{ или } d)$; $(Mh)_{кр} = f(M \text{ или } d)$.

Остойчивость судна при каком-то произвольном варианте нагрузки будет соответствовать требованиям национальных Правил, если действительное положение его ЦТ совпадает или находится ниже критического положения при таком же водоизмещении (осадке). Совпадение действительного и критического положений ЦТ судна означает, что какой-то из критериев остойчивости (или несколько критериев) имеет предельное значение, а остальные имеют некоторый запас. Таким образом, оперативный контроль остойчивости сводится к определению действительного положения ЦТ судна по высоте и сравнению с критическим положением. Остойчивость судна считается достаточной при выполнении любого из условий:

$$z_g \leqslant z_{g\,кр}; \tag{3.93}$$

$$h \geqslant h_{кр}; \tag{3.94}$$

$$Mz_g \leqslant (Mz_g)_{кр}; \tag{3.95}$$

$$Mh \geqslant (Mh)_{кр}. \tag{3.96}$$

В Информацию об остойчивости некоторых судов включен график балластировки (рис. 3.13,*в*) или график безопасной загрузки судна (ГБЗС, рис. 3.14,*а*). При условии соблюдения рекомендаций Информации по последовательности приема (расходования) запасов в основных цистернах (рис. 3.15) и груза в трюмах оперативный контроль остойчивости сводится к определению на графике положения точки, соответствующей имеющимся на судне запасам и грузам. Расположение точки на границе зоны балластировки (см. рис. 3.13,*в*, кривая *3* или *4*) означает, что действительное положение ЦТ судна по высоте совпадает с критическим. Так, в случае наличия на ТСМ 15% запасов в основных цистернах (рис. 3.15,*а*) и 10% груза в трюме при условии выполнения вышеупомянутых требований следует принять балласт в цистерны № 10 и 16 независимо от вида лова (см. рис. 3.13,*в*), а при наличии на БМРТ 200 т запаса (рис. 3.15,*б*) и 100 т груза в трюмах – принять балласт в цистерны № 2 ЛБ и ПБ (см. рис. 3.14,*а*).

Решение о необходимости понижения положения ЦТ судна по высоте можно принять сравнением действительного состояния нагрузки судна с одним из типовых вариантов, включенных в Информацию об остойчивости, если указанные нагрузки отличаются незначительно.

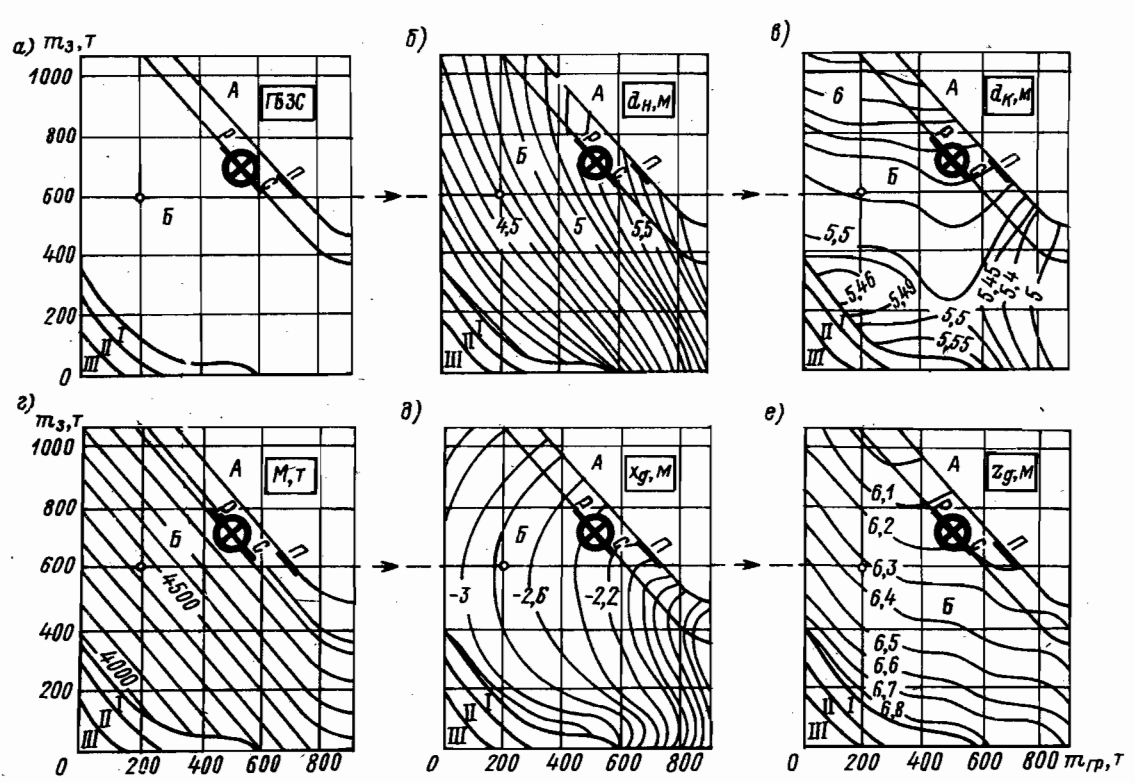


Рис. 3.14. График безопасной загрузки судна (*а*); номограммы Ю. Л. Макова (*б – е*):

Б – безопасная зона; *А* – зона недопустимой осадки; *I, II, III* – зоны последовательной балластировки цистерн ЛБ и ПБ № 2, № 18, № 4

а)

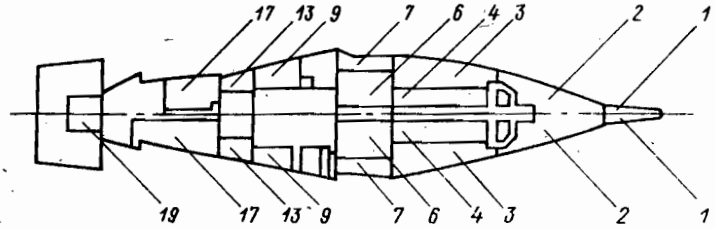
Дизельное топливо

№ цистерны	22 ЛБ	23 ПБ	1+2	27	3	28+29	4+5	8+9	22 ПБ	23 ЛБ
Запас, т	10	5	134,0	21,1	26,4	85,4	32,0	30,2	10	5

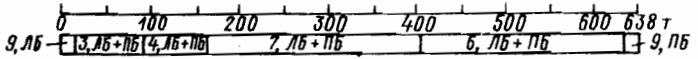
100 75 50 25 0 %

360 270 180 90 0 т, т

б)

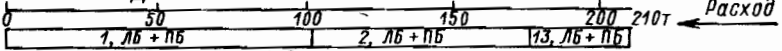


Тяжелое топливо



Прием

Дизельное топливо



Расход

Пресная вода

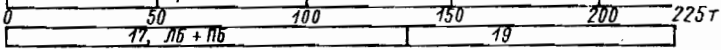


Рис. 3.15. Рекомендуемая последовательность приема (расходования) запасов основных цистерн:

а – для ТСМ; *б* – для БМРТ

Положение ЦТ судна по высоте в условиях эксплуатации можно определить расчетным методом, методом учета основных запасов и грузов, измерительным и комбинированным методами. Кроме того, контроль остойчивости можно осуществлять с помощью специальных приборов контроля.

Расчетные методы определения z_g основаны на применении формул (3.25) и (3.29), а значение h позволяет рассчитать формула (3.72).

Отраслевой научно-исследовательской лабораторией мореходных качеств промысловых судов разработана новая форма информации – Информация о посадке и остойчивости судна ФРП [10]. Так, при наличии на БМРТ 600 т запасов в основных цистернах и 200 т груза рыбы в трюмах и строгом выполнении рекомендаций их приема (расходования) без проведения расчетов можно определить (см. рис. 3.14 и 3.15, *б*): балластировка не требуется; $d_н = 4{,}63$ м; $d_к = 5{,}62$ м; $M = 4450$ т; $x_g = -2{,}75$ м; $z_g = 6{,}33$ м.

К измерительным относятся методы, предназначенные для определения метацентрической высоты по результатам проведения опыта кренования и измерения периода свободных бортовых колебаний судна. Порядок проведения опыта кренования устанавливается Правилами. Опыт проводится после постройки, переоборудования или значительного ремонта, а также после определенного срока эксплуатации судна в тихую погоду при отсутствии течения и при состоянии нагрузки „судно порожнем". Специально подготовленные грузы поочередно переносят с помощью береговых кранов с борта на борт на заранее намеченные места. Углы крена замеряют по отклонению весков, с помощью сообщающихся сосудов или инклинографами, поперечную метацентрическую высоту рассчитывают по формуле

$$h = 57{,}3\,[\,m l_y / (M\theta)\,], \tag{3.97}$$

где m – масса груза, т; l_y – расстояние, на которое перемещен груз в поперечном направлении, м; M – водоизмещение судна в момент проведения опыта, т; θ – замеренный угол крена от поперечного перемещения груза, град. Аппликату ЦТ судна находят по формуле (3.72). Однако опыт кренования малопригоден в условиях промысла. Более доступен опыт раскачивания, рекомендованный ИМО и основанный на приближенной зависимости между метацентрической высотой и периодом бортовой качки судна на тихой воде:

$$h = (cB / T_\theta)^2, \tag{3.98}$$

где c – инерционный коэффициент, значение которого зависит от типа судна и распределения нагрузки по судну, $м^{-0,5} \cdot с$; B – ширина судна, м; T_θ – средний период бортовой качки раскаченного судна, т. е. время одного переваливания судна с борта на борт и обратно, с. Среднее значение c указывается в Информации об остойчивости многих судов,

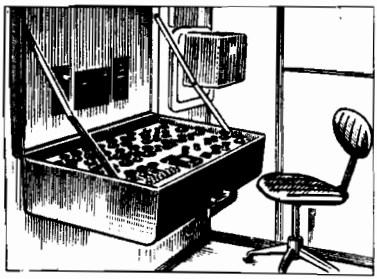
а при отсутствии сведений можно рекомендовать в первом приближении следующие значения c для: туноботов 0,89; МРТР 0,87; СРТР, СРТМ 0,82–0,85; РТМ, БМРТ (типа „Маяковский") 0,87.

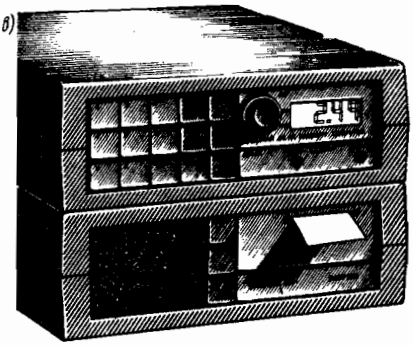
Комбинированный метод определения z_g и Mz_g базируется на определении измерительным методом значения h с последующим использованием формулы (3.72).

Все большее применение на флоте находят приборы для контроля посадки, прочности и остойчивости судна. Их принято делить на две группы. В первую входят приборы, основанные на расчетном методе и предназначенные для определения искомых величин по данным о принимаемых на судно грузах. Большинство приборов первой группы работают по принципу электрического или электронного моделирования нагрузки судна, значения которой вводят специальными ручками на панели прибора. Отсчет искомых величин производят со шкал на ручках с соответствующими надписями. Во вторую группу включают приборы опытного метода определения остойчивости судна, основанные на измерении периодов качки или углов крена. Они имеют следящую систему для получения исходных данных и счетно-решающую часть, обрабатывающую эти данные с последующей выдачей результатов вычислений.

Прибор А. Ф. Кубасова построен по принципу электронного моделирования нагрузки с использованием простейших релейных следящих систем. Вручную (линейными потенциометрами) в прибор в виде напряжений вводят значения массы и координат ЦТ судна порожнем и принимаемых грузов, а аналогичные характеристики снимаемых грузов выводят из прибора. Характеристики постоянных грузов вводят тумблерами. Введенные (снятые) напряжения поступают в суммирующие, множительные и функциональные устройства, с помощью которых вырабатываются результирующие величины, соответствующие параметрам посадки и остойчивости судна: дедвейту; $d_н$ и $d_к$; z_g.

Сталодикатор (Швеция) по принципу работы аналогичен прибору А. Ф. Кубасова, но дополнительно обеспечивает контроль прочности корпуса судна в процессе эксплуатации. На панели прибора (рис. 3.16, *а*) по числу помещений судна установлены ручки, с помощью которых в прибор вводят значения массы груза и координат его ЦТ. Учет влияния свободных поверхностей жидких грузов осуществляют специальными тумблерами. Переключением ручек и тумблеров имитируют нагрузку судна. В нижнем правом углу панели собраны в одну группу переключатели, гальванометр и ручки потенциометров, предназначенные для отсчета искомых величин. Переключатель устанавливают в одно из положений: „Дедвейт", „Дифферент", „Остойчивость", „Напряжения". Поворотом одноименной ручки стрелку гальванометра устанавливают на нуль и со шкалы, нанесенной на ручке, снимают значение искомой величины. На внутренней стороне крышки прибора приведены схема отсеков судна, зависимость критической метацентрической высоты от водоизмещения и другие данные. Сталодикатор может быть исполь-





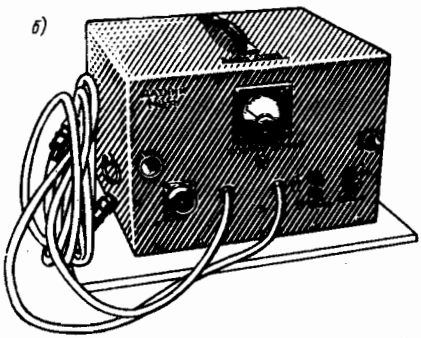


Рис. 3.16. Приборы контроля остойчивости:

а – сталодикатор; *б* – метацентрограф Н. Б. Севастьянова; *в* – прибор фирмы „Весмар"

зован для выявления наиболее правильного распределения грузов на судне с точки зрения посадки, остойчивости и прочности корпуса.

Прибор ПВЗОС аналогичен сталодикатору.

У прибора ПВЗС-2 рукоятки задающих блоков на панели управления расположены соответственно размещению грузовых помещений на судне. Параметры дедвейта, средней осадки, дифферента, изгибающих моментов и перерезывающих сил в нескольких сечениях по длине судна снимают поочередно после введения в прибор характеристик грузов. При этом уравновешивают схему прибора по индикатору и отсчитывают нужный параметр по соответствующей шкале.

Лодикатор (Швеция) аналогичен прибору ПВЗС-2.

Прибор английской фирмы IMEC представляет собой аналоговое вычислительное устройство, позволяющее определять водоизмещение, дифферент, метацентрическую высоту, перерезывающие силы и изгибающие моменты, а также строить диаграмму статической остойчивости. В приборе учитывается влияние свободных поверхностей жидких грузов в цистернах или свободно перемещающихся грузов в грузовых трюмах.

Львовским заводом электроизмерительных приборов разработаны унифицированные приборы УПВЗС-1 для контроля нагрузки, посадки и прочности судна и приборы УПВЗОС-1, УПВЗОС-2 для определения остойчивости судна, а также характеристик плавучести, остойчивости и прочности судна при приеме в один трюм до пяти партий разнородного груза.

В 1959–1963 гг. разработан и испытан в условиях промысла метацентрограф Н. Б. Севастьянова (рис. 3.16,*б*). Прибор состоит из двух блоков: блока-датчика и блока индикации. Принцип работы прибора основан на определении остойчивости по периоду собственных бортовых колебаний судна. Чувствительным элементом прибора является гировертикаль. Электромеханическая схема позволяет автоматически определять период одного колебания. Прибор заранее настраивают на ширину и инерционный коэффициент судна, а также вводят допускаемое значение метацентрической высоты. С появлением характерных амплитуд качки блок-датчик включает часы и счетчик числа колебаний, а с уменьшением амплитуд и появлением размахов недостаточного размера выключает часы и счетчик; определяет среднее значение амплитуд качки и после накопления достаточного количества замеров делит суммарное время на число размахов и выдает результаты на шкалу метацентрических высот блока индикации. В случаях, когда метацентрическая высота оказывается меньше допускаемой, включается сигнализация. Метацентрограф удобен для судов длиной до 80 м, так как на тихой воде он требует раскачивания судна хотя бы на 3–4 °, что трудно обеспечить на более крупных судах.

Принцип действия прибора SC44 фирмы „Весмар" (рис. 3.16,*в*) аналогичен принципу действия метацентрографа. Прибор дает визуальный или акустический сигнал тревоги в случаях нарушения норм остойчивости. Специальная печатающая приставка автоматически регистрирует значения метацентрической высоты и время замеров.

Приборы Венделя (ФРГ) – это два независимых по конструкции блока. Для работы первого прибора на судне устанавливают бортовые и уравнительную цистерны. С помощью бортовых цистерн перекачиванием жидкости создают кренящий момент, а с помощью уравнительной цистерны поддерживают постоянное водоизмещение во время измерений. Кроме того, устанавливается система контроля за объемом воды в цистернах. По значениям создаваемых кренящих моментов и углов крена прибор определяет h, z_g и выдает на экране ДСО в виде светящихся точек. Прибор не учитывает влияния свободных поверхностей жидких грузов в цистернах. Второй прибор основан на зависимости между угловым ускорением качки судна и поперечной метацентрической высотой. На экране осциллографа прибора изображается начальный участок ДСО.

Документация по остойчивости и посадке судна. В целях обеспечения постоянного контроля и поддержания в допустимых пределах посадки и остойчивости судна Правила предусматривают наличие на каждом судне *Информации об остойчивости*, состоящей из пяти разделов. В разд. 1 даются основные сведения о судне, общая характеристика остойчивости, ограничения по нагрузке. В разд. 2 для каждого предусмотренного типового случая нагрузки приведены в табличной форме сведения о загрузке (см. табл. 3.2), схематический чертеж судна с нанесенными на нем основными статьями нагрузки, сведения о балла-

Схема расположения водонепроницаемых отсеков

Схема расположения отверстий в водонепроницаемых конструкциях корпуса

Схема расположения приводов

Аварийная таблица

№ затопленного отсека						
VII	VI	V	IV	III	II	I
Остойчивость						
С						
Н						
Посадка						
С						
Н						

С – симметричное затопление; Н – несимметричное затопление;
■ – очень опасно; ▨ – опасно; ▭ – удовлетворительно.

График безопасной загрузки судна (ГБЗС) (см. рис. 3.14, *а*)

Рекомендуемая последовательность загрузки и разгрузки мороженой рыбы:

Последовательность действий плавсостава после получения судном пробоины:

Дополнительные сведения и рекомендации (см. Информацию , лист)

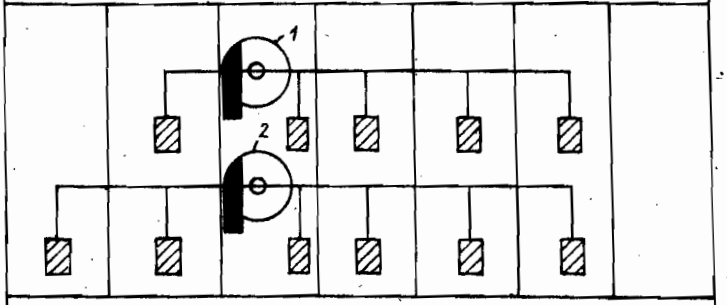
–	51–52	49–50	48	46–47	44–45	–

В первую очередь задраить отверстия (см. схему расположения отверстий)

03–12 04–19 05–20	03–12 04–19 05–20	04–19 05–20 07–25	02–01 05–20 06–21 07–25	02–01 02–02 04–19 06–21	03–12 04–19 06–21 07–25	03–10,12 04–19 07–21 06–21

Рекомендуемая последовательность приема и расходования основных запасов: (см. рис. 3.15, *б*)

Откачку воды обеспечивают насосы



1 – осушительный насос НЦВС – 63/30; 2 – балластный насос НЦВС – 63/30

Положение судна особенно опасно, если:

Рис. 3.17. Оперативная информация для капитана БМРТ

стировке, остойчивости и посадке, ДСО. В разд. 3 содержатся конкретные указания и рекомендации по сохранению остойчивости в различных условиях эксплуатации: перед выходом в рейс, во время рейса, при плавании в свежую и штормовую погоду, при грузовых операциях в море, при угрозе обледенения и т. п. Даны указания по последовательности приема и расходования запасов и грузов (см. рис. 3.15). В разд. 4 приведены справочные материалы, позволяющие произвести оперативный контроль остойчивости при нагрузке, отличающейся от типовой: схема судна (см. рис. 3.7), таблица или диаграмма поправок учета влияния свободной поверхности жидких грузов на остойчивость, таблицы или графики допускаемого положения ЦТ судна по высоте либо график балластировки (см. рис. 3.13). В этот же раздел включены необходимые методические указания, помогающие пользоваться справочными материалами и производить расчеты. В разд. 5 даны материалы, предназначенные для более точного определения характеристик посадки и остойчивости судна: пантокарены или УДСО (см. рис. 3.11); диаграммы для определения осадок, характеристик остойчивости (см. рис. 3.3, 3.6); кривая, таблица или шкала для определения остойчивости по периоду качки; схема расположения открытых отверстий; график (таблица) углов заливания и т. п. В Информации об остойчивости судов промыслового флота длиной менее 30 м разд. 4 и 5 могут отсутствовать.

В целях систематизации всех сведений и получения исходной информации при контроле и регулировании плавучести и остойчивости судна ежедневно в штурманской (рулевой) рубке заполняют *Грузовую книгу*, состоящую из вводной и основной частей. В вводной части даны необходимые справочные сведения, а основная часть включает комплект повторяющихся двух страниц: левая представляет собой каргоплан (выполненные в масштабе боковую проекцию судна и план цистерн) с нанесенным на нем действительным расположением грузов и запасов; правая имеет несколько таблиц. В первую таблицу (аналогичную табл. 3.2) вносят значения массы и координат ЦТ соответствующих грузов, в ней определяют водоизмещение и координаты ЦТ судна. Во вторую таблицу включают рассчитанные основные характеристики плавучести и остойчивости. После заполнения этих таблиц делают вывод о необходимости балластировки и оформляют таблицу характеристик судна без балласта и характеристик принимаемого балласта. Затем проверяют остойчивость и посадку, заполняют таблицу дедвейта.

По просьбе судовладельца на судно может быть дополнительно выдана *Информация о посадке и остойчивости судна ФРП.* Эта информация объединяет Информацию об остойчивости и Информацию об аварийной посадке и остойчивости судна (см. § 30), позволяет решать практические вопросы как в нормальных условиях эксплуатации, так и в условиях затопления отсеков для всего диапазона эксплуатационных нагрузок и вариантов затопления отсеков и включает Информацию, Справочные материалы, Оперативные информации (в виде плакатов)

для второго помощника капитана, старшего (главного) механика и капитана. В случаях выполнения рекомендаций по приему (расходованию) запасов основных цистерн и груза в трюмах Информация позволяет без каких-либо расчетов решить вопрос о необходимости балластировки и определить характеристики посадки и остойчивости. При нарушении этих рекомендаций характеристики посадки и остойчивости судна, необходимость балластировки определяют общепринятыми методами с помощью Справочных материалов. Оперативная информация для старшего (главного) механика представлена на рис. 3.15, *б*. В плакат дополнительно включена таблица для внесения массы (процента) запасов основных цистерн на конец вахты. Извлечение из Оперативной информации для второго помощника капитана представлено на рис. 3.14. В плакат дополнительно включены схема судна с указанием последовательности загрузки (разгрузки) грузовых трюмов и таблица для внесения массы (процента) груза и основных запасов (по сведениям старшего механика) на конец вахты. Оперативная информация для капитана представлена на рис. 3.17. Плакат вывешивается в штурманской (рулевой) рубке.

§ 27. Влияние перемещения груза, нераскрепленных грузов, свободных поверхностей жидких и сыпучих грузов на остойчивость и посадку судна

Перемещение грузов. При вертикальном перемещении груза остаются неизменными форма площади ватерлинии и погруженного в воду корпуса судна, т. е. положения ЦВ и начального поперечного метацентра. Положение ЦТ судна по высоте изменяется. С учетом того что в однородном поле тяжести ЦТ и центр масс совпадают, применительно к рассматриваемому случаю известную теорему теоретической механики о моменте равнодействующей силы относительно выбранной системы отсчета можно записать в виде следующего равенства:

$$Mz_g = \sum_{i=1}^{n} m_i z_i . \qquad (3.99)$$

Пусть груз массой m перемещен из положения с аппликатой z_1 в положение с аппликатой z_2. Если считать, что груз снят и снова принят, условие (3.99) можно записать так:

$$Mz_{g_1} = Mz_g - mz_1 + mz_2 . \qquad (3.100)$$

Поскольку $\delta z_g = z_{g_1} - z_g$, выражение (3.100) можно представить в следующем виде:

$$\delta z_g = z_{g_1} - z_g = m(z_2 - z_1)/M. \qquad (3.101)$$

На основании формулы (3.72) имеем

$$h_1 = z_m - z_{g_1}. \tag{3.102}$$

Изменение поперечной метацентрической высоты можно определить из выражения

$$\delta h = h_1 - h = (z_m - z_{g_1}) - (z_m - z_g) = -(z_{g_1} - z_g) = -\delta z_g. \tag{3.103}$$

Подставив в выражение (3.103) формулу (3.101), получим

$$\delta h = -m(z_2 - z_1)/M. \tag{3.104}$$

Тогда новая поперечная метацентрическая высота равна

$$h_1 = h + \delta h = h - m(z_2 - z_1)/M. \tag{3.105}$$

Из формул (3.101) и (3.104) видно, что при $z_2 > z_1$ величина δz_g – положительная, а δh – отрицательная, т. е.

$$z_{g_1} > z_g; \tag{3.106}$$

$$h_1 < h. \tag{3.107}$$

Следовательно, перемещение груза вертикально вверх ухудшает остойчивость судна, а вниз улучшает ее.

Очевидно, что при вертикальном перемещении груза формулу (3.64) можно записать в виде

$$l_{\theta_1} = l_P - (z_{g_1} - z_P)\sin\theta \tag{3.108}$$

и изменение плеча статической остойчивости определится из выражения

$$\delta l_\theta = l_{\theta_1} - l_\theta. \tag{3.109}$$

Подставив в формулу (3.109) зависимости (3.108) и (3.64), получим

$$\delta l_\theta = l_P - z_{g_1}\sin\theta + z_P\sin\theta - l_P + z_g\sin\theta - z_P\sin\theta =$$

$$= -(z_{g_1} - z_g)\sin\theta. \tag{3.110}$$

Тогда можно записать

$$l_{\theta_1} = l_\theta + \delta l_\theta = l_\theta - (z_{g_1} - z_g)\sin\theta. \tag{3.111}$$

Из формулы (3.111) с учетом (3.106) видно, что плечи статической остойчивости при перемещении груза вертикально вверх уменьшаются, а вниз – увеличиваются.

Изменение продольной остойчивости можно определить из выражений

$$\delta H = -\delta z_g = -m(z_2 - z_1)/M; \tag{3.112}$$

$$H_1 = H + \delta H = H - m(z_2 - z_1)/M. \tag{3.113}$$

Учитывая, что $H \gg \delta H$, в практических расчетах принимают

$$H_1 = H. \tag{3.114}$$

При горизонтально-поперечном и горизонтально-продольном перемещениях груза начальная поперечная и продольная остойчивость не изменяются, так как практически не изменяются положение ЦВ, метацентра и ЦТ судна по высоте. Однако при этом возникают крен и дифферент. По аналогии с формулой (3.101) для продольного перемещения груза можно записать

$$\delta x_g = x_{g_1} - x_g = m(x_2 - x_1)/M, \tag{3.115}$$

где x_1 и x_2 – соответственно абсциссы ЦТ первоначального и нового положений груза, м.

Подставив в формулу (3.55) выражения (3.75) и (3.41), для малых углов крена получим

$$\Delta h \sin\theta = mg(y_2 - y_1)\cos\theta. \tag{3.116}$$

Решая уравнение (3.116) относительно θ, можно записать

$$\operatorname{tg}\theta = mg(y_2 - y_1)/\Delta h = m(y_2 - y_1)/(Mh). \tag{3.117}$$

При небольших наклонениях углы крена удобно рассчитывать по формуле (3.84) в сочетании с формулой (3.45).

Когда угол крена нельзя считать малым, формула (3.117) неприемлема. В этом случае на ДСО строят согласно зависимости (3.41) или (3.57) кривую $M_{кр} = f(\theta)$ или $l_{кр} = f(\theta)$. Точки пересечения этой кривой с ДСО определят углы крена устойчивого и неустойчивого равновесия судна (см. примеры 3.12–3.14).

Так как в условиях эксплуатации неаварийного судна больших углов дифферента не наблюдается, подставив в формулу (3.60) выражения (3.78), (3.43) и решив полученное уравнение относительно ψ, найдем

$$\operatorname{tg}\psi = m(x_2 - x_1)/(MH), \tag{3.118}$$

а подставив (3.118) в формулы (3.82), (3.83) и (3.9), получим:

$$\delta d_{\text{н}} = m\,(x_2 - x_1)\,(L/2 - x_f)/(MH); \tag{3.119}$$

$$\delta d_{\text{к}} = m\,(x_2 - x_1)\,(L/2 + x_f)/(MH); \tag{3.120}$$

$$\delta t = m(x_2 - x_1)\,L/(MH). \tag{3.121}$$

При незначительных изменениях дифферента, приняв $x_f = 0$, на основании выражений (3.119) – (3.121) можно записать

$$\delta d_{\text{н}} = \delta d_{\text{к}} = t/2, \tag{3.122}$$

а из рассмотрения рис. 3.11, *а* с учетом зависимостей (3.119) и (3.120) – найти

$$d_{\text{н1}} = d_{\text{н}} + \delta d_{\text{н}} = d_{\text{н}} + m(x_2 - x_1)\,(L/2 - x_f)/(MH); \tag{3.123}$$

$$d_{\text{к1}} = d_{\text{к}} - \delta d_{\text{к}} = d_{\text{к}} - m\,(x_2 - x_1)\,(L/2 + x_f)/(MH), \tag{3.124}$$

где $d_{\text{н}}$ и $d_{\text{к}}$ – соответственно осадки на носовом и кормовом перпендикулярах до проведения грузовой операции, м.

Пример 3.16. Какую массу воды на ТР „Остров Русский" следует перекачать из ахтерпика ($x_1 = -65$) в форпик ($x_2 = 65$ м), чтобы осадка на кормовом перпендикуляре была 7,6 м? Характеристики судна: $M = 15\,700$ т; $d_{\text{к}} = 8$ м; $x_f = -4$ м; $L = 140$ м; $H = 150$ м.

Требуемое изменение осадки равно $\delta d_{\text{к}} = 8{,}0 - 7{,}6 = 0{,}4$ м. Подставляя это значение в формулу (3.120) и решая полученное уравнение относительно m, получаем

$$m = 15\,700 \cdot 150 \cdot 0{,}4/[\,(70 - 4)\,(65 + 65)\,] = 110 \text{ т}.$$

Изменение осадок оконечностей судна при небольших изменениях дифферента удобно определять, применяя формулы (3.85) и (3.86) в сочетании с формулами (3.47) и (3.122). При больших изменениях дифферента следует использовать документацию судна.

Пример 3.17. Решить пример 3.16, применив формулы (3.85), (3.47) и (3.122).

Требуемое изменение дифферента находим по формуле (3.122): $\delta t = 2\delta d_{\text{К}} = 0{,}8$ м $= 80$ см. Разделив выражение (3.47) на зависимость (3.85) и решив полученное уравнение относительно m, имеем

$$m = 80 \cdot 15\,700 \cdot 150/(100 \cdot 140 \cdot 130) = 103{,}5 \text{ т}.$$

Пример 3.18. С помощью диаграммы, приведенной на рис. 3.6, *а*, определить осадки на перпендикулярах РТМ „Атлантик" после того, как перекачали 60 т топлива ($x_1 = 10$ м; $x_2 = -20$ м). Характеристики судна до грузовой операции: $M = 3300$ т; $x_g = 33{,}55$ м от КП; $d_{\text{н}} = 5{,}04$ м; $d_{\text{к}} = 5{,}30$ м; $L = 73$ м.

По формуле (3.6) находим

$x_1 = 73/2 + 10 = 46{,}5$ м (от КП); $x_2 = 73/2 + (-20) = 16{,}5$ м (от КП).

Согласно выражению (3.115), абсцисса ЦТ судна после выполнения грузовой операции становится равной

$$x_{g_1} = 33{,}55 + 60(16{,}5 - 46{,}5)/3300 = 33 \text{ м (от КП)}.$$

Приняв условие (3.22), по диаграмме, приведенной на рис. 3.6, *а*, определяем $d_{н1} = 4{,}8$ м и $d_{к1} = 5{,}5$ м.

В случае произвольного перемещения груза для малых углов крена в формулу (3.117) следует вводить h_1, рассчитанную по формуле (3.105). При больших углах крена следует применять предварительно пересчитанную по формуле (3.111) ДСО.

Пример 3.19. В целях сохранения рыбопродукции на ПБ „Рыбацкая слава" переместили 570 т рыбы из твиндека ($x_1 = -10$ м; $y_1 = -7{,}5$ м; $z_1 = 9$ м) в трюм ($x_2 = 20$ м; $y_2 = 7{,}5$ м; $z_2 = 4$ м). Определить посадку и остойчивость судна после проведенной грузовой операции. Характеристики судна до грузовой операции: $L = 153{,}5$ м; $B = 24$ м; $d_н = 4{,}8$ м; $d_к = 7{,}0$ м; $M = 15\,268$ т; $z_g = 9{,}42$ м; $h = 0{,}91$ м. Плечи статической остойчивости при углах крена с интервалом в 10° равны 0; 0,19; 0,50; 0,86; 1,11; 1.04; 0,66 м.

Изменение поперечной метацентрической высоты находим по формуле (3.104): $\delta h = -570(4-9)/15\,268 = 0{,}19$ м. Согласно выражению (3.103) изменение аппликаты ЦТ судна равно $\delta z_g = -0{,}19$ м. В соответствии с формулой (3.101) аппликата ЦТ судна после проведения грузовой операции становится равной $z_{g_1} = 9{,}42 + (-0{,}19) = 9{,}23$ м. По формуле (3.103) находим поперечную метацентрическую высоту после проведения грузовой операции $h_1 = 0{,}91 + 0{,}19 = 1{,}1$ м, а по формуле (3.117) – угол крена $\operatorname{tg}\theta = 570(7{,}5 + 7{,}5)/(15\,268 \cdot 1{,}1) = 0{,}509$; $\theta = 27°$.

Угол крена большой, поэтому применять формулу (3.117) в данном случае нельзя. Следует использовать ДСО. По формуле (3.110) вычисляем изменение плеч статической остойчивости при углах крена с интервалом в 10° и получаем 0; 0,03; 0,06; 0,10; 0,12; 0,15; 0,16 м. Согласно выражению (3.109) плечи статической остойчивости после проведения грузовой операции становятся равными 0; 0,22; 0,56; 0,96; 1,23; 1,19; 0,82 м. Кренящие моменты от перемещения груза рассчитываем по формуле (3.41): 83,79; 82,52; 78,74; 72,56; 64,19; 53,86; 41,90 МН · м, а плечи кренящего момента – по (3.57): 0,56; 0,55; 0,53; 0,48; 0,43; 0,36; 0,28 м. По результатам расчета строим ДСО, кривую $l_{кр} = f(\theta)$ (рис. 3.11, *б*) и определяем угол крена $\theta = 19°$.

