

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ОТ АВТОРОВ . . . . .	3
ВВЕДЕНИЕ . . . . .	5

## Часть первая

<b>ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО СУДОВ . . . . .</b>	<b>12</b>
---	-----------

### Часть I

КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СУДОВ . . . . .	12
§ 1.1. Классификация судов по общим признакам . . . . .	12
§ 1.2. Классификация судов по назначению . . . . .	14
1.2.1. Транспортные суда . . . . .	14
1.2.2. Суда промыслового флота . . . . .	24
1.2.3. Служебно-вспомогательные суда . . . . .	24
1.2.4. Суда технического флота . . . . .	26
1.2.5. Спортивные суда . . . . .	26

### Глава вторая.

ФОРМА КОРПУСА СУДНА И ЕГО ГЛАВНЫЕ РАЗМЕРЕНИЯ . . . . .	26
§ 2.1. Основные сечения корпуса . . . . .	26
§ 2.2. Главные размеры и коэффициенты полноты . . . . .	28
§ 2.3. Теоретический чертеж . . . . .	31

### Глава третья.

МОРЕХОДНЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА СУДОВ . . . . .	33
§ 3.1. Мореходные качества . . . . .	33
3.1.1. Плавучесть . . . . .	34
3.1.2. Остойчивость . . . . .	36
3.1.3. Непотопляемость . . . . .	40
3.1.4. Ходкость . . . . .	41
3.1.5. Качка . . . . .	43
3.1.6. Управляемость . . . . .	46
§ 3.2. Эксплуатационные качества . . . . .	47

### Глава четвертая.

КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ СУДОВОГО КОРПУСА . . . . .	50
§ 4.1. Понятие о прочности судна . . . . .	50
§ 4.2. Конструкция корпуса судна . . . . .	53
4.2.1. Системы набора . . . . .	53
4.2.2. Корпус судна и его основные элементы . . . . .	55
4.2.3. Конструкция днища . . . . .	58
4.2.4. Конструкция борта . . . . .	60
4.2.5. Конструкция палуб и платформ . . . . .	62

4.2.6. Главные поперечные и продольные переборки . . . . .	63
4.2.7. Штевни, мортиры, фальшборт . . . . .	64
4.2.8. Фундаменты . . . . .	66
4.2.9. Надстройки и рубки . . . . .	66
4.2.10. Выгородки и шахты . . . . .	67

§ 4.3. Соединения деталей корпуса судна . . . . .	68
---	----

### Глава пятая.

ОБЩЕЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ, НАЗНАЧЕНИЕ И ОБОРУДОВАНИЕ СУДОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ. ДЕЛЬНЫЕ ВЕЩИ . . . . .	69
§ 5.1. Архитектурно-конструктивные типы судов . . . . .	69
§ 5.2. Классификация судовых помещений . . . . .	73
§ 5.3. Размещение, планировка и оборудование судовых помещений . . . . .	76
§ 5.4. Изоляция, зашивка и отделка судовых помещений. Палубные покрытия . . . . .	79
§ 5.5. Дельные вещи . . . . .	81

### Глава шестая.

СУДОВЫЕ УСТРОЙСТВА . . . . .	89
§ 6.1. Рулевое устройство . . . . .	89
§ 6.2. Якорное устройство . . . . .	97
§ 6.3. Швартовное устройство . . . . .	103
§ 6.4. Буксирное устройство . . . . .	106
§ 6.5. Грузовое устройство . . . . .	110
§ 6.6. Спасательные средства . . . . .	119
§ 6.7. Специальные устройства . . . . .	126
6.7.1. Промысловые устройства . . . . .	126
6.7.2. Устройства передачи грузов в море на ходу . . . . .	128
6.7.3. Взлетно-посадочные устройства для вертолетов . . . . .	131

### Глава седьмая.

СУДОВОЕ НАВИГАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СРЕДСТВА СВЯЗИ . . . . .	132
§ 7.1. Судовое навигационное оборудование . . . . .	133
§ 7.2. Автоматизация судовождения . . . . .	138
§ 7.3. Средства внешней и внутренней связи и сигнализации . . . . .	140

### Глава восьмая.

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ПОСТРОЙКИ И РЕМОНТА СУДОВ . . . . .	142
§ 8.1. Этапы проектирования судов . . . . .	142
§ 8.2. Судостроительные предприятия . . . . .	145
§ 8.3. Технология постройки судов . . . . .	146
§ 8.4. Ремонт судов . . . . .	154

## Часть II.

<b>СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ . . . . .</b>	<b>156</b>
---	------------

### Глава девятая.

СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ . . . . .	156
§ 9.1. Типы, состав и размещение энергетических установок на судах . . . . .	156
§ 9.2. Автоматизация судовых энергетических установок . . . . .	160
§ 9.3. Паровые котлы и котельные установки . . . . .	163
§ 9.4. Паротурбинные и газотурбинные установки . . . . .	166
9.4.1. Паровые турбины и паротурбинные установки . . . . .	166
9.4.2. Газовые турбины и газотурбинные установки . . . . .	168

§ 9.5. Установки с двигателями внутреннего сгорания	170
§ 9.6. Ядерные энергетические установки	175

Глава десятая.

## ПЕРЕДАЧА МОЩНОСТИ ОТ ДВИГАТЕЛЯ К ДВИЖИТЕЛЮ . . . . . 178

§ 10.1. Валопровод	178
§ 10.2. Судовые движители	180

Глава одиннадцатая.

## ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЕ СУДОВ . . . . . 185

§ 11.1. Источники электроэнергии	186
§ 11.2. Распределение электроэнергии	188
§ 11.3. Потребители тока	190
§ 11.4. Электродвижение судов	191

### Часть III.

## ОБЩЕСУДОВЫЕ СИСТЕМЫ . . . . . 193

Глава двенадцатая.

## КЛАССИФИКАЦИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОБЩЕСУДОВЫХ СИСТЕМ . . . . . 193

§ 12.1. Классификация общесудовых систем и общие требования к ним	193
§ 12.2. Конструктивные элементы систем	196
12.2.1. Трубы	196
12.2.2. Путьевые соединения	197
12.2.3. Трубные трубопроводные элементы	198
12.2.4. Арматура	200
12.2.5. Приводы управления арматурой	205
12.2.6. Гидравлические механизмы общесудовых систем	208

Глава тринадцатая.

## ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ ОБЩЕСУДОВЫХ СИСТЕМ . . . . . 209

§ 13.1. Задачи и основы автоматизации общесудовых систем	209
§ 13.2. Приборы контроля	210
13.2.1. Приборы контроля уровня жидкости	210
13.2.2. Приборы контроля давления	211
13.2.3. Приборы контроля температуры	212
13.2.4. Приборы пожарной сигнализации	213

Глава четырнадцатая.

## ОСНОВЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДОВ . . . . . 213

§ 14.1. Физические свойства жидкостей, транспортируемых по общесудовым системам	213
§ 14.2. Основные уравнения гидравлики	214
§ 14.3. Потери напора в трубопроводах	215
§ 14.4. Методы расчета трубопроводов	217
14.4.1. Общие положения	217
14.4.2. Расчет простых трубопроводов	218
14.4.3. Расчет сложного разветвленного трубопровода	220

Глава пятнадцатая.

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБЩЕСУДОВЫХ СИСТЕМ . . . . . 223

§ 15.1. Основные принципы проектирования общесудовых систем	223
§ 15.2. Изготовление и монтаж трубопроводов общесудовых систем	225

Глава шестнадцатая.

## СИСТЕМЫ ТРЮМНЫЕ И БАЛЛАСТНЫЕ . . . . . 228

§ 16.1. Классификация, назначение и общие требования	228
§ 16.2. Системы трюмные	229
16.2.1. Система осушительная	229
16.2.2. Система нефтесодержащих трюмных вод	231
16.2.3. Система водоотливная	233
16.2.4. Система перепускных труб	235
§ 16.3. Системы балластные	235
16.3.1. Система креновая	235
16.3.2. Система дифференциальная	237
16.3.3. Система балластная	238

Глава семнадцатая.

## СИСТЕМЫ ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ . . . . . 241

§ 17.1. Противопожарная защита судов. Классификация средств тушения пожаров	241
§ 17.2. Общие требования к средствам активной противопожарной защиты (АПЗ) на судах. Способы тушения пожаров	242
§ 17.3. Системы пожарной сигнализации	243
§ 17.4. Системы тушения пожара способом охлаждения зоны горения	244
17.4.1. Система водяного пожаротушения	244
17.4.2. Система спринклерная	247
17.4.3. Система водораспыления	250
17.4.4. Система водяного орошения	251
17.4.5. Система затопления	252
17.4.6. Система водяных завес	252
§ 17.5. Системы тушения пожара способом разбавления реагирующих веществ в зоне горения	253
17.5.1. Система паротушения	253
17.5.2. Система углекислотного тушения	253
17.5.3. Система тушения пожаров инертными газами	256
§ 17.6. Системы тушения пожара способом изоляции реагирующих веществ	258
§ 17.7. Системы тушения пожара способом химического торможения реакции горения	262
17.7.1. Система объемного химического тушения	262
17.7.2. Система порошкового тушения	264
§ 17.8. Автоматизация противопожарных систем	266

Глава восемнадцатая.

## СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА . . . . . 266

§ 18.1. Классификация, назначение и общие требования	266
§ 18.2. Расчетные параметры воздуха	267
§ 18.3. Системы вентиляции	268
§ 18.4. Системы отопления	273
18.4.1. Назначение и общая характеристика систем	273
18.4.2. Система парового отопления	274
18.4.3. Система водяного отопления	276
§ 18.5. Системы охлаждения	278
18.5.1. Назначение и общие требования	278
18.5.2. Хладагенты, хладоносители, холодильные машины	279
18.5.3. Типы систем охлаждения	282
§ 18.6. Системы осушения воздуха	283
§ 18.7. Системы кондиционирования воздуха	286

Глава девятнадцатая.

## СИСТЕМЫ БЫТОВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И СТОЧНЫЕ . . . . . 292

§ 19.1. Назначение и классификация систем	292
§ 19.2. Системы бытового водоснабжения	293
19.2.1. Система питьевой воды	293
19.2.2. Система пресной мытьевой воды	296
19.2.3. Система бытовой заборной воды	298



§ 19.3. Системы сточные : : : . . . . .	298
Глава двадцатая.	
СИСТЕМЫ СЖАТОГО ВОЗДУХА И ГАЗОВ . . . . .	302
§ 20.1. Назначение, классификация и общие требования . . . . .	302
§ 20.2. Системы сжатого воздуха . . . . .	302
Глава двадцать первая.	
СПЕЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НАЛИВНЫХ СУДОВ . . . . .	305
§ 21.1. Назначение, классификация и общие требования . . . . .	305
§ 21.2. Системы грузового комплекса . . . . .	307
§ 21.3. Системы обеспечивающие . . . . .	313
21.3.1. Система газоотводная . . . . .	313
21.3.2. Система подогрева жидкого груза . . . . .	315
21.3.3. Система мойки грузовых танков . . . . .	316
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ . . . . .	318
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ . . . . .	319

Надежда Константиновна Ситченко,  
Леонид Степанович Ситченко

## ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО СУДОВ

Заведующий редакцией *Д. В. Павлов*  
Редактор *Н. К. Клементьева*  
Художественный редактор *О. П. Андреев*  
Технические редакторы *Т. Н. Павлюк, Г. Г. Федорова*  
Корректоры: *Александрова Т. С., Горбунова Л. В., Руса-*  
*кова Е. А.*  
Оформление художника *Ю. Б. Осенчакова*  
ИБ № 1181

Сдано в набор 31.03.87. Подписано в печать 30.09.87. М-32281. Формат издания 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага типогр. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл.-печ. л. 20,5. Усл.  
кр.-отт. 20,69. Уч.-изд. л. 22,4. Тираж 12100 экз. Изд. № 4150—86. Заказ № 879. Цена 85 коп.

Издательство «Судостроение», 191065, Ленинград, ул. Гоголя, 8.

Ленинградская типография № 4 ордена Трудового Красного Знамени Ленинградского  
объединения «Техническая книга» им. Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Го-  
сударственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.  
191126, Ленинград, Социалистическая ул., 14.

# ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО СУДОВ

## Глава первая

### КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СУДОВ

#### § 1.1. Классификация судов по общим признакам

В состав отечественного флота входит большое количество самых разнообразных судов. Для четкой организации проектирования, постройки и ремонта, внедрения стандартизации, планирования перевозок выполнения сравнительных экономических расчетов все суда и корабли классифицируют по назначению, а также по ряду других признаков (по району плавания, типу главного двигателя, материалу корпуса и т. п.).

По району плавания суда подразделяют на морские и суда внутреннего плавания. Суда внутреннего плавания совершают рейсы по внутренним водным путям (рекам, озерам, водохранилищам).

Морские суда по району плавания разделяют на следующие классы:

*суда неограниченного района плавания;*

*суда ограниченного района плавания I, эксплуатируемые без ограничения в закрытых морях. В открытых морях они могут удаляться от порта-убежища не более чем на 200 миль;*

*суда ограниченного района плавания II, которым разрешается плавание в открытых морях с удалением от порта-убежища не более чем на 50 миль. В закрытых морях эти суда плавают в границах, установленных Регистром СССР;*

*суда смешанного (река — море) района плавания II СП, плавающие по внутренним водным путям, а также по морю при волнении до 6 баллов с удалением от порта-убежища, в открытых морях до 50 миль, в закрытых — до 100 миль;*

*суда ограниченного района плавания III, плавающие в прибрежных районах, в акваториях портовых вод и рейдах в границах, установленных Регистром СССР.*

По средствам движения суда делятся на *самоходные* (имеющие собственную энергетическую установку или использующие энергию ветра) и *несамоходные* (буксируемые, толкаемые).

По типу главного двигателя суда разделяют на: *теплоходы* (главный двигатель — дизель); *паротурбоходы* (главный двигатель — паровая турбина); *газотурбоходы* (главный двигатель — газовая турбина); *дизель- или турбоэлектроходы* (гребной винт приводится во вращение электродвигателем, получающим питание от двигателя или турбогенератора соответственно);

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

По характеру движения относительно поверхности воды суда разделяют на *надводные* (водоизмещающие); *подводные*, плавающие под поверхностью воды; *суда с малой площадью ватерлинии (СМПВ)* состоят из двух сигарообразных подводных корпусов, надводной платформы для грузов или пассажиров и соединяющих их вертикальных стоек, имеющих минимальное волновое сопротивление; *гλισсирующие* — при их движении на днище действует гидродинамическая подъемная сила, под влиянием которой корпус частично выходит из воды и скользит (гლისсирует) по воде; *суда на подводных крыльях (СПК)* имеют под корпусом специальные крылья, на которых при движении создается подъемная сила, поднимающая корпус над водой; *парящие* (суда на воздушной подушке и экранопланы). Суда на воздушной подушке (СВП) имеют мощные вентиляторы, которые нагнетают под днище воздух. Вследствие повышения давления под днищем судно приподнимается над водой и парит. Поступательное движение обеспечивается тягой воздушных винтов (рис. 1.1). Экранопланы — аппараты, летающие над поверхностью воды

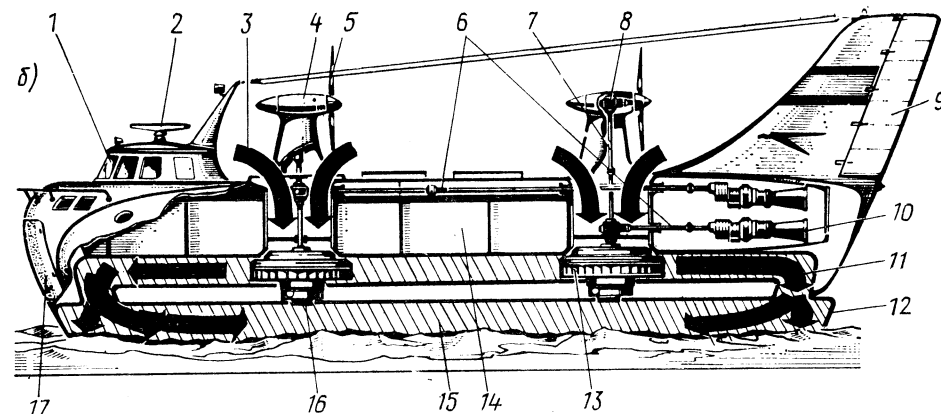
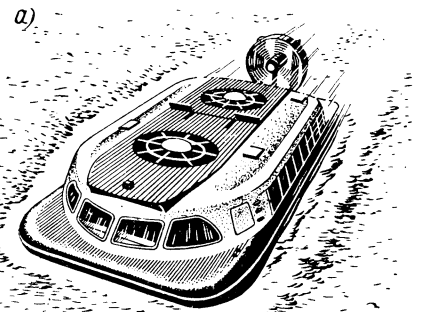


Рис. 1.1. Суда на воздушной подушке: а — общий вид судна с воздушным винтом; б — продольный разрез судна с воздушными винтами и газотурбинными установками

1 — кабина пилота; 2 — радар; 3 — вход воздуха; 4 — поворотные шлюзы; 5 — воздушные винты; 6 — главные приводные валы; 7 — приводной вал; 8 — передача с коническими шестернями; 9 — стабилизатор; 10 — газовые турбины; 11 — подача воздуха под корпус; 12 — гибкое ограждение; 13 — рабочее колесо воздушонагревателя; 14 — помещение для пассажиров; 15 — воздушная подушка; 16 — редуктор; 17 — носовой лапцорт

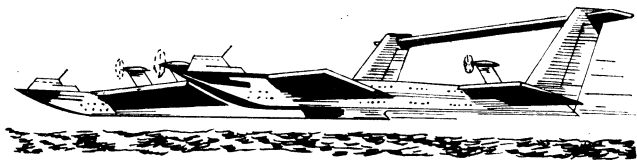


Рис. 1.2. Экраноплан (проект)

или другой гладкой поверхностью. Подъемная сила на крыле возникает как в результате скоростного обтекания потоком, так и вследствие влияния аэродинамической подушки, образующейся под агрегатом (рис. 1.2).

По виду движителя суда разделяют на весельные, парусные, колесные, винтовые, со специальными движителями (крыльчатками, водометными и т. п.).

По роду материала суда разделяют на стальные, из легких сплавов, пластмассовые, деревянные, железобетонные и композитные (основной корпус которых состоит из двух и более материалов).

По количеству гребных валов винтовые суда делятся на *одновальные* (большая часть грузовых и промысловых судов), *двухвальные* (пассажирские и специальные суда), *трехвальные* (ледоколы, корабли), *четыrehвальные* (океанские лайнеры).

По архитектурно-конструктивному типу суда разделяют в зависимости от числа корпусов (однокорпусные, двухкорпусные — катамараны, трехкорпусные — тримараны), числа палуб, расположения машинного отделения и пр.

Имеется и ряд других признаков, по которым Регистр СССР классифицирует суда: по ледовым классам, т. е. приспособленности судов плавать в различной ледовой обстановке, по степени автоматизации, а также по степени обеспечения непотопляемости.

## § 1.2. Классификация судов по назначению

Суда в зависимости от назначения разделяют на транспортные, суда промыслового флота, служебно-вспомогательные, суда технического флота и спортивные.

### 1.2.1. Транспортные суда

Транспортные суда составляют 90 % общего тоннажа морского и речного флотов. Классификация транспортных судов приведена на рис. 1.3.

Суда для генеральных грузов делятся на универсальные сухогрузные суда и специализированные. *Универсальное сухогрузное судно* (рис. 1.4) предназначено для перевозки генеральных грузов — грузов в упаковке (ящиках, кипах и т. д.) или отдельными местами (например, металлические конструкции различного обо-

Признаки классификации судов

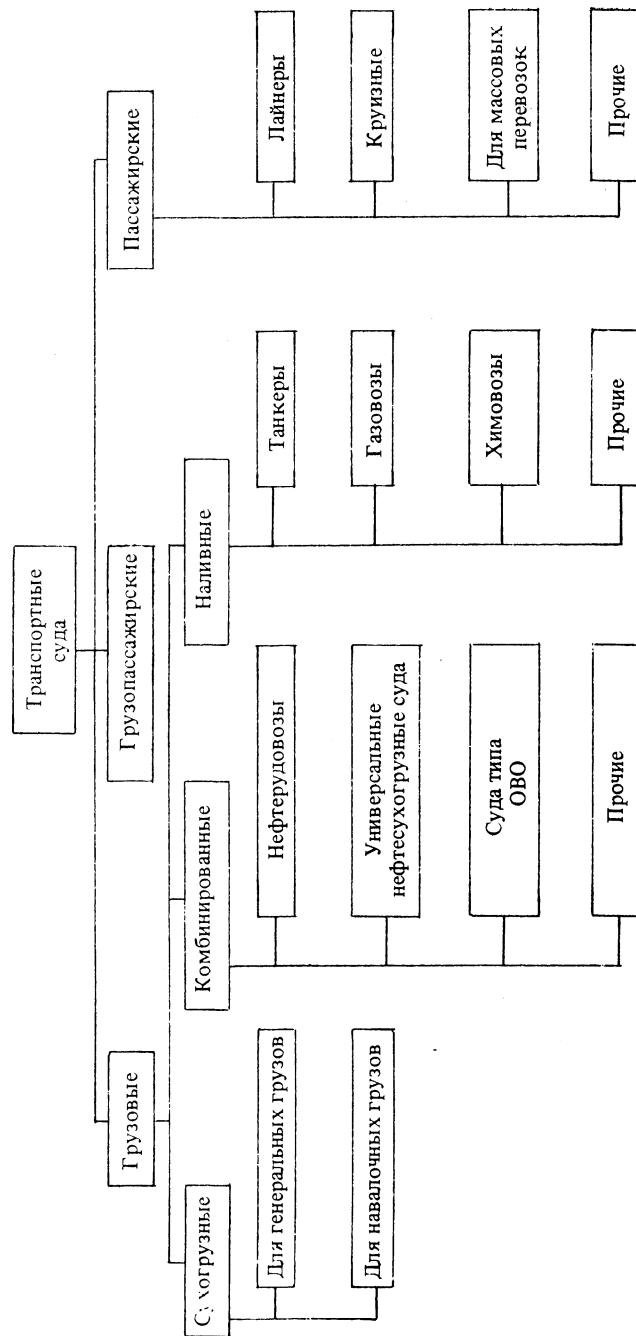


Рис. 1.3. Классификация транспортных судов

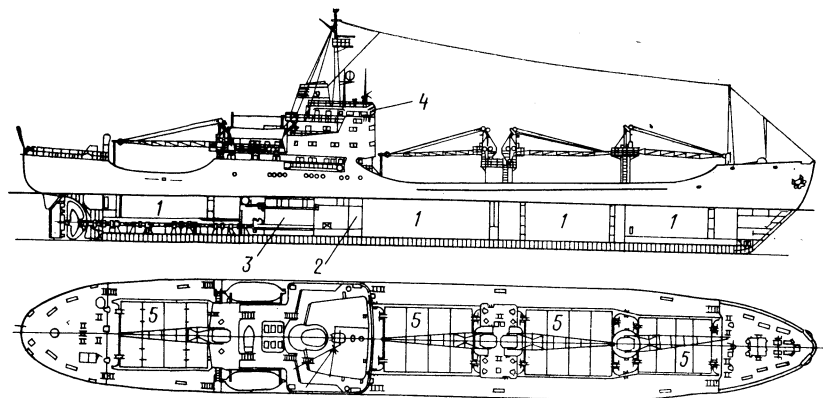


Рис. 1.4. Универсальное сухогрузное судно для перевозки генеральных грузов

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

рудование), а также контейнеров. Это наиболее многочисленная группа судов, составляющая примерно 60 % общего числа грузовых. Их грузоподъемность составляет в среднем 4—6 тыс. т и достигает 16—25 тыс. т, скорость соответственно 14—16 и 20—22 уз.

Универсальные сухогрузные суда — обычно двухпалубные с машинным отделением, расположенным в корме или сдвинутым в нос на 1—2 грузовых трюма. Грузовые трюмы оборудуются металлическими закрытиями с механизированным приводом. В качестве грузовых средств применяют краны грузоподъемностью 8—10 т (на крупных судах до 20—35 т) или грузовые стрелы (3—10 т) и тяжеловесные стрелы (40—60 т). Экипаж состоит из 30—35 чел.

К специализированным сухогрузным судам относят контейнеровозы, суда с горизонтальной грузообработкой, лихтеровозы, автомобильевозы, суда для тяжеловесов, рефрижераторы, лесовозы, лесовозы-пакетовозы, паромы и др.

**Контейнеровозы** — суда, предназначенные для перевозки грузов в контейнерах международного стандарта грузоподъемностью 20 т и 40 т. Это однопалубные суда с большим раскрытием трюмов (до 0,8 В), с избыточным надводным бортом (рис. 1.5). Для быстрого и надежного крепления контейнеров предусмотрена ячеистая конструкция грузовых помещений в виде системы вертикальных стоек из уголкового профиля, устанавливаемых с учетом размеров контейнеров. Около 30 % контейнеров от общего числа перевозится на крышках грузовых люков в несколько ярусов (до четырех), где они фиксируются с помощью палубных креплений. Контейнеровозы, как правило, не имеют собственных грузовых средств. Погрузка и выгрузка контейнеров осуществляются береговыми кранами специальной конструкции. Скорость выполнения грузовых операций в 4—7 раз быстрее, чем на универсальных сухогрузных судах. Контейнеровместимость наиболее крупных судов

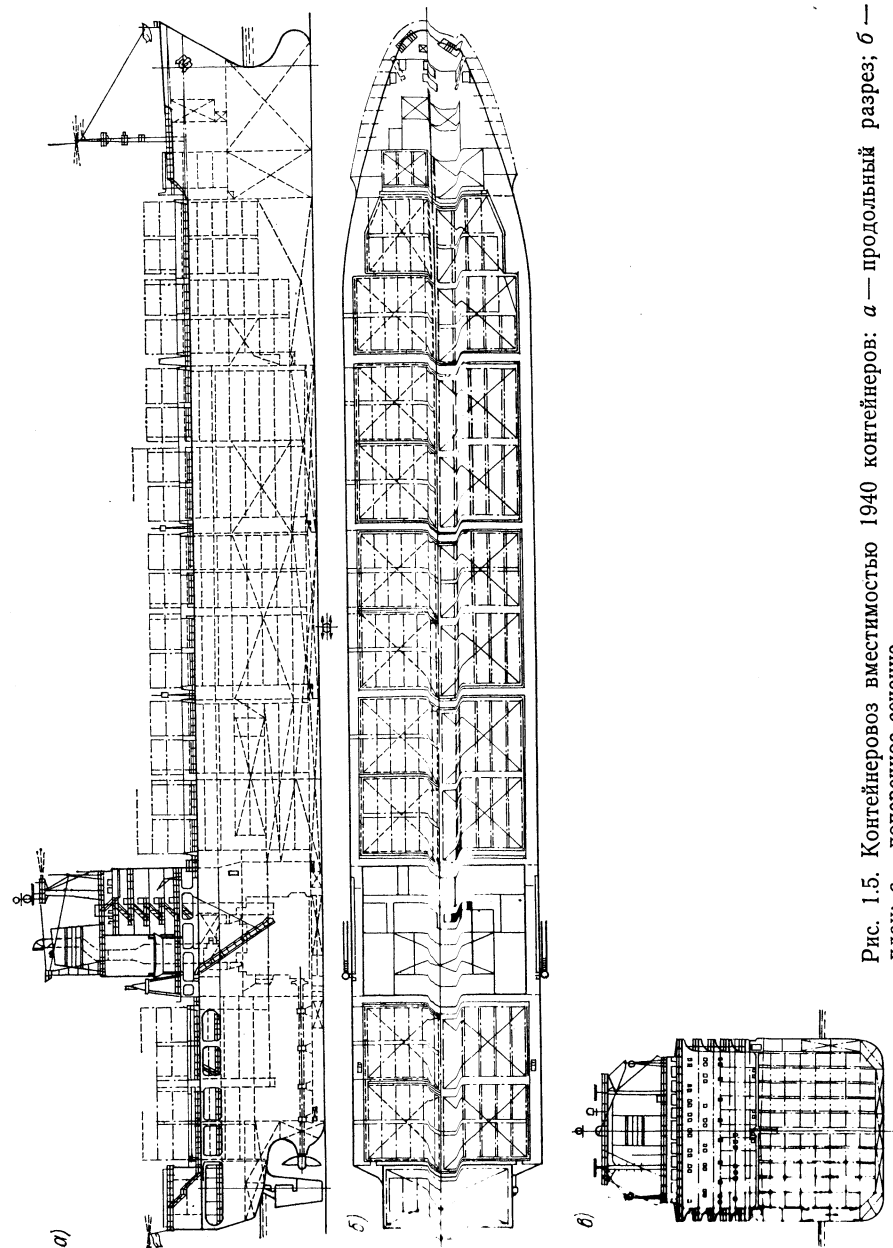


Рис. 1.5. Контейнеровоз вместимостью 1940 контейнеров: а — продольный разрез; б — план; в — поперечное сечение

ТЕХНИЧЕСКАЯ  
БИБЛИОТЕКА

заказ имени Коминтерна

И. № 24930

достигает 3000 контейнеров. Скорость контейнеровозов в зависимости от водоизмещения изменяется от 12 до 32 уз. Наибольшее распространение получили контейнеровозы вместимостью 700—1500 контейнеров и скоростью хода 21—24 уз.

*Суда с горизонтальной грузообработкой* (суда типа ро-ро, ролкеры) предназначены для перевозки колесной техники и штучных грузов, погрузка и выгрузка которых производится накатом (рис. 1.6). Автомобили, трейлеры и другая колесная техника загружаются, как правило, своим ходом, а контейнеры, пакеты и пр. — с помощью автопогрузчиков через кормовые, реже носовые заборные аппараты. Для погрузки используют также лаппорты. Внутри судна грузы перемещаются по пандусам, аппаратам или с помощью лифтов.

Суда с горизонтальной грузообработкой — многопалубные, с преимущественно кормовым расположением машинного отделения и жилой надстройки. Дедвейт этих судов достигает 20—30 тыс. т, скорость в зависимости от водоизмещения меняется от 12 до 25 уз.

Суда с горизонтальной грузообработкой имеют максимальную универсальность по роду перевозимого груза и высокую интенсивность грузовых работ.

*Суда для тяжеловесов* (рис. 1.7) предназначены для перевозки крупногабаритных и тяжеловесных грузов массой свыше 50 т. Архитектурно-конструктивные типы судов зависят от метода проведения грузовых работ. Различают суда для тяжеловесов с горизонтальной грузообработкой по аппаратам или мостам с исполь-

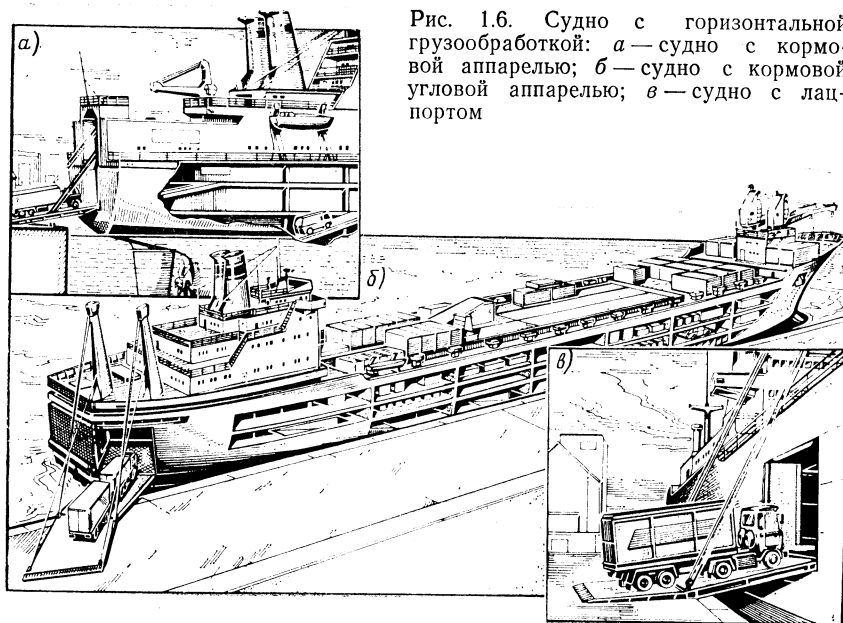


Рис. 1.6. Судно с горизонтальной грузообработкой: а — судно с кормовой аппаратурой; б — судно с кормовой угловой аппаратурой; в — судно с лаппортом

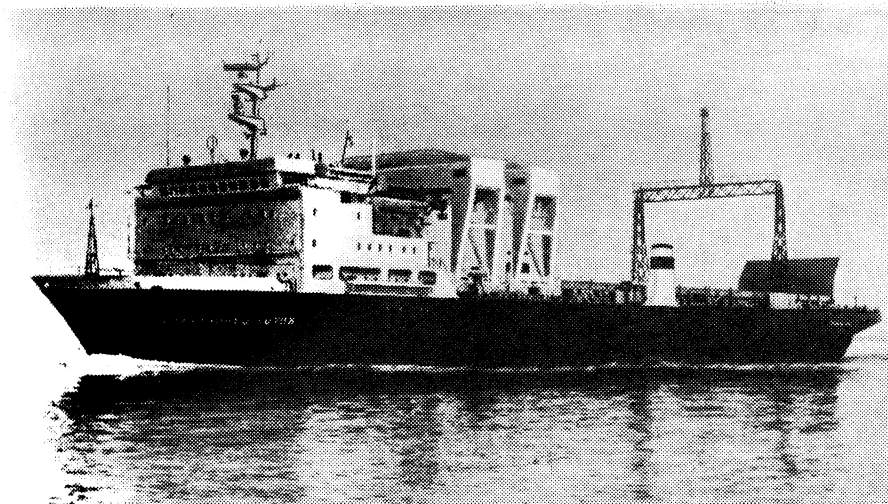


Рис. 1.7. Судно для тяжеловесов

зованием трейлерных или рельсовых тележек (масса груза более 1000 т); с вертикальной грузообработкой при помощи судовых или береговых грузовых устройств; с ведением грузовых операций методом докования; с использованием комбинации указанных методов.

*Баржевозы* (лихтеровозы) перевозят грузы в баржах (лихтерах) водоизмещением 450 т (суда типа LASH) или 1300 т (суда типа See Bee). Достоинством эксплуатации баржевозов являются существенное сокращение стояночного времени, возможность доставки грузов в мелководные и плохо оборудованные порты. Баржи поднимают на борт судна с поверхности воды тремя способами: судовым краном (масса баржи 450 т), с помощью опускающегося под воду подъемника (масса баржи 1300 т) и путем использования баржевоза как плавучего дока (масса баржи любая). Наибольшее распространение получили баржевозы, транспортирующие баржи водоизмещением 450 т (80 барж). Они перегружаются козловым краном, перемещающимся вдоль судна (рис. 1.8).

*Лесовозы* предназначены для перевозки лесных грузов — круглого леса и пиломатериалов. Эти суда до  $\frac{1}{3}$  груза перевозят на верхней палубе, в связи с чем палуба делается усиленной.

*Автомобилевозы* предназначены для коммерческой перевозки партий автомобилей. Это многопалубные суда преимущественно с горизонтальной грузообработкой (рис. 1.9). Вместимость наиболее крупных автомобилевозов 4500 автомобилей, скорость 15—19 уз.

*Паромы* служат для регулярной перевозки сухопутных транспортных средств и людей. По назначению различают железнодорожные, автомобильно-пассажирские и универсальные паромы.

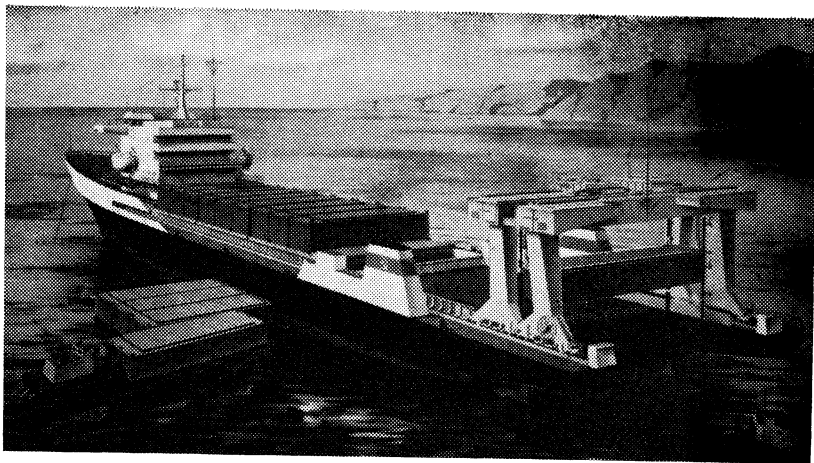


Рис. 1.8. Баржевоз вместимостью 80 барж.

Суда для навалочных грузов (балкеры, балкерриеры) служат для перевозки навалом руды и рудных концентратов, угля, зерна, химических удобрений, цемента и т. п. Они представляют собой однопалубные суда с машинным отделением и надстройкой в корме. Различают узкоспециализированные (рудовозы, щеповозы, цементовозы) и универсальные суда. Грузообработка осуществляется преимущественно портовыми средствами. Ряд судов имеет либо стационарные поворотные, либо катучие козловые краны. На цементовозах могут использоваться ленточные транс-

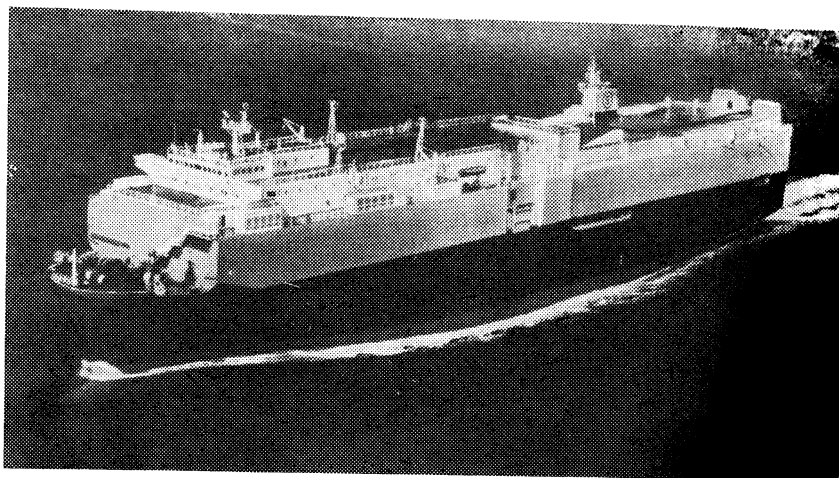


Рис. 1.9. Автомобилевоз для перевозки 4266 легковых автомобилей

портеры. Средний дедвейт судов для перевозки навалочных грузов 25—35 тыс. т, максимальный — до 250 тыс. т, скорость 14—16 уз.

Комбинированные суда — это суда, на которых в целях сокращения порожних балластных переходов и повышения гибкости эксплуатации оборудованы грузовые помещения и предусмотрены грузовые средства, обеспечивающие перевозку грузов с резко различающимися состоянием, плотностью, технологией перегрузки (например, руды и нефти). Разнородные грузы перевозятся комбинированными судами на встречных направлениях. Архитектурно-конструктивный тип современных комбинированных судов такой же, как и у судов для навалочных грузов. В зависимости от конструктивных особенностей грузовой части различают нефтерудовозы (рис. 1.10), универсальные нефтесухогрузные суда и др.

Класс наливных судов включает танкеры, газовозы, химовозы и пр.

Танкеры (рис. 1.11) предназначены для перевозки сырой нефти и нефтепродуктов (мазута, бензина, керосина). В случае перевозки только нефтепродуктов танкер называется продуктово-возом. Общий тоннаж танкеров составляет около 40 % суммарного тоннажа мирового транспортного флота. Танкер представляет собой однопалубное судно с кормовым расположением машинного отделения и надстройки. Грузовая часть судна разделена поперечными и 1—3 продольными переборками на отсеки, называемые грузовыми танками. Часть танков (35—45 % дедвейта) отводится под водяной балласт, всегда принимаемый в порожнем рейсе для обеспечения необходимой посадки и остойчивости. На танкерах последних лет постройки для предотвращения вероятности загряз-

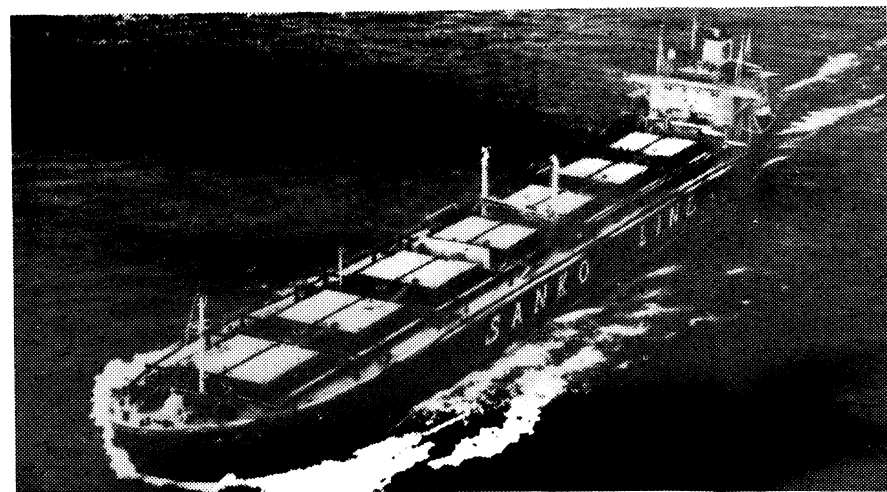


Рис. 1.10. Нефтерудовоз дедвейтом 71 000 т



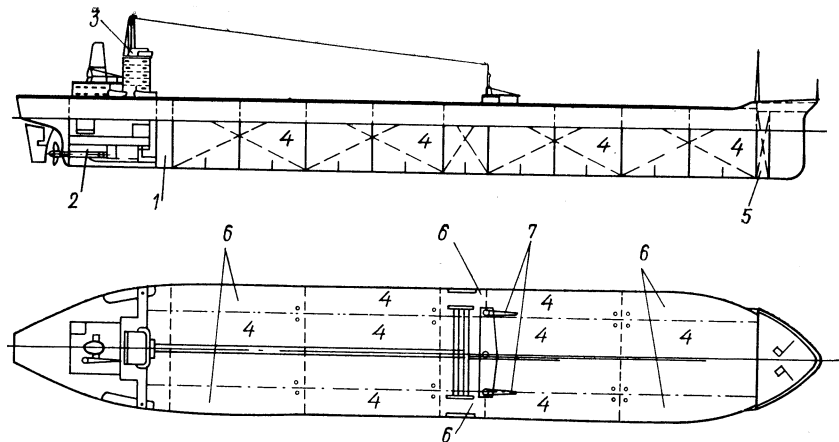


Рис. 1.11. Танкер грузоподъемностью 250 000 т

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

нения моря нефтью предусматривают двойное дно и двойные борта в районе танковой части. Прием и откачка груза осуществляется с помощью специальных систем.

Газовозы (рис. 1.12) предназначены для перевозки нефтяных и природных газов. В зависимости от типа газа его сжижение может осуществляться повышением давления, повышением давления с одновременным охлаждением или охлаждением до температуры кипения. Газовозы могут иметь двойное дно и двойные борта либо вкладные грузовые танки.

Пассажирские суда по назначению разделяются на лайнеры (суда для обслуживания регулярных линий), круизные (рис. 1.13), для массовых перевозок и суда местного сообщения. К этим судам предъявляются повышенные требования по обеспечению безопасности плавания, комфортности помещений и скорости. Лайнеры совершают рейсы между определенными портами строго по расписанию. Их водоизмещение достигает 70 000 т, а скорость 30—34 уз. Следует отметить, что число этих судов сокращается в связи с тем, что часть пассажирских грузопотоков через океан, которая обеспечивается воздушным транспортом, все время растет.

В настоящее время для местных сообщений получили широкое распространение суда на подводных крыльях (рис. 1.14). Они имеют скорость 60—70 км/ч и рассчитаны на 60—300 пассажиров. На местных линиях эксплуатируются также суда на воздушной подушке.

К грузопассажирским относятся грузовые суда, на которых предусмотрены пассажирские каюты. Если они берут на борт более 12 пассажиров, то должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к пассажирским судам.

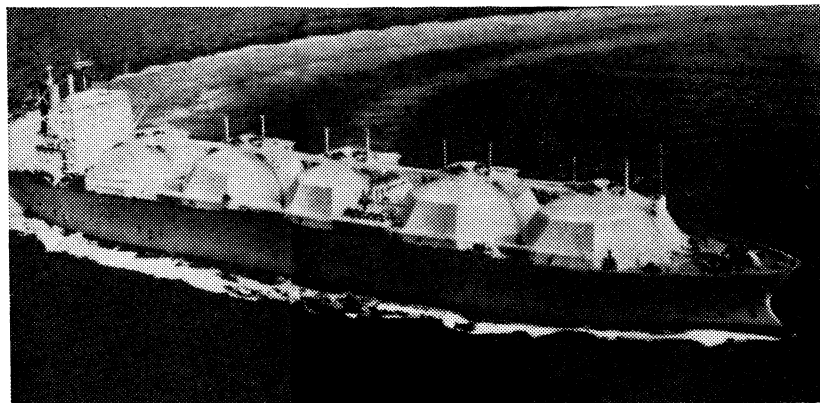


Рис. 1.12. Газовоз

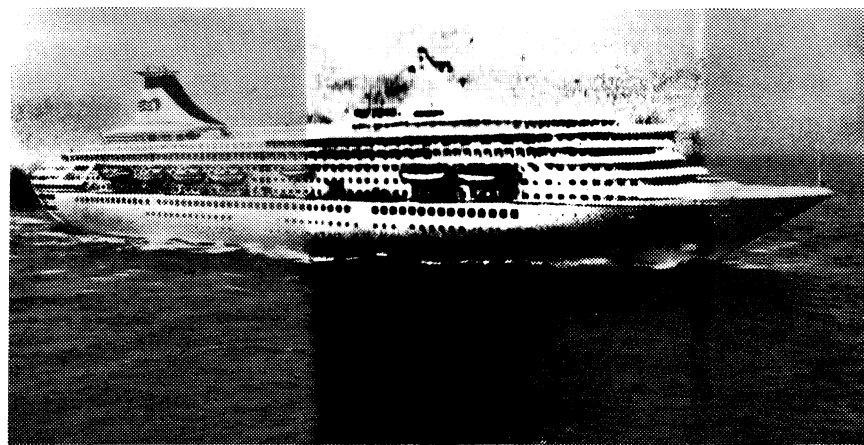


Рис. 1.13. Круизное судно

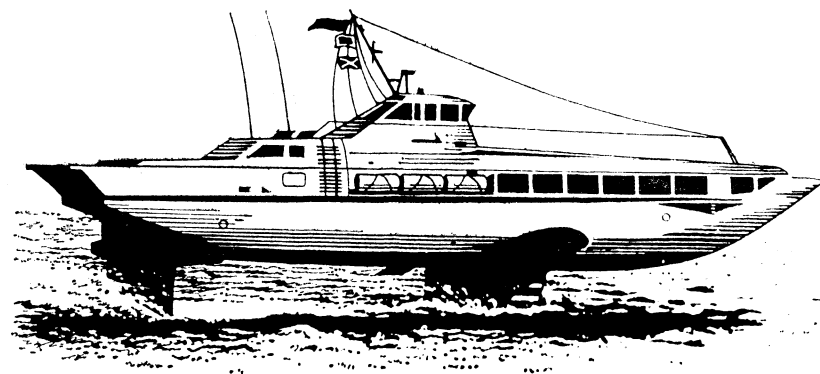


Рис. 1.14. Судно на подводных крыльях

### 1.2.2. Суда промыслового флота

Общий тоннаж мирового промыслового флота составляет около 5 % мирового тоннажа судов. В состав промыслового флота входят промысловые, служебные и вспомогательные суда.

Промысловые подразделяются на *добывающие* (траулеры, сейнеры, дрейфтеры, зверобойные, краболовные и др.); *добывающе-перерабатывающие* (траулеры-рыбозаводы, рис. 1.15, консервные, посольно-свежьевые траулеры); *приемотранспортные* (транспортные рефрижераторы, сухогрузные, транспортирующие нерефрижераторные грузы); *перерабатывающие* (плавучие базы различного назначения: универсальные, консервные, сельдяные, мучные и др.).

*Траулеры* — наиболее распространенный тип рыболовного судна. Различают большие, средние (СРТ) и малые (МРТ) траулеры. *Сейнеры* предназначены для лова рыбы кошельковым неводом. Они также подразделяются на большие, средние и малые. *Плавучие базы* снабжают промысловые суда топливом, провизией и т. п. Кроме того, на базе имеются медицинские и культурно-бытовые центры, которые обслуживают экипаж добывающих судов.

К вспомогательным судам относятся промысловые научно-исследовательские, учебные, рыбоохранные и др.; к служебным — портовые буксиры, лоцманские, плавмастерские.

### 1.2.3. Служебно-вспомогательные суда

Это весьма разнообразная по номенклатуре, но незначительная по тоннажу группа судов, служащая для материально-технического обеспечения флота и служб, организующих его эксплуатацию.

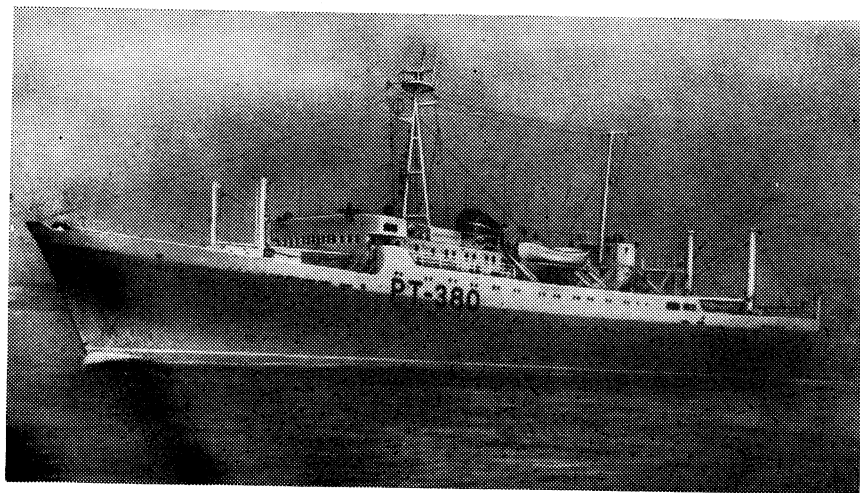


Рис. 1.15. Большой морозильный рыболовный траулер-рыбозавод (БМРТ)

В эту группу входят ледоколы, буксиры, спасательные, пожарные, судоподъемные, обеспечения подводных технических работ, водолазные, лоцманские, учебные и другие суда.