По формуле (3.47) находим дифферентующий момент от перемещения груза $M_{диф} = 570 \cdot 9{,}8(20 + 10) = 167{,}58 \cdot 10^3$ кН · м, а по формуле (3.86) – момент, дифферентующий на 1 см, $M_{1см} = 0{,}01 \cdot 15\,268 \cdot 9{,}8 = 1496$ кН · м.

Изменение дифферента судна равно $\delta t = 167{,}58 \cdot 10^3/1496 = 112$ см $= 1{,}12$ м.

По формуле (3.122) вычисляем изменение осадок на перпендикулярах $\delta d_н = \delta d_к = 1{,}12/2 = 0{,}56$ м, а по формулам (3.123) и (3.124) – осадки на перпендикулярах $d_{н1} = 4{,}8 + 0{,}56 = 5{,}36$ м; $d_{к1} = 7{,}00 - 0{,}56 = 6{,}44$ м. В соответствии с выражением (3.8) дифферент судна равен $t_1 = 5{,}36 - 6{,}44 = -1{,}08$ м

Посадка и остойчивость судна после проведения грузовой операции следующие: $t_1 = -1{,}08$ м (на корму); $d_{н1} = 5{,}36$ м; $d_{к1} = 6{,}44$ м; $\theta_1 = 19°$; $h_1 = 1{,}1$ м; $z_{g_1} = 9{,}23$ м.

Нераскрепленные грузы. Предположим, что груз, расположенный в трюме, начинают поднимать грузовой стрелой, а на судно в то же время

действует кренящий момент. За счет смещения ЦТ груза из точки A_1 в точку A_2 (рис. 3.18,*а*) создается дополнительный кренящий момент

$$\delta M_{кр} = mgl_{п}\sin\theta, \tag{3.125}$$

уравновешиваемый частью возникшего при крене судна восстанавливающего момента. В этом случае восстанавливающий момент уменьшится и станет равным

$$M_{в1} = M_{в} - \delta M_{кр} = \Delta h\ \sin\theta - mgl_{п}\sin\theta = \Delta\ (h - mgl_{п}/\Delta)\sin\theta, \tag{3.126}$$

а угол крена судна увеличится. Увеличение угла крена можно объяснить условным повышением положения ЦТ судна, которое привело бы (при отсутствии смещения груза) к такому же результату. Следовательно, можно считать выражение в скобках равенства (3.126) выражением для новой (условной) метацентрической высоты

$$h_{усл} = h - mgl_{п}/\Delta, \tag{3.127}$$

а изменение метацентрической высоты равным изменению аппликаты ЦТ судна

$$\delta h = -\delta z_{g} = -mgl_{п}/\Delta = -ml_{п}/M. \tag{3.128}$$

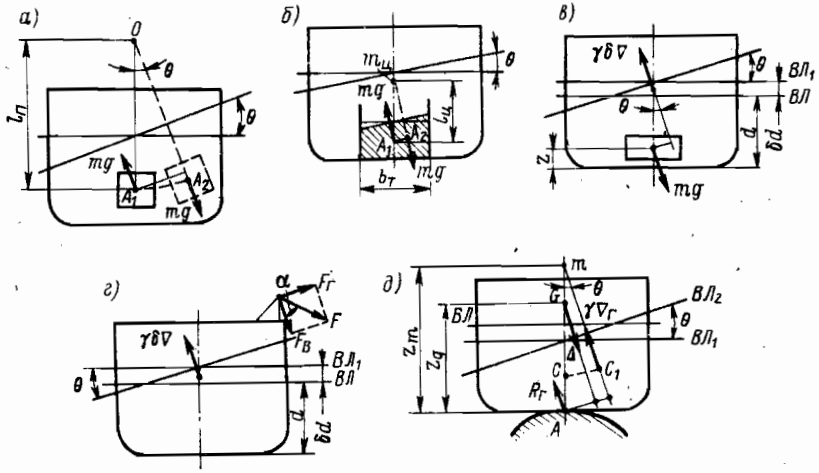


Рис. 3.18. Влияние на остойчивость:

а – нераскрепленного подвешенного груза; *б* – свободной поверхности жидкого груза; *в* – приема твердого груза; *г* – орудий лова; *д* – посадки на мель

Сопоставляя формулы (3.128) и (3.104), можно сделать следующие выводы: влияние подвешенного и нераскрепленного груза на остойчивость судна аналогично влиянию такого же раскрепленного груза с ЦТ в точке подвеса; сам процесс подъема и опускания груза не влияет на остойчивость судна, и при вычислении δh длина подвеса $l_{\text{п}}$ определяется расстоянием, измеренным от ЦТ лежащего груза до точки подвеса (например, до нока грузовой стрелы).

Влияние перекатывающегося груза аналогично подвешенному в центре кривизны кривой, описываемой при крене судна центром тяжести груза. Отсюда следует общепринятое правило: все грузы на судне должны быть надежно раскреплены.

Свободные поверхности жидких и сыпучих грузов. Предположим, что на судне имеется цистерна, частично заполненная жидким грузом массой m, и на судно действует внешний кренящий момент. За счет смещения жидкости при крене ее ЦТ переместится из точки A_1 в точку A_2 (рис. 3.18,*б*). ЦТ жидкости одновременно является ее ЦВ, поэтому кривую A_1A_2 можно считать кривой ЦВ, радиус ее кривизны (по аналогии с наклонением судна) – метацентрическим радиусом $l_{\text{ц}}$, а центр кривизны $m_{\text{ц}}$ – метацентром при малых углах крена. Тогда по аналогии с формулой (3.58) можно записать

$$l_{\text{ц}} = i_x / v, \tag{3.129}$$

где i_x – центральный момент инерции поверхности жидкости относительно ее центральной продольной оси, м^4; v – объем жидкости, м^3.

Влияние на остойчивость судна жидкого груза незапрессованной цистерны подобно влиянию подвешенного в точке $m_{\text{ц}}$ твердого груза массой m при длине подвеса $l_{\text{ц}}$. Поэтому по аналогии с формулами (3.126) – (3.128) можно записать

$$M_{\text{в1}} = \Delta\,(h - mgl_{\text{ц}}/\Delta)\sin\theta\,; \tag{3.130}$$

$$h_{\text{усл}} = h - mgl_{\text{ц}}/\Delta; \tag{3.131}$$

$$\delta h = -\delta z_g = -ml_{\text{ц}}/M. \tag{3.132}$$

Так как масса жидкости в цистерне равна

$$m = \rho_{\text{ж}}\, v\,, \tag{3.133}$$

подставив в формулу (3.132) выражения (3.129) и (3.133), получим

$$\delta h = -\delta z_g = -\rho_{\text{ж}}\, i_x / M, \tag{3.134}$$

где $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкого груза, т/м^3.

Если форма свободной поверхности жидкого груза близка к прямоугольной, для нахождения i_x можно применить формулу

$$i_x = c_т b_т^3 / 12. \tag{3.135}$$

Здесь $c_т$ и $b_т$ – соответственно длина и ширина свободной поверхности жидкого груза, м.

Из зависимостей (3.134) и (3.135) следует, что уменьшение ширины свободной поверхности существенно уменьшает отрицательное влияние жидкого груза на остойчивость судна. Аналогичный вывод можно сделать при рассмотрении рис. 3.18, *б*. При наклонении судна перемещаются только поверхностные слои жидкости. Следовательно, для судна опасно не увеличение массы жидкости, а увеличение ее свободной поверхности.

Предположим, что в цистерне установили n продольных переборок с одинаковым интервалом. При этом образовалось $n + 1$ свободных поверхностей длиной $c_т$ и шириной $b_т/(n+1)$. Согласно формуле (3.134), общее влияние поверхностей на остойчивость определится выражением

$$\delta h = -(n+1)\,\rho_ж\, i_{x1} / M, \tag{3.136}$$

где в соответствии с зависимостью (3.135)

$$i_{x1} = c_т\,[b_т / (n+1)]^3 / 12 = c_т\, b_т^3 / [12(n+1)^3]. \tag{3.137}$$

Подставив выражение (3.137) в формулу (3.136) с учетом (3.135), получим

$$\delta h = -\rho_ж\, i_x / [12(n+1)^2]. \tag{3.138}$$

Сравнивая зависимости (3.134) и (3.138), можно сделать следующий вывод: установка n продольных переборок уменьшает отрицательное влияние свободной поверхности жидкого груза на начальную остойчивость судна в $(n+1)^2$ раз.

Влияние поверхности можно не учитывать при малой толщине слоя жидкости или при заполнении цистерны свыше 95 %, так как уже при незначительных наклонениях судна резко уменьшается ширина поверхности.

Свободные поверхности могут привести к возникновению отрицательной начальной остойчивости, поэтому Информация об остойчивости дает рекомендуемую последовательность приема и расходования жидкого груза каждого вида, а также значения δh, δz_g, δl_θ (в виде таблиц, шкал, диаграмм и т. п.) для учета его влияния на остойчивость.

Рассуждая так же, как и в предыдущем случае, можно вывести формулу для изменения продольной метацентрической высоты при смещении жидкости в результате наличия дифферента:

$$\delta H = -\rho_{ж} i_y / M, \qquad (3.139)$$

где i_y – центральный момент инерции свободной поверхности жидкого груза относительно ее центральной поперечной оси, м^4. Однако, принимая во внимание выражения (3.114), влияние свободной поверхности жидкого груза на продольную остойчивость в практических условиях не учитывают.

При угле крена, превышающем угол естественного откоса сыпучего груза $\alpha_г$ (наибольший угол наклона поверхности находящегося в покое груза к горизонтальной плоскости), груз пересыпается в сторону наклонения судна, а $\alpha_г$ остается прежним. После снятия внешнего кренящего момента судно будет плавать с некоторым остаточным углом крена. Последующие наклонения судна, сопровождаемые дальнейшим пересыпанием груза, могут привести к опрокидыванию. При стремительной качке пересыпание груза начинается значительно раньше. Так, для зерна $\alpha_г = 20 \div 30°$, а с возникновением стремительной качки пересыпание начинается при углах крена 12–15°. Отрицательное влияние сыпучих грузов уменьшают выравниванием его поверхности, размещением на поверхности несыпучих грузов (например, мешков с зерном), установкой постоянных или временных продольных переборок, устройством специальных досыпных колодцев (питателей) для пополнения трюма при оседании или усушке груза, установкой чердаков (ящиков).

§ 28. Влияние приема и снятия грузов на остойчивость и посадку судна

При приеме или снятии (расходовании) груза изменяются средняя осадка, посадка, водоизмещение, положения ЦТ и ЦВ судна по высоте. Принимаемый (снимаемый) груз может оказаться малым или большим, твердым, жидким или сыпучим, неподвижным или подвешенным. Изменение угла крена и дифферента может оказаться малым или большим. Все эти условия влияют на выбор метода решения практических задач при проведении грузовых операций.

Будем считать, что в исходном равновесном положении крен и дифферент у судна отсутствуют. При приеме малого груза борта судна в пределах изменения осадки можно считать вертикальными. Прием малого твердого неподвижного груза массой m можно рассматривать как процесс, состоящий из двух последовательных операций: прием груза в точку с координатами x_f, $y_f = 0$, z, т. е. в точку, расположенную на одной вертикали с ЦТ площади ватерлинии (рис. 3.18, *в*); последующее горизонтальное перемещение груза в действительное его положение с координатами x, y.

После выполнения первой операции посадка судна не изменится, объемное водоизмещение увеличится на $\delta\nabla = m/\rho$ и дополнительная сила плавучести $\gamma\delta\nabla$ будет приложена в ЦТ слоя между ватерлиниями

ВЛ и $ВЛ_1$ (см. рис. 3.18,*в*). Аппликата ЦТ дополнительного слоя равна $d + \delta d/2$, где δd – приращение средней осадки, определяемое по формулам (3.33) – (3.36).

Предположим, что под действием внешнего кренящего момента судно получило малый угол крена θ. Тогда сила тяжести принятого груза mg и равная ей по модулю дополнительная сила плавучести $\gamma \delta \nabla$ образуют пару сил. Момент этой пары увеличивает восстанавливающий момент судна на величину

$$\delta M_в = mg(d + \delta d/2 - z)\sin\theta, \tag{3.140}$$

в результате чего восстанавливающий момент становится равным

$$M_{в1} = M_в + \delta M_в. \tag{3.141}$$

В связи с изменением водоизмещения и остойчивости судна при приеме груза согласно формуле (3.75) выражение (3.141) принимает вид

$$(\Delta + mg)(h + \delta h)\sin\theta = \Delta h \sin\theta + mg(d + \delta d/2 - z)\sin\theta. \tag{3.142}$$

Решая уравнение (3.142) относительно δh, получаем

$$\delta h = mg(d + \delta d/2 - z - h)/(\Delta + mg) = m(d + \delta d/2 - z - h)/(M + m). \tag{3.143}$$

Очевидно, что при снятии груза

$$\delta h = -m(d - \delta d/2 - z - h)/(M - m). \tag{3.144}$$

Если принимаемый (снимаемый) груз жидкий и образовалась свободная поверхность жидкости или твердый груз принят грузовой стрелой (краном) и висит на грузовом шкентеле, поперечная метацентрическая высота должна быть дополнительно уменьшена на величину, определяемую по формуле (3.134) или (3.128).

Изменение продольной метацентрической высоты может быть найдено аналогичным методом:

$$\delta H = \pm m(d \pm \delta d/2 - z - H)/(M \pm m). \tag{3.145}$$

Так как $(d \pm \delta d/2 - z) \ll H$, практически можно применять формулу

$$\delta H = \mp mH/(M \pm m), \tag{3.146}$$

а с учетом того, что $\delta H \ll H$, при приеме или снятии малых грузов принимают $H_1 = H$.

Последовательно приравняв нулю выражения (3.143)–(3.145) и решив полученные уравнения относительно z, можно получить выражения

$$z = d \pm \delta d/2 - h; \tag{3.147}$$

$$z = d \pm \delta d/2 - H, \tag{3.148}$$

в которых верхний из двойных знаков относится к приему, нижний – к снятию груза. Выражения (3.147) и (3.148) представляют собой уравнения нейтральных плоскостей, параллельных ОП и отличающихся следующим свойством: если ЦТ принимаемого или снимаемого груза располагается в соответствующей нейтральной плоскости, то начальная остойчивость судна не изменяется.

С учетом того что $(\delta d/2) \ll d$ и $(d \pm \delta d/2) \ll H$, для проведения практических расчетов формулы (3.147) и (3.148) можно представить в виде

$$z' = d - h; \tag{3.149}$$

$$z = -H. \tag{3.150}$$

Из выражений (3.147) и (3.148) следует: поперечная метацентрическая высота увеличивается при приеме груза ниже или снятии выше плоскости, определяемой уравнением (3.147), и уменьшается при приеме выше или снятии ниже этой плоскости; изменение поперечной метацентрической высоты тем больше, чем больше удален по высоте от нейтральной плоскости ЦТ принимаемого (снимаемого) груза; прием груза на судно всегда уменьшает, а снятие – увеличивает продольную метацентрическую высоту.

Подставив в выражение $h_1 = h + \delta h$ формулы (3.143), (3.144) и решив полученное уравнение относительно m, можно получить формулу для определения массы груза, которую необходимо принять на судно или снять с судна для изменения поперечной метацентрической высоты на требуемую величину:

$$m = M\delta h / (d \pm \delta d/2 - z - h_1). \tag{3.151}$$

После выполнения второй операции углы крена и дифферента, изменение осадок на перпендикулярах, изменение дифферента, новые осадки определяются по формулам, аналогичным формулам (3.117)–(3.124), с учетом изменения водоизмещения, остойчивости и средней осадки судна при выполнении первой операции:

$$\operatorname{tg}\theta = my / [(M \pm m)(h + \delta h)] = my/(M_1 h_1); \tag{3.152}$$

$$\operatorname{tg}\psi = m(x - x_f)/[(M \pm m)(H + \delta H)] = m(x - x_f)/(M_1 H); \quad (3.153)$$

$$\delta d_н = m(x - x_f)(L/2 - x_f)/[(M \pm m)(H + \delta H)] =$$

$$= m(x - x_f)(L/2 - x_f)/(M_1 H); \quad (3.154)$$

$$\delta d_к = m(x - x_f)(L/2 + x_f)/[(M \pm m)(H + \delta H)] =$$

$$= m(x - x_f)(L/2 + x_f)/(M_1 H); \quad (3.155)$$

$$\delta t = m(x - x_f)L/[(M \pm m)(H + \delta H)] = m(x - x_f)L/(M_1 H); \quad (3.156)$$

$$d_{н1} = d_н \pm \delta d \pm \delta d_н; \quad (3.157)$$

$$d_{к1} = d_к \pm \delta d \mp \delta d_к, \quad (3.158)$$

где δd определяют с помощью формул (3.33) – (3.36).

В формулах (3.145) – (3.148) и (3.151) – (3.158) верхний из двойных знаков относится к приему груза, нижний – к снятию.

Масса принимаемого по необходимости жидкого балласта обычно значительно меньше водоизмещения. Поэтому в связи с тем, что критические положения ЦТ судна по высоте при близких водоизмещениях отличаются незначительно, или возвышение ЦТ судна над начальным поперечным метацентром (при отрицательной начальной остойчивости) небольшое, минимальная масса требуемого балласта должна обеспечить изменение поперечной метацентрической высоты и аппликаты ЦТ судна:

для обеспечения норм остойчивости на

$$\delta h = h_{кр} - h; \quad (3.159)$$

$$\delta z_g = z_{g\,кр} - z_g; \quad (3.160)$$

для устранения отрицательной начальной остойчивости при условии $z_{g\,кр} \approx z_m$ или $h_{кр} = 0$ соответственно на

$$\delta z_g = z_m - z_g. \quad (3.161)$$

$$\delta h = -h; \quad (3.162)$$

С учетом того что $(\delta d/2) \ll d$ и $h_1 = h_{кр}$, формула (3.151) принимает вид

$$m = M\delta h/(d - z - h_{кр}). \quad (3.163)$$

Подставив выражения (3.27) и (3.160) в формулу (3.29) с учетом того, что $z_{g_1} = z_{g\,кр}$, можно получить

$$m = M\delta z_g / (z - z_{g\,кр}). \qquad (3.164)$$

При устранении отрицательной начальной остойчивости ($h_{кр} = 0$) формула (3.163) принимает вид

$$m = M\delta h / (d - z). \qquad (3.165)$$

В процессе балластировки увеличение поперечной метацентрической высоты от приема балласта может оказаться значительно меньшим, чем ее уменьшение от влияния появившихся свободных поверхностей. Поэтому нужно строго соблюдать рациональную последовательность балластировки цистерн при эксплуатации судна.

Пример 3.20. Определить посадку и остойчивость ТСМ при подходе его к плавучей базе, если на переходе израсходовано 30 т дизельного топлива ($\rho_ж = 0{,}87$ т/м^3) из цистерны № 2 ПБ и в цистерне образовалась свободная поверхность жидкости ($c_т = 7$ м; $b_т = 3{,}6$ м). Координаты ЦТ израсходованного топлива: $x = 21$ м; $y = 1{,}6$ м; $z = 3$ м. Характеристики судна в начале перехода к базе: $L = 55$ м; $d_н = 4{,}6$ м; $d_к = 5{,}3$ м; $S = 510$ м^2; $x_f = -1{,}5$ м; $\rho = 1{,}025$ т/м^3; $M = 2300$ т; $h = 0{,}68$ м; $H = 50$ м.

По формуле (3.27) находим водоизмещение $M_1 = 2300 - 30 = 2270$ т. По формуле (3.7) рассчитываем среднюю осадку до начала перехода $d = 4{,}95$ м. По формуле (3.33) вычисляем изменение средней осадки $\delta d = 0{,}06$ м. По формуле (3.144) определяем изменение поперечной метацентрической высоты после расходования топлива $\delta h = -30(4{,}95 - 0{,}06/2 - 3 - 0{,}68)/2270 = -0{,}02$ м.

Согласно формуле (3.135), момент инерции свободной поверхности топлива равен $i_x = 7 \cdot 3{,}5^3/12 = 25$ м^4. По формуле (3.134) находим условное уменьшение поперечной метацентрической высоты $\delta h = -0{,}87 \cdot 25/2270 = -0{,}01$ м. Условная поперечная метацентрическая высота к концу перехода равна $h_{1усл} = 0{,}68 - 0{,}02 - 0{,}01 = 0{,}65$ м. По формуле (3.152) рассчитываем угол крена к концу перехода $\operatorname{tg}\theta = 30 \cdot 1{,}6/(2270 \cdot 0{,}65) = 0{,}033$; $\theta = 1{,}9°$. Согласно выражению (3.156), с учетом условия (3.114) изменение дифферента равно $\delta t = 30(21 + 1{,}5) \cdot 55/(2270 \times 50) = 0{,}32$ м. По формуле (3.122) вычисляем изменение осадок на перпендикулярах от воздействия дифферентующего момента: $\delta d_н = \delta d_к = 0{,}16$ м. В соответствии с зависимостями (3.157) и (3.158) осадки на перпендикулярах к концу перехода равны

$$d_{н1} = 4{,}95 - 0{,}06 - 0{,}16 = 4{,}73 \text{ м}; \quad d_{к1} = 4{,}95 - 0{,}06 + 0{,}16 = 5{,}05 \text{ м}.$$

По формуле (3.8) определяем дифферент судна $t_1 = 4{,}73 - 5{,}05 = -0{,}32$ м.

Пример 3.21. При подготовке БМРТ к заводскому ремонту расчетом установлено: $M = 3100$ т; $d = 3{,}6$ м; $h = -0{,}05$ м; $\theta = 6°$. Устранить крен судна, приняв аппликату ЦТ цистерн двойного дна, пригодных для приема балласта, равной 0,7 м.

По формуле (3.165) находим минимально требуемое количество балласта для устранения отрицательной начальной остойчивости

$$m = 3100 \cdot 0{,}05/(3{,}6 - 0{,}7) = 53{,}4 \text{ т}.$$

Следует балластировать цистерны двойного дна, расположенные в ДП и имеющие при запрессовке общую вместимость не менее 53,4 т. Если после балластировки крен не устранен, дальнейшее спрямление судна можно производить обычными методами.

При определении влияния приема или снятия большого груза на остойчивость и посадку судна пользоваться формулами (3.143) – (3.151) нельзя; формула (3.152) применима только при малых углах крена, а при больших угла используют ДСО в соответствии с рекомендациями § 22. Новую поперечную метацентрическую высоту находят по формуле (3.72) после пересчета M, z_g и z_m; при больших изменениях дифферента в формулы (3.153) – (3.158) вводят δd, H_1 и x_f, определенные по документации судна для нового водоизмещения, или после пересчета M и x_g определяют $d_{н1}, d_{к1}, t_1$.

Пример 3.22. С помощью диаграммы, изображенной на рис. 3.6, *а*, определить посадку и остойчивость РТМ „Атлантик" после приема 400 т груза с координатами ЦТ: $x = 40{,}25$ м (от КП); $y = 0{,}5$ м; $z = 4{,}8$ м. Характеристики судна до грузовой операции: $M = 2900$ т; $x_g = 32$ м (от КП); $z_g = 5{,}5$ м.

По формулам (3.27) – (3.29) находим водоизмещение и координаты ЦТ судна после приема груза

$$M_1 = 2900 + 400 = 3300 \text{ т}; \quad x_{g_1} = (2900 \cdot 32 + 490 \cdot 40{,}25)/3300 = 33 \text{ м (от КП)};$$

$$z_{g_1} = (2900 \cdot 5{,}5 + 400 \cdot 4{,}8)/3300 = 5{,}42 \text{ м}.$$

С учетом условия (3.18) принимаем $x_{C_1} = x_{g_1} = 33$ м. По диаграмме рис. 3.6, *а* для $M_1 = 3300$ т и $x_{C_1} = 33$ м находим $d_{н1} = 4{,}8$ м; $d_{к1} = 5{,}5$ м; $z_{m_1} = 6{,}02$ м. По формуле (3.72) определяем поперечную метацентрическую высоту $h_1 = 6{,}02 - 5{,}42 = 0{,}6$ м, а по формуле (3.152) – угол крена судна: $\operatorname{tg}\theta = 400 \cdot 0{,}5/(3300 \times 0{,}6) = 0{,}101$; $\theta = 5{,}8°$.

Подводя итог изложенному выше, можно дать общие рекомендации для расчета посадки и остойчивости судна после приема (снятия) груза, характеристики которых должны определяться следующим образом:

1) угол крена при малых наклонениях – по формуле (3.152), в которой δh при приеме (или снятии) малого груза находят по формуле (3.143) [или (3.144)], а δh при приеме (снятии) большого груза не рассчитывают, вычисляя h_1 по формуле (3.72) после пересчета M, x_g, z_g.

2) угол крена при больших наклонениях – по ДСО, построенной для новой нагрузки судна;

3) осадки на перпендикулярах при небольших изменениях дифферента – по формулам (3.157), (3.158), в которых $\delta d_н$ и $\delta d_к$ находят по формулам (3.154) и (3.155), причем δH при приеме (снятии) малых грузов вычисляют по формуле (3.145), а δH при приеме (снятии) больших грузов не рассчитывают, определяя H_1 с помощью документации судна;

4) осадки на перпендикулярах при больших изменениях дифферента – по документации для новой нагрузки судна либо после расчета изменения осадок на перпендикулярах с помощью графиков, диаграмм или таблиц, составленных для определенной массы принятого (снятого) груза.

Во всех случаях расчетов поперечной остойчивости следует учитывать влияние появляющихся свободных поверхностей жидких грузов.

§ 29. Изменение посадки и остойчивости судна в особых условиях эксплуатации

Для анализа влияния на судно работы промысловых механизмов разложим в поперечной плоскости составляющую F их силы тяги на вертикальную $F_в$ и горизонтальную $F_г$ силы (рис. 3.18,*г*). Силу $F_в$ можно рассматривать как груз весом $F_в$, принятый в точку схода троса с промыслового механизма (блока, мальгогера и т. п.), изменение поперечной метацентрической высоты определять по формуле (3.143), а изменение средней осадки – с помощью формул (3.33) – (3.36). Так как точка схода троса с промыслового механизма всегда выше нейтральной плоскости, определяемой уравнением (3.147), остойчивость судна при работе с орудиями лова всегда ухудшается и тем больше, чем больше тяга промысловых механизмов и меньше угол α. При проверке остойчивости можно принять $\alpha = 0$, что дает ошибку в безопасную сторону. Кренящий момент, создаваемый силами $F_в$ и $F_г$, можно определять по формуле (3.51), а угол крена – по формуле (3.55) с учетом формулы (3.75). В случае возникновения больших усилий при работе с орудиями лова нужно применять методы расчетов при приеме большого груза. Если при выборке сетей, трала используют грузовые стрелы, блоки, то учитывают рекомендации § 27.

При расчетах снятия судна с мели принципиально выделяют два варианта: поверхность соприкосновения днища с грунтом большая и при перемещении, приеме или снятии грузов крен и дифферент судна существенно не изменяются – судно сидит на „плите"; поверхность соприкосновения днища с грунтом небольшая и при перемещении, приеме или снятии груза крен и дифферент судна могут существенно измениться – судно сидит на „камне".

Изменение посадки и остойчивости судна на мели вызвано действием реакции $R_г$ грунта, которое аналогично действию снятого в центре давления грунта ($z = 0$) груза весом, равным $R_г$. При этом согласно уравнению (3.147) остойчивость судна всегда ухудшается. Схема расчетов остойчивости и снятия судна с мели сложна, поэтому ограничимся рассмотрением упрощенной схемы расчетов, точность результатов вычислений по которой достаточна для практических целей.

Считая, что на глубокой воде судно разгрузили и его осадки такие же, как на мели ($d_{н.г}$, $d_{к.г}$), по диаграмме осадок определяют водоизмещение $M_г$ и абсциссу ЦВ $x_{Cг}$. Приняв $x_{Cг} = x_{gг}$, находят вес „снятого" груза $R_г$ и абсциссу ЦТ этого „груза" $x_{R_г}$ (абсциссу центра давления грунта), применив формулу (3.28):

$$R_г = \Delta - \gamma \nabla_г; \qquad (3.166)$$

$$x_{R_г} = g\,(M x_g - M_г x_{g\,г}), \qquad (3.167)$$

где Δ и M – соответственно весовое, кН, и массовое, т, водоизмещения судна до посадки на мель; $\gamma \nabla_г$ – сила плавучести судна на мели, кН.

Если под действием внешнего кренящего момента судно наклонится на небольшой угол θ (рис. 3.18,*д*), то, составив сумму моментов всех сил относительно точки A (уравнение равновесия), получим выражение для восстанавливающего момента

$$M_в = \gamma \nabla_г z_{m\,г} \sin\theta - \Delta z_g \sin\theta = (\gamma \nabla_г z_{m\,г} - \Delta z_g) \sin\theta, \qquad (3.168)$$

где $z_{m\,г}$ – аппликата начального поперечного метацентра при осадках $d_{н.г}$ и $d_{к.г}$, м (определяют по документации судна).

Судно на мели имеет положительную начальную остойчивость, если в выражении (3.168)

$$(\gamma \nabla_г z_{m\,г} - \Delta z_g) > 0. \qquad (3.169)$$

Ватерлиния, параллельная аварийной ватерлинии, для которой при приливе или отливе выражение (3.169) равно нулю, будет у судна с нулевой начальной остойчивостью. Это условие можно использовать при оценке возможного изменения остойчивости сидящего на мели судна.

Для снятия судна с мели необходимо обеспечить $R_г = 0$ (всплытие) либо преодолеть силу трения корпуса о грунт, определяемую по формуле

$$F_{тр} = f_т R_г, \qquad (3.170)$$

где $f_т$ – коэффициент трения (табл. 3.3). Если располагаемое тяговое усилие больше $F_{тр}$, то судно можно стянуть с мели без рывка. В противном случае необходимо проверить возможность снятия с мели рывком или разгрузить судно. Для судна на „плите" вес снимаемого груза должен быть равным той части реакции грунта, которую необходимо „погасить" для уменьшения силы трения и обеспечения стягивания с мели. Общий ЦТ снимаемого груза должен располагаться по возможности ближе к центру давления грунта. Для судна на „камне" ЦТ снимаемого груза должен находиться над центром давления грунта либо по ту его сторону, снятие груза в которой создает дифферентующий момент, увеличивающий силу плавучести судна на „камне". Разгрузка в противоположной оконечности за счет изменения дифферента может уменьшить силу плавучести и привести к увеличению реакции грунта.

Таблица 3.3. **Коэффициент трения (покоя) стального корпуса судна о грунт**

Вид грунта	$f_т$	Вид грунта	$f_т$
Глина (ил)	0,20–0,42	Галька	0,45–0,47
Глина с песком	0,30–0,40	Булыжник	0,40–0,60
Песок	0,40–0,46	Каменная плита	0,35–0,60

Пример 3.23. Выполнить с помощью рис. 3.6, *а* расчет снятия с мели („плиты") РТМ „Атлантик", если $d_{н.г} = 4{,}8$ м; $d_{к.г} = 5{,}5$ м; грунт – галька; избыточная тяга гребного винта равна 198 кН. Характеристики судна до посадки на мель: $M = 3400$ т; $x_g = 32{,}8$ м (от КП); $z_g = 5{,}42$ м.

По рис. 3.6, *а* при $d_{н.г} = 4{,}8$ м и $d_{к.г} = 5{,}5$ м находим $M_г = 3300$ т; $x_{Cг} = x_{gг} = 32{,}0$ м (от КП); $z_{mг} = 6{,}02$ м. По формуле (3.166) рассчитываем реакцию грунта $R_г = 9{,}8\,(3400 - 3300) = 980$ кН.

По формуле (3.167) определяем абсциссу центра давления грунта $x_{R_г} = 9{,}8\,(3400 \cdot 32{,}8 - 3300 \cdot 32{,}0)/980 = 59{,}2$ м (от КП).

По табл. 3.3 находим $f_т = 0{,}46$. Согласно формуле (3.170), сила трения равна $F_{тр} = 0{,}46 \cdot 980 = 450{,}8$ кН. Требуется уменьшить силу трения на величину $\delta F_{гр} = 450{,}8 - 198{,}0 = 252{,}8$ кН. Следовательно, нужно снять с судна груз массой $m = 252{,}8/(0{,}46 \cdot 9{,}8) = 56$ т.

Снятие с мели обеспечивается работой гребного винта на задний ход после разгрузки судна ($m = 56$ т; $x = 59{,}2$ м). При этом целесообразно увеличить усилие стягивания за счет использования якорей и ваерных лебедок. Начальная остойчивость судна на мели до разгрузки положительная, так как в соответствии с формулой (3.169) $9{,}8 \cdot 3300 \cdot 6{,}02 - 9{,}8 \cdot 3400 \cdot 5{,}42 = 14\,093$ кН · м > 0.

При постановке в док судну для обеспечения центровки придают небольшой дифферент на корму. После того как пятка ахтерштевня коснется кормового кильблока, судно начнет поворачиваться вокруг точки касания. Реакция кормового кильблока в мгновение, когда судно всем корпусом сядет на кильблоки, достигает максимального значения. При этом в наибольшей степени ухудшается остойчивость судна, а при достижении отрицательной остойчивости судно получит крен и даже может соскочить с кильблоков. Очевидно, что при выводе судна из дока наблюдается аналогичная ситуация в момент начала отрыва носовой оконечности от кильблока. Поэтому при доковом ремонте особое внимание необходимо уделять контролю за изменением весовой нагрузки судна.

В условиях обледенения остойчивость судна существенно ухудшается за счет несимметрично принятого „груза" выше нейтральной плоскости, уменьшения надводного борта, увеличения площади парусности. Причинами возникновения обледенения являются: забрызгивание и заливание судна, оседание на корпусных конструкциях снега, капелек дождя, туман или парение моря при резком температурном перепаде. Интенсивность обледенения зависит от гидрометеорологической обстановки, состояния нагрузки судна, поведения судна в штормовых условиях, скорости, курса судна к волне и ветру, размеров и расположения надпалубных конструкций. Наиболее интенсивное обледенение происходит при ветре и волнении под углом от 15 до 45° к курсу судна. Обледенение тем сильнее и опаснее, чем меньше судно. Средние добывающие суда начинают интенсивно обмерзать уже при ветре 7 баллов и температуре воздуха минус $8 \div 10$ °С. Рекомендации по борьбе с обледенением и его последствиями рассмотрены в § 40. Правилами предусмотрен ряд требований и даны рекомендации по обеспечению остойчивости судов в условиях обледенения.

Судно, движущееся по взволнованной поверхности моря, периодически попадает на вершину или подошву волны, в результате чего непрерывно изменяются форма смоченной части корпуса и соответственно значение плеч силы поддержания l_P а следовательно и остойчивость. При рассмотрении рис. 1.11 можно сделать заключение, что на вершине волны момент инерции площади ватерлинии I_x уменьшается, а объемное водоизмещение ∇ увеличивается. Следовательно, в соответствии с формулами (3.58), (3.71) и (3.72) уменьшается поперечная метацентрическая высота. На подошве волны остойчивость несколько улучшается. Особенно заметно остойчивость судна ухудшается на волнах, длина которых составляет 0,8–2,0 длины судна, что наиболее реально для судов длиной менее 100 м, т. е. для большинства добывающих судов промыслового флота. Наибольшую опасность представляет движение судов со скоростями, близкими к скорости распространения попутной волны, так как в этом случае судно, попавшее на вершину волны, более длительное время будет находиться в условиях пониженной остойчивости и вероятность попадания его под действие порыва ветра возрастает. Для предупреждения аварии необходимо изменить курс и скорость судна.