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

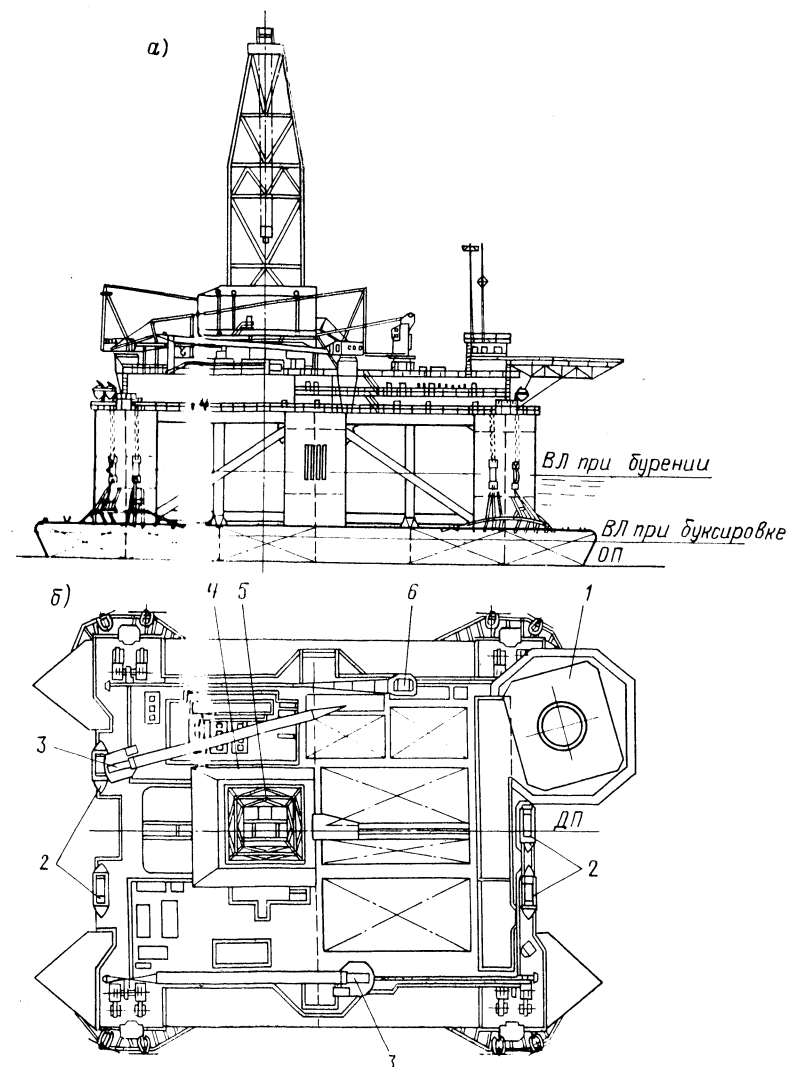


Рис. 1.16. Общее расположение плавучей полупогруженной буровой установки «Шельф-1»: а — боковой вид; б — вид сверху  
1 — вертолетная площадка; 2 — шлюпка АТ-30; 3 — кран КЭГ 63028; 4 — подвысечный портал; 5 — буровая вышка; 6 — кран КЭГ 12018



верному морскому пути. В качестве энергетических установок у линейных ледоколов применяют дизель-электрические, турбоэлектрические и атомные установки мощностью от 16 200 кВт до 55 200 кВт.

*Буксирные суда* разделяют на буксировщики, толкачи и толкачи-буксиры.

По району плавания буксирные суда делят на морские и речные. К морским относятся портовые и рейдовые буксиры, линейные буксиры, осуществляющие буксировку судов на значительные расстояния, буксиры-спасатели. Речные буксирные суда подразделяют на портовые буксиры и толкачи, формирующие составы из барж; линейные толкачи и толкачи-буксиры, осуществляющие вождение составов барж на реках; линейные буксиры, используемые в устьях рек и на водохранилищах; шлюзовые толкачи-буксиры и т. д.

#### 1.2.4. Суда технического флота

В эту группу входят суда для техобслуживания судов, портового хозяйства и водных путей (крановые суда, плавкраны, плавдоки, дноуглубительные снаряды и пр.) и промышленно-хозяйственные (кабельные суда, плавучие буровые установки, рис. 1.16, и буровые суда, плавэлектростанции и пр.).

#### 1.2.5. Спортивные суда

В настоящее время интенсивно развивается водный спорт. К классу спортивных судов относятся парусные яхты, байдарки, шлюпки, моторные лодки и др.

### Глава вторая

## ФОРМА КОРПУСА СУДНА И ЕГО ГЛАВНЫЕ РАЗМЕРЕНИЯ

### § 2.1. Основные сечения корпуса

Корпус судна представляет собой удлиненное тело, ограниченное кривыми поверхностями с целью получения минимального сопротивления воды и воздуха движению этого судна. Сверху судно ограничено верхней палубой, снизу днищем, а с боков — бортами.

Общее представление о форме корпуса дает сечение его тремя взаимно перпендикулярными плоскостями (рис. 2.1):

вертикальной продольной плоскостью, проходящей посередине ширины судна и называемой *диаметральной плоскостью* (ДП);

горизонтальной плоскостью, совпадающей с поверхностью воды, называемой *плоскостью ватерлинии* (ВЛ).

*Мидель-шпангоут* — линия пересечения теоретической поверхности корпуса судна с плоскостью мидель-шпангоута.

Сечение корпуса плоскостью мидель-шпангоута характеризует полноту обводов корпуса в средней части, а также показывает наклон бортов, погибь палубы, килеватость днища, форму и размер скулы.

*Погибь палубы* (возвышение палубы в ДП) делается на большинстве судов для обеспечения стока воды за борт, и обычно величина погибь принимается равной  $1/50$  ширины судна. Платформы и палубы, лежащие ниже верхней палубы, погибь не имеют. Борты у судов чаще всего вертикальные, но могут быть с развалом (борта имеют уклон от ДП) и с завалом (борта имеют уклон к ДП). *Килеватость* характеризует подъем днища от ДП к бортам. Суда, имеющие большой наклон, называются *острокильными*. *Скула* — это закругление в месте перехода днища в борт.

Плоскость мидель-шпангоута делит корпус на две части — носовую и кормовую. Оконечности выполняются в виде штевней (литых, кованных или сварных). Носовой штевень называется *форштевнем*, кормовой — *ахтерштевнем*.

Сечение корпуса диаметральной плоскостью дает представление о форме штевней, а также об очертаниях палубной и килевой линий. У морских судов палуба обычно имеет *седловатость*, т. е. палубная линия плавно поднимается от средней части к носу и корме. Седловатость улучшает мореходность судна (уменьшает заливаемость, забрызгиваемость, зарывание оконечностей при килевой качке) и создает сток воды в сторону миделя. Кроме того, седловатость обеспечивает непотопляемость судна при затоплении отсеков в оконечностях.

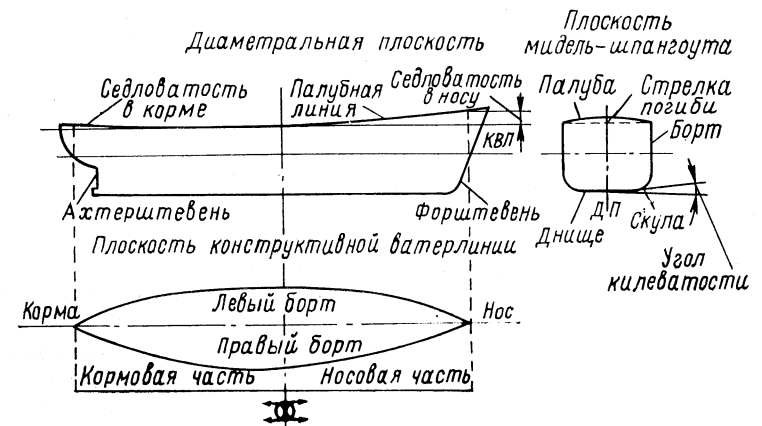


Рис. 2.1. Основные сечения корпуса

Диаметральная плоскость делит судно на две симметричные части — правый (ПрБ) и левый борт (ЛБ).

Килевая линия может быть горизонтальной, наклонной в нос или корму (судно с конструктивным дифферентом на нос или на корму) и криволинейной. Для большинства морских и речных транспортных судов характерна горизонтальная килевая линия.

Сечение корпуса плоскостью ватерлинии дает представление о форме бортовых обводов судна в горизонтальной плоскости. Различают конструктивную и расчетную ватерлинии. Ватерлиния, принятая за основу построения теоретического чертежа и соответствующая полученному предварительным расчетом полному водоизмещению судна, называется *конструктивной ватерлинией* (КВЛ). Ватерлиния, соответствующая осадке судна, для которой определяются его расчетные характеристики, называется *расчетной ватерлинией*.

Горизонтальная плоскость, проходящая через точку пересечения плоскости мидель-шпангоута килевой линией, называется *основной плоскостью* (ОП). Линия пересечения основной и диаметральной плоскостей судна называется *основной линией*.

## § 2.2. Главные размеры и коэффициенты полноты

Главными размерами судна являются длина, ширина, осадка и высота борта (рис. 2.2).

Длина судна  $L$ . Различают:

*длину по конструктивной ватерлинии*  $L_{\text{квл}}$  — расстояние между точками пересечения носовой и кормовой частей конструктивной ватерлинии с диаметральной плоскостью судна. Аналогично определяется длина для любой расчетной ватерлинии  $L_{\text{вл}}$ ;

*длину между перпендикулярами*  $L_{\text{пп}}$ . За *носовой перпендикуляр* (НП) принимают линию пересечения ДП с вертикальной поперечной плоскостью, проходящей через крайнюю носовую точку конструктивной ватерлинии судна. За *кормовой перпендикуляр* (КП) принимают линию пересечения ДП судна с вертикальной поперечной плоскостью, проходящей через точку пересечения оси баллера с плоскостью конструктивной ватерлинии. При отсутствии баллера за кормовой перпендикуляр судна принимается линия пересечения ДП судна с вертикальной поперечной плоскостью, проходящей на расстоянии 97 % длины по КВЛ от носового перпендикуляра;

*длину наибольшую*  $L_{\text{нб}}$  — расстояние, измеренное в горизонтальной плоскости между крайними точками теоретической поверхности корпуса судна (без учета наружной обшивки) в носовой и кормовой оконечностях;

*длину габаритную*  $L_{\text{гб}}$  — расстояние, измеренное в горизонтальной плоскости между крайними точками носовой и кормовой оконечностей судна с учетом постоянно выступающих частей.

Ширина судна  $B$ . Различают:

*ширину по КВЛ*  $B_{\text{квл}}$  — расстояние, измеренное в наиболее ши-

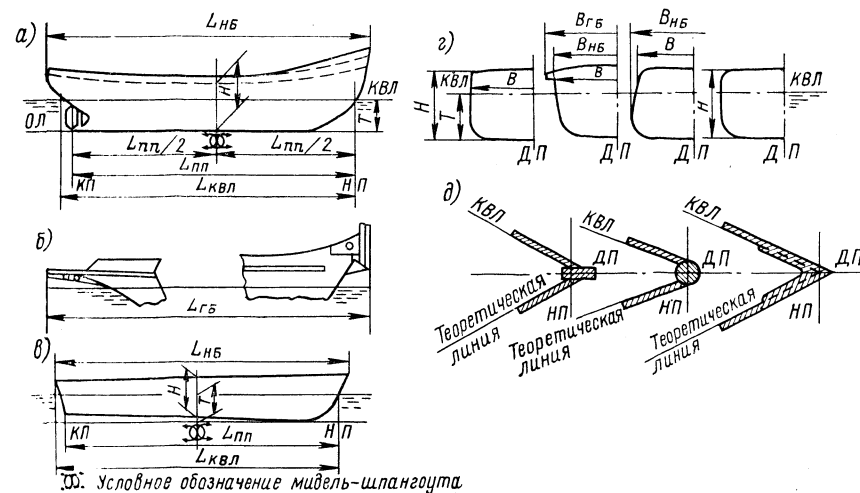


Рис. 2.2. Главные размеры судна: а — суда без постоянно выступающих частей; б — суда с постоянно выступающими частями; в — суда с транцевой кормой; г — главные размеры в поперечных сечениях корпуса; д — примеры определения теоретических линий и носового перпендикуляра

рокой части судна на уровне КВЛ перпендикулярно к ДП без учета наружной обшивки. Аналогично определяют для любой расчетной ватерлинии ширину по ватерлинии  $B_{\text{вл}}$ ;

*ширину на мидель-шпангоуте*  $B$  — расстояние, измеренное на мидель-шпангоуте на уровне КВЛ или расчетной ватерлинии без учета наружной обшивки корпуса;

*ширину наибольшую*  $B_{\text{нб}}$  — расстояние, измеренное в наиболее широкой части перпендикулярно к ДП между крайними точками корпуса без учета наружной обшивки;

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

Осадка судна  $T$  — вертикальное расстояние, измеренное в плоскости мидель-шпангоута от основной плоскости до плоскости расчетной ватерлинии ( $T_{\text{вл}}$ ) или до плоскости КВЛ ( $T_{\text{квл}}$ ).

Контроль за посадкой судна (средней осадкой, дифферентом и креном) во время эксплуатации судна осуществляется по *маркам углубления*. Марки углубления наносят арабскими цифрами на обоих бортах, форштевне, в районе мидель-шпангоута и на ахтерштевне и обозначают углубление в дециметрах (рис. 2.3).

Высота борта судна  $H$  — вертикальное расстояние, измеренное в плоскости мидель-шпангоута от основной плоскости до бортовой линии верхней палубы судна. Под *бортовой линией* понимается линия пересечения поверхности борта (без учета обшивки) и верхней палубы (без учета толщины настила).



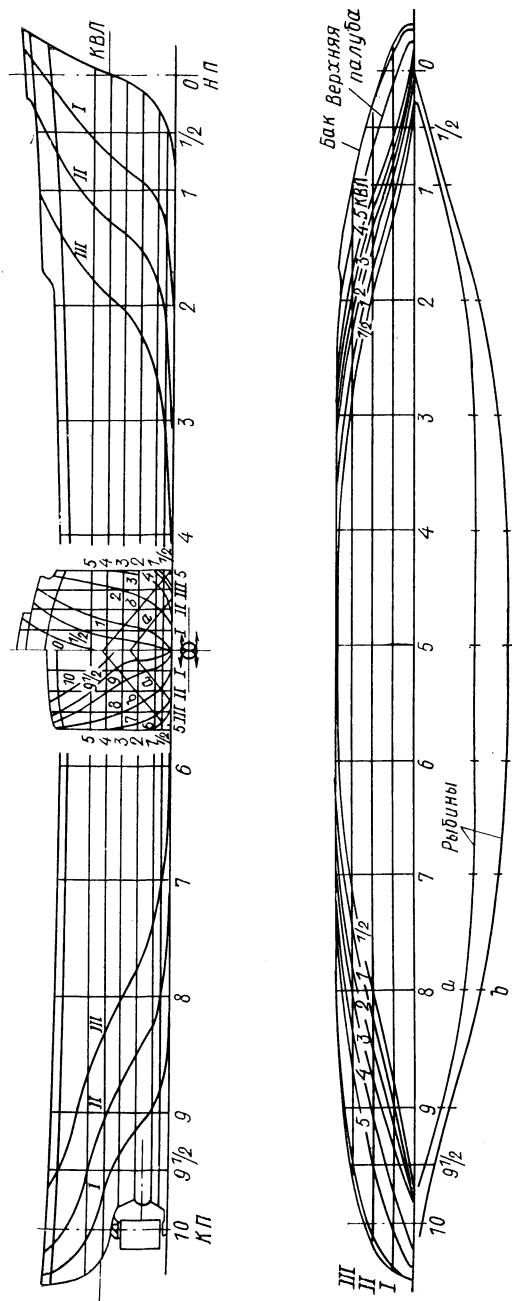


Рис. 2.5. Теоретический чертеж

ные для которых снимают с теоретического чертежа. Обычно при разработке проекта судна число равноотстоящих шпангоутов выбирают равным 21, т. е. длину судна делят на 20 равных частей — *теоретических шпанций*, а число равноотстоящих ватерлиний до КВЛ принимают равным 7—9 (включая сюда и крайние ватерлинии, т. е. КВЛ и основную плоскость). Выше КВЛ проводят еще одну-две ватерлинии, а также верхнюю палубу и бак. Число батоков обычно равно двум-трем (на один борт). Шпангоуты нумеруют с носа в корму, начиная с 0; ватерлинии — снизу вверх, причем основной плоскости присписывается номер 0. Батоксы нумеруют I, II и т. д. от ДП к борту. Поскольку корпус симметричен относительно ДП, то на проекции «Полуширота» вычерчивают ватерлинии только левого борта, а на проекции «Корпус» справа от ДП изображают ветви носовых шпангоутов, а слева — ветви кормовых. Масштабы теоретических чертежей выбирают 1:100, 1:50, 1:25. Для судов длиной более 200—250 м масштаб может быть принят равным 1:200.

Теоретический чертеж — это первый и главный чертеж, необходимый при проектировании, постройке, эксплуатации и ремонте судна. В период разработки проекта теоретический чертеж используется для расчета мореходных качеств (на ЭВМ), разработки чертежей общего расположения и конструктивных чертежей. При постройке судна теоретический чертеж является базой для вычерчивания *плазового корпуса*, который используется в дальнейшем для определения формы и размеров деталей, отдельных частей корпуса (секций) и их взаимного расположения. Плазовый корпус вычерчивают в натуральную величину (что делается крайне редко), в масштабе (обычно 1:10) или с использованием ЭВМ, путем создания математической модели корпуса судна.

### Глава третья

## МОРЕХОДНЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА СУДОВ

Судно представляет собой сложное инженерное сооружение, предназначенное для передвижения по воде с различными грузами. Оно должно обладать необходимыми мореходными и эксплуатационными качествами.

### § 3.1. Мореходные качества

Изучением мореходных качеств с применением математического анализа занимается научная дисциплина — теория корабля. Теория корабля включает два основных раздела — статику и динамику. К первому относятся: плавучесть, остойчивость и непотопляемость, а ко второму — управляемость, качка и ходкость.

### 3.1.1. Плавучесть

Плавучестью называют способность судна плавать по определенной осадке при заданном количестве находящихся на нем грузов.

На плавающее судно (рис. 3.1) вертикально вниз действуют силы веса (тяжести), пропорциональные нагрузке масс судна, а вертикально вверх — силы гидростатические, пропорциональные массе вытесненной воды. Результирующая сил веса  $P$  равна сумме сил веса (тяжести) самого судна и всех грузов, находящихся на нем, приложена в центре тяжести (ЦТ) судна в точке  $G$  и всегда направлена вертикально вниз. Результирующая гидростатических сил, определяемых давлением воды на поверхность судна, приводится к вертикальной силе  $\gamma V$ , направленной вверх и называемой силой поддержания, или *силой плавучести*. Согласно закону Архимеда, вес, или водоизмещение (масса), плавающего тела равны весу или массе вытесненной им воды:  $P = \gamma V$  или  $D = \rho V$ , где  $V$  — объем подводной части судна,  $\text{м}^3$ ;  $\gamma$  — удельный вес воды,  $\text{н/м}^3$  или  $\text{тс/м}^3$ ;  $D$  — масса судна,  $\text{т}$ ;  $\rho$  — плотность воды,  $\text{т/м}^3$ ;  $P$  — вес судна в целом,  $\text{кН}$  или  $\text{тс}$ .

Сила поддержания  $\gamma V$  приложена в центре тяжести подводного объема — точке  $C$ , которую называют центром величины (ЦВ). Объем  $V$  называется *объемным водоизмещением* и служит мерой плавучести.

Следует различать понятия веса и массы судна. *Масса* выражает инерционные и гравитационные свойства судна, является скалярной величиной и измеряется в тоннах ( $\text{т}$ ). *Вес судна* является векторной величиной и измеряется в килоньютонках ( $\text{кН}$ ) или тонна-силах ( $\text{тс}$ ). Масса судна в тоннах численно равна его весу в тонна-силах.

Так как под действием сил  $P$  и  $\gamma V$  судно находится в равновесии, то необходимо, чтобы эти силы были равны и действовали по одной прямой в противоположные стороны. Если обозначить координаты точек  $G$  и  $C$  по длине, ширине и высоте судна соответственно  $x_g$  и  $x_c$ ,  $y_g$  и  $y_c$ ,  $z_g$  и  $z_c$ , то условия равновесия плавающего судна можно выразить следующими уравнениями:  $P = \gamma V$  или  $D = \rho V$ ;  $x_g = x_c$ ;  $y_g = y_c$ . Так как судно симметрично ДП, то точки  $G$  и  $C$  должны лежать в этой плоскости, т. е.  $y_g = y_c = 0$ . У наводных судов центр тяжести  $G$  лежит выше центра величины  $C$ , т. е.  $z_g > z_c$ .

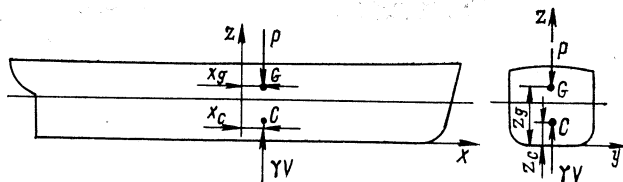


Рис. 3.1. Схема сил, действующих на судно

Так как объем подводной части корпуса можно выразить через главные размерения и коэффициент общей полноты, т. е.  $V = \delta LBT$ , то водоизмещение (массу) судна можно представить в виде  $D = \rho \delta LBT$ .

Водоизмещение  $D$  (нагрузка масс) и координаты центра тяжести (центра масс) определяются расчетом, учитывающим массу и местоположение отдельных составляющих нагрузки масс судна.

Объемное водоизмещение, а также координаты центра величины  $C$  определяют по теоретическому чертежу методом трапеций в табличной форме. Вычисления начинают с определения площади шпангоутов. С этой целью площадь каждого шпангоута разбивают следами ватерлиний на  $n$ -е число участков, и криволинейные кромки заменяют прямыми (рис. 3.2). Расчеты будут тем точнее, чем большее число ватерлиний проведено. Площадь шпангоута определяется как удвоенная сумма площадей трапеций, вписанных в этот шпангоут. Далее на прямой в определенном масштабе отмечают теоретические шпангоуты, восстанавливают перпендикуляры и на них также в масштабе отмечают соответствующие площади шпангоутов. Полученные точки соединяют плавной линией, которая характеризует изменение площади поперечного сечения судна по длине и называется *строевой по шпангоутам* (рис. 3.3). Если найти площадь фигуры, ограниченной строевой по шпангоутам, то она с учетом масштаба будет равна объемному водоизмещению судна. Площадь строевой по шпангоутам определяется так же, как и площадь шпангоутов.

Объемное водоизмещение можно определить, пользуясь строевой по ватерлиниям, представляющей собой кривую, абсциссы которой в принятом масштабе дают площади ватерлиний в зависимости от осадки. Площадь фигуры, ограниченной строевой по ватерлиниям, в соответствующем масштабе равна объемному водоизмещению по заданной осадке. Площадь ватерлиний, а также площади фигуры, ограниченной строевой по ватерлиниям, находят так же, как и площади шпангоутов, методом трапеций. Для этой же цели можно использовать специальный прибор, называемый *планиметром*.

Если для разных осадок определить объем погруженной части корпуса и соответствующее этим осадкам водоизмещение, то можно построить график, называемый *грузовым размером* (рис. 3.4). Пользуясь грузовым размером, можно определить изменение средней осадки от приема или расходования груза или по заданному водоизмещению определить осадку судна.

Для обеспечения безопасности плавания каждое судно должно обладать запасом плавучести. Под *запасом плавучести* понимается количество грузов, которое

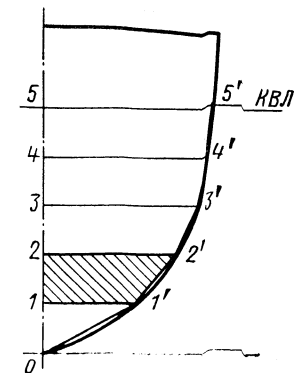


Рис. 3.2. Определение площади шпангоута

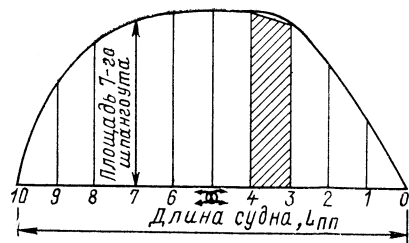


Рис. 3.3. Строевая по шпангоутам

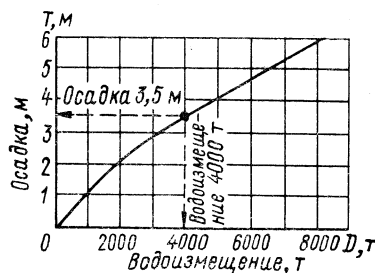


Рис. 3.4. Грузовой размер

судно может принять сверх находящихся на нем до полного погружения. Мерой запаса плавучести служит объем надводной непроницаемой части судна от действующей ватерлинии до верхней палубы, имеющей водонепроницаемые закрытия. В этот объем могут входить и надстройки, если они также имеют водонепроницаемые закрытия. В случае попадания воды внутрь корпуса осадка судна увеличивается, но оно остается на плаву. Запас плавучести зависит от величины надводного борта: чем он больше, тем больше запас плавучести. Исходя из этого Регистр СССР назначает каждому судну в зависимости от его размеров, назначения и района плавания минимальный надводный борт, который фиксируют в «Свидетельстве о грузовой марке», выдаваемом каждому судну.

Обычно запас плавучести составляет 30—50 % водоизмещения, на танкерах 15—25 %, на пассажирских судах до 100 %.

### 3.1.2. Остойчивость

Остойчивостью называется способность судна, отклоненного от положения равновесия, возвращаться к нему после прекращения действия сил, вызвавших отклонение.

Наклоны судна могут происходить от действия набегающих волн, из-за несимметричного затопления отсеков при пробое, от перемещения грузов, давления ветра, из-за приема или расхода груза.

Наклоны судна в поперечной плоскости называют *креном*, а в продольной — *дифферентом*. Углы, образующиеся при этом, обозначают соответственно  $\theta$  и  $\psi$ .

Остойчивость, которую судно имеет при продольных наклонах, называют *продольной*. Она, как правило, довольно велика, и опасности опрокидывания судна через нос или корму никогда не возникает.

Остойчивость судна при поперечных наклонах называется *поперечной*. Она является наиболее важной характеристикой судна, определяющей его мореходные качества.

Различают начальную поперечную остойчивость при малых уг-

лах крена (до 10—15°) и остойчивость при больших наклонениях, так как восстанавливающий момент при малых и больших углах крена определяется различными способами.

Начальная остойчивость. Если судно под действием внешнего кренящего момента  $M_{кр}$  (например, давления ветра) получит крен на угол  $\theta$  (угол между исходной  $WL_0$  и действующей  $WL_1$  ватерлиниями), то, вследствие изменения формы подводной части судна, центр величины  $C$  переместится в точку  $C_1$  (рис. 3.5). Сила поддержания  $\gamma V$  будет приложена в точке  $C_1$  и направлена перпендикулярно к действующей ватерлинии  $WL_1$ . Точка  $M$  находится на пересечении диаметральной плоскости с линией действия сил поддержания и называется *поперечным метацентром*. Сила веса судна  $P$  остается в центре тяжести  $G$ . Вместе с силой  $\gamma V$  она образует пару сил, которая препятствует наклонению судна кренящим моментом  $M_{кр}$ . Момент этой пары сил называется *восстанавливающим моментом*  $M_B$ . Величина его зависит от плеча  $l = \overline{GK}$  между силами веса и поддержания наклоненного судна:  $M_B = Pl = Ph \sin \theta$ , где  $h$  — возвышение точки  $M$  над ЦТ судна  $G$ , называемое *поперечной метацентрической высотой* судна.

Из формулы видно, что величина восстанавливающего момента тем больше, чем больше  $h$ . Следовательно, метацентрическая высота может служить мерой остойчивости для данного судна.

Величина  $h$  данного судна при определенной осадке зависит от положения центра тяжести судна. Если грузы расположить так, чтобы центр тяжести судна занял более высокое положение, то метацентрическая высота уменьшится, а вместе с ней — плечо статической остойчивости и восстанавливающий момент, т. е. остойчивость судна понизится. При понижении положения центра тяжести метацентрическая высота увеличится, остойчивость судна повысится.

Так как для малых углов их синусы приближенно равны величине углов, измеренных в радианах, то можно записать  $M_B = Ph\theta$ .

Метацентрическую высоту можно определить из выражения  $h = r + z_c - z_g$ , где  $z_c$  — возвышение ЦВ над ОЛ;  $r$  — поперечный метацентрический радиус, т. е. возвышение метацентра над ЦВ;  $z_g$  — возвышение ЦТ судна над основной.

На построенном судне начальную метацентрическую высоту определяют опытным путем — *кренованием*, т. е. поперечным наклонением судна путем перемещения груза определенного веса, называемого крен-балластом.

Остойчивость на больших углах крена.

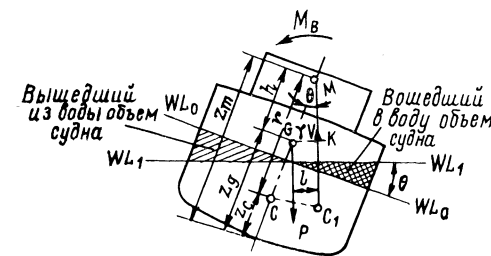


Рис. 3.5. Действие сил при крене судна

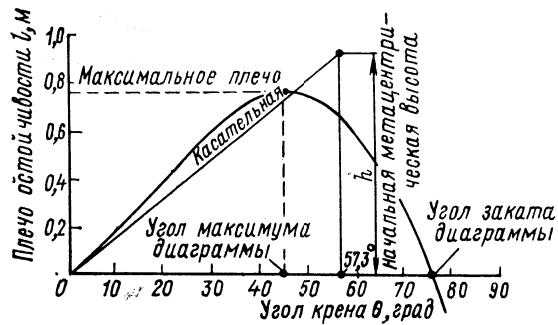


Рис. 3.6. Диаграмма статической остойчивости

Восстанавливающий момент изменяется только вследствие изменения плеча поперечной остойчивости  $l_{ст}$ . По расчетам поперечной остойчивости на больших углах крена строят *диаграмму статической остойчивости*, представляющую собой график, выражающий зависимость  $l_{ст}$  от угла крена. Диаграмму статической остойчивости строят для наиболее характерных и опасных случаев нагрузки судна.

Пользуясь диаграммой, можно определить угол крена по известному кренящему моменту или, наоборот, по известному углу крена найти кренящий момент. По диаграмме статической остойчивости можно определить начальную метацентрическую высоту. Для этого от начала координат откладывают радиан, равный  $57,3^\circ$ , и восстанавливают перпендикуляр до пересечения с касательной к кривой плеч остойчивости в начале координат. Отрезок между горизонтальной осью и точкой пересечения в масштабе диаграммы и будет равен начальной метацентрической высоте.

При медленном (статическом) действии кренящего момента состояние равновесия при крене наступает, если соблюдается условие равенства моментов, т. е.  $M_{кр} = M_{в}$  (рис. 3.7).

При динамическом действии кренящего момента (порыв ветра, рывок буксирного троса на борт) судно, наклоняясь, приобретает угловую скорость. Оно по инерции пройдет положение статического равновесия и будет продолжать крениться до тех пор, пока

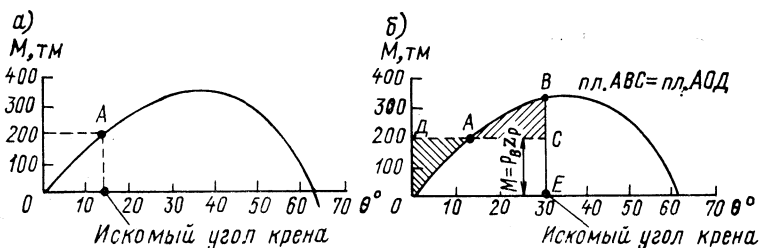


Рис. 3.7. Определение угла крена от действия статически (а) и динамически (б) приложенной силы

По мере увеличения крена судна восстанавливающий момент сначала возрастает, затем уменьшается, становится равным нулю и далее не только не препятствует наклонению, а наоборот, способствует ему (рис. 3.6).

Так как водоизмещение для данного состояния нагрузки постоянно, то восстанавли-

работа кренящего момента не станет равной работе восстанавливающего.

Величину угла крена при динамическом действии кренящего момента можно определить по диаграмме статической остойчивости. Горизонтальную линию кренящего момента продолжают вправо до тех пор, пока площадь  $ОДСЕ$  (работа кренящего момента) не станет равной площади фигуры  $ОВЕ$  (работа восстанавливающего момента). При этом площадь  $ОАСЕ$  является общей, поэтому можно ограничиться сравнением площадей  $ОДА$  и  $АВС$ .

Если же площадь, ограниченная кривой восстанавливающих моментов, окажется недостаточной, то судно опрокинется.

Остойчивость морских судов должна отвечать требованиям Регистра СССР, в соответствии с которыми необходимо выполнение условия (так называемого критерия погоды):  $K = M_{\min}^{\text{опр}} / M_{\max}^{\text{дн}} \geq 1$ , где  $M_{\min}^{\text{опр}}$  — минимальный опрокидывающий момент (минимальный динамически приложенный кренящий момент с учетом качки), под действием которого судно еще не потеряет остойчивости;  $M_{\max}^{\text{дн}}$  — динамически приложенный кренящий момент от давления ветра при наихудшем в отношении остойчивости варианте загрузки.

В соответствии с требованиями Регистра СССР максимальное плечо диаграммы статической остойчивости  $l_{\max}$  должно быть не менее 0,25 м для судов длиной 85 м и не менее 0,20 м для судов более 105 м при угле крена  $\theta$  более  $30^\circ$ . Угол заката диаграммы (угол, при котором кривая плеч остойчивости пересекает горизонтальную ось) для всех судов должен быть не менее  $60^\circ$ .

Влияние жидких грузов на остойчивость. Если цистерна заполнена не доверху, т. е. в ней имеется свободная поверхность жидкости, то при наклонении жидкость перельется в сторону крена и центр тяжести судна сместится в ту же сторону. Это приведет к уменьшению плеча остойчивости, а следовательно, к уменьшению восстанавливающего момента. При этом чем шире цистерна, в которой имеется свободная поверхность жидкости, тем значительнее будет уменьшение поперечной остойчивости. Для уменьшения влияния свободной поверхности целесообразно уменьшать ширину цистерн и стремиться к тому, чтобы во время эксплуатации было минимальное количество цистерн со свободной поверхностью жидкости.

Влияние сыпучих грузов на остойчивость. При перевозке сыпучих грузов (зерна) наблюдается несколько иная картина. В начале наклонения груз не перемещается. Только когда угол крена превысит угол естественного откоса, груз начинает пересыпаться. При этом пересыпавшийся груз не вернется в прежнее положение, а, оставшись у борта, создаст остаточный крен, что при повторных кренящих моментах (например, шквалах) может привести к потере остойчивости и опрокидыванию судна.

Для предотвращения пересыпания зерна в трюмах установ-



ливают подвесные продольные полупереборки — *шифтинг-бордсы* либо укладывают поверх насыпанного в трюме зерна мешки с зерном (мешкование груза).

Влияние подвешенного груза на остойчивость. Если груз находится в трюме, то при подъеме его, например краном, происходит как бы мгновенный перенос груза в точку подвеса. В результате ЦТ судна сместится вертикально вверх, что приведет к уменьшению плеча восстанавливающего момента при получении судном крена, т. е. к уменьшению остойчивости. При этом уменьшение остойчивости будет тем больше, чем больше масса груза и высота его подвеса.

### 3.1.3. Непотопляемость

Непотопляемостью называется способность судна оставаться на плаву, сохраняя в достаточной степени остойчивость и некоторый запас плавучести, при затоплении одного или нескольких отсеков.

Масса влившейся внутрь корпуса воды изменяет посадку, остойчивость и другие мореходные качества судна. Непотопляемость судна обеспечивается его запасом плавучести: чем больше запас плавучести, тем больше забортной воды оно может принять, оставаясь на плаву.

Выбор числа переборок на судне (помимо ряда других обстоятельств) определяется с учетом влияния затопления каждого из отсеков на посадку и остойчивость судна.

Объем любого отсека или их группы должен быть меньше запаса плавучести, а уменьшение остойчивости при затоплении отсека или группы отсеков не должно сопровождаться опрокидыванием.

Количество непроницаемых переборок и расстояния между ними определяют с использованием кривой предельных длин отсеков, получаемой путем выполнения специального расчета. Ординаты кривой представляют собой наибольшие длины отсеков, которые может иметь судно, чтобы при затоплении какого-либо из них оно не погружалось глубже предельной линии погружения, проходящей на 76 мм ниже бортовой линии палубы переборок (палуба, до которой доходят поперечные непроницаемые переборки).

При установке на судне продольных водонепроницаемых переборок необходимо тщательно анализировать их влияние на непотопляемость. С одной стороны, наличие этих переборок может вызвать недопустимый крен после затопления отсека, с другой — отсутствие переборок отрицательно скажется на остойчивости из-за большой площади свободной поверхности воды.

Таким образом, деление судна на отсеки должно быть таким, чтобы при бортовой пробойне плавучесть судна исчерпывалась ранее его остойчивости: судно должно тонуть без опрокидывания.

Для спрямления судна, получившего крен и дифферент в результате пробойны, производят принудительное контрзатопление

заранее подобранных отсеков с одинаковыми по величине, но с обратными по значению моментами. Эта операция выполняется с использованием *таблиц непотопляемости* — документа, с помощью которого можно с минимальной затратой времени определить посадку и остойчивость судна после повреждения, выбрать отсеки, подлежащие затоплению, а также оценить результаты спрямления до его выполнения на практике. Впервые принцип контрзатопления был предложен в конце прошлого века ученым-кораблестроителем С. О. Макаровым и в дальнейшем разработан академиком А. Н. Крыловым, который и предложил составлять для каждого судна таблицы непотопляемости.

Непотопляемость морских судов регламентируется в Советском Союзе Правилами Регистра СССР, разработанными на основе Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 г. (СОЛАС-74). В соответствии с этими правилами судно считается непотопляемым, если после затопления одного любого отсека или нескольких смежных, количество которых определяется в зависимости от типа и размеров судна, а также числа находящихся на судне людей (обычно это один, а для крупных судов — два отсека), судно погружается не глубже, чем по предельную линию погружения. При этом начальная метacentрическая высота поврежденного судна должна быть не менее 5 см, а максимальное плечо диаграммы статической остойчивости — не менее 10 см, при минимальной протяженности положительного участка диаграммы 20°.

### 3.1.4. Ходкость

Способность судна двигаться в окружающей среде с заданной скоростью при определенной мощности главных двигателей и соответствующем движителе называется ходкостью. Судно движется на границе двух сред — воды и воздуха. Поскольку плотность воды примерно в 800 раз больше плотности воздуха, то и сопротивление воды значительно больше воздушного сопротивления.

Сила сопротивления воды состоит из сопротивления трения, сопротивления формы, волнового сопротивления и сопротивления выступающих частей.

Вследствие вязкости воды между корпусом судна и ближайшими к корпусу слоями воды возникают силы трения, на преодоление которых затрачивается часть мощности главного двигателя. Равнодействующая этих сил называется *сопротивлением трения*  $R_t$ . Сопротивление трения зависит также от скорости, от смоченной поверхности корпуса судна и от степени шероховатости. На величину шероховатости влияет качество окраски, а также обрастание подводной части корпуса морскими организмами. Чтобы сопротивление трения по этой причине не увеличилось, судно подвергают периодическому докованию и очистке подводной части. Сопротивление трения определяют расчетным путем.



При обтекании корпуса судна вязкой жидкостью происходит перераспределение гидродинамических давлений по его длине. Равнодействующая этих давлений, направленная против движения судна, называется сопротивлением формы  $R_{\phi}$ . Сопротивление формы зависит от скорости судна и от его формы. При плохо обтекаемой форме в кормовой части судна образуются вихри, что приводит к понижению давления в этом районе и увеличению сопротивления формы судна. Волновое сопротивление  $R_{\nu}$  возникает из-за образования волн в зонах повышенного и пониженного давления при движении судна. На волнообразование также расходуется часть энергии главного двигателя. Волновое сопротивление зависит от скорости судна, формы его корпуса, а также от глубины и ширины фарватера. Сопротивление выступающих частей  $R_{вч}$  зависит от сопротивления трения и от формы выступающих частей (рулей, скуловых килей, кронштейнов гребных валов и пр.). Сопротивление формы и волновое объединяются в *остаточное сопротивление*, которое можно рассчитать только приближенно. Для точного определения величины остаточного сопротивления проводят испытания моделей судов в опытовом бассейне.

Воздушное сопротивление  $R_{\text{возд}}$  движению судна можно найти путем продувки надводной части модели в аэродинамической трубе.

Таким образом, полное сопротивление движению судна определяется как сумма отдельных составляющих

$$R = R_{\phi} + R_{\tau} + R_{\nu} + R_{\text{вч}} + R_{\text{возд}}.$$

Это сопротивление называют *буксировочным*, так как оно равно усилию в тросе, возникающему при буксировке судна. Мощность, необходимая для буксировки судна со скоростью  $v$ , называется *буксировочной мощностью* (кВт или л. с.):

$$EPS = Rv/102 \text{ или } EPS = Rv/75,$$

где  $R$  — полное сопротивление, Н или кгс;  $v$  — скорость судна м/с.

Мощность на фланце главного двигателя больше буксировочной, так как при ее определении необходимо учитывать пропульсивный коэффициент  $\eta$  ( $\eta = \eta_p \eta_k$ , где  $\eta_p$  — коэффициент полезного действия движителя, а  $\eta_k$  — коэффициент влияния корпуса), КПД редуктора  $\eta_{\text{ред}}$ , КПД валопровода  $\eta_{\text{в}}$  (опорных и упорных подшипников) или других специальных передач:

$$N_e = EPS / \eta_{\text{ред}} \eta_{\text{в}}.$$

Следует отметить, что скорость судна на волнении уменьшается. Поэтому на некоторых судах мощность двигателя увеличивается с целью получения заданной скорости на определенном волнении.

### 3.1.5. Качка

Качкой называются колебательные движения, которые судно совершает около положения его равновесия.

Колебания называются *свободными* (на тихой воде), если они совершаются судном после прекращения действия сил, вызвавших эти колебания (шквал ветра, рывок буксирного троса). Из-за наличия сил сопротивления (сопротивления воздуха, трения воды) свободные колебания постепенно затухают и прекращаются. Колебания называются *вынужденными*, если они совершаются под действием периодических возмущающих сил (набегающие волны).

Качка характеризуется следующими параметрами (рис. 3.8): амплитудой  $\theta$  — наибольшим отклонением от положения равновесия; *размахом* — суммой двух последовательных амплитуд; *периодом*  $T$  — временем совершения двух полных размахов; *ускорением*.

Качка затрудняет эксплуатацию машин, механизмов и приборов из-за воздействия возникающих сил инерции, создает дополнительные нагрузки на прочные связи корпуса судна, оказывает вредное физическое воздействие на людей.

Различают бортовую, килевую и вертикальную качку. При *бортовой качке* колебания совершаются вокруг продольной оси, проходящей через центр тяжести судна, при *килевой* — вокруг поперечной. Бортовая качка при малом периоде и больших амплитудах становится порывистой, что опасно для механизмов и тяжело переносится людьми.

Период свободных колебаний судна на тихой воде можно определить по формуле  $T = c(B/\sqrt{h})$ , где  $B$  — ширина судна, м;  $h$  — поперечная метацентрическая высота, м;  $c$  — коэффициент, равный для грузовых судов 0,78—0,81.

Из формулы видно, что с увеличением метацентрической высоты уменьшается период качки. При проектировании судна стремятся достигнуть достаточной остойчивости при умеренной плавности качки. При плавании на волнении судоводитель должен знать период собственных колебаний судна и период волны (время между набегами на судно двух соседних гребней). Если период собственных колебаний судна равен или близок периоду волны, то наступает явление резонанса, которое может привести к опрокидыванию судна.

При килевой качке возможно либо заливание палубы, либо при оголении носа или кормы их удары о воду (слиминг). Кроме того, ускорения, возникающие при килевой качке, значительно больше, чем при бортовой. Это

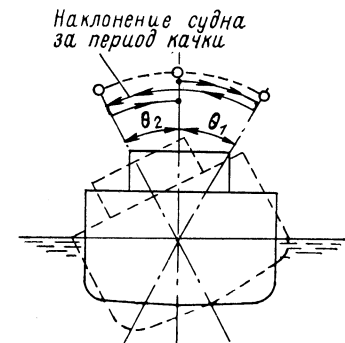


Рис. 3.8. Параметры качки  $\theta_1$  и  $\theta_2$  — амплитуды;  $\theta_1 + \theta_2$  — размах

обстоятельство должно учитываться при выборе механизмов, устанавливаемых в носу или в корме.

**Вертикальная качка** вызывается изменением сил поддержания при прохождении волны под судном. Период вертикальной качки равен периоду волны.

Для предотвращения нежелательных последствий от действия качки судостроители применяют средства, способствующие если не полному прекращению качки, то по крайней мере умерению ее размахов. Особенно остро стоит эта проблема для пассажирских судов.

Для умерения килевой качки и заливания палубы водой у ряда современных судов делают значительный подъем палубы в носу и в корме (седловатость), увеличивают развал носовых шпангоутов, проектируют суда с баком и ютом. При этом в носу на баке устанавливают водоотбойные козырьки.

Для умерения бортовой качки применяют пассивные неуправляемые или активные управляемые успокоители качки.

К пассивным успокоителям относят *скуловые кили*, представляющие собой стальные пластины, устанавливаемые на протяжении 30—50 % длины судна в районе скулы вдоль линии тока воды (рис. 3.9). Они просты по устройству, уменьшают амплитуду качки на 15—20 %, но оказывают значительное дополнительное сопротивление воды движению судна, уменьшая скорость хода на 2—3 %.

**Пассивные цистерны** — это цистерны, устанавливаемые по бортам судна и соединенные между собой внизу переливными трубами, вверху — воздушным каналом с разобщительным клапаном, регулирующим переливание воды с борта на борт. Можно так отрегулировать сечение воздушного канала, что жидкость при качке будет переливаться с борта на борт с запаздыванием и тем самым создавать кренящий момент, противодействующий наклонению. Эти цистерны эффективны при режимах качки с большим периодом. Во всех прочих случаях они не умеряют, а даже увеличивают ее амплитуду.

В **активных цистернах** (рис. 3.10) вода перекачивается специальными насосами. Однако установка насоса и автоматического

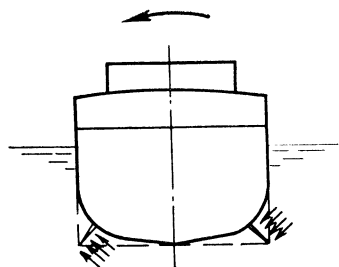


Рис. 3.9. Схема действия скуловых (боковых) килей

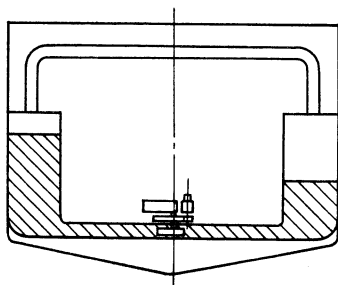
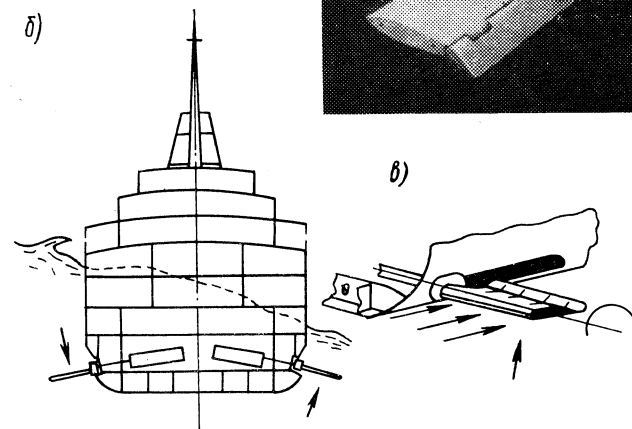
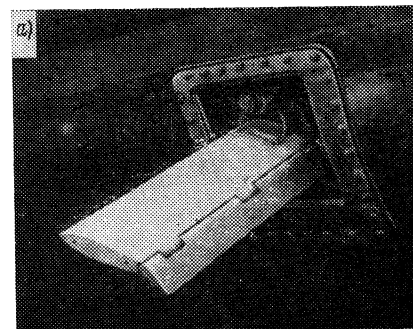


Рис. 3.10. Активные успокоительные цистерны

Рис. 3.11. Активные боковые рули: а — общий вид; б — схема действия; в — силы, действующие на боковой руль



устройства, управляющего работой насоса, значительно усложняет и удорожает конструкцию.