§ 30. Непотопляемость

Методы расчета непотопляемости. *Непотопляемостью* называют способность судна сохранять плавучесть и остойчивость при затоплении заданного числа отсеков.

Непотопляемость обеспечивается предупредительными организационно-техническими и конструктивными мероприятиями, а также технически обоснованными и решительными действиями личного состава судна.

Предупредительные организационно-технические мероприятия и рекомендации по борьбе за живучесть судна рассмотрены в гл. 5.

Конструктивное обеспечение непотопляемости (деление судна на отсеки) регламентируется Правилами. В зависимости от характера затопления различают затопленные отсеки трех категорий. Отсек первой категории затоплен полностью, второй – частично, однако не сообщается с забортной водой, третьей – также частично, но сообщается с забортной водой. Расчет посадки и остойчивости аварийного судна может быть выполнен методом приема груза или методом постоянного водоизмещения. При использовании метода приема груза влившуюся воду рассматривают как принятый груз и для затоплений по первой и второй категориям расчеты производят согласно рекомендациям § 28. Для затопления по третьей категории расчет значительно сложнее и в первом приближении может быть выполнен как для отсека второй категории (с учетом влияния свободной поверхности влившейся воды).

При применении *метода постоянного водоизмещения* объем затопленного отсека и влившаяся в него вода считаются не принадлежащими судну, а масса и аппликата ЦТ судна при этом остаются прежними. В результате происходит такое изменение осадки, при котором объем дополнительно вошедшей в воду части корпуса судна

оказывается равным объему исключенного отсека, т. е. изменяется форма объема подводной части судна, а весовое и объемное водоизмещения остаются постоянными. В соответствии с этим методом аварийная поперечная метацентрическая высота при затоплении по третьей категории может быть определена по формуле, приведенной без вывода:

$$h_{ав} = h + v\,(d + \delta d/2 - z - i_x/v)/\nabla, \qquad (3.171)$$

где h, d и ∇ – соответственно поперечная метацентрическая высота, м, средняя осадка, м, и объемное водоизмещение, м^3, судна до затопления отсека; v, z и i_x – соответственно объем, м^3, аппликата ЦТ, м, и момент инерции свободной поверхности влившейся в отсек воды, м^4; δd – изменение средней осадки в результате затопления отсека, м. Из формулы (3.171) следует, что изменение поперечной метацентрической высоты равно

$$\delta h = v\,(d + \delta d/2 - z - i_x/v)/\nabla. \qquad (3.172)$$

При использовании *метода приема груза* на основании формул (3.143) и (3.134) можно записать

$$\delta h' = v\,(d + \delta d/2 - z - h - i_x/v)/(\nabla + v); \qquad (3.173)$$

$$h'_{ав} = h + v\,(d + \delta d/2 - z - h - i_x/v)/(\nabla + v). \qquad (3.174)$$

Из сравнения формул (3.171) и (3.174) следует: результаты расчета начальной поперечной метацентрической высоты по различным методам – разные. Это обстоятельство вызвано тем, что расчеты выполнены для разных водоизмещений (∇ и $\nabla + v$), положений ЦТ (z_g и $z_g + \delta z_g$) и форм подводного объема судна. Однако, так как остойчивость зависит не только от величины метацентрической высоты, но и от величины водоизмещения, независимо от метода расчета значения коэффициентов остойчивости Mh в обоих случаях будут одинаковыми, т. е. всегда сохраняется равенство

$$Mh_{ав} = (M + m)\,h'_{ав}, \qquad (3.175)$$

где $h_{ав}$ и $h'_{ав}$ – аварийные метацентрические высоты, м, вычисленные соответственно методом постоянного водоизмещения по формуле (3.171) и методом приема груза по формуле (3.174).

Формулы (3.171) и (3.174) применимы только при затоплении небольших отсеков, сопровождающемся малыми углами наклонения, и являются формулами первого приближения. Расчеты при затоплении больших отсеков, особенно отсеков третьей категории, громоздки и выполняются только с помощью ЭВМ.

Метод постоянного водоизмещения, разработанный академиком А. Н. Крыловым в начале текущего столетия, значительно упрощает математические выкладки.

Нормирование непотопляемости. Минимальный запас плавучести аварийного судна задается предельной линией погружения – линией

пересечения наружной поверхности настила палубы надводного борта с наружной поверхностью бортовой обшивки у борта, а на судах, имеющих закругленный ширстрек с радиусом не более $0{,}04B$, эта линия определяется пересечением продолженной верхней поверхности настила палубы надводного борта с наружной поверхностью бортовой обшивки у борта.

Судно удовлетворяет требованиям Правил к посадке в поврежденном состоянии, если: аварийная ватерлиния проходит не выше предельной линии погружения; вертикальное расстояние от аварийной ватерлинии до ближайшего отверстия в переборках, палубах или бортах, через которое возможно дальнейшее распространение воды по судну, не превышает 0,3 м; угол крена при несимметричном затоплении до спрямления не превышает 15° для пассажирских и 20° для непассажирских судов, а после спрямления -7° для пассажирских судов при затоплении одного отсека и 12° для пассажирских судов при затоплении двух и более смежных отсеков и для непассажирских судов. Для непассажирских судов допускается вход в воду палубы надводного борта и даже открытой палубы.

Судно удовлетворяет требованиям Правил к остойчивости в поврежденном состоянии, если: поперечная метацентрическая высота, определенная методом постоянного водоизмещения, не менее 0,05 м; максимальное плечо диаграммы статической остойчивости $l_m \geqslant 0{,}1$ м, а протяженность части диаграммы с положительными плечами (с учетом угла заливания) не менее 30° при симметричном и не менее 20° при несимметричном затоплении.

Кроме того, Правила устанавливают требования к устройству двойного дна, отверстиям в водонепроницаемых переборках и их закрытиям, бортовым отверстиям ниже палубы переборок, устройству трубопроводов и т. п. (см. гл. 1 и 2).

Основным критерием уровня обеспечения непотопляемости принята вероятность сохранения судна при получении одной пробоины, названная *индексом деления на отсеки*. Правила содержат два основных требования: фактический индекс деления должен быть не менее требуемого; должны быть обеспечены удовлетворительная аварийная посадка и остойчивость при затоплении заданного числа смежных отсеков. Фактический индекс деления зависит от вероятности повреждения отсека (группы отсеков) и сохранения судна при затоплении этого отсека (группы отсеков). Вероятность затопления зависит от положения отсека по длине судна и его протяженности, а также от распределения повреждений, установленных на основании аварийной статистики. Требуемый индекс деления зависит от назначения и длины судна. Учитывается и степень опасности затопления судна для окружающей среды. Так, для танкеров требуемый индекс деления на отсеки больше, чем для сухогрузных судов. Для судов промыслового флота он должен быть не менее 0,5. Например, для траулера длиной 100 м при численности членов экипажа 100 чел. требуемый индекс деления, рассчитанный

по Правилам, равен 0,67. Число отсеков, записываемых в знак деления на отсеки, определяется в результате проверки выполнения требований к аварийной остойчивости.

Правила распространяются на промысловые суда длиной 100 м и более, пассажирские суда, грузовые суда длиной 90 м и более, работающие в особо тяжелых условиях, различные суда специального назначения (ледоколы, буксиры и т. п.). С учетом особенностей работы судов промыслового флота (большое удаление от порта-убежища, систематическое изменение нагрузки в широких пределах, скопление судов в районе промысла и т. п.) по требованию судовладельца одноотсечный стандарт непотопляемости обеспечивается при длине судна менее 100 м. Так, ТСМ типа „Орленок" (L =55,0 м), СТР типа „Альпинист" (L =46,2 м), все большие добывающие суда непотопляемы при затоплении одного любого отсека. СРТМ, сейнеры непотопляемы при затоплении любого отсека, кроме МО (если в районе МО нарушена палуба переборок).

Документация по непотопляемости и оценка аварийного состояния судна. Суда, имеющие в символе класса Регистра СССР знак деления на отсеки, должны быть снабжены *Информацией об аварийной посадке и остойчивости*. По требованию судовладельца такой Информацией могут снабжаться суда, не имеющие знака деления на отсеки. Информация составляется на основании данных Информации об остойчивости. Конструктор выбирает несколько вариантов нагрузки, по его мнению наиболее опасных, и просчитывает их с учетом затопления отсеков, повреждение которых ему представляется достаточно вероятным и наиболее опасным. Результаты расчетов каждого рассчитанного варианта приводятся в отдельном разделе Информации об аварийной посадке и остойчивости на соответствующей странице, содержащей сведения о состоянии нагрузки судна до аварии; районе и возможных последствиях затопления; общих и конкретных рекомендациях по предотвращению возможного распространения воды по судну; средствах осушения и их размещении. Там же приводятся таблицы расчетных характеристик судна до и после затопления отсека и ДСО поврежденного судна.

Специальный раздел Информации содержит общие сведения о судне; схемы расположения водонепроницаемых отсеков, отверстий в корпусе судна и приводов их закрытия; общие рекомендации по поддержанию остойчивости неповрежденного судна, достаточной для того, чтобы оно могло выдержать самое опасное расчетное затопление, и другие сведения.

Исходную информацию о характеристиках судна до аварии дает вывешиваемая в штурманской рубке *Информационная доска нагрузки и остойчивости*, изготовленная из плотной бумаги и покрытая прозрачным материалом. Доску заполняют ежедневно по сведениям Грузовой книги. Размер доски должен быть не менее 1000 x 800 мм. В левой верхней части Доски нанесены схема продольного разреза судна и план по второму дну с изображением трюмов, твиндеков, цистерн, танков и других водонепроницаемых емкостей с указанием их нумерации,

практических шпангоутов, водонепроницаемых отсеков. На плане каждой емкости делают два гнезда для крепления цветных фишек, указывающих вид и наличие жидкости в емкости. На основной части Доски помещают таблицы информации о наличии твердых и жидких грузов (по форме табл. 3.2) и сводную таблицу нагрузки, посадки и остойчивости.

При получении пробоины необходимо: установить район затопления; согласно сведениям Информационной доски нагрузки и остойчивости выбрать в Информации об аварийной посадке и остойчивости вариант, наиболее близкий к реальной ситуации; проанализировать информационные сведения и принять решение о мерах по борьбе за живучесть судна.

Один из основных недостатков Информации об аварийной посадке и остойчивости состоит в том, что в ней приводится ограниченное число вариантов нагрузки в условиях затопления отсеков и при получении пробоины Информация не дает сведений о действительном состоянии посадки и остойчивости. Кроме того, в ней отсутствуют сведения о последствиях распространения воды из затопленных отсеков в смежные. Информация не содержит справочных данных, необходимых для выполнения самостоятельных расчетов, а сами расчеты настолько громоздки, что выполняются в основном с помощью ЭВМ.

Отмеченные недостатки потребовали разработки новой документации для промыслового флота, более пригодной для оперативного использования в море. Такая единая для неповрежденного и поврежденного судов документация была разработана на кафедре теории корабля КТИРПХ и получила название *Информация о посадке и остойчивости судна ФРП* (см. § 26). Она позволяет без выполнения трудоемких расчетов получить большой объем сведений о действительном состоянии неповрежденного и поврежденного судна, о последствиях возможной фильтрации воды в отсеки, смежные с затопленным, принять технически грамотное решение о целесообразности и последовательности организации борьбы за живучесть, точно установить, когда может появиться необходимость прекращения борьбы за живучесть и оставления судна. Информация может быть выдана на судно по заявке судовладельца.

Контрольные вопросы

1. По диаграмме осадок БМРТ (см. рис. 3.3, *в*) определите положение ватерлинии относительно марок углубления при осадках на перпендикулярах: $d_н$ = =5,00 м; $d_к$ =6,35 м.

Ответ: ватерлиния касается цифры 50 на носовой марке и перекрывает цифру XX на кормовой марке.

2. Выведите формулы: (3.12); (3.43); (3.44); (3.112); (3.139); (3.144); (3.151); (3.164); (3.174).

3. При выходе на промысел СРТМ может дополнительно принять 80 т груза, имея 266 м³ свободной емкости трюмов. На основании погрузочных характеристик тары, приведенных в § 21, определите, какую тару целесообразно погрузить на СРТМ для передачи добывающим судам, чтобы полностью использовать его грузоподъемность и грузовместимость?

Ответ: гофротару.

4. С помощью рис. 3.6, *а* определите объемное водоизмещение и координаты ЦВ судна при осадках $d_н = 4{,}26$ м и $d_к = 5{,}7$ м.

Ответ: $M = 3200$ т; $x_C = 32$ м; $z_C = 2{,}82$ м.

5. Определите характеристики элементов теоретического чертежа РТМ „Атлантик" при осадке 4 м (см. рис. 3.6, *б*).

Ответ: $\nabla = 2180$ м³; $M = 2235$ т; $x_C = 34{,}3$ м; $x_f = 32{,}2$ м; $z_C = 2{,}1$ м; $S = 770$ м²; $\alpha = 0{,}75$; $\beta = 0{,}93$; $\delta = 0{,}57$.

6. При каких условиях применима формула (3.49)?

7. В каких случаях спрямление накрененного судна приведет к переваливанию на противоположный борт на угол: больший первоначального; меньший первоначального?

8. С помощью рис. 3.13, *в* и 3.15, *а* сделайте вывод о целесообразности балластировки ТСМ на кошельковом промысле при 10 % рыбы в трюме и 90 т дизельного топлива в основных цистернах.

9. Какую массу топлива нужно перекачать из цистерны ЛБ ($y_1 = -2{,}3$ м; $z_1 = 0{,}8$ м) в цистерну ПБ ($y_2 = 2{,}5$ м; $z_2 = 0{,}8$ м), чтобы вывести из воды трещину обшивки борта ТСМ? Характеристики судна: $M = 2300$ т; $h = 0{,}6$ м; $B = 13{,}8$ м; высота надводного борта 1,4 м. Трещина расположена в районе мидель-шпангоута на 1 м ниже ватерлинии.

Ответ: 41,7 т.

10. Определите значение требуемого дифферентующего момента для вывода из воды небольшой бортовой пробоины БМРТ ($x = 40$ м; $z = 3{,}65$ м). Характеристики судна: $L = 85$ м; $M = 4300$ т; $x_f = -5$ м; $H = 87$ м; $d_н = 4{,}3$ м; $d_к = 5{,}6$ м.

Ответ: 48,9 МН · м.

11. Определите угол крена РТМ „Атлантик" после перемещения 15 т рыбы с палубы ($y_1 = -2$ м; $z_1 = 10$ м) в рыбцех ($y_2 = 4$ м; $z_2 = 7$ м). Характеристики судна до грузовой операции: $M = 3150$ т; $h = 0{,}66$ м.

Ответ: 2,5°.

12. БМРТ плавает с характеристиками: $M = 3300$ т; $d = 5{,}22$ м; $h = 0{,}18$ м; $h_{кр} = 0{,}20$ м. Определите минимальную массу балласта, которую нужно принять для обеспечения требований норм остойчивости. Аппликата ЦТ пригодных для балластировки цистерн $z = 0{,}6$ м.

Ответ: 14,9 т.

13. Определите угол крена БМРТ после приема в цистерну ПБ 100 т топлива ($y = 2{,}3$ м; $z = 8{,}6$ м; $\rho_ж = 0{,}87$ т/м³), если при этом образовалась свободная поверхность жидкости ($c_т = 8$ м; $b_т = 5$ м). Характеристики судна до грузовой операции: $M = 4500$ т; $d = 4{,}9$ м; $S = 975$ м²; $h = 0{,}6$ м; $\rho = 1{,}025$ т/м³.

Ответ: 5,9°.

14. Характеристики БМРТ у причала следующие: $L = 75$ м; $B = 13{,}8$ м; $d = 3{,}8$ м; $M = 2350$ т; $h = 0{,}02$ м; $q = 7$ т/см. Забортная вода пресная ($\rho = 1$ т/м³). Для обеспечения требований норм остойчивости ($h \geqslant 0{,}05$ м) решили принять балласт в цистерны № 1 ЛБ и ПБ. Верно ли такое решение, если при массе воды в цистерне 25 т ($z = 1{,}5$ м) размеры ее свободной поверхности $c_т = 7$ м; $b_т = 6$ м. С правого борта на 0,1 м выше ватерлинии имеется водопроницаемое отверстие. Какое нужно принять решение?

15. Осадки по маркам углубления БМРТ на мели („плита") следующие: $d_{н.м.г} = 4{,}05$ м; $d_{к.м.г} = 4{,}93$ м. Грунт – галька с песком ($f_т = 0{,}44$). Характеристики судна до аварии: $M = 2880$ т; $x_g = -0{,}21$ м. Избыточная тяга гребного винта 193,2 кН. Пользуясь рис. 3.3, *в*, определите массу и абсциссу ЦТ снимаемого груза для обеспечения самостоятельного снятия судна с мели.

Ответ: $m = 45{,}5$ т; $x = 5{,}04$ м.

16. Почему после заделки большой пробоины осушение аварийного отсека может оказаться недопустимым?

ОСНОВЫ ДИНАМИКИ СУДНА

§ 31. Сопротивление движению судна

Способность судна перемещаться с заданной скоростью, преодолевая сопротивление окружающей среды (воды и воздуха), называют *ходкостью*. Учение о ходкости принято делить на две части: учение о сопротивлении движению судна и учение о судовых движителях. При рассмотрении движения судна относительно окружающей среды система координат, связанная с судном, подвижна. Применяя принцип обращения движения и неподвижную систему координат, т. е. рассматривая неподвижное судно, обтекаемое потоком воды и воздуха, можно существенно упростить математическую интерпретацию физических явлений, не меняя их сущность. Основной гипотезой при изучении сопротивления воды движению судна является предположение о независимости составляющих сопротивления, т. е. считают, что физические процессы, вызывающие их возникновение, независимы. В действительности имеет место некоторое взаимодействие между составляющими сопротивления.

Составляющие сопротивления движению судна. Судно при своем движении выводит массы воды из состояния покоя и воспринимает их реакцию в виде гидродинамических сил, которые могут быть сведены к одной равнодействующей силе F, лежащей в ДП, и моменту $M_г$, действующему в той же плоскости (рис. 4.1, *а*). Горизонтальная составляющая $R_{вод}$ силы F является силой сопротивления воды. У судов промыслового флота (относительно тихоходных) вертикальная составляющая R_z и момент $M_г$ малы, поэтому можно считать, что положение судна на ходу остается практически таким же, как в покое.

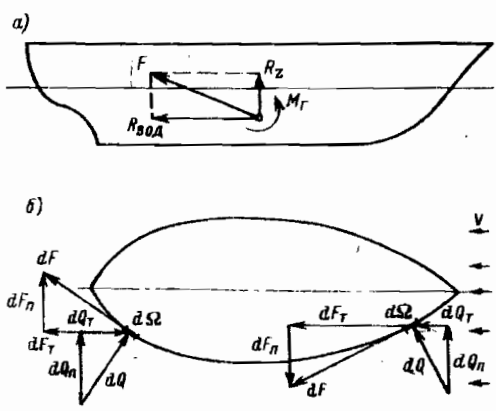


Рис. 4.1. К вопросу о сопротивлении движению судна:

а, б – силы, действующие на смоченную поверхность движущегося судна

Выделим на погруженной поверхности „голого" (без учета выступающих частей) корпуса судна

в носовой и кормовой частях элементарные площадки $d\Omega$ (рис. 4.1, *б*). При набегании потока воды со скоростью v на площадки действуют сила трения dF и сила давления dQ, направленные соответственно по касательной и нормали к площадкам. Обе силы можно разложить на продольные $dF_т$, $dQ_т$ и поперечные $dF_п$, $dQ_п$ составляющие. Поперечные составляющие приложенных к корпусу сил по всей смоченной поверхности взаимно уравновешиваются. Сумму продольных составляющих сил трения $dF_т$ по всей смоченной поверхности, вызванных вязкостью жидкости и направленных всегда против движения судна, называют *силой сопротивления трения*, а продольных составляющих сил давления $dQ_т$ по всей смоченной поверхности – *сопротивлением формы* (или *вихревым сопротивлением*). При движении судна скорость обтекающего потока вдоль судна неравномерна, что приводит к повышению гидродинамического давления в оконечностях и понижению в районе миделя. Там, где давление в потоке выше атмосферного, образуется бугор, а где ниже – впадина. Выведенные из положения равновесия частицы жидкости под действием сил тяжести и сил инерции стремятся вернуться в свое первоначальное положение. Это приводит к возникновению колебательного движения воды, в результате которого на спокойной поверхности воды образуются корабельные волны. В связи с перераспределением давления вдоль судна появляется составляющая сопротивления, направленная против движения и называемая *волновым сопротивлением*. Работа, затраченная на его преодоление, переходит в энергию возникающих волн.

Сопротивление воды возрастает из-за наличия выступающих частей (рулей, скуловых килей, насадок, кронштейнов гребных валов и т. п.). Кроме того, судно преодолевает сопротивление воздуха. Дополнительное сопротивление возникает при плавании в ледовой обстановке, из-за обрастания корпуса, дефектов обшивки (строительных и эксплуатационных), неровностей покраски, работы с орудиями лова, сказываются состояние нагрузки, воздействие метеорологических факторов. Полное сопротивление движению определяют суммированием составных частей сопротивления с учетом условий эксплуатации судна.

Буксировочное сопротивление. Силу, с которой среда (вода и воздух) препятствует равномерному прямолинейному движению судна на установившемся свободном ходу в тихую погоду, называют буксировочным сопротивлением $R_б$:

$$R_б = R_т + R_ф + R_в + R_{в.ч} + R_{воз}. \qquad (4.1)$$

Здесь $R_т$, $R_ф$, $R_в$, $R_{в.ч}$, $R_{воз}$ – соответственно сопротивления трения, формы, волновое, выступающих частей и воздуха, кН.

Сопротивление трения можно определить по формуле

$$R_т = \rho v^2 \Omega \xi_т / 2, \qquad (4.2)$$

где ρ – плотность воды (для морской воды $\rho = 1{,}025$ т/м^3); v – скорость судна, м/с; Ω – площадь смоченной поверхности судна без учета

выступающих частей, м^2; $\xi_т$ – безразмерный коэффициент сопротивления трения.

Смоченную поверхность добывающих судов находят по формуле

$$\Omega = L d(1{,}45 + 1{,}12\delta B/d), \tag{4.3}$$

обрабатывающих и приемно-транспортных судов – по формуле

$$\Omega = L d[2 + 1{,}37(\delta - 0{,}274)B/d], \tag{4.4}$$

траулеров – по формулам

$$\Omega = 2{,}55\sqrt{\nabla L}; \tag{4.5}$$

$$\Omega = 1{,}02 L d(1{,}36 + 1{,}13\delta B/d). \tag{4.6}$$

Здесь L, B, d – соответственно длина, ширина и осадка судна при действующей ватерлинии, м; δ – коэффициент полноты водоизмещения при осадке d; ∇ – объемное водоизмещение при осадке d, м^3.

Коэффициент сопротивления трения равен

$$\xi_т = \xi_{т.п} + \xi_к + \xi_ш, \tag{4.7}$$

где $\xi_{т.п}$ – коэффициент сопротивления трения технически гладкой пластины; $\xi_к$ – надбавка на кривизну обводов корпуса судна: при $L/B = 5 \div 10$ $\xi_к = (0{,}08 \div 0{,}02)\ \xi_{т.п}$; $\xi_ш$ – надбавка на шероховатость корпуса судна, принимаемая для промысловых судов равной $0{,}5 \cdot 10^{-3}$. Значения $\xi_{т.п}$ приводятся в специальной литературе в зависимости от безразмерного числа Рейнольдса Re, характеризующего режим обтекания судна и определяемого по формуле

$$\mathrm{Re} = vL/\nu_к, \tag{4.8}$$

в которой $\nu_к$ – коэффициент кинематической вязкости жидкости, м^2/с.

Сопротивление формы можно определить по формуле

$$R_ф = \rho v^2 \Omega \xi_ф / 2. \tag{4.9}$$

Здесь $\xi_ф$ – безразмерный коэффициент сопротивления формы. Поскольку сопротивление формы обусловливается силами вязкости жидкости, $\xi_ф$ должен зависеть от числа Рейнольдса. Однако наблюдения показали, что для судов промыслового флота $\xi_ф$ практически не зависит от числа Рейнольдса и его можно рассчитывать по приближенной формуле Э. Э. Папмеля:

$$\xi_ф = 0{,}09\omega_м\sqrt{\sqrt{\omega_м}/(2L_к)}\ / \Omega, \tag{4.10}$$

где $\omega_{\text{м}}$ – площадь погруженной части мидель-шпангоута, м^2; $L_{\text{к}}$ – длина кормового заострения (между кормовым концом цилиндрической вставки и ахтерштевнем), м. Более точно сопротивление формы может быть определено испытанием модели в опытовом бассейне. У судов с хорошообтекаемыми обводами сопротивление формы составляет 15–20 % полного сопротивления, а при плохообтекаемых обводах может доходить до 70 %.

Волновое сопротивление можно найти по формуле

$$R_{\text{в}} = \rho v^2 \Omega \xi_{\text{в}} / 2. \qquad (4.11)$$

Здесь $\xi_{\text{в}}$ – безразмерный коэффициент волнового сопротивления, определяемый в зависимости от числа Фруда Fr_L по графику, построенному на основании результатов испытаний модели данного судна.

Число Фруда (относительная скорость) характеризует режимы движения судна. При изучении волнового сопротивления чаще всего используют число Фруда, равное

$$\text{Fr}_L = v / \sqrt{gL}; \qquad (4.12)$$

режим быстроходности надводного судна оценивают по числу Фруда, описываемому формулой

$$\text{Fr}_\nabla = v / \sqrt{g \sqrt[3]{\nabla}}, \qquad (4.13)$$

а картину волнообразования с учетом глубины фарватера – по числу Фруда, представленному в виде

$$\text{Fr}_{H_\Phi} = v / \sqrt{gH_\Phi}, \qquad (4.14)$$

где H_Φ – глубина фарватера, м.

При движении судна вновь образующиеся кормовые поперечные волны накладываются на еще не успевшие затухнуть носовые. Если скорость судна и его длина таковы, что вершина носовой волны накладывается на вершину кормовой, высота волн результирующей волновой системы значительно увеличивается и волновое сопротивление судна существенно возрастает. Если вершина носовой волны совпадает с подошвой кормовой, то волны сглаживаются, высота волн результирующей волновой системы уменьшается и волновое сопротивление уменьшается. Следовательно, каждой длине судна соответствуют определенные зоны благоприятных и неблагоприятных скоростей.

Сопротивление коротких выступающих частей в основном состоит из сопротивления формы, а длинных (килей, рулей и т. п.) – при правильном конструктивном расположении относительно корпуса судна – из сопротивления трения. *Сопротивление выступающих частей* обычно определяют испытаниями моделей судов или выступающих частей. Для приближенной оценки может быть рекомендована формула

$$R_{в.ч} = \rho v^2 \Omega \xi_{в.ч}/2. \qquad (4.15)$$

Здесь $\xi_{в.ч}$ – безразмерный коэффициент сопротивления выступающих частей. Рекомендуется принимать его равным: для одновинтовых судов $(0{,}05 \div 0{,}15) \cdot 10^{-3}$ в зависимости от длины судна; для двухвинтовых судов $(0{,}45 \div 0{,}60) \cdot 10^{-3}$ в зависимости от количества рулей и коэффициента полноты водоизмещения.

Сопротивление воздуха в тихую погоду можно определить по формуле

$$R_{воз} = \rho_{воз} v^2 A_{н.к} \xi_{воз}/2, \qquad (4.16)$$

где $\rho_{воз} = 1{,}226 \cdot 10^{-3}$ т/м^3 – плотность воздуха; $A_{н.к}$ – проекция на плоскость мидель-шпангоута надводной части корпуса, надстроек и всех палубных сооружений, м^2; $\xi_{воз}$ – безразмерный коэффициент сопротивления воздуха, определяемый экспериментально. Для судов промыслового флота принимают $\xi_{воз} = 0{,}7 \div 1{,}2$.

§ 32. Влияние условий эксплуатации на сопротивление движению судна. Расчеты ходкости

Изменение сопротивления движению судна при эксплуатации. С началом эксплуатации судна дальнейшее увеличение шероховатости корпуса обусловливается нарушением слоя краски, коррозией металла и обрастанием. Скорость судов наиболее интенсивно снижается вследствие коррозии на протяжении первых четырех лет эксплуатации.

Обрастание наблюдается в основном во время стоянок судна в портах, вблизи побережья или на ходу при скорости до 3 уз. Обрастание в тропиках происходит более интенсивно, чем в средних или высоких широтах. Чем больше глубина и меньше освещенность, тем больше интенсивность обрастания, особенно в корме, где толщина слоя может достигать 10 см. По данным наблюдений увеличение сопротивления трения в зависимости от числа суток нахождения в воде при температуре 10–15 °С достигает в умеренных широтах 0,25, в тропических морях 0,5 % в сутки. Надбавку на шероховатость, учитывающую фактор обрастания и возраст судна (т. е. последствия коррозии корпуса) можно определить по формуле

$$\xi_{обр} = c\,(n_с + 0{,}1\,n_х + 2m_г)\,(\xi_{т.п} + \xi_ш), \qquad (4.17)$$

где c – коэффициент, зависящий от вида применяемой противообрастающей краски и района плавания; $n_с$ и $n_х$ – соответственно количество суток после докования, проведенное судном на стоянке и на ходу; $m_г$ – возраст судна, годы. В высоких широтах $c = 0{,}0002 \div 0{,}0020$ в зависимости от сорта краски, а в средних широтах, субтропиках и тропиках его увеличивают соответственно в два, три и четыре раза.

Эффективная и безопасная эксплуатация судов промыслового флота возможна при наличии достаточной ледопроходимости, под которой понимают способность судна в определенных ледовых условиях развивать наибольшую достижимую скорость при полном использовании мощности энергетической установки без повреждения корпуса. Ледовое сопротивление зависит от скорости движения, размерений и формы корпуса судна, а также от характеристик морского льда: толщины, протяженности, сплоченности, сжатия, возраста. Для расчета ледового сопротивления в специальной литературе приводятся громоздкие змпирические формулы. Приближенно дополнительное сопротивление судна в битом льду можно определить по формуле

$$R_{\text{л}} = 10^{-4} a\,(500\,\mathrm{Fr}_L - 18)\,\Delta. \qquad (4.18)$$

Здесь a – коэффициент, учитывающий в основном ледовую обстановку. При толщине льда 0,6–0,8 м, балльности льда 8 баллов (отношение площади водной поверхности, занятой льдинами, к площади всего наблюдаемого участка моря) и ширине пробитого во льду канала более $12\,B$ значение $a = 0{,}1$. В тяжелых льдах a достигает 10 и более.

Для судов промыслового флота характерно многообразие эксплуатационных осадок. Уменьшение средней осадки в основном сказывается на уменьшении смоченной поверхности при повышении заостренности обводов, что приводит к уменьшению сопротивления трения и росту скорости судна. С изменением дифферента сопротивление трения практически не меняется. Волновое сопротивление за счет большей заостренности носовой оконечности несколько уменьшается при дифференте на корму и возрастает при дифференте на нос. Сопротивление формы из-за повышения полноты обводов при дифференте на корму увеличивается. В общем, для большинства судов наблюдается некоторое уменьшение сопротивления при плавании с небольшим дифферентом на корму. Результаты испытаний безбульбовой модели траулера показали, что дифферентовка корпуса на корму (при средней осадке по КВЛ) изменяет полное сопротивление движению на 2–3 % (соответственно изменению смоченной поверхности). Значительный дифферент на корму при средней осадке, составляющей 80 % от осадки по КВЛ, увеличивает смоченную поверхность на 5–6 %. У модели траулера с носовым бульбом в зоне скоростей полного хода благоприятный эффект носового бульба теряется с ростом дифферента на корму. На режиме траления наличие бульба приводит к увеличению сопротивления по сравнению с безбульбовым вариантом. Этот отрицательный эффект усиливается при дифференте судна на корму. Значение наивыгоднейшего дифферента определяют опытным путем в процессе эксплуатации каждого судна.

Буксировочное сопротивление трала можно представить в виде суммы сопротивлений траловой сети, траловых досок и ваеров. Вследствие отсутствия систематических экспериментальных данных сопротивление трала определяют в процессе эксплуатации судна.

На мелководье и в каналах изменяются все составляющие сопротивления, однако наиболее существенно волновое сопротивление.

Расчеты сопротивления на мелководье и в каналах сложны и заменяются экспериментом в опытовом бассейне.

Морское волнение и вызвавший его ветер существенно снижают скорость судна. Одной из важнейших характеристик волнения является вероятность появления волн высотой, превышающей некоторое заданное значение, называемое обеспеченностью. В отечественной практике за характерную принимают высоту волны 3 %-ной обеспеченности $h_{3\,\%}$. Если, например, $h_{3\,\%}=6$ м, то это означает, что из 100 последовательных волн в среднем только 3 волны будут иметь высоту 6 м и более. За рубежом в основном оперируют с высотой „значительных" волн („значительной" высотой волн) $h_{1/3}$, которая представляет собой среднюю высоту одной трети наиболее крупных наблюдаемых волн. Обеспеченность таких волн составляет около 14 % (табл. 4.1). На волнении сопротивление движению судна возрастает вследствие качки и непосредственного воздействия волн на корпус, препятствующий их распространению. Для приближенной оценки дополнительного сопротивления на волнении используют формулу

$$R_{\text{м}} = \Delta B\,(0{,}8 \cdot 2r_m/L)^2/d, \qquad (4.19)$$

где $2r_m$ – высота волны по шкале Гидрографического управления, м. При расчетах принимают $2r_m=0{,}75$ м, что соответствует волнению

Таблица 4.1. **Основные расчетные параметры**

Наименование параметров	Значения					
					Ветер	
Характеристика по шкале Бофорта, баллы	0	1	2	3	4	5
Скорость ветра, м/с	0–0,5	0,6–1,7	1,8–3,3	3,4–5,2	5,3–7,4	7,5–9,8
Словесная характеристика	Штиль	Тихий	Легкий	Слабый	Умеренный	Свежий
					Волнение	
Степень волнения, баллы	0	1		2		3
Высота волн (обеспеченность 3 %), м	0,00–0,10	0,10–0,25		0,25–0,75		0,75–1,25
Высота значительных волн (обеспеченность 14 %), м	–	–		–		0,95
Словесная характеристика	–	Слабое		Умеренное		Значительное

силой в три балла. Именно в этих условиях проводят сдаточные испытания судна. Чем меньше судно, тем при меньшем волнении дополнительное сопротивление приобретает ощутимое значение. Наибольшее влияние волнения наблюдается при отношении длины волны к длине судна, равном примерно 0,80 ÷ 1,20.