В настоящее время на пассажирских и научно-исследовательских судах чаще всего применяют **активные боковые рули** (рис. 3.11), представляющие собой рули обычного типа, устанавливаемые в наиболее широкой части судна несколько выше скулы почти в горизонтальной плоскости. С помощью электрогидравлических машин, управляемых по сигналам от датчиков, реагирующих на направление и скорость наклонения судна, можно менять их угол атаки. Так, при наклонении судна на правый борт на рулях устанавливают угол атаки таким, чтобы возникающие при этом подъемные силы создавали моменты, обратные наклонению. Эффективность рулей на ходу достаточно высока. При отсутствии качки рули убирают в специальные ниши в корпусе, чтобы не создавать дополнительного сопротивления. К недостаткам рулей можно отнести их малую эффективность при малых ходах (ниже 10—15 уз) и сложность системы автоматического управления ими.

Успокоителей для умерения килевой качки не существует.

Следует отметить, что подводные суда и суда с малой площадью ватерлинии практически не испытывают качки и, следовательно, отсутствует необходимость оборудования этих судов устройствами для ее умерения.

### 3.1.6. Управляемость

Управляемостью называется способность судна быть поворотливым и устойчивым на курсе. *Поворотливостью* называется способность судна подчиняться действию руля, а *устойчивостью на курсе* — способность сохранять заданное направление движения. Вследствие влияния на движение судна различных возмущающих факторов (волн, ветра), для обеспечения устойчивости на курсе требуется постоянное вмешательство рулевого. Таким образом, качества, характеризующие управляемость судна, являются противоречивыми. Так, чем более поворотливо судно, т. е. чем быстрее оно меняет направление своего движения при повороте руля, тем менее оно устойчиво на курсе.

При проектировании судна оптимальное значение того или иного качества выбирают в зависимости от назначения судна. Основным качеством пассажирских и грузовых судов, совершающих дальние рейсы, является устойчивость на курсе, а буксиров — поворотливость.

Способность судна самопроизвольно отклоняться от курса под влиянием внешних сил называется *рыскливостью*.

Для обеспечения требуемой управляемости в кормовой части судна устанавливают один или несколько рулей (рис. 3.12). Если на движущемся со скоростью  $U$  судне переложить руль на угол  $\alpha$ , то на одну сторону руля начнет действовать давление набегающего потока воды — равнодействующая гидродинамических сил  $P$ , приложенная в центре давления и направленная перпендикулярно к поверхности руля. Приложим в центре тяжести судна взаимно уравновешенные силы  $P_1$  и  $P_2$ , равные и параллельные  $P$ . Силы  $P$  и  $P_2$  образуют пару сил, момент которой  $M_{вр}$  поворачивает судно вправо,  $M_{вр} = Pl$ , где плечо пары  $l = \overline{GA} \cos \alpha + a$ .

Приближенно можно считать, что центр тяжести судна лежит на мидель-шпангоуте, а величина  $a$  сравнительно мала. Тогда  $\overline{GA} = 0,5L$ ;  $l = 0,5L \cos \alpha$  и  $M_{вр} = 0,5PL \cos \alpha$ .

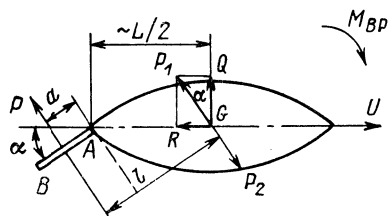
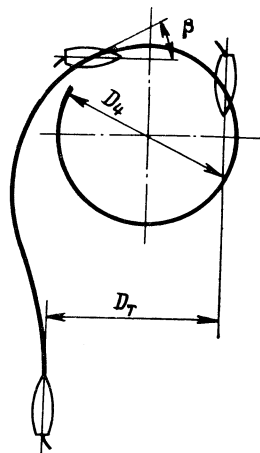


Рис. 3.12. Схема сил, действующих на судно при перекладке пера руля

Рис. 3.13. Элементы циркуляции судна  
 $D_{ц}$  — диаметр циркуляции;  $D_{т}$  — тактический диаметр циркуляции;  
 $\beta$  — угол дрейфа



Силу  $P_1$  разложим на составляющие  $Q = P_1 \cos \alpha = P \cos \alpha$  и  $R = P_1 \sin \alpha = P \sin \alpha$ . Сила  $Q$  вызывает дрейф, т. е. перемещение судна перпендикулярно к направлению движения, а сила  $R$  уменьшает его скорость.

Таким образом, сразу же после перекладки руля на борт ЦТ судна начнет описывать в горизонтальной плоскости кривую, постепенно переходящую в окружность, называемую *циркуляцией* (рис. 3.13). Диаметр окружности  $D_{ц}$ , которую начнет описывать центр тяжести судна после начала установившейся циркуляции называется диаметром циркуляции. Расстояние между ДП до начала циркуляции и после поворота судна на  $180^\circ$  — тактическим диаметром циркуляции  $D_{т}$ . Мерой поворотливости судна является отношение диаметра циркуляции к длине судна. Угол между ДП судна и касательной к траектории движения судна при циркуляции, проведенной через центр тяжести судна, называется *углом дрейфа*  $\beta$ .

При движении на циркуляции судно кренится на борт, противоположный перекладке руля, под действием центробежной силы инерции, приложенной в центре тяжести судна, и гидродинамических сил, приложенных к подводной части судна и рулю. Для обеспечения хорошей управляемости на малых ходах (в стесненной акватории, при швартовке), когда обычный руль неэффективен, применяют средства активного управления (см. § 6.1).

### § 3.2. Эксплуатационные качества

Судно характеризуется рядом эксплуатационных качеств, от которых зависит его экономическая эффективность.

Грузоподъемностью называют массу различного рода грузов, перевозимых судном. Различают чистую грузоподъемность и дедвейт. *Дедвейт* (или полная грузоподъемность) — это масса перевозимого судном груза, пассажиров с багажом, провизией и водой, а также масса запасов топлива, воды, масла, экипажа с багажом, провизией и водой при загрузке судна по расчетную ватерлинию. Если судно в грузу принимает и жидкий балласт для обеспечения необходимых мореходных качеств (лесовозы, контейнеровозы), то масса этого балласта также включается в дедвейт судна. Дедвейт представляет собой сумму переменных грузов, масса которых может меняться либо в течение рейса (судовые запасы), либо от рейса к рейсу (перевозимый груз). *Чистая грузоподъемность* включает в себя только массу перевозимого груза и пассажиров с багажом, водой и провизией.

Водоизмещение (масса) порожнего судна представляет собой сумму всех постоянных масс построенного судна (масса корпуса, судовых устройств, систем, энергетической установки, электроэнергетических систем, внутрисудовой связи и управления), массы запасных частей, снабжения и имущества. В водоизмещение порожнего судна включаются также массы тех частей запасов топлива, воды и масла, которые находятся в котлах, механизмах и трубопроводах, подготовленных к запуску

энергетической установки судна, и масса тех остатков различных жидких грузов в цистернах, которые не могут быть удалены при откачке (постоянные жидкие грузы и постоянный жидкий балласт). Твердый балласт, находящийся на судне постоянно для обеспечения мореходных качеств, также входит в водоизмещение порожнем.

Сумма водоизмещения порожнего судна и дедвейта называется полным водоизмещением, или водоизмещением с полным грузом  $D = D_{\text{пор}} + DW$ , где  $D$  — полное водоизмещение, т;  $D_{\text{пор}}$  — водоизмещение порожнего судна, т;  $DW$  — дедвейт, т.

При расчетах мореходных качеств кроме полного водоизмещения используются водоизмещения при различных вариантах на грузки судна.

Во избежание недопустимой перегрузки судна на грузовых судах наносят знак *грузовой марки*, определяющий минимальную допустимую величину надводного борта в зависимости от размеров и конструкции судна, района его плавания и времени года. Грузовая марка (рис. 3.14) наносится в соответствии с Правилами Регистра СССР, основанными на Международной конвенции о грузовой марке 1966 г. Знак грузовой марки наносят на правом и левом бортах в средней части судна. При приеме груза судно не должно погружаться глубже соответствующей марки. На некоторых судах (например, на лесовозах) наносят помимо обычных марок специальную. Грузовместимость — объем

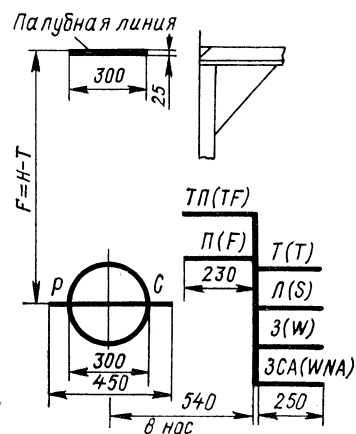


Рис. 3.14. Грузовая марка  
Л — плавание летом в соленой воде; З — плавание зимой в соленой воде; ЗСА — плавание зимой в Северной Атлантике; Т — плавание в тропиках в соленой воде; П — плавание в пресной воде; ТП — плавание в тропиках в пресной воде

помещений судна, предназначенных для размещения перевозимого груза, измеренный в м<sup>3</sup>. Различают вместимость по сыпучему и штучному грузу. *Вместимость по сыпучему грузу* (зерновая вместимость) равна теоретическому объему всех грузовых помещений за вычетом объемов набора и других конструкций внутри этих помещений. Обычно этот объем составляет 4-5 % теоретического объема грузового помещения. *Вместимость по штучному грузу* (киповая вместимость) равна зерновой за вычетом объемов между набором, который не может быть использован для размещения ящиков, бочек, мешков и пр.

Для единообразной оценки размеров помещений судна в мировой практике принято понятие *регистрационной вместимости*, или *регистрационного тоннажа*. За единицу измерения регистрационной вместимости принята регистровая тонна, равная 2,83 м<sup>3</sup> (100 куб. футов).

По Правилам обмера судов, принятым в международной практике, различают валовую вместимость (брутто) и чистую вместимость (нетто). *Валовая вместимость* BRT (брутто-регистрационный тоннаж) включает объем помещений корпуса и закрытых надстроек, за исключением объемов отсеков двойного дна, цистерн водяного балласта, а также объемов некоторых служебных помещений и постов, расположенных на верхней палубе и выше (камбуза, радиорубки, световых люков, шахт и пр.). *Чистая вместимость* NRT (нетто-регистрационный тоннаж) получают путем вычета из валовой вместимости объемов помещений, не предназначенных для перевозки коммерческого груза, пассажиров и запасов (жилые, общественные и санитарные помещения экипажа, румпельное отделение, штурманская рубка, МКО и т. п.).

Каждое судно получает мерительное свидетельство, в котором указывается его валовая и регистровая вместимости, определенные по действующим в стране национальным Правилам обмера. Взимаемые с судна пошлины берутся в зависимости от регистровой вместимости.

Скорость — важнейшее эксплуатационное качество судна, обеспечивающее заданную эффективность транспортных операций. Скорость морских судов измеряют в узлах. Узел равен одной морской миле в час (1,852 км/ч или 0,514 м/с). Скорость речных судов измеряется в км/ч.

Дальностью плавания называют расстояние, которое может пройти судно с заданной скоростью без пополнения запасов топлива, питательной воды и масла.

Автономность — это длительность пребывания судна в море (в сутках) без пополнения запасов топлива, а также пресной воды и провизии, необходимых для нормальной деятельности людей, находящихся на нем.

Оснащенность судна характеризуется количеством и качеством оборудования, обеспечивающего эффективное использование судна в соответствии с его назначением.

Надежностью называют свойство судна выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени в установленных условиях использования, технического обслуживания и ремонтов. Надежность включает в себя такие понятия, как долговечность, ремонтпригодность и др.

Долговечность — это способность судна сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния (при котором дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна) при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ремонтпригодность судна — это его приспособленность к предупреждению и обнаружению повреждений, а также к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

## КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ СУДОВОГО КОРПУСА

### § 4.1. Понятие о прочности судна

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

В расчетах с целью их упрощения судно представляют в виде пустотелой балки переменного сечения по длине. Изгиб корпуса в целом, как балки, называется *общим продольным изгибом*. Прочность корпуса при общем продольном изгибе называется *общей продольной прочностью*. *Местная прочность* — это прочность отдельных корпусных конструкций.

Корпус плавающего судна испытывает постоянные, действующие в течение всего периода эксплуатации, внешние силы и случайные, действующие в течение какого-либо промежутка времени или периодически. К постоянным относятся силы веса (тяжести) корпуса судна, его механизмов, оборудования, а также перевозимого груза, запасов и пр. Эти силы направлены вертикально вниз. Силы поддержания (силы давления воды) на спокойной тихой воде также являются постоянными; они пропорциональны объему погруженной части судна и направлены вертикально вверх. К случайным внешним силам относятся инерционные силы (при качке), удары волн о корпус, заливание палубы водой и др.

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

При расчетах общей продольной прочности корпус судна по длине делят на 20 теоретических шпаций, находят величину сил тяжести от составляющих веса корпуса, механизмов, оборудования, грузов на каждой шпации и строят в принятом масштабе кривую сил веса (тяжести). Далее вычисляют величину сил поддержания в том же масштабе на каждой теоретической шпации и строят кривую сил поддержания.

Используя метод наложения двух кривых одна на другую и учитывая при этом знаки, получим кривую нагрузки, действующей на судно-балку, лежащую на упругом основании — воде. На рис. 4.1 видно, что в средней части имеется избыток сил поддержания, а в оконечностях — сил тяжести. Такое распределение нагрузки вызывает перегиб судна, при котором в палубе возникнут

напряжения растяжения, а в днище — напряжения сжатия. Если в средней части будет избыток сил тяжести, а в оконечностях — сил поддержания, то судно будет испытывать прогиб, и напряжения в палубе и днище поменяют знак.

Таким образом, именно неравномерное распределение сил веса и сил поддержания по длине судна является причиной изгиба судна на тихой воде.

При плавании судна на взволнованной поверхности происходит перераспределение сил поддержания (рис. 4.2). Если судно находится на вершине волны (рис. 4.2, а), то в средней части силы поддержания увеличиваются, а в оконечностях образуется избыток сил веса (тяжести). В результате получается перегиб судна. На подошве волны (рис. 4.2, б) происходит обратное явление и судно получает прогиб. Суммируя изгибающие моменты на тихой воде и на волнении, получаем расчетное значение изгибающего момента  $M_{изг}$ .

Максимальные нормальные напряжения от общего продольного изгиба возникают в продольных связях корпуса судна, т. е. в районе действия максимального изгибающего момента. Нормальные напряжения в связях рассчитывают по формуле  $\sigma = M_{изг} z / I$ , где  $M_{изг}$  — максимальный суммарный изгибающий момент;  $z$  — отстояние центра тяжести площади поперечного сечения

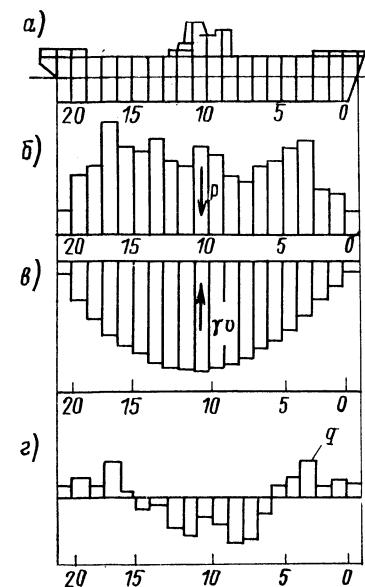


Рис. 4.1. Нагрузка судна: а — судно на тихой воде; б — кривая сил веса; в — кривая сил поддержания (с приведением к ступенчатой кривой); г — результирующая кривая нагрузки, действующей на судно

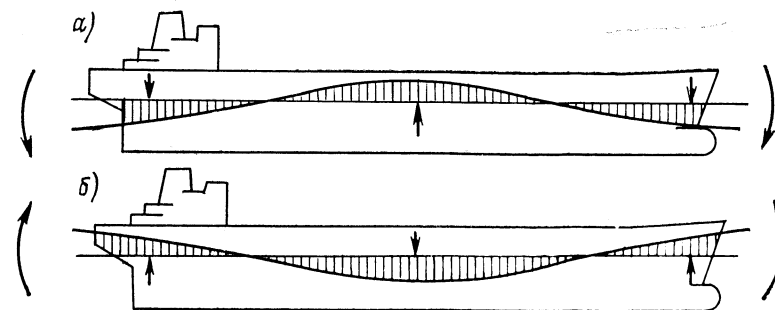


Рис. 4.2. Изгиб судна на волнении: а — на вершине волны; б — на подошве волны

рассчитываемой связи от нейтральной оси сечения; на нейтральной оси, где  $z=0$ , нормальные напряжения равны нулю;  $I$  — момент инерции площади расчетного поперечного сечения корпуса относительно нейтральной оси.

Из формулы видно, что максимальные напряжения будут возникать в наиболее удаленных связях, т. е. в палубе и днище судна. Полученные расчетные напряжения не должны превышать допускаемых, регламентированных Правилами Регистра СССР.

Необходимо отметить, что корпус судна, находясь на взволнованной поверхности, испытывает знакопеременные нагрузки: на подошве волны связи выше нейтральной оси сжаты, а ниже — растянуты, на вершине — наоборот. Это обстоятельство отрицательно сказывается на долговечности судна.

Рассматривая корпус судна в виде балки, ее сечение можно представить состоящим из сосредоточенных у ДП правильных геометрических фигур, площадь и момент инерции которых равны площади и моменту инерции поперечного сечения корпуса (рис. 4.3). Такая замена допустима, так как момент инерции связей не зависит от их расположения по ширине, а определяется расположением их по высоте. Эта условная балка называется *эквивалентным брусом*. Он дает наглядное представление о распределении площадей сечений конструктивных связей, принимающих участие в сопротивлении изгибу по высоте. Такой упрощенной моделью широко пользуются при расчете общей продольной прочности.

Следует заметить, что учет в расчетах только изгибающих моментов на тихой воде и на волнении даст определенную погрешность. При плавании на волнении в условиях качки при больших скоростях хода против волны часто наблюдается оголение носовой оконечности корпуса. Последующий вход ее в воду сопровождается ударом днища о поверхность воды (слеингом) и появле-

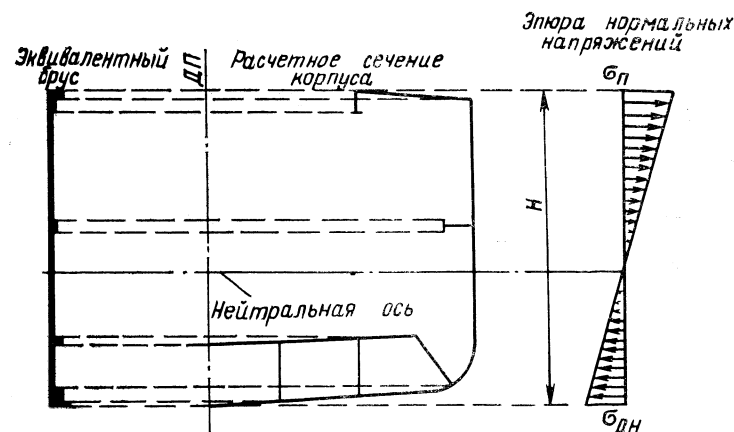


Рис. 4.3. Эквивалентный брус

нием при этом больших по величине гидродинамических сил, действующих на корпус. Это учитывают введением в расчет динамической составляющей изгибающего момента.

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

Кроме рассмотренных сил, вызывающих общий продольный изгиб судна, на корпус в целом и на отдельные его конструкции действуют и другие нагрузки, например, давление забортной воды, льда, находящихся внутри корпуса судна груза и жидкого топлива, давление палубного груза или давление вкатывающейся на палубу судна воды (рис. 4.4). Перечисленные нагрузки могут вызвать местные повреждения отдельных элементов корпуса, поэтому необходима проверка местной прочности этих элементов.

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

## § 4.2. Конструкция корпуса судна

### 4.2.1. Системы набора

Совокупность пластины с подкрепляющими ее балками называют *перекрытием*. Каждое судовое перекрытие имеет опорный контур, которым служат другие смежные перекрытия. Различают днищевое, бортовое, палубное и другие перекрытия. Балки, входящие в состав перекрытия, делятся на *балки главного направления* (большое количество балок одного направления) и *поперекрестные связи* (мощные балки, перпендикулярные балкам главного направления и поддерживающие их). В зависимости от расположения балок главного направления по отношению к длине судна различают поперечную, продольную и смешанную системы набора (рис. 4.5).

При поперечной системе набора балки главного направления идут поперек судна. В этом случае длинная сторона пластин перекрытия, ограниченных набором, расположена поперек судна. Общая продольная прочность обеспечивается настилами палуб, настилом двойного дна, наружной обшивкой и всеми продольными связями. Расстояние между балками главного направления называется *поперечной шпацией* и определяется по

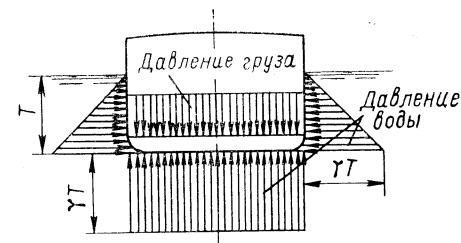


Рис. 4.4. Схема давления воды и груза на корпус судна



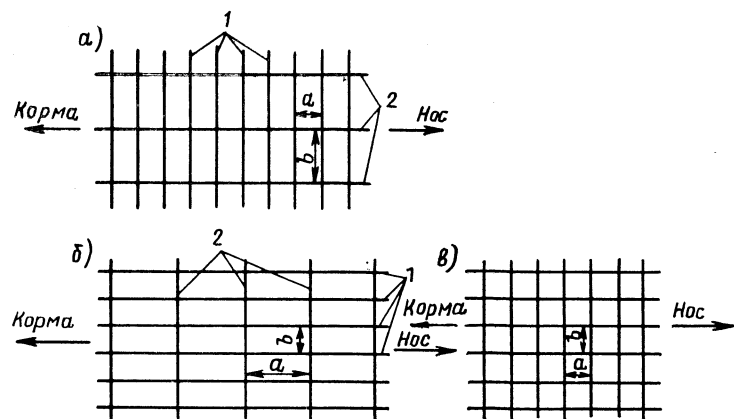


Рис. 4.5. Системы набора: а — поперечная; б — продольная; в — смешанная  
1 — балки главного направления; 2 — перекрестные связи

Правилам Регистра СССР. Поперечная система набора для всех судовых перекрытий чаще всего применяется на относительно коротких судах, поскольку напряжения от общего продольного изгиба на этих судах невелики (до 100—130 м). На крупных судах поперечную систему набора применяют для бортовых перекрытий и промежуточных палуб, так как основными нагрузками, определяющими размеры прочных связей перекрытий, являются поперечные, т. е. гидростатическое давление воды и ледовые усилия, а напряжения от продольного изгиба из-за близости к нейтральной оси будут небольшими.

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

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

При продольной системе набора балки главного направления расположены вдоль судна, а перекрестные связи в виде рам — поперек. Известно, что пластина, сжимаемая вдоль длинной стороны, теряет устойчивость при напряжениях, в четыре раза больших, чем при сжатии вдоль короткой стороны. При использовании сталей повышенной прочности для перекрытий, которые испытывают в процессе изгиба судна максимальные сжимающие

усилия, можно получить значительный выигрыш в металле и, следовательно, увеличить грузоподъемность судна. Продольная система набора на судах более 100—130 м длиной применяется для днищевых и палубных перекрытий, а на судах длиной более 180 м — и для бортовых перекрытий.

Применение высокопрочных сталей дает выигрыш в массе не только при продольной системе набора, но и при любой другой. Однако этот выигрыш не будет столь значительным. Если же учесть более высокую стоимость этих сталей, то экономического эффекта от их применения может вообще не получиться.

К недостаткам продольной системы набора следует отнести большую трудоемкость стыковки секций на стапеле, сложность обеспечения непроницаемости поперечных переборок.

Величина *продольной шапации* определяется по Правилам Регистра СССР. Шпангоуты, на которых установлены балки поперечного направления, называют *практическими*, в отличие от теоретических, или просто шпангоутами.

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

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

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

Корпус судна (рис. 4.6 и 4.7) представляет собой коробчатую металлическую конструкцию, состоящую из набора, обшивки, переборок, настилов палуб и платформ судна, обеспечивающую создание силы плавучести, прочность и возможность размещения людей, грузов, оборудования и вооружения, обусловленных назначением судна.

Наружная обшивка — непроницаемая оболочка корпуса, которая вместе с поддерживающим ее набором образует борта, днище и оконечности судна. Верхняя непрерывная по всей длине

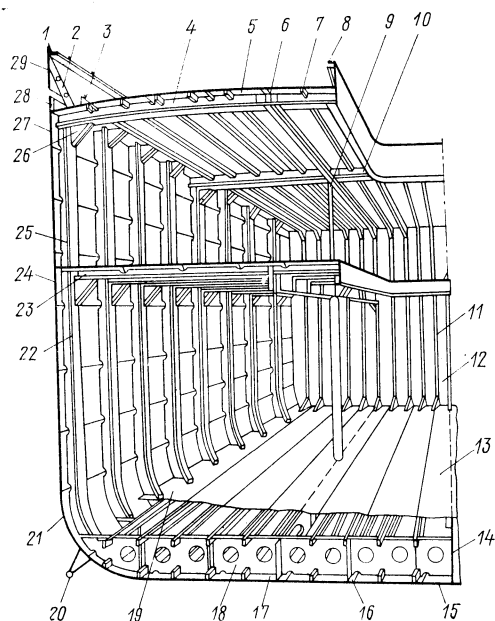


Рис. 4.6. Поперечный разрез сухогрузного судна

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

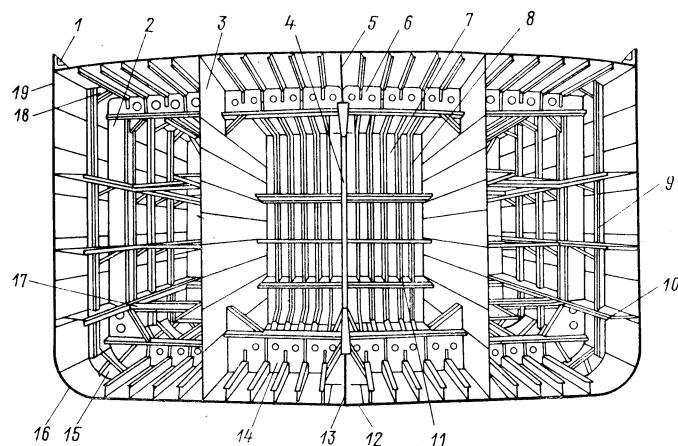


Рис. 4.7. Поперечный разрез нефтеналивного судна

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

палуба называется верхней палубой. На ряде судов на расстоянии не менее 600 мм от днища параллельно основной плоскости устанавливается второе дно судна — настил из листов с прикрепленными снизу подкрепляющими балками.

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

Наружная обшивка состоит из поясьев, расположенных длинной стороной вдоль судна. Ширина поясьев от 1,5 до 3,2 м, а длина — до 16 м. Соединение поясьев по длинной стороне называется *пазом*, а по короткой — *стыком*. Разбивка наружной обшивки на поясья производится на чертеже, называемом *растяжкой наружной обшивки* и представляющим собой развертку наружной обшивки одного борта на плоскость. Поясья наружной обшивки, образующие ее днищевую часть, называют *днищевыми*, образующие бортовую — *бортовыми*. Верхний пояс бортовой обшивки называется *ширстреком*; пояс, идущий между днищем и бортом, — *скуловым*, а средний пояс, идущий вдоль днища симметрично ДП, — *горизонтальным килем*. Крайний, примыкающий к борту лист палубного настила называют *палубным стрингером*. Ширстрек, горизонтальный киль и палубный стрингер утолщают по сравнению с другими поясьями. Бортовая обшивка у судов ледового плавания в районе ватерлинии делается утолщенной — это так называемый *ледовый пояс*.

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

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

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

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

*Шпангоут* — это поперечная балка бортового перекрытия. *Бимс* — поперечная балка палубного. Различают *концевой бимс* — усиленный бимс, совпадающий с поперечной кромкой выреза грузового люка, и *полубимс* — бимс, проходящий не по всей ширине судна (от борта до карлингса или до выреза в палубе). Шпангоут и бимс увеличенных размеров называются *рамными*.

*Карлингс* — усиленная продольная балка палубного перекрытия. Рама, расположенная по периметру в поперечном сечении корпуса судна и состоящая из последовательно соединенных друг с другом балок поперечного набора (флоров, шпангоутов, бимсов), называется *шпангоутной рамой*.



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

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

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

#### 4.2.3. Конструкция днища

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

При длине судна менее 50 м днищевые перекрытия могут выполняться без настила второго дна. При длине от 50 до 61 м, согласно Правилам Регистра СССР, установка настила второго дна обязательна в МО и в нос от него до переборки форпика. При длине судна более 61 м настил второго дна устанавливают от переборки форпика до переборки ахтерпика. Днищевые перекрытия могут набираться по различным системам набора, причем размеры элементов набора определяют по Правилам Регистра СССР с последующим проверочным расчетом прочности.

Днищевое перекрытие без второго дна, набранное по поперечной системе набора. Основными элементами набора являются вертикальный киль, стрингеры и флоры. *Вертикальный киль* устанавливают в диаметральной плоскости от форпиковой до ахтерпиковой переборок. Параллельно вертикальному килю на расстоянии 1100—2200 мм расположены *днищевые стрингеры*. Поперек судна на каждом шпангоуте установлены *сплошные флоры*, в которых для уменьшения веса сделаны вырезы, подкрепленные ребрами жесткости. Вертикальный киль рекомендуется делать неразрезным, а стрингеры разрезают на каждом флоре. Рассмотренная конструкция днища применяется на небольших сухогрузных судах.

Днищевое перекрытие без второго дна, набранное по продольной системе набора (см. рис. 4.7). Такую конструкцию имеют днищевые перекрытия в танках нефтеналивных судов. В зависимости от размеров судна в грузовых танках устанавливают от одной до трех продольных переборок. Днищевой набор каждого отсека состоит из продольных балок, высоких флоров и вертикального киля (при двух продольных переборках). Продольные балки рекомендуется пропускать, не разрезая, вдоль всех грузовых танков. Сплошные флоры разрезают на вертикальном киле и продольных переборках. В бортовых от-

секах флоры переходят в рамные шпангоуты и стойки продольных переборок, в средних танках устанавливаются в плоскости рамных стоек продольных переборок и присоединяются к ним с помощью книц. В нижней части флоров для прохода продольных ребер жесткости делают вырезы, которые используются для перетока нефтепродуктов. Для обеспечения стока нефтепродуктов к какому-либо борту в продольных ребрах жесткости также делают вырезы — шпигаты или голубницы.

Днищевое перекрытие со вторым дном, набранное по поперечной системе набора (рис. 4.8). Настил второго дна обеспечивает общую продольную прочность корпуса, удобство укладки груза и обслуживания трюма, препятствует проникновению воды внутрь судна при получении пробоины в днище. В диаметральной плоскости установлен вертикальный киль. Параллельно килю с каждого борта идут стрингеры, число которых зависит от ширины судна. Поперек судна располагают флоры, которые могут быть сплошными и открытыми (рис. 4.9). В свою очередь сплошные флоры бывают проницаемыми и водонепроницаемыми, а открытые — бракетными и облегченными. По Правилам Регистра СССР сплошные флоры устанавливают на расстоянии не более чем 4 шпангоутных расстояния (но не реже 3,6 м). Между сплошными флорами на каждом шпангоуте устанавливают открытые (бракетный или облегченный флор). Облегченный флор отличается от проницаемого большими размерами вырезов. Сплошные водонепроницаемые флоры выгораживают междудонные отсеки. Флоры приваривают к междудонному листу, который устанавливают нормально к наружной обшивке в районе скулы. Иногда междудонный лист ставится горизонтально. К крайнему междудонному листу присоединяют скуловые кницы, соединяющие днищевой набор с бортовым.

Днищевое перекрытие со вторым дном, набранное по продольной системе набора (см. рис. 4.6) чаще

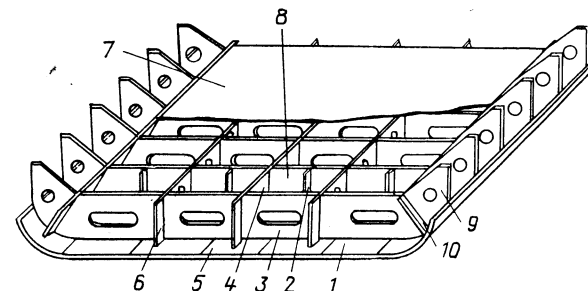


Рис. 4.8. Конструкция днищевых перекрытий с двойным дном при поперечной системе набора

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

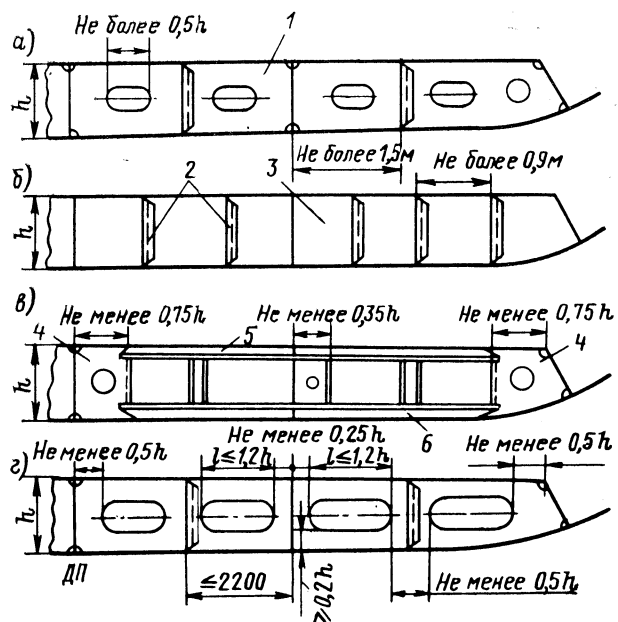


Рис. 4.9. Виды флоров: а — сплошной и проницаемый; б — сплошной непроницаемый; в — открытый бракетный; г — открытый облегченный  
1 — сплошной флор; 2 — ребра жесткости; 3 — непроницаемый флор; 4 — бракета; 5 — верхняя балка; 6 — нижняя балка

всего встречается на крупных сухогрузных судах и танкерах, конструкция которых удовлетворяет Международной конвенции 1973 г. о незагрязнении моря с судов. Основные элементы днищевого набора при продольной системе: вертикальный киль (может быть туннельным), стрингеры, продольные балки, идущие в одной плоскости под настилом второго дна и по наружной обшивке днища, флоры. Вертикальный киль располагают в диаметральной плоскости. Количество днищевых стрингеров с каждого борта зависит от ширины судна и колеблется от 1 до 3. На каждом третьем шпангоуте устанавливают сплошные флоры, в которых делают вырезы для прохода продольных ребер жесткости. При прохождении через сплошной водонепроницаемый флор продольные балки либо разрезаются, либо пропускаются с последующей приваркой специальных планок.

#### 4.2.4. Конструкция борта

На бортовое перекрытие действует гидростатическое давление воды, зависящее от осадки и возрастающее при волнении моря и качке.

Бортовое перекрытие, набранное по поперечной системе набора (см. рис. 4.6, 4.7). Эта система набора

применяется на сухогрузных судах, ледоколах и танкерах. Основные элементы набора — шпангоуты. При наличии нескольких палуб различают трюмные и твиндечные шпангоуты. Для увеличения местной прочности бортовые перекрытия могут быть усилены рамными шпангоутами и бортовыми стрингерами. Рамные шпангоуты ставят через четыре шпации; количество бортовых стрингеров колеблется от 1 до 3 и зависит от высоты борта. Рамные шпангоуты ставят в плоскости рамных бимсов и сплошных флоров, а бортовые стрингеры в плоскости мощных горизонтальных ребер жесткости переборок — шельфов. В трюмах сухогрузных судов применяют так называемую монотонную систему набора бортовых перекрытий. В этом случае высоту стенок всех трюмных шпангоутов и стрингеров делают одинаковой, что обеспечивает удобство укладки грузов в трюмы.

Бортовое перекрытие, набранное по продольной системе набора (рис. 4.10). Эта конструкция применяется на крупнотоннажных танкерах и нефтерудовозах. Основными элементами набора являются продольные ребра жесткости и рам-

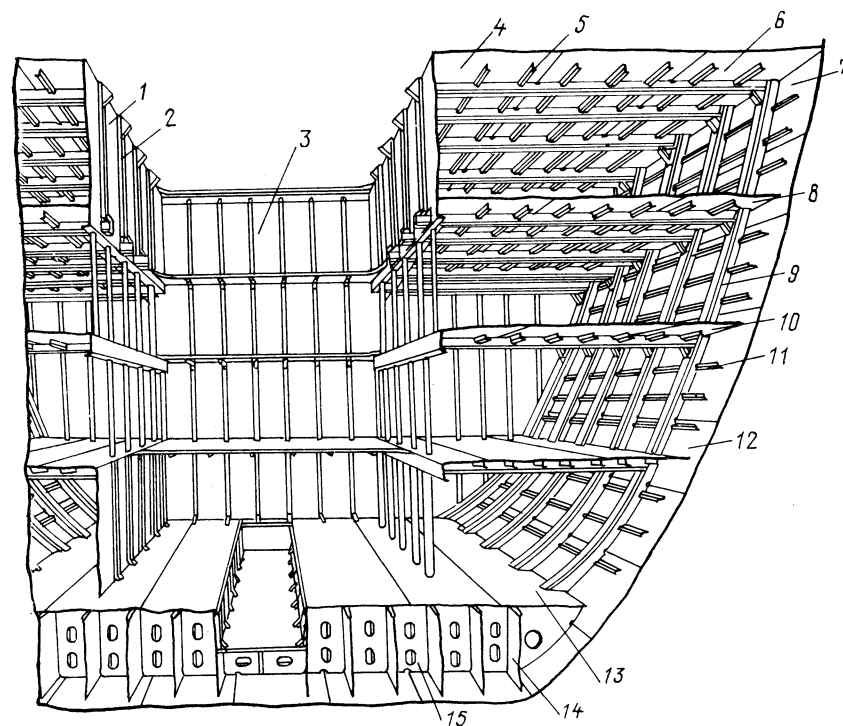


Рис. 4.10. Конструкция борта при продольной системе набора  
1 — стенка шахты МО; 2 — стойка шахты; 3 — переборка поперечная; 4 — настил палубы юта; 5 — подпалубное ребро жесткости; 6 — стрингер палубный; 7 — ширетрек; 8 — палуба переборок; 9 — шпангоут рамный; 10 — платформа МО; 11 — ребро жесткости борта; 12 — обшивка борта; 13 — настил второго дна; 14 — стрингер днищевой; 15 — флор сплошной

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

#### 4.2.5. Конструкция палуб и платформ

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

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

Палуба сухогрузного судна, набранная по поперечной системе набора (рис. 4.11). Такая система набора применяется на коротких судах, так как на них действует небольшой изгибающий момент и устойчивость настила при сжатии обеспечивается его толщиной. Палубы сухогрузных судов отличаются наличием больших вырезов — *грузовых люков*, имеющих карлингсы. Подпалубный набор состоит из *бимсов* и *полубимсов*. Вместе со шпангоутами борта и флорами днища бимсы образуют *шпангоутную раму*. Вдоль судна идут карлингсы, которые в районе грузовых люков совмещаются с их продольными

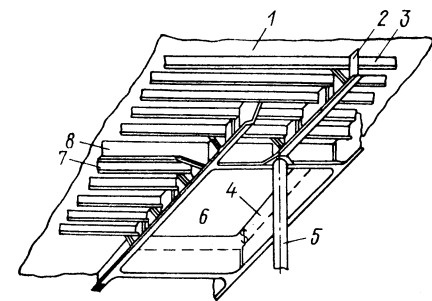


Рис. 4.11. Конструкция палубы сухогрузного судна при поперечной системе набора

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

комингсами, образуя конструкции, называемые *комингс-карлингсами*. Карлингсы могут ставиться в ДП, тогда продольные комингсы продолжают за поперечные на 2—3 шпации и оканчиваются «на ус». Поперечные комингсы продолжают под палубой концевыми бимсами. Для уменьшения массы палубных перекрытий по концам грузового люка в ДП либо по углам грузового люка ставятся *пиллерсы* (два или четыре соответственно). На крупнотоннажных судах вместо

пиллерсов могут быть установлены *полупереборки* протяженностью от поперечной переборки трюма до поперечного комингса люка.

Палуба сухогрузного судна, набранная по продольной системе набора (см. рис. 4.6). При этой системе набора бимсы в виде высоких рам ставят в плоскости бортовых рамных шпангоутов и рам днищевое перекрытия. Продольные ребра жесткости проходят сквозь рамные бимсы. В состав палубных перекрытий для обеспечения устойчивости включаются мощные продольные балки — *карлингсы*, совмещающиеся в районе люков с их продольными комингсами. Эта система дает некоторый выигрыш в массе корпуса судна, но отнимает больше полезной кубатуры под палубой, чем поперечная. Поэтому она применяется относительно редко и только на крупных судах.

Палуба танкера, набранная по продольной системе набора (см. рис. 4.7). Основными элементами набора являются продольные ребра жесткости, рамные бимсы и карлингсы. Подпалубные продольные ребра жесткости устанавливают в плоскости днищевых продольных балок. Рамные бимсы, через которые проходят продольные ребра жесткости, служат для них опорами. Рамные бимсы крепятся к рамным шпангоутам и стойкам продольных переборок с помощью книц. В среднем танке рамные бимсы раскрепляют кницями к карлингсу в ДП — отбойному листу. Он уменьшает площади свободных поверхностей и, следовательно, улучшает остойчивость.

Палубный набор нижних грузовых палуб сухогрузных судов (см. рис. 4.6). Выполняется по поперечной системе, так как эта система эффективнее воспринимает поперечную нагрузку и исключает применение высоко выступающих балок усиленных бимсов, отнимающих кубатуру трюма.

#### 4.2.6. Главные поперечные и продольные переборки

Главные поперечные и продольные переборки делят корпус на отсеки, обеспечивая тем самым непотопляемость судна. Поэтому их относят к числу основных конструкций корпуса. Они также участвуют в обеспечении общей и местной прочности.

Первая носовая поперечная переборка называется *переборкой форпика* (таранной). Крайний кормовой отсек судна — *ахтерпик* — образуется ахтерпиковой переборкой. Количество поперечных переборок на гражданских судах определяется Правилами Регистра СССР в зависимости от назначения судна.

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

Поперечные и продольные переборки состоят из полотнища и набора. *Полотнище* состоит из стальных листов, расположенных

обычно горизонтально, причем толщина их убывает снизу вверх пропорционально гидростатическому давлению воды, на действие которого рассчитывается прочность переборок. Набор состоит из балок (угольников, полосульбов, тавров), устанавливаемых вертикально — *стоек* или горизонтально — *горизонтальных ребер жесткости*. На крупных судах кроме балок главного направления устанавливают перекрестные связи, называемые *шельфами*, если они идут горизонтально, или *рамными стойками* — если вертикально. Стойку, расположенную в ДП, называют *доковой*. Она изготавливается усиленной, так как воспринимает реакции киль-блоков при постановке судна в док.

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

#### 4.2.7. Штевни, мортиры, фальшборт

**Форштевень** (рис. 4.12) — это стальной брус в носовой оконечности, принимающий на себя удары о грунт, причал, лед, при столкновении с другими судами. Форштевни бывают литыми, коваными и сварными, состоящими из одной или нескольких частей, соединяемых с помощью сварки. К форштевню приваривают листы наружной обшивки; палубы и бортовые стрингеры приваривают к горизонтальным ребрам *брешткам*, а вертикальный киль — к продольному ребру жесткости форштевня.

**Ахтерштевень** (рис. 4.13) — литая или сварная конструкция в кормовой оконечности, к которой крепятся листы наружной обшивки и элементы набора корпусных конструкций. На одновинтовых судах ахтерштевень состоит из двух основных частей: старн-поста и рудерпоста. *Старн-пост* является одной из опор дейдвудной трубы, проходящей через отверстие в яблоке ахтерштевня. К *рудерпосту* на петлях с помощью штырей подвешивают перо руля. Старн-пост и рудерпост сверху соединяются аркой, а внизу — подошвой, образуя таким образом окно ахтерштевня. Если руль полубалансирный, то рудерпост не связан внизу со старн-постом. В этом случае ахтерштевень образует корму «открытого» типа.

**Кронштейны гребных валов** — это опорные конструкции для бортовых гребных валов. Они бывают литыми и (реже) сварными, однолапными и двулапными.

**Мортиры** (рис. 4.14) представляют собой отливки, присо-

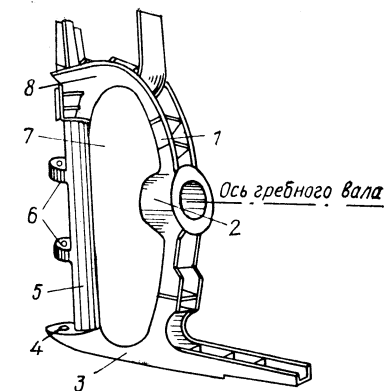
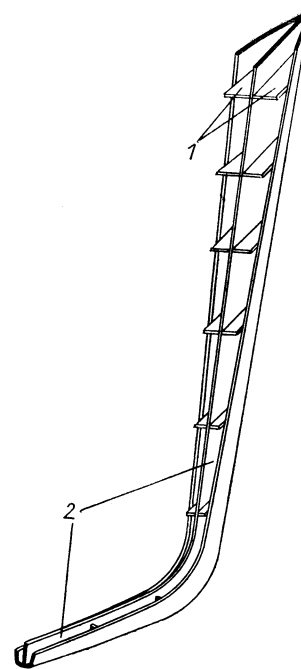


Рис. 4.13. Ахтерштевень одновинтового судна

1 — старн-пост; 2 — яблоко; 3 — подошва; 4 — пятка; 5 — рудерпост; 6 — петли руля; 7 — окно; 8 — арка

Рис. 4.12. Форштевень сварной  
1 — брештуки; 2 — продольное ребро жесткости

единенные к наружной обшивке, через которые выходят из корпуса гребные валы на многовалных судах. Мортира служит промежуточным подшипником гребного вала и местом установки уплотнительного устройства, исключающего попадание воды внутрь корпуса; крепят ее с помощью сварки.

**Фальшборт** (см. рис. 4.6) — конструкция из листов с подкрепляющим набором, основным элементом которого являются стойки, устанавливаемые через одну—две шпации. С помощью стоек фальшборт крепится к палубе. Поверх листа фальшборта приваривают полосу из профильной или листовой стали, называемой *планирем*. В нижней части фальшборта делают вырезы — *штормовые портики* — для стока за борт попавшей на палубу воды. Назначение фальшборта — оградить открытые участки

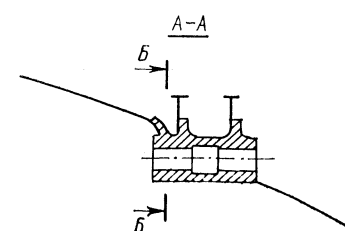
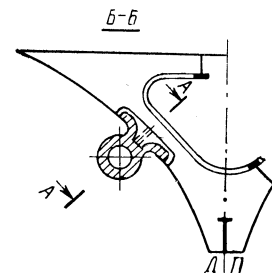


Рис. 4.14. Мортира

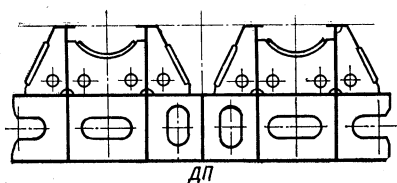


Рис. 4.15. Фундаменты под дизель-генераторы

палуб с целью предупреждения падения людей за борт и защиты палуб от попадания больших масс воды при сильном волнении.

#### 4.2.8. Фундаменты

Главные, вспомогательные и палубные механизмы, предметы оборудования, детали устройств устанавливают на фундаментах, состоящих из продольных и поперечных балок, подкрепленных brackets и кницами (рис. 4.15). Воспринимают фундаменты статические нагрузки от веса установленного оборудования, знакопеременные нагрузки при работе неуравновешенных механизмов, инерционные силы, возникающие при качке, которые распределяются на основные связи корпуса, подкрепляемые в этом районе дополнительно.

#### 4.2.9. Надстройки и рубки

Надстройка (рис. 4.16) — это закрытое сооружение на верхней непрерывной палубе, простирающееся по ширине от борта до борта или отстоящее от обоих бортов на расстояние, не превышающее 0,04 ширины судна. По месту расположения надстройки различают: *носовую (бак)*, *среднюю* и *кормовую (ют)*. Средняя надстройка длиной более 15 % длины судна называется длинной, менее 15 % — короткой. Длинная надстройка участвует в обеспечении общей продольной прочности. Надстройки состоят из плоских перекрытий, образующих борта, палубы, лобовую и концевую переборки. В качестве набора применяют полособульбовый или угловой профильный прокат.

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

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

В последнее время для уменьшения массы надстроек и рубок и снижения центра тяжести (центра масс) судна (и тем самым для увеличения его остойчивости) их часто изготавливают из алюминево-магниевого сплава.

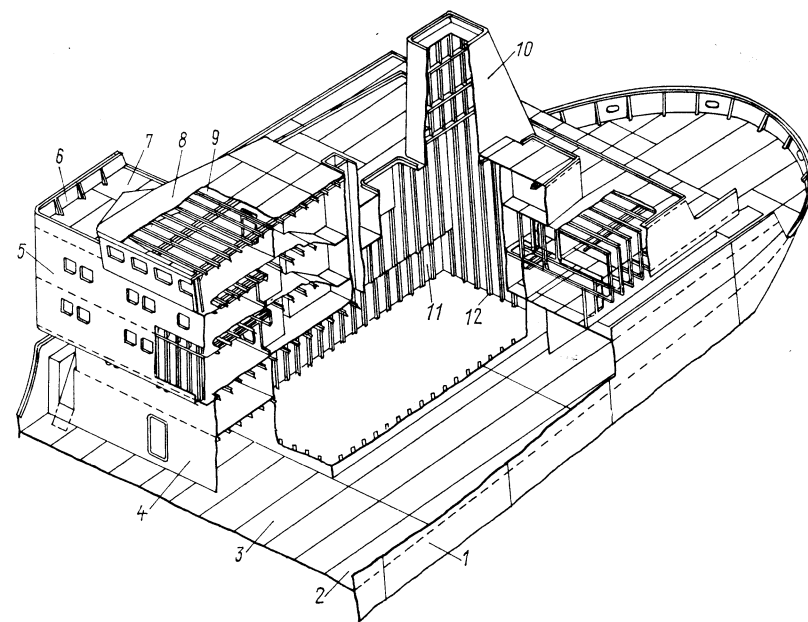


Рис. 4.16. Конструкция надстроек и рубок

1 — ширстрек; 2 — палубный стрингер; 3 — настил главной палубы; 4 — фронтальная переборка I и II ярусов надстройки; 5 — фронтальная переборка III и IV ярусов надстройки; 6 — фальшборт мостика; 7 — настил палубы мостика; 8 — палуба рубки; 9 — бимсы рубки; 10 — кожух дымовых труб; 11 — стенка шахты МО; 12 — стойка

#### 4.2.10. Выгородки и шахты

*Выгородки* служат для образования судовых помещений в междупалубных пространствах корпуса, надстроек и рубок. Их делают с приваренным набором, с отбортованными кромками или гофрированными. Выгородки изготовляют из стали или из алюминево-магниевого сплава. Толщина листов выгородок 1—5 мм. На судне выгородки крепят к заранее установленным комингсам. Выгородку и комингс из одного материала сваривают, а из разных (выгородка из алюминево-магниевого сплава, а комингс из стали) приклепывают или устанавливают на биметаллические планки с целью исключения электрохимической коррозии. При этом в заклепочном соединении между комингсом и выгородкой устанавливают тиоколовую прокладку и соединяемые поверхности грунтуют.

*Шахтами* называют специально выгороженные пространства (колодцы), идущие через несколько палуб в корпусе и надстройке (шахта машинно-котельного отделения, аварийные выходы). По конструкции шахты близки к выгородкам (см. рис. 4.16).

### § 4.3. Соединения деталей корпуса судна

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

Наиболее распространенными типами сварных соединений являются стыковые, тавровые, крестовые и угловые (рис. 4.17). Кромкам, подлежащим сварке, придается необходимая форма — производится разделка кромок. Они делаются либо без скоса, либо со скосом (односторонним, двусторонним, прямолинейным или криволинейным).

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

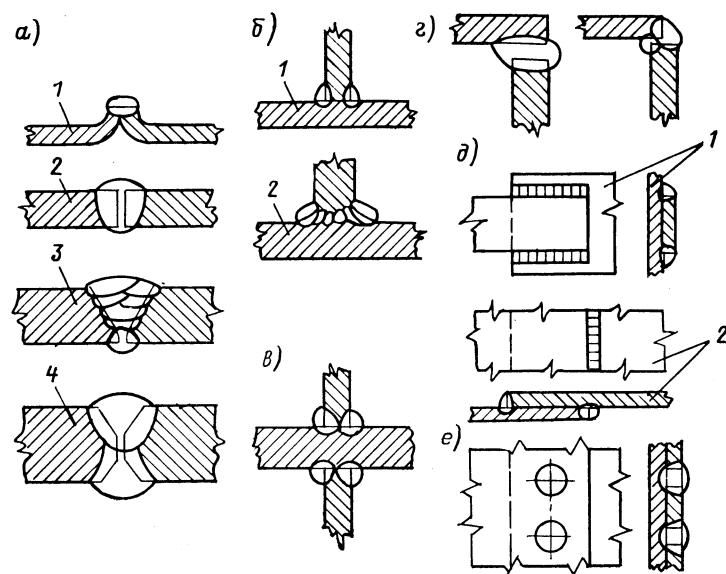


Рис. 4.17. Типы сварных соединений:

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

Заклепочные соединения применяют при изготовлении конструкций из тонких алюминиево-магнелиевых листов, а также при соединении надстройки из легких сплавов с корпусом из стали. Иногда заклепочные соединения применяются на крупных морских стальных судах для выполнения так называемых барьерных швов (соединение ширстрека с палубным стрингером), препятствующих появлению и распространению трещин. Типы заклепок и заклепочных соединений изображены на рис. 4.18, 4.19. Диаметры заклепок, расстояния между заклепками (шаг), материал и различные требования регламентируются Правилами Регистра СССР. Основными недостатками заклепочных соединений являются большая трудоемкость их выполнения, утяжеление конструкции, сложность обеспечения водонепроницаемости.

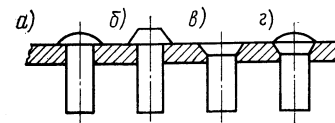


Рис. 4.18. Типы заклепок: а — с полукруглой головкой; б — с конической головкой; в — с потайной головкой; г — с полупотайной головкой

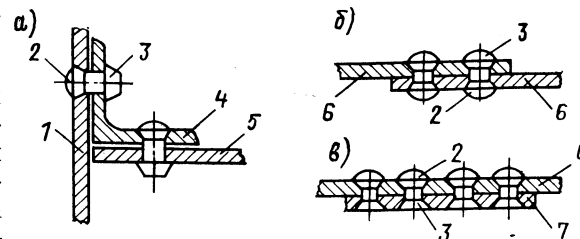


Рис. 4.19. Типы заклепочных соединений: а — соединение палубного стрингера с ширстреком; б — соединение двух листов внакрой; в — соединение двух листов наружной обшивки с накладной планкой

1 — ширстрек; 2 — замыкающая головка заклепки; 3 — закладная головка заклепки; 4 — стрингерный угольник; 5 — палубный стрингер; 6 — наружная обшивка; 7 — накладная планка

## Глава пятая

### ОБЩЕЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ, НАЗНАЧЕНИЕ И ОБОРУДОВАНИЕ СУДОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ. ДЕЛЬНЫЕ ВЕЩИ

#### § 5.1. Архитектурно-конструктивные типы судов

Архитектурно-конструктивный тип судна характеризуется его внешним видом и конструктивными особенностями. Он зависит от формы основного корпуса, числа палуб и платформ, расположения и количества надстроек и рубок, местоположения машинного отделения, кожуха дымовой трубы, расположения рангоута, количества и расположения переборок, высоты надводного борта и т. д.

Форма основного корпуса характеризуется формой штевней, линией седловатости, килевой линией, формой мидель-шпангоута, обводами кормовой оконечности.

На рис. 5.1 показаны наиболее распространенные формы носовой оконечности морских судов. Для обычных сухогрузных судов характерен *прямой форштевень* с углом наклона  $25\text{--}30^\circ$  от вертикали. *Наклонная форма форштевня* необходима для увеличения площади палубы с целью размещения палубных механизмов, улучшения всхожести на волну, уменьшения заливаемости и обеспечения безопасности (при столкновении судов наклонный форштевень вызывает повреждения в основном в надводной части как у протараненного судна, так и у таранившего). У судов ледового плавания в подводной части наклон форштевня (под углом  $40\text{--}50^\circ$  к горизонту) улучшает условия плавания в битом льду, а почти вертикальный в надводной части позволяет следовать вплотную за ледоколом. Наклон форштевня в подводной части у ледоколов составляет  $25\text{--}30^\circ$  к горизонту. Форштевни пассажирских лайнеров в подводной части имеют *бульбообразную форму*, а в надводной — *клиперскую*. В ряде случаев бульбообразная форма уменьшает волнообразование, за счет чего скорость судна увеличивается на  $1\text{--}5\%$ . С этой же целью бульбообразный нос применяют на танкерах и сухогрузных судах с умеренными скоростями. На супертанкерах и на крупнотоннажных балкерах получила распространение носовая оконечность *цилиндрической* формы.

Кормовая оконечность может быть крейсерской, обыкновенной и транцевой (рис. 5.2). *Крейсерская* корма характерна для быстроходных морских судов (сухогрузных, пассажирских), *обыкновенная* — для тихоходных речных. Корабли и быстроходные катера чаще всего имеют *транцевую* корму. В последние

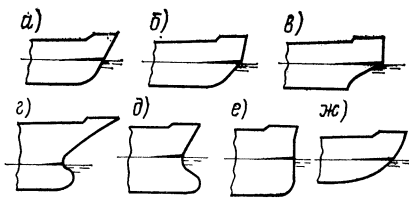


Рис. 5.1. Типичные формы носовой оконечности морских судов: а — обыкновенный нос транспортного судна с прямым наклонным форштевнем; б — нос судна ледового плавания («полуледокольная форма»); в — нос ледокола; г — клиперский нос с бульбом быстроходного пассажирского лайнера; д — бульбообразный нос; е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

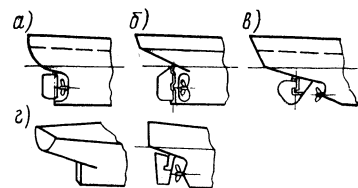


Рис. 5.2. Типичные формы кормовой оконечности морских судов: а — крейсерская корма; б — обыкновенная корма с подзором; в — транцевая корма; г — крейсерско-транцевая корма

годы на транспортных и промысловых судах находит применение *крейсерско-транцевая* форма кормы, позволяющая упростить технологию постройки судов, уменьшить вибрацию кормовой оконечности (вследствие укорочения кормового свеса). Форма кормовой оконечности в значительной мере зависит от числа винтов.

Седловатость верхней палубы, определяемая по Правилам о грузовой марке, может быть *стандартной, увеличенной и уменьшенной*. Суда с избыточным надводным бортом (контейнеровозы, суда с горизонтальным способом грузообработки) вообще не имеют седловатости.

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

По количеству и расположению надстроек и рубок различают следующие архитектурные типы судов (рис. 5.3): *гладкопалубные*, у которых имеются только рубки; *трехостровные*, имеющие три надстройки: носовую — бак, среднюю — надстройку и кормовую — ют; *двухостровные*, имеющие две надстройки: одноярусный бак и многоярусную надстройку юта. Если средняя надстройка сливается с баком или ютом, то судно соответственно имеет удлиненный бак или ют; *одноостровные*, имеющие одну надстройку, — бак или ют; со *сплошной надстройкой* по всей длине судна; *квартердечные* суда, имеющие местный подъем верхней палубы на  $0,8\text{--}1,2$  м в кормовой части.

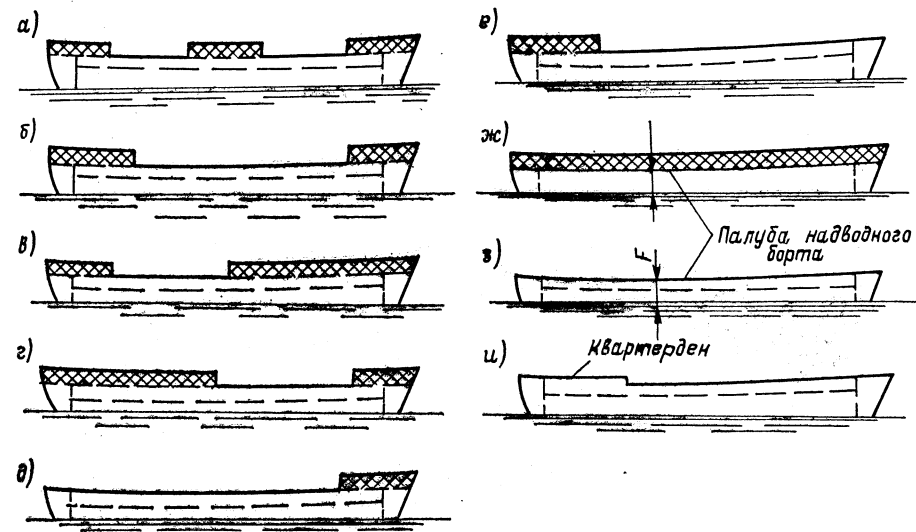


Рис. 5.3. Архитектурно-конструктивные типы судов в зависимости от числа и расположения надстроек: а — трехостровное; б — двухостровное; в — двухостровное с удлиненным ютом; г — одноостровное с баком; д — одноостровное с ютом; е — со сплошной надстройкой; ж — гладкопалубное без надстроек; з — квартердечное



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

Архитектура судна разрабатывается с начальных стадий его проектирования. Формы судна должны в максимальной степени соответствовать его назначению, состоять из технологически рациональных конструкций и в то же время удовлетворять эстетическим требованиям. Доминирующим становится стремление к простоте и целесообразности. Надстройки и рубки приобретают прямоугольные формы (рис. 5.4). Это позволяет широко использовать при их проектировании блочно-модульный метод формирования и обстройки помещений, что ведет к снижению стоимости постройки судов.

Значительная высота труб современных судов, их кормовое расположение на большинстве судов и вывод собственно выхлопных труб выше верхнего среза кожуха обеспечивают минимальную задымляемость. Нередко на современных судах устанавливают две трубы побортно, что позволяет улучшить отвод отработавших газов, а также обусловлено эстетическими соображениями.

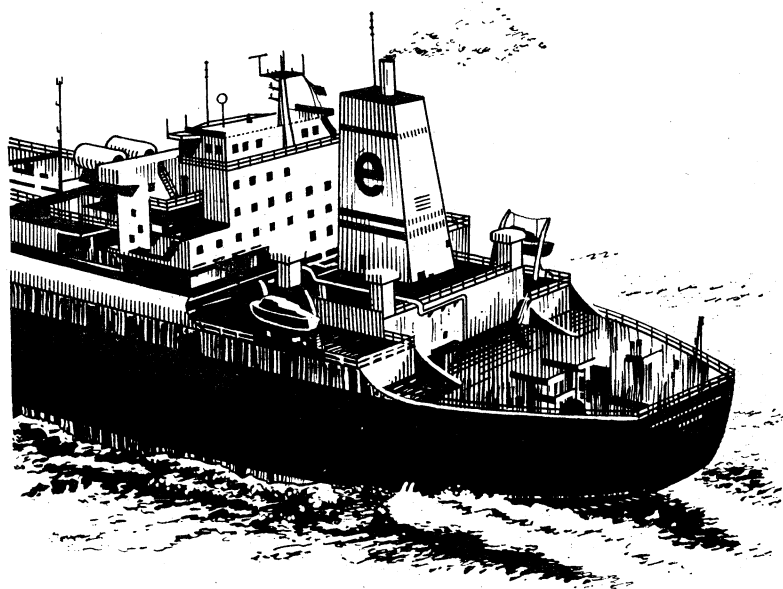


Рис. 5.4. Кормовая надстройка современного грузового судна

На архитектуру судна влияет расположение машинно-котельного отделения по длине. На современных транспортных судах чаще встречается кормовое или смещенное в корму (промежуточное) расположение машинного отделения.

## § 5.2. Классификация судовых помещений

Судовые помещения размещают в основном корпусе, надстройках и рубках. Помещения в основном корпусе, образованные основными переборками, палубами и платформами, называют отсеками. В основном корпусе различают следующие отсеки (рис. 5.5): *форпик* — крайний носовой отсек; *ахтерпик* — крайний кормовой отсек; *междудонное пространство* — пространство между днищем и вторым дном; *трюм* — пространство между вторым дном и нижней палубой; *твиндек* — пространство между палубами; *диптанки* — глубокие цистерны, расположенные выше второго дна; *коффердамы* — узкие нефте- и газонепроницаемые отсеки, расположенные между отсеками и цистернами для нефтепродуктов и соседними помещениями; *отсеки главных и вспомогательных механизмов*; *туннель гребного вала* — пространство для размещения и обслуживания гребного вала на судах с МКО в средней части судна. Наличие тех или иных отсеков на судне зависит от его назначения и от размещения МКО по длине судна.

Надстройки расположены на верхней палубе основного корпуса. Рубки устанавливают на верхней палубе или на надстройках.

Для ориентации местоположения того или иного помещения на судне приняты следующие названия палуб и междупалубных помещений (рис. 5.6).

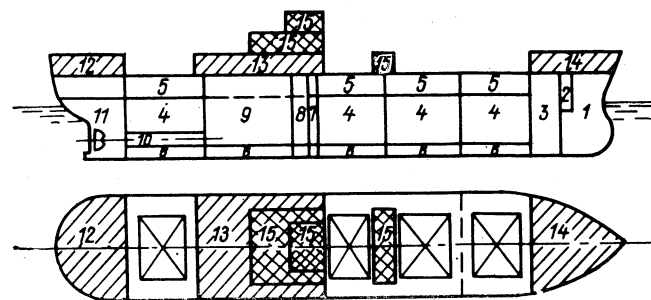


Рис. 5.5. Схема судовых помещений на сухогрузном судне

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



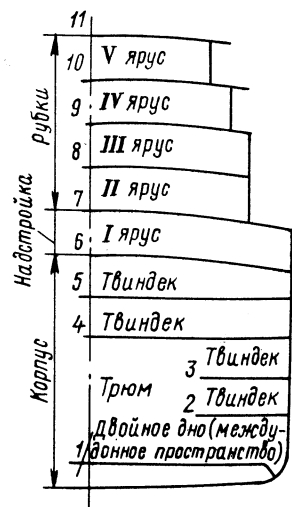


Рис. 5.6. Наименование палуб и междупалубных помещений

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

гического оборудования для обработки рыбы — на промысловых судах; для лабораторий — на научно-исследовательских судах.

**Помещения технической эксплуатации** предназначены для обеспечения нормальной эксплуатации судна как плавучего сооружения. В их число входят помещения главных и вспомогательных механизмов, рубки и посты (штурманская, радиорубка, центральный пост управления и др.), административные помещения (канцелярии, отдел кадров, бухгалтерия и др.), лаборатории (фотолаборатория, химическая и др.), административно-хозяйственные помещения (архив, багажное отделение и др.).

**Жилые помещения** (каюты) предназначены для размещения пассажиров, а также для проживания и отдыха экипажа и обслуживающего персонала.

Каюты для пассажиров в зависимости от расположения, площади, количества мест и оборудования подразделяются на

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

В надстройке и рубках (снизу вверх): палуба I яруса надстройки (бака, юта, средней надстройки), палуба II яруса рубки, палуба III яруса рубки и т. д. К этим терминам могут прибавляться названия палуб в зависимости от их назначения: прогулочная, шлюпочная, нижний (ходовой) мостик, верхний (навигационный) мостик.

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

В зависимости от назначения все судовые помещения разделяются на специальные, помещения технической эксплуатации, каюты, общественные помещения, помещения бытового обслуживания, пищеблока, медицинского назначения, судового снабжения, мастерские, помещения санитарной очистки, отсеки и цистерны для топлива, воды, масла и водяного балласта.

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

каюты класса «Люкс», туристские и салоны с местами для сидения.

Экипаж и обслуживающий персонал размещаются в блок-каютах для старшего комсостава и каютах. В блок-каюты входят салон, кабинет, спальня, буфетная, прихожая. Каюты команды, предназначенные для размещения более четырех человек, обычно называются кубриками.

**Общественные помещения** предназначены для организации и проведения культурно-массовых мероприятий на открытых палубах и в закрытых помещениях судна, коллективного отдыха, питания пассажиров, экипажа и обслуживающего персонала. Сюда входят общественные помещения для экипажа, общественные помещения для пассажиров, площадки на открытых палубах, проходные помещения.

К общественным помещениям экипажа относят столовую команды, кают-компанию, салон комсостава, салон команды, спортзал, бассейн и пр. К общественным помещениям пассажиров относят рестораны, бары, буфеты, салоны (курительные, музыкальные), бассейн, библиотеку и т. п.

**Помещения бытового обслуживания** предназначены для чистки и ремонта обуви и одежды, фото- и парикмахерского обслуживания, для ручной клади, продажи газет, журналов и т. д. Эти помещения оборудуют на промысловых базах, экспедиционных научно-исследовательских и пассажирских судах.

**Помещения пищеблока** предназначены для разделки продуктов, приготовления пищи, выпечки и хранения хлеба и кондитерских изделий, раздачи пищи пассажирам и экипажу судна, а также для мытья посуды. В их число входят камбузы (для пассажиров, для экипажа), кладовые расходного запаса, разделочные, буфетные и др.

**Санитарные помещения** предназначены для обеспечения личной гигиены и для санитарно-бытового обслуживания экипажа и пассажиров. К ним относятся умывальные, душевые, ванны, туалеты, бани, прачечные, гладильные, камеры для сушки и др.

**Помещения медицинского назначения** предназначены для амбулаторного и стационарного лечения, проведения различных лечебно-профилактических мероприятий. В их число входят лазарет, изолятор, амбулатория, приемная врача, операционная, кабинеты (хирургический, рентгеновский и др.), аптека, лаборатория, кладовые. Состав основных медицинских помещений для судов неограниченного района плавания регламентируется Санитарными правилами в зависимости от численности экипажа и пассажиров.

**Помещения судового снабжения** предназначены для создания на судне необходимых условий хранения запасов провизии, ЗИП, судового имущества, расходных материалов и белья. К ним относятся кладовые провизионные, хозяйственные, шкиперские (маларная, такелажная, плотницкая), штурманские, бельевые и т. д.

Мастерские предназначены для выполнения различного рода ремонтных работ.

В состав помещений санитарной очистки входят помещения для сжигания мусора и отходов нефтепродуктов, для оборудования по обработке сточных вод, для оборудования по уничтожению твердых и жидких отходов, помещение мусороудалителя.

### § 5.3. Размещение, планировка и оборудование судовых помещений

Специальные помещения занимают основную часть объема корпуса на судах соответствующего назначения. Грузовые трюмы на грузовых судах оборудуют в соответствии с их назначением. Для изоляции груза от соприкосновения с влажным бортом и предохранения его и борта от случайных повреждений грузовой трюм сухогрузного судна изнутри обшивают деревом. Борты и переборки защищают съемными деревянными брусками — рыбисами, расположенными горизонтально в заранее приваренных к набору скобах на расстоянии 200—300 мм по высоте. Настил второго дна покрывают сплошным деревянным настилом. Если судно предназначено для транспортировки груза, выгружаемого грейфером, то настил второго дна делают усиленным не менее чем на 4 мм.

На судах, перевозящих зерно, в верхней части грузовых трюмов устанавливают в ДП временные (из металлических стоек и закладных досок) или штатные (в виде складных щитов) продольные переборки, называемые *шифтинг-бордсами*. Эти переборки высотой примерно  $\frac{1}{3}$  высоты трюма предотвращают пересыпание зерна с борта на борт при качке судна, что может привести к опрокидыванию судна.

Внутренние поверхности рефрижераторных трюмов покрывают теплоизолирующим материалом (плиточным или волокнистым) и зашивают деревом или листами из легкого сплава. Трюмы оборудуют устройствами для размещения и крепления груза.

Трюмы судов с горизонтальным способом грузообработки, предназначенные для транспортировки колесной техники, оборудованы устройствами и приспособлениями для перемещения груза с палубы на палубу (аппарели, лифты) и для его надежного раскрепления. Для предотвращения образования взрывоопасных концентраций паров бензина в трюмах предусматривают усиленную вентиляцию (до 20 обменов в час).

Помещения технической эксплуатации размещаются по всему судну.

Требования к жилым и общественным помещениям экипажа и пассажиров — их размерам, размещению и составу — регламентируются Санитарными правилами для морских судов СССР, положениями Международной конвенции 1970 г. о помещениях для экипажа и Правилами Регистра СССР. Согласно этим требованиям для размещения экипажа и пассажиров можно исполь-

зовать любые помещения на судах, за исключением помещений без естественного освещения, расположенных непосредственно над топливными и масляными цистернами или смежно с ними, за переборками форпика в нос и ахтерпика в корму, ниже палубы переборок.

Жилые помещения экипажа на грузовых судах располагаются в надстройке и под верхней палубой, не ниже ватерлинии, как можно дальше от кормы, чтобы меньше ощущалась качка и вибрация от работающих винтов. Для уменьшения шума в каютах, находящихся вблизи шахты МКО, ее обстраивают помещениями вспомогательного назначения (кладовые, раздевалки и т. п.).

В последние годы появились суда (крупнотоннажные танкеры, суда с горизонтальным способом грузообработки), у которых шахта полностью отделена от жилой надстройки.

Комсостав размещают в одноместных каютах, причем для капитана, старшего помощника и старшего механика предусматриваются блок-каюты (рис. 5.7). Каюта капитана обычно находится с правого борта на ярус ниже рулевой рубки, каюты помощников капитана — здесь же или ниже ярусом. Персонал службы технической эксплуатации располагают по левому борту ближе к МКО, а персонал эксплуатации — по правому. Команда размещается в одно- и двухместных каютах.

В последние годы появились проекты типовых кают (рис. 5.8), при создании которых использовалась модульная система формирования, отделки и оборудования помещений. Судовое оборудование помещений изготавливают в морском исполнении. Для этого вся судовая мебель, которую в обычных условиях можно пере-

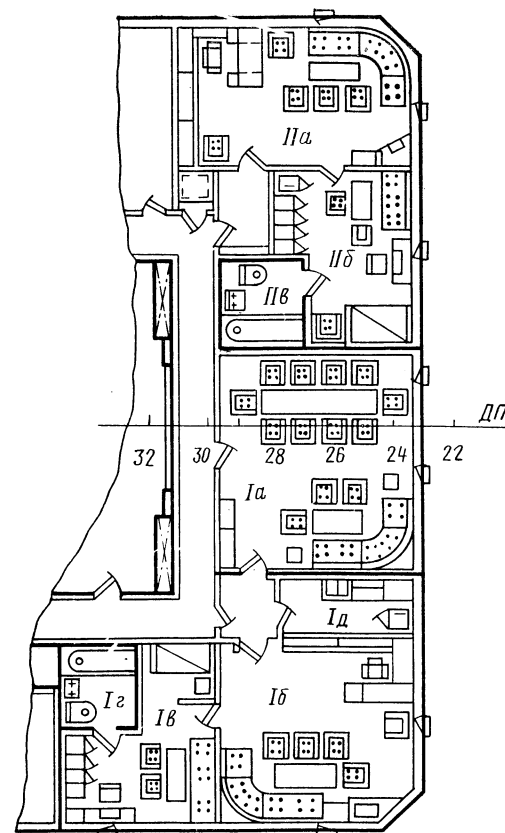


Рис. 5.7. Каюты комсостава на крупнотоннажном судне

Блок-каюта капитана; 1а — салон; 1б — кабинет; 1в — спальня; 1г — санузел; 1д — буфетная. Блок-каюта главного механика; 1и — кабинет; 1ж — спальня; 1з — санузел

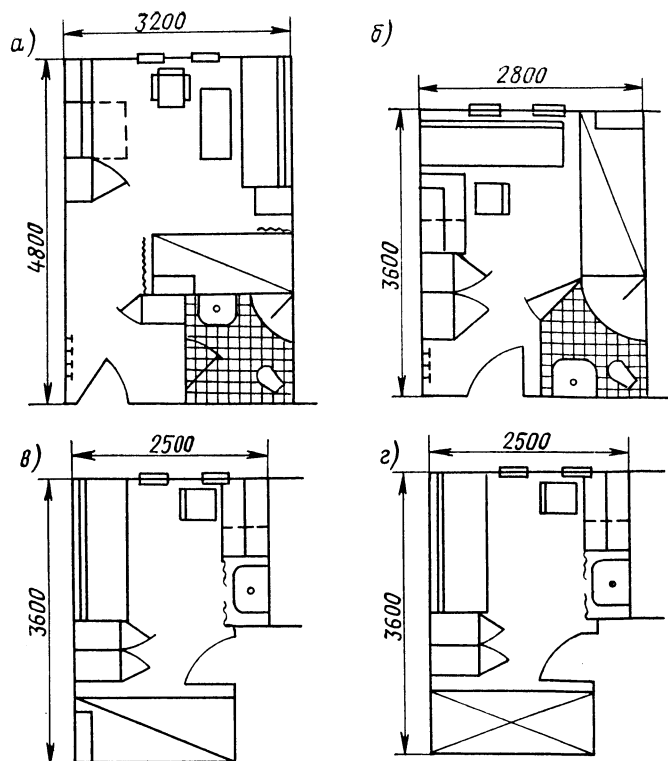


Рис. 5.8. Типовые каюты: а — одноместная комсостава площадью 13,1 м<sup>2</sup>; б — одноместная команды площадью 10,1 м<sup>2</sup>; в — одноместная команды площадью 8,4 м<sup>2</sup>; г — двухместная команды площадью 8,4 м<sup>2</sup>

двигать, имеет штормовое крепление, надежно удерживающее ее во время шторма. Судовые койки имеют по краю буртик, предотвращающий падение при качке. Для посуды на полках предусмотрены специальные гнезда-крепления.

Помещения бытового обслуживания размещают в районе общественных помещений, но без естественного освещения. Пищевые блоки находятся вблизи тех помещений, которые они обслуживают.

Санитарно-гигиенические помещения располагают в непосредственной близости от жилых помещений или в одном блоке с ними. Банно-прачечный блок, как правило, размещают в корме судна ниже верхней палубы.

Медицинские помещения следует располагать в надстройке, изолированно от жилых помещений и помещений пищеблока, в малозумных местах. Подходы должны допускать свободное передвижение с больным на носилках. В изолятор должен быть вход с открытой палубы через тамбур или изнутри помещений.

#### § 5.4. Изоляция, зашивка и отделка судовых помещений. Палубные покрытия

Судовая изоляция разделяется на тепловую, противопожарную и виброзвукопоглощающую (рис. 5.9).

Изоляционные материалы характеризуются объемной массой, коэффициентом теплопроводности, температурой применения, горючестью, стоимостью.

Для тепловой изоляции корпусных конструкций наибольшее распространение получили пенопласты (ФС-7-2, ПСБ-С), теплоизоляционные изделия из стеклянного и штапельного волокна, плиты минераловатные на синтетическом связующем, тепловозвукоизолирующие (АТИМС). В последнее время для изоляции корпусных конструкций стали внедряться такие материалы, как пенопласты (ВИЛАРЕС 400, РИТМ), плиты мягкие на основе базальтового волокна.

Для тепловой изоляции силовых установок и систем применяют асбестовые ткани, шнуры, картон, изделия из вермикулита (ФОВ), совелита. Весьма перспективным является внедрение в качестве изоляционных материалов базальтовых шнуров, матов на основе базальтового волокна.

Противопожарная изоляция предотвращает распространение пожара по судну. Основным отечественным огнезащитным материалом является асбосилит — композиция на основе асбеста и известково-кремнеземистого связующего. Асбосилит выпускается в форме плит (щитов). Применяется также асбоцементная напыляемая изоляция.

К виброзвукопоглощающей изоляции относится звукоизоляция (все теплоизоляционные материалы) и виброизоляция (покрытия из полиакрила, випонита, «Агат»).

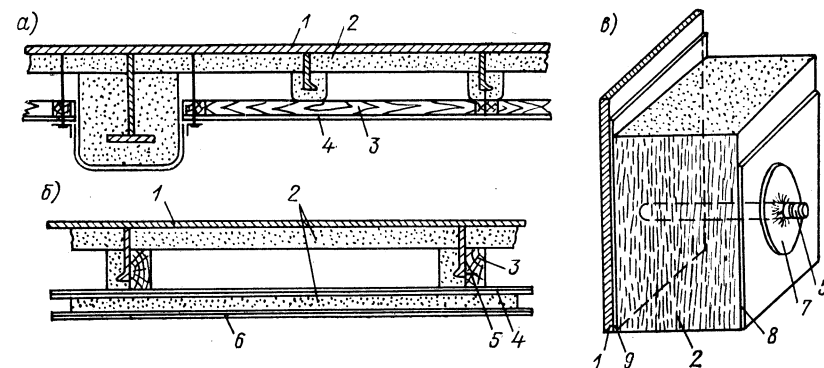


Рис. 5.9. Изоляция судовых поверхностей: а — тепловая изоляция на клею; б — звуковая изоляция; в — тепловая изоляция на приварных шпильках  
1 — изолируемая поверхность; 2 — теплоизолирующий слой; 3 — обрешетник; 4 — листок изоляции; 5 — шпилька; 6 — декоративная зашивка; 7 — шайба; 8 — гидрозащита; 9 — грунт

Монтаж плиточной (прилегающей) изоляции осуществляется путем ее наклейки с последующей грунтовкой наружной поверхности изоляции для защиты от влаги. Установка щитов выносной изоляции производится с помощью шпилек, заранее приваренных к изолируемой поверхности. Шпильками крепится и войлочная изоляция. С целью защиты от влаги ее покрывают поливинилхлоридной пленкой. Противопожарную напыляемую изоляцию наносят с помощью пистолетов-распылителей.

Монтаж теплоизоляции трубопроводов может быть выполнен намоткой асбестовых шнуров; навивкой асбестовых тканей; покрытием формованными изделиями (получилиндрами или сегментами) и др.

К работам по отделке и оборудованию судовых помещений относится монтаж обрешетников, неметаллических переборок и выгородок, зашивка изоляции, а также покрытие палуб, монтаж мебели и оборудования, окраска помещений.

Обрешетник — это деревянный или металлический каркас, который служит для установки переборок и выгородок, настила полов и крепления зашивки помещений судна. К *неметаллическим переборкам* относятся: деревянные каркасные, состоящие из брускового обрешетника, зашитого с обеих сторон фанерой с последующей окраской или декоративной отделкой; щитовые переборки, состоящие из деревянных каркасных щитов, облицованных фанерой или слоистым пластиком. Щиты могут состоять из столярных, древесно-волоконных, древесно-стружечных плит, асбосилитовых или маринитовых плит, обычно облицованных трудно сгораемым слоистым пластиком.

Для улучшения обитаемости и внешнего вида жилых и служебных помещений, а также для защиты изоляции от случайных повреждений ограничивающие их поверхности вместе с набором закрывают *декоративной зашивкой*. В настоящее время применяются (рис. 5.10): зашивка листовыми материалами (из легких сплавов, стальные или из слоистого пластика) по металлическому или деревянному обрешетнику; зашивка панелями (щитами) из фанеры или из столярной плиты, облицованной с лицевой стороны шпоном из ценных пород древесины или слоистым пластиком, а с обратной стороны березовым шпоном; зашивка стандартными (модульными) панелями.

Модульный метод обстройки помещений является одной из частных форм использования модулей в судостроении. В основу метода положено применение стандартизированных рядов размеров типовых судовых помещений, их оборудования и элементов отделки, кратных общему измерителю — модулю М.

Стандартизация оборудования и элементов отделки при внедрении модульной системы позволяет изготовить их большими сериями, применяя индустриальные методы, что резко увеличивает производительность труда, повышает культуру производства и качество отделки помещений, снижает трудоемкость работ. При этом большой объем работ переносится в цех.

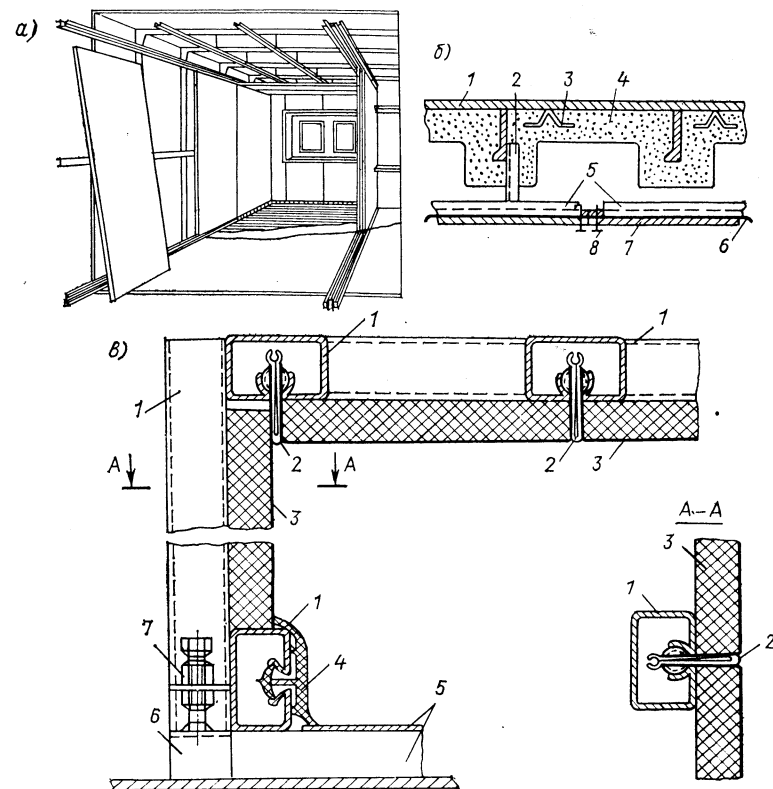


Рис. 5.10. Зашивка помещений:  
а — схема зашивки помещения; б — зашивка напыляемой противопожарной изоляции:

1 — переборка; 2 — коротыш; 3 — шплинт; 4 — изолирующий слой; 5 — угольник обрешетника; 6 — прокладка из тиколоа; 7 — лист зашивки из АМг; 8 — самонарезающий винт; 9 — каркасная система зашивки:  
1 — секция каркасов; 2 — декоративно-отделочный пластмассовый профиль; 3 — модульные панели; 4 — пластмассовый плинтус; 5 — палубное покрытие; 6 — скоба; 7 — установочный болт

Покрытия палуб могут быть деревянными, мастичными, линолеумными по деревянным и мастичным покрытиям, керамическими, цементными, металлическими (в машинных и котельных отделениях). В каютах на линолеум стелят синтетические ковры.

Для отделки и оборудования жилых и служебных помещений используются также плиточный и рулонный линолеум, ткани, декоративные бумажно-слоистые пластики, ковровые материалы, заменители кожи, художественная роспись.

### § 5.5. Дельные вещи

Дельными вещами называют металлические или пластмассовые части корпуса, а также отдельные изделия, не входящие в состав корпуса и не относящиеся к судовым устройствам и меб-

лировке помещений, но необходимые для обеспечения нормальных условий эксплуатации судна. К ним относятся иллюминаторы, окна, двери, крышки сходных люков и горловин, трапы.

Международной организацией по стандартизации ИСО принят термин «оборудование корпуса» вместо термина «дельные вещи».

Естественное освещение на судах осуществляется с помощью иллюминаторов, окон и световых люков. Они также используются для обеспечения естественной вентиляции помещений.

Иллюминаторы различают по форме выреза — круглые и прямоугольные; по месту расположения — бортовые, рубочные, палубные и универсальные; по конструкции — тяжелые, нормальные и облегченные; по роду материала — стальные, из легких сплавов, цветных металлов и очень редко пластмассовые. Кроме того, иллюминаторы могут быть глухими и створчатыми (рис. 5.11).

Створчатые иллюминаторы отличаются от глухих тем, что стекло вставляется не в корпус, а в раму, которая может открываться. Непроницаемость створчатых иллюминаторов обеспечивается резиновыми прокладками, укладываемыми в специальные пазы в раме иллюминатора. При задривании кромка корпуса иллюминатора вжимается в эту прокладку. Иллюминаторы задривают с помощью откидных болтов, на которые навинчивают гайки-барашки. Бортовые иллюминаторы имеют круглую форму с диаметром в свету от 200 до 400 мм.

Тяжелые, нормальные и облегченные иллюминаторы отличаются толщиной стекла (от 6 до 14 мм) и способом задривания. В наружной обшивке корпуса и в лобовых переборках надстроек и рубок первого яруса устанавливают тяжелые иллюминаторы

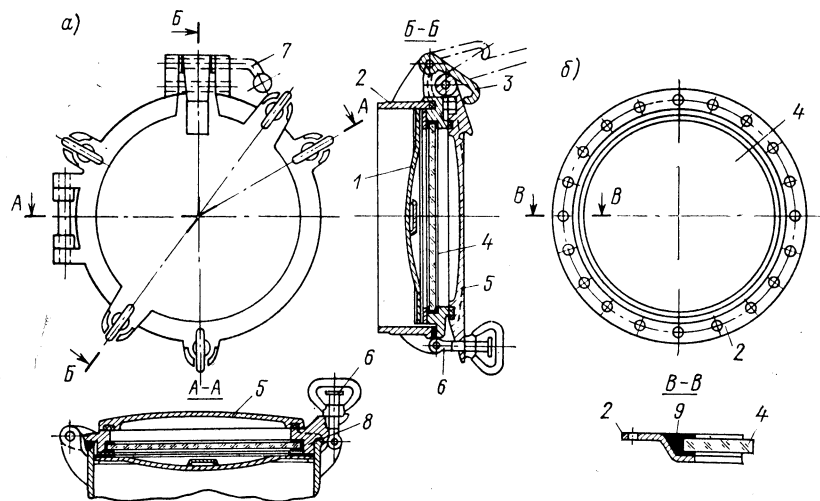


Рис. 5.11. Иллюминаторы: а — створчатый; б — глухой

1 — затемнитель; 2 — корпус; 3 — стопор; 4 — стекло; 5 — штормовая крышка; 6 — откидной болт с барашковой задрайкой; 7 — ручка стопора; 8 — рамка; 9 — герметик

со штормовыми крышками с уплотняющими резиновыми прокладками. Бортовые иллюминаторы располагают так, чтобы их нижние кромки оказались над летней грузовой ватерлинией не ниже, чем на 2,5 % ширины судна (не менее чем на 500 мм).

Рубочные иллюминаторы — прямоугольные по форме, могут быть глухими и створчатыми. Универсальные иллюминаторы (глухие), круглые по форме, с размерами в свету 200—300 мм устанавливают в дверях, крышках световых люков, рубках.

Окна — глухие, створчатые и опускаемые — устанавливают на верхних ярусах рубок и надстроек в общественных помещениях, пассажирских каютах, в рулевых рубках. Окна рулевых рубок снабжают электрообогревом и стеклоочистителем. Размеры окон не регламентированы.

Световые люки (рис. 5.12) служат для освещения и вентиляции МКО, камбуза, коридоров и других помещений, расположенных в местах, удаленных от борта судна. Световые люки имеют комингс, закрываемый водонепроницаемой крышкой, в которую вмонтированы универсальные иллюминаторы с армированным стеклом или с прутковым ограждением. Крышки световых люков имеют ручной или гидравлический привод для открывания изнутри.

Крышки сходных люков (рис. 5.13) предназначены для закрытия люков, ведущих в нижележащие помещения. На сходных люках устанавливают круглые, квадратные или прямоугольные крышки, которые могут быть водогазонепроницаемыми, брызгонепроницаемыми и проницаемыми. Наиболее часто на судах применяют квадратные и прямоугольные люки размерами в свету 600×600 и 1200×800 мм и круглые диаметром 600 мм. Крышки сходных люков задривают с помощью барашковых, индивидуально-клиновых и центрально-рычажных задраек. Крышки крепятся к комингсам на петлях. Тяжелые крышки имеют уравновешивающий пружинный привод, облегчающий их подъем.

Горловины (рис. 5.14) служат для доступа в редко посещаемые отсеки судна (двойное дно, коффердамы, цистерны и бункеры) с целью их осмотра, очистки, окраски. Наиболее часто применяют овальные горловины размерами в свету 500×400 и 600×450 мм. Они имеют по периметру комингс, к которому крепится крышка с уплотнительной прокладкой на шпильках или болтах.

В зависимости от назначения двери разделяют на водогазонепроницаемые, устанавливаемые в водонепроницаемых переборках (во всех входах с открытой палубы в надстройки и рубки); клинкет-

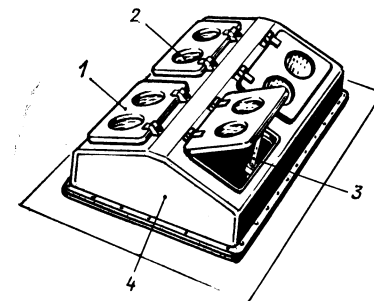


Рис. 5.12. Световой люк

1 — крышка водогазонепроницаемая; 2 — иллюминатор глухой; 3 — стопор; 4 — комингс

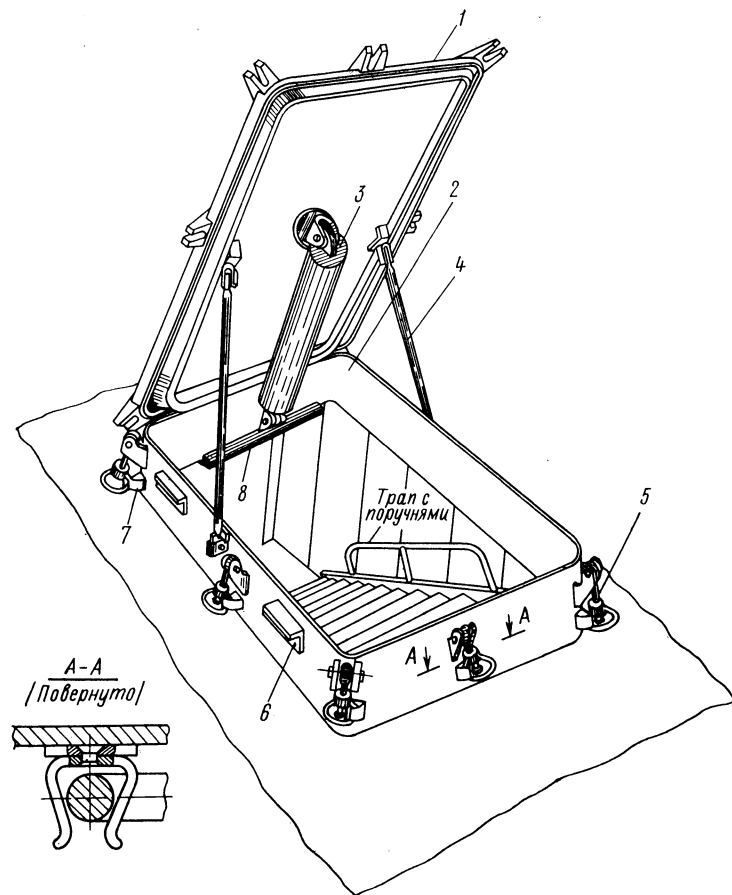


Рис. 5.13. Сходный люк

1 — полотно крышки с резиновой прокладкой; 2 — комингс; 3 — подъемное пружинное устройство крышки; 4 — упоры; 5 — откидной болт с барашковой задрайкой; 6 — ограничитель; 7 — стопор откидного болта; 8 — мягкая обделка угла соединения комингса с палубой

ные, устанавливаемые в водонепроницаемых переборках ниже палубы переборок; *легкие* (проницаемые), устанавливаемые на переборках кают, общественных, служебных, хозяйственных и санитарно-бытовых помещений; *противопожарные*, устанавливаемые на противопожарных переборках. Закрывания в наружной обшивке основного корпуса называются *лацпортами*.

*Водогазонепроницаемые двери* (рис. 5.15) изготовляют штамповкой из листовой стали. Водогазонепроницаемость обеспечивается резиновым уплотнением, которое поджимается по периметру к комингсу задрайками. Задраивание происходит с помощью клиновых задраек на тягах, приводимых в движение ручками, расположенными с обеих сторон двери. Имеются и другие конструкции задраивания дверей.

*Клинетная дверь* (рис. 5.16) состоит из рамы, закрепленной на переборке, и подкрепленного ребрами полотна, скользящего вертикально (при вращении винта, на котором находится гайка, закрепленная к полотну двери) или горизонтально (при вращении шестерен, находящихся в зацеплении с зубчатыми рейками на двери) в направляющих рамы. Раму и полотно выполняют стальными сварной конструкции. Водонепроницаемость дверей достигается благодаря плотному прилеганию тщательно обработанных поверхностей полотна и рамы. Привод клинетных дверей может быть ручным, электрическим или электрогидравлическим, управление — с местного поста, с поста, расположенного выше палубы переборок и из ходовой рубки.