В СССР ветер принято характеризовать его скоростью в м/с или по шкале Бофорта в баллах. Проекция аэродинамической силы, возникающей при обтекании потоком воздуха надводной части судна, на направление движения составляет сопротивление от воздействия ветра:

$$R_{вет} = \rho_{воз} A_{н.к} (2v^2 + 2v_{вет}^2 + v \cos\varphi_{вет}) \xi_{воз}/2, \qquad (4.20)$$

где $v_{вет}$ – скорость ветра, м/с; $\varphi_{вет}$ – угол между направлением ветра и направлением движения судна, град; $\xi_{воз}$ – коэффициент сопротивления воздуха, зависящий от направления ветра. При встречном ветре $\xi_{воз} = 0{,}7 \div 1{,}2$; при $\varphi_{вет} = 30 \div 40^\circ$ $\xi_{воз}$ увеличивается в 1,2–1,4 раза (надстройки и рубки мало экранируют друг друга); при $\varphi_{вет} \approx 90^\circ$ $\xi_{воз} = 0$; при попутном ветре ($\varphi_{вет} > 90^\circ$) сопротивление уменьшается ($\xi_{воз} < 0$), однако связанное с ним ветровое волнение в конечном счете приводит к возрастанию полного сопротивления. Установлено, что в сравнительно тихую погоду воздушное сопротивление составляет 1,5–3,0 % полного, при встречном ветре силой 4–5 баллов воздушное сопротивление достигает 10–15 %, а при сильном шторме – 30–40 %.

ветра и нерегулярного волнения

параметров

6	7	8	9	10	11	12
9,9–12,4 Сильный	12,5–15,2 Крепкий	15,3–18,2 Очень крепкий	18,3–21,5 Шторм	21,6–25,1 Сильный шторм	25,2–29,0 Жестокий шторм	> 29,0 Ураган

4	5	6	7	8	9
1,25–2,00	2,00–3,50	3,50–6,00	6,00–8,50	8,50–11,00	⩾ 11,00
1,52	2,65	4,55	6,44	8,33	⩾ 11,00
Значительное	Сильное	Сильное	Очень сильное	Очень сильное	Исключительное

Некоторые сведения о приближенных расчетах ходкости промысловых судов. Полезная тяга гребных винтов P_e расходуется на преодоление полного сопротивления движению судна R, состоящего из буксировочного $R_б$ и дополнительного сопротивлений:

$$R = R_б + \Sigma\delta R = P_e. \tag{4.21}$$

Мощность, затрачиваемую на передвижение (буксировку) судна с заданной скоростью, называют буксировочной и определяют по формуле

$$N_б = P_e v. \tag{4.22}$$

В связи с потерями энергии при работе движителя мощность N_p, подводимая к движителю, всегда больше буксировочной мощности:

$$N_p = N_б / \eta_д, \tag{4.23}$$

где $\eta_д = 0{,}50 \div 0{,}75$ – пропульсивный КПД движителя с учетом влияния корпуса судна.

Мощность на валу судового двигателя, называемую эффективной, находят по формуле

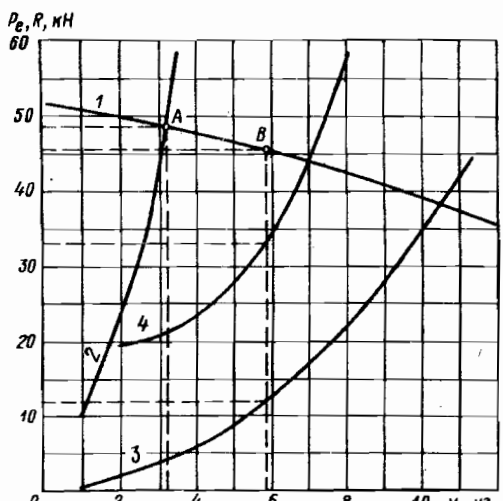


Рис. 4.2. Диаграммы тяги СРТР при постоянном номинальном крутящем моменте на валу двигателя (*1*), при буксировке 23-метрового трала (600 м вытравленных ваеров) и встречном ветре в 3 балла (*2*), на переходе при встречном ветре в 3 балла (*3*); сопротивление движению СТР при его буксировке (*4*)

$$N_e = N_б / (\eta_д \eta_в \eta_{ред} \eta_{г.м}). \tag{4.24}$$

Здесь $\eta_в = 0{,}95 \div 0{,}99$ – КПД валопровода, учитывающий потери на трение в подшипниках валопровода и в дейдвудной трубе; $\eta_{ред} = 0{,}94 \div 0{,}98$ – КПД редуктора; $\eta_{г.м} = 0{,}95 \div 0{,}97$ – КПД гидромуфты.

Мощность самого двигателя, называемая индикаторной, равна

$$N_i = N_б / (\eta_д \eta_в \eta_{ред} \eta_{г.м} \eta_{дв}) = N_б / \eta, \tag{4.25}$$

где η – пропульсивный КПД судна; $\eta_{дв} = 0{,}75 \div 0{,}95$ – КПД двигателя.

Номинальная мощность двигателя – это гарантированная заводом-поставщиком максимальная продолжительная (без ограничения времени) мощность на фланце двигателя. Эксплуатационная мощность двигателя составляет 85–90 % номинальной и рекомендуется в качестве основного режима его работы в процессе длительной эксплуатации, гарантирующего резерв для обеспечения стабильной мощности при износе его деталей, топливной арматуры и т. п. до постановки на ремонт.

В процессе проектирования требуется хотя бы приближенно оценить необходимую мощность двигателя, обеспечивающую заданную скорость судна. Все приближенные способы основаны на расчетах по данным обработки систематических модельных испытаний или материалов натурных испытаний. В первом приближении при расчете буксировочной мощности можно воспользоваться характеристиками построенного или тщательно рассчитанного прототипа.

Широкое применение нашли формулы, позволяющие найти требуемую мощность двигателей при изменениях скорости и водоизмещения судна, характерных для судов промыслового флота в процессе эксплуатации: формула адмиралтейских коэффициентов

$$N_e = M^{2/3} v_s^3 / c_2, \tag{4.26}$$

и формула В. В. Давыдова

$$N_e = M^{1/2} v_s^{3,25} / c_3, \tag{4.27}$$

где c_2 и c_3 – коэффициенты, постоянные для данного типа судна.

Пример 4.1. БМРТ при водоизмещении 5276 т развивает скорость 14,2 уз. Какую скорость сможет развивать судно после передачи на плавучую базу 1000 т рыбы?

По формуле (4.27) находим $N_e = M^{2/3} v_s^3 / c_2 = M_1^{2/3} v_{s_1}^3 / c_2$, где $M_1 = 5276 - 1000 = 4276$ т. Ожидаемая скорость судна равна

$$v_{s_1} = \sqrt[3]{M^{2/3} v_s^3 / M_1^{2/3}} = \sqrt[3]{5276^{2/3} \cdot 14{,}2^3 / 4276^{2/3}} = 14{,}9 \text{ уз.}$$

В документации судов промыслового флота приведены ходовые и тяговые характеристики, отражающие совместную работу двигателя, движителя и корпуса судна, построенные на основании натурных испытаний или расчетным путем. Они определяют способность судна преодолевать сопротивление движению на заданных режимах работы.

На рис. 4.2 представлена диаграмма тяги винта фиксированного шага СРТР, построенная при испытаниях судна.

Диаграмма позволяет решить ряд практических задач. Рассмотрим некоторые из них.

Пример 4.2. С помощью диаграммы, приведенной на рис. 4.2, определить оптимальную скорость траления СРТР при встречном ветре 3 балла.

Точка пересечения кривых *1* и *2* (точка *A*) соответствует оптимальной скорости траления 3,25 уз, так как полное сопротивление движению судна равно предельной полезной тяге винта (при постоянном номинальном крутящем моменте на валу двигателя): $P_e = R = 48{,}5$ кН.

Пример 4.3. Из условия обеспечения прочности буксирного троса скорость буксировки СТР, потерпевшего аварию, не должна превысить 8 уз. Сопротивление движению СТР отражено кривой *4* на рис. 4.2. С какой скоростью СРТР может буксировать аварийное судно?

Усилие, создаваемое СРТР при постоянном номинальном крутящем моменте на валу его двигателя, должно преодолеть собственное сопротивление движению и сопротивление движению СТР. Подбираем скорость, при которой $P_e = R_{СТР} + R_{СРТР}$. Как видно из рис. 4.2, скорость буксировки равна 5,9 уз (точка B), так как $R_{СТР} = 33{,}3$ кН, $R_{СРТР} = 12{,}0$ кН, $P_e = 33{,}3 + 12{,}0 = 45{,}3$ кН. С увеличением скорости буксировки двигатель СРТР будет перегружаться.

§ 33. Судовые движители

Судовыми движителями называют устройства, создающие движущую силу за счет восприятия энергии движущихся масс воздуха (паруса и роторные движители) или передачи судну реакции отбрасываемых масс воды (лопастные и водопроточные движители). К лопастным относят гребное весло, гребное колесо, гребной винт и крыльчатый движитель, к водопроточным — водометный и ракетный движители. Иногда используют воздушные винты, движители гусеничного типа и вибраторы, работающие по принципу рыбьего хвоста. Они не нашли широкого применения вследствие их низкого КПД.

Сокращение запасов и высокая стоимость нефти привели к заметным успехам в использовании энергии ветра для движения морских судов. Экономия топлива возрастает с ростом мощности главных двигателей, поэтому развитие *ветродвижителей* на среднетоннажных судах по сравнению с малотоннажными более перспективно. Большое разнообразие режимов работы промысловых судов (переходы, дрейф, частое маневрирование, особенности добычи объектов промысла и т. п.) подтверждает целесообразность применения парусного вооружения. В настоящее время ведутся проектные работы по переоборудованию СРТР и некоторых других добывающих судов с целью установки парусного вооружения в качестве вспомогательного движителя в сочетании с ВРШ.

Гребные весла в настоящее время применяют только на шлюпках, спортивных и учебных судах.

Гребное колесо является движителем с горизонтальной осью вращения, расположенной поперек судна над водой по бортам или в корме. По окружности каждого колеса устанавливают 6—12 металлических неподвижных или поворотных лопастей (плиц), имеющих в поперечном сечении форму профиля крыла. В связи с большой массой, громоздкостью, слабой защищенностью от внешних воздействий, неравномерностью работы на волнении и низким КПД гребные колеса полностью вытеснены гребным винтом.

Гребной винт – основной вид движителей судов промыслового флота. Он состоит из 2–6 лопастей, расположенных на ступице с равным интервалом по окружности. Диаметр винтов достигает 9 м, а передаваемая винтом мощность 65 000 кВт. По конструкции гребные винты подразделяют на винты фиксированного шага (ВФШ) – цельнолитые и со съемными лопастями – и ВРШ, имеющие поворотные лопасти.

Цельнолитые ВФШ имеют относительно малую массу, допускают применение удобообтекаемой ступицы. ВФШ со съемными лопастями, соединяемыми со ступицей при помощи шпилек, устанавливают в тех случаях, когда из-за больших размеров и по условиям технологии невозможно выполнить цельнолитыми. Кроме того, винты со съемными лопастями применяют на судах, плавающих во льдах, так как замена лопастей таких винтов может проводиться на плаву. Увеличенный диаметр ступицы этих винтов несколько снижает их КПД по сравнению с цельнолитыми.

ВРШ по характеру работы могут быть двухпозиционными и всережимными. Двухпозиционный винт имеет только два положения лопастей: для экономического и полного хода. В настоящее время такие винты используют только на судах старой постройки. Всережимные ВРШ (рис. 4.3, *а*) обеспечивают получение всех ходов – от полного вперед до полного назад, включая положение „Стоп" с работающим винтом.

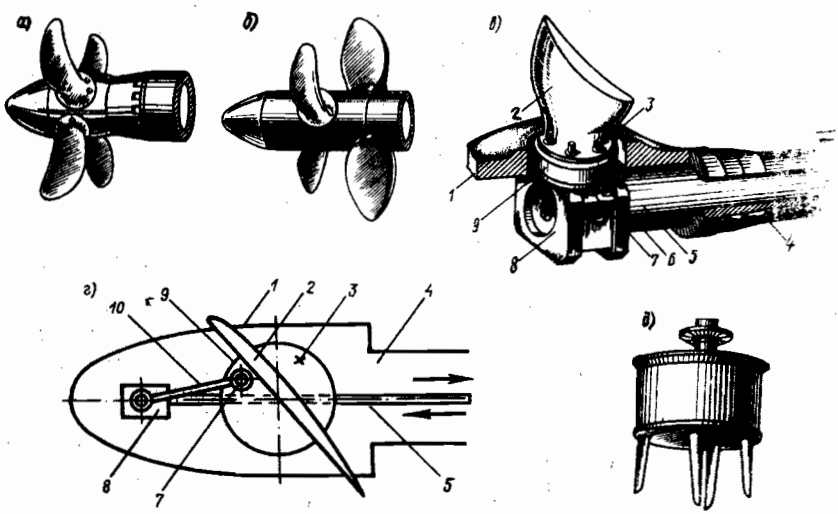


Рис. 4.3. Судовые движители:

а – всережимный ВРШ; *б* – ВРШ типа „тандем"; *в* – механизм поворота лопастей кулисного типа; *г* – механизм поворота лопастей шатунного типа; *д* – крыльчатый; *1* – ступица; *2* – лопасть; *3* – шпильки крепления лопасти; *4* – полый гребной вал; *5* – штанга; *6* – сухарь; *7* – палец; *8* – ползун; *9* – пальцевая шайба; *10* – шатун

На некоторых судах промыслового флота применяют ВРШ типа „тандем" (рис. 4.3, *б*), расположение лопастей которых в параллельных плоскостях приводит к уменьшению диаметра ступицы и повышению эффективности винта.

ВРШ состоит из собственно винта с поворотными лопастями (ВПЛ), полого гребного вала, механизма изменения шага (МИШ), гидравлической установки с масляными насосами и специальной системы управления, связанной с постом управления в рулевой рубке.

ВПЛ представляет собой пустотелую ступицу, в гнездах которой закреплены лопасти, а внутри расположен механизм поворота лопастей, управляемый МИШ. Механизм поворота лопастей бывает шестеренчатого, винтового, кулисного и шатунного типов. В механизмах шестеренчатого и винтового типов поворот лопастей осуществляется поворотом штанги, проходящей через полый гребной вал, а в механизмах кулисного и шатунного типов – поступательным перемещением штанги, связанной с МИШ. На судах промыслового флота в основном применяют механизмы кулисного типа, механизмы шатунного типа используют реже, так как они менее надежны. В механизме кулисного типа (рис. 4.3, *в*) поступательное движение штанги передается связанному с ней ползуну, в направляющих которого расположен сухарь. В сухарь вставлен эксцентрично закрепленный на пальцевой шайбе палец. Лопасть крепится к пальцевой шайбе с помощью шпилек. Осевое перемещение ползуна заставляет сухарь перемещаться в поперечном направлении, который, в свою очередь, заставляет палец разворачивать пальцевую шайбу вместе с лопастью вокруг ее оси. В механизме шатунного типа (рис. 4.3, *г*) поступательное движение штанги передается связанному с ней ползуну. Закрепленный шарнирно с ползуном шатун связан с эксцентрично закрепленным на пальцевой шайбе пальцем. При поступательном движении ползуна шатун заставляет палец разворачивать пальцевую шайбу вместе с закрепленной на ней лопастью вокруг ее оси.

По типу привода МИШ может быть ручным, механическим, гидравлическим, электромеханическим и электрогидравлическим. Суда промыслового флота в основном имеют ВРШ с гидравлическим приводом, обладающим простотой конструкции, высокой надежностью, малыми габаритами и развивающим большие усилия. МИШ размещается внутри ступицы ВПЛ, внутри валопровода и вне валопровода и винта. На судах промыслового флота МИШ, как правило, устанавливают в валопроводе (см. рис. 1.25), реже – в ступице ВПЛ. МИШ состоит из цилиндра, связанного полумуфтой с гребным валом. Поршень цилиндра соединен со штангой, расположенной в полости гребного вала. Кормовой конец штанги связан с механизмом поворота лопастей. Поршень цилиндра МИШ под давлением рабочей жидкости, подаваемой в одну из полостей цилиндра, поступательно перемещается вместе со штангой.

Управлять ВРШ можно с местного поста и дистанционно. Пост дистанционного управления устанавливается в рулевой рубке, а на ряде

крупных добывающих судов – дополнительно в промысловой рубке. Местный пост управления ВРШ размещается в ЦПУ или в МО.

Несмотря на сложность конструкции, высокую стоимость, трудности при эксплуатации, уходе и ремонте, ВРШ обладают рядом существенных достоинств, обеспечивающих возможность: использования полной мощности двигателя при любом значении сопротивления движению судна, что важно для судов промыслового флота, работающих как в режиме траления, так и свободного хода; изменения скорости судна от нулевой до наибольшей при номинальной частоте вращения; получения заднего хода без реверса двигателя при сокращенных времени и пути выбега судна; дистанционного управления изменением шага винта без подачи команд в МО; увеличения моторесурса двигателя за счет уменьшения числа пусков и остановок в процессе работы с орудиями лова; навешивания на главные двигатели генераторов электрического тока, требующих привода с постоянной частотой вращения; воспроизведения ходового режима нагрузки на двигатель при проведении швартовных испытаний. Затраты, связанные с установкой ВРШ на судах промыслового флота, благодаря этим преимуществам возмещаются за один-два года.

Крыльчатый движитель (рис. 4.3, *д*) представляет собой установленный заподлицо с обшивкой днища вращающийся относительно вертикальной оси диск, на котором с равным интервалом по окружности установлены 4–8 вертикальных лопастей, выступающих из корпуса. Лопасти имеют крыльчатый профиль сечения и поворачиваются вокруг собственной вертикальной оси. Лопасти вместе с диском вращаются относительно вертикальной оси диска и одновременно совершают вращательно-колебательное движение относительно собственной оси под действием особого механизма поворота лопастей. Изменением закона поворота лопастей обеспечиваются поворот судна на месте, применение нереверсивных двигателей и использование их полной мощности при работе на различных режимах движения судна. Установка движителей в носовой и кормовой оконечностях обеспечивает перемещение судна лагом. Сложность конструкции, ограниченные передаваемая мощность (до 5000 кВт) и скорость (до 20 уз), малая надежность в работе по сравнению с гребными винтами, большая стоимость, плохая работа при килевой качке, малый КПД – причины, обусловливающие использование крыльчатых движителей только на судах высокой маневренности: паромах, портовых буксирах, плавучих кранах и т. п. Иногда крыльчатые движители применяют в качестве подруливающего устройства на крупных судах морского флота.

Водометный движитель состоит из насоса или гребного винта, установленного внутри корпуса судна в водопроточном канале. Вода всасывается через приемное отверстие в подводной части судна и выбрасывается с повышенной скоростью через специальные каналы, расположенные в корме выше или ниже ватерлинии. Установленные на пути выбрасываемой струи воды специальные устройства, изменяющие

направление выброса струи, обеспечивают хорошую управляемость судна как на переднем, так и на заднем ходу. Движитель хорошо защищен от внешних воздействий и может работать на малых глубинах. В связи с большими потерями полезного объема при размещении движительно-рулевого комплекса, большой стоимостью по сравнению с гребными винтами водометные движители нашли широкое применение только на мелкосидящих судах, плавающих на реках, где производится лесосплав, на судах на подводных крыльях, спортивных судах.

§ 34. Характеристики гребного винта

Геометрические и кинематические характеристики. Предположим, что точка A поступательно перемещается по поверхности цилиндра параллельно его оси и одновременно вращается вокруг этой оси (рис. 4.4, *а*). В результате такого движения точка прочертит *винтовую линию* и за один оборот поднимется на расстояние H, называемое *средним шагом винтовой линии.* Если оба движения точки равномерные, то прочерчиваемая винтовая линия AA_1A_2 – *винтовая линия постоянного шага.* За каждый следующий оборот точка поднимается на такое же расстояние H. Если одно из движений точки (или оба движения) совершается с переменной скоростью, то прочерчиваемая винтовая линия AA_3A_2 – *винтовая линия переменного шага.* За каждый следующий оборот точка поднимется на расстояние, не равное предыдущему. При развертке цилиндра на плоскость можно выделить фигуру ACA_2, называемую *шаговым треугольником.* Длина стороны AC равна длине окружности основания образующего цилиндра, т. е. окружному перемещению точки A за один оборот в ее сложном движении. Длина стороны CA_2 равна среднему шагу винтовой линии, т. е. осевому перемещению точки A в ее сложном движении за один оборот. Длина стороны AA_2 равна длине развернутой винтовой линии, прочерченной точкой A в ее слож-

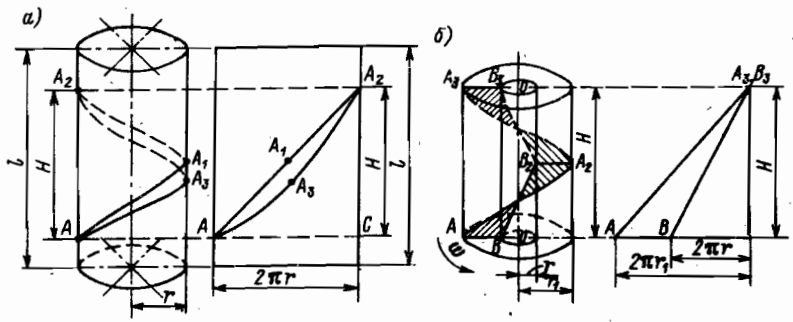


Рис. 4.4. Образование и развертка:

а – винтовой линии; *б* – винтовой поверхности постоянного шага

ном движении за один оборот. Развернутая винтовая линия постоянного шага будет прямой линией, а переменного шага – кривой.

При поступательном движении отрезка AB вдоль какой-то оси и одновременном его вращении вокруг этой же оси образуется *винтовая поверхность* (рис. 4.4, *б*). Образующий отрезок может быть прямолинейным или криволинейным и располагаться перпендикулярно или под углом к оси. Оба движения отрезка могут быть равномерными и переменными. Таким образом можно создать бесчисленное множество различных винтовых поверхностей. Так как при этом каждая точка отрезка прочертит винтовую линию, линия пересечения винтовой поверхности поверхностью соосного цилиндра всегда будет винтовой линией. Винтовую поверхность, у которой каждая точка образующего отрезка имеет одинаковый постоянный шаг, называют *винтовой поверхностью постоянного шага.* Винтовая поверхность, у которой шаг каждой точки образующего отрезка постоянный, но отличается от шага других точек, – *винтовая поверхность радиально-переменного шага.* Винтовая поверхность, состоящая из винтовых линий переменного шага с одинаковым средним шагом, – *винтовая поверхность аксиально-переменного шага*, а состоящая из винтовых линий переменного шага с различным средним шагом – *винтовая поверхность аксиально-радиально-переменного шага.* Винтовую поверхность невозможно развернуть на плоскость. Ее изображают в виде совокупности развернутых винтовых линий, полученных сечением винтовой поверхности соосными цилиндрами (см. рис. 4.4, *б*).

Поверхности лопасти гребного винта выполняют в виде участков винтовых поверхностей различной формы, соосных в осью гребного винта. Поверхность лопасти, обращенную в сторону носовой оконечности судна и представляющую собой участок сложной винтовой поверхности, шаг которой изменяется вдоль оси и по радиусу винта, называют *засасывающей,* а поверхность, противоположную ей, – *нагнетающей,* выполненной чаще всего в виде участка винтовой поверхности постоянного или радиально-переменного шага. Линия соприкосновения поверхностей лопасти образует контур лопасти. Кромка контура, которая на переднем ходу судна первой вворачивается в воду, – *входящая кромка*, а кромка, противоположная ей, – *выходящая.* В большинстве случаев входящая кромка лопасти толще выходящей. Если вращение винта по часовой стрелке (смотря с кормы) обеспечивает судну передний ход, винт называют винтом правого вращения, в противном случае – левого.

Гребной винт кратко характеризуют следующие основные геометрические элементы: диаметр винта $D_в$ – диаметр описанного вокруг винта соосного цилиндра; шаг винта H – осевое перемещение винта за один его оборот в твердой среде; шаговое отношение $H/D_в$; площадь диска винта $\pi D_в^2/4$ – площадь, ометаемая винтом при его вращении; площадь лопастей винта – суммарная площадь спрямленной поверхности всех лопастей винта; дисковое отношение гребного винта θ – отношение площади лопастей к площади диска винта; число лопастей

гребного винта z, диаметр ступицы винта $d_{ст}$. Геометрические характеристики гребных винтов судов промыслового флота изменяются в следующих пределах: $H/D_в = 0{,}5 \div 1{,}2$; $\theta = 0{,}3 \div 0{,}7$; $z = 3 \div 4$; $d_{ст} \approx \approx (0{,}16 \div 0{,}18) D_в$ – у цельнолитых винтов, $d_{ст} = 0{,}25\ D_в$ – у винтов со съемными лопастями, $d_{ст} = 0{,}3\ D_в$ – у ВРШ.

Одна из основных характеристик формы лопасти – лопастное сечение – представляет собой развернутую на плоскость фигуру, получающуюся в результате сечения лопасти соосным винту цилиндром (рис. 4.5, *а*). Форма профиля лопастного сечения может быть разной. Наибольшее применение получили авиационные и сегментные профили. Развернув секущий цилиндр с прочерченной на его поверхности линией винтового сечения, построим шаговый треугольник AAA_1, на гипотенузе которого будет лежать спрямленное сечение лопасти винта (принимаем, что нагнетательная поверхность лопасти – винтовая поверхность постоянного шага). Осевое перемещение гребного винта за один оборот в твердой среде равно его геометрическому шагу H. В воде за счет появляющегося скольжения действительное осевое перемещение винта, называемое поступью гребного винта h_p, меньше H. Более полно осевое перемещение характеризуется относительной поступью $\lambda_p = h_p/D_в$.

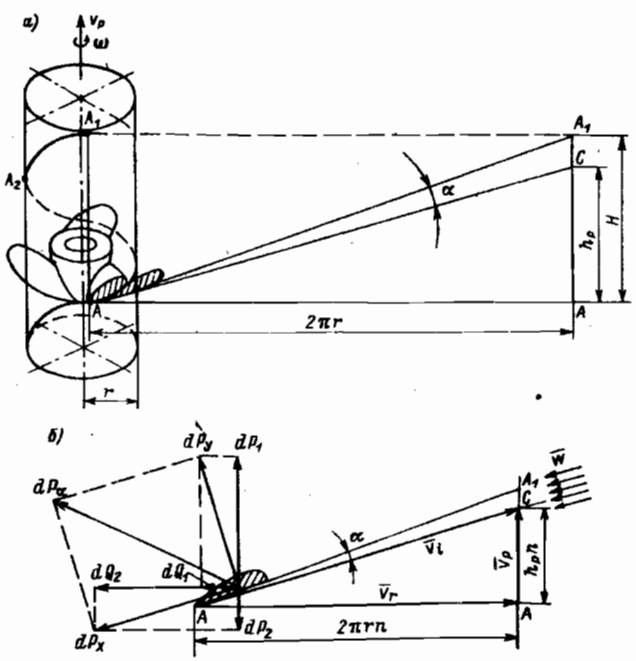


Рис. 4.5. К лопастной теории винта:

а – развертка лопастного сечения; *б* – план скоростей и сил, действующих на элемент лопасти винта

Разность между геометрическим шагом и поступью именуют линейным скольжением гребного винта.

За один оборот винта окружное перемещение лопастного сечения равно $2\pi r$, осевое – h_p. При частоте вращения n окружное и осевое перемещения за секунду равны соответственно $2\pi rn$ и $h_p n$. Эти величины являются окружной v_r и поступательной v_p скоростями лопастного сечения. Абсолютная скорость точки A определится векторной суммой скоростей v_r и v_p, направленной под некоторым углом α к хорде профиля сечения лопасти (рис. 4.5, *б*): $\overline{v}_i = \overline{v}_r + \overline{v}_p$.

Гидродинамические характеристики. Применив принцип обращения движения, рассмотрим профиль цилиндрического сечения лопасти гребного винта, находящегося в свободной воде (изолированно от корпуса судна), считая его неподвижным, а воду набегающей на профиль со скоростью $\overline{w}$, численно равной абсолютной скорости точки A и противоположно ей направленной под некоторым углом атаки α к хорде профиля сечения (см. рис. 4.5, *б*). Струи воды, параллельные вдали от профиля, при подходе к нему искажаются. На нагнетательной части профиля происходит торможение струй, а на засасывающей – ускорение их движения. В районе увеличения местной скорости обтекания давление понижается, а в районе торможения повышается по сравнению с давлением в потоке перед профилем. Равнодействующая сил давления направлена в сторону пониженного давления. Кроме сил давления действуют силы, обусловленные вязкостью струи. Равнодействующую всех сил давления и сил, вызванных вязкостью потока, можно заменить одной силой dP_a, называемой равнодействующей гидродинамических сил, действующих на профиль. Разложив силу dP_a на составляющие в направлении набегающего невозмущенного потока воды и перпендикулярно этому направлению, получим силу dP_y, называемую подъемной силой, и силу dP_x, именуемую лобовым сопротивлением. В свою очередь, подъемную силу и лобовое сопротивление можно разложить в направлении оси винта и перпендикулярно ему и получить силы dP_1, dP_2, dQ_1, dQ_2. Сумму сил dP_1 и dP_2 всех элементов, из которых состоят лопасти винта, называют упором гребного винта P, а сумму всех сил dQ_1 и dQ_2 – силой сопротивления вращению гребного винта Q. Сила сопротивления вращению создает относительно оси гребного винта момент сопротивления вращению M_p.

С изменением положения профиля сечения относительно ступицы винта изменится соотношение сил dP_1, dP_2, dQ_1, dQ_2, а следовательно, значение и направление упора P и момента M_p, т. е. изменением угла атаки α можно получить положительные, нулевые и отрицательные упор и момент. По мере поворота лопастей ВРШ (рис. 4.6) упор уменьшается до нуля и, сделавшись отрицательным, постепенно возрастает. Сила сопротивления вращению винта, достигнув нулевого значения, вначале превращается в силу, способствующую вращению винта в ту же сторону, а при дальнейшем повороте лопастей снова возвращается к нулю и переходит в обычную силу сопротивления вращению.

Полезная мощность, развиваемая гребным винтом в свободной воде, равна произведению силы упора P на скорость поступательного движения винта v_p, а потребляемая мощность – произведению момента сопротивления вращению на угловую скорость вращения. КПД гребного винта в свободной воде определяют по формуле

$$\eta_p = Pv_p/(M_p\omega) = Pv_p/(M_p \cdot 2\pi n), \tag{4.28}$$

где ω – угловая скорость винта, рад/с. В практических расчетах упор и момент сопротивления вращению гребного винта в свободной воде принято представлять в виде безразмерных коэффициентов, называемых коэффициентом упора k_1 и коэффициентом момента k_2 и равных

$$k_1 = P/(\rho n^2 D_в^4); \tag{4.29}$$

$$k_2 = M_p/(\rho n^2 D_в^5). \tag{4.30}$$

Здесь ρ – плотность воды, т/м^3. Для спроектированного ВФШ значения коэффициентов упора и момента зависят только от относительной поступи винта λ_p и определяются либо расчетным путем, либо по результатам испытаний моделей винтов в опытовых бассейнах при их работе изолированно от корпуса судна. Коэффициенты k_1, k_2 и η_p называют *гидродинамическими характеристиками гребного винта*. Графическую

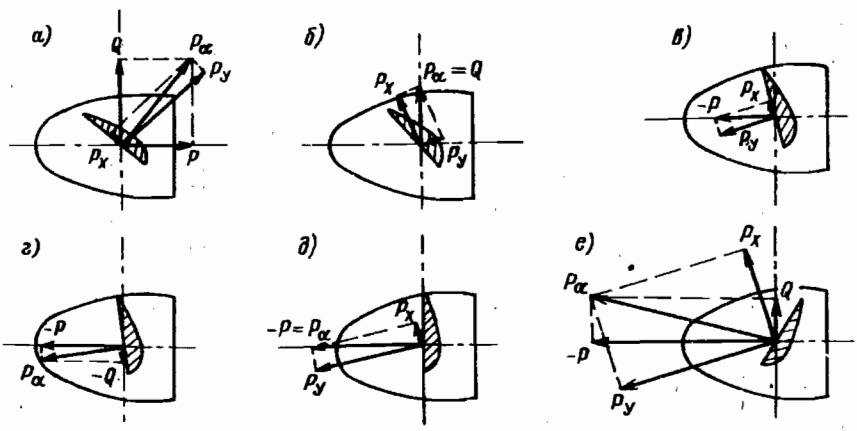


Рис. 4.6. Силы, действующие на элемент лопасти ВРШ при ее повороте:

$а$ – положительные упор и момент ($P > 0$; $Q > 0$); $б$ – положительный момент и нулевой упор (винт потребляет энергию двигателя, $P = 0$; $Q > 0$); $в$ – отрицательный упор и нулевой момент ($P < 0$; $Q = 0$); $г$ – отрицательные упор и момент (винт работает как турбина, $P < 0$; $Q < 0$); $д$ – отрицательный упор и нулевой момент ($P < 0$; $Q = 0$); $е$ – отрицательный упор и положительный момент ($P < 0$; $Q > 0$)

зависимость этих характеристик от относительной поступи винта именуют *кривыми действия гребного винта.*

§ 35. Работа гребного винта за корпусом судна

Взаимодействие гребного винта с корпусом судна. В реальных условиях гребной винт находится не в свободной воде, а вблизи корпуса судна и взаимодействует с ним, что меняет условия работы винта. Во-первых, за движущимся судном непрерывно освобождаются объемы пространства, ранее занятые корпусом, которые заполняются окружающей водой. Это вызывает течение жидкости в сторону движения судна – попутный поток. Поступательная скорость набегающего на винт потока равна разности между скоростями судна и попутного потока. Изменение поступательной скорости набегающего потока приводит к увеличению угла атаки, а следовательно, подъемной силы и упора (см. рис. 4.5, *б*). Во-вторых, гребной винт сообщает дополнительные скорости окружающей воде и увеличивает скорость обтекания корпуса в районе кормы, в результате чего понижается давление между винтом и расположенной перед ним кормовой частью корпуса судна. Сопротивление движению зависит от разности давлений воды на корпус судна в носовой и кормовой частях. Понижение давления в корме приводит к увеличению сопротивления на величину δR, называемую силой засасывания. Следовательно, для обеспечения заданной скорости судна упор винта P должен быть больше буксировочного сопротивления $R_б$ на величину δR:

$$P = R_б + \delta R = P_e + \delta P, \qquad (4.31)$$

где P_e – полезная тяга гребного винта, идущая на преодоление буксировочного сопротивления, кН; δP – дополнительный упор винта, необходимый для преодоления силы засасывания δR, кН. При работе гребного винта за корпусом судна полезная мощность равна произведению полезной тяги (а не упора) на скорость судна. КПД винта, работающего за корпусом судна, называемый *пропульсивным КПД*, определится из выражения

$$\eta_д = P_e v / (M_p \omega) = P_e v / (M_p \cdot 2\pi n). \qquad (4.32)$$

При больших частотах вращения (или скоростях движения) разрежение на засасывающей стороне лопасти может достичь такой степени, что вода начнет вскипать при своей собственной температуре. Это явление называется *кавитацией.* Образующиеся при кавитации пузырьки заполнены газом, выделившимся из воды, в которой он был растворен, и парами воды. Двигаясь вместе с потоком и попадая в зону давления, превышающего давление их образования, пузырьки в тысячные доли

секунды схлопываются и пропадают. В момент разрыва пузырька к его центру с большой скоростью устремляются частицы воды, и в маленьком объеме бывшего пузырька возникают огромные давления. Если пузырьки схлопываются на лопасти, ее поверхность начинает разрушаться. Вначале появляются оспинки, которые затем сливаются в язвы (кавитационная эрозия винта), и за какое-то время винт приходит в негодность. С увеличением скорости движения воды отдельные пузырьки сливаются в один пузырь – каверну, который замыкается за телом лопасти. Поскольку разрушение происходит в месте замыкания пузыря, для лопасти оно не опасно. Такую развитую кавитацию, которой охвачена вся поверхность лопасти с замыканием кавитационной каверны вне тела, называют второй стадией кавитации. С момента начала кавитации резко замедляется дальнейший рост гидродинамических сил, уменьшается КПД винта. Основной мерой борьбы с кавитацией является правильное проектирование гребного винта.