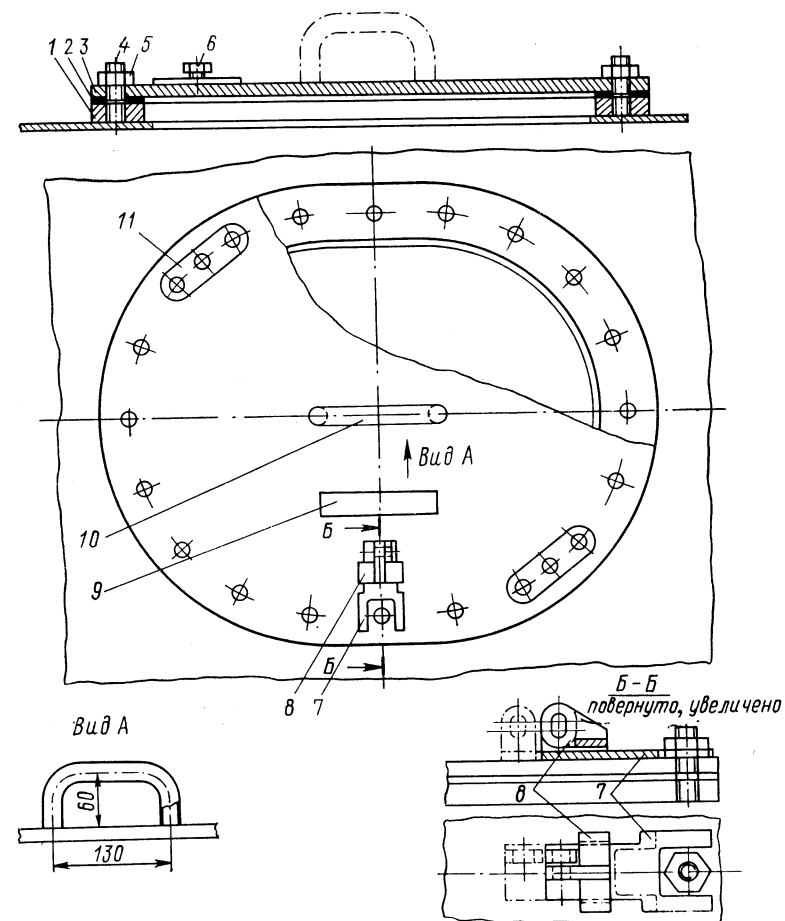


Рис. 5.14. Горловина

1 — приварыш; 2 — прокладка; 3 — крышка; 4 — шпилька; 5 — гайка; 6 — отжимной болт; 7 — обухок подвижный; 8 — обухок неподвижный; 9 — отличительная планка; 10 — ручка; 11 — наварыш отжимного болта

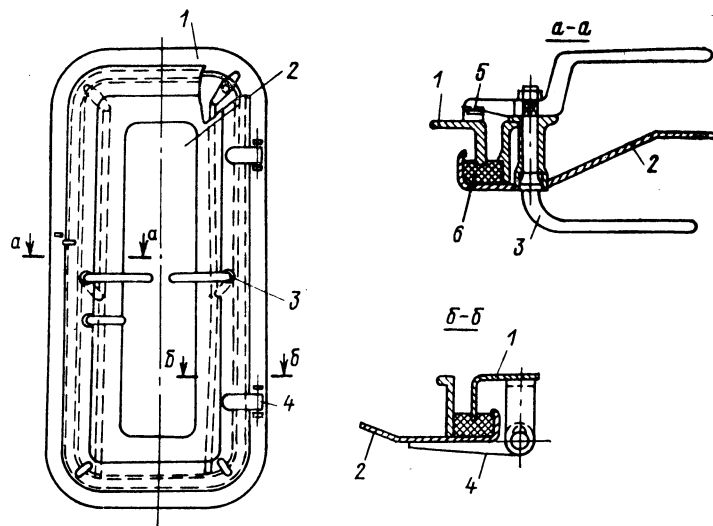


Рис. 5.15. Водогазонепроницаемая дверь

1 — комингс; 2 — полотно; 3 — ручка задрайки; 4 — петля; 5 — клин; 6 — прокладка резиновая

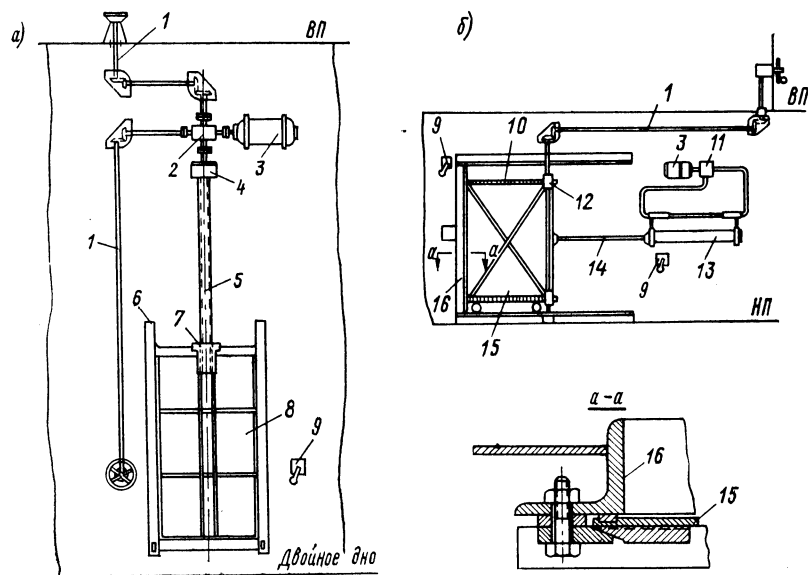


Рис. 5.16. Двери клинкетные (скользящие): а — вертикальная опускающаяся; б — горизонтальная сдвижная

1 — ручной валиковый привод; 2 — редуктор; 3 — электродвигатель; 4 — кронштейн с подшипником; 5 — ходовой винт; 6 — рама вертикальной двери; 7 — гайка полотна; 8 — полотно вертикальной двери; 9 — пускатель; 10 — зубчатая рейка; 11 — масляный насос; 12 — зубчатая цилиндрическая шестерня; 13 — гидравлический цилиндр; 14 — шток поршня; 15 — полотно горизонтальной двери; 16 — рама горизонтальной двери

Проницаемые двери общего назначения устанавливают на проницаемых переборках служебных помещений, кладовых, мастерских и прочих нежилых помещений. Дверь состоит из металлического полотна, рамы, петель и замка с двусторонней ручкой-защелкой. Резиновая прокладка служит только амортизатором при ударе полотна двери о комингс.

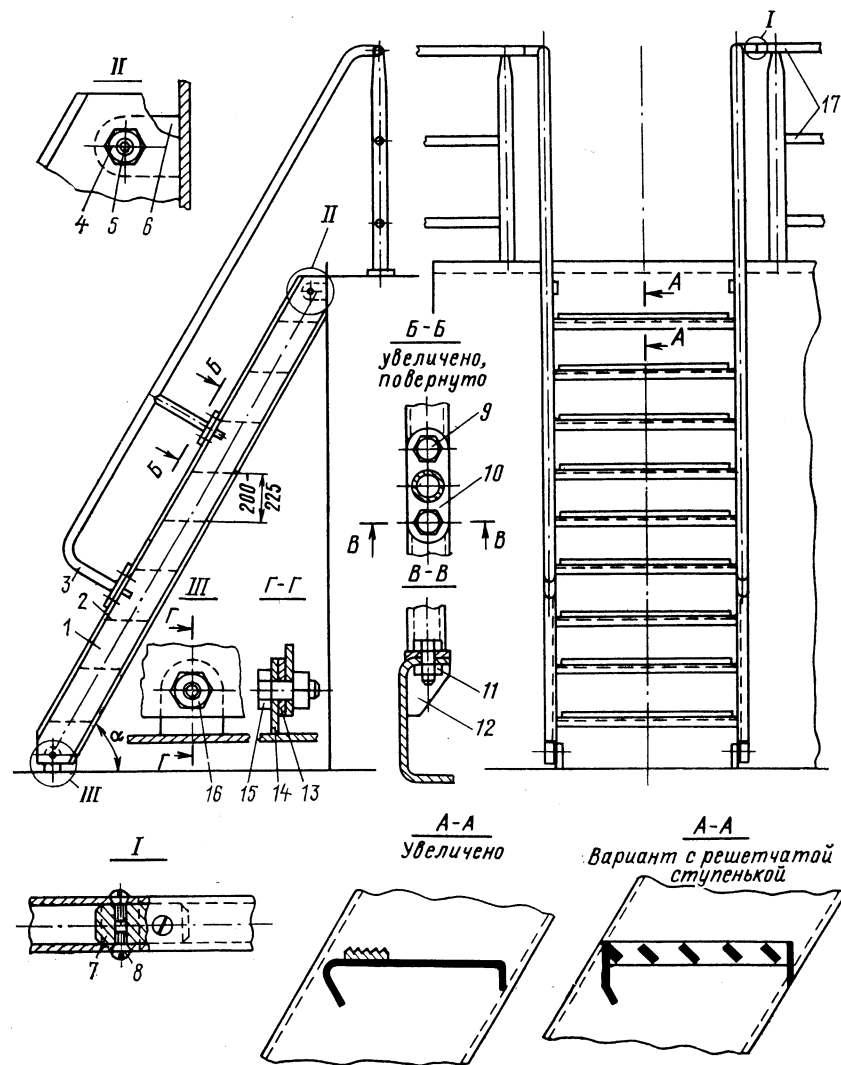


Рис. 5.17. Трап наклонный

1 — тетива трапа; 2 — фланцованная ступенька; 3 — поручень трубный съемный; 4, 11, 16 — гайка; 5, 9, 15 — болты; 6 — обух верхний; 7 — пруток соединительный; 8 — винт стопорный; 10 — планка; 12 — кница; 13 — прокладка; 14 — обух нижний; 17 — деерное ограждение постоянное



Двери проницаемые каютные устанавливают в переборках кают. Они изготавливаются из стали, алюминиево-магниевого сплава, дерева и пластмассы. В нижней части двери имеется аварийный лаз размером в свету 400×500 мм, закрытый выбивной филенкой, через который можно выйти из каюты в случае заклинивания двери. В выбивной филенке установлена вентиляционная решетка.

Противопожарные двери, как и переборки, изготавливают из стали и покрывают огнестойкой изоляцией. Дверь снабжена двусторонними рукоятками, пружинным устройством и стопором с плавким предохранителем. Она всегда открыта и утоплена в специальной нише на переборке. В случае возникновения пожара или повышения температуры воздуха в помещении более 75 °С легкоплавкий предохранитель высвобождает задержник, и пружинное устройство само закрывает дверь.

Лацпорты представляют собой отверстия с водонепроницаемыми закрытиями, через которые выполняют горизонтальную погрузку и выгрузку грузов, а также посадку и высадку пассажиров. Непроницаемость обеспечивается с помощью резиновых прокладок, закрепленных по периметру крышки. Открывать и закрывать лацпорты можно вручную или с помощью гидравлического привода.

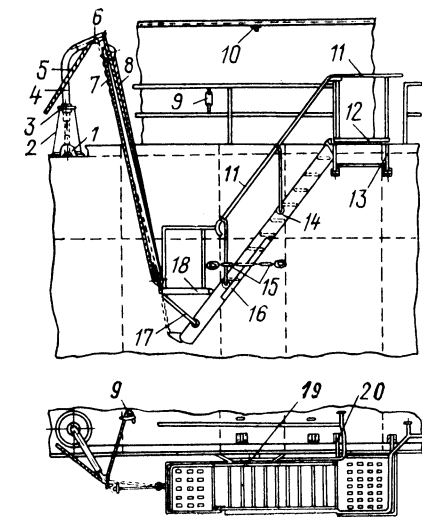


Рис. 5.18. Заборный трап в рабочем положении

1 — подпятник; 2 — стандарт; 3 — подшипник; 4 — трап-балка; 5 — оттяжка; 6 — обух для оттяжки; 7 — подвес; 8 — тали; 9 — утка; 10 — обух; 11 — леерное ограждение; 12 — верхняя площадка; 13 — упоры верхней площадки; 14 — трап; 15 — растяжки; 16 — привальная подушка; 17 — упоры нижней площадки; 18 — нижняя площадка; 19 — упор; 20 — кронштейн

На каждом судне для обеспечения перехода с палубы на палубу устанавливают трапы: наклонные, вертикальные и скоб-трапы, а для доступа на судно с пирса или шлюпки — заборные трапы. Основными элементами трапа являются тетива, ступеньки и поручни. Трапы изготавливают из стали или из алюминиево-магневых сплавов.

Ступеньки наклонных трапов (рис. 5.17) могут быть фланцованными, решетчатыми, непрерывными, прутковыми. Трапы с непрерывными ступеньками имеют угол наклона 45—55°, их устанавливают в жилых и служебных помещениях. Наклон трапов МКО 55—70°. Ширина наклонных трапов от 500 до 1200 мм.

Вертикальные трапы размещают между палубами, когда установка наклонного трапа невозможна. Их изготавливают из

труб или из квадратных прутков. Скоб-трапы состоят из отдельных фигурных скоб, прикрепленных к корпусной конструкции. Их устанавливают, например, на кожухах дымовых труб, мачтах. Заборные трапы (рис. 5.18) устанавливают с каждого борта по одному. Каждый из них состоит из верхней площадки, закрепленной на уровне верхней палубы, собственно трапа, нижней площадки, леерного ограждения, подъемно-спускового устройства (трап-балки, талей, лебедки), а также деталей для крепления трапа в рабочем и походном положениях. Заборные трапы могут быть двух типов: с шарнирно-закрепленными ступеньками, которые при любом угле наклона трапа остаются в горизонтальной плоскости, и с неподвижными ступеньками. Трап с неподвижными ступеньками для обеспечения их горизонтальности устанавливается в рабочем положении всегда под постоянным углом в 60°. При этом нижнюю площадку можно крепить к тетиве в нескольких местах по высоте. Заборные трапы бывают одно- и двухмаршевые. Спуск и подъем трапа производится вручную с помощью талей или механизированно с помощью лебедки. В последнее время стали применяться и гидроприводы.

## Глава шестая

### СУДОВЫЕ УСТРОЙСТВА

Судовыми устройствами называется совокупность приспособлений, механизмов, машин и аппаратов, предназначенных для обеспечения необходимых эксплуатационных и навигационных качеств судна.

Все устройства делятся на общесудовые и специальные. К общесудовым относятся: рулевое, якорное, швартовное, буксирное, грузовое, а также спасательное. Ими оборудуются почти все суда. Специальные устройства зависят от назначения судна. К ним можно отнести промысловые устройства — на промысловых судах, устройство для подводного бурения — на буровых судах и плавучих буровых установках, устройство для передачи сухих и жидких грузов и т. п.

Механизмы, входящие в состав судовых устройств и расположенные на палубах, принято называть палубными. Привод этих механизмов может быть электрическим, гидравлическим, паровым или дизельным; его выбор зависит от эксплуатационных особенностей судна и типа главного двигателя.

#### § 6.1. Рулевое устройство

Рулевое устройство предназначено для обеспечения управляемости судна, т. е. способности движения по нужной траектории.

Основными элементами рулевого устройства являются (рис. 6.1): руль; баллер — вал для поворота руля; подшипники

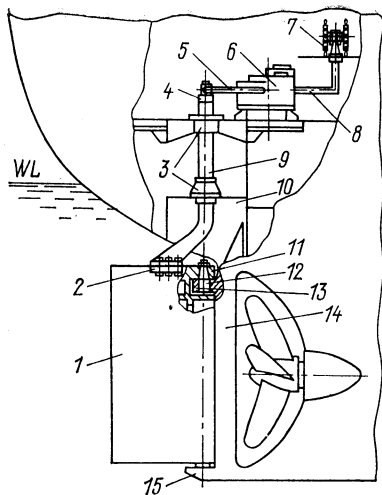


Рис. 6.1. Схема рулевого устройства морского транспортного судна

1 — перо руля; 2 — фланцевое соединение руля и баллера; 3 — опоры баллера; 4 — голова баллера; 5 — сектор; 6 — рулевая машина; 7 — штурвал ручного управления; 8 — рулевая передача; 9 — баллер; 10 — гелемпортная труба; 11 — петля пера руля; 12 — штырь; 13 — петля рудерпоста; 14 — рудерпост; 15 — пятка ахтерштевня

перо. Часть пера руля, расположенная впереди оси баллера, называется балансирующей. Если балансирующая часть имеется не по всей высоте руля, то такой руль принято называть *полубалансирным*. В связи с перераспределением площади пера руля относительно оси вращения, отстояние центра давления от оси вращения у балансирующих рулей меньше, чем у небалансирных, и, следовательно, момент на баллере будет меньше, что ведет к уменьшению мощности рулевой машины. Однако крепление таких рулей к корпусу судна сложнее и менее надежно.

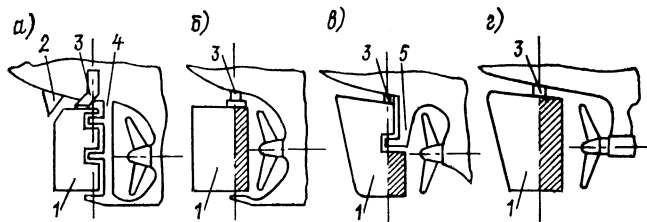


Рис. 6.2. Классификация рулей по расположению оси баллера; а — небалансирный (обычный) руль; б — балансирный руль; в — полубалансирный руль; г — подвесной руль

1 — перо руля; 2 — противолодовый выступ (ледовый зуб); 3 — баллер; 4 — рудерпост; 5 — кронштейн

баллера, служащие его опорами; рулевой привод; ограничитель перекладки руля; тормоз для неподвижного закрепления руля.

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

Судовые рули классифицируют по расположению площади пера руля относительно оси вращения, по способу крепления пера руля к баллеру и корпусу судна и по форме профиля поперечного сечения (рис. 6.2).

По первому признаку различают небалансирные (обычные), полубалансирные и балансирные рули. *Небалансирным* называется руль, ось вращения которого близка к передней (носовой) кромке пера. У балансирующих рулей ось вращения проходит на достаточном удалении от носовой кромки

Балансирные и полубалансирные рули характеризуются *коэффициентом компенсации*, т. е. отношением площади балансирующей части ко всей площади пера руля. Для балансирующих рулей этот коэффициент принимают равным 0,15—0,25, а для полубалансирных — 0,15.

Второй признак определяет место и способ крепления руля. Так, небалансирные рули могут располагаться за рудерпостом либо дейдвудом и крепиться на двух и более опорах, полубалансирные — за дейдвудом и на кронштейне с двумя или с тремя опорами, балансирные рули могут быть подвесными (перо крепится только на баллере) либо имеют дополнительную опору на пятке ахтерштевня.

По форме профиля рули бывают плоскими и обтекаемыми (профилированными). *Плоские* рули в основном применяют на самоходных судах.

*Профилированный* руль представляет собой набор горизонтальных ребер (пластин) и вертикальных диафрагм, сваренных друг с другом и образующих каркас, который с обеих сторон покрыт стальными приваренными к нему листами. При этом горизонтальные ребра крепятся к основе пера руля — рудерпису, массивному вертикальному стержню. Рудерпис отливают (или отковывают) вместе с петлями для навешивания пера руля на рудерпост. Иногда рудерпис делают сварным. Профилированные рули имеют перед пластинчатыми ряд преимуществ: более высокое значение нормальной силы давления на руль; меньший момент, необходимый для поворота руля. Кроме того, обтекаемый руль, расположенный за гребным винтом, позволяет улучшить пропульсивные качества судна. Эти рули нашли наибольшее применение.

**Баллер** представляет собой вал для передачи вращающего момента на руль. В судостроительной практике применяют два типа соединения пера руля с баллером: *фланцевое* и *конусное*. Фланцевое соединение имеет две разновидности: с горизонтальным и вертикальным расположением фланцев.

Баллер руля входит в кормовой подзор корпуса через гелемпортную трубу, обеспечивающую непроницаемость корпуса, и имеет не менее двух опор (подшипников) по высоте. Нижняя опора располагается над гелемпортной трубой и, как правило, имеет сальниковое уплотнение, препятствующее попаданию воды в корпус судна; верхняя опора размещается непосредственно у места закрепления сектора или румпеля. Обычно верхняя опора (опорно-упорный подшипник) воспринимает массу баллера и пера руля, для чего на баллере делают кольцевой выступ. Вращение баллера осуществляется с помощью румпеля или сектора, также закрепляемых в верхней части баллера (голове баллера).

В состав **рулевого привода** входят: *силовая установка* (электрическая или электрогидравлическая рулевая машина) или механизмы (при ручном приводе) для создания вращающего

момента; *румпель* (одно- или двухплечий) или *сектор* — средства передачи крутящего момента баллеру; *рулевая передача* для передачи крутящего момента румпелю или сектору; *система дистанционного управления рулевым приводом* — устройство для передачи команд по требуемым переключкам руля с ходового мостика на органы управления силовой установкой рулевого привода (рулевой машины).

В зависимости от применяемой рулевой передачи различают следующие типы рулевых приводов: румпельно- или сек-

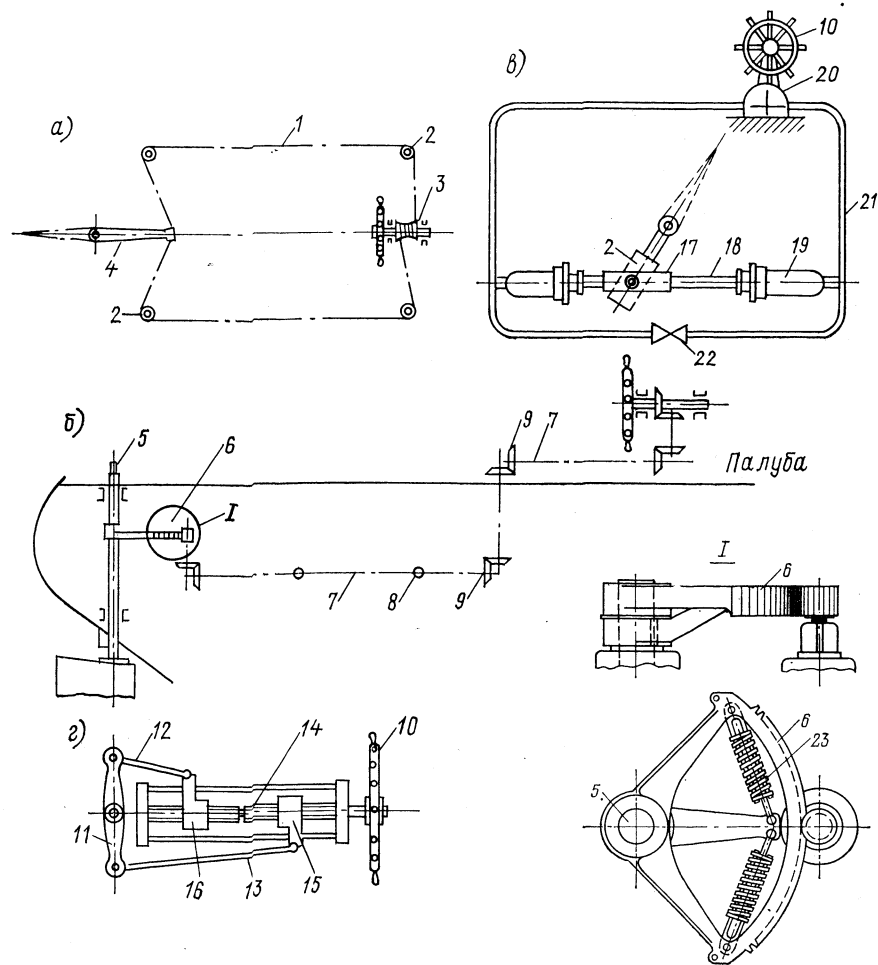


Рис. 6.3. Рулевые приводы: а — румпельно-штуртросовый; б — секторный с валиковой проводкой; в — румпельный гидравлический; г — винтовой румпельный  
 1 — штуртрос; 2 — направляющие ролики; 3 — штурвальный барабан; 4 — румпель; 5 — баллер руля; 6 — сектор; 7 — валики; 8 — соединительные муфты; 9 — конические передачи; 10 — штурвал; 11 — поперечный румпель; 12, 13 — тяги; 14 — винтовой шпиндель; 15, 16 — ползуны; 17 — регистр; 18 — плунжер; 19 — цилиндр; 20 — насос; 21 — трубопровод; 22 — предохранительный клапан; 23 — пружинный амортизатор

торно-штуртросовые; секторные с валиковой проводкой; румпельные гидравлические; винтовые румпельные; приводы с рулевой машиной, непосредственно соединенной с румпелем или сектором.

*Штуртросовая передача* состоит из тросов (или цепей), прикрепленных с двух сторон к румпелю и проведенных через направляющие ролики на барабан (или звездочку), на оси которого закреплен штурвал (рис. 6.3, а).

При вращении штурвала трос (или цепь) одного борта укорачивается, а трос другого борта удлиняется, что и обеспечивает поворот румпеля и руля. Для устранения возникающей при повороте румпеля слабину троса (цепи) его заменяют на сектор. Удары, воспринимаемые рулем в процессе эксплуатации, передаются рулевому приводу. Поэтому при штуртросовой передаче для ослабления и погашения динамических нагрузок устанавливают буферные устройства (пружины).

*Валиковая передача* (рис. 6.3, б) состоит из валиков сплошного или трубчатого сечения. В тех местах, где передача изменяет направление, используют универсальные шарниры или конические зубчатые передачи. Вращение от штурвала через валиковую передачу сообщается шестерне, находящейся в зацеплении с сектором руля. Валиковая передача имеет больший КПД, чем штуртросовая. Для компенсации ударных нагрузок, передаваемых через баллер, румпель при помощи шпонок жестко насаживается на баллер, а сектор свободно насаживается на нем. При этом румпель и сектор соединяются пружинными амортизаторами, которые и снижают ударные нагрузки, воспринимаемые румпелем при передаче на сектор.

В *румпельных гидравлических передачах* (рис. 6.3, в) внутри штурвальной тумбы вмонтирован ручной насос, приводимый в действие вращением штурвала. От насоса проведены трубы к двум цилиндрам, в которых перемещается плунжер, связанный с румпелем посредством регистра.

В зависимости от направления вращения штурвала масло подается насосом в тот или иной цилиндр, и руль переключается соответственно на один или другой борт.

В *винтовом приводе* (рис. 6.3, г) вращение штурвала передается винтовому шпинделю, у которого одна половина имеет правую резьбу, а другая — левую. По нарезкам шпинделя перемещаются ползуны. Через тяги и шарниры это перемещение передается двухплечему румпелю, вызывая его вращение в ту или иную сторону, а следовательно, и поворот руля.

Достоинствами винтовой передачи являются: возможность получения большого передаточного числа и снижения усилий до требуемых пределов; малые габариты. Недостаток — низкий КПД из-за больших потерь при трении винтовой пары. Чаще всего винтовой привод используют в качестве вспомогательного.

Система дистанционного управления рулевым приводом может быть гидравлической или электрической (при использовании электрической или электрогидравлической рулевой машины).

В соответствии с Правилами Регистра СССР суда должны иметь главный и вспомогательный рулевые приводы. Если главный и вспомогательный рулевые приводы находятся в помещении, полностью или частично расположенном ниже грузовой ватерлинии, предусматривается аварийный рулевой привод, расположенный выше палубы и переборок.

Конструкция рулевого устройства допускает перекалку руля на  $35^\circ$  на оба борта. Согласно требованиям Регистра СССР, скорость вращения пера руля должна быть такой, чтобы на перекалку с  $35^\circ$  одного борта до  $30^\circ$  другого затрачивалось не более 28 с при максимальной скорости переднего хода. Положение пера руля контролируется специальными указателями.

Силовую установку рулевого привода — рулевую машину — обычно размещают в специальном румпельном отделении, а на малых судах и катерах — в посту управления судном. Для обеспечения бесперебойной работы рулевого устройства пост управления рулевой машиной дублируют, располагая запасной пост в румпельном отделении или рядом с ним.

Наибольшее распространение получили приводы с рулевой машиной, непосредственно соединенной с румпелем или сектором. При использовании электрической рулевой машины (рис. 6.4, а) шестерня, находящаяся в зацеплении с сектором, приводится во вращение от электромотора через редуктор. В случае применения электрогидравлической, например, плунжерной рулевой машины (рис. 6.4, б) масло перекачивается из одного гидроцилиндра в другой, что заставляет двигаться плунжер, соединенный с румпелем. Современные рулевые электрогидравлические приводы могут создавать момент на баллере от 6,3 до 4000 кНМ.

При маневрировании в стесненной акватории или при прохождении районов с навигационными опасностями существенно воз-

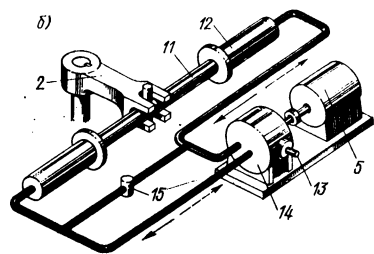
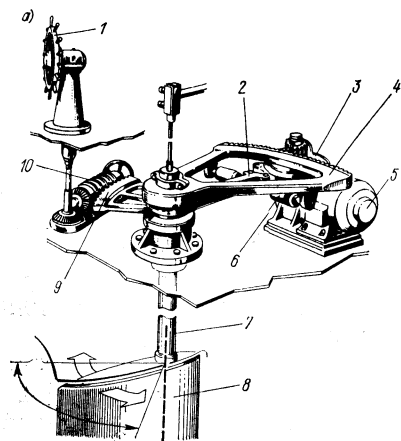


Рис. 6.4. Приводы с рулевой машиной: а — электрической; б — электрогидравлической плунжерной

1 — штурвал и рулевая колонка запасного привода; 2 — румпель; 3 — редуктор червячный; 4 — сектор основного привода; 5 — электродвигатель; 6 — пружина амортизационная; 7 — баллер; 8 — обтекаемый балансирный руль; 9 — сектор запасного привода; 10 — червяк; 11 — плунжер; 12 — гидравлический цилиндр; 13 — пусковая тяга насоса; 14 — насос; 15 — предохранительный клапан

растают требования к маневренным качествам судна. В то же время скорость судна в этих условиях снижается и соответственно падает эффективность руля. Для улучшения управляемости судна на малых скоростях или при отсутствии хода применяют специальные средства управления судном (САУ), к которым относят активные рули, поворотные направляющие насадки, подруливающие устройства, выдвижные поворотные колонки и др.

**Активный руль** (рис. 6.5, а) представляет собой обычный руль, в пере которого установлен небольшой гребной винт в насадке, приводимый в действие от электродвигателя, расположенного также в пере руля, в гондоле либо в корпусе судна. При перекалке руля с работающим в нем гребным винтом последний создает упор, поворачивающий корму судна даже при отсутствии хода. Гребной винт активного руля может также сообщить судну малый ход. Активные рули применяют на промысловых судах, исследовательских и др.

**Поворотная направляющая насадка** (рис. 6.5, б) представляет собой профилированное кольцо, закрепленное либо только на баллере, либо на баллере и пятке ахтерштевня. Насадка (устанавливаемая вместо руля) может поворачиваться, изменяя направление струи воды, отбрасываемой винтом, а следовательно, изменяя и направление упора, что и вызывает поворот судна. Следует отметить, что поворотная насадка позволяет при одинаковой мощности энергетической установки увеличить скорость на 2—4 %. Установка двух поворотных насадок обеспечивает высокую управляемость судну. Поворотные насадки применяются на служебно-вспомогательных судах и на некоторых рыбопромысловых судах.

**Подруливающие устройства туннельного типа** (рис. 6.5, в) получили в настоящее время наибольшее распространение. В трубе, расположенной в носовой (реже в кормовой) оконечности судна перпендикулярно к ДП со сквозными выходами на оба борта, закрываемыми обычно жалюзи, размещают либо гребной винт, либо крыльчатый движитель, либо водомет. Они создают направленную перпендикулярно ДП судна струю воды, а следовательно и упор, под действием которого поворачивается нос (или корма) судна. При работе двух подруливающих устройств (носового и кормового) в одном направлении судно может перемещаться лагом. Подруливающее устройство на пассажирских лайнерах и на крупнотоннажных грузовых судах позволяет им входить в порты, подходить к причалу и отходить от него без помощи буксиров.

**Выдвижные поворотные колонки** (рис. 6.5, г) представляют собой гребной винт в насадке, создающий упор в любом направлении за счет поворота всего устройства вокруг вертикальной оси. Выдвижные колонки могут быть подняты в специальную шахту в корпусе судна, чтобы не создавать дополнительного сопротивления.

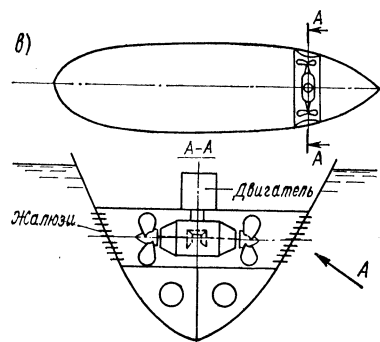
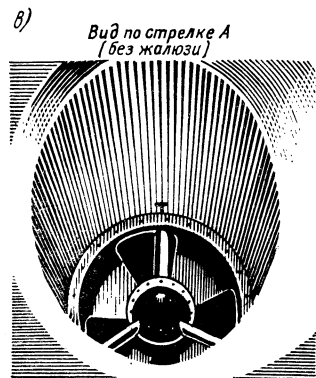
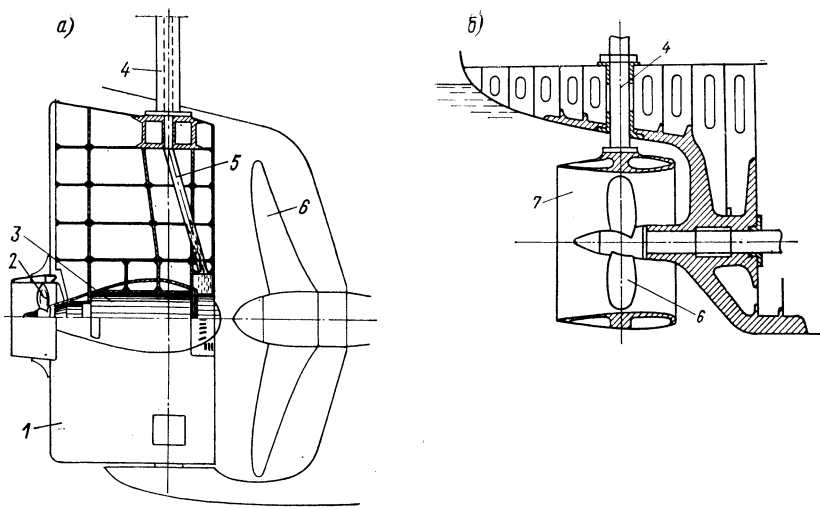
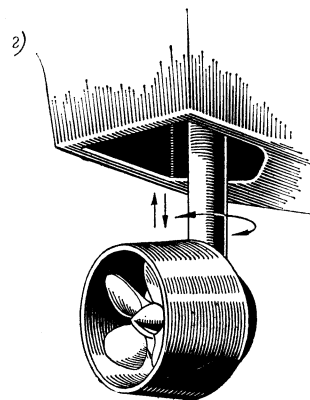


Рис. 6.5. Средства активного управления: а — активный руль; б — поворотная направляющая насадка; в — подруливающее устройство туннельного типа; г — выдвижная поворотная колонка с гребным винтом

1 — перо руля; 2 — винт подруливающего устройства; 3 — гидравлический двигатель; 4 — баллер; 5 — трубопровод; 6 — гребной винт; 7 — поворотная насадка



## § 6.2. Якорное устройство

Якорное устройство предназначено для удержания судна в заданном районе моря (на рейде, в открытом море, в ледовых условиях и др.) при действии внешних сил, обусловленных ветром, течением и волнением. Каждое якорное устройство судна включает следующие основные элементы (рис. 6.6): якоря, якорные цепи (тросы), якорные механизмы, якорные клюзы, стопоры,

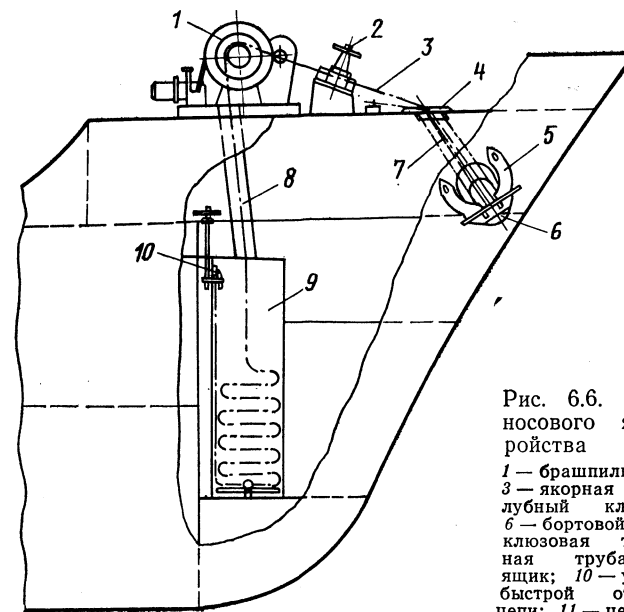
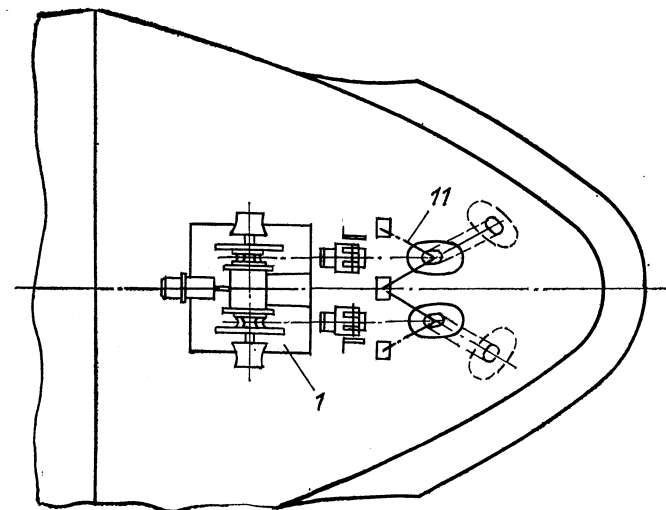


Рис. 6.6. Расположение носового якорного устройства

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



цепные ящики, цепные трубы, устройства для крепления коренного конца якорной цепи.

Якорь служит для крепления якорной цепи к грунту. Различают якоря становые — для удержания судна в заданном месте и вспомогательные — для удержания судна в заданном положении при одновременном использовании станового якоря. Масса вспомогательного составляет  $\frac{1}{3}$  массы станового. Размеры, массу и количество якорей определяют по Правилам Регистра СССР в зависимости от водоизмещения судна и его парусности.

По конструкции различают якоря безрогие, однорогие (однолапые), двурогие и многолапые (рис. 6.7). К *безрогим* якорям относятся «мертвые» (например, грибовидные), которые используют для закрепления плавучих маяков, швартовных рейдовых бочек и других плавучих сооружений. Доковый и ледовый якоря составляют группу *однорогих* якорей. Наибольшее распространение получили *двурогие* якоря. Они делятся на несколько типов: якоря со штоком, зарывающиеся в грунт одной лапой (адмиралтейский); втяжные бесштоковые якоря (Холла, Гудзона); якоря втяжные со штоком и без штока, обладающие повышенной держашей силой (Матросова). Основными элементами этих якорей являются *веретено* и *рога* (лапы). Якоря со штоком (адмирал-

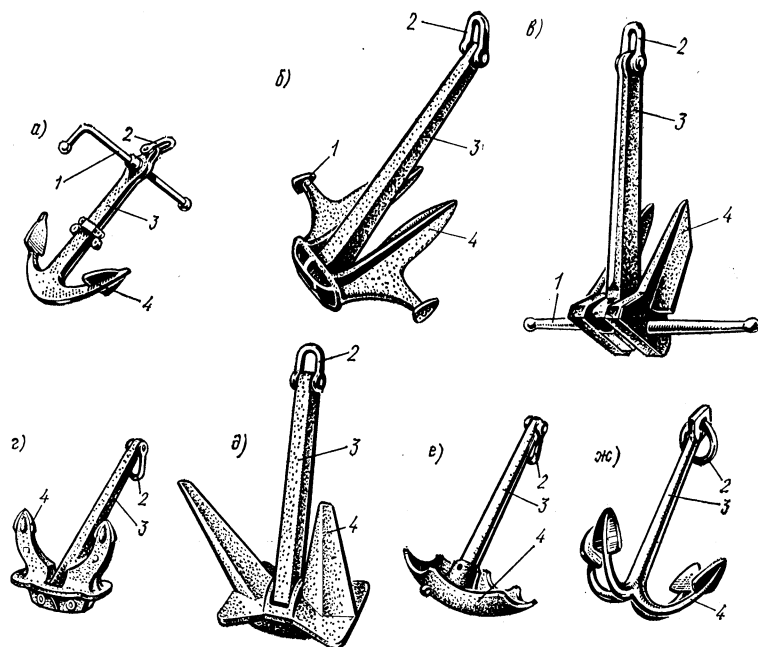


Рис. 6.7. Типы якорей: а — адмиралтейский якорь; б — якорь Матросова; в — якорь Денфорта; г — якорь Холла; д — якорь «Пуланкер»; е — грибовидный якорь; ж — якорь «кошка»  
1 — шток; 2 — якорная скоба; 3 — веретено; 4 — лапа

тейские) обладают большой держашей силой (10—12 масс самого якоря), но шток затрудняет уборку и отдачу якоря. На отечественных судах наибольшее распространение получил *якорь Холла*. Он состоит из веретена, имеющего полуоси, головы с лапами, подвижными относительно веретена, и штырей, удерживающих веретено в голове якоря. Держашая сила якоря в 3—4 раза превышает его массу. Якоря Холла легко убираются в клюзы. *Многолапые* якоря в морской практике используются редко, в основном на малых судах и баржах.

Якорная цепь состоит из отдельных участков длиной 25—27 м, называемых *смычками*.

Различают якорные, промежуточные и коренные смычки (рис. 6.8). Смычка, примыкающая к якорю, называется *якорной*, *коренная* смычка соединяет цепь с корпусом судна. Смычки, расположенные между якорной и коренной, называются *промежуточными*. Соединение смычек между собой выполняется с помощью соединительных звеньев или соединительных скоб. Для предупреждения закручивания цепи в состав коренной и якорной смычек включают поворотные звенья — вертлюги. До недавнего времени для экстренной отдачи коренной смычки крепление ее к корпусу осуществлялось с помощью *жвака-галса* — небольшой цепной смычки, заканчивающейся *глаголь-гаком*, который позволял легко освободить судно от вытравленной якорной цепи.

В современной практике по Правилам Регистра СССР устройство для быстрой отдачи якорной цепи, устанавливаемое в цепном ящике, должно иметь дистанционный привод управления, выведенный на палубу. Якорные цепи различают по их калибру — диаметру поперечного сечения прутка звена. При калибре более 15 мм звенья цепи должны иметь распорки. Калибр цепей на больших судах может достигать 100—130 мм.

Якорные цепи в походном положении хранят в цепных ящиках. Для обеспечения самоукладки цепные ящики изготовляют цилиндрической формы с диаметром 30—35 калибров якорной цепи. Внутри цепные ящики имеют деревянную зашивку и решетчатый деревянный настил. Якорные тросы изготовляются стальными или синтетическими.

Якорные клюзы служат для обеспечения беспрепятственного прохода якорной цепи через корпусные конструкции и для размещения якоря по-походному. Существуют следующие типы якорных клюзов: нормальный, или обычный, клюз с нишей,

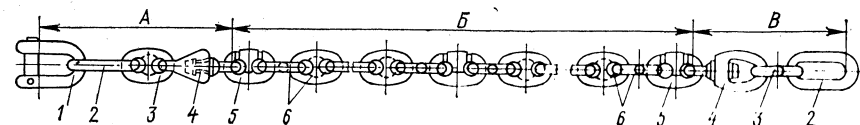


Рис. 6.8. Элементы якорной цепи

1 — концевая скоба; 2 — концевое звено; 3 — увеличенное звено; 4 — вертлюг; 5 — соединительное звено; 6 — общее звено. А — якорная смычка; Б — промежуточная смычка; В — коренная смычка.

открытый, выступающий. На большинстве транспортных и вспомогательных судов применяют *нормальные* (обычные) клюзы (см. рис. 6.6), литые или сварные. *Якорные клюзы с нишами* используют на некоторых пассажирских, нефтеналивных, портовых, рыбопромысловых, ледокольных и буксирных судах. Применение такого клюза снижает вероятность повреждения судов при швартовке, буксировке и движении во льдах. *Выступающий* клюз применяется на судах с бульбовой наделькой на носу, что позволяет исключить удары якоря по бульбу при его отдаче. *Открытый* клюз представляет собой массивную отливку, имеющую желоб для прохода якорной цепи и размещения веретена. Его располагают в месте соединения палубного стрингера и ширстрека. Открытые клюзы нашли широкое применение на низкобортных судах, на которых применение обычных клюзов привело бы к некоторому снижению скорости, и при качке судна значительное количество воды попадало бы на палубу.

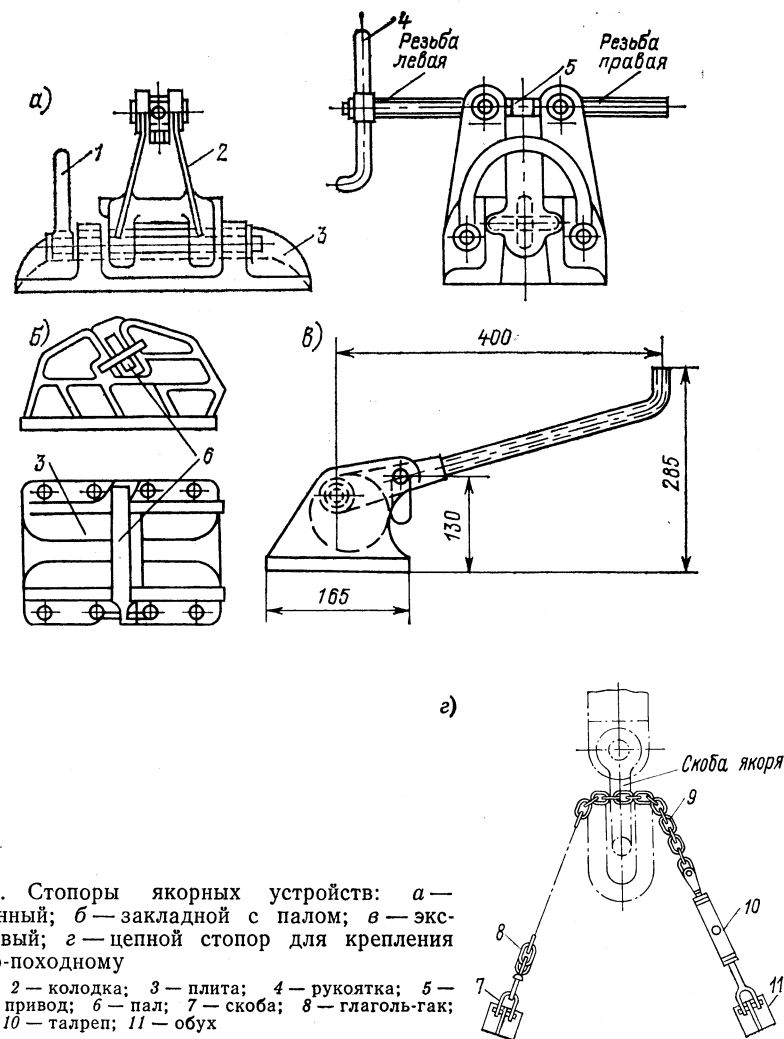
Якорные стопоры в зависимости от выполняемых функций делят на вспомогательные (стояночные) и стопоры для крепления якоря по-походному.

*Вспомогательные* (стояночные) стопоры предотвращают передачу усилий на якорные механизмы при маневрировании стоящего на якорю судна, при ремонте якорных механизмов или цепи (рис. 6.9). К вспомогательным (стояночным) стопорам относятся: винтовой фрикционный и закладной. На малых судах нашли применение эксцентриковые стопоры, имеющие малую массу. При длительной стоянке для цепей малых и средних калибров применяют цепной стопор с каргой, в состав которого иногда вводят талреп для выбирания слабины.

Для крепления якоря по-походному и обеспечения его плотного прилегания к клюзу применяют *цепной* стопор (рис. 6.9, г), в состав которого входят талреп и глаголь-гак. Концы стопора крепятся к палубным обухам.

В качестве якорных механизмов на морских судах применяются брашпили и шпили.

Основным элементом якорного механизма, работающего с цепью, является барабан-звездочка. У брашпиля ось звездочки расположена горизонтально, а у шпиля — вертикально. *Брашпили* (рис. 6.10) предназначены для обслуживания одновременно цепей левого и правого бортов. В последние годы на крупнотоннажных судах применяют отдельные полубрашпили (брашпили с одной цепной звездочкой), смещенные к соответствующим бортам. На оси цепных звездочек брашпиля по ее концам установлены турачки — барабаны для наматывания швартовных тросов при швартовке. Турачки сидят на грузовом валу жестко и всегда вращаются при включенном двигателе. *Шпиль* (рис. 6.11) предназначен для работы только с одной цепью. Механизм шпиля обычно разделен на две части, одна из которых, состоящая из звездочки и швартовного барабана, располагается над палубой, а вторая, включающая редуктор и двигатель, — под палубой. Брашпили и



шпили имеют электрический, электрогидравлический или паровой привод. Небольшие шпили могут приводиться во вращение вручную при помощи вымбовок — съемных деревянных рычагов, вставляемых в выемки швартовного барабана.

При стоянках на глубинах свыше 200 м применяют глубоководные якорные устройства. В них используют якоря повышенной держащей силы (например, адмиралтейские), а вместо цепей стальные тросы. Подъем и опускание якорей осуществляется с помощью якорных лебедок. Глубоководные якорные устройства устанавливают на буровых судах, океанографических, научно-исследовательских.



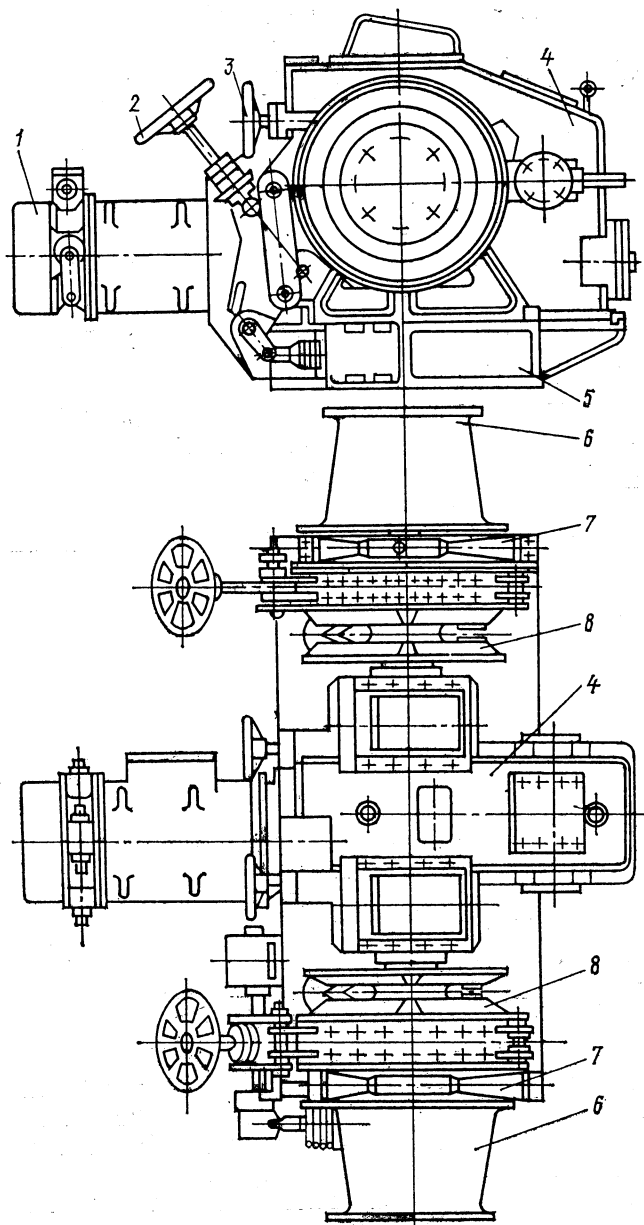


Рис. 6.10. Схема якорно-швартовного брашпиля

1 — электродвигатель; 2 — привод тормоза звездочки; 3 — привод кулачковой муфты; 4 — редуктор; 5 — фундаментная рама; 6 — туррачки; 7 — подшипники грузового вала; 8 — цепные звездочки

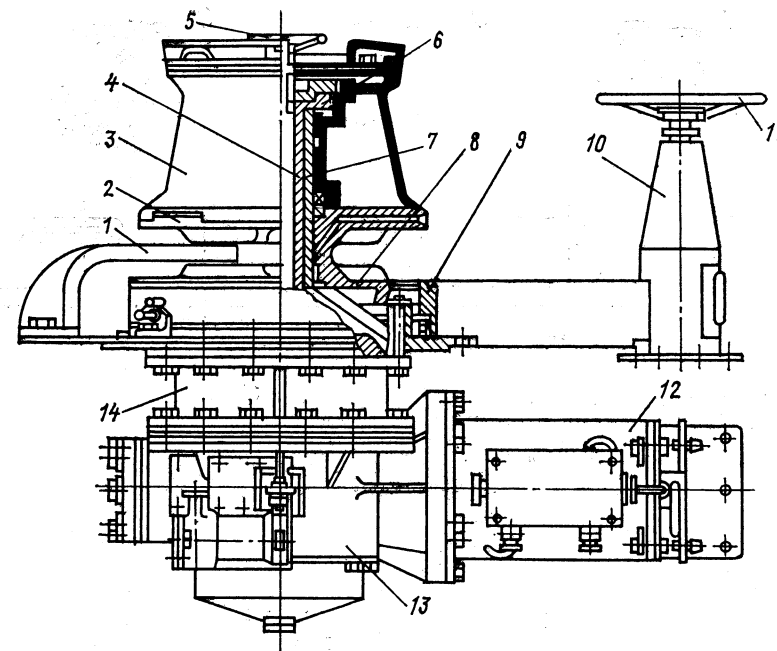


Рис. 6.11. Схема якорно-швартовного шпиля

1 — скоба-отбойник; 2 — кулачковая муфта; 3 — туррачка; 4 — пустотелый вал; 5 — маховик включения звездочки; 6 — зубчатая муфта; 7 — палубный стакан; 8 — звездочка цепная; 9 — ленточный тормоз; 10 — колонка ленточного тормоза; 11 — маховик; 12 — электродвигатель; 13 — червячная передача; 14 — псевдопланетарная передача

### § 6.3. Швартовное устройство

Швартовное устройство предназначено для подтягивания судна к береговым и плавучим сооружениям и надежного крепления к ним. В состав швартовного устройства входят (рис. 6.12) швартовы, кнехты, швартовные клюзы, киповые планки, роульсы, стопоры, вьюшки, кранцы, швартовные механизмы, бросательные концы. Швартовка судна бортом (лагом) к причалу — самый распространенный тип швартовных операций (рис. 6.13).