Иногда при работе винта можно услышать звучание одного, двух или даже трех тонов. Это звучание называют *„пением" гребных винтов.* Чаще „пение" имеет место у латунных, реже – у стальных гребных винтов. У чугунных винтов „пение" не наблюдается. „Пение" возникает при малых частотах вращения и иногда сохраняется до полных. Основной причиной его возникновения служат выделяющиеся из воды при работе гребного винта еще до появления кавитации растворенные в ней пузырьки воздуха. С ростом частоты вращения винта интенсивность шума возрастает, а при появлении кавитации интенсивность значительно увеличивается. Шум работающего гребного винта характеризуется и его собственными акустическими свойствами, зависящими от его основных элементов, конструкции и воспринимаемой нагрузки, а также вибрацией лопастей, вызываемой неравномерностью трения в дейдвудных подшипниках и в дейдвудной трубе. Основными мерами борьбы с „пением" гребных винтов являются заострение выходящих кромок лопастей, придание кормовым шпангоутам *U*-образной формы, обеспечение требуемых зазоров между винтом, ахтерштевнем, рулем и выкружками или кронштейнами, применение сегментных профилей сечения лопасти. Кроме того, снижение шумности работы винта обеспечивается увеличением глубины его погружения, увеличением дискового отношения. Меры борьбы с кавитацией служат одновременно мерами борьбы с шумом работающего винта.

Работа комплекса винт–двигатель. Одной из наиболее важных задач технической эксплуатации промыслового флота является обеспечение стабильных показателей работы судна при длительной его эксплуатации. Решение этой задачи во многом зависит от степени взаимного согласования характеристик элементов комплекса гребной винт–корпус судна–двигатель.

При изложении предшествующего материала подразумевалось, что двигатель автоматически обеспечивает нужный режим работы винта. На самом же деле любой двигатель может нормально работать только

при соблюдении ряда условий. Для получения наибольшей скорости судна или наибольшего упора при наименьшем расходе топлива необходимо полное соответствие гребного винта не только основному режиму эксплуатации, но и характеристикам главного двигателя. Винт должен обеспечивать работу двигателя с номинальной мощностью и заданной частотой вращения, сохраняя при этом свой наивысший КПД. Изменение упора и полезной тяги, момента сопротивления вращению и потребляемой гребным винтом мощности происходит, с одной стороны, за счет изменения угла атаки набегающего на лопасти потока воды (за счет изменения шага, диаметра или дискового отношения), а с другой — за счет изменения частоты вращения (у ВФШ). С увеличением сопротивления движению при неизменной частоте вращения (при переходе в штормовую погоду, работе с орудиями лова и др.) уменьшается скорость судна, а момент сопротивления вращению и потребляемая винтом мощность возрастают. Зависимость потребляемой гребным винтом мощности от частоты вращения при постоянном буксировочном сопротивлении называют *винтовой характеристикой.*

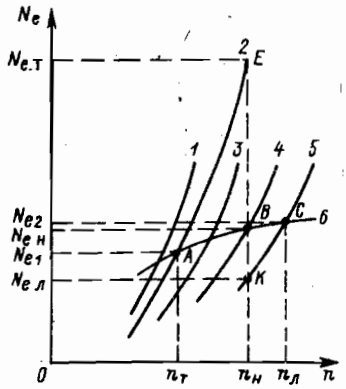


Рис. 4.7. Винтовые характеристики ВРШ на швартовах (*1*), при тралении (*2*), на свободном ходу при повышенном сопротивлении (*3*), в тихую погоду при полном водоизмещении (*4*), в тихую погоду порожнем (*5*); внешняя характеристика ДВС (*6*)

Основными факторами, определяющими развитие ЭУ перспективных промысловых судов, являются: необходимость ведения промысла в отдаленных районах Мирового океана; повышение скорости и тяги при работе с орудиями лова; увеличение доли обрабатываемого улова на борту судна при одновременном ведении промысла. Всем этим требованиям в наилучшей степени соответствуют двигатели внутреннего сгорания (ДВС).

Режим работы ДВС определяется его внешней характеристикой (рис. 4.7). Нормальной работе двигателя на полную мощность $N_{e\,н}$ отвечает некоторая точка B, соответствующая номинальной частоте вращения $n_н$, когда двигатель при определенных внешних условиях может работать непрерывно без ограничения времени. ДВС допускают кратковременную перегрузку по мощности (до 10 %) при увеличенной подаче топлива. Использование максимальной мощности или повышение частоты вращения сверх $n_н$ недопустимо, так как приводит к сокращению срока службы деталей и увеличению удельного расхода топлива. Для обеспечения реверса ДВС требуются его остановка и повторный пуск. Правильно спроектированный ВФШ будет работать при номинальных параметрах ДВС только в расчетном режиме эксплуатации судна.

Движение судна в тихую погоду при полном водоизмещении (см. рис. 4.7) осуществляется при номинальном режиме работы ДВС, поскольку гребной винт потребляет номинальную мощность при номинальной частоте вращения (точка B) – винт соответствует двигателю. На тралении потребляемая винтом мощность $N_{e\,1}$ и частота вращения $n_т$ меньше номинальных значений (точка A). При попытке развить номинальную частоту вращения винт потребляет мощность $N_{e\,т}$, большую номинальной, – двигатель перегружается (точка E). Гребной винт в этих условиях плавания становится гидродинамически тяжелым. При движении судна порожнем в тихую погоду потребляемая винтом мощность $N_{e\,2}$ и частота вращения $n_п$ больше номинальных значений (точка C). При работе с номинальной частотой вращения винт потребляет мощность $N_{e\,д}$, меньшую номинальной, – двигатель недогружен (точка K). Гребной винт в этих условиях плавания становится гидродинамически легким. Винт траулера, рассчитанный на режим траления при большом упоре и малой скорости, окажется гидродинамически легким при режиме свободного хода. Винты, спроектированные на режим траления, называют тяговыми, на режим свободного хода – скоростными. Если траление и свободный ход в процессе эксплуатации судна по времени примерно одинаковы, то для таких судов проектируют винт на какой-то средний режим работы.

Винтов, соответствующих двигателю, может быть бесчисленное множество. Они отличаются от всех прочих винтов только тем, что позволяют полностью потреблять передаваемую двигателем номинальную мощность при номинальной частоте вращения, используя ее с большим или меньшим эффектом.

В случае как гидродинамически тяжелого, так и легкого винта номинальная располагаемая мощность двигателя полностью не используется. Для полного использования мощности необходимо, чтобы каждой зависимости буксировочного сопротивления от скорости судна соответствовал свой шаг гребного винта. Этому условию может удовлетворять только ВРШ, совмещающий в себе серию гребных винтов различного шага. Поворотом лопастей ВРШ можно обеспечить нормальную работу ДВС при различных режимах плавания. Режим работы ВРШ изменяется с помощью систем управления. ВРШ, эксплуатируемые с постоянной частотой вращения, для изменения скорости судна имеют только систему управления шагом винта, которая автоматически уменьшает шаг винта при перегрузке двигателя. При использовании системы программного управления ВРШ и двигателем их совместная работа осуществляется по жесткой программе, обеспечивающей минимальный расход топлива на каком-либо одном режиме плавания. При изменении режима плавания программа корректируется. Система автоматического регулирования комплекса ВРШ–двигатель–судно обеспечивает автоматический выбор режима работы ЭУ с минимальным расходом топлива при любых условиях плавания и автоматическую защиту двигателя от перегрузок. Система обеспечивает раздельное управление двигателем и ВРШ, что желательно при швартовках и работе с орудиями лова.

Вид устанавливаемого гребного винта на современных промысловых судах зависит от характера промысловой деятельности судна (района промысла, типа основного орудия лова, производственной деятельности и т. п.). На траулерах при мощности главного двигателя до 450 кВт чаще применяют ВФШ, 450–750 кВт – чаще ВРШ, свыше 750 кВт – только ВРШ; на сейнерах-траулерах до 1100 кВт чаще применяют ВФШ, свыше 1100 кВт – ВРШ; на сейнерах – в основном ВФШ; на приемно-транспортных судах в основном применяют ВФШ, в некоторых случаях (например, на ТР пр. „Атлантик-602") – ВРШ; на обрабатывающих судах – в основном ВФШ, а на некоторых универсальных судах (например, на краборыбоконсервной плавбазе водоизмещением около 21 000 т) – ВРШ.

Совокупность согласованных между собой характеристик корпуса судна, гребного двигателя и движителя, построенных в зависимости от скорости судна, называют *паспортной диаграммой* или *ходовыми характеристиками*. Решение практических задач с помощью паспортной диаграммы рассматривается в специальных курсах.

§ 36. Пути повышения пропульсивных качеств судна

Эффективность работы судна определяется сроками окупаемости затрат на его постройку и экономическими показателями эксплуатации.

Выбор рациональных главных размерений применительно к конкретным условиям эксплуатации позволяет уменьшить сопротивление воды до 13 %, а тщательная отработка форм обводов подводной части корпуса путем многократных модельных экспериментов может обеспечить дополнительное уменьшение сопротивления воды до 15 %. При этом каждый процент снижения сопротивления соответствует 1 % уменьшения требуемой мощности главного двигателя и примерно 0,8 % сокращения расхода топлива.

Существенно сказывается выбор скорости движения. Незначительное увеличение скорости в зоне неблагоприятных скоростей (вершина носовой волны накладывается на вершину кормовой) требует значительного увеличения мощности двигателя. В то же время в зоне благоприятных скоростей (вершина носовой волны накладывается на подошву кормовой) можно без существенного изменения мощности увеличить скорость судна. Созданию зоны благоприятных скоростей (увеличению волнообразующей длины) способствует применение бульбовых образований носовой оконечности, позволяющих при $Fr_L \geqslant 0{,}26$ уменьшить волновое сопротивление до 10–15 %. Однако благоприятный эффект снижается при балластном переходе, тралении, пониженных эксплуатационных скоростях. Кроме того, на сопротивление движению существенно влияет значение коэффициента бульбообразования (отношение площади наибольшего поперечного сечения бульба к площади погруженной части мидель-шпангоута). Так, на головных

БМРТ типа „Прометей" коэффициент бульбообразования составлял 0,12 и, хотя сопротивление движению снизилось, чаще наблюдался слеминг, повысилась вибрация корпуса, килевая качка стала более тяжелой. Из соображений обеспечения обитаемости и прочности корпуса коэффициент бульбообразования был значительно уменьшен (до 0,03–0,05), благоприятный эффект бульба уменьшился. Поэтому в каждом отдельном случае решение о применении носовых оконечностей бульбообразных форм принимается после тщательных экспериментов на модели.

Большое значение имеет рациональное проектирование винторулевого комплекса в сочетании с конструктивными элементами кормовой оконечности. Кормовой бульб японской фирмы „Кавасаки" (рис. 4.8, *а*), установленный в ДП вблизи конструктивной ватерлинии пассажирского парома, за счет взаимогашения волновых систем, создаваемых кормовой оконечностью и самим бульбом, обеспечил снижение требуемой мощности на 5 %, что соответствует приросту скорости 0,25 уз. Асимметричные обводы кормовой оконечности на модельных

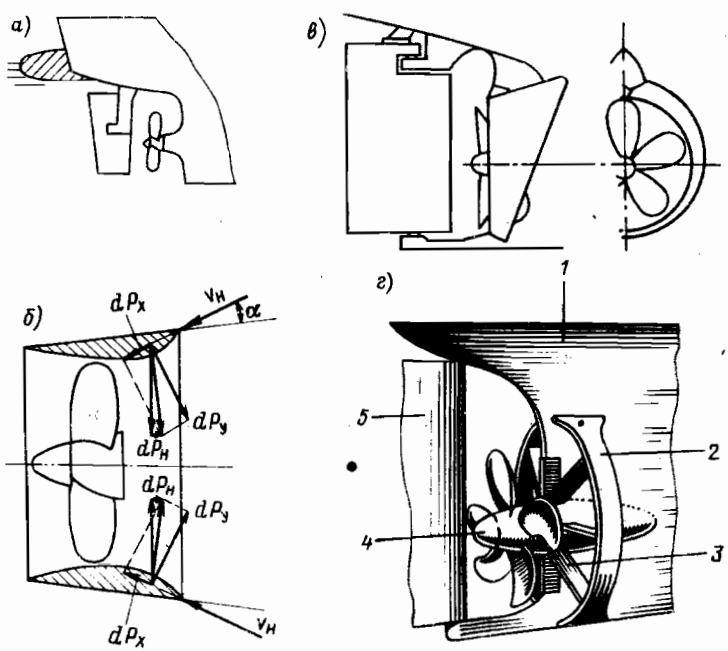


Рис. 4.8. Средства повышения пропульсивных качеств судна:

а – кормовой бульб; *б* – направляющая насадка; *в* – предвинтовая насадка; *г* – предвинтовой спрямляющий аппарат: *1* – ахтерштевень; *2* – полукольцо; *3* – стойка; *4* – гребной винт; *5* – перо руля

испытаниях показали, что при незначительном увеличении буксировочного сопротивления требуемая мощность главных двигателей уменьшается на 6–7 %.

Особое внимание в мировом судостроении уделяют повышению пропульсивного КПД. Для среднетоннажных и крупных судов с большой осадкой наиболее эффективным признается увеличение диаметра винта при соответствующем (в 1,5–2,0 раза) снижении частоты его вращения. Сочетание полутуннельных кормовых обводов и винта большего диаметра при малой частоте вращения обеспечило универсальным сухогрузным судам типа „Мультифлекс" увеличение пропульсивного КПД на 10 %. Осевая линия туннеля этих судов направлена вниз, и забор воды осуществляется из-под днища, благодаря чему винт работает в сплошном потоке даже тогда, когда ватерлиния находится ниже верхней кромки лопасти винта. У балккерриера „Канадиен энтерпрайс" с подобной схемой пропульсивный КПД на 22 % выше, а требуемая мощность главных двигателей на 12 % ниже, чем у аналогичных судов с обычными обводами. До 5 % можно увеличить пропульсивный КПД винта правильным выбором профиля лопастей и тщательной обработкой поверхности винта.

Установка контрвинтов, контрпропеллеров и обтекаемых рулей также уменьшает потери. Контрвинты и контрпропеллеры имеют от двух до шести лопастей. Располагают их соответственно перед гребным винтом или за ним. В первом случае контрвинт закручивает поток в сторону, противоположную вращению гребного винта, а винт раскручивает этот поток, обеспечивая ему прямолинейное осевое движение. Во втором случае контрпропеллер способствует раскручиванию потока и создает дополнительный упор. В настоящее время контрпропеллеры заменены простыми обтекаемыми рулями, установленными за гребным винтом, выполняющими роль контрпропеллера и увеличивающими КПД гребного винта до 5 %.

Одной из распространенных конструкций на судах промыслового флота является сигарообразная наделка на перо руля (см. рис. 2.1, *а*), уменьшающая вихреобразование за ступицей гребного винта, что повышает его КПД.

Широкое распространение на судах промыслового флота получили направляющие насадки (рис. 4.8, *б*). Площадь кормового отверстия насадки равна или несколько больше площади диска винта, а площадь носового отверстия значительно больше. Каждый элемент профиля направляющей насадки обтекается под некоторым углом атаки α, в результате чего возникают подъемная сила dP_y и лобовое сопротивление dP_x, создающие в проекции на направление хода судна дополнительный упор $dP_н$, что вместе с изменением направления срывающегося с гребного винта потока повышает упор гребного винта на тралении до 40 %. Используют насадки, жестко связанные с корпусом судна, и поворотные насадки (см. рис. 2.1, *д*). Направляющая насадка уменьшает вероятность ударов лопастей гребного винта о битый лед и плавающие предметы, улучшает условия работы винта на волнении.

В последние годы нашли применение предвинтовые насадки и спрямляющие предвинтовые аппараты. Кольцевая стальная предвинтовая насадка крепится к корме непосредственно перед винтом (рис. 4.8, *в*). По форме насадка несимметрична, и эффект ее действия заключается в выравнивании поля скоростей и стабилизации обтекания кормы, что снижает буксировочное сопротивление, увеличивает пропульсивный КПД, уменьшает вибрацию и улучшает маневренные качества судна. В зависимости от загрузки и скорости судна насадка позволяет снизить требуемую мощность главного двигателя на 4–10 %. Так, спрямляющий предвинтовой аппарат фирмы „Мицубиси", выполненный в виде разрезного кольца с радиальными стойками (рис. 4.8, *г*), за счет раскручивания струи воды перед диском винта увеличивает его КПД и обеспечивает уменьшение расхода топлива на 4–7 %. Эффективность аппарата возрастает с увеличением дедвейта судна.

Значительные резервы повышения пропульсивных качеств кроются в снижении вязкостных составляющих сопротивления путем обеспечения минимальной конструктивной шероховатости (волнистости листов обшивки, сварных швов и т. п.) и технологической шероховатости (шероховатости лакокрасочного покрытия), уменьшении коррозии и обрастания корпуса судна и лопастей гребного винта (см. § 8 и рис. 1.37).

Коррозия, эрозия, обрастание корпуса и лопастей гребных винтов в условиях эксплуатации приводят к гидродинамическому утяжелению винтовых характеристик и к соответствующему нарушению баланса между характеристиками комплекса винт–корпус–двигатель. При эксплуатации в тропиках ССТ гидродинамическое утяжеление винтов составило 10 %. Потеря скорости судов с гидродинамически утяжеленными гребными винтами и обусловленные этим экономические потери, повышенный расход топлива, а также последствия повышенной тепловой напряженности деталей цилиндропоршневой группы двигателей вынуждают принимать меры к облегчению гребных винтов в процессе эксплуатации. Так, при ремонте ССТ „Тиора" диаметр гребного винта был уменьшен с 3,8 до 3,6 м.

Среди множества направлений, способствующих улучшению пропульсивных качеств судов, наиболее изученным и проверенным в эксплуатационных условиях является применение низкооборотных гребных винтов большого диаметра. Исследования показывают, что установка таких винтов в сочетании с направляющей насадкой позволяет получить выигрыш мощности на режимах буксировки трала до 35 % при практически нулевом эффекте на свободном ходу. Однако использование низкооборотных открытых гребных винтов дает выигрыш мощности на свободном ходу около 13–15 %. Поэтому первые найдут применение на добывающих судах, а вторые – на транспортных рефрижераторах и плавбазах.

Задача повышения пропульсивных качеств судна решается совместно судостроителями и эксплуатационниками на всех стадиях проектирования, строительства, эксплуатации и ремонта судов.

§ 37. Управляемость судна

Управляемость судна характеризуется его возможностью сохранять или изменять направление движения по заданной программе и объединяет два противоречивых свойства: устойчивость на курсе – способность сохранять заданное направление движения и поворотливость – способность изменять направление движения и описывать траектории любой заданной кривизны. Волнение, ветер, неравномерность в работе гребных винтов и т. п. вызывают отклонение ДП судна от первоначального направления движения, называемое *рысканием*. Эксплуатационную устойчивость на курсе считают обеспеченной, если в условиях слабого волнения руль перекладывается не более 4–6 раз в минуту на угол 3–5°.

Траектория движения ЦТ судна при перекладке руля называют *циркуляцией*, скорость движения ЦТ – *скоростью судна на циркуляции*, угол β_0 между ДП и вектором скорости ЦТ – *углом дрейфа судна*. Различают три периода циркуляции: первый – маневренный – по времени совпадает с продолжительностью перекладки руля, второй – эволюционный – начинается с момента окончания перекладки руля и заканчивается, когда элементы движения перестанут изменяться во времени; третий – установившийся – длится все время, пока руль находится в переложенном положении. Траектория ЦТ судна в первом периоде циркуляции представляет собой S-образную кривую, во втором – спиралеобразную кривую, в третьем – окружность с диаметром циркуляции $D_ц$. Третий период обычно наступает при повороте судна на 100–150° по отношению к курсу до перекладки руля. Отношение $D_ц/L$, определяемое во время ходовых испытаний, для добывающих судов находится в пределах 1,2–2,5, для приемно-транспортных и обрабатывающих – в пределах 3–6. Чем меньше диаметр установившейся циркуляции, тем лучше поворотливость судна.

Перо руля представляет собой крыло. Крылом является и корпус судна (ватерлиния – профиль, осадка – размах). Таким образом, руль и корпус образуют систему из двух крыльев (рис. 4.9). С началом перекладки руля направление потока воды, набегающего на руль за корпусом судна, не совпадает с направлением невозмущенного присутствием корпуса потока. Однако из-за кратковременности маневренного периода циркуляции угол дрейфа остается еще очень малым, судно по инерции продолжает двигаться практически прямолинейно, и угол атаки a_a набегающего со скоростью v на перо руля потока воды можно принять равным углу перекладки руля a. На руле возникает подъемная сила P_y, перпендикулярная направлению набегающего потока, и лобовое сопротивление P_x, действующее по направлению потока. Равнодействующая этих сил – гидродинамическая сила P_a – пересекает плоскость симметрии руля в некоторой точке c, называемой *центром давления на перо руля*. Согласно известному положению теоретической механики приведением силы P_a к ЦТ судна можно выделить пару сил с плечом l_p и силу

P_a'' (рис. 4.9). Момент пары сил M_{P_a}, поворачивающий судно в сторону перекладки руля, равен

$$M_{P_a} = P_a l_p = P_a (L/2 + e) \cos\alpha, \tag{4.33}$$

где e – расстояние от центра давления до оси баллера, м. Силу P_a'' можно разложить на составляющие: в направлении ДП и перпендикулярно ДП. Сила P_2 увеличивает сопротивление движению, скорость судна в направлении первоначального курса начинает уменьшаться. Сила P_1 вызывает бортовое смещение судна (дрейф) в сторону, противоположную перекладке руля. Из-за незначительной продолжительности перекладки руля дрейф судна происходит с ускорением. Возникающая при этом сила инерции $F_и$ (на рис. не показана), приложенная в ЦТ судна и направленная в сторону, противоположную ускорению (в сторону перекладки руля), создает с силой P_1 кренящую пару, момент которой равен

$$M_{F_и} = P_1 (z_g - d/2). \tag{4.34}$$

Судно кренится в сторону перекладки руля до 1,5–2°. Угол возрастает с увеличением скорости судна и уменьшением продолжительности перекладки руля.

С появлением дрейфа поток воды начинает с уменьшенной скоростью v_1 набегать на борт, внешний по отношению к направлению перекладки руля, под возрастающим углом дрейфа β, а на перо руля под уменьшающимся углом $\alpha_a = \alpha - \beta$ (см. рис. 4.9). Уменьшение угла атаки α_a приводит к уменьшению силы P_a и момента M_{P_a}. Кроме того, на корпусе судна, как на крыле, вследствие появления нарастающего угла атаки набегающего потока воды (угла β) возникают подъемная сила Q_y, перпендикулярная направлению набегающего потока, и лобовое сопротивление Q_x, действующее в направлении потока. В начальный период при малых углах дрейфа центр приложения этих сил расположен несколько в нос от ЦТ судна. Приведением равнодействующей сил Q_y и Q_x гидродинамической силы Q_β к ЦТ судна можно выделить пару сил с плечом l_Q и силу Q_β''. Момент пары сил M_Q, поворачивающий судно в сторону перекладки руля, (на рис. 4.9 этот этап не показан) равен

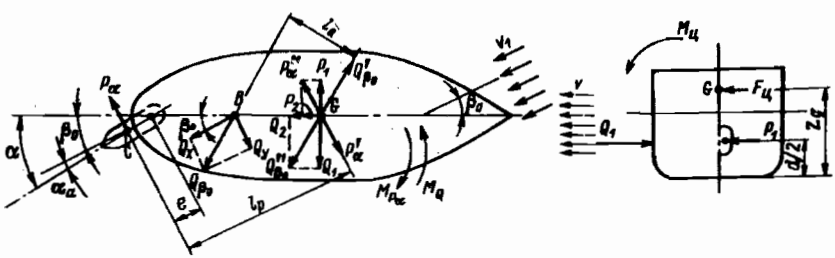


Рис. 4.9. Силы и моменты, действующие на судно при установившейся циркуляции

$$M_Q = Q_\beta l_Q. \tag{4.35}$$

Силу Q''_β можно разложить на составляющие в направлении ДП и перпендикулярно ДП. Сила Q_2 увеличивает сопротивление движению, скорость судна продолжает уменьшаться. Сила Q_1 противодействует силе P_1. Увеличение под действием моментов M_{P_a} и M_Q угла дрейфа β и уменьшение скорости судна в эволюционном периоде циркуляции приводят к уменьшению силы P_a, действующей на перо руля, и увеличению силы Q_β, действующей на корпус. При этом точка приложения последней (точка B) смещается в корму. Возрастающая составляющая силы Q_β сила Q_1 в какой-то момент времени оказывается равной уменьшающейся силе P_1, а затем становится больше ее. Поэтому дрейф судна в сторону, обратную перекладке руля, прекращается, и оно начинает смещаться в сторону перекладки руля. После того как точка B окажется расположенной в корму от ЦТ судна, момент M_Q изменит направление действия и в какое-то мгновение станет равным моменту M_{P_a}. Наступит установившееся движение, угол β станет постоянным (равным β_0), силы P_2 и Q_2 уравновесятся упором гребного винта, установится постоянная скорость движения ЦТ судна по окружности диаметром $D_ц$. С возникновением криволинейного движения появляется нормальная сила инерции (центробежная сила) $F_ц$, приложенная в ЦТ судна и направленная по радиусу траектории движения от ее центра в сторону, противоположную перекладке руля, которая на установившемся движении совместно с силой $Q_1 - P_1$ создает постоянную пару, кренящую судно на борт, противоположный перекладке руля. Момент этой пары сил равен

$$M_{F_ц} = (Q_1 - P_1)(z_g - d/2). \tag{4.36}$$

В соответствии с требованиями Правил угол крена судов промыслового флота, имеющих на борту специальный персонал в количестве более 12 чел., при скоплении экипажа у борта на установившейся циркуляции не должен превышать 3/4 угла заливания либо угла, при котором палуба переборок входит в воду или скула выходит из воды (по меньшему значению), но в любом случае должен быть не более 12°. Правила рекомендуют определять кренящий момент на установившейся циркуляции по формуле

$$M_ц = 0{,}233\,\Delta v^2_{0,8}\,(z_g - d/2)/L, \tag{4.37}$$

где $v_{0,8}$ – скорость судна на установившейся циркуляции, м/с, равная 80 % скорости выхода на циркуляцию.

При рассмотрении формулы (4.33) можно сделать следующее заключение: $M_{P_a} = f(\alpha)$ при перекладке руля от 0 до 90° сначала возрастает, достигает своего максимума, а затем убывает. Наибольшие значения M_{P_a} получаются при углах перекладки руля около 35°. При перекладке руля на угол, больший 35°, эффективность его действия резко

снижается, возрастает сопротивление движению и уменьшается скорость судна. Поэтому рулевое устройство снабжают ограничителями поворота руля.

Принцип работы направляющей пов[illegible]ой насадки аналогичен принципу действия пера руля (см. рис. 4.6, [illegible]). Увеличение скорости судна, дифферента на корму способствуют ухудшению поворотливости и улучшению устойчивости на курсе. Поворот в сторону накрененного борта требует большего времени, а для удержания судна на курсе руль несколько перекладывают в сторону крена. Качка всегда ухудшает управляемость, а для удержания судна на курсе при наличии ветра требуется перекладка руля. Управляемость судов промыслового флота существенно зависит от типа орудий лова и в настоящее время определяется опытным путем.

§ 38. Качка судна

Колебательные движения судна относительно его положения равновесия называют *качкой*. На волне, по сравнению с положением равновесия в тихую погоду, изменяется подводный объем судна. Нарушение уравнения плавучести сопровождается колебательными перемещениями судна вдоль вертикальной оси, именуемыми *вертикальной качкой*. При этом линии действия сил тяжести и поддержания не находятся на одной вертикали, что приводит к одновременным поворотам вокруг поперечной оси, называемым *килевой качкой*. *Бортовая качка* также вызывается воздействием волнения. Качка уменьшает скорость, увеличивает расход топлива, ухудшает управляемость судна. Возникающие при качке инерционные силы и удары волн могут привести к местным разрушениям корпуса, потере улова и орудий лова, срыву механизмов с фундаментов, смещению грузов и опрокидыванию судна. При качке ухудшаются режим работы механизмов, устройств и приборов, условия обитаемости на судне, проявляется вредное физиологическое воздействие на людей в виде морской болезни. Заливание, затрудняющее работы на палубе, способствует опасному обледенению палубы, палубных сооружений и грузов.

Параметры качки в значительной мере определяют возможность ведения промысла и обработки улова. Несовместимость качки швартующихся судов для передачи улова и пополнения запасов сопровождается резкими ударами и деформациями корпуса, потерей промыслового времени. Порог комфортабельности (обитаемости) пассажирских судов нередко ограничивают значением линейных ускорений, которые возникают вследствие качки, не превышающим 1 м/с^2. На добывающих судах экипажу приходится работать в условиях значительно больших ускорений (превышающих 3 м/с^2). Когда трал находится на поверхности под бортом или у слипа, всплывая и опускаясь вместе с волной, нагрузка на промысловые механизмы и орудия лова резко

увеличивается, поскольку малая длина и малая стрелка провисания ваеров не дают аммортизирующего эффекта и происходят резкие рывки. Аналогична картина при подъеме на судно скошелькованного невода. Наиболее сильная бортовая качка возникает при положении судна без хода лагом к волне. Обрабатывающие и приемно-транспортные суда, маневрируя скоростью и курсом в открытом море, легко избегают положения лагом к волне. Добывающие суда часто лишены свободы маневра, так как работают с орудиями лова, стоимость которых нередко соизмерима со стоимостью самого судна, а их сохранность в условиях волнения обеспечивается определенным положением относительно судна. Лишенное хода судно обычно разворачивается лагом к волнению, поэтому положение лагом к волнению, наиболее опасное с точки зрения остойчивости, к сожалению, достаточно характерно для добывающих судов. Эту ситуацию и принимают за расчетную при оценке качки промыслового судна. Кроме того, вероятность намотки сетей на винт добывающего судна особенно велика. Но не всегда качка вредна. Некачающееся промысловое судно с небольшим надводным бортом было бы совершенно непригодно в промысловой эксплуатации, так как его палуба периодически полностью бы затапливалась. Способность промыслового судна „отыгрываться", т. е. всплывать на волне, не принимая воду на борт, является важнейшим показателем его мореходности, поскольку палуба является рабочей.

Качку судна характеризуют следующие параметры: амплитуда – наибольшее отклонение судна от положения равновесия, измеряемое при бортовой и килевой качке углами крена θ_m и дифферента ψ_m соответственно, а при вертикальной качке – разностью осадок в положении равновесия и крайнего верхнего или нижнего положений; размах – полное перемещение из одного крайнего положения в другое; полное колебание – сумма двух следующих один за другим размахов; период T – время совершения одного полного колебания.

На взволнованной поверхности качка судна слагается из собственных и вынужденных колебаний, обусловленных систематическим воздействием волн. Волнение, при котором все волны имеют одинаковые характеристики, называют *регулярным*. В действительности различные волны отличаются значениями своих характеристик, поэтому морское волнение является нерегулярным. Бег волн не сопровождается столь же быстрым поступательным перемещением водных масс, подобно тому, как пробегающие по поверхности нивы ветровые волны не сопровождаются перемещением колосьев. Частицы воды во время волнения описывают в вертикальной плоскости некоторые незамкнутые траектории, каждая из орбит которых смещена по отношению к предыдущей в направлении бега волн. Однако смещение орбит невелико и их обычно считают замкнутыми кривыми – окружностями. Полную окружность частица проходит за время, называемое периодом волны $\tau_в$, в течение которого в какой-либо точке пространства окажутся вершина, подошва и снова вершина волны. С увеличением углубления радиус вращения

частиц резко убывает, и на некоторой глубине волнение не ощущается. Основными характеристиками регулярного волнения кроме периода волны являются: профиль волны – контур сечения волны плоскостью, параллельной направлению бега волны; вершина и подошва волны – наивысшая и наинизшая точки волнового профиля; длина волны λ – горизонтальное расстояние между двумя повторяющимися точками волнового профиля; высота волны $h_в$ – вертикальное расстояние между вершиной и подошвой волны; скорость бега волны c_0 – расстояние; на которое перемещается за одну секунду какая-либо точка профиля волны; угол волнового склона α_0 – угол между горизонталью и касательной к профилю волны в данной его точке (наибольший угол волнового склона α_m обычно не превышает 9–12°).

Теоретические исследования, подтвержденные практикой наблюдений, позволили установить следующие соотношения между характеристиками волны: $\tau_в \approx 0{,}8\sqrt{\lambda}$; $c_0 \approx 1{,}25\sqrt{\lambda}$; $h_в \approx 0{,}17\lambda^{3/4}$.

Качка на волнении. Судно, выведенное из положения равновесия на тихой воде и предоставленное самому себе после прекращения действия внешнего фактора, начнет совершать свободные колебания. При поперечных и продольных наклонениях восстанавливающий момент возвращает судно в первоначальное положение. По мере спрямления судна восстанавливающий момент уменьшается, а угловая скорость увеличивается. С ростом угловой скорости растет момент сил сопротивления воды колебаниям судна, и в прямом положении он достигает максимального значения, а восстанавливающий момент равен нулю. По инерции судно пройдет прямое положение и будет наклоняться, пока угловая скорость не станет равной нулю. Вследствие действия демпфирующего момента каждая последующая амплитуда оказывается меньше предыдущей, и с течением времени судно остановится. При вертикальных колебаниях судно по инерции будет проходить положение равновесия, пока сопротивление воды не погасит инерцию и сила поддержания снова станет равной силе тяжести. Из сказанного следует, что амплитуда свободных колебаний зависит от начального отклонения и начальной скорости. Период свободных колебаний судна на тихой воде при бортовой качке можно определить по формуле (3.98), а при килевой качке – по формуле

$$T_\psi \approx 2{,}4\sqrt{d}. \qquad (4.38)$$

Период вертикальной качки на тихой воде практически равен периоду килевой качки. Период качки на тихой воде не зависит от ее амплитуды и при затухании колебаний судна остается постоянным. Поскольку теория качки на нерегулярном волнении сложна, рассмотрим качку на регуляторном волнении, характеризуемом формой волнового профиля. Допустим, что судно, ширина которого мала по сравнению с длиной волны, в результате чего волновой профиль в пределах ширины судна можно считать плоским, находится без хода на регулярном

волнении в положении лагом к набегающим волнам. Бортовая качка может быть представлена как сумма двух гармонических колебаний: собственных с периодом бортовой качки T_θ на тихой воде без учета сопротивления воды и вынужденных с периодом волны $\tau_в$ и амплитудой θ_m . Вследствие влияния сопротивления воды собственные колебания быстро затухают, и по истечении некоторого времени колебания судна становятся чисто вынужденными с периодом прикладываемых к нему импульсов. Согласно теории качки, относительная амплитуда бортовой качки без учета сопротивления воды может быть вычислена по формуле

$$\theta_m/\alpha_m = 1/[\,1 - (T_\theta\,/\tau_в)^2\,]. \qquad (4.39)$$

Анализ формулы (4.39) позволяет сделать несколько важных выводов. При $T_\theta \ll \tau_в$ амплитуда качки θ_m равна углу волнового склона α_m . В этом случае палуба судна все время остается параллельной поверхности воды, т. е. судно будет качаться в согласии с волной. Амплитуда качки достигает наибольших значений в точках профиля волны с наибольшим волновым склоном, т. е. на половине высоты каждой волны. На вершине и подошве волны амплитуда качки судна будет небольшой и судно не будет принимать воду на палубу. При $T_\theta \gg \tau_в$ амплитуда качки будет очень мала. В этом случае палуба судна будет стремиться занимать положение, параллельное горизонту во всех точках волнового профиля. У такого судна начальная поперечная метацентрическая высота близка к нулевому значению. По мере приближения T_θ к $\tau_в$, когда $T_\theta\,/\tau_в \to 1$, относительная амплитуда вынужденных колебаний возрастает и при отсутствии сил сопротивления воды становится бесконечно большой. Такое явление называют *резонансом.* Происходит сдвиг по фазе колебаний между судном и волной на угол, близкий к 90°. Судно будет иметь наибольший крен, находясь на вершине волны или на ее подошве, где угол волнового склона равен 0°. Резонанс может привести к потере остойчивости судна.