*Швартовы* — гибкие связи, с помощью которых судно удерживается у причального сооружения. Они могут быть стальными, растительными или из синтетического волокна. Стальные тросы должны иметь не менее 144 проволок и 7 органических сердечников. Растительные тросы могут быть манильскими, сизальскими или пеньковыми. Легкими, прочными и долговечными являются тросы из синтетических материалов (полипропилена, капрона, нейлона и т. п.). Необходимый диаметр стального троса или длину окружности растительного троса определяют по Правилам Регистра СССР в зависимости от водоизмещения и размеров надводной части корпуса, а также надстроек судна.

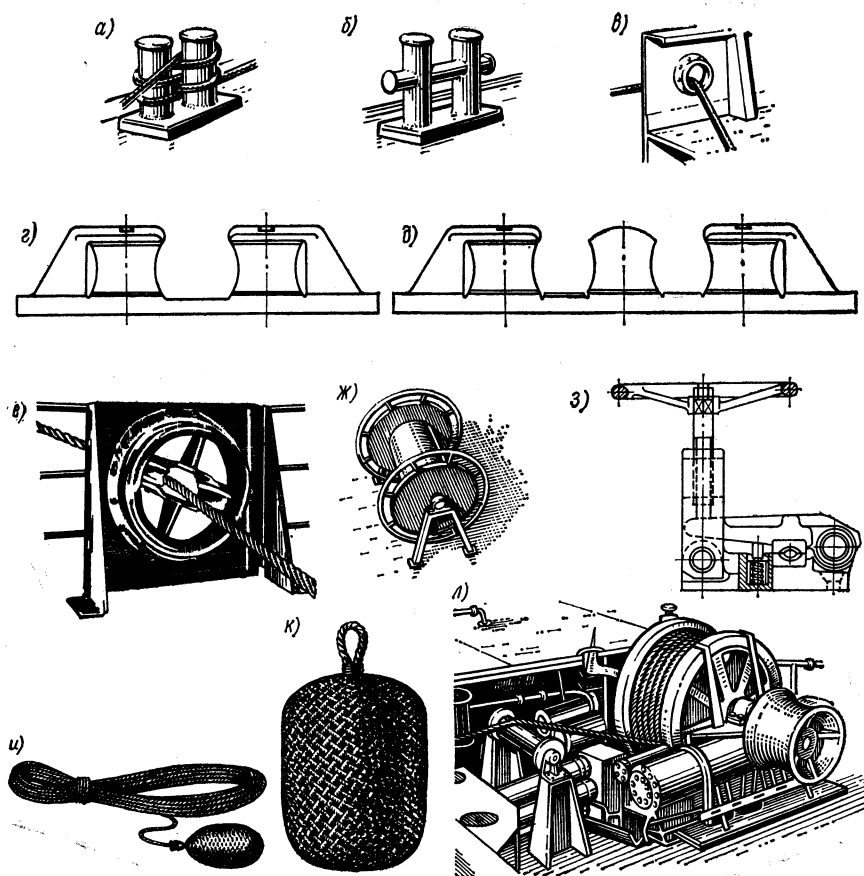


Рис. 6.12. Элементы швартовного устройства: а — кнехт двойной прямой; б — кнехт двойной крестовой; в — клюз швартовный литой; г — киповая планка с двумя роульсами; д — киповая планка с тремя роульсами; е — клюз с поворотной обоймой; ж — вышка швартовная; з — стопор стационарный для швартова; и — бросательный конец; к — крапец мягкий; л — автоматическая швартовная лебедка

**Кнехты** — это стальные или чугунные тумбы (литые или сварные), предназначенные для закрепления швартовов. В конструктивном отношении кнехты могут быть одиночными и парными, прямыми и крестовыми. В соответствии с Правилами Регистра СССР наружный диаметр тумбы кнехта должен быть не менее 10 диаметров стального швартова.

**Швартовные клюзы** — стальные или чугунные, сварные или литые конструкции с овальным отверстием — устанавливают в фальшборте для направления швартова к швартовному кнехту. Отверстия в клюзах имеют овальную форму, чтобы исключить резкий изгиб проходящего через клюз швартова. С целью умень-

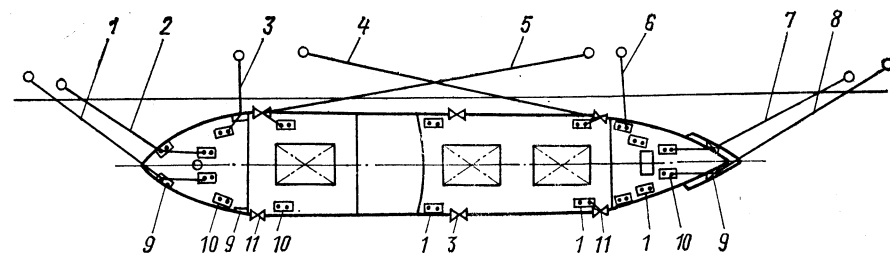


Рис. 6.13. Схема швартовки судна лагом

1 — дополнительный кормовой продольный швартов; 2 — кормовой продольный швартов; 3 — кормовой прижимной швартов; 4 — носовой шпринг; 5 — кормовой шпринг; 6 — носовой прижимной швартов; 7 — носовой продольный швартов; 8 — дополнительный носовой продольный швартов; 9 — киповые планки (роульсы); 10 — кнехты; 11 — швартовные клюзы

шения трения при движении швартова о кромку клюза применяют специальные клюзы: универсальные — с двумя или тремя парами вертикальных и горизонтальных цилиндрических роликов и автоматические (поворотные) — с вращающейся в клюзе обоймой, имеющей два ролика, между которыми пропущен швартов. При отсутствии фальшборта применяют палубные клюзы, на самостоятельных фундаментах. К этой группе относятся и панамские клюзы, устанавливаемые на судах, проходящих Панамский канал. На палубах с леерным ограждением для исключения повреждений швартовных тросов устанавливают *киповые планки* стального или чугунного литья, которые могут быть с роульсами (от 1 до 3) и без них (на малых судах). Находят применение и одиночные роульсы, если нельзя осуществить прямую проводку троса от клюза или киповой планки к швартовному механизму.

Для сохранения натяжения швартовного каната при его переносе с турачки швартовного механизма на кнехт служат *переносные* (цепные или клиновые) и *стационарные стопоры*.

**Швартовные механизмы** — *лебедки и шпили* — предназначены для подтягивания судна к пирсу после закрепления на нем швартовов. Для носовой группы швартовов обычно используют якорные механизмы (шпили или брашпили), имеющие вспомогательные барабаны-турачки, предназначенные для выполнения швартовных операций. В средней части судна функции швартовных механизмов выполняют лебедки грузовых устройств или другие палубные механизмы, имеющие турачки. В корме устанавливают швартовные шпили (с электроприводом) или лебедки (электрические, гидравлические или паровые). Преимуществом лебедки по сравнению со шпилем является то, что она сокращает ручные операции при швартовке, так как швартовный трос постоянно намотан на барабан. Швартовные лебедки бывают обыкновенные и автоматические, поддерживающие постоянное натяжение швартовного троса. Применение автоматических швартовных лебедок наиболее целесообразно на судах (контейнеровозах, танке-

рах, рудовозах), у которых во время погрузочно-разгрузочных операций быстро изменяется осадка.

Для хранения швартовных канатов предназначены *выюшки* — барабаны с ребрами. Они бывают с приводом и без привода, могут иметь тормоз и не иметь его.

Чтобы предотвратить повреждение борта судна при швартовке к причалу, а особенно при швартовке судов друг к другу в открытом море, предусматривается *кранцевая защита*. По способу закрепления на судне средства кранцевой защиты можно разделить на постоянные и съемные. К постоянным кранцевым устройствам относятся привальные брусья, кормовые и носовые буксирные кранцы. Наибольшее распространение получили съемные швартовные кранцы. Плетеный подвесной мягкий кранец представляет собой мешок, набитый крошеной пробкой, пенковыми или синтетическими отходами и оплетенный снаружи пенковым канатом. Простейшими швартовными кранцами являются автомобильные покрывки. За последние 20 лет наиболее распространенными стали пневматические швартовные кранцы, состоящие из камеры и резинового баллона.

#### § 6.4. Буксирное устройство

Комплекс средств, позволяющих судну буксировать другой плавучий объект или самому быть буксируемым, составляет буксирное устройство. Существуют три способа буксировки, различающиеся взаимным расположением буксируемого и буксирующего судов.

В морских условиях используется *кильватерный* способ, при котором буксируемое судно следует за буксирующим на буксирном тросе. Буксировка в кильватер производится на коротком или длинном канате (в открытой акватории). На коротком буксирном канате осуществляют кратковременные буксировки (в порту) и буксировку в ледовых условиях. При сложной обстановке на акватории порта прибегают к буксировке *лагом*. При этом способе буксирующее судно крепят к буксируемому швартовными канатами, а между бортами помещают мягкие кранцы. При третьем способе — *толкании* — буксирующее судно располагается за буксируемым. Этот способ буксировки используется на внутренних водных путях.

Транспортные суда обычно снабжаются буксирными кнехтами или битенгами (массивными одиночными тумбами с крестовиной) для закрепления буксирных канатов и буксирными клюзами.

В состав буксирных устройств буксирных судов входят (рис. 6.14) буксирные лебедки, канаты, гак, направляющий блок, буксирные арки, клюзы, буксирная дуга, ограничители буксирного троса, кранцевая защита, линеметательные аппараты, выюшки, канаты-проводники, кнехты (битенги).

*Буксирная лебедка* предназначена для травления, выбирания,

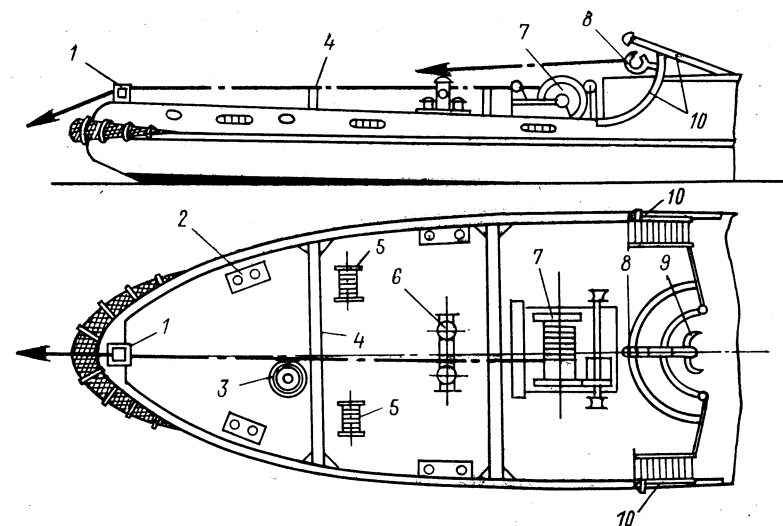


Рис. 6.14. Расположение буксирного устройства на морском буксире  
1 — буксирный клюз; 2 — швартовный кнехт; 3 — швартовный шпиль; 4 — буксирная арка; 5 — выюшки с тросом; 6 — битенг; 7 — буксирная лебедка; 8 — буксирный гак; 9 — буксирная дуга; 10 — ограничитель буксирного троса

удержания и хранения буксирного каната. По принципу действия буксирные лебедки разделяются на простые (неавтоматические) и автоматические (поддерживающие постоянное натяжение буксирного каната), по приводу — на паровые, электрические и гидравлические. Буксирная лебедка имеет барабан, позволяющий наматывать трос в несколько слоев (до 300 м на речных судах и 900 м — на морских).

На буксирах внутреннего плавания буксирная лебедка служит для изменения длины буксирного троса в условиях извилистого фарватера, при переходе быстрин и других мест, когда приходится уменьшать расстояние между буксиром и судном.

Буксирная лебедка простого действия имеет в своем составе ленточный тормоз с пружинным амортизатором. При неожиданных рывках амортизатор срабатывает и барабан лебедки проворачивается. Конструкция лебедки позволяет стравливать буксирный трос на ходу судна и стопорить барабан при неработающем приводе с помощью тормоза.

При морских буксировках буксирная лебедка и трос (канат) испытывают сильные рывки на волнении. Применение автоматических буксирных лебедок позволяет поддерживать натяжение буксирного каната в заранее установленных пределах. Специальное следящее автоматическое устройство включает лебедку на режим травления при чрезмерном натяжении троса и на режим выбирания — при уменьшении нагрузки. На автоматических лебедках, как и на лебедках простого действия, установлены тро-соукладчики.

Лебедки-вьюшки для буксирного каната являются разновидностью буксирных лебедок для судов внутреннего плавания. Они обеспечивают удержание буксирного каната на заторможенном барабане и возможность выбирания ненагруженного каната. Применяют на морских и рейдовых буксирах небольшой мощности.

Канаты, применяемые в буксирных устройствах, бывают стальные (наиболее распространенные), растительные (пеньковые, манильские, сизальские). В последние годы стали использовать синтетические канаты. Они легче и эластичнее (при рабочих нагрузках удлиняются на 25 % первоначальной длины), однако из-за искрообразования при их разрывах и трении о клюзы, кнехты и т. п. синтетические канаты не применяют для буксировки судов, перевозящих нефтепродукты первого разряда.

Буксирные гаки служат для закрепления и быстрой отдачи буксирных канатов. Кроме того, они должны допускать изменение направления буксирного каната в широких пределах и поглощать энергию рывков, возникающих при буксировке. На буксирах, имеющих буксирные лебедки, гаки являются резервным средством. Буксирные гаки бывают откидные и неоткидные, открытые и закрытые, без амортизаторов и с амортизаторами, с дистанционной или ручной отдачей (рис. 6.15). В соответствии с требованиями Регистра СССР буксирные гаки морских буксиров должны быть откидными, с амортизаторами и иметь устройство для отдачи буксирного троса, управляемое как с места у гака, так и с ходового мостика. Для дистанционной отдачи буксирного каната устройство должно иметь механический, гид-

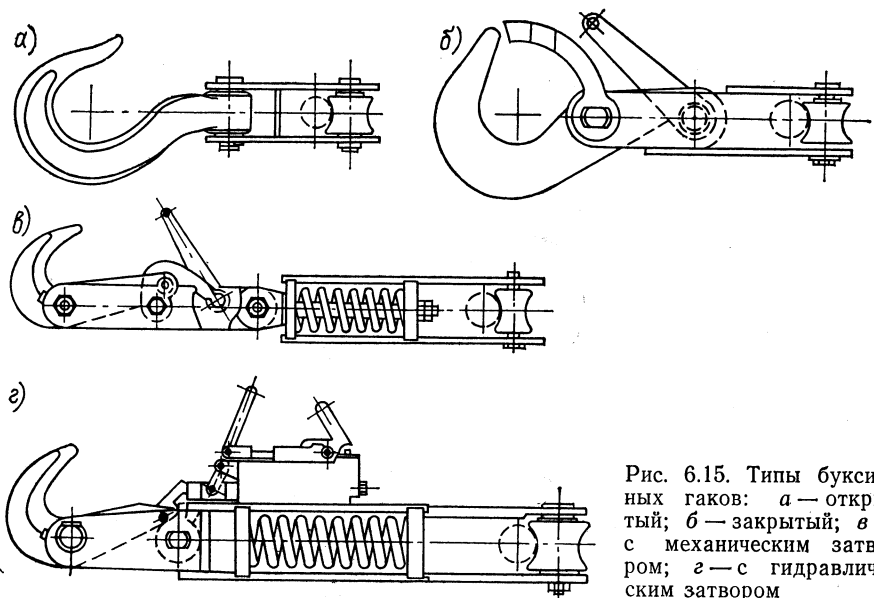


Рис. 6.15. Типы буксирных гаков: а — открытый; б — закрытый; в — с механическим затвором; г — с гидравлическим затвором

равлический или пневматический привод. Принцип работы устройства заключается в том, что при достижении буксиром опасного крена гак освобождает удерживаемый им трос. Амортизаторы смягчают действие рывков буксирного каната.

При портовых буксировках на коротком тросе для проводки буксирного троса от лебедки на буксируемое судно используется направляющий блок. Он устанавливается на надстройке, на буксирной дуге или стационарно.

Буксирные арки служат для защиты конструкций и людей, находящихся на палубе, поддерживают и направляют буксирный канат, обеспечивая возможность плавного перехода его с борта на борт. Буксирные арки выполняют из труб, реже из выпуклой полосы, подкрепленной ребрами.

Кормовые буксирные клюзы ограничивают перемещение буксирного каната и обеспечивают его переход через фальшборт. Клюзы бывают глухие, с наметкой и с роульсами (рис. 6.16). Конструкция глухих клюзов усложняет заводку буксирного каната, а также его освобождение при аварии или обрыве, поэтому их применяют только на портовых и рейдовых буксирах небольшой мощности. Более распространены клюзы с наметкой. Для больших диаметров буксирных канатов применяют клюзы с роульсами.

Буксирная дуга предназначена для крепления буксирного гака или направляющих блоков.

Ограничители буксирного каната препятствуют его горизонтальным перемещениям на угол, больший допустимого угла перемещения буксирного гака.

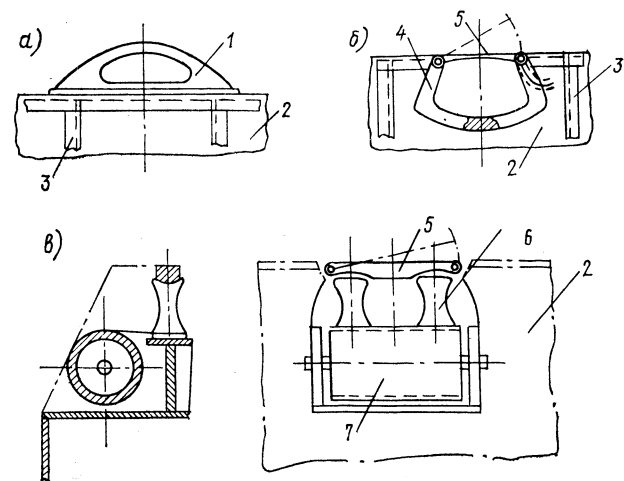


Рис. 6.16. Буксирные клюзы: а — глухой; б — с наметкой; в — с роульсами

1 — глухой клюз; 2 — фальшборт; 3 — стойка фальшборта; 4 — клюз утопленный; 5 — наметка; 6 — вертикальный роульс; 7 — горизонтальный роульс

Перечисленные основные элементы буксирного устройства применяют при кильватерном способе буксировки. Для буксировки лагом используют кнехты и шпиды.

Буксировка судов методом толкания получила широкое распространение по внутренним водным путям. При такой буксировке осуществляется толкание составов грузоподъемностью 15 000 т и более.

Сцепы для буксировок как по внутренним водным путям, так и по морям могут быть жесткими (неподвижными), ограниченно подвижными и подвижными.

## § 6.5. Грузовое устройство

Грузовое устройство — это комплекс механизмов, оборудования и конструкций, предназначенных для выполнения погрузо-разгрузочных работ на судне. Различают грузовые устройства периодического действия и непрерывного. К устройствам периодического действия относят стрелы (легкие, тяжеловесные), краны (неподвижные, перемещающиеся), лифты и подъемники. К судовым устройствам непрерывного действия относят транспортеры (рис. 6.17) и элеваторы.

На сухогрузных судах в состав грузовых устройств входят грузовые стрелы или краны, закрытия грузовых люков и средства внутритрюмной механизации. Стрелы грузоподъемностью до 10 т называются легкими, более 10 т — тяжеловесными. Грузоподъем-

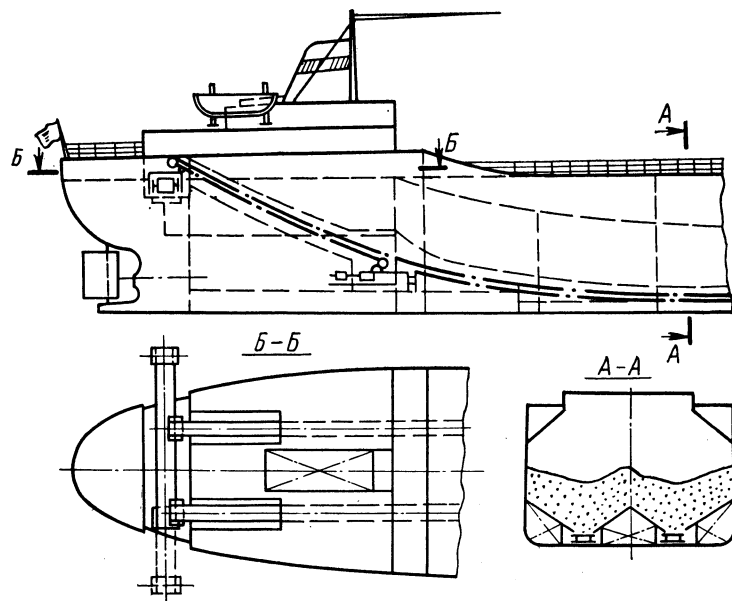


Рис. 6.17. Погрузо-разгрузочное устройство с ленточными транспортерами для перевозки сыпучих грузов

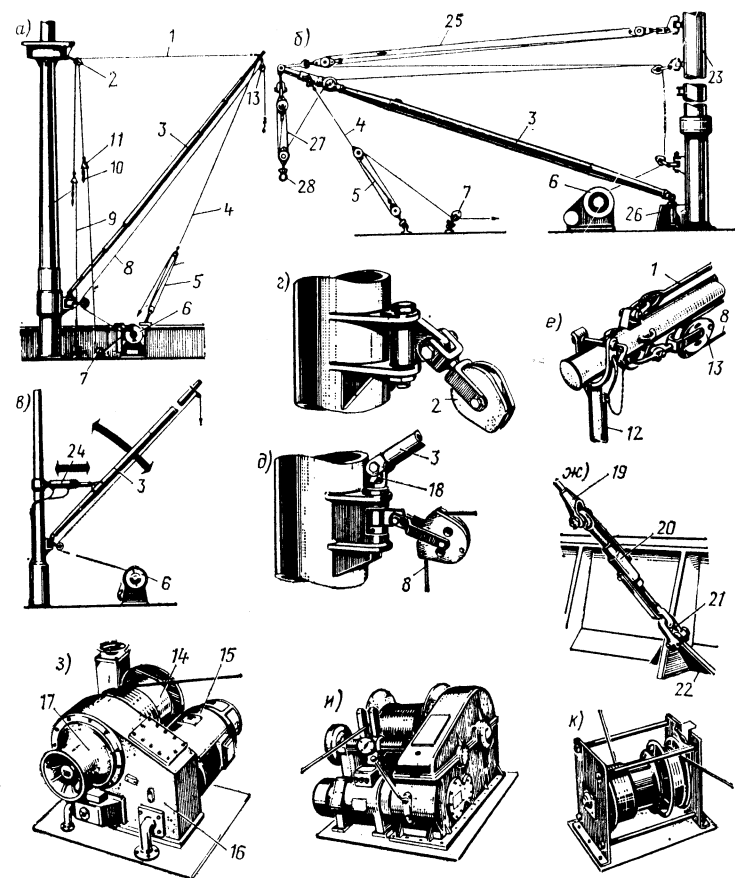


Рис. 6.18. Элементы грузового устройства со стрелами: а — грузовое устройство с легкой стрелой; б — грузовое устройство с тяжеловесной стрелой; в — стрела с гидроприводом; г — крепление блока топенанта; д — крепление шпора стрелы; е — крепление нока стрелы по-походному; ж — крепление вант; з — грузовая лебедка легкой стрелы; и — грузовая лебедка тяжеловесной стрелы; к — топенантная лебедка

1 — топенант; 2 — топенантный блок; 3 — грузовая стрела; 4 — оттяжка; 5 — тали оттяжки; 6 — грузовая лебедка; 7 — кантас-блок; 8 — шкентель; 9 — стопор; 10 — цепь топенанта; 11 — треугольник топенанта; 12 — стойка; 13 — грузовой блок; 14 — барабан лебедки; 15 — электродвигатель; 16 — редуктор; 17 — турка; 18 — вертлюг стрелы; 19 — концевая обойма; 20 — талреп; 21 — скоба; 22 — обух; 23 — мачта грузовая; 24 — гидроцилиндр; 25 — топенант-тали; 26 — фундамент грузовой стрелы; 27 — грузовые тали; 28 — грузовая скоба

ность тяжеловесных стрел обычно составляет 40—60 т, но может достигать и 200—300 т.

Грузовая стрела (рис. 6.18) — это длинная металлическая труба переменного сечения, нижний конец которой называется *шпором* стрелы, а верхний — *ноком*. Шпор стрелы с помощью вилки крепится к *вертлюгу*, установленному в башмаке,

приваренном к мачте. Вертлюг обеспечивает поворот стрелы в горизонтальной плоскости. На ноке стрелы предусматривается *грузовой обух*, к которому крепится коренной конец *топенанта* — каната для поддержания стрелы в наклонном положении и для изменения угла наклона (вылета) стрелы. Ходовой конец топенанта закрепляется либо на *топенантной вьюшке*, либо на *топенантном барабане грузовой лебедки*. При отсутствии специальных лебедок топенант закрепляется на *палубном обухе* с помощью такелажного участка груза. *Грузовой шкентель* обеспечивает вертикальное перемещение груза. Его коренной конец крепят на барабане грузовой лебедки, а на ходовом конце подвешивают *грузовой гак*, *вертлюг* и *противовес*. *Оттяжки* служат для поворота стрелы и фиксации ее в положении «над люком» или «за бортом». Ходовой конец оттяжек выбирается вручную или с помощью лебедки. *Грузовые лебедки* бывают электрические, электрогидравлические и реже паровые. Тяговое усилие лебедок достигает 5 т. При грузоподъемности стрелы большей, чем тяговое усилие лебедки, необходимо введение в шкентель грузовых талей. Длина грузовой стрелы должна обеспечивать подъем и опускание груза из любой точки трюма (в просвет люка), а также вылет за борт не менее чем на 2 м. Грузовые стрелы могут работать поодиночке и спаренно, что наиболее производительно.

В настоящее время широко применяют механизированные одиночные стрелы системы Халлена, Велле и др., основное достоинство которых — высокая производительность. Шкентель заведен обычным способом, а топенант и оттяжки совмещены и называются топенант-оттяжками. При работе этих стрел требуются три лебедки: одна для шкентеля, а две — для топенант-оттяжек.

Тяжеловесные стрелы опираются шпором на специальный фундамент, установленный около мачты. Еще совсем недавно на судах устанавливались стрелы-тяжеловесы, отличавшиеся от легких грузовых стрел наличием многошкивных талей (гиней) в грузовом шкентеле, топенанте и оттяжках, а также большим числом лебедок (для шкентеля, топенанта и двух оттяжек). В последние годы применяют перекидные тяжеловесы, например, системы Штюлькен (рис. 6.19). Их преимущество — высокая производительность и возможность работы на два смежных люка. Перекидной тяжеловес состоит из тяжеловесной стрелы, установленной между двумя колоннами, оканчивающимися вверху вращающимися головками с блоками для топенант-оттяжек. Нок стрелы, на котором закрепляются топенант-оттяжки, также оборудован специальной головкой, позволяющей работать на два смежных трюма. С помощью топенант-оттяжек стрела может подниматься, опускаться, поворачиваться и перекидываться на другой люк (вдоль судна). Такое устройство необходимо снабжать тремя лебедками: для шкентеля, для топенант-оттяжек левого и правого бортов. Сейчас появились новые

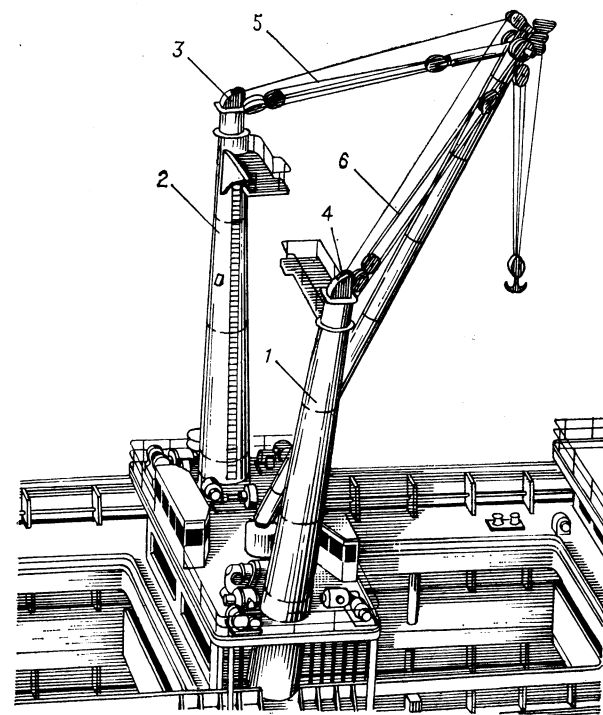


Рис. 6.19. Тяжеловесное грузовое устройство с перекидной стрелой грузоподъемностью до 300 т (система Штюлькен)

1, 2 — грузовые колонны; 3, 4 — вращающиеся головки; 5, 6 — топенант-тали

конструкции перекидных тяжеловесов, разработанные в нашей стране.

Грузовые краны (рис. 6.20) сложнее по конструкции и значительно дороже, чем стрелы; их работа ограничивается погодными условиями и креном судна 5—8°. Однако судовые краны имеют более высокую производительность и постоянную готовность к действию. Они могут поднимать и укладывать груз в любое место в просветах люка без дополнительного горизонтального перемещения. На судах встречаются поворотные краны, вращающиеся вокруг неподвижного баллера и вращающиеся вместе с баллером. Все механизмы крана, закрытая кабина оператора и пульт управления komponуются в одном корпусе. Стрела ферменной конструкции шарнирно крепится к корпусу судна. По виду потребляемой энергии различают краны электрические, гидравлические и электрогидравлические, причем гидравлические и электрогидравлические краны являются более перспективными, поскольку они позволяют для изменения вылета стрелы приме-

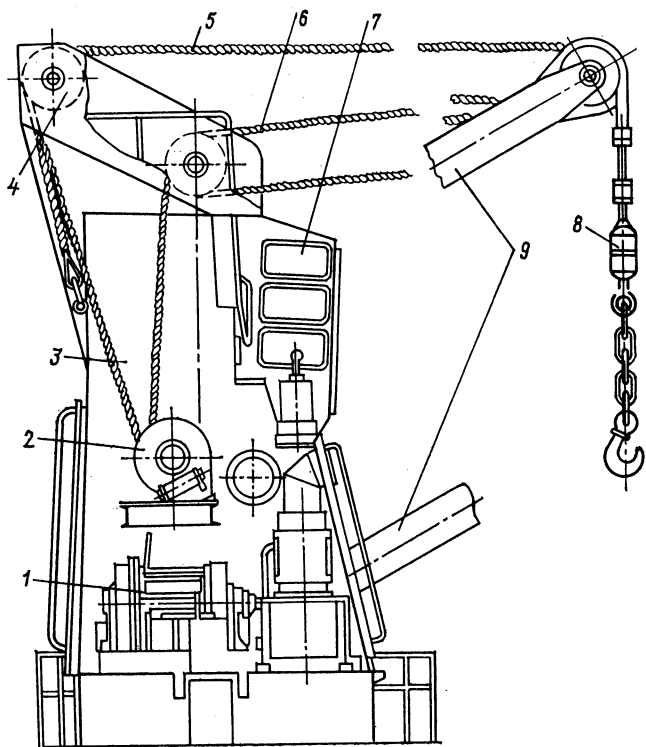


Рис. 6.20. Общее расположение полноповоротного крана  
1 — грузовая лебедка; 2 — топенантная лебедка; 3 — корпус; 4 — головка корпуса; 5 — топенант; 6 — грузовой шкентель; 7 — кабина; 8 — ноковая подвеска; 9 — стрела

нять гидроцилиндры вместо тросовых топенантов. Краны оснащены механизмами подъема груза, изменения вылета стрелы (т. е. изменения длины топенанта) и поворота с отдельными приводами, допускающими совмещение движения подъема, изменения вылета стрелы и поворота крана. Грузоподъемность кранов может достигать 25 т при скорости подъема груза 70 м/мин. Для увеличения грузоподъемности применяют сдвоенные грузовые краны, стоящие на общей поворотной платформе. Каждый кран может работать как отдельно, так и совместно, поднимая в этом случае груз в два раза больший.

На контейнеровозах для перегрузки контейнеров могут устанавливаться *контейнерные краны*. Они захватывают контейнер с помощью *спредера* — металлической рамы, имеющей те же размеры, что и контейнер. На углах рамы устанавливают замковые устройства, которые входят в верхние отверстия угловых фитингов контейнера, фиксируются там и таким образом обеспечивают возможность подъема контейнера. Спредер используют для

открывания и закрывания крышек люка понтонного типа. Для этого на люковых крышках предусмотрены специальные гнезда, подобные угловым фитингам на контейнерах. Контейнерные краны перемещаются вдоль судна по рельсам.

*Судовой кран на баржевозе типа LASH* также перемещается вдоль судна по рельсовым направляющим. Его грузоподъемность составляет 500 т. Захватное устройство и способы закрепления барж аналогичны контейнерным кранам с учетом обеспечения требуемой прочности устройств.

На баржевозах типа Sea Bee грузоподъемные операции выполняются с помощью подъемника грузоподъемностью 2000 т, размещенного в корме судна. Он доставляет баржи (одну или две) к одной из трех грузовых палуб. Дальнейшее перемещение барж вдоль судна по соответствующей палубе обеспечивают тележки, поднимающие баржи с подъемника с помощью гидродомкратов. Плавкраны и крановые суда оборудуют кранами грузоподъемностью до 6000 т.

На судах с горизонтальной грузообработкой груз с причала на палубу доставляют по *аппарелям* (носовым или кормовым) или подают через лаппорты. В последние годы все большее распространение получают поворотные аппарели, позволяющие выполнять грузовые операции при швартовке любым бортом и оконечностью. Длина аппарели определяется условиями эксплуатации и может достигать 50 м и более. В этом случае аппарель изготавливается из двух-трех секций, складывающихся в походном положении (рис. 6.21). Ширина аппарели определяется в зависимости от схемы движения колесной техники при погрузоразгрузочных ра-

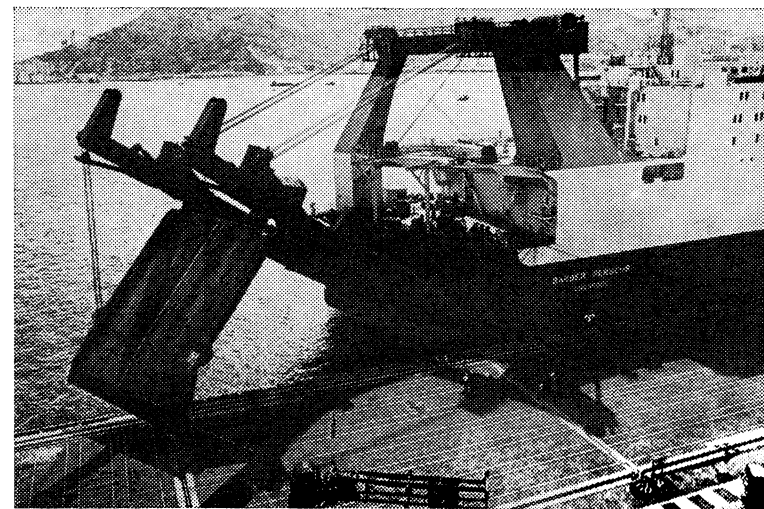


Рис. 6.21. Кормовая угловая аппарель длиной 50 м судна с горизонтальной грузообработкой



ботах и может быть равной 7—10 м. Распределение техники по палубам осуществляется с помощью пандусов (неподвижных аппарелей), аппарелей и лифтов грузоподъемностью 30—40 т.

На судах, перевозящих сыпучие грузы (зерно, руду), в состав грузовых устройств входят *ленточные транспортеры, пневмопогрузчики*.

Механизированные закрытия грузовых люков значительно сокращают время погрузоразгрузочных работ. В зависимости от принципа работы различают закрытия: съемные, откидные, открываемые, сдвигаемые и наматываемые.

Наибольшее распространение получило *откатываемое механизированное люковое закрытие*, состоящее из нескольких откидных металлических секций, соединенных между собой короткими цепями (рис. 6.22). Каждая секция имеет на короткой стороне по три ролика: два крайних катятся по внутренней направляющей, а средний — по внешней. Выйдя за пределы люка, первая секция поднимается на средних роликах, и из-за несимметричности расположения их оси относительно оси секции она поворачивается и становится вертикально. После того как аналогично станут все оставшиеся секции, люк полностью раскроется, а все секции установятся за поперечным комингсом «в гармошку». Закрытие люка происходит в обратном направлении. Водонепроницаемость закрытия обеспечивается резиновыми прокладками, а обжатие — специальными зажимами (задрайками), которые устанавливают по периметру люка.

На судах используется также механизированное створчатое люковое закрытие с гидроприводом, открывающее грузовой люк за 20—25 с. Оно состоит из двух створок (каждая из одной или двух секций), открываемых в нос и в корму, иногда к бортам (рис. 6.23, а). С помощью гидропривода приводится в движение крайняя секция у поперечного комингса. Открываясь, эта секция поднимает соединенную с ней петлями соседнюю секцию.

На контейнеровозах, имеющих большое раскрытие трюмов, применяют *люковые закрытия понтонного типа* (рис. 6.23, б). Люковые крышки изготовляют по размерам грузовых люков. С помощью грузовых кранов понтонные крышки укладывают на свободное место на палубе или на пирсе. Для точной установки крышки на место по углам грузового люка делают специальные направляющие, фиксирующие положение крышки относительно люка. Для крепления палубных контейнеров на крышках имеются специальные приспособления.

К рангоуту относят специальные конструкции, которые служат для размещения средств сигнализации и связи, а также для поддержания грузовых стрел — *мачты, стеньги, реи, гафели* и т. п.

Обычно на судах устанавливают две мачты, реже три. Первая от носа судна называется фок-мачтой, вторая — грот-мачтой, ближайшая к корме — бизань-мачтой. Часто грот-мачту заменяют сигнальной, раскрываемой на надстройке.

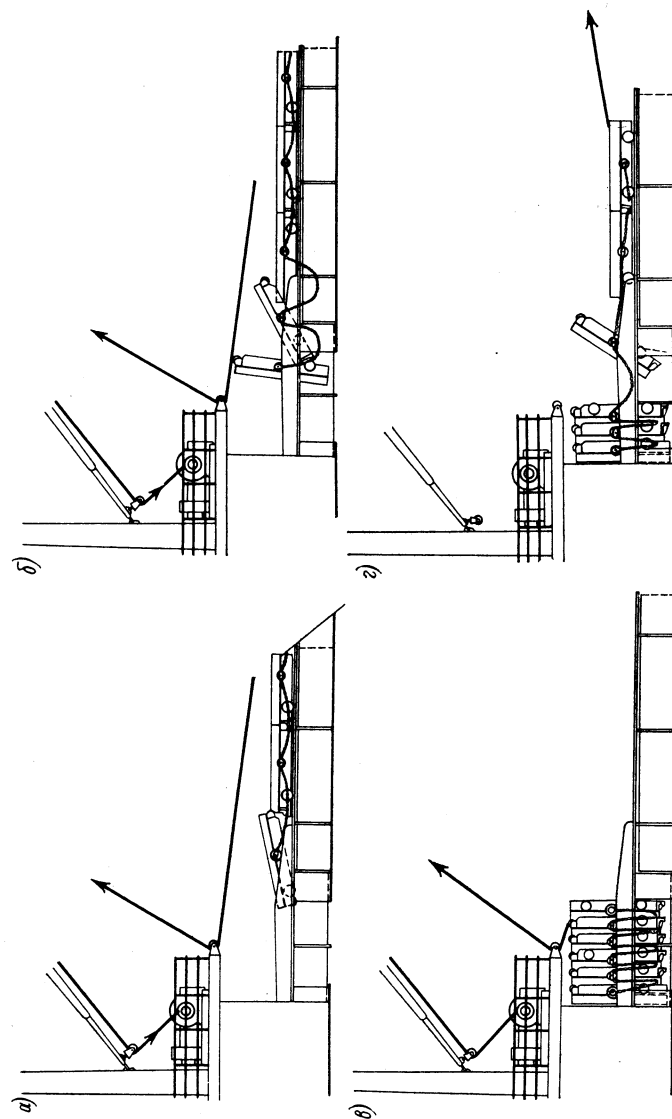


Рис. 6.22. Последовательные стадии открывания люка с механизированным откатывающимся люковым закрытием: а — начало открывания: первая секция входит на направляющие средних роликов; б — первая секция откинута; в — люковое закрытие полностью открыто; г — начало закрывания люка (последние секции легли на комингс)

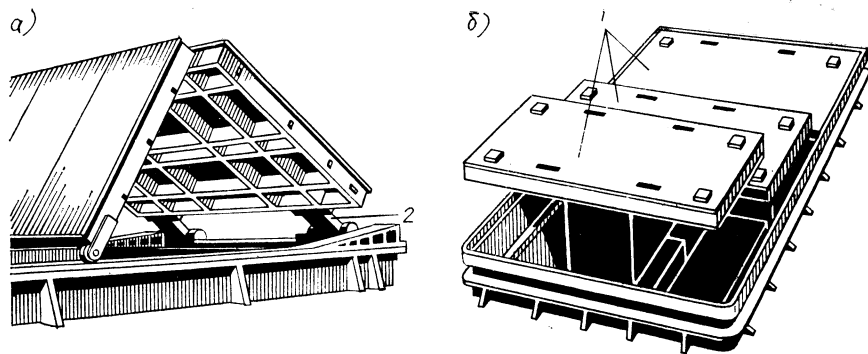


Рис. 6.23. Закрывания грузовых люков: а — закрывания с гидравлическим приводом; б — крышки понтонного типа  
1 — понтонная крышка; 2 — гидропривод

Мачты изготовляют из стали (реже из дерева), устанавливают в ДП судна и прочно прикрепляют к корпусу, перевязывая крепление мачты с продольным и поперечным набором. Стакан (гнездо), в который вставляется мачта своим шпором, называется *степсом*, отверстие в палубе, через которое проходит мачта, — *партнерсом*. Конструкция, служащая продолжением мачты и идущая вверх от нее, называется *стенгой*. Стеньга заканчивается *кlotиком*. *Рей* — металлические или деревянные брусья — крепятся к мачте и стеньге перпендикулярно к оси мачты и диаметральной плоскости судна. Специальный рей, укрепленный наклонно в корму в верхней части мачты и поднимаемый вверх по мачте, называется *гафелем*. Гафель, установленный на грот-мачте, на современных судах служит для несения государственного флага.

По конструкции мачты могут быть стержневыми, ферменными и башенными, а по форме надпалубного строения — одиночными, П-образными и двуногими (Л-образными). Вверху П-образные и Л-образные мачты соединяются длинным салингом. К салингу крепят стеньгу, а также детали вооружения стрел (рис. 6.24).

Рангоут оснащается такелажем, который состоит из стальных и растительных тросов и приспособлений для крепления и установки этих тросов в требуемом направлении. Различают стоячий и бегучий такелаж. *Стоячий* такелаж служит для постоянного (неподвижного) раскрепления судового рангоута (мачт, рей, стеньг и т. п.). К нему относятся *ванты* и *штаги* — тросы, служащие для раскрепления верхнего конца мачты или грузовой колонки соответственно в поперечном или в продольном направлении. Тросы, идущие от мачт к бортам назад, называются *бакштагами*. К *бегучему* такелажу относятся тросы, которые перемещаются и с помощью приспособлений меняют положение подвижного рангоута, а также обеспечивают сигнализацию.

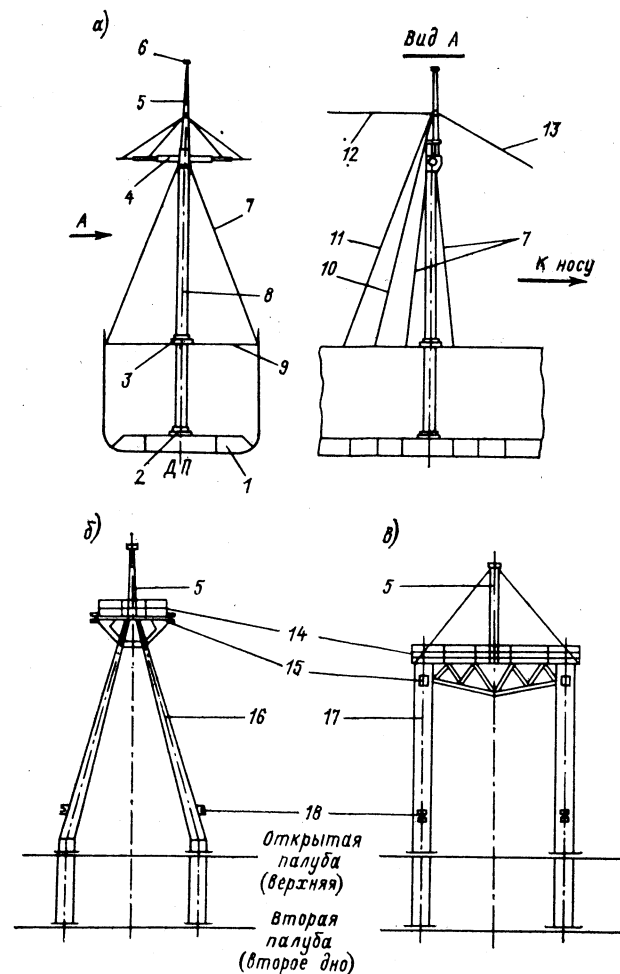
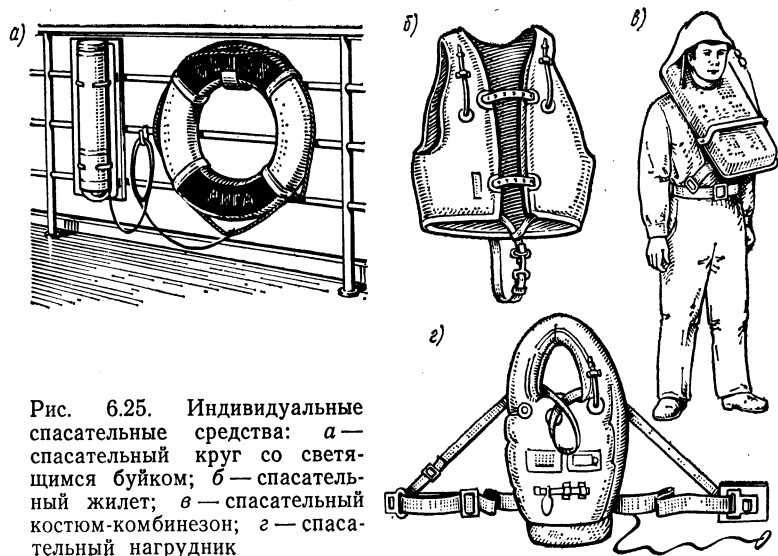


Рис. 6.24. Типы мачт: а — одиночная мачта; б — двуногая Л-образная грузовая мачта; в — П-образная грузовая мачта

1 — двойное дно; 2 — степс; 3 — партнерс; 4 — рей; 5 — стеньга; 6 — кlotик; 7 — ванты; 8 — мачта; 9 — верхняя палуба; 10 — бакштаги; 11 — фордуны; 12 — штаг-карнак; 13 — штаг; 14 — салинг; 15 — обух топенанта; 16 — укосина; 17 — полумачта; 18 — башмак шпора

## § 6.6. Спасательные средства

На судах применяют спасательные средства коллективного и индивидуального пользования. К *средствам коллективного пользования* относят шлюпки, спасательные плоты, плавучие приборы, а к *средствам индивидуального пользования* — спасательные круги, жилеты, нагрудники, костюмы-комбинезоны (рис. 6.25).



Количество спасательных средств, их размещение на судне, а также основные технические требования, предъявляемые к ним, определяются Международной конвенцией по охране человеческой жизни на море 1974 г. и Правилами по конвенционному оборудованию судов Регистра СССР в зависимости от типа судна и района плавания.

Основным спасательным средством на морских судах является шлюпочное устройство, включающее: шлюпки и катера, которые по назначению могут быть спасательными, разъездными, рабочими, специальными и т. п.; шлюпбалки для спуска и подъема спасательных шлюпок. Спуск разъездных катеров и шлюпок производится с помощью стрел и кранов либо шлюпбалок и кранбалок простейшего типа; приспособления для хранения шлюпок, катеров и плотов по-походному (ростр-блоки, найтовы, чехлы).

Максимальная вместимость спасательных шлюпок составляет 150 человек, а максимальная масса с людьми и снабжением 20,3 т.

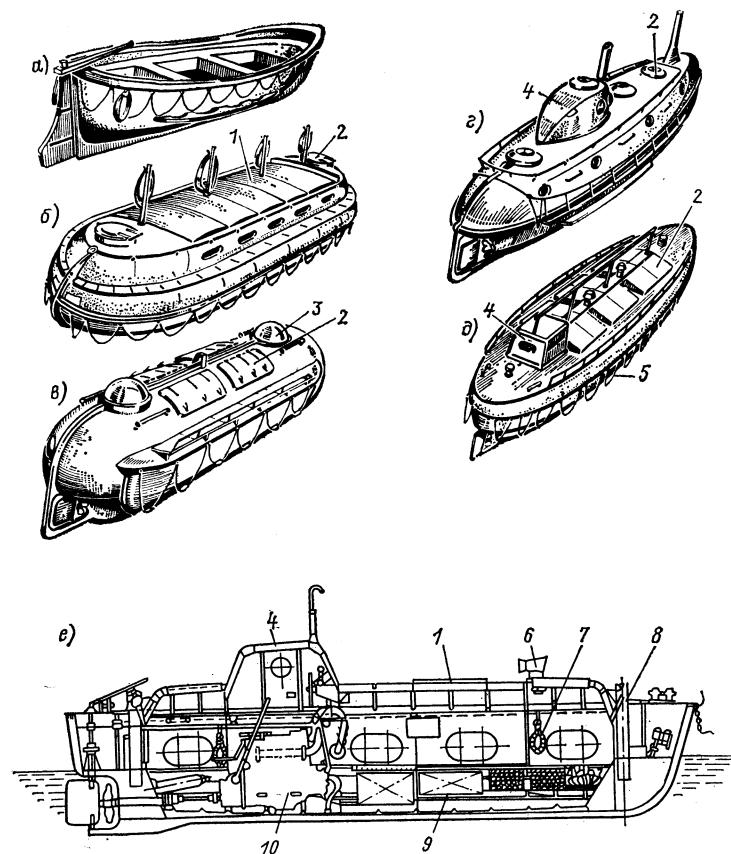
На пассажирских, промысловых, рыболовных судах неограниченного района плавания количество мест в спасательных шлюпках каждого борта принимается равным половине общего количества находящихся на судне людей; на грузовых и нефтеналивных судах неограниченного района плавания — общему количеству мест на судне.

На судах всех назначений в дополнение к шлюпкам, а иногда взамен части их (на пассажирских до 37,5 % мест с каждого борта) устанавливают по крайней мере по одной моторной (дежурной) спасательной шлюпке, имеющей скорость 4—6 уз.

Плавучесть шлюпки должна быть обеспечена и в случае ее полного заливания. Необходимый для этого запас плавучести

может быть получен за счет применения конструкций и материалов с положительной плавучестью и за счет специальных воздушных ящиков. Основными материалами для изготовления спасательных шлюпок являются легкие сплавы и пластмассы. Шлюпки из пластмассы практически не нуждаются в уходе, не гниют, не подвержены коррозии, имеют хороший вид и небольшую массу. Кроме того, могут использоваться сталь и дерево (рис. 6.26).

Спасательные шлюпки вместимостью 60—100 человек должны быть моторными либо с механическим приводом (обычно с ручным), вместимостью более 100 человек — только моторными.



1 — крышки сдвижные; 2 — люк сходный; 3 — люк световой; 4 — рулевая рубка; 5 — лесер спасательный; 6 — вентиляционная головка; 7 — бросательный конец; 8 — подъемное устройство; 9 — рундук; 10 — двигатель

1 — крышки сдвижные; 2 — люк сходный; 3 — люк световой; 4 — рулевая рубка; 5 — лесер спасательный; 6 — вентиляционная головка; 7 — бросательный конец; 8 — подъемное устройство; 9 — рундук; 10 — двигатель

Шлюпки открытого типа снабжаются закрытием оранжевого цвета для защиты людей от воздействия внешней среды (непогоды, температуры).

Спасательные шлюпки для нефтеналивных судов делают закрытого типа, с системой орошения, подающей воду на наружную поверхность шлюпки. Корпус танкерных шлюпок изготавливают из материалов, обеспечивающих безопасное плавание в течение 10 мин в зоне горящих нефтепродуктов при температуре до 1200 °С. Все танкерные шлюпки — моторные и развивают скорость не менее 6 уз. Закрытие танкерной шлюпки негерметично, и, чтобы исключить попадание дыма внутрь шлюпки, создают небольшое избыточное давление. Для создания этого давления, обеспечения людей свежим воздухом, а также обеспечения работы двигателя в течение не менее 12 мин предусмотрены баллоны со сжатым воздухом.

Снабжение шлюпок включает: средства, необходимые для эксплуатации самих шлюпок (весла, парус, мачта, шлюпочный фонарь и т. д.); средства сигнализации и привлечения внимания (переносные радиостанции, парашютные ракеты, фальшфейеры и т. д.); медикаменты; питьевую воду и продукты, по 3 л питьевой воды на каждого человека в водонепроницаемых сосудах, пищевого рациона не менее чем по 5000 ккал на человека).

Спасательные шлюпки располагают вдоль каждого борта в защищенных от действия волн местах. При этом шлюпки не устанавливаются в районе 0,25 длины судна от форштевня и в районе полторы длины шлюпки от передней кромки лопасти винта. Шлюпки должны безопасно и быстро спускаться на воду при крене судна до 15° на любой борт и дифференте до 10°, за время не более 30 мин (для пассажирских и промысловых судов неограниченного района плавания).

Рабочие шлюпки (одна-две на судно) или катера (на больших судах) служат для обеспечения связи с берегом или другими судами, стоящими на рейде, а также для выполнения общесудовых работ.

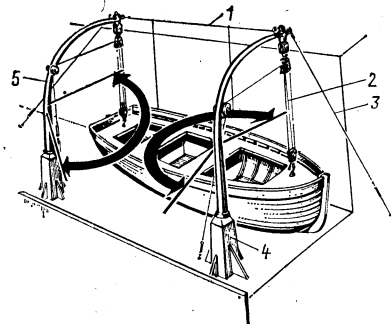


Рис. 6.27. Поворотные шлюпбалки

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

Спасательные шлюпки спускают с помощью шлюпбалок. Они бывают трех типов: поворотные, заваливающиеся и гравитационные.

Поворотные шлюпбалки (рис. 6.27) — один из первых типов шлюпбалок, давно применяемых в судостроении. Сейчас они используются только на малых судах или для обслуживания рабочих шлюпок. Обычно две шлюпбалки обслуживают одну шлюпку. Вываливание шлюпки осуществляется вручную. При использовании *завали-*

*ливающих* шлюпбалок (рис. 6.28) вываливание шлюпок производится путем вращения стрелы относительно горизонтальной оси нижней пятки при помощи ручного привода и винтовой передачи. Гравитационные шлюпбалки (рис. 6.29) не требуют применения силы или другого вида энергии при вываливании шлюпки. Вываливание, а затем и спуск шлюпки происходит под действием силы тяжести после отдачи стопоров, крепящих шлюпбалки в положении по-ходному. Гравитационные шлюпбалки обеспечивают спуск шлюпки за время не более 2 мин при крене судна до 15° на любой борт и дифференте до 10°. Различают гравитационные шлюпбалки скатывающиеся, шарнирные, шарнирно-скатывающиеся, перекатывающиеся и т. д. У скатывающихся шлюпбалок стрелы на катках перемещаются по направляющим, вываливая шлюпку за борт. При вываливании шлюпки за борт стрела одношарнирной шлюпбалки вращается относительно шарнира, совмещенного с ее нижней опорой, а у двухшарнирной шлюпбалки движение стрелы происходит в два этапа — сначала относительно заднего шарнира, затем — вокруг переднего.

Каждую пару шлюпбалок обслуживает *шлюпочная лебедка*. Лебедки бывают с ручным приводом, безмоторные и моторные (двухбарабанные с электрическим или пневматическим приводом). Все приводные шлюпочные лебедки имеют ручной аварийный привод. Безмоторные лебедки имеют три барабана (два для лопарей шлюпбалок, а на третий навит трос, свободный конец которого проведен через канифас-блок на швартовый барабан грузовой лебедки, шпиля или брашпиля). Шлюпочные лебедки снабжены ленточным и центробежным тормозами. Последний служит для ограничения максимальной скорости спуска шлюпки (18—36 м/мин).

Шлюпки по-ходному крепят либо непосредственно на шлюпбалках (S-образных заваливающих и гравитационных), либо на палубах и на так называемых *рострах* — полубимсах, опирающихся одним концом на рубку, а другим — на стойку у борта. Чтобы шлюпки не смещались при качке, их размещают на *ростр-блоках*, закрепленных на шлюпбалках, палубе или рострах. Ростр-блоки имеют форму, подогнанную по обводам шлюпки, и сверху обиты мягкой войлочной подушкой, покрытой парусиной. По конструкции различают ростр-блоки односторонние и двусторонние (рис. 6.30). У двусторонних ростр-блоков наружную (ближайшую к борту) часть делают откидной, чтобы не приподнимать шлюпку перед вываливанием. Шлюпки крепят к ростр-блокам с помощью найтовов, в состав которых входят: стальные тросы или такелажные цепи, захваты по форме планширя шлюпок, глаголь-гак для быстрой отдачи, пеньковые талрепы. Обычно найтовы закрепляют на палубных обухах. Найтовы, крепящие шлюпки к гравитационным шлюпбалкам, отдаются автоматически, одновременно с отдачей стопора шлюпбалки.

Спасательные плоты могут быть надувными и жесткими (металлическими и пластмассовыми).

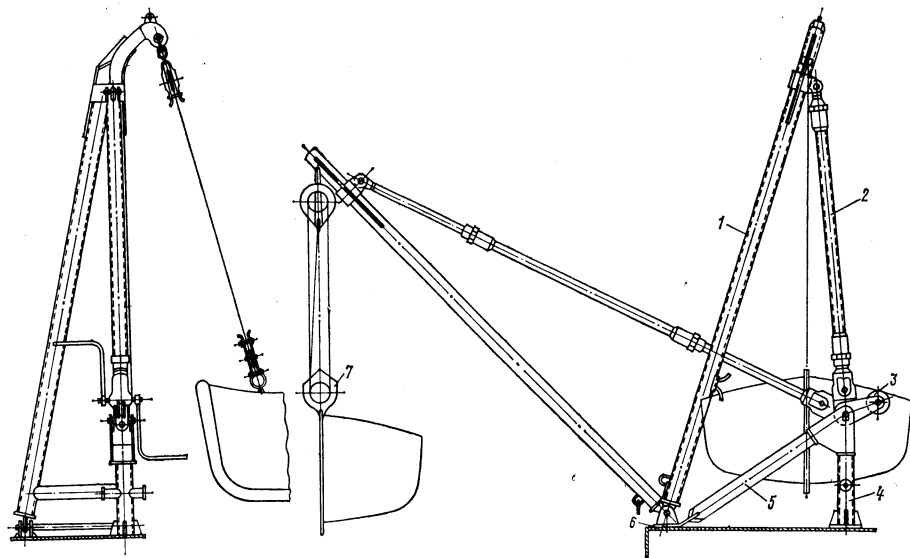


Рис. 6.28. Шлюпбалка заваливающаяся системы инженера Иолко  
1 — стрела шлюпбалки; 2 — стяжка; 3 — направляющий ролик; 4 — станина; 5 — укосина; 6 — башмак палубный; 7 — нижний блок шлюп-талей

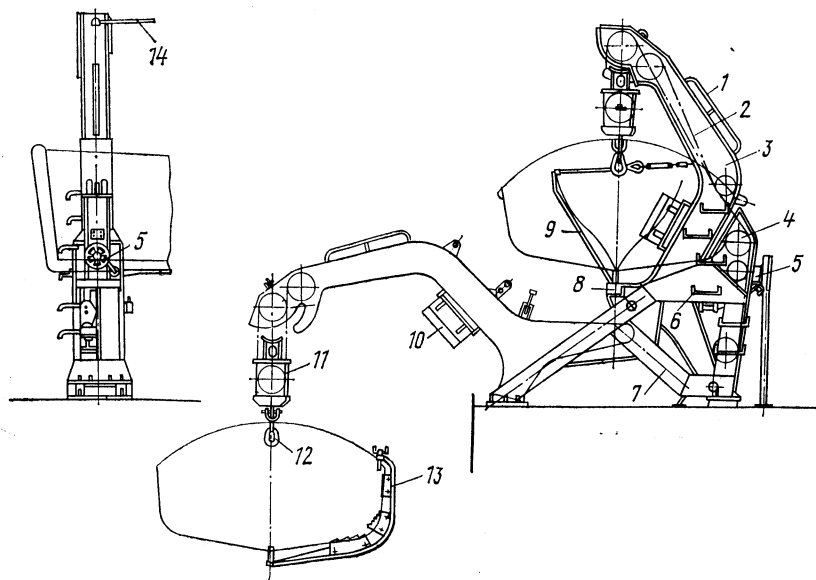


Рис. 6.29. Шлюпбалка гравитационная скатывающаяся  
1 — поручень; 2 — лопарь; 3 — стрела шлюпбалки; 4 — блок направляющий; 5 — стонор; 6 — ступеньки скоб-трапа; 7 — станина; 8 — упор килевой; 9 — найтов; 10 — упор бортовой; 11 — блок шлюп-талей; 12 — проушина для шлюпочного гака; 13 — полоз; 14 — топрник

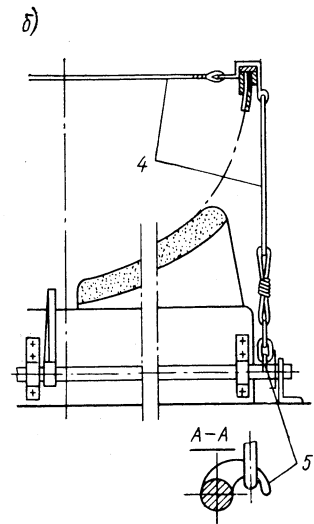
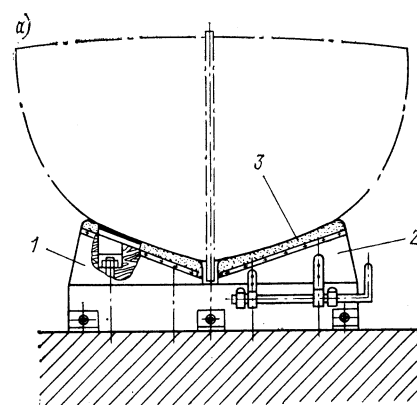


Рис. 6.30. Крепление шлюпок по-походному:  
а — двусторонний ростр-блок; б — шлюпочный найтов

1 — неподвижная часть; 2 — откидная (наружная) часть; 3 — подушка; 4 — шлюпочный найтов; 5 — устройство для быстрой отдачи найтова

Жесткие плоты (рис. 6.31) менее удобны в эксплуатации (занимают больше места, имеют сложную конструкцию тента). Надувные плоты (рис. 6.32) хранят в контейнерах. На судах малых и средних размеров плоты, сброшенные на воду, автоматически надуваются, освобождаясь от контейнера. Посадка людей производится в основном из воды. На больших судах для предотвращения попадания людей в воду стали применять различные скаты или рукава. Однако спасательные операции при этом оказались довольно сложными. Поэтому были созданы спускаемые спасательные плоты. Они надуваются на палубе, выносятся стрелой за

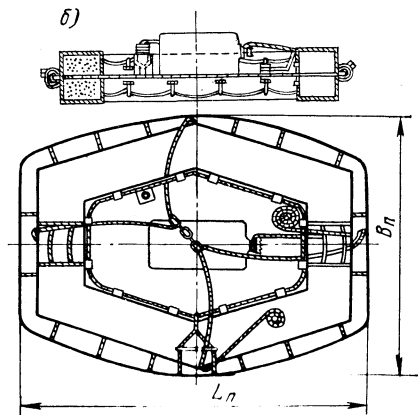
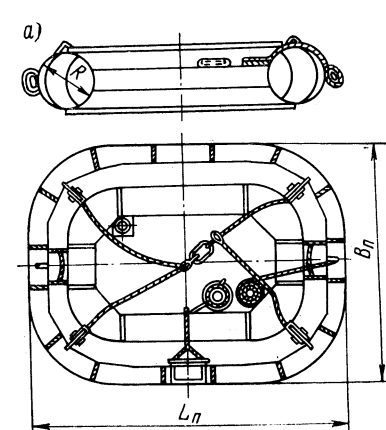


Рис. 6.31. Жесткие спасательные плоты: а — металлический; б — пластмассовый

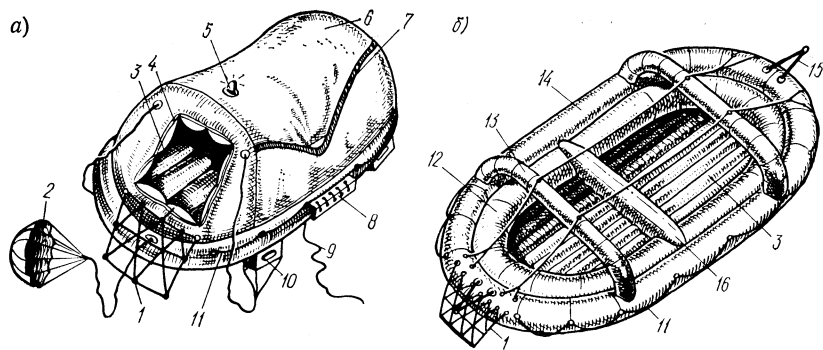


Рис. 6.32. Плот спасательный надувной: а — общий вид; б — каркас плота

1 — входной трап; 2 — плавучий якорь; 3 — надувное днище; 4 — шторка входа; 5 — сигнальный огонь; 6 — двойной тент; 7 — водосборник; 8 — газовый баллон в чехле; 9 — пусковой линь; 10 — водобалластный карман; 11 — леер; 12 — надувное сиденье; 13 — надувная дуга; 14 — камера плавучести; 15 — буксирное приспособление; 16 — банка

борт, заполняются людьми и спускаются на воду. Отдача шкентеля происходит автоматически после того, как плот коснется воды. К *плавучим приборам* относятся спасательные скамейки и легкие плоты.

## § 6.7. Специальные устройства

### 6.7.1. Промысловые устройства

Под промысловым устройством понимается совокупность механизмов, оборудования, конструкций и приспособлений, с помощью которых добывающее судно обслуживает орудие лова.

В комплексе с промысловыми устройствами на судах предусматривают грузовое для спуска и подъема сетей, выгрузки улова, погрузки соли и для выполнения других грузовых работ.

Рыбопромысловые устройства различают в зависимости от способа лова рыбы, поэтому элементы и компоновка устройства на судах определяется промысловой схемой: тралением с борта, тралением с кормы, постановкой дрифтерных сетей и т. п.

*Бортовое траление* осуществляется средними рыболовными траулерами. Бортовое траловое устройство (рис. 6.33) предназначено для спуска трала, его крепления к судну с помощью ваеров, выборки трала. Основным механизмом устройства является траловая лебедка, расположенная у носовой переборки рубки судна. Траловые лебедки имеют два барабана для ваеров с ваероукладчиками. Для вспомогательных операций при работе с тралом, а также для выполнения некоторых грузовых операций траловые лебедки имеют одну или две пары турачек. По бортам судна у фальшборта крепятся траловые дуги, служащие для подвески блоков, через которые проводятся ваеры. Для проводки ваера от траловой лебедки к траловым дугам на палубе устанавливают

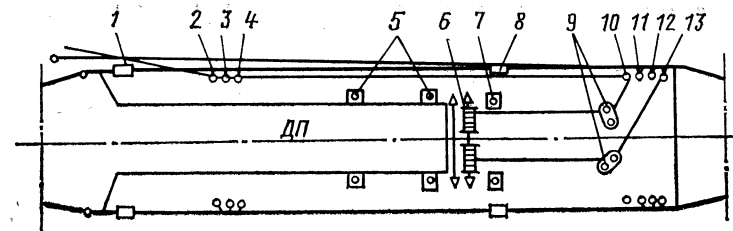


Рис. 6.33. Схема расположения промысловых устройств на рыболовном траулере бортового траления

1 — стопор-блок мессенжера; 2 — кормовая траловая дуга; 3, 12 — подвесные ролики; 4, 13 — коренные ролики; 5 — отводящие ролики на надстройке; 6 — траловая лебедка; 7 — квартропная тумба с роликом; 8 — роульс на фальшборте; 9 — центральные ролики; 10 — бортовые ролики; 11 — носовая траловая дуга

центральные и бортовые ролики, а у основания траловых дуг — коренные ролики. Траловые дуги располагают так, чтобы между ними и фальшбортом можно было укрепить траловую доску в положении по-походному. Когда процесс постановки трала заканчивается, носовой и кормовой ваеры с помощью мессенджера (троса с гаком на конце) подтягивают к борту и крепят стопором, чтобы улучшить управляемость траулера при тралении.

*Кормовое траление* имеет ряд преимуществ по сравнению с бортовым с точки зрения улучшения условий труда, сокращения времени на операции по спуску и подъему трала, режима работы судна, а также открывает возможности по автоматизации работы с тралом.

Устройством для кормового траления оборудуются траулеры типа БМРТ, имеющие в кормовой части слип (криволинейную наклонную поверхность под углом  $40^\circ$  к горизонту). Перед слипом находится промысловая палуба, на которой расположены конструкции и механизмы, обеспечивающие переводку канатов, крепление трала и его частей, спуск и подъем трала на судно.

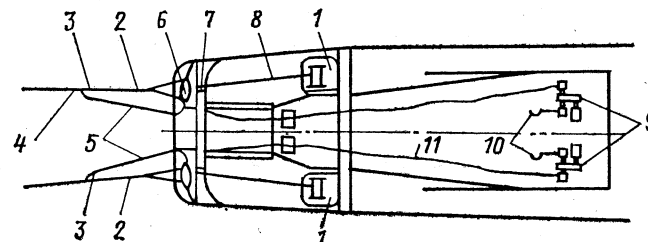


Рис. 6.34. Принципиальная схема расположения основного оборудования в траловом устройстве с раздельными лебедками

1 — ваерные лебедки; 2 — шкентели лопаток траловых досок; 3 — узел соединения кабеля вытяжного конца и шкентеля лопаток; 4 — кабель; 5 — переходные концы; 6 — распорные траловые доски; 7 — ваерные блоки; 8 — ваеры; 9 — кабельно-вытяжные лебедки; 10 — вытяжные концы вытяжных барабанов; 11 — вытяжные концы кабельных барабанов

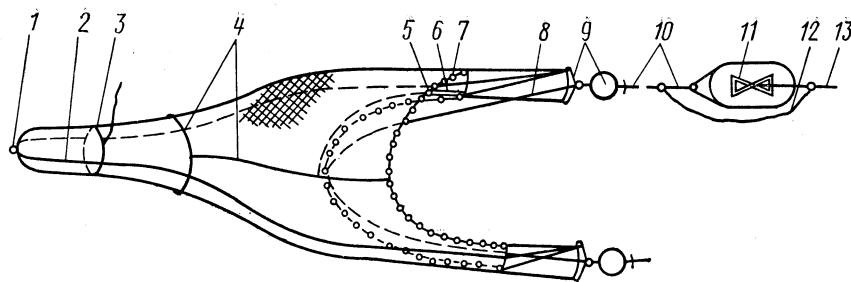


Рис. 6.35. Схема трала

1 — гайтаны; 2 — топенант и пожилины; 3 — дележный строп с линем; 4 — удавный строп с линем; 5 — грунттроп; 6 — нижняя подбора; 7 — верхняя подбора с кувалдами; 8 — квартроп; 9 — клячевка с бобинками; 10 — кабель; 11 — траловая доска; 12 — переходной конек; 13 — ваер

В последние годы на судах внедряется система работы с раздельными ваерными лебедками (рис. 6.34). Две однобарабанные ваерные лебедки осуществляют травление ваеров, буксировку спущенного трала и выборку ваеров. Другие две двухбарабанные лебедки, называемые кабельно-вытяжными, обеспечивают операции по спуску трала, а также завершающие операции по подъему трала на палубу.

Трал — это конусообразный сетный мешок, буксируемый судном с помощью ваеров (рис. 6.35). Тралы бывают *донные* и *разноглубинные*. Передняя часть трала крупноячеистая, задняя — мелкоячеистая цилиндрическая. Сетка трала снабжена рядом канатов для обеспечения прочности и выполнения работ по спуску и подъему. Устье трала удерживается при тралении в раскрытом положении с помощью траловых (распорных) досок (по горизонтали), а также плавом на верхней подборе и грузом — на нижней подборе (по вертикали). *Подборами* называют стальные канаты, окаймляющие сеть трала, *плавом (кувалдами)* — пустотелые шары диаметром около 150 мм. К нижней подборе крепят грунттроп — стальной канат с грузами (грунттропные катушки). К центральной части грунттропа крепится *квартроп* — стальной трос для подтягивания средней части трала к борту судна при выборке.

Дрифтерный способ применяется для лова рыбы (в основном сельди) плавными сетями, поддерживаемыми в воде на определенной глубине в вертикальном положении с помощью поплавков и буйков, удерживаемых тросом-вожаком. На судах, осуществляющих дрифтерный лов, имеются средства комплексной механизации: вожаковыборочные, сетевыборочные и сететрясные машины, поводцевыборочные механизмы. Сети хранятся в сетевом трюме.

### 6.7.2. Устройства передачи грузов в море на ходу

С давних времен в морской практике существует необходимость передачи грузов с одного судна на другое в море: операции снабжения судов без захода их в порты; передача улова рыбы

с рыбодобывающего судна на рыбопромысловую базу; пересадка людей с одного судна на другое и т. п.

Устройство для передачи грузов на ходу в зависимости от расположения судов делят на траверзные и кильватерные. Траверзные применяют для передачи сухих и жидких грузов, а кильватерные — только для жидких.

Сейчас используют несколько схем передачи жидкого груза *кильватерным способом*. Один из них — устройство с подвеской шланга на несущий канат (рис. 6.36).

С передающего судна на принимающее заводят буксирный трос и несущий канат. Чтобы избежать разрыва несущего троса, его заводят с некоторой слабиной по отношению к буксирному. Секции шланга укладывают на палубе, соединяют между собой, с помощью подвесок закрепляют на несущем тросе и подают через роульсный клюз за корму. Применение роульсного клюза исключает резкие перегибы шланга. Для перемещения шланга на принимающее судно используют вспомогательный канат, который выбирается шпилем принимающего судна. После заводки шланга его концы соединяют с раздаточным и приемным трубопроводами, после чего начинается перекачка жидкого груза. Применяют шланги диаметром 125—150 мм. При этом обеспечивается производительность 100 т/ч.

Как видно из описания, кильватерный способ прост и универсален, он допускает передачу жидкого груза на любые суда без их дооборудования. Однако при этом способе невозможна пере-

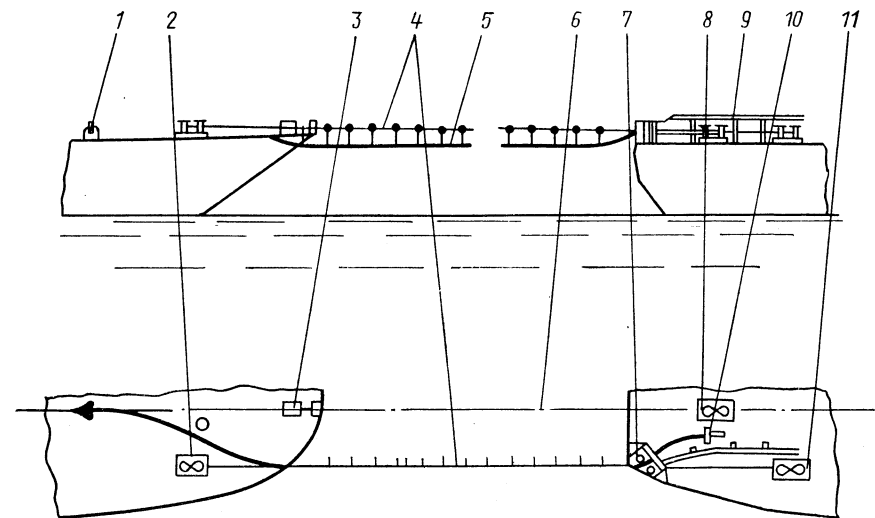


Рис. 6.36. Устройство для кильватерной передачи жидких грузов

1 — приемный трубопровод; 2, 11 — кнехты; 3 — держатель буксирного каната; 4 — несущий канат; 5 — секционный шланг; 6 — буксирный канат; 7 — роульсный клюз; 8 — буксирный кнехт; 9 — направляющая для хранения подвесок; 10 — раздаточный трубопровод



дача жидких грузов одновременно на два судна, одновременные передача сухих грузов и пересадка людей. Поэтому траверзный способ, не имеющий этих недостатков, получил более широкое распространение.

При *траверзном способе* для передачи грузов используют канатные дороги между судами, идущими параллельными курсами на расстоянии 50—120 м. Устройство работоспособно при волнении моря до 5 баллов.

Судовые канатные дороги для траверзной передачи сухих грузов бывают одно- и двухканатными (рис. 6.37, а, б). В одноканатной дороге один канат выполняет роль несущего и тягового для грузовой каретки. В двухканатных дорогах имеются отдельно несущий и тяговый канаты. Тяговый канат обслуживает две лебедки, одна из которых работает на выбирание, другая — на травление. Одноканатные дороги проще и имеют меньше механизмов.

Так как расстояние между судами из-за качки и рыскания меняется, необходимы следящие приводы для выбирания слабину канатов при уменьшении расстояния между судами и травления их при его увеличении. Для этой цели могут использоваться противовесы, следящие гидравлические и электрические лебедки.

Грузоподъемность канатной дороги для передачи сухих грузов составляет 1—2,5 т. Скорость движения грузовой тележки после

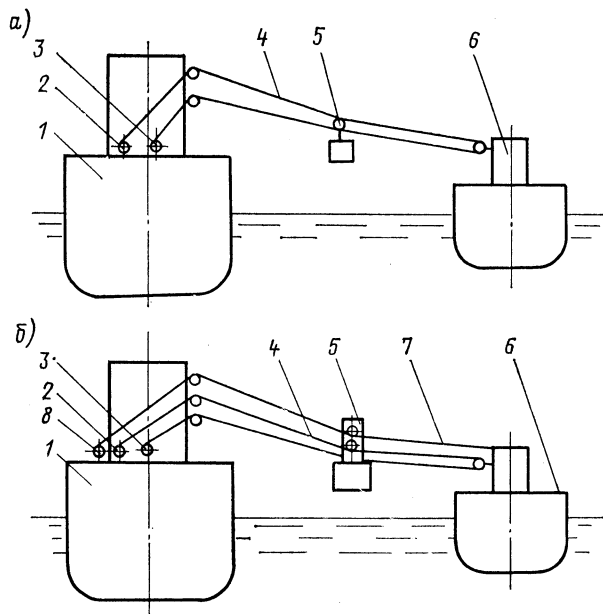


Рис. 6.37. Схемы канатных дорог

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

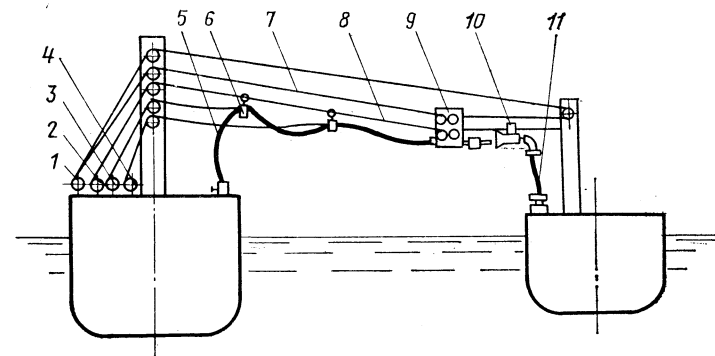


Рис. 6.38. Устройство для траверзной передачи жидких грузов  
1 — двухбарабанная лебедка; 2 — лебедка несущего каната; 3, 4 — лебедки для оттяжек; 5 — шланг; 6 — коромысло; 7 — тяговый канат; 8 — несущий канат; 9 — соединительный узел; 10 — приемный узел; 11 — принимающий патрубок

разгона достигает 270 м/мин. При пересадке людей к грузовой тележке присоединяется пассажирская кабина.

Судовые канатные дороги для траверзной передачи жидких грузов имеют несущий канат для подвески шланга и тяговый для перемещения шлангового соединительного узла (рис. 6.38). Подвеску шланга на несущий канат выполняют с помощью скользящих блоков, прикрепленных к коромыслам, представляющим собой металлические патрубки с узлами подсоединения гибких шлангов и оттяжек. Соединительный узел перемещается тяговым канатом, обе ветви которого идут на двухбарабанную лебедку. Каждое коромысло имеет свои оттяжки, заведенные на самостоятельные лебедки. Несущий канат также обслуживается лебедкой. Для передачи жидких грузов используют гибкие шланги диаметром 150—178 мм при давлении 1 МПа (10 кгс/см<sup>2</sup>). С целью повышения производительности или обеспечения возможности передачи различных сортов груза можно завести несколько шлангов.

### 6.7.3. Взлетно-посадочные устройства для вертолетов

На таких судах, как ледоколы, спасательные буксиры, ледокольные суда, базируются вертолеты для выполнения ледовой разведки; обнаружения судов, терпящих аварию; для транспортировки грузов на судно или берег.

Для обслуживания вертолетов эти суда оборудуют взлетно-посадочными площадками (рис. 6.39), стационарными и реже временными. На некоторых судах для вертолетов предусматривают ангары. *Взлетно-посадочная площадка* представляет собой открытый участок на одной из верхних палуб. Она должна иметь:

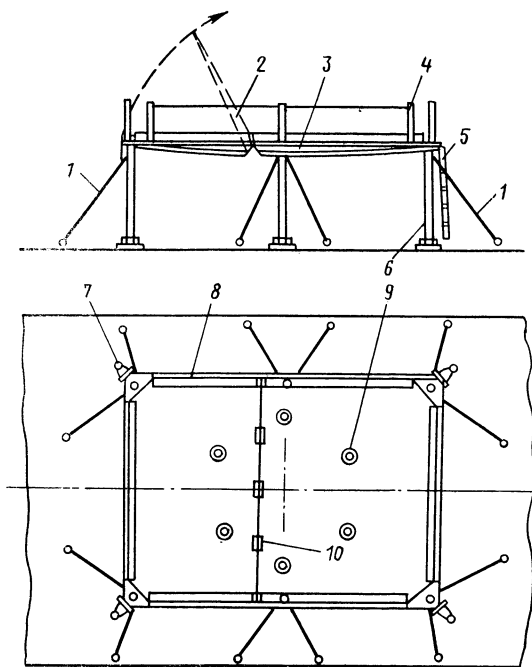


Рис. 6.39. Схема съемной взлетно-посадочной площадки для вертолетов

1 — растяжка с талрепом; 2 — съемный леер; 3 — взлетно-посадочная площадка; 4 — заваливающаяся стойка; 5 — съемный вертикальный трап; 6 — съемный пиллерс; 7 — прожектор; 8 — предохранительный брус; 9 — посадочный сигнальный огонь; 10 — шарниры площадки

металлического настила и ребер жесткости устанавливают на пиллерсы и растяжками крепят к рывам, заделанным в палубе. Они оборудуются так же, как стационарные.

## Глава седьмая

### СУДОВОЕ НАВИГАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СРЕДСТВА СВЯЗИ

На каждом судне для безаварийного следования по намеченному курсу (в том числе при подходе к берегу, проходе узкостей) предусматривается навигационное оборудование, средства связи и сигнализации. Их количество и номенклатура зависят от района плавания, назначения и валовой вместимости судна.

### § 7.1. Судовое навигационное оборудование

Навигационное оборудование морского судна предназначено для прокладки курса, уточнения и определения его геометрических координат.

К основным навигационным приборам и инструментам относятся: *компасы, пеленгаторы, радиопеленгаторы, секстаны, хронометры* — для определения местоположения судна; *лаги* — для измерения скорости судна и пройденного расстояния; *лоты и эхолоты, радиолокаторы, гидролокаторы, гидрофоны* — для обеспечения безаварийного плавания в условиях плохой видимости, при подходе к берегу, при ограниченных глубинах; *термометры, барометры, барографы, анемометры и психрометры* — для определения и прогноза погоды.

Большая часть навигационных приборов находится в рулевой и штурманской рубках, а также на открытых мостиках. На гражданских судах рулевую и штурманскую рубки совмещают в одном помещении, называемом *ходовой рубкой*, или *рулевой* (рис. 7.1).

Важнейшим навигационным прибором является магнитный компас (рис. 7.2), с помощью которого определяют направление движения судна относительно магнитного меридиана. В основу устройства положено свойство магнитной стрелки, свободно вращающейся на вертикальной оси, устанавливаться в каждой точке земной поверхности по направлению магнитного меридиана. Для определения направления движения судна относительно географического меридиана необходимо учесть *магнитное склонение* — угол между магнитным и географическим меридианами. Нестабильное магнитное поле стального судна отклоняет магнитную стрелку от направления магнитного меридиана на некоторый угол. Это отклонение называется *девиацией* компаса. Для уничтожения девиации в самом компасе устанавливают дополнительные магниты, а вблизи компаса — шары из мягкого железа.

Все устанавливаемые на судах компасы делятся на главные и путевые. *Главный* компас служит для определения местоположения судна по пеленгам, а *путевые* — для удержания его на курсе с помощью руля.

Кроме магнитного компаса на судне устанавливают *гироскопические компасы*, работа которых основана на свойстве быстро вращающегося маховика (до 10 000 об/мин) сохранять положение оси вращения в пространстве неизменным. Гирокомпас указывает направление истинного, или географического, меридиана. Его показания являются более точными по сравнению с магнитными компасами и не зависят от магнитных полей Земли и судна. Кроме того, гирокомпасы позволяют дистанционно передавать показания большому количеству дублирующих приборов (*репитерам*), которые устанавливают в ходовой рубке, в румпельном отделении, на крыльях мостика, в каюте капитана. Показания гирокомпаса по специальным кабелям передаются приборам автоматизации судовождения — *курсографу, авторулевому, автопрокладчику* и пр.

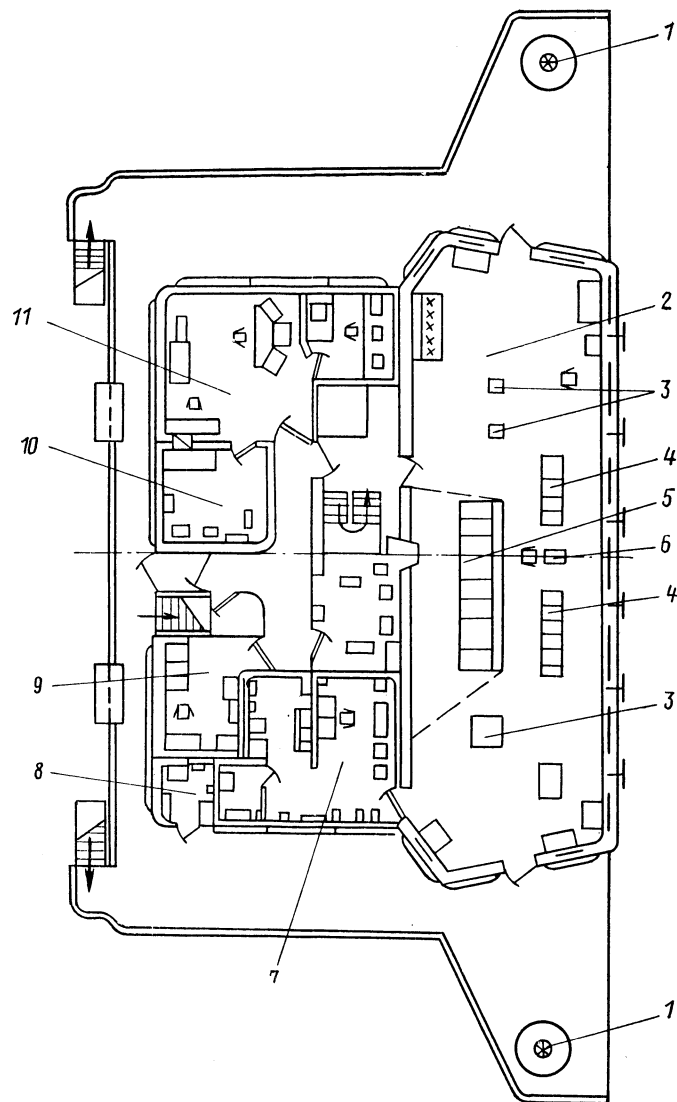


Рис. 7.1. Совмещенные рулевая и штурманская рубки

1 — репитер гироскопа; 2 — ходовая рубка; 3 — радиолокационная станция; 4 — пульт судовождения; 5 — штурманский пульт; 6 — пульт управления; 7 — аппаратная навигационного комплекса; 8 — аккумуляторная; 9 — трансляционная; 10 — аппаратная; 11 — операторная

Однако работа гироскопа зависит от судовой электросети, они сложны, дороги в изготовлении и требуют для приведения в состояние готовности десятки минут, а иногда и несколько часов. Основной прибор гироскопа размещается в специальном помещении, называемом *гиропостом*, расположенном по возможности в ДП ближе к миделю на уровне одной из действующих ватерлиний. Наибольшее распространение на судах находят гироскопы типа «Курс».

Для определения места судна по направлениям на береговые предметы главные компасы снабжаются пеленгаторами (рис. 7.3). Пеленгатор, состоящий из двух рамок с вертикальными нитями, устанавливают на круглой оправе котелка компаса, на которой он может вращаться для визирования некоторого видимого на берегу предмета. Для этого необходимо обе нити пеленгатора привести к совпадению с видимым на берегу предметом и определить *пеленг* — угол между нордовой ветвью истинного меридиана и направлением на предмет. По двум пеленгам на известные ориентиры легко определить местоположение судна.

Кроме указанных пеленгаторов на судах применяют радиопеленгаторы — радиотехнические устройства, которые используют свойство антенны, имеющей форму рамки, принимать сигналы передающей радиостанции с определенных направлений.

Если направление на передающую радиостанцию отсчитывается относительно направления на север, то соответствующий угол называется *радиопеленгом*. На отечественных судах чаще всего применяют радиопеленгаторы ОРП-5, «Рыбка», «Румб».

Для определения местоположения судна (его долготы и широты) с помощью угломерного прибора — секстана — определяют высоту светила над горизонтом, фиксируя при этом время замеров

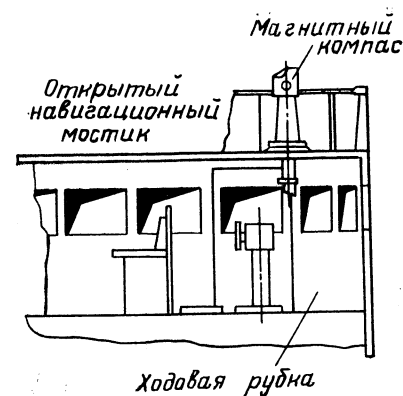


Рис. 7.2. Магнитный компас с оптической системой дистанционной передачи показаний в рулевую рубку

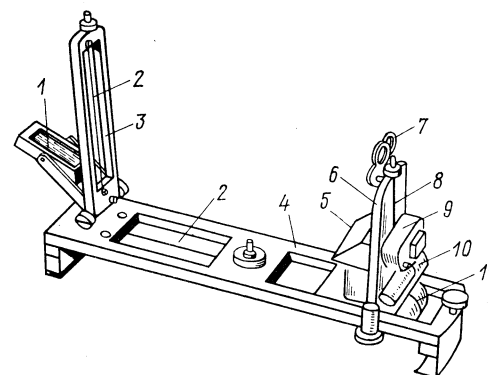


Рис. 7.3. Пеленгатор

1 — зеркало; 2 — нить; 3 — предметная мишень; 4 — основание; 5 — призма; 6 — кронштейн; 7 — светофильтры; 8 — визирная щель; 9 — козырек; 10 — планка; 11 — риска

(обсервации). Далее по специальным астрономическим таблицам определяют местоположение судна. Точность замеров зависит от видимости светила и горизонта. В настоящее время этот способ является вспомогательным.

Широкое распространение на транспортных судах получил способ определения широты и долготы с помощью радионавигационных систем (РНС) — сети береговых передатчиков, работающих на приемники («Пирс-1», КПИ-4, «Декка», «Лоран», «Омега»), размещенные в ходовой рубке.

Системы спутниковой навигации являются наиболее перспективными, поскольку они позволяют определить место судна с точностью до 0,1 мили практически в любом районе Мирового океана. В частности, начиная с 70-х гг. успешно функционирует спутниковая система «Транзит», приемники которой устанавливают на судах различных государств.

Приборы для измерения скорости судна называются лагами. При суммировании показаний лага во времени получают пройденное судном расстояние. Лаги, определяющие скорость судна по отношению к воде, называют *относительными*, по отношению ко дну моря — *абсолютными*.

**Гидродинамический относительный лаг** (рис. 7.4) измеряет разность между полным давлением  $P_d$  встречного судну потока, отбираемым с помощью направленной навстречу движению судна трубки Пито, и статическим давлением  $P_{ст}$ , отбираемым с помощью трубки, направленной перпендикулярно потоку. Этот перепад давлений, согласно закону Бернулли, пропорционален скорости потока и, следовательно, скорости судна относительно воды. **Гидромеханический относительный лаг** в качестве измерительного элемента имеет ротор с винтообразными лопастями, приводимый во вращение при движении судна набегающим потоком. Вращение ротора пропорционально скорости потока и, следовательно, скорости судна относительно воды. Гидромеханические лаги неудобны, ненадежны, имеют малую точность, поэтому на судах морского флота почти не применяются. **Индукционный относительный лаг** основан на законе электромагнитной индукции Фарадея, согласно которому при движении в магнитном поле проводника в нем наводится ЭДС, величина которой пропорциональна скорости проводника. Проводником в данном случае служит встречный судну поток воды, протекающий между полюсами электро-

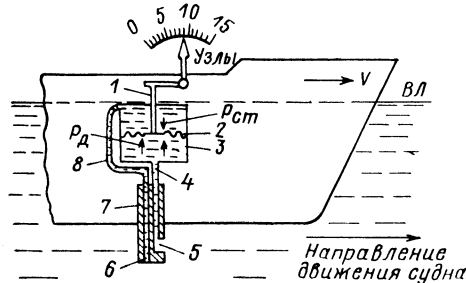


Рис. 7.4. Принцип действия гидродинамического относительного лага

1 — шток; 2 — диафрагма; 3 — приемник давления; 4 — трубопровод полного давления; 5 — отверстие полного давления; 6 — статическое отверстие; 7 — приемная трубка; 8 — статический трубопровод

магнита. ЭДС снимается с помощью помещаемых в поток электродов. Относительные лаги не учитывают переносную скорость судна за счет течения, волн и ветра, достигающую 3—4 уз.

**Гидроакустический абсолютный лаг** с помощью гидролокатора генерирует акустические колебания, которые после отражения от дна моря вновь воспринимаются гидролокатором. При этом измеряется доплеровская частота колебаний, т. е. разность частот принимаемых и излучаемых колебаний, которые будут пропорциональны скорости судна относительно дна моря. Ошибка в определении скорости судна составляет менее 1 %. На отечественных судах устанавливают гидродинамические лаги МГЛ-25, ЛГ-2 и индукционный лаг ИЭЛ-2.

Указатель скорости и пройденного расстояния размещают в выгородке лага на втором дне, обычно в районе МКО, а репитеры этого прибора — в ходовой рубке над штурманским столом, в ЦПУ и в каюте капитана.

**Лот** — это прибор для измерения глубины фарватера. Простые лоты, состоящие из гири (лота), привязанной к тросу (лот-линию), сбрасываются вручную либо с помощью ручной лебедки. Принцип действия эхолота состоит в послышке звукового сигнала на дно моря и улавливания отраженного со дна звука (эха) слуховым аппаратом с отметкой времени возвращения этого эха (рис. 7.5). Зная промежуток времени с момента отправки до момента возвращения звукового сигнала и скорость распространения звука в воде (1435 м/с), нетрудно определить глубину под килем судна в данном месте.

Для обеспечения хорошей направленности излучения и необходимой дальности действия в настоящее время применяют **магнитоотрицательные** (НЭЛ-6, НЭЛ-7) или **пьезоэлектрические** (НЭЛ-10) эхолоты, использующие в качестве звукового сигнала ультразвуковые волны, излучаемые вибратором-излучателем и принимаемые вибратором-приемником. Эхолот НЭЛ-10 имеет в своем составе самописец, автоматически записывающий на ленту измеряемые глубины.