Килевая качка сопровождается вертикальной качкой, а их комбинацию называют продольной качкой. При изучении продольной качки размеры судна нельзя принимать бесконечно малыми по сравнению с размерами волны, так как длина судна и длина волны являются соизмеримыми величинами. Как показывают исследования, влияние вертикальной качки на килевую незначительно, обратное же влияние существенно. Поэтому килевую качку можно рассматривать как независимую При килевой качке сопротивление окружающей среды значительно больше, чем при бортовой, поэтому свободные колебания при килевой качке затухают быстрее. Практически килевую качку на регулярном волнении можно считать состоящей из одних вынужденных колебаний с периодом, равным периоду волн. Поскольку период свободных колебаний судна большой, амплитуды килевой качки даже в условиях резонанса невелики и практическое значение для судна имеет не сама качка,

а связанные с ней заливаемость палубы и появление слеминга – гидродинамических ударов носовой частью о воду, сопровождающихся сотрясением корпуса, переходящим в вибрацию.

В действительности ширина судна соизмерима с длиной волны и волновой профиль в пределах ширины судна нельзя считать плоским, а угол волнового склона – постоянным по ширине. Так как с увеличением глубины радиусы орбит частиц воды уменьшаются очень быстро, нельзя считать угол волнового склона постоянным и по осадке. Кроме того, судно подвижно. Поэтому при вычислении амплитуды в формулу (4.39) должен быть введен эффективный угол волнового склона, определяемый умножением наибольшего угла α_m на коэффициенты, учитывающие размеры судна, а вместо истинного периода волны $\tau_в$ – кажущийся период возмущающих сил, определяющий время прохождения мимо фиксированной точки движущегося судна двух последовательных гребней. Поскольку кажущийся период зависит не только от интенсивности волнения, но и от курса и скорости судна, можно изменять характер качки, маневрируя судном. На нерегулярном волнении собственные колебания судна не затухают, так как последовательно проходящие волны различаются по своим характеристикам и каждая предыдущая волна создает новые начальные условия. С их изменением меняются параметры собственных колебаний, собственные колебания не затухают, а суммируются с вынужденными, качка преобретает неправильный характер. Нерегулярность волнения проявляется тем сильнее, чем меньше сопротивление качке, поэтому при килевой и вертикальной качках нерегулярность волнения проявляется слабо. Исследования показывают, что при режимах бортовой качки, далеких от резонансных, амплитуды качки на нерегулярном волнении несколько увеличиваются, а в условиях, близких к резонансному, – уменьшаются (резонанс не успевает развиться). Бортовая качка на нерегулярном волнении происходит с преобладанием свободных колебаний, поэтому средний период бортовой качки близок к периоду собственных бортовых свободных колебаний судна. Это обстоятельство позволяет применять в морской практике формулу (3.98) для определения метацентрической высоты.

Регулирование качки судов промыслового флота. Наблюдения показали, что заливаемость через борт определяется практически только бортовой качкой. На волнении при $h_{в\,3\%} = 2$ м сейнеру нужно иметь приблизительно в 3 раза более высокое отношение надводного борта к ширине, чтобы вероятность незаливания была такой же, как у большого судна. При $h_{в\,3\%} = 6$ м разница составляет уже только около 30 %. Таким образом, малые суда могут быть защищены от заливания с помощью фальшборта. Заливание при продольной качке (через оконечности) играет не меньшую роль в снижении промысловой эффективности, чем при бортовой качке. На встречном волнении при $\lambda = L$ не удается избежать резонансной продольной качки, если $9 < L/d < 14$. Именно этот диапазон типичен для добывающих судов. Принципиально

решение задачи о заливаемости при продольной качке сводится к обеспечению достаточно высокого надводного борта в оконечностях судна и седловатости палубы, приданию оконечностям развитых надстроек (бака и юта).

Развал V-образных носовых шпангоутов увеличивает плавучесть носовой оконечности при прохождении гребня волны, уменьшает амплитуды килевой качки, несколько уменьшает заливаемость палубы и обеспечивает лучшую всхожесть на волну, однако способствует появлению слеминга, приводит к интенсивному брызгообразованию, что особо опасно в условиях характерного для судов промыслового флота обледенения. Такую форму шпангоутов имеют небольшие добывающие суда, которым по условиям эксплуатации часто встречаются волны длиной, превышающей длину судна, и работа которых в условиях обледенения ограничивается. Более острые скулы, брусковый киль, выкружки гребного вала, зашитый дейдвуд способствуют увеличению сил сопротивления и уменьшают бортовую качку. С понижением ЦТ судна ухудшаются условия обитаемости, ведения промысла, увеличивается вероятность резонансной качки, качка становится резкой, порывистой.

Практика ведения промысла дает некоторые рекомендации по установлению границ остойчивости из соображений обеспечения плавной качки. Так, для малых и средних добывающих судов не рекомендуется иметь период собственных бортовых колебаний менее 7–9 с, для больших добывающих судов – менее 10–12 с, а для крупных приемно-транспортных и обрабатывающих судов эти значения определяют индивидуально для каждого судна. При волне в борт следует следить за резонансной качкой. Для ее избежания рекомендуется изменять курс, так как изменение скорости практически не будет оказывать влияния на бортовую качку. На попутной волне длиной, близкой к L, возникает опасность заливания кормы и разворота судна лагом к волне, когда оно находится на переднем склоне или на подошве волны и движется со скоростью, равной скорости волны. В этом случае возможно опрокидывание судна. Если длина волны значительно больше длины судна, то опасность набегания ее на палубу невелика. При длине волны, меньшей длины судна, возможны резкая килевая качка, оголение гребных винтов и руля, особенно если скорость судна меньше скорости бега волны. Во всех случаях при выборе безопасных курсов и скорости пользуются универсальной диаграммой качки Ю. В. Ремеза.

Бортовая качка может быть значительно умерена с помощью специальных успокоителей качки.

Скуловые кили представляют собой полособульбы или полосы с приваренным по наружной кромке прутком, установленные в районе скулы вдоль судна с обоих бортов. Для уменьшения сопротивления движению судна их располагают параллельно линиям тока. При наклонении движущегося судна на поднимающийся киль действует подъемная сила, направленная вниз, а на опускающийся – вверх. Возникает дополнительный стабилизирующий момент. Кроме того, скуловые кили увеличивают

момент сил сопротивления воды и момент инерции присоединенных масс воды. Скуловые кили уменьшают амплитуды бортовой качки на 20–25 %. Особенно ощутим их эффект при резонансе, без хода или при движении с малыми скоростями и, как правило, установлены на всех судах промыслового флота. Действие установленного на малых и некоторых средних добывающих судах брускового киля аналогично действию скуловых килей.

Пассивные успокоительные цистерны представляют собой две симметричные относительно ДП бортовые цистерны, соединенные каналом и частично заполненные водой или топливом. Идея пассивной цистерны принадлежит адмиралу С. О. Макарову. Возникающий при качке за счет перемещения жидкости из одной бортовой цистерны в другую стабилизирующий момент противоположен по знаку возмущающему моменту и противодействует наклонению судна. В настоящее время применяют четыре типа цистерн: закрытые *U*-образные (цистерны Фрама, рис. 4.10, *а*), типа „Флюм" (рис. 4.10, *б*), цистерны, основанные на уменьшении начальной остойчивости (рис. 4.10, *в*), и типа „Интеринг" (рис. 4.10, *г*). Отличительной особенностью цистерн типа „Флюм" является открытый сверху соединительный канал, позволяющий изменять собственный период колебаний жидкости в зависимости от ее уровня, регулируемого с помощью клапана. Система уменьшает колебания судна в 2–3 раза и хорошо зарекомендовала себя в промысловой обстановке, особенно на обрабатывающих судах, обеспечивая лучшие условия швартовки, производственных процессов и обитаемости. Особенностью активизированной цистерны типа „Интеринг" является возможность использования ее как в качестве противокреновой в процессе проведения погрузочно-разгрузочных работ, так и в качестве успокоительной при качке судна на волнении. В первом случае вода из одной

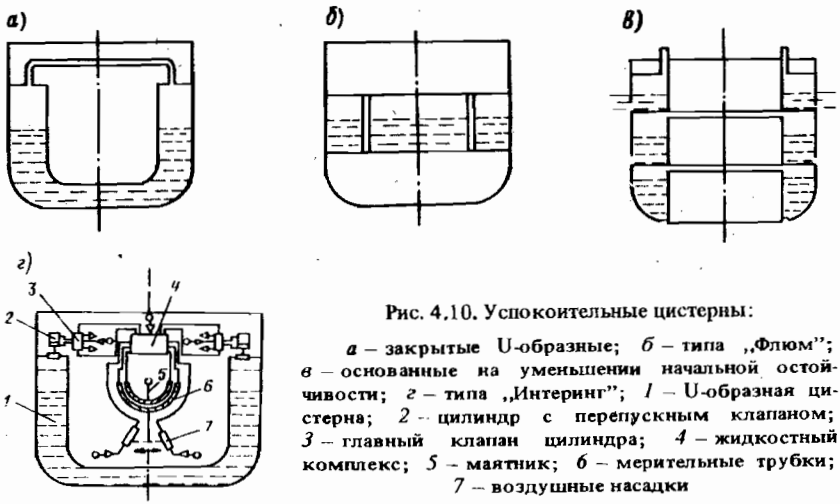


Рис. 4.10. Успокоительные цистерны:

а – закрытые U-образные; *б* – типа „Флюм"; *в* – основанные на уменьшении начальной остойчивости; *г* – типа „Интеринг"; *1* – U-образная цистерна; *2* – цилиндр с перепускным клапаном; *3* – главный клапан цилиндра; *4* – жидкостный комплекс; *5* – маятник; *6* – мерительные трубки; *7* – воздушные насадки

бортовой ветви перемещается в другую с помощью сжатого воздуха, подаваемого компрессором в верхнюю полость цистерны правого или левого борта. Угол крена судна при этом контролируется с помощью маятника, перекрывающего одну из воздушных насадок, расположенных по его сторонам. Насадки управляют клапанами, перекрывающими или пропускающими воздушный поток. При качке на волнении перемещение воды должно происходить значительно быстрее – за время, не превышающее половины периода бортовой качки судна. Компрессор становится бесполезным и отключается. Цистерна работает в пассивном режиме, но в крайнем положении вода задерживается путем перекрытия воздушного клапана системой больших клапанов, управляемых пневматическими цилиндрами. Сигнал для управления вырабатывается в двух *U*-образных трубках с водой, работающих как миниатюрные цистерны Фрама. В верхнюю часть трубки вмонтированы чувствительные жидкостные элементы, реагирующие на изменение в них давления. Полученный сигнал через систему усилителей подается на пневматические цилиндры. Система управления измеряет также скорость бортовой качки, а бортовая ЭВМ выбирает оптимальные моменты открывания и закрывания клапанов. Цистерна „Интеринг" обеспечивает уменьшение амплитуд бортовой качки в среднем в 1,7 раза. В цистернах, основанных на уменьшении начальной остойчивости, частота колебаний жидкости в 2–3 раза превышает собственную частоту бортовой качки судна. Амплитудно-частотные кривые бортовой качки судов с такими цистернами имеют вид, аналогичный виду амплитудно-частотных кривых бортовой качки судов без успокоителя, но обладающих меньшей начальной остойчивостью и большим демпфированием. Цистерны могут быть закрытыми и сообщающимися с забортной водой, одно- и многоярусными.

Бортовые управляемые рули представляют собой два балансирных руля, установленных в районе миделя по бортам у скулы примерно перпендикулярно обшивке судна. Специальное устройство обеспечивает выдвижение рулей из корпуса и уборку их при необходимости в ниши путем втягивания или заваливания. Механизм автоматического управления перекладкой рулей обеспечивает одному из них положительный угол атаки, а другому – отрицательный. Возникающая на рулях подъемная сила у всплывающего руля направлена вниз, а у погружающего – вверх, создавая момент, стабилизирующий качку судна. Поскольку такие рули могут повредить орудия лова или оказаться поврежденными и при малых скоростях малоэффективны, а при отсутствии хода вообще не работают, на промысловом флоте они не нашли применения.

Контрольные вопросы

1. В чем отличие полного и буксировочного сопротивлений?
2. Чем обусловлено возникновение сопротивлений $R_т$, $R_ф$, $R_в$, $R_{в.ч}$, $R_{воз}$, $R_м$?

3. Какие эксплуатационные факторы и как влияют на значения составляющих сопротивления движению судна?

4. При водоизмещении 847 т РТМ-С развивает скорость 16,2 уз. Определите, сколько груза может принять частично загруженный РТМ-С, если до загрузки он идет со скоростью 17 уз.

Ответ: 1652 т.

5. С помощью рис. 4.2 определите сопротивление трала во время траления СРТР при встречном ветре 3 балла и скорости траления 4 уз.

Ответ: 42 кН.

6. С помощью рис. 4.2 определите характер нагрузки двигателя СРТР во время буксировки аварийного СРТМ со скоростью буксировки 6 уз при встречном ветре 3 балла. Натяжение буксирного троса 30 кН.

Ответ: двигатель СРТР недогружен.

7. Как изменяются гидродинамические характеристики ВРШ при повороте его лопастей?

8. Какое положение лопастей ВРШ на рис. 4.6 обеспечивает задний ход судна, швартовные испытания?

9. В каких случаях при эксплуатации судна изменяются упор винта, момент сопротивления вращению?

10. В сочетании с каким главным двигателем и на каких судах целесообразна установка ВФШ, ВРШ?

11. Какие конкретные меры необходимо принять на ПБ для создания лучших условий проведения хирургической операции?

12. Следует ли принять балласт на РС, если известны: $B = 6{,}2$ м; $h_{кр} = 0{,}35$ м; $T_\theta = 8{,}7$ с; $c = 0{,}77$ с/м^{0,5}?

Ответ: следует.

Глава 5

ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ И БОРЬБА ЗА ЖИВУЧЕСТЬ ПРОМЫСЛОВОГО СУДНА

Живучесть судна обеспечивается непотопляемостью, пожаробезопасностью, живучестью технических средств, комплексом предупредительных мероприятий и подготовленностью экипажа к борьбе за живучесть судна.

Наставление по предупреждению аварий и борьбе за живучесть судов флота рыбной промышленности (НБЖР-80) совместно с Уставом службы на судах ФРП СССР, Положение о технической эксплуатации ФРП СССР, Правила техники безопасности на судах ФРП СССР и Правила противопожарной безопасности на судах ФРП СССР определяют организационно-технические мероприятия по предупреждению аварий, а также подготовке и действиям экипажа по борьбе за живучесть судна (БЖС) в случае возникновения аварии при плавании в обычных условиях. В условиях особого режима плавания следует дополнительно учитывать требования специальных наставлений, инструкций и руководств для судов ФРП.

§ 39. Организация обеспечения живучести судна

Организация службы. Организация службы строго устанавливает повседневные обязанности каждого члена экипажа, обеспечивает производственную деятельность и безопасность мореплавания. Все технические средства, системы, устройства, корпус судна, судовые помещения, оборудование, приборы, снабжение и т. п. расписываются по службам и командам в заведование членам экипажа, которые отвечают за их эксплуатацию и техническое состояние. Экипаж состоит из командного состава и судовой команды.

Структура организации службы представлена на рис. 5.1, *а*. Капитан является единоначальником, а его первый помощник отвечает за политико-моральное состояние судового экипажа. Непосредственным начальником палубной команды является старший боцман, а команды бытового обслуживания – старший помощник капитана, возглавляющий также общесудовую службу, к командному составу которой относятся помощники капитана – судоводители и помощник капитана по пожарно-технической части. За радиотехническую службу отвечает начальник судовой радиостанции, а за судомеханическую – главный (старший) механик. Непосредственным начальником машинной команды

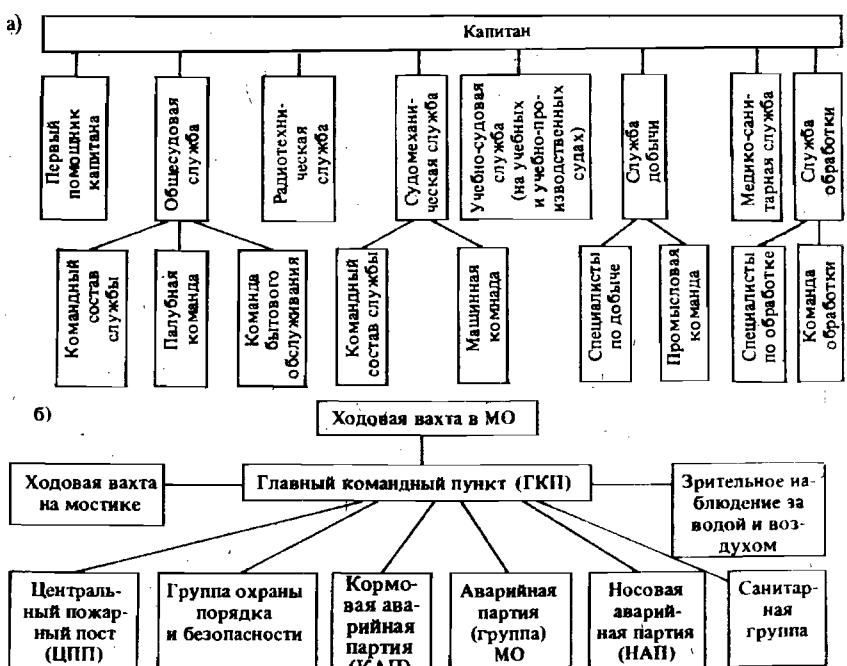


Рис. 5.1. Принципиальные схемы организации:

***а* – службы; *б* – БЖС**

является второй механик. Учебно-судовую службу (на учебных и учебно-производственных судах) возглавляет помощник капитана по учебной работе, а медико-санитарную – главный (старший) судовой врач. Непосредственным начальником промысловой команды является помощник капитана по добыче (старший мастер по добыче). Под его же началом находится служба добычи. Команду обработки и службу обработки возглавляет помощник капитана по производству (старший по штатному расписанию судна специалист по обработке). На судах, где службы добычи и обработки не выделены в самостоятельные, они входят в общесудовую службу. Начальники судовых команд непосредственно подчиняются начальникам соответствующих служб, а начальники служб – капитану судна. В административном отношении весь экипаж подчинен старшему помощнику капитана – первому заместителю капитана, ответственному за организацию службы на судне.

Управление судном, его безопасность, живучесть, производственная деятельность и контроль за посещением посторонними лицами, требующие повышенного внимания и непрерывного нахождения на посту или рабочем месте, обеспечиваются круглосуточной вахтенной службой, по службам – ходовой и стояночной вахтами. Старшим лицом всей вахтенной службы судна является вахтенный помощник капитана, подчиняющийся при отсутствии капитана его старшему помощнику и являющийся при отсутствии капитана и старшего помощника старшим лицом на судне. В части специальных вопросов старшие по вахтам подчиняются начальнику соответствующей службы и ведут установленной формы вахтенный журнал службы. В порту, по указанию капитана, дополнительно комплектуется дозорная служба, производящая обход судна по утвержденным маршрутам каждые два часа днем и каждый час ночью.

Распоряжения по службе даются в форме приказаний. Получивший приказание обязан повторить его и о выполнении доложить лицу, отдавшему приказание. При получении от другого лица командного состава нового приказания, исполнение которого не позволяет выполнить первое, исполняющий обязан доложить об этом лицу, отдавшему второе приказание, и действовать по его усмотрению. Ответственность за невыполненное первое приказание несет лицо, отдавшее второе приказание. Без разрешения своего непосредственного начальника и ведома вахтенного помощника капитана (вахтенного механика) членам экипажа категорически запрещается производить ремонтные и иные работы, связанные с временным выводом из строя механизмов, приборов, устройств, систем и аппаратуры. При обнаружении опасности, грозящей людям, судну, грузу, техническим средствам и орудиям лова, каждый член экипажа обязан немедленно доложить об этом вахтенному помощнику капитана (вахтенному механику), одновременно приняв все возможные меры для ее ликвидации.

Основой организации службы являются судовые расписания: по заведованиям, вахт, по судовым тревогам, по швартовным операциям,

по постановке на якорь и снятия с якоря, промысловое (на добывающих судах) со схемой безопасной расстановки людей для работы с орудиями лова, по приборкам, по жилым помещениям. Могут составляться и другие расписания, направленные на улучшение организации службы. Права и обязанности каждого члена экипажа определяются Уставом службы на судах ФРП СССР, а также техническими и должностными инструкциями, утвержденными в установленном порядке.

Подготовка судна к БЖС. В целях обеспечения четкой организации БЖС и предупреждения возможных ошибок при использовании технических средств на судах предусмотрена маркировка конструкций, закрытий, систем, арматуры и т. п. Аварийное и противопожарное снабжение по комплектности должно соответствовать нормам Правил и размещаться на общесудовых и местных аварийных и противопожарных постах. Снабжение размещают как минимум на двух совмещенных общесудовых аварийных постах, один из которых располагают в МО, а другой – выше палубы переборок (при длине судна от 45 до 31 м допускается его расположение ниже палубы переборок при условии обеспечения постоянного доступа к нему). При длине судна 31 м и менее допускается наличие одного совмещенного общесудового аварийного поста. Над входами в посты наносят надписи: „Аварийный пост" (синей краской), „Пожарный пост" (красной краской). Предметы аварийного и противопожарного снабжения, баллоны и спасательные средства окрашивают и маркируют в соответствии с указаниями приложения НБЖР-80. Например, баллоны с сжатым воздухом, углекислотой, кислородом, ацетиленом и водородом окрашивают соответственно в черный, черный, голубой, белый и зеленый цвета, нанося после окраски надпись о содержимом баллона. На видном месте с обеих сторон водонепроницаемой переборки наносят синей краской маркировку. Например, маркировка $\frac{\text{II–III}}{30}$ означает: водонепроницаемая переборка на 30 шп. разделяет водонепроницаемые отсеки II и III. На уровне летней ГВЛ в пресной воде с обоих бортов МКО, трюмов, производственных и других помещений на поясках шпангоутов синей или белой краской наносят полосы, и не реже чем для каждого пятого шпангоута указывают их номера с обоих бортов: в грузовых трюмах – на обшивке вверху под палубой; в МКО, производственных и других больших помещениях – на видных местах обшивки; на внутренней части фальшборта, а при его отсутствии – на внутренней выступающей части ширстрека либо на видных местах палубы у бортов судна. Местоположение водонепроницаемых переборок отмечается чертой под номером соответствующего шпангоута, а местоположение ответственных забортных отверстий – синим или красным кругом, например кругом $\left(\frac{\text{К}}{7}\right)$, означающим: кингстон, расстояние от кромки верхней открытой палубы до верхней кромки отверстия с учетом кривизны борта составляет 7 м. Отмечаются места разрывов и концов бортовых килей, например, таким

образом: $\frac{5}{\text{---}}$ и $\frac{5}{\text{---}}$ (расстояние от кромки верхней открытой палубы до верхней кромки бортового киля с учетом кривизны борта 5 м). Маркировку водонепроницаемых и противопожарных закрытий, наружных закрытий устройств судовой вентиляции наносят в соответствии с ОСТ и указаниями приложения НБЖР-80 непосредственно на полотне закрытий с двух сторон, если имеются приводы задраивания снаружи и внутри герметизируемого контура. При расположении привода только снаружи герметизируемого контура маркировку наносят со стороны управления приводом задраивания. Если невозможно сделать маркировку на полотне закрытия, ее размещают на близко расположенных поверхностях корпусных конструкций. Отличительные и предупредительные знаки трубопроводов судовых систем (см. § 17–19) наносят у палуб, платформ, переборок, механизмов, цистерн, клапанов, клинкетов, распределительных коробок, в местах переплетения труб, а также на прямых участках с интервалом не более 6 м. При прокладке трубопровода под обшивкой знаки наносят под съемными лючинами или щитами. В некоторых случаях рядом с отличительным знаком стрелкой указывают направление движения проводимой среды. Запорные устройства основных трубопроводов маркируют навешиванием отличительной пластинки белого фона, а арматуру противопожарных систем окрашивают в красный цвет. Электрооборудование маркируют в соответствии с указаниями приложения НБЖР-80. Для привлечения внимания работающих к непосредстенной опасности, предупреждения о возможной опасности, предписания и разрешения определенных действий с целью обеспечения безопасности и необходимой информацией в соответствии с ОСТ устанавливают знаки безопасности: запрещающие, предупреждающие, предписывающие, указательные, а также дополнительные таблички.

В сроки, установленные Положением о технической эксплуатации ФРП СССР, экипаж проводит осмотры и проверку технического состояния оборудования своего заведования. Результаты осмотров и принятые меры записывают в соответствующие журналы. Работы, которые приводят к изменению остойчивости и посадки судна, нарушению водонепроницаемости подводной части корпуса, ремонт и регулирование закрытий подводных отверстий и т. п. выполняют только с разрешения капитана под наблюдением вахтенной службы. Ответственность за обеспечение безопасности судна при выполнении таких работ в период рейса возлагается на старшего помощника капитана или главного (старшего) механика. В рейсе не реже одного раза за вахту проводят замеры наличия воды в льялах, в особых условиях плавания (в ледовой обстановке, при шторме и т. п.) каждый час, а при ударах (о лед, другое судно и т. п.) немедленно. Если условия не позволяют произвести замеры, проводят контрольные откачки. Во все помещения на судне должен быть обеспечен доступ в любое время суток. Ключи второго комплекта от кают членов экипажа с занумерованными бирками находятся у старшего помощника капитана, а при его отсутствии – у вахтенного

помощника капитана. Ключи второго комплекта от всех остальных помещений крепят к специальной доске, опечатанной и закрытой на замок. Ключ от доски хранится у вахтенного помощника капитана.

При получении штормового предупреждения необходимо: прекратить промысел, обеспечить уборку палубного груза в трюмы, крепление грузов и других предметов для предотвращения от возможного перемещения; задраить трюмы и все закрытия согласно их маркировке, усилить наблюдение за обеспечением водонепроницаемости корпуса судна и наружных закрытий; производить замеры воды в льялах. В тумане, в условиях ограниченной видимости, при следовании в узкостях и районах малых глубин должны быть приняты аналогичные меры герметизации и контроля. В случаях угрозы обледенения необходимо: принять меры, аналогичные подготовке к штормованию; привести в готовность все имеющиеся на судне средства борьбы с обледенением, аварийное снабжение и водоотливные средства; убрать предметы, находящиеся около шпигатов и портиков; проверить исправность палубного освещения и судовых прожекторов; принять меры к выводу судна из опасного района.

Подготовка экипажа к БЖС. В целях качественной подготовки и организации БЖС членам экипажа присваивают судовой номер и расписывают по подразделениям БЖС (рис. 5.1, *б*, табл. 5.1). В исключительных случаях начальниками АП могут быть назначены другие лица командного состава. На крупных судах могут создаваться дополнительные и резервные АП. При наличии на судне 12 чел. и более специального персонала каждая АП [аварийная группа (АГ)] в своем составе должна иметь звено из трех человек, работающих в дыхательных изолирующих аппаратах. В противном случае такое звено включают в машинную, котельную АП (АГ), а при численности экипажа менее 15 чел. его не комплектуют. На ЦПП назначается круглосуточная вахта и устанавливается прямая связь с ГКП. АП (АГ) обязаны обеспечить: герметизацию судна; эвакуацию людей и вынос раненых из аварийных помещений; устранение водотечности корпуса и удаление поступившей воды; борьбу с пожарами, дымом, паром, газами; ликвидацию повреждений технических средств и внутрисудовой связи; разборку завалов; перекачку жидких грузов; взаимодействие с береговыми аварийно-спасательными подразделениями, экипажами других судов.

Основой организации БЖС является расписание по тревогам, которое устанавливает обязанности и места сбора экипажа судна по тревогам. Общесудовая тревога, подаваемая непрерывным звонком громкого боя продолжительностью 25–30 с, повторяется 3–4 раза. Учебная тревога, тревоги при пробоине, прорыве аммиака, защите от оружия массового поражения (ОМП) и пожаре объявляются по радиотелефону после сигнала общесудовой тревоги, причем при пожаре сигнал общесудовой тревоги сопровождается частыми ударами в колокол. Тревоги „Человек за бортом", подаваемая тремя звонками громкого боя продолжительностью 5–6 с, и „Оставление судна", подаваемая

Таблица 5.1. **Подразделения БЖС**

№ поста	Наименование подразделения	Ответственный за действия подразделения при численности экипажа, чел.			
		100 и более	от 50 до 100	от 15 до 50	менее 15
	Главный командный пункт (ГКП)	Капитан	Капитан	Капитан	Капитан
1	Ходовая вахта на мостике	3-й помощник капитана	3-й помощник капитана	3-й помощник капитана	
2	Ходовая вахта в МО	3-й механик	3-й механик	3-й механик	
3	Группа зрительного наблюдения	Матрос 1-го класса	Матрос 1-го класса	Матрос 1-го класса	
4	Санитарная группа	Судовой врач	Судовой врач	Судовой врач (фельдшер)	Весь экипаж принимает участие в БЖС
5	Аварийная партия (АП)	–	–	2-й помощник капитана	
	Носовая аварийная партия (НАП)	4-й помощник капитана	4-й помощник капитана	–	
6	Аварийная партия МО	2-й механик	–	–	
	Аварийная группа МО	–	2-й механик	2-й механик	
7	Кормовая аварийная партия (КАП)	2-й помощник капитана	2-й помощник капитана	–	
8	Группа охраны порядка и безопасности	Помощник капитана по производству	Помощник капитана по производству (специалист по производству)	–	

Таблица 5.2 Расписание по тревогам

Утверждаю _____

(наименование судна)

Капитан _____

Пост № 3

Зрительное наблюдение за водой и воздухом

Схемы расположения спасательных средств, общесудовых постов аварийного и противопожарного снабжения и средств защиты от ОМП

Сигналы тревог	Номер сектора	Сектор наблюдения	Судовой номер
	I	От 5° ЛБ до 95° ПБ	
	II	От 5° ПБ до 95° ЛБ	
	III	От 85° ПБ до 175° ЛБ	
	IV	От 85° ЛБ до 175° ПБ	

Судовой номерник				Расписание по общесудовой тревоге									Расписание по тревоге „Человек за бортом"	
				Пост № 1. Ходовая вахта на мостике			Пост № 2. Ходовая вахта в МО			Пост № 4. Санитарная группа			Место сбора	
Должность	Судовой номер	Фамилия и инициалы	Номер судового поста	Судовой номер	Обязанности: основные	Обязанности: по защите судна от ОМП	Судовой номер	Обязанности: основные	Обязанности: по защите судна от ОМП	Судовой номер	Обязанности: основные	Обязанности: по защите судна от ОМП	Судовой номер	Обязанности

Продолжение табл. 5.2

Пост № 5. Носовая аварийная партия. Место сбора					
Судовой номер	Обязанности				
	по заводке пластыря	по заделке пробоины	по борьбе с пожаром	по герметизации судна	по защите судна от ОМП

Пост № 6. Аварийная партия (группа) МО. Место сбора					
Судовой номер	Обязанности				
	при пробоине в корпусе	по борьбе с пожаром	по борьбе с аммиаком	по герметизации судна	по защите судна от ОМП

Расписание по оставлению судна при использовании спасательных шлюпок						
Шлюпка №						Обязанности
1	2	3	4	5	6	
Судовой номер						

Пост № 7. Кормовая аварийная партия. Место сбора					
Судовой номер	Обязанности				
	по заводке пластыря	по заделке пробоины	по борьбе с пожаром	по герметизации судна	по защите судна от ОМП

Пост № 8. Группа охраны порядка. Место сбора			
Судовой номер	Обязанности		
	основные	по герметизации судна	по защите судна от ОМП

Расписание по оставлению судна при использовании спасательных плотов											
	Плот №										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Обязанности
Судовой номер											

Примечание. При аварийной утечке (прорыве) аммиака лица, работающие в дыхательных изолирующих аппаратах, поступают в распоряжение начальника аварийной партии (группы) МО.

Составлено на „ ” _____ 19 ____ г. Ст. пом. капитана _____

семью короткими и одним продолжительным (5–6 с) звонком громкого боя, повторяют 3–4 раза.

Схема типового расписания по тревогам для судна с экипажем более 50 чел. представлена в табл. 5.2. Типовое расписание для серии судов составляет служба мореплавания судовладельца и согласовывает с районной рыбфлотинспекцией по безопасности мореплавания. В процессе эксплуатации судна в расписание могут быть внесены изменения.

На основе расписания по тревогам разрабатываются оперативно-тактическая карта пожаротушения (ОТКП) и оперативно-тактический план пожаротушения (ОТПП), определяющие характер организации борьбы с пожаром. Они учитывают особенности конструктивной противопожарной защиты судна, направленной на предотвращение возникновения пожара, распространения огня и дыма, создание условий безопасной эвакуации людей из помещений и с судна, а также на успешную борьбу с пожаром и его последствиями.

Конструктивную противопожарную защиту обеспечивают противопожарные конструкции и противопожарные зоны. Главные вертикальные противопожарные зоны – это объемы, образованные делением корпуса, надстроек и рубок по длине судна огнестойкими переборками типа *А*. Конструкция типа *А* (огнестойкие конструкции) образованы переборками или палубами, изготовлены из стали или равноценного материала, предотвращают прохождение через них дыма и пламени в течение 60 мин стандартного испытания огнестойкости, изолированы негорючими материалами так, что средняя температура на стороне, противоположной огневому воздействию, не повышается более чем на 139 °С по сравнению с первоначальной. При этом температура в любой точке, включая любое соединение, не повышается более чем на 180 °С по сравнению с первоначальной. Конструкция типа *В* (огнезадерживающие конструкции) образованы переборками, палубами, подволоками или зашивками, целиком изготовлены из негорючих материалов, сохраняют непроницаемость для пламени в течение 30 мин стандартного испытания огнестойкости, изолированы так, что средняя температура поверхности на стороне, противоположной огневому воздействию, не повышается более чем на 139 °С по сравнению с первоначальной. При этом температура в любой точке, включая любое соединение, не повышается более чем на 225 °С по сравнению с первоначальной при воздействии пламени с любой стороны. К конструкциям типа *С* (из негорючих материалов) не предъявляются требования по предотвращению прохождения через них дыма, пламени и соблюдения перепада температур. Более полные сведения о требованиях к противопожарным конструкциям отражены в ч. VI Правил.

ОТКП включает схемы общего расположения судна и палуб с указанием отсеков, водонепроницаемых и выгороженных огнестойкими (класса *А*) и огнезадерживающими (класса *В*) конструкциями; расположения отверстий, средств и постов управления их закрытия; путей эвакуации людей из помещений; систем пожаротушения с обозначением пусковых устройств и расположения охраняемых помещений; рас-

Таблица 5.3. **Принципиальная форма ОТПП**

Номер противопожарной зоны	Помещения, входящие в противопожарную зону, и их краткая характеристика	Противопожарные средства зоны	Пути эвакуации людей из зоны пожара	Рекомендуемые способы тушения пожара (зависят от конкретных условий в зоне)	Способы охраны соседних помещений от огня и дыма	Действия экипажа при пожаре в зоне с учетом развития аварийной ситуации

положения пожарных рожков, огнетушителей, пожарных постов и другого пожарного снабжения и оборудования; мест выключения искусственной вентиляции и перекрытия вентиляционных отверстий; пожарной сигнализации и сигнализации обнаружения очага пожара. ОТПП (табл. 5.3) разрабатывается на основе ОТКП и является ее составной частью. К плану прилагается описательная часть с перечислением всех противопожарных средств, вентиляционных каналов, их перекрытий, путей эвакуации людей из конкретной противопожарной зоны, из зон пожара, агрессивного воздействия теплоты и задымления. Кроме того, в ОТПП дается краткая характеристика помещений, указываются объем и основные размеры, а также описание находящихся в них грузов, пути доступа в эти помещения, способы охраны смежных помещений от огня и дыма. Одновременно отмечаются средства и способы, с помощью которых рекомендуется или не рекомендуется бороться с пожаром в помещениях зоны. Если ликвидация пожара возможна путем затопления горящего помещения, то такой способ указывается как крайний, с обязательным обоснованием непотопляемости судна.

Расписание по тревогам, ОТКП и ОТПП вывешивают на видном месте в помещениях общего пользования и в других доступных местах судна по усмотрению капитана. Кроме того, каждому члену экипажа выдают книжку Судовой номер, в которой указываются его место и обязанности по всем судовым расписаниям, номера закрепленных за ним средств защиты, аварийно-спасательного имущества и т. п., а над койкой прикрепляют каютную карточку члена экипажа с указанием сигналов тревог и действий при их объявлении. В порту или на рейде ежедневно составляют расписание по тревогам для минимума членов экипажа, находящихся на борту, по форме расписания для палубной АП. Расписание вывешивают на видном месте, а один его экземпляр находится у вахтенного помощника капитана.

Общее руководство БЖС с ГКП осуществляет капитан, непосредственное руководство действиями личного состава по ликвидации пожара – помощник капитана по пожарно-технической части или, при его

отсутствии, старший помощник капитана. Действиями личного состава по ликвидации всех других аварийных ситуаций непосредственно руководит старший помощник капитана, а действиями личного состава подразделений – начальники подразделений. Связь ГКП и подразделений БЖС осуществляется с помощью портативных станций УКВ, телефона, судовой трансляции, связных.

Основная форма подготовки экипажа к БЖС – теоретические и практические занятия, частные и общесудовые учения, ежегодная подготовка на учебно-тренировочных судах, учебно-тренажерных центрах и станциях надувных спасательных средств. Занятия с членами экипажа проводят непосредственные начальники по планам, утвержденным старшим помощником капитана. Цель проведения занятий – углубление теоретических знаний, совершенствование практических навыков, необходимых для обслуживания или использования соответствующего судового оборудования. *Частные учения* проводят начальники АП (АГ) и командиры постов без объявления учебной тревоги. На частных учениях отрабатывают: взаимодействие и слаженность работы членов экипажа на судовом посту и между судовыми постами; действия судового поста или группы постов при выходе из строя отдельных членов поста, технических средств и т. п.; закрепление навыков в использовании аварийных средств и материалов, а также командных навыков начальников постов в принятии быстрых и правильных решений, в управлении подчиненными лицами и техническими средствами. *Общесудовые учения* по всем видам тревог проводят не реже одного раза в месяц и перед каждым выходом в длительный рейс. На *подготовительных учениях* отрабатывают обязанности согласно расписанию по тревогам, причем время выполнения действий во внимание не принимается. Цель *тренировочных учений* – отработка четкости, быстроты и согласованности действий, взаимозаменяемости при выполнении обязанностей. Оценка учений проводится по нормативным показателям. На *показательных учениях* командный состав обучается методике проведения и разбора учений, а на *зачетных* проверяется подготовка экипажа по отрабатываемым элементам и задаче в целом.

По всем тревогам экипаж выходит к местам сбора с индивидуальными спасательными средствами и надевает их по приказанию капитана или его вахтенного помощника и по сигналу „Оставление судна".

§ 40. Борьба за непотопляемость

Обеспечение непотопляемости. Борьба за непотопляемость включает совокупность действий экипажа по поддержанию и возможному восстановлению остойчивости и плавучести судна. Решение о целесообразности и методах борьбы за непотопляемость принимается исходя из характера аварии на основании данных Информационной доски нагрузки и остойчивости судна и рекомендации Информации об аварийной

посадке и остойчивости судна или Информации о посадке и остойчивости судна ФРП (см. § 30). Если плавучесть или остойчивость не могут быть обеспечены, судно сажают на мель или снимают с него экипаж, прежде всего из внутренних помещений.

Остойчивость аварийного судна можно восстановить: удалением за борт воды, в первую очередь из широких и высокорасположенных помещений; спуском воды из затопленных по первой и второй категории затопления помещений и жидких грузов в нижерасположенные помещения; предотвращением перетекания жидких грузов в сторону накрененного борта; приемом балласта; удалением за борт высокорасположенных грузов (см. § 27–29).

Спрямить аварийное судно можно удалением за борт воды, создающей крен и дифферент; перекачкой жидких грузов в сторону выходящих из воды борта и оконечности; балластировкой отсеков со стороны выходящих из воды борта и оконечности (контрзатоплением).

По сигналу общесудовой тревоги экипаж должен действовать согласно расписанию по тревогам и, выявив пострадавших, оказать им помощь; установить постоянную связь по радио с соответствующими инстанциями; установить место, характер и размеры повреждений, примерное количество поступившей в аварийный отсек воды и скорость ее поступления; установить состояние отсеков, смежных с аварийным; определить пути фильтрации воды в неповрежденные помещения; немедленно приступить к откачке фильтрационной воды из неповрежденных отсеков (при ее наличии) начиная с наиболее высокорасположенных помещений; предотвратить пути фильтрации воды и при необходимости подкрепить переборки, ограничивающие аварийный отсек; задраить все отверстия в палубах и переборках, через которые возможно распространение воды по судну (в первую очередь – указанные в Информации об аварийной посадке и остойчивости судна и в Оперативной информации для капитана); обеспечить крепление грузов. Начальник АП (АГ) после доклада о готовности к БЖС должны систематически сообщать на ГКП о результатах разведки и принятых мерах.

В практике БЖС широко распространено перекренивание судна на противоположный борт с целью вывода из воды пробоины и создания благоприятных условий для устранения аварийной ситуации. Однако такие действия допустимы только в том случае, если имеется гарантия, что судно не опрокинется.

В борьбе с обледенением применяют следующие средства: горячую воду и пар, ломы, топоры, пешни, лопаты, деревянные кувалды, механизированный инструмент с пневмо- и электроприводами, антифризы (крепкий раствор поваренной соли с содержанием ингибиторов), противообледенительную смесь, каменную соль, жир, отходы содового производства и др. Можно использовать теплую воду после охлаждения главного двигателя и холодильной установки или забортную воду, если ее температура превышает 3 °С, подавая ее компактными струями под большим напором. В первую очередь необходимо освобождать от льда

радиоантенны, ходовые огни, спасательные средства, такелаж, рангоут, шпигаты и портики, а также двери надстроек и рубок, якорные лебедки, якорные клюзы. Очистку от льда больших судовых поверхностей следует начинать с наиболее высокорасположенных конструкций со стороны крена судна. Выравнивание крена путем перекачки жидких грузов запрещается. Перед началом околки льда вдоль палубы и мест работы необходимо протянуть достаточное количество надежных лееров.

Для оказания консультативной помощи судам, терпящим бедствие, во всех производственных и всесоюзных объединениях Минрыбхоза СССР созданы береговые штабы спасательных операций (ШСО), где при расчетах применяют ЭВМ, испытания моделей аварийных судов. Однако их помощь эффективна только в случае получения точных сведений о состоянии аварийного судна, экипажа и принимаемых мерах.

Борьба с водой, поступающей в отсеки корпуса судна. Наличие водотечности корпуса судна можно определить с помощью системы автоматических указателей уровня воды в отсеке, пробной откачки или обследования района повреждений по следующим признакам: шуму поступающей воды; просачиванию воды через неплотности в швах переборки, сальниках кабельных трасс и трубопроводов, водонепроницаемых закрытий; шуму воздуха, выходящего через воздушные и измерительные трубы; просачиванию воды или прорыву воздуха при осторожной отдаче одной-двух задраек водонепроницаемого закрытия; отпотеванию палуб, переборок, второго дна и глухому звуку при ударе о них металлическим предметом. Осушение отсека (отсеков) можно обеспечить, используя кроме стационарных переносные водоотливные средства (мотонасосы, погружные электронасосы, водоструйные эжекторы) и насосы охлаждения забортной водой главных двигателей и холодильной установки. Засоренная вода может быть удалена рыбонасосом.

Способы, средства и последовательность ликвидации водотечности корпуса судна зависят от размеров, характера и местоположения повреждений. Если осушительные средства справляются с поступающей водой, рекомендуется завести пластырь, осушить отсек, заделать пробоину и вести наблюдение за возможным поступлением воды. В противном случае первоочередные действия должны быть направлены на борьбу с возможным распространением воды в неаварийные отсеки.

На промысловом флоте применяют мягкие, полужесткие и жесткие пластыри. К м я г к и м относятся кольчужный, облегченный, шпигованный и учебный пластыри, которые могут принимать форму обводов корпуса судна. П о л у ж е с т к и е пластыри, способные принимать форму цилиндрической поверхности, – это рейковый пластырь-тюфяк, шторный и гибкий пластыри с мягкими бортами. К ж е с т к и м относятся деревянные пластыри с мягкими бортами, пластыри металлические клапанные и с прижимным болтом. Правила устанавливают минимальный объем аварийного снабжения судна.

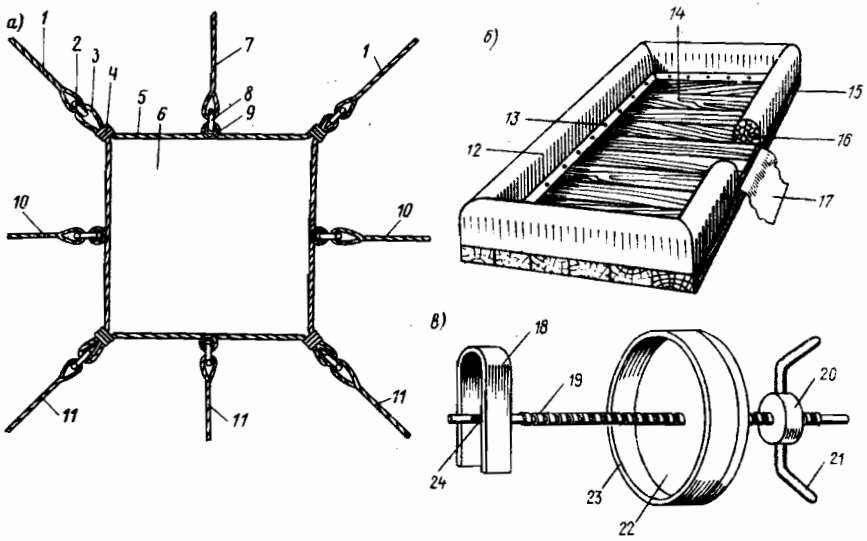


Рис. 5.2. Пластыри:

а – кольчужный; *б* – жесткий с мягкими бортами; *в* – металлический с прижимным болтом; *1* – шкоты (стальной трос); *2* – такелажная скоба; *3* – коуш; *4* – бензель (пеньковый трос); *5* – ликтрос (стальной); *6* – четыре слоя парусинового полотнища с прослойкой из проволочной сетки; *7* – контрольный штерт (растительный линь или канат); *8* – храпцы (складной гак); *9* – кренгельс; *10* – оттяжки (стальной трос); *11* – подкильные концы (стальной трос); *12* – подушка; *13* – гвозди; *14, 15* – тонкий и толстый слои досок; *16* – смоляная пакля; *17* – парусина; *18* – поворотная скоба; *19* – прижимной болт; *20* – гайка; *21* – рукоятка; *22* – металлический диск; *23* – резиновое кольцо; *24* – откидная пружина

При установке *кольчужного пластыря* (рис. 5.2, *а*) на пробоину заводят подкильные концы с таким расчетом, чтобы пробоина оказалась между крайними подкильными концами. Одновременно разворачивают на палубе пластырь и к верхним коушам скобами крепят шкоты, а в кренгельс верхней шкаторины закладывают храпцы контрольного штерта. Скобами соединяют оттяжки с кренгельсами боковых шкаторин. Подкильные концы со стороны пробоины соединяют скобами с нижними коушами и кренгельсом нижней шкаторины, пластырь опускают в воду, стравливают шкоты и выбирают подкильные концы, пока контрольный штерт не покажет, что пластырь опущен на заданную глубину. Оттяжками растягивают пластырь, подкильные концы закрепляют, талями вручную оттягивают шкоты. При большой пробоине под пластырь ставят фальшшпангоуты из угольников или стального троса, обтягиваемых на палубе талрепами или лебедками. *Облегченный пластырь* состоит из двух парусиновых полотнищ и войлочной прослойки, окантован ликтросом из смоленого каната. С наружной стороны пластыря

параллельно верхней кромке с интервалом 0,5 м нашиты из парусины карманы, в которые вставлены отрезки труб или стального троса. Вооружение и последовательность установки на пробоину аналогичны кольчужному пластырю. *Шпигованный пластырь* состоит из двух парусиновых полотнищ, к одному из которых ворсом наружу пришит шпигованный мат. Ликтрос изготовлен из смоленого пенькового каната. По углам заделаны коуши, а в середине верхней шкаторины – кренгельс. Установка на пробоину аналогична установке кольчужного пластыря без оттяжек. *Учебный пластырь* аналогичен шпигованному, но не имеет шпигованного мата. *Рейковый пластырь-тюфяк* состоит из набитого смоленой паклей парусинового матраца с пришитым с одной стороны парусиновым полотнищем. Матрац со стороны полотнища прибит гвоздями к деревянным рейкам, просвет между которыми 50–100 мм. Поперек реек строительными скобами прикреплены два стальных троса для подведения пластыря к пробоине. *Шторный пластырь с мягкими бортами* состоит из парусинового полотнища, прибитого гвоздями к скошенным с торцов в сторону парусины и плотно прилегающим друг к другу доскам. В края полотнища по периметру пластыря завернута смоленая пакля, образующая подушку. Со стороны, противоположной подушке, поперек досок строительными скобами прикреплены два стальных троса для подведения пластыря к пробоине. *Гибкий пластырь с мягкими бортами* состоит из фанеры и прибитого полотнища, в края которого по периметру завернута смоленая пакля, образующая подушку. При изготовлении *жесткого пластыря с мягкими бортами* (рис. 5.2, *б*) края проложенной между слоями досок просмоленной или просмоленной парусины должны выходить за кромки щита на 0,5–0,7 м. Выступающие края парусины загибают в сторону тонкого слоя досок, набивают смоленой паклей и прибивают гвоздями. Высота подушки должна быть равна толщине щита, ширина – 0,3–0,5 высоты. В случае постановки пластыря снаружи корпуса судна к нему строительными скобами крепят два стальных троса для подведения к пробоине. Размеры пластыря должны на 0,8–1,2 м превышать длину и ширину пробоины, толстые доски следует располагать вдоль судна.

Если выступающие части корпуса судна (кили, привальный брус и др.) не позволяют обеспечить прижатие жесткого и полумягкого пластырей к пробоине, с наружной стороны пластыря прибивают выступающие брусья и после наведения пластыря заводят дополнительные подкильные концы, которыми и прижимают его к корпусу.

Небольшие пробоины заделывают изнутри аварийного отсека жесткими пластырями с мягкими бортами, щитами, металлическими клапанами пластырями и металлическими пластырями с прижимным болтом (рис. 5.2, *в*). Если установке жестких пластырей мешают большие выступающие кромки пробоины, бухтины обшивки корпуса и имеющиеся выступающие части, можно изготовить *коробчатый пластырь с мягкими бортами (пластырь-ящик)*. В этом случае к днищу

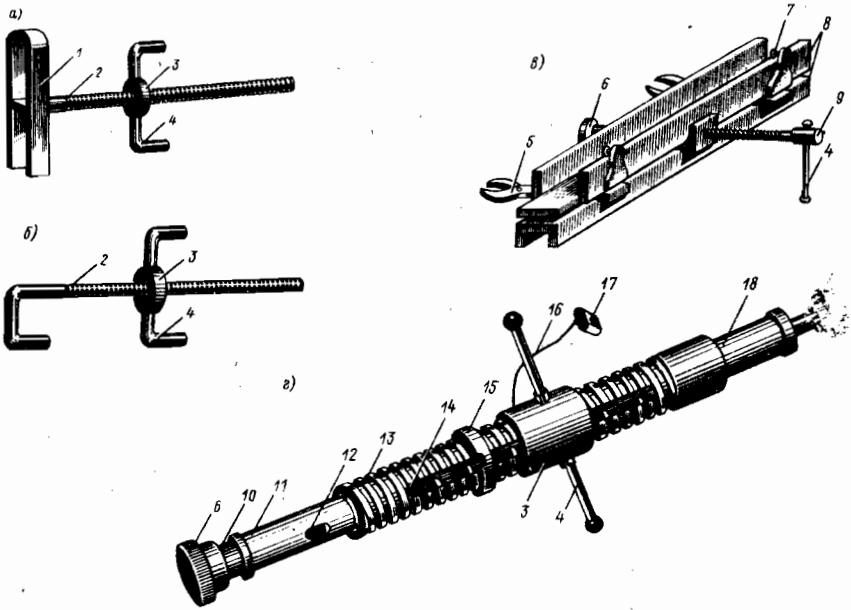


Рис. 5.3. Средства крепления пластыря:

а – болт с откидной скобой; *б* – крючковый болт; *в* – аварийная струбцина; *г* – раздвижной металлический упор; *1* – скоба; *2* – болт; *3* – гайка; *4* – рукоятка; *5* – захват; *6* – подпятник; *7* – стопорный винт; *8* – швеллер; *9* – прижимной винт; *10* – шарнир; *11* – внутренняя труба; *12* – отверстия для чеки; *13* – направляющая втулка; *14* – продольный вырез; *15* – шайба; *16* – проволока; *17* – [illegible]; *18* – наружная труба

жесткого пластыря крепят жесткие стенки из досок, а на кромках этих стенок – подушку. Перед постановкой пластыря изнутри отсека изоляция в районе пробоины должна быть удалена.

Крепление жестких пластырей к пробоине можно производить болтом с откидной скобой (рис. 5.3, *а*), крючковыми болтами (рис. 5.3, *б*), аварийной струбциной (рис. 5.3, *в*), раздвижным металлическим упором (рис. 5.3, *г*), брусьями. При креплении пластыря крючковыми болтами в пластыре сверлят отверстия из расчета один болт диаметром 20 мм на каждые 0,5 м^2 площади пластыря. Если невозможно зацепить крючковые болты за кромки пробоины, можно закрепить их за обрезки труб, угольников и т. п., выведенных сквозь пробоину за борт судна. При креплении пластыря аварийной струбциной нужно: отдать стопорные винты захватов, захваты раздвинуть и захватить ими шпангоуты; под подпятник прижимного винта подвести пластырь и в вертикальном направлении навести пластырь вместе со струбциной на пробоину; прижимным винтом с помощью рукоятки прижать пластырь к пробоине. Для крепления пластыря раздвижным упором необходимо: подпятник

наружной трубы упереть в прочную конструкцию корпуса; вынуть из упора чеку; выдвинуть внутреннюю трубу из наружной до касания пластыря; вставить чеку сквозь продольный вырез втулки в крайний овальный вырез внутренней трубы; сдвинуть шайбу до упора в чеку и вращением переместить гайку до упора в шайбу. При дальнейшем вращении гайки выдвигается внутренняя труба до упора в пластырь. Шарнирное крепление подпятников на концах упора обеспечивает возможность его установки под острым углом к пластырю.

Передача усилия при креплении пластыря деревянным брусом такая же, как и при подкреплении переборок и закрытий, и зависит от особенностей конструкции и расположения оборудования аварийного отсека.

Малые пробоины можно заделать круглым металлическим пластырем с прижимным болтом (см. рис. 5.2, *в*), для чего следует повернуть скобу и, придерживая ее рукой, вывести сквозь пробоину за борт суднах. Откидная пружина повернет скобу перпендикулярно оси прижимного болта, после чего вращением гайки следует прижать пластырь к пробоине.

Неплотности между корпусом судна и пластырями, небольшие трещины в цементе и т. п. можно заделать смоленой паклей, а мелкие пробоины,

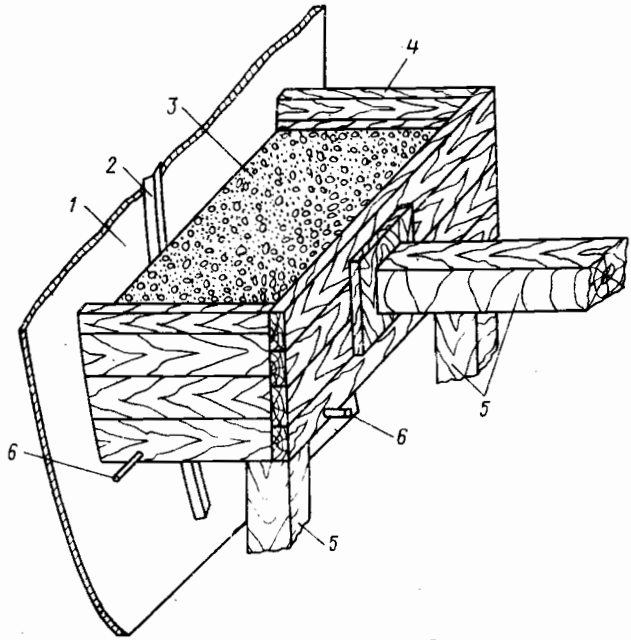


Рис. 5.4. Бетонирование пробоины:

1 – обшивка борта; *2* – шпангоут; *3* – бетон; *4* – опалубка; *5* – упоры; *6* – фильтрационные трубки

иллюминаторы, разошедшиеся швы и трещины – деревянными пробками и клиньями, обернув их пропитанной суриком, техническим салом или просмоленной паклей. Оставшиеся узкие щели и неплотности заделывают мелкими клиньями. Окончательно водотечность устраняют паклей или листовым свинцом. На пробки (клинья) накладывают фанеру или доски и раскрепляют деревянными брусьями. Несколько близко расположенных небольших трещин (пробоин) можно заделать густо смазанной техническим салом подушкой с наложением на нее деревянного щита и раскреплением брусьями. Дальнейшее распространение трещины предотвращают сверлением на ее концах отверстий диаметром до 15 мм.

Один из наиболее надежных способов полного устранения водотечности – бетонирование (рис. 5.4). Осушенный район заделанной пробоины очищают от жира, масел, устанавливают деревянную опалубку с вставленными в нижней части отрезками отводящих просачивающуюся воду труб и, тщательно уплотняя каким-либо металлическим предметом, укладывают бетон. После затвердевания бетона трубки забивают чопом. Бетон готовят следующим образом: 4 части (по объему) песка засыпают в середину емкости, по краям – 5 частей заполнителя (гравий, щебень или шлак), на песок – 3 части цемента, всухую тщательно перемешивают и, добавляя небольшими дозами 2 части пресной воды с растворенным в ней ускорителем затвердевания бетона, помешивают

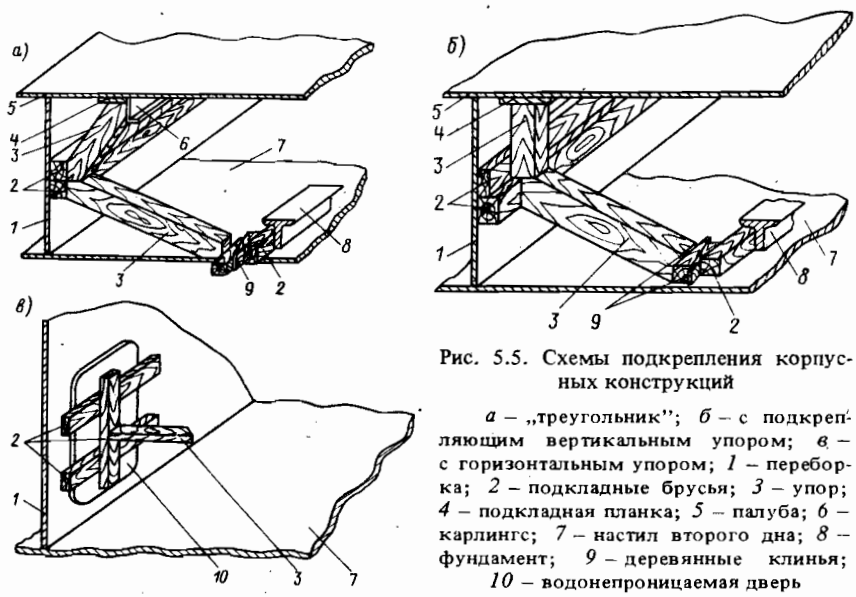


Рис. 5.5. Схемы подкрепления корпусных конструкций

а – „треугольник"; *б* – с подкрепляющим вертикальным упором; *в* – с горизонтальным упором; *1* – переборка; *2* – подкладные брусья; *3* – упор; *4* – подкладная планка; *5* – палуба; *6* – карлингс; *7* – настил второго дна; *8* – фундамент; *9* – деревянные клинья; *10* – водонепроницаемая дверь

до получения однородной массы. В качестве ускорителя затвердевания бетона могут быть применены в зависимости от массы цемента: хлористый кальций (5 %), соляная кислота (1–1,5 %), техническая сода (5–6 %), жидкое стекло (10–15 %). Наиболее эффективен хлористый кальций. При бетонировании в затопленном отсеке раствор подают водолазам в деревянном или металлическом сосуде с открывающимся дном (стенкой), или в мешках по трубе, подведенной к месту укладки бетона.

Подкрепление водонепроницаемых конструкций следует производить при опасном затоплении отсека, значительном выпучивании металла, при обнаружении признаков расхождения сварных швов и ослабления заклепок, при предполагаемом переходе с неосушенным отсеком и во всех случаях, когда появляется сомнение в прочности конструкции. При этом запрещается выправлять деформированные конструкции, а покрепление переборок необходимо производить в первую очередь снизу, передавая усилие на набор через накладной брус. Наиболее надежно и удобно подкреплять конструкцию перпендикулярным к ней упором. Если такое подкрепление выполнить невозможно, рекомендуется применить схему „треугольник", наклонный упор с покрепляющим вертикальным упором или любой другой вариант с учетом местных условий и имеющегося аварийного снабжения (рис. 5.5). Во всех случаях подкрепления концы упоров должны быть срезаны так, чтобы упор соприкасался не углом, а поверхностью. Клинья необходимо постоянно подбивать. При подкреплении водонепроницаемых закрытий (дверей, люков, горловин) особое внимание необходимо уделять равномерности распределения усилия по периметру закрытия и предотвращению повреждения задраивающих устройств.

§ 41. Борьба за живучесть технических средств. Борьба с пожаром

Борьба за живучесть технических средств. Это совокупность действий личного состава, направленных на восстановление утраченных или пониженных тактико-технических свойств механизмов, систем и устройств при повреждениях, нередко определяющая исход БЖС. Способы предупреждения и устранения повреждений и их последствий, взаимозаменяемость механизмов и систем изучаются в специальных предметах. Члены АП (АГ) МКО должны знать варианты использования и взаимозаменяемости технических средств в аварийных ситуациях, допустимый уровень поступившей в отсек воды для обеспечения работы ЭУ. Постоянно должна проводиться проверка системы автоматического перехода на аварийное освещение и питание основных потребителей электроэнергии, которые делят на три группы. Потребители первой группы обеспечивают работу навигационной аппаратуры и средств связи. Работа потребителей второй группы влияет на жизнедеятельность судна, поддержание хода и управляемости, но кратковременное прекращение их работы не

угрожает безопасности судна и не выводит из строя всю схему канализации тока. Все остальные потребители относят к третьей группе. Потребители первой и второй групп отключаются только с разрешения капитана, третьей группы – с разрешения главного (старшего) или вахтенного механика с последующим докладом вахтенному помощнику капитана.

При появлении крена судна необходимо следить: за уровнем топлива, воды, смазочного масла в цистернах, не допуская оголения приемников систем; за уровнем воды в работающих котлах, не допуская оголения трубок и попадания воды в паровые магистрали; за работой насосов, приемники забортной воды которых расположены близко к ватерлинии. Уменьшение производительности водоотливных средств возможно при засорении приемных патрубков (грязевых решеток), очистку которых можно осуществлять скребком или метелкой на длинном шесте. К приемным сеткам всасывающих шлангов переносных водоотливных средств подвязывают растительный или синтетический трос. Плавающий в затопленном отсеке мусор удаляют. При недостаточном давлении рабочей воды переносной водоструйный насос (эжектор) может работать вхолостую и даже на затопление осушаемого отсека.

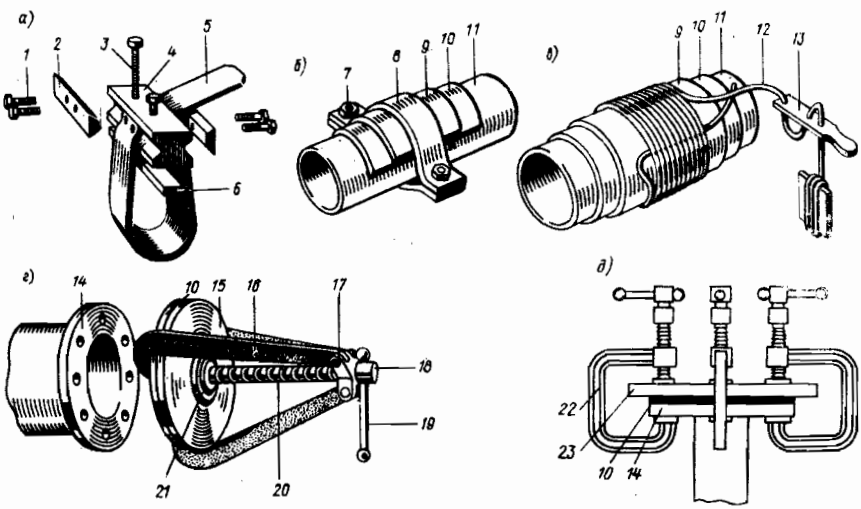


Рис. 5.6. Ремонт трубопровода посредством:

а – универсального ленточного бугеля; *б* – бугеля на болтах; *в* – клетневания; *г* – универсальной заглушки; *д* – заглушки слесарными струбцинами; *1* – прижимной болт; *2* – прижимная планка; *3* – отжимной болт; *4* – подъемная призма; *5* – металлическая лента; *6* – опорная планка; *7* – стяжной болт; *8* – стальная накладка (бугель); *9* – прижимная накладка (из медного или стального листа толщиной 1–2 мм); *10* – прокладочный материал; *11* – трубопровод; *12* – мягкая малоуглеродистая проволока диаметром 1,5–2 мм; *13* – клетневка; *14* – фланец; *15* – стальной прижимной диск; *16* – захват; *17* – ходовая гайка; *18* – винт; *19* – рукоятка; *20* – пружина; *21* – пята; *22* – слесарная струбцина; *23* – металлический диск

Во избежание пожара не разрешаются: работы на топливном трубопроводе, находящемся под давлением; остановка вентиляции при подаче топлива к форсункам котлов, что может привести к выбросу пламени из топки котла; эксплуатация поврежденного участка паропровода (следует перейти на резервный).

При устранении повреждения трубопровода устанавливают универсальный ленточный бугель (рис. 5.6, *а*) в следующей последовательности: поврежденный участок отключают от рабочей среды, выравнивают и зачищают кромки повреждения, накладывают прокладку и обводят ее лентой бугеля. Ленту вставляют под зажим и прижимными болтами обтягивают до плотного прилегания к трубе. Отжимными болтами, осевая линия которых должна быть параллельной осевой линии повреждения, обжимают бугель. При длине повреждения свыше 120 мм устанавливают два бугеля. Трубопровод с ленточными бугелями выдерживает давление пара и воздуха до 3 МПа, а жидкости – до 3,5 МПа. Бугели на болтах с накладками (рис. 5.6, *б*) для труб диаметром до 40 мм ставят на двух болтах, диаметром 40–120 мм – на четырех и диаметром свыше 120 мм – на шести болтах. Длина прижимной накладки должна быть на 100–200 мм больше длины повреждения, а ширина – не менее трети длины окружности трубопровода. В случаях установки нескольких бугелей интервал между ними не должен превышать 10–15 мм. Трубопровод с такими бугелями выдерживает давление пара и воздуха до 2 МПа, жидкости до 2,5 МПа. При клетневании (рис. 5.6, *в*) первый и последний витки должны отстоять от края накладки на 20–30 мм, а концы проволоки должны быть закреплены стопорным узлом. Клетневание в один слой применяют при давлении в трубопроводе до 1 МПа. Небольшие повреждения трубопровода можно заделать деревянными клиньями или пробками, смазанными густым суриком или обернутыми пропитанной суриком куделью. Концы забитых клиньев (пробок) обрезают, сверху накладывают резину или просуриченную парусину, клетнюют проволокой. Отремонтированный таким образом трубопровод выдерживает давление жидкости до 1,5 МПа. Иногда трещину рассверливают по всей ее длине отверстиями вплотную одно к другому, нарезают резьбу и ввертывают шпильки с головкой под ключ или загнутым хвостовиком (ввертыш), выступающую часть шпильки спиливают, расклепывают, ставят бугель или клетнюют. Трубопровод с заделанной данным способом трещиной выдерживает давление пара, воздуха, жидкости до 1,5 МПа. Если возможно, повреждение устраняют газо- или электросваркой. При этом концы трещины рассверливают сквозными отверстиями диаметром в 1–2 толщины трубы, кромки трещины разделывают и заваривают от середины к концам. Применение сварки на топливных, ацетиленовых и тому подобных трубопроводах допускается только после демонтажа поврежденного участка с соблюдением мер безопасности работ. Во всех случаях демонтажа участка трубопровода концы системы должны быть заглушены. Заглушку с захватами (рис. 5.6, *г*) применяют для трубопроводов (кроме паровых) с внутренним диаметром 70–150 мм при

давлении рабочей среды 2–9 МПа. Деревянные пробки, обернутые промасленной или просуриченной паклей (в зависимости от рабочей среды), подкрепляют упором и устанавливают при давлении до 1,5 МПа. Демонтированный участок трубопровода можно заменить сростком. С учетом назначения трубопровода и рабочего давления в качестве сростка могут быть применены шланги с металлической оплеткой, дюриты, резиновые шланги, прорезиненные пожарные рукава и др. Длина сростка должна быть на 120–150 мм больше длины вырезанного участка трубопровода. Концы сростка изнутри смазывают суриком, одевают на трубопровод и ставят бугель с накладкой или клетнюют. После устранения повреждений давление в трубопроводе повышают постепенно.

Поврежденный электрический кабель заменяют новым, отдельными проводами, сростками. Сростки готовят заранее из проводов длиной 10–15 м сечением, близким к сечению электрических кабелей судна. Концы сростка зачищают на длине 40 мм и лудят. При ремонте кабеля поврежденный участок вырезают, удаляют свинцовую оболочку или оплетку на 60–80 мм, а резиновую изоляцию соответственно на 40–60 мм от обрезанного конца кабеля, зачищают жилы и соединяют со сростком. При сечении жилы до 6 мм^2 соединение осуществляют скруткой (5–6 витков) и изолируют изоляционной лентой, а при сечении более 10 мм^2 стягивают клетневанием или зажимают струбцинами и изолируют листовой резиной. После устранения повреждения замеряют сопротивление изоляции соединительного участка кабеля, подают питание и проверяют участок на нагрев. При всех видах ремонта напряжение на ремонтируемом участке должно быть снято.

Широкое применение находят эпоксидные мастики, цементирующие составы и эпоксидные клеи. Они используются при заделке трещин в корпусах механизмов, устранении неплотностей сварных швов, заделке раковин, соединении деталей, герметизации мест разъема, заливке электродеталей и повреждений кабелей для их изоляции. Составляющие элементы и технология использования этих средств рассматриваются в специальных курсах.

Борьба с пожаром. Причинами пожара могут быть сварочные работы, нарушение режимов работы котельных установок, главных и вспомогательных механизмов, неудовлетворительное техническое состояние форсуночных устройств, топливных трубопроводов, газоходов, попадание топлива на разогретые конструкции механизмов, захламление помещения мусором и т. п. Подвержены самовозгоранию: подмоченная рыбная мука, рыбий жир, рыбные отходы, растительные масла и животные жиры; масляная краска, олифа, ветошь, пакля, парусина, белье, постельные принадлежности, хранящиеся в сыром виде навалом, в тюках, связках или пропитанные растительными маслами и животными жирами; древесные, металлические и другие опилки, пропитанные растительными маслами и животными жирами; некоторые другие материалы. Гофрированная тара от трения при перемещениях может воспламениться, особенно загрязненная. Опасны для судна и взрывы сосудов под давлением, взрывы

котлов, масляных паров в картере ДВС, сопровождаемые выбросом пламени и горючих газов, большими разрушениями. Взрывоопасны пары бензина с концентрацией в воздухе 0,70–5,16 %, пары аммиака – 17–28 %, пары водорода – свыше 4,15 %, пыль рыбной муки – 30,63 г/м^3. Если влияние продуктов горения на человека можно определить по ряду признаков (недомоганию, тошноте, головной боли и т. п.), то кислородное голодание и потеря сознания наступают внезапно.

Борьба с пожаром включает: обнаружение пожара и оповещение экипажа; организацию разведки; ограничение распространения пожара и ликвидацию его последствий; предупреждение взрывов; ликвидацию очага пожара и его последствий.

Район очага пожара определяют по нагреву конструкций, воздуха, по характеру дыма, посредством подачи распыленной воды в предполагаемый очаг пожара (дым из-за бурного выделения пара белеет). Разведку проводят с необходимой осторожностью, обеспечивая путь возвращения и постоянную связь с находящимся у входа в аварийное помещение членом звена при помощи подергиваний спасательного линя (см. приложение к НБЖР-80). Разведка устанавливает: место, размер очага пожара, границы зоны распространения огня и задымления; наличие людей в опасной зоне, возможные пути и способы их спасения; вид и количество горючих и взрывоопасных материалов в очаге пожара, в непосредственной близости от него и в смежных помещениях; возможные пути распространения и способы ликвидации пожара; условия, затрудняющие или способствующие тушению пожара, наличие завалов, необходимость и возможность их расчистки. Поиск людей прекращается только после выявления полного их состава. По результатам разведки на основе ОТКП и ОТПП с учетом особенностей помещения, горящего материала (см. приложение к НБЖР-80) и местоположения судна составляют конкретный план действий.

П о ж а р в М К О. В МКО основное количество разлитого топлива сгорает в первые минуты пожара, поэтому необходимо: перекрыть подачу топлива к механизмам, котлам, расходным цистернам; погасить топки котлов; снять напряжение с находящихся в опасной зоне электрических сетей; стравить воздух из пусковых баллонов; стравить газ, соблюдая наставления и инструкции; остановить вентиляторы, перекрыть все отверстия; охлаждать водой и пеной расходные топливные цистерны, отстойники и близлежащие металлические конструкции, не допуская выпуска топлива, а при возможности – заполнить емкости водой или газом. На первом этапе борьбы следует применить средства поверхностного пожаротушения, а при неудовлетворительных результатах или возгорании под пайолами – стационарные средства объемного пожаротушения, одновременно охлаждая водой палубы и переборки со стороны смежных помещений (см. § 19). Входить (выходить) в помещение надо через низкорасположенные проходы или через высокорасположенные проходы под струей распыленной воды с одновременным охлаждением стенок проходов для предупреждения выброса пламени. Если объемные

средства пожаротушения не дают положительных результатов, необходимо открыть пути кратчайшего выхода дыма и газов из помещения и охлаждать распыленной водой конструкции до снижения температуры и обеспечения проникновения к очагу пожара. Наименее эффективно паротушение.

Пожар в насосном отделении. В этом случае необходимо: перекрыть трубопровод, остановить и обесточить все механизмы, отсоединить грузовые шланги, выключить вентиляцию. В начальной стадии пожара следует применять средства поверхностного пожаротушения (кроме водотушения), при необходимости – систему объемного пожаротушения с охлаждением водой палуб и переборок смежных помещений.

Пожар в рефрижераторном отделении. Последовательность действий аналогична последовательности действий при пожаре в МКО с учетом возможного прорыва аммиака (при его наличии). В этом случае герметизируют помещения с продуктами, проверяют загазованность жилых и служебных помещений, устраняют источники открытого пламени и ликвидируют взрывоопасные концентрации паров аммиака. В исключительных случаях производят осторожный аварийный выпуск аммиака из всей системы рефрижераторной установки. При отсутствии газозащитных средств можно непродолжительное время дышать через обильно смоченную водой ткань.

Пожар в производственных помещениях. Особенности технологических процессов и расположения оборудования в производственных помещениях в некоторых случаях не позволяют надежно разделить помещения огнезащитными и огнестойкими переборками на противопожарные зоны. Высокие температуры и давления, применение взрывоопасных ХА, загромождение технологическим оборудованием и отсутствие людей в период прекращения работ способствуют возникновению и распространению пожара. Методы борьбы с пожаром во многом аналогичны методам борьбы с пожаром в МКО и рефрижераторных отделениях.

Пожар в топливных цистернах. При загорании топлива в неповрежденной цистерне необходимо: остановить топливный насос; загерметизировать цистерну, применить стационарные средства объемного пожаротушения цистерны; отключить электропитание сетей в зоне скопления паров и газов; принять меры по устранению взрывоопасной концентрации горючих смесей; загерметизировать соседние цистерны и подать в них бромэтиловые составы, хладон, пар, инертный или углекислый газ. Целесообразно запрессовать водой горящую цистерну, приняв меры против вылива топлива. Места повреждения цистерны накрывают кошмой, нагретые места охлаждают распыленными струями воды, разлившееся горящее топливо посыпают песком, используют огнетушители или пенные струи, подавая пену в одно место стенки цистерны через повреждение. Если горящее топливо разлилось по воде, судно выводят из опасного района против ветра и течения, одновременно компактными водяными струями отгоняют топливо, охлаждают корпус и принимают

меры по прекращению выливания топлива, вплоть до его перекачки в другие цистерны и изменения посадки судна.

Пожар в хранилищах угля. При тушении горящего угля применяют пожарные шланги без пожарных стволов. Углекислый газ и водяной пар неэффективны. Лица, принимающие участие в тушении горящего угля в трюмах, угольных бункерах и ямах, должны быть оснащены как разведчики пожара.

Пожар в аккумуляторных помещениях. В этом случае следует: прекратить зарядку аккумуляторов; отключить батареи; усилить вентиляцию для предотвращения взрыва газовой смеси и применить маты, асбестовые коврики, воздушно-механическую пену на пресной воде; нейтрализовать разлившийся электролит содой или содовым раствором. При необходимости надо включить объемную систему пожаротушения.

Пожар электрооборудования. Ликвидацию пожара обесточенного электрооборудования осуществляют любыми огнегасительными средствами, кроме морской воды и химической пены, так как они приводят к непригодности оборудования для дальнейшей работы. Если электрооборудование находится под напряжением, – работают в дизлектрических перчатках, ботах или галошах, применяют сухие углекислотные и аэрозольные огнетушители, асбестовые коврики. В крайних случаях включают СЖ-Б – или углекислотную систему.

Пожар в жилых и служебных помещениях. В начальной стадии пожара применяют огнетушители и другие подручные средства. При распространении пожара перекрывают вентиляцию, через выбиваемые филенки двери или иллюминаторы подают распыленную воду (по возможности вверх), выгородки и подволок охлаждают водой со стороны смежных помещений, при необходимости осторожно разбирают изоляцию. Человека в горящей одежде укладывают на палубу и покрывают парусиной, одеялом и т. п. Для тушения пожара используют воздушно-механическую пену и распыленную воду.

Пожар в кладовых. Необходимо: задраить дверь, перекрыть вентиляцию, сосредоточить у двери средства пожаротушения и, предохраняясь от выброса пламени, открыть дверь. Для тушения применяют распыленную воду. При наличии в помещении пиротехнических средств, зарядов и т. п. объемные средства пожаротушения неэффективны. В этом случае горящие вещества охлаждают водой или осуществляют затопление помещения.

Пожар в грузовом трюме. Доступный очаг пожара ликвидируют распыленной или компактной при малом напоре струей воды. Горящую теплоизоляцию разбирают, страхуясь от выброса пламени, и подают под нее воду. Воду под изоляцию можно подать через прорезанные в палубе над очагом пожара отверстия. Обвал работающих предотвращают прокладываемыми поверх груза досками. Одежду людей, тушащих пожар, охлаждают распыленной водой, к месту работ подают воздух. Изоляцию нагретых переборок разбирают, переборки охлаждают

водой со стороны смежных помещений, помещения разгружают. Подачу ХА в аварийное помещение прекращают, ХА по возможности удаляют. При отсутствии положительных результатов или возможности проникновения в трюм применяют стационарную систему объемного пожаротушения, одновременно охлаждают водой разогретые конструкции. В исключительных случаях в наиболее разогретых местах палуб и переборок прорезают отверстия, чередуя сквозные и до изоляции, подают в них воду. При возгорании рыбной муки и картонной горфротары воду подают только в места наибольшего разогрева, в более тяжелых ситуациях применяют объемное пожаротушение. Для предупреждения повторного возгорания вентиляцию трюма в течение не менее 30 мин производят не ранее чем через 8 ч после ликвидации пожара. Груз, склонный к повторному возгоранию, удаляют. При наличии под трюмом цистерн с топливом трюм затапливают на высоту не менее 1 м, а при наличии гофротары и неэффективности объемных методов пожаротушения – до подволока. При затоплениях учитывают возможность всплытия горящего груза под палубу, распространения воды в смежные отсеки, разбухания некоторых грузов.

Пожар на открытых палубах и площадках. Разворотом судна обеспечивают распространение пламени и искр в менее пожароопасную сторону, распыленные струи воды подают с наветренной стороны, компактные – с подветренной против распространения огня и сбоку. Близкорасположенные горючие конструкции, грузы и материалы охлаждают водой, горящий груз разбирают, разлившиеся горящие нефтепродукты гасят либо сбивают за борт компактной струей воды. Во всех случаях ведут наблюдение за смежными с районом пожара помещениями, в первую очередь защищают от огня спасательные средства и жизненно важные помещения (рубку и т. п.).

Пожары в порту, при ремонте, в доке. Одновременно с началом действий по ликвидации таких пожаров о них сообщают на соседние суда, в службу капитана порта, дежурному диспетчеру для получения помощи береговых пожарных команд. Водопожарную магистраль дока подключают с носа и кормы к магистрали судна, место подключения ограждают. В первую очередь отстаивают от огня клетки и кильблоки, на которых стоит судно. Помощь береговых пожарных команд и иностранных судов в иностранном порту допускается только по приказанию капитана аварийного судна. Когда принятые совместные меры не дают положительных результатов, если на судне находятся пожаро- и взрывоопасные грузы, появляется опасность для береговых сооружений, – судно под прикрытием пожарных и спасательных судов отводят в безопасное место, удобное для действий береговых пожарных команд, либо в район малых глубин для затопления и посадки на мель.

Контрольные вопросы

1. В какую команду и службу Вы войдете после окончания училища? Каковы Ваши обязанности при несении вахты? Кто Ваш непосредственный начальник?
2. Какие судовые расписания Вы знаете? Каково их содержание и назначение?
3. Каковы задачи АП (АГ) МКО?
4. Какие документы помогут Вам определить обязанности при объявлении судовых тревог?
5. Где наносится и что означает маркировка: $\frac{\text{IV}-\text{V}}{78}$; $\frac{2\S}{}$; $\left(\frac{\text{К}}{5}\right)$; $\left|\frac{4}{}\right.$?
6. Что означают знаки синего цвета: (З); (Т); (П) ?
7. Какими способами можно восстановить остойчивость и спрямить аварийное судно?
8. В чем отличие последовательности действия по БЖС при получении судном крупной и малой бортовых пробоин?
9. Как организовать борьбу с обледенением судна?
10. Как определить наличие поступления воды в отсек?
11. Как заводится кольчужный пластырь?
12. Какими средствами можно заделать пробоину со стороны аварийного отсека?
13. Когда и какими способами подкрепляют поперечную переборку?
14. Как обеспечить безаварийную работу насоса при осушении отсека?
15. Какими способами можно устранить повреждения трубопровода; электрического кабеля?
16. Что может послужить причиной возникновения пожара в МКО, рыбцехе, грузовом трюме?
17. Какие способы борьбы с пожаром Вы знаете?
18. Какие принципиальные действия включает борьба с пожаром?
19. Каковы основные задачи разведки пожара?
20. Какова особенность борьбы с возгоревшей гофротарой?

Приложение

Сопоставление обозначений некоторых величин, принятых в учебнике и встречающихся в литературе и документации промысловых судов

Наименование величины	В учебнике		В литературе и документации некоторых судов	
	Обозначение	Единица измерения	Обозначение	Единица измерения
Водоизмещение	M	т	–	–
Весовое водоизмещение	Δ	кН	D	тс
Объемное водоизмещение	∇	$м^3$	V	$м^3$
Осадка	d	м	T	м
Высота борта	D	м	H	м
Масса груза	m	т	p	т
Работа	T	Дж	A	тс · м
Площадь	A	$м^2$	S	$м^2$
Плечо статической остойчивости	l_θ	м	$l_{ст}$	м

Аварийная струбцина 317
Авторулевой 108
Амплитуда качки 293
Ахтерпик 10

Бак 12
Бакштаг 116
Баллер руля 102
Башмак 119
Бимс 44
Битенг 128
Блок грузовой 119
– направляющий 119
– топенанта 119
Борт левый 12
– правый 12
Брага 128
Бракета 44
Брашпиль 114
Бугель ноковый 119
– универсальный ленточный 322

Валопровод 75
Ванты 116
Ватерлиния грузовая 12
– конструктивная 12
– статического равновесия 198, 220
Вертлюг 111, 119
Винтовая линия 276
– поверхность 277
Вместимость регистровая валовая 12
– – чистая 12
Водоизмещение судна 12
– – весовое 198
– – объемное 198
– – порожнем 12, 200
– – с полным грузом 12, 200
Волнение моря 268
Ворота слипа 140
Выброска 123
Высота борта 12
– – надводного установленного 12
– метацентрическая поперечная 218
– – продольная 221
Выстрел 140, 145
Вьюшка 120

Гельмпортовая труба 102
Гидростатические кривые 201
Гинец 106
Гинь 106
Главные противопожарные зоны 310
Главный распределительный щит 87
Гордень 106
Горловина 77
График безопасной загрузки судна 229
Гребной винт 273
– – гидродинамически легкий 284
– – – тяжелый 284
Грузовая книга 238
– марка 199
– шкала 201
Грузовместимость 200
Грузовой трюм 84
Грузоподъемность судна удельная 200
– – чистая 200

Двери 75
Движители 272
Двойное дно 10, 53
Дедвейт 200
Дейдвудная труба 75
Диаграмма Гундобина 201
– паспортная 285
– статической остойчивости 216
– – – промысловых судов 220, 227
– Фирсова 201
Диптанк 10
Дисковое отношение 277
Дифферент 193
Длина судна между перпендикулярами 12, 190
– – по расчетной ватерлинии 190
Док плавучий 95
– сухой 95
Доковый осмотр 97
Дрифтерный порядок 146
Дуга траловая 140
Дымовая труба 73

Задвижка клинкетная 160
Закрытие грузового люка 77
Захлопка 161

Иллюминатор 77
Индекс деления требуемый 258
– – фактический 258
Индивидуальные спасательные средства 135
Информационная доска нагрузки и остойчивости 259
Информация об аварийной посадке и остойчивости судна 259
– – остойчивости судна 235
– оперативная для капитана 239
– – – старшего механика 239
– – – – помощника капитана 239
– о посадке и остойчивости судна ФРП 238

Кавитация 281
Карлингс 45
Категория затопления отсека 256
Качка бортовая 292
– вертикальная 292
– килевая 292
Квартердек 10
Киль 45
Киповая планка 126
Клапан 157
Классификация судов 8
– – флота рыбной промышленности 14
– холодильных установок 36
Клинкет 160
Клотик 116
Клюз буксирный 128
– швартовный 123
– якорный 115
Кнехт буксирный 128
– швартовный 126
Кница бимсовая 44
– скуловая 44
Козырек 71
Комингс 45
Контроттяжка 121
Коробка грязевая 161
Корпус судна 9
Коффердам 10
Кошелек 13, 142
Коэффициент адмиралтейский 271
– инерционный 232
– момента сопротивления вращению гребного винта 280
– полезного действия гребного винта в свободной воде 270
– – – – – пропульсивный 281
– – – судна пропульсивный 270
– полноты судна вертикальной 191
– – водоизмещения 191
– – площади ватерлинии 191
– – – мидель-шпангоута 191
– – судна продольной 191
– сопротивления волнового 265
– – выступающих частей 266
– – трения 264
– – формы 264
– упоры гребного винта 280
Крайний междудонный лист 45, 54
Кран 157
– грузовой 121
– – мачтовый 122
Кранец 127
Критерий погоды 224

Лебедка агрегатная 139
– ваерная 139
– вспомогательная 139
– гиневая 139
– грузовая 120
– кабельно-вытяжная 139
– промысловая 139
– траловая 139
– швартовная 126
– шлюпочная 133
– электрокабельная 139
Леерное ограждение 71
Лобовое сопротивление 279
Лопарь 107
Лопастное сечение 278
– – профиля 278
Лопасть 278
Люк 77
– грузовой 77
– световой 77

Марка углубления 193
Маркировка судовых систем 154
Мачта 116
Машина неводовыборочная 143
– рулевая 103
Метацентр поперечный мгновенный 213
– – начальный 218
– продольный 221
Метацентрическая формула поперечной остойчивости 219
– – продольной остойчивости 221
Метацентрический радиус поперечный 213
– – – начальный 218
– – продольный 221
Метод постоянного водоизмещения 256
– приема груза 256

Миля морская 13
Модернизация 97
Момент восстанавливающий 212
– дифферентующий 210
– инерции площади ватерлинии центральный 213
– – эквивалентного бруса 48
– кренящий динамический 210
– – статический 210
– опрокидывающий минимальный 223, 224
– – статический 217
– сопротивления вращению гребного винта 279
– – эквивалентного бруса 48
Мощность буксировочная 270
– индикаторная 270
– номинальная 271
– эффективная 270

Набор корпуса судна 10
Надстройка 10, 68
Насадка направляющая 102, 287
Насос 145, 161
Настилы 59
Нок 119

Оконечность судна кормовая 12, 65
– – носовая 12, 63
Оперативно-тактическая карта пожаротушения 310
Оперативно-тактический план пожаротушения 310
Опытно-промысловый рейс 96
Организация службы на судах 301
Органы надзора за судами:
Госрыбфлотинспекция 37
инспекторский осмотр судовладельца 40
инспекция пожарно-техническая 40
– Регистра СССР 32
– санитарно-эпидемиологическая 40
– техническая профсоюзов 40
надзор за маломерными судами 40
Осадка в районе ЦТ площади ватерлинии 193
– допускаемая 12
– кормой 193
– носом 193
– по маркам углубления 193
– расчетная 12
средняя 193
Остойчивость динамическая 222
– начальная поперечная 218
– – – отрицательная 220
– продольная 221
– статическая 209, 212
Отделение котельное 86
– машинное 86
– – в корме 12
– рефрижераторное 89
– румпельное 90
Оттяжка 119

Палуба бака 12
– верхняя 10
– надводного борта 10
– надстройки 10
– нижняя 10
– переборок 10
– рабочая 10
– рубки 10
– твиндека 10
– шлюпочная 10
Пантокарены 215
Пассажир 8
„Пение" гребного винта 282
Переборка 10, 45, 61
Перекрытие бортовое 42
– днищевое 42
– палубное 42
Переоборудование 97
Период волны 294
– видимый (кажущийся) 296
– качки 293
Перо руля 101
Перпендикуляр кормовой 12
– носовой 12
Планширь 70
Пластина 44
Пластыри 314
Платформа 10
Плечо максимума ДСО 225
– кренящего момента 213
– остойчивости статической 212
– силы поддержания 214
Плоскость ватерлинии грузовой 12
– – конструктивной 12
– диаметральная 12
– мидель-шпангоута 12
– нейтральная 249
– основная 12
Плот спасательный 134
Пневмоцистерна 167
Поверхность корпуса судна смоченная 264
– – – теоретическая 12
Поворотливость судна 289
Подразделения БЖС 301
Подруливающие устройства 149
Подъемная сила 279
Помещение грузовые 84

– жилые и общественные 82, 83
– машинные 86
– производственные 90
– служебные 84
Портал качающийся 140
– траншейный 140
Посадка судна 192
Пост управления 80
Поступь гребного винта 278
– – – относительная 278
Поясья наружной обшивки 42
Предельная линия погружения 257
Приборы контрольно-измерительные 161
– плавучие спасательные 135
Привод руля аварийный 102
– – вспомогательный 102
– – главный 102
– управления 161
Приемник 161
Проводник троса 128
Продольная балка набора 45
Проект рабочий 91
– технический 91
– эскизный 91
Промысловая схема „дубль" 14
Путевое соединение неразъемное 156
– – фланцевое 156
– – штуцерное 157
– – муфтовое 157
– – дюритовое 157
– – быстросмыкаемое 157
– – специальное 157

Равнообъемное наклонение 209
Расписание по тревогам 310
Ребро жесткости 45
Регистровая тонна 12
Резонанс 295
Ремонт судна аварийный 97
– – восстановительный 97
– – гарантийный 97
– – капитальный 96
– – межрейсовый 97
– – поддерживающий 97
– – средний 96
– – текущий 96
Рея 116
Роульс 126
Рубка 10, 68
Румпель 103
Рыбонасос 145

Салинг 116
Сборочная площадка 93
Серьга 118
Сила засасывания 281
– подъемная 279
– сопротивления вращению гребного винта 279
Символ класса судна:
знак автоматизации 35
– деления на отсеки 35
– категория ледовых усилений 35
– ограничения района плавания 35
– основной 34
– – холодильной установки 36
Система балластная 165
– вентиляции 174
– водоотливная 165
– водораспыления 185
– воды забортной 168
– – питьевой 166
– – мытьевой 168
– водяного пожаротушения 183
– водяных завес 186
– дифферентная 166
– жидкостного пожаротушения 188
– замораживания 178
– затопления 186
– измерения уровня жидкости 180
– инертных газов 188
– кондиционирования 175
– координат 192
– креновая 166
– набора корпуса судна комбинированная 53
– – – – поперечная 52
– – – – продольная 52
– орошения 186
– осушительная 163
– отопления водяная 173
– – воздушная 137
– – паровая 172
– – электрическая 173
– охлаждения воздушного 177
– – непосредственного 176
– – предварительного 178
– – рассольного 176
– – смешанного 177
– паротушения 187
– пенотушения 186
– перепускная 165
– подогрева балласта 180
– производственного пароснабжения 179
– производственной забортной воды 179
– – канализации 179
– – пресной воды 179
– растительного масла 179
– рыбьего жира 178, 179
– сигнализации о пожаре 182
– спринклерная 185

– спускная 165
– сточно-фановая 168
– тяговая 179
– углекислотного пожаротушения 187
Скорость лопастного сечения 279
– судна 13
Слип 14, 67, 95
Сопротивление движению буксировочное 263
– – в битом льду 267
– – ветра 269
– – воды 262
– – воздуха 266
– – волновое 265
– – выступающих частей 265
– – на волнении 268
– – полное 270
– – трала буксировочное 267
– – трения 263
– – формы 264
Специальный персонал 8
Средняя часть длины судна 12
Стапель 93
Стойка 46
Стопор ленточный 113
– топенанта 120
– цепной 113
– якорной цепи 113
Стеньга 116
Стрела грузовая 119
– – двухтопенантная 122
– – механизированная 122
Стрингер 45
Судно вспомогательное 9
– морозильное 13
– непромысловое ФРП 13
– промысловое ФРП 13
– – вспомогательное 14, 32
– – добывающее большое 14, 17
– – – крупное 14
– – – малое 14, 25
– – – – маломерное 14,25
– – – дрифтер 13
– – – многоцелевое 24
– – – рыболовное 9
– – – сейнер 13
– – – среднее 14, 20
– – – траулер 13
– – – ярусник 13
– – обрабатывающее 14, 28
– приемно-транспортное 14, 31
– рефрижераторное 13
– рыболовное 9
– специального назначения 9
– техническое 9
– транспортное 8
Судовые расписания 302
Сушилка 142

Таблица нагрузки судна 201
– стоячий 116
Таль 105
Тангон 141
Твиндек 84
„Телефон" 121
Теоретический чертеж судна 192
Техническое задание 91
– предложение 91
Топенант 119
Тормоз руля 108
Трал 13
Трос буксирный 128
– швартовный 123
Тросоукладчик 139
Туннель валопровода 75
Турачка 115
Тяга гребного винта полезная 281
Тяжеловес перекидной 122

Угол атаки 279, 289
– волнового склона 294
– дифферента 193
– заката ДСО 225
– заливания 223
– крена 193
– – малый 210, 218
– максимума ДСО 225
– перекладки руля 289
Узел 13
Упор гребного винта 279
– раздвижной 317
Уравнение плавучести 199
Установка опреснительная 167
– очистка и обеззараживания сточных вод 169
– сжигания шлама и мусора 171
Устойчивость на курсе 289
Утка 126

Фальшборт 71
Фильтр 161
Флор 44
Фордун 116
Форпик 10
Фундамент 73

Характеристика ДВС внешняя 283
– винтовая 283
Ходовые испытания 96
Холодильный агент 176
Хранилища 90

Центр величины судна 198
– тяжести судна 198
Частота вращения номинальная 283
Число Рейнольдса 264
– Фруда 265
Шаг винта 277
– винтовой линии 276
Шаговое отношение 277
Шаговый треугольник 276
Шахта МКО 72
Швартовные испытания 96
Шнрина судна 12
Шкентель грузовой 119
Шлюпбалка 130
Шлюпка дежурная 133
– спасательная 129
Шпангоут 44
– теоретический 192
Шпангоутная рама 44
Шпация теоретическая 192
Шпиль 115
Шпор 119
Штаб спасательных операций 314
Штаг 116
Штаг-карнак 116
Экипаж судна 8
– – рыболовного 9
Эллинг 95
Энергетическая установка судна 86
Эрозия 282
Ют 12
Якорная смычка 111
– цепь 111
Якорь 109
Ярусный порядок 13

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Барабанов Н. В.* Конструкция корпуса морских судов. Л.: Судостроение, 1981. 551 с.

2. *Белан Ф. Н., Чудновский А. М.* Основы теории судна. Л.: Судостроение, 1978. 253 с.

3. *Витченко А. Г., Копылов Я. М.* Рыбопромысловое дело. М.: Агропромиздат, 1985. 151 с.

4. *Горячев А. М., Подругин Е. М.* Устройство и основы теории морских судов. Л.:Судостроение, 1983. 224 с.

5. *Дунаевский Я. И.* Борьба за живучесть и спасение судов флота рыбной промышленности. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 287 с.

6. *Дунаевский Я. И., Маков Ю. Л.* Моряку о непотопляемости. Калининград: Калининградское кн. изд-во, 1981. 143 с.

7. *Каменский Е. В., Терентьев Г. Б.* Траулеры и сейнеры. Л.: Судостроение, 1978. 216 с.

8. *Климов В. А., Бронштейн Д. Я.* Контроль и регулирование остойчивости судов флота рыбной промышленности. М.: Пищевая промышленность, 1978. 169 с.

9. *Кулагин В. Д.* Теория и устройство промысловых судов. Л.: Судостроение, 1986. 392 с.

10. *Кулагин В. Д., Герман Б. И., Маков Ю. Л.* Практические расчеты остойчивости, непотопляемости и ходкости промысловых судов. Л.: Судостроение, 1982. 197 с.

11. *Наставление* по предупреждению аварий и борьбе за живучесть судов флота рыбной промышленности СССР (НБЖР-80). Гипрорыбфлот. Л.: Транспорт, 1983. 78 с.

12. *Положение* о технической эксплуатации флота рыбной промышленности СССР. Гипрорыбфлот. Л.: Транспорт, 1980. 54 с.

13. *Правила* классификации и постройки морских судов. Регистр СССР. Л.: Транспорт, 1985. 928 с.

14. *Правила* противопожарной безопасности на судах флота рыбной промышленности СССР. Гипрорыбфлот. Л.: Транспорт, 1983. 104 с.

15. *Правила* техники безопасности на судах флота рыбной промышленности СССР. Гипрорыбфлот. Л.: Транспорт, 1979. 255 с.

16. *Продовольственная* программа СССР. Вопросы и ответы / И. А. Горланов, Н. Г. Копанов, Ю. П. Савин и др. М.: Политиздат, 1986. 286 с.

17. *Раков А. И., Севастьянов Н. Б.* Проектирование промысловых судов. Л.: Судостроение, 1981. 374 с.

18. *Устав* службы на судах флота рыбной промышленности СССР. Л.: Транспорт, 1973. 213 с.

19. *Шарапов В. И.* Охрана труда рыбаков океанического лова. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 142 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Введение 5
Глава 1. Устройство судов 8
§ 1. Общие сведения о судне 8
§ 2. Суда флота рыбной промышленности 13
§ 3. Технический надзор за судами 32
§ 4. Элементы корпусных конструкций 41
§ 5. Прочность корпуса судна 46
§ 6. Корпусные конструкции 53
§ 7. Судовые помещения 80
§ 8. Понятия о проектировании, постройке и ремонте промысловых судов 90
Контрольные вопросы 100
Глава 2. Судовые устройства и системы 101
§ 9. Рулевое устройство 101
§ 10. Якорное устройство 109
§ 11. Грузовое устройство 116
§ 12. Швартовное и буксирное устройства 123
§ 13. Спасательное устройство 129
§ 14. Промысловые устройства 136
§ 15. Специальные судовые устройства 149
§ 16. Элементы судовых систем 153
§ 17. Общесудовые системы 163
§ 18. Специальные системы промысловых судов 176
§ 19. Противопожарные системы 181
Контрольные вопросы 189
Глава 3. Основы статики судна 190
§ 20. Форма корпуса судна и краткие сведения о приближенных вычислениях 190
§ 21. Плавучесть 198
§ 22. Статическое равновесие при наклонениях судна 209
§ 23. Начальная остойчивость 218
§ 24. Динамическая остойчивость 222
§ 25. Нормирование остойчивости судна 224
§ 26. Контроль остойчивости судна 227
§ 27. Влияние перемещения груза, нераскрепленных грузов, свободных поверхностей жидких и сыпучих грузов на остойчивость и посадку судна 239

§ 28. Влияние приема и снятия грузов на остойчивость и посадку судна 247
§ 29. Изменение посадки и остойчивости судна в особых условиях эксплуатации 253
§ 30. Непотопляемость 256
Контрольные вопросы 260

Глава 4. Основы динамики судна 262
§ 31. Сопротивление движению судна 262
§ 32. Влияние условий эксплуатации на сопротивление движению судна. Расчеты ходкости 266
§ 33. Судовые движители 272
§ 34. Характеристики гребного винта 276
§ 35. Работа гребного винта за корпусом судна 281
§ 36. Пути повышения пропульсивных качеств судна 285
§ 37. Управляемость судна 289
§ 38. Качка судна 292
Контрольные вопросы 299

Глава 5. Организация службы и борьба за живучесть промыслового судна 300
§ 39. Организация обеспечения живучести судна 301
§ 40. Борьба за непотопляемость 312
§ 41. Борьба за живучесть технических средств. Борьба с пожаром 320
Контрольные вопросы 328

Приложение. Сопоставление обозначений некоторых величин, принятых в учебнике и встречающихся в литературе и документации промысловых судов 328
Предметный указатель 329
Список литературы 334

Учебное издание

Бронштейн Дален Янкелевич

УСТРОЙСТВО И ОСНОВЫ ТЕОРИИ СУДНА

Учебник

Зав. редакцией *Д. В. Павлов*. Редактор *Н. И. Долинина*. Художественный редактор *Э. А. Бубович*. Технический редактор *Е. А. Полякова*. Корректоры *И. А. Ивонин, С. Н. Маковская*. Художник переплета *Б. Н. Осенчаков*

ИБ № 1212

Подписано в печать 07.06.88. М-27677. Формат 60 x 90/16. Печать офсетная. Бумага офсетная № 2. Усл. печ. л. 21,0. Усл. кр.-отт. 21,0. Уч.-изд. л. 22,8. Тираж 17 400 экз. Изд. № 4118-86. Заказ № 494 . Цена 1 р.

Набрано в издательстве „Судостроение" на наборно-печатающих автоматах операторами И. В. Дроздовой, В. А. Шевелевой

Издательство „Судостроение", 191065, Ленинград, ул. Гоголя, 8.

Отпечатано в Ленинградской типографии № 6 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского объединения „Техническая книга" им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 193144, г. Ленинград, ул. Моисеенко, 10.