Судовые радиолокационные станции (РЛС), или радиолокаторы, позволяют обнаружить надводное препятствие в любое время суток и в любую погоду. Они играют исключительно важную роль в обеспечении безопасности плавания в узкостях, местах оживленного судоходства, ночью, в тумане и т. п. Принцип действия РЛС основан на яв-

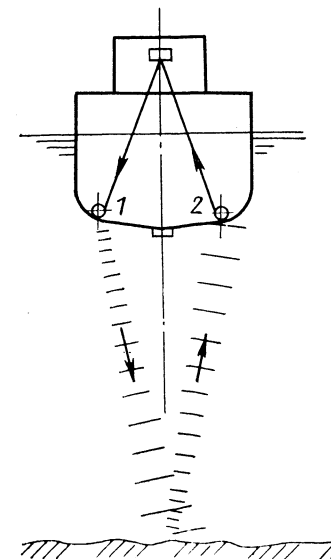


Рис. 7.5. Схема работы эхолота  
1 — вибратор-излучатель; 2 — вибратор-приемник

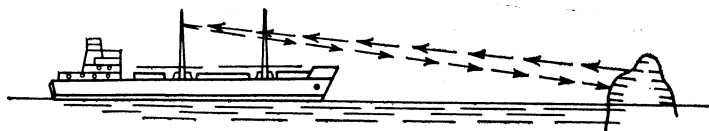


Рис. 7.6. Принцип действия радиолокатора

нии отражения ультракоротких радиоволн от объектов, встречающихся на пути их распространения (рис. 7.6). В состав РЛС, кроме антенны направленного действия, передатчика, приемника и другого оборудования, входят индикаторы с экранами, на которых отображается как само судно (точкой, а его курс — отрезком прямой), так и отражающие объекты. Расстояние до обнаруженного объекта определяют с помощью концентрических окружностей, расположенных на экране на определенном расстоянии одна от другой. Для обеспечения ориентации радиолокационного изображения на индикаторах кругового обзора в судовых ЛС предусмотрена связь с гирокомпасом либо с ДП судна. На отечественных морских судах применяют РЛС нескольких типов: «Дон», «Донец», «Наяда» и «Енисей-Р», «Океан». РЛС работают в диапазоне волн длиной 3,2 и 10 см, дальность действия 50 миль. РЛС «Океан» имеет вычислительные и самозаписывающие устройства, позволяющие решать задачу расхождения судна со встречным судном, регистрировать скорость и курс своего судна, а также пеленг и дальность до объекта, относительно которого в данный момент решается задача расхождения.

Гидролокатором называется устройство, предназначенное для обнаружения подводных объектов, определения их координат и параметров движения с помощью приема отраженных от этих объектов акустических волн. Такими подводными объектами могут быть рыбные косяки, подводные скалы и т. п. Гидролокатор состоит из вибратора, излучающего звуковые волны, и гидрофона, принимающего звуковые волны. Принцип действия аналогичен работе радиолокационных установок, но радиус действия значительно меньше.

## § 7.2. Автоматизация судовождения

Автоматизация судовождения — применение технических средств и различных систем управления, позволяющих судоводителю более быстро и точно определять местонахождение судна, выбирать и корректировать его маршрут.

Автоматизированная система судовождения включает: автоматическую систему сбора, обработки и представления судоводителю необходимой информации; автоматическую систему прокладки и выбора оптимального курса (автопрокладчик курса); автоматизированную систему предупреждения столкновения судна

со встречными объектами; автоматическую систему управления судном на курсе (авторулевой); автоматическую систему динамической стабилизации судна в точке.

Современная автоматизированная система судовождения (рис. 7.7) содержит ЦВМ, которая на основе поступающей в нее навигационной информации осуществляет счисление пути, определение местонахождения судна, выбор наиболее выгодного пути и автоматическое управление курсом. Информация от ЦВМ поступает к авторулевому для коррекции курса, в автопрокладчик курса, на навигационный индикатор предупреждения столкновения, а также отображается на печатающем устройстве. Такая система позволяет управлять судном одному судоводителю.

Современные системы автоматизации управления процессами навигации объединяют в навигационные автоматизированные комплексы (НАК). НАК автоматически решает следующие задачи: счисление и прокладка пути на карте, определение места судна; обнаружение встречных судов и судов, находящихся в опасной близости, с определением параметров их движения; оценка опасности навигационной ситуации при встрече с несколькими судами, включая прогноз изменения этой ситуации во времени и предварительные расчеты ряда маневров судна при расхождении с другими судами с целью выбора и последующей реализации наиболее целесообразного маневра. Для решения задач предупреждения столкновения судов используют радиолокационные устройства, ЦВМ и телевизионный экран индикатора ситуаций.

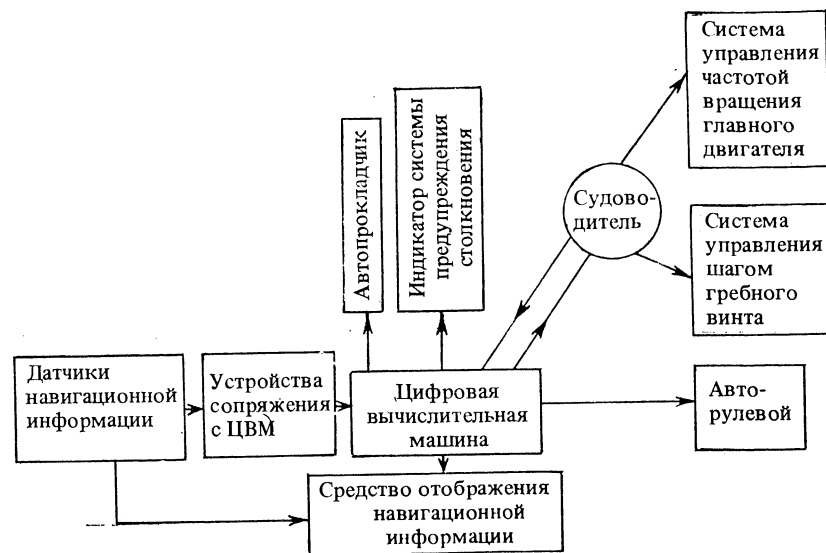


Рис. 7.7. Функциональная структурная схема автоматизированной системы судовождения



К средствам внутрисудовой связи и сигнализации относятся: телефонная и громкоговорящая связь, судовые электрические телеграфы, звонки, ревуны, световые сигналы, переговорные трубы, мегафоны.

Телефонная связь по назначению делится на два вида: служебную и связь общего пользования. На морских судах используют обычно два вида систем внутрисудовой *служебной телефонной связи*: система прямой (парной) телефонной связи и система телефонной связи с командными коммутаторами.

В качестве системы *телефонной связи общего пользования* применяют АТС. Отечественной промышленностью выпускаются АТС емкостью 50, 100 и 200 номеров типа КАТС-50, КАТС-100, КАТС-200.

Громкоговорящая связь (односторонняя и двусторонняя) широко применяется на судах для передачи команд, например, при швартовке, связи с берегом.

Судовой электрический телеграф (например, машинный) предназначен для передачи приказаний об управлении главным двигателем из командных постов в исполнительные и для получения ответов об исполнении этих приказаний.

*Звонки, ревуны, световые сигналы* используют для подачи сигналов аварии, при пожаре или в случае тревоги.

## Глава восьмая

### ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ПОСТРОЙКИ И РЕМОНТА СУДОВ

#### § 8.1. Этапы проектирования судов

Основными заказчиками отечественной судостроительной промышленности являются министерства морского флота рыбного хозяйства, речного флота, внешней торговли, Академия наук СССР, Мингазпром.

Ввиду сложности выполнения многообразных требований, предъявляемых заказчиком к новому судну, процесс проектирования судна отличается многоэтапностью выполнения работ.

Основными этапами выполнения работ по созданию судна являются: поисковая проработка, техническое предложение, эскизный проект, технический проект и разработка рабочих чертежей.

Поисковые работы проводят отраслевые проектные институты с привлечением проектно-конструкторских бюро, которые могут выполнять и собственные инициативные проработки. На основе выполненных научно-исследовательских работ по проблемам перспективного развития флота разрабатываются технико-экономические требования к судну (или нескольким его вариантам).

Следующим этапом проектирования будущего судна является техническое предложение, которое может быть инициа-

тивным или проработкой технического задания заказчика. Целью инициативного технического предложения являются определение практически возможных конструктивных решений нового судна и уточнения технико-экономических требований, а при проработке задания — проверка совместимости требований технического задания. На основе согласованного с заказчиком технического предложения корректируют и утверждают *техническое задание* на проектирование судна. В техническом задании указывается: назначение, тип, район плавания, грузоподъемность или пассажироместность, скорость, тип двигателя, автономность и ряд других характеристик и требований.

Эскизный проект — разрабатывается в соответствии с утвержденным техническим заданием и предназначен для выбора оптимального варианта судна и его систем. На этой стадии определяют главные размерения судна, архитектурно-конструктивный тип, материал корпуса, основные конструктивные решения по корпусу и его прочностные характеристики, тип и мощность судовой энергетической установки; разрабатывают принципиальную технологию постройки, рассчитывают эксплуатационно-экономические показатели, а также определяют перечень и объем основных опытных и научно-исследовательских работ, необходимых для обеспечения создания судна.

Совместное решение Министерства судостроительной промышленности СССР и министерства-заказчика принимается за основу разработки технического проекта. Одновременно уточняется завод-строитель.

Технический проект — основной этап проектирования. Его разрабатывают с целью окончательной отработки основных конструктивных и технологических решений по судну в целом, по корпусу, а также по оборудованию всех помещений судна; уточнения мореходных качеств и прочностных характеристик корпуса судна; разработки окончательного комплекта конструктивных чертежей и чертежей общего расположения; отработки архитектуры судна; решения вопросов, связанных с принципиальной технологией постройки судна применительно к заводу-строителю; определения объема стандартизации, внутрипроектной и межпроектной унификации механизмов, оборудования и материалов; определения стоимости постройки судна; окончательной отработки мероприятий, связанных с подготовкой строительства и постройки судна. На этом этапе составляется один из основных документов — *договорная спецификация*, в которой приводятся все окончательные решения по судну.

В техпроекте разрабатывают перечни основного оборудования, материалов и ведомости инвентарного имущества, составляют предварительные заказные ведомости на оборудование и определяют нормы расхода материалов.

Далее материалы проекта рассматриваются базовыми организациями (Бассейновой санэпидстанцией, ВОХР, ЦК профсоюза, пожарной охраной, Регистром СССР) и заводом-строителем.



Замечания и предложения согласовывают с проектно-конструкторским бюро. Министерство судостроительной промышленности и заказчик утверждают проект и через Госплан СССР назначают контрагентов и заводы-поставщики.

Утвержденный технический проект служит основанием для разработки конструкторской документации на постройку судна.

На этой стадии проектирования корректируют и уточняют заказные ведомости, изготовляют все рабочие и монтажные чертежи, инструкции по обслуживанию и т. д.

*Рабочие чертежи* делятся на индивидуальные, предназначенные только для данного судна, и обезличенные — чертежи унифицированных узлов и деталей, применяемых на любом судне.

Обычно рабочую документацию составляют в два этапа: первый — исполнительный, по которому строят головное судно, и второй — отчетный, после уточнения и внесения изменений в процессе его постройки.

Руководство разработкой проекта судна с самого начала (уточнения технического задания) поручается главному конструктору с группой специалистов высокой квалификации. Разработку вопросов, связанных с проектированием конструкций корпуса, главных энергетических установок, электрооборудования судов, судовых устройств, систем и т. п. выполняют специализированные отделы конструкторского бюро под руководством специалистов группы главного конструктора. Общетеchnическое руководство всеми отделами осуществляет главный инженер бюро.

В период строительства судна возникает множество вопросов, которые оперативно решаются рабочей группой, направляемой на завод от бюро-проектанта, совместно с заводским конструкторским бюро. Одновременно рабочая группа производит необходимую корректировку рабочей документации.

Отечественные научно-исследовательские институты занимаются вопросами совершенствования мореходных качеств, прочностных характеристик, изучением и созданием материалов, из которых строят суда, разрабатывают прогрессивные методы технологии постройки судов, решают задачи стандартизации и унификации судовых конструкций, деталей и т. п. Институты для решения этих проблем имеют опытовые бассейны, оснащенные современным оборудованием лаборатории, вычислительные центры с современными ЭВМ.

Повышение производительности труда, улучшение технико-экономических показателей судов относятся к числу важнейших народнохозяйственных задач. Наиболее эффективный путь их решения — автоматизация на всех стадиях создания судов: исследование — проектирование — технологическая подготовка — производство. Эта концепция положена в основу работ по созданию систем автоматизированного проектирования (САПР).

## § 8.2. Судостроительные предприятия

Суда строят на судостроительных предприятиях — верфях, заводах и объединениях.

*Судостроительная верфь* — это предприятие, в состав которого входят только построечные места, набережные и цехи по изготовлению деталей корпуса, сборке и сварке секций, изготовлению и монтажу судовых трубопроводов и монтажно-достроечные цехи. Все механизмы, оборудование, аппаратуру и приборы они получают от других специализированных предприятий.

*Судостроительный завод* — это предприятие, в состав которого кроме цехов, непосредственно занятых судостроением, входят еще и цехи судового машиностроения, выпускающие механизмы и оборудование как для своего предприятия, так и для других предприятий, в порядке кооперации.

*Судостроительное объединение* может иметь в своем составе одно или несколько судостроительных предприятий, а также научно-исследовательскую, проектную и конструкторскую организации. Это является благоприятным обстоятельством для быстрого внедрения научно-технических достижений в судостроение, позволяет эффективнее использовать средства производства.

Судостроительные предприятия различают также в зависимости от материала строящихся судов. Существуют предприятия металлического, железобетонного, деревянного, пластмассового судостроения.

Основными цехами всякого судостроительного предприятия являются: *корпусообработывающий* цех, который служит для изготовления деталей корпуса; *сборочно-сварочный* цех, изготавливающий узлы, секции или блоки судна; *стапельный* цех, формирующий корпуса судов и осуществляющий спуск судов на воду; *механомонтажный* цех, производящий монтаж главных и вспомогательных механизмов, котлов и валопроводов; *трубомеднический* цех, занимающийся изготовлением и монтажом судовых систем; *слесарно-сборочный* цех, который служит для изготовления и монтажа вентиляции, дельных вещей, устройств, а также для монтажа легких выгородок, кожухов, мелких фундаментов и прочего слесарно-корпусного насыщения; *деревянообработывающий* цех с лесопилкой, сушилом и складом пиломатериалов, изготавливающий и устанавливающий на судне деревянные настилы палуб, деревянные детали, мебель и деревянные изделия; *малярно-изоляционный* цех, выполняющий работы по изготовлению и установке на судне изоляции и окрасочные работы; *такелажно-парусный* цех, изготавливающий и устанавливающий на судах такелаж, тенты, чехлы и др.; *цех покрытий*, производящий гальваническое покрытие различных изделий и труб (цинкование, хромирование, никелирование); *достроечно-сдаточный* цех, выполняющий часть достроечных работ, испытания и сдачу судов; *контрагентские* цехи, выполняющие работы по договору с судостроительными предприятиями.

Группа механических цехов судостроительного завода включает *литейный, механический, котельный, арматурный, кузнечный* цехи.

Группа вспомогательных цехов состоит из *инструментального, ремонтно-механического, электроремонтного, ремонтно-строительных* цехов, обеспечивающих предприятие инструментом, а также производящих ремонт оборудования и сооружений судостроительного предприятия.

На каждом судостроительном предприятии имеются: *складское хозяйство* — заводские и цеховые склады материалов; склады готовой продукции; главный магазин для хранения изделий, поступающих от других предприятий; *транспортное хозяйство*, объединяющее транспортный цех с гаражом автомашин, тягачей, электрокаров, рельсового транспорта и капитанскую часть — буксиры, катера, плавкраны и другие плавсредства; *энергетическое хозяйство*, в состав которого входят ТЭЦ или котельная с сетями пара и горячей воды; трансформаторные подстанции с линиями электропередач; компрессорная, кислородная и ацетиленовая станции.

Каждое судостроительное предприятие имеет заводоуправление, поликлинику, столовую, пожарное депо.

### § 8.3. Технология постройки судов

В рабочих чертежах корпуса судна невозможно проставить все необходимые размеры. Поэтому на заводе в специальном помещении, называемом *плазом*, производят *плазовую разбивку*, представляющую собой графическое изображение теоретического чертежа судна по практическим шпангоутам с привязкой к нему наиболее сложных узлов и конструкций корпуса судна, вычерченное в натуральную величину или в масштабе. Натурная плазовая разбивка выполняется на специально подготовленном (выструганном, прошпательованном и окрашенном светлой краской) полу плаза. Масштабная плазовая разбивка (1:5, 1:10) выполняется на специальных щитах, изготовленных из стальных или алюминиевых листов, тщательно выправленных и окрашенных светлой краской.

С использованием ЭВМ может быть создана математическая модель корпуса судна, наличие которой позволяет получить любые фрагменты плазовых разбивок в натуральную величину или в масштабе с помощью чертежно-графических автоматов. С плазовой разбивки или используя математическую модель корпуса судна, можно получить эскизы любой детали корпуса судна с точными размерами. На базе этих эскизов составляют *документацию* (альбомы эскизов, чертежей, чертежи-шаблоны, копирчертежи и программы, записанные на перфоленте), а также изготавливают *плазовую оснастку* (шаблоны, каркасы), которые используются для изготовления деталей корпуса в корпусообрабатывающем цехе в зависимости от типа оборудования (механического и газорезательного) и выполняемой операции.

Так, *эскизы* применяются для ручной разметки деталей корпуса на листовом и профильном прокате; *копирчертежи* — для вырезки деталей на газорезательных станках с фотокопировальным управлением: *программы, записанные на перфолентах*, — для вырезки деталей на станках с числовым программным управлением (станках с ЧПУ). *Шаблоны и каркасы* могут использоваться как для разметки, так и при проверке результатов гибки деталей.

Листовой и профильный прокат перед разметкой поступает на первичную обработку (правку, очистку от грязи, ржавчины и окалины и пассивирование — покрытие проката грунтом на период постройки судна).

Из готовых деталей в сборочно-сварочном цехе изготавливают узлы, секции, блоки секций или блоки судна (с насыщением). Максимальное насыщение блоков позволяет сократить срок постройки судна и повысить качество. Готовые узлы, секции или блоки секций поступают на склад или на стапель для сборки корпуса судна.

В корпусообрабатывающем производстве осуществлено широкое внедрение комплексной механизации, в том числе на складах металла, механизированных линий первичной обработки и тепловой резки листового и профильного проката. Выполняются работы по созданию сквозной автоматизированной системы проектирования и автоматизированной системы плазово-технологической подготовки производства.

В последние годы вопросам механизации и автоматизации сборочно-сварочных операций и совершенствованию технологии сварки уделялось особое внимание. С целью сокращения объема ручного труда типовые корпусные конструкции изготавливают на механизированных линиях и участках с применением поточных методов производства. Созданы высокоэффективные процессы сварки и оборудование, внедряются лазерная сварка для тонколистового проката и сварочные роботы.

Методы постройки судов определяются технологией, принятой на данном судостроительном предприятии. Существуют два метода постройки судна: секционный и блочный.

При *секционном методе* постройки (рис. 8.1) все судно разбивается на отдельные секции: палубные, бортовые, днищевые, переборок, платформ, надстроек и т. д. Они изготавливаются из деталей и узлов (конструкций, состоящих из двух и более деталей) в сборочно-сварочном цехе. Одновременно выполняется максимально возможное насыщение секций (установка небольших фундаментов, элементов систем, оборудования и т. п.). Готовые секции поступают на стапель, где из них формируют корпус судна. Параллельно на построечном месте продолжают работы по насыщению, монтажу механизмов, устройств и систем, отделке и окраске помещений. Завершение всех монтажных и достроечных работ, а также испытания судна производят после его спуска на воду.

При *блочном методе* судно разбивается на блоки (части корпуса судна, ограниченные плоскостями, параллельными мидель-

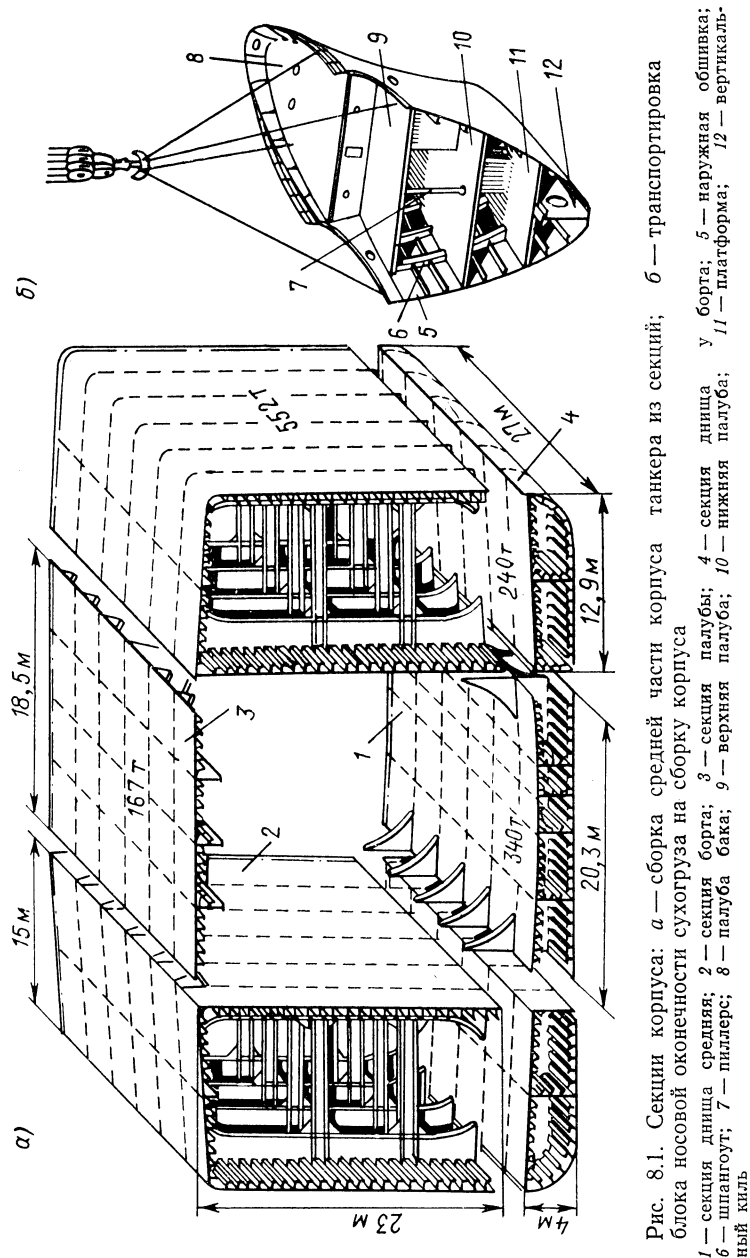


Рис. 8.1. Секции корпуса: а — сборка средней части корпуса танкера из секций; б — транспортировка блока носовой оконечности сухогруза на сборку корпуса

1 — секция днища средняя; 2 — секция борта; 3 — секция палубы; 4 — секция днища у борта; 5 — наружная обшивка; 6 — шпангоут; 7 — пиллерс; 8 — палуба бака; 9 — верхняя палуба; 10 — нижняя палуба; 11 — платформа; 12 — вертикальный киль

шпангоуту или основной плоскости, состоящие из секций, узлов и деталей с установленными в них механизмами, трубопроводами, электрооборудованием, дельными вещами). Блоки изготовляют в сборочно-сварочном цехе до готовности 80—90 % и доставляют на построечное место. Работы на стапеле заключаются в стыковке блоков и выполнении монтажно-достроечных работ в районе стыка. Применение блочного метода постройки судна позволяет по сравнению с секционным значительно сократить продолжительность пребывания судна на построечном месте и снизить трудоемкость работ путем их перенесения в более благоприятные условия. В силу этих преимуществ блочный метод все шире применяется при постройке малых, средних и некоторых крупных судов.

Перспективным направлением развития блочного метода является *модульно-блочный*. Этот метод предусматривает сборку судов на построечном месте из модулей, т. е. стандартных элементов. Такими элементами могут быть стандартные блоки секций, блоки судна и монтажные блоки. Применение модульно-блочного метода постройки судна позволяет получить на стадии разработки проекта судна снижение стоимости и сокращение продолжительности работ; на стадии постройки — упрощение работ и снижение себестоимости судна в результате повышения уровня стандартизации элементов конструкций; на стадии эксплуатации — повышение надежности и ремонтпригодности судна. В силу этих преимуществ модульно-блочный метод постройки судов получает все более широкое применение.

В настоящее время основу совершенствования механомонтажных работ составляет переход к *модульно-агрегатному методу* монтажа судового оборудования. Под этим методом понимается компоновка и формирование насыщенных судовых помещений, главным образом машинно-котельных отделений, из сборочных единиц всех уровней — агрегатов, зональных блоков и модулей.

*Агрегатом* называют сборочную единицу, скомпонованную из оборудования, выполняющую определенную функцию. Сборочная единица, komponуемая по территориальному принципу, т. е. расположенная в определенной зоне машинно-котельного отделения или другого насыщенного помещения, называется *зональным блоком*.

Преимуществом модульно-агрегатного метода является: возможность стандартизации и унификации сборочных единиц, что исключает необходимость в разработке документации на стандартные или унифицированные агрегаты при проектировании новых судов; перенос максимально возможного объема монтажных работ из машинно-котельного отделения и других насыщенных помещений в цехи верфи и выполнение их промышленными методами.

Отечественными судостроителями предложен *модульно-панельный метод* формирования плоских конструкций судовых корпусов и надстроек. Сущность метода состоит в том, что плоские конструкции корпуса судна набираются из унифицированных элемен-

тов — *модуль-панелей*. Модуль-панель — конструкция, состоящая из плоского листа с приваренными к нему ребрами жесткости, установленными с одинаковой шпацией параллельно длинной кромке листа. Из нескольких модуль-панелей набирается *модуль-секция*. Изготовление модуль-панелей предполагается производить с помощью высокопроизводительного оборудования. Применение модульно-панельного метода обеспечит рост партионности унифицированных сборочных единиц корпусостроения и возможности применения робототехники для их изготовления.

В судостроении используют три способа формирования корпуса судна: пирамидальный, островной и блочный.

При *пирамидальном способе* (рис. 8.2) сборку начинают с установки закладной секции (обычно в районе машинного отделения), с которой стыкуют следующие днищевые секции. Далее устанавливают бортовые секции, секции переборок и палубные, формируя пирамиду. После завершения формирования пирамиды открывается фронт работ в носу и в корме.

При *островном способе* по длине судна закладывают днищевые секции в нескольких местах, обычно в носовом и кормовом районах. Последовательность установки секций в каждом острове такая же, как и при пирамидальном способе. Применение этого способа обеспечивает более широкий фронт работ. Разновидностью островного способа является сборка судов из двух примерно одинаковых частей с последующим их спуском на воду и стыкованием на плаву.

При *блочном способе* (рис. 8.3) формирование корпуса начинают с установки закладного блока, которым чаще всего является блок машинного отделения. К закладному блоку в обе стороны одновременно и последовательно стыкуют следующие блоки.

Применяют три основных метода организации постройки судна: позиционный, поточно-бригадный и поточно-позиционный.

*Позиционный метод* применяют при единичной постройке судов, бригады последовательно выполняют работы в соответствии с графиком на одном и том же месте.

*Поточно-бригадный метод* применяют при серийной постройке крупных судов, когда их корпуса неподвижны. Специализирован-

ные бригады после выполнения работ на одном судне переходят на другое.

При *поточно-позиционном методе*, типичном при серийной постройке судов малого и среднего водоизмещения, блоки или суда перемещаются с позиции на позицию, а специализированные бригады на каждой позиции выполняют определенный объем работ. Такая организация труда способствует эффективному применению спецодежды и средств механизации.

Корпус судна и отдельные внутренние конструкции во время эксплуатации должны быть непроницаемы. *Непроницаемость* — это способность конструкции не пропускать жидкости (воду, нефтепродукты). Секции и блоки секций испытывают на непроницаемость после их сборки и сварки в сборочно-сварочном цехе, а корпус судна и его отдельные отсеки — на построечном месте и после спуска на воду. Сварные соединения испытывают рентгеновской, гамма-лучевой и ультразвуковой дефектоскопией, а также с помощью керосина, поливом воды или обдувом сжатым воздухом. Замкнутые отсеки испытывают наливом воды или наддувом воздуха. Способ испытания зависит от назначения конструкции или отсека.

Ряд помещений (для хранения баллонов с углекислым газом, аккумуляторные и т. п.) испытывают на *герметичность* — способность не пропускать газообразные вещества. Испытания проводят сжатым воздухом.

При современной организации производства монтажно-достроечные работы начинают выполнять на стадии изготовления секций и блоков, а заканчивают в помещениях судна на стапеле или в возможно меньших объемах на плаву. Необходимость выполнения части монтажно-достроечных работ на плаву объясняется ограничением грузоподъемности спусковых устройств (наклонных стапелей, слипов), а также стремлением сократить стапельный период постройки судна.

К монтажно-достроечным работам относят установку судовых фундаментов, легких выгородок, доизоляции и послеизоляции деталей, изоляции, дельных вещей, выполнение малярных работ, монтаж главных двигателей, котлов, вспомогательных механизмов, валов, винтов, протяжку кабелей в помещениях, установку электрооборудования и т. п. При планировании монтажных работ должна учитываться их строгая последовательность.

После завершения предусмотренных работ на построечном месте судно спускают на воду. Существует несколько способов спуска судов; *перемещение судна под действием собственного веса* (наклонные стапели); *всплытием* (в строительных доках); *комбинированный* — перемещение и последующее свободное всплытие (с использованием док-камер или спусковых доков); *механизированный* (с использованием слипов или с помощью кранов).

Под действием собственного веса судно спускают с наклонных стапелей — продольных или поперечных (чаще используют продольные). Перед спуском судно пересаживается на спусковое

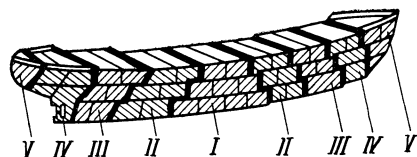


Рис. 8.2. Пирамидальный способ формирования корпуса судна  
I—V — последовательность сборки и сварки «пирамид»

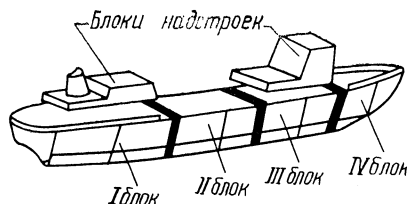


Рис. 8.3. Блочный способ формирования корпуса судна

устройство, основным элементом которого являются полозья, скользящие по предварительно насаленным дорожкам, после удаления задерживающих устройств. *Строительные доки* представляют собой котлован с железобетонными стенами и основанием. От акватории котлован отделяется специальным закрытием — *батопортом* или воротами. Судно строится в доке на кильблоках и клетках. Перед выводом судна из дока через специальные кингстоны в док принимается вода. После того как уровень воды в доке достигнет уровня воды в акватории, из батопорта откачивается вода, он всплывает и отводится в сторону, а судно выводится из дока. *Док-камера* (рис. 8.4) состоит из двух отделений — камеры всплытия и выводного канала. Док-камера обносится бетонными стенами. Судно на тележках подают в камеру всплытия через ворота со стороны завода. После закрытия ворот док-камера заполняется водой, судно всплывает и переводится в выводной канал. После спуска воды ее уровень в выводном канале становится равным уровню в акватории. Далее открывают ворота, отделяющие выводной канал от акватории, и судно выводят из док-камеры. При использовании *спускового дока* его подводят к специальному пирсу, притапливают до совмещения рельсовых путей в доке и на берегу и фиксируют положение дока с помощью специальных устройств. После заводки судна обеспечивают всплытие дока и его отвод в район достаточной глубины, где док погружается до всплытия судна.

*Поперечные* (рис. 8.5) и *продольные слипы* — это механизированные устройства, предназначенные для спуска и подъема судов на тележках по наклонным рельсовым путям. Скорость движения

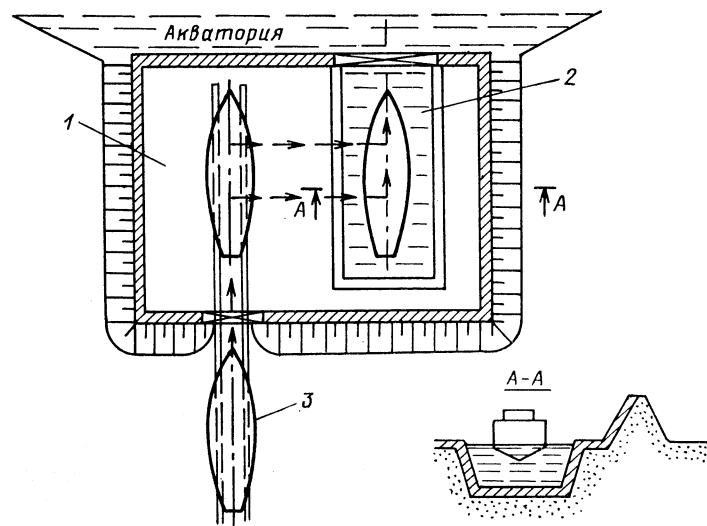


Рис. 8.4. Спуск судов с помощью наливной док-камеры  
1 — камера всплытия; 2 — выводная камера; 3 — судно

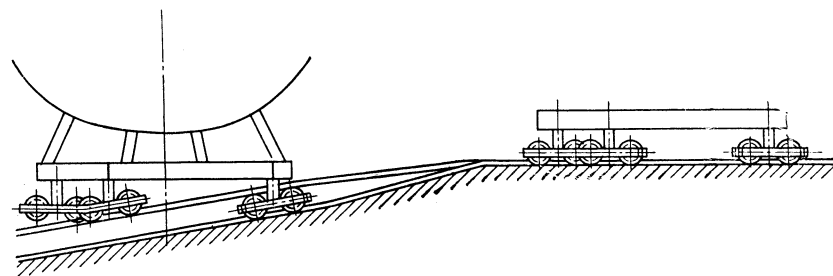


Рис. 8.5. Тележка одноярусного поперечного слипа

судна при спуске и подъеме регулируется тяговыми лебедками. Слипы используют при постройке малых и средних судов. С помощью кранов спускают суда небольшого водоизмещения.

После спуска на воду судно отводят к *достроечной набережной* или *пирсу*. Достроечные места оборудуют устройствами для швартовки судна и грузоподъемными кранами, снабжают электроэнергией, газами и сжатым воздухом, оснащают необходимым оборудованием для производства работ. У достроечной набережной завершают все те монтажно-достроечные работы, которые по тем или иным причинам не были выполнены ранее.

При постройке судна предусматривается регулярный технический контроль отдельных секций и блоков, частей судна или судна в целом. Проверяют не только изделия, но и технологические процессы изготовления этих изделий. Технический контроль завершается всесторонними сдаточными испытаниями построенного судна.

Сдаточные испытания разделяются на швартовные, ходовые, ревизию механизмов и контрольный выход.

Цель *швартовных испытаний* — проверка качества монтажа и надежности работы всех механизмов, систем и устройств, а также проверка их соответствия чертежам, схемам, спецификациям. Швартовные испытания проводят у достроечной набережной. Чтобы сократить ходовые испытания судна, целесообразно проверить работу механической установки в ходовых режимах в период швартовных испытаний. Например, применение потоконаправляющей камеры позволяет развить полную частоту вращения двигателя, соответствующую ходовому режиму; якорное устройство можно проверить у достроечной набережной с помощью имитирующих устройств. Цель *ходовых испытаний* — проверить надежность работы судовых механизмов, устройств и оборудования в реальных условиях плавания, а также мореходные и маневренные качества судна. По окончании ходовых испытаний судна производят *ревизию главных и вспомогательных механизмов* путем вскрытия их по перечню, составленному приемной комиссией. Одновременно с ревизией механизмов предприятие-строитель устраняет все замечания приемной комиссии. Судно делает *контрольный выход*, и, если испытания проходят успешно, подписывается акт

о сдаче и приемке готового судна. Акт подписывается ответственным сдатчиком и председателем приемной комиссии с последующим утверждением его заказчиком.

#### § 8.4. Ремонт судов

В процессе эксплуатации корпус, оборудование и детали судовых механизмов подвергаются воздействию различных физических и химических факторов, которые вызывают деформацию, поломку и изнашивание. *Изнашиванием* называется постепенное разрушение поверхностных слоев деталей, в результате чего изменяются их размеры и форма и наступает износ. К основным причинам износа относят коррозию, трение, усталость металла, ударные нагрузки, кавитацию, эрозию.

Под *ремонтом судна* понимается комплекс операций по восстановлению исправного и работоспособного состояния судна на определенный интервал времени.

В соответствии с «Положением о технической эксплуатации морского флота» ремонт судов предусматривает следующие виды планово-предупредительного ремонта: для судовых конструкций и технических средств — текущий и капитальный, для судов в целом — заводской и доковый.

*Текущий ремонт* судовых конструкций и технических средств осуществляется с целью гарантированного обеспечения их работоспособности. К текущему ремонту относятся: переборка судовых технических средств с заменой быстроизнашивающихся элементов, очистка и окраска судовых конструкций, переборка и устранение неполадок судовых трубопроводов и т. д.

*Капитальный ремонт* судовых конструкций и технических средств выполняют с целью восстановления их работоспособности и полного или близкого к полному восстановления ресурса (срока службы) с восстановлением или заменой любых элементов. К капитальному ремонту относятся замена отдельных секций, переборка технических средств с заменой любых элементов, установка новых серийных механизмов с лучшими технико-экономическими характеристиками и т. п.

*Заводской ремонт* судна состоит в восстановлении его исправного технического состояния после определенного периода эксплуатации и заключается в восстановлении любых элементов судна, включая базовые. В зависимости от технического состояния судна в объеме заводского ремонта выполняют работы по текущему и капитальному ремонту судовых конструкций и технических средств.

*Доковый ремонт* судна осуществляется с использованием средств судоподъема и заключается в восстановлении исправного технического состояния его подводной части. В процессе докового ремонта производится очистка и окраска наружной обшивки с целью ее защиты от коррозии и обрастания, ремонт движительно-рулевого комплекса, донно-бортовой арматуры и других эле-

ментов подводной части судна, ремонт которых на плаву невозможен.

Кроме планово-предупредительного ремонта (ППР) «Положением о технической эксплуатации морского флота» предусмотрены поддерживающий, восстановительный и аварийный ремонты.

*Поддерживающий ремонт* осуществляется на судах, уже исключенных из системы ППР. Для таких судов, эксплуатируемых до предельного износа, характерны большие эксплуатационные ограничения, поэтому их поддерживают в эксплуатационном состоянии сравнительно небольшим по объему ремонтом.

*Восстановительный ремонт* проводят на уникальных судах, выбывших из состава действующего флота вследствие изношенности. Ремонт выполняется только при условии окупаемости затрат и рентабельности дальнейшей эксплуатации. После выполнения этого ремонта судно вводится в планово-предупредительную систему ремонта.

Для устранения аварийных повреждений выполняют *аварийный ремонт* в объеме, обеспечивающем безопасность плавания, а все остальные ремонтные работы стремятся отложить до очередного планового.

Судоремонтное производство ММФ сосредоточено на судоремонтных заводах (СРЗ), находящихся в ведении парокорпусов.

Техническое обслуживание выполняется судовыми экипажами, а также базами технического обслуживания (БТО) и станциями подводной очистки (СПО), являющимися структурными подразделениями парокорпусов. Часть работ по техническому обслуживанию выполняют судоремонтные заводы.

*Ремонтная ведомость* — основной документ, определяющий перечень и объем работ по судоремонту, а также его стоимость, срок и технологию. Работа судоремонтного завода планируется на основании ремонтных ведомостей, которые составляются отдельно по корпусной, механической, электрической и радионавигационной частям, а также по доковым работам начальниками судовых служб и утверждаются капитанами судов.

Неотъемлемой частью всякого судоремонтного предприятия являются средства судоподъема для проведения докового ремонта. На морских судоремонтных заводах для судоподъема предусматриваются сухие или плавучие доки, а на речных — в большинстве случаев продольные и поперечные слипы.

Применяются также вертикальные судоподъемники с гидравлическим приводом. Платформы с установленными на них кильблоками опускают в нижнее положение, заводят судно, центруют, и платформу вместе с судном поднимают в верхнее положение, после чего судно перемещают в продольном или поперечном направлении. Большое практическое применение имеет частичное осушение подводной части корпуса для ремонта судов, без выполнения сложных операций по судоподъему. Такое частичное осушение может выполняться с помощью *кессонов*. Кессон представляет собой ящик, (отсек), изготовленный по обводам судна (в районе ремонта).



# часть II СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ

### Глава девятая

#### СУДОВЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ

##### § 9.1. Типы, состав и размещение энергетических установок на судах

Судовая энергетическая установка (СЭУ) — это комплекс взаимосвязанных элементов энергетического оборудования, машин и механизмов, с помощью которых на судне производится выработка, преобразование, передача и использование различных видов энергии (механической, электрической, тепловой) для обеспечения движения судна с заданной скоростью, контроля и управления этими процессами, а также для создания нормальных условий жизнедеятельности экипажа и пассажиров.

В состав СЭУ входят главная и вспомогательная установки. *Главная энергетическая установка (ГЭУ)* предназначена для выработки механической энергии главным судовым двигателем, преобразования (при необходимости) и передачи ее движителю, который, создавая упор, обеспечивает движение судна с заданной скоростью. *Вспомогательные энергетические установки* предназначены для обеспечения работы ГЭУ, а также для снабжения энергией любого вида общесудовых потребителей.

На судах применяют в основном тепловые двигатели, в которых механическая энергия вырабатывается в результате преобразования тепловой энергии, образующейся при сжигании топлива или делении ядер расщепляющихся элементов.

В зависимости от способа превращения тепловой энергии в механическую различают следующие типы двигателей: *поршневые*, у которых возвратно-поступательное движение поршней под давлением газов (продуктов сгорания топлива) преобразуется во вращательное движение вала; *турбинные*, у которых колесо турбины (а следовательно, и вала) вращается под действием скоростной струи пара или газов; *реактивные*, у которых тяга создается за счет реакции струи газов, вытекающих из сопла двигателя.

На судах в настоящее время применяются главные двигатели следующих типов: дизельные, паровые турбины, газовые турбины.

В зависимости от типа главного двигателя различают следующие типы СЭУ современных судов: дизельные (ДУ), паротурбинные (ПТУ), газотурбинные (ГТУ), комбинированные. Комбиниро-

ванной СЭУ считается такая, в которой применены два типа главных двигателей (обычно паровая и газовая турбины). Например, если с помощью теплоты отходящих газов от основного ГТД генерируется пар для паротурбинной установки, работающей на компрессор газотурбинного двигателя (ГТД), то СЭУ называется комбинированной газопаротурбинной установкой (ГПТУ).

СЭУ можно классифицировать и по другим признакам: *роду топлива* — использующие органическое топливо (дизельное, моторное и мазут) и работающие на ядерном топливе; *роду рабочего тела* — паровые (пар) и газовые (продукты сгорания); *способу передачи мощности к движителям* — с прямой, механической, гидравлической, электрической и комбинированной передачами; *числу валопроводов* — одновальные и многовальные; *степени автоматизации, способу управления и обслуживания*.

*Прямая передача* от главного двигателя к гребному валу применяется при использовании малооборотного дизеля. *Механическую (редукторную)* передачу используют при средне- и высокооборотных дизелях, а также при паротурбинной или газотурбинной установке. Редукторную передачу применяют также в установках, состоящих из нескольких агрегатов, работающих на один гребной вал.

СЭУ должна быть легкой, компактной, экономичной, т. е. расходовать минимальное количество топлива на единицу мощности и единицу времени (г/кВт·ч). Кроме того, СЭУ должна быть надежной и иметь большой *моторесурс* — продолжительность работы без капитального ремонта.

Как видно из таблицы № 1, дизельные энергетические установки с СОД обладают лучшими массогабаритными показателями по сравнению с дизельными установками с МОД, но уступают последним по моторесурсу, и потому имеют меньшее распространение.

Таблица 1. Основные технико-экономические показатели энергетических установок

Показатель	ДУ с мало- оборотными дизелями (МОД)	ДУ со сред- необоротны- ми дизелями (СОД)	ПТУ	ГТУ тяжелого типа
Удельный расход топлива, г/(кВт·ч)	205—230	200—220	230—320	230—270
Удельная масса установки, кг/кВт	80—110	60—70	50—60	25—30
Длина машинного отделения, %	14—16	14	11—12,5	8—9
Моторесурс, тыс. ч	80—90	30—40	100	20—25
КПД, %	39,5—42	40—43,5	30—34	28—32
Применяемое топливо	Дизельное и моторное	Дизельное и моторное	Мазут	Газотурбинное



В 1985 г. доля теплоходов в мировом флоте составила 78 %, агрегатная мощность дизелей достигла 30—40 тыс. кВт (рис. 9.1).

Паротурбинные установки менее требовательны к качеству топлива, имеют самый высокий моторесурс, агрегатная мощность паровых турбин достигает 52 тыс. кВт. Паровые турбины — единственный тип двигателей на судах с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ).

Применение ГТУ из-за существенно меньших размеров главного двигателя позволяет уменьшить объем машинного отделения на 40—50 % по сравнению с ПТУ той же мощности. Размещение ГТУ в низких помещениях с бортовым расположением газоходов обеспечивает удобство погрузо-разгрузочных операций через кормовую аппарель на судах с горизонтальным способом грузообработки. Кроме того, ГТУ обладает высокой маневренностью, быстротой пуска и небольшим временем набора полной мощности. Недостатком ГТУ является малый моторесурс и повышенная шумность. К середине 70-х гг. ГТУ использовались на 60 торговых судах и кораблях 33 стран. В нашей стране создан газотурбинный двигатель с агрегатной мощностью 34 000 кВт. ГТУ авиационного типа имеют хорошие массогабаритные характеристики (1,1—1,2 кг/кВт). Однако удельный расход топлива (380 г/кВт·ч) у этих установок велик. Поэтому ГТУ авиационного типа нашли применение на судах с динамическими принципами поддержания (СПК и СВП), имеющих небольшую дальность плавания.

Комбинированные установки с единым термодинамическим циклом применяют с целью повышения КПД установки. Примером может служить установка М-25 судна «Капитан Смирнов» с горизонтальным способом грузообработки. Она состоит из ГТД и паровой турбины, пар для которой вырабатывается утилизационным парогенератором за счет теплоты отработавших газов ГТД.

Суда специального назначения (ледоколы, паромы, портовые буксиры и спасатели) должны обладать повышенными маневренными качествами, поэтому на них широко применяют *электродвижение*, т. е. привод гребных винтов от электродвигателей. Для обеспечения электрической энергией гребных двигателей на судах с электродвижением устанавливают главные электрические генераторы с приводом от дизелей, а иногда от паровых или газовых турбин. В составе отечественного флота большая часть ледоколов имеет дизель-электрические установки.

В связи с ограниченностью запасов органического топлива и успехами в применении атомной энергии в мирных целях создан новый тип судовой энергетической установки, отличающийся тем, что пар для турбины вырабатывается не в котле, а в специальном парогенераторе, который использует тепло, образующееся в результате ядерной реакции, протекающей в реакторе.

В состав судовой энергетической установки входят: *главный двигатель* — для создания мощности, которая обеспечит судну заданную скорость; *валопровод* — для передачи крутящего момента от двигателя движителю. Если двигатель имеет большее число

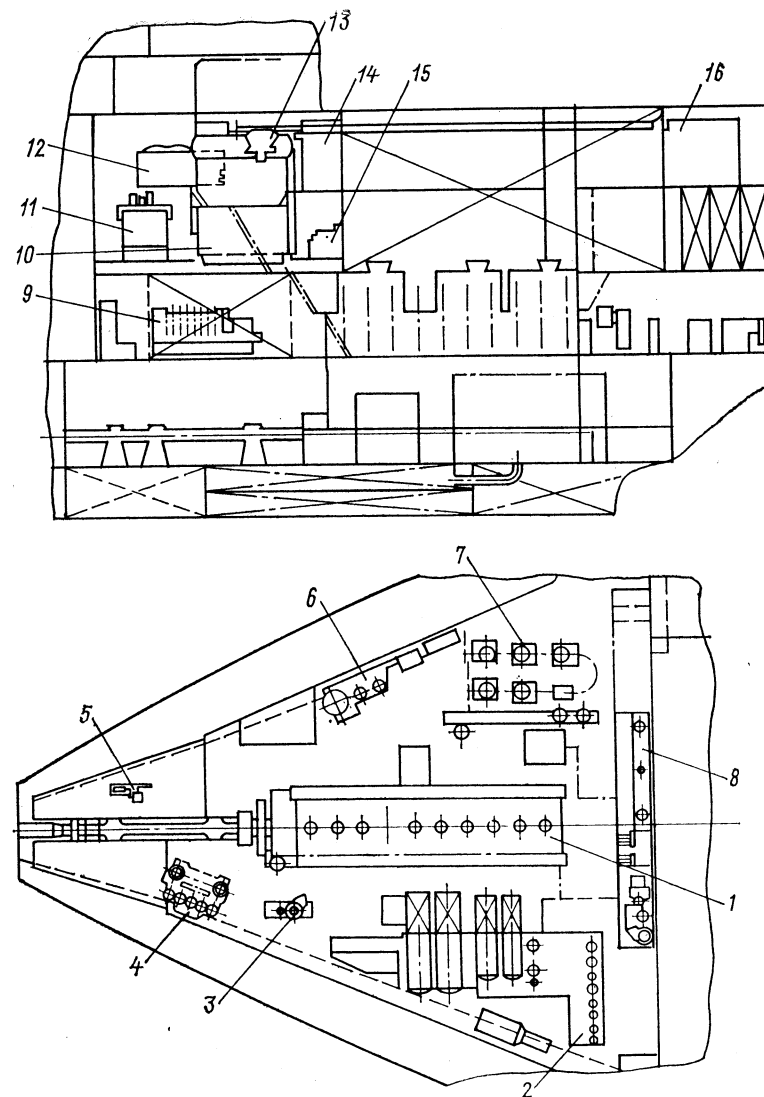


Рис. 9.1. Общее расположение механизмов дизельной установки нефте-рудовоза «Борис Бутoma»

1 — главный двигатель 9ДКРН84/180-3 (Ne=15 515 кВт); 2 — блок механизмов и аппаратов, обслуживающих главный двигатель; 3 — блок для турбогенератора; 4 — блок циркуляционной смазки; 5 — блок для дейдвудного устройства «Симплекс»; 6 — блок забортной воды; 7 — блок сепарации; 8 — блок для общесудовых систем; 9 — дизель-генератор; 10 — котел КВ1; 11 — котлоагрегат КАВ6,3/7; 12 — блок водоподготовки; 13 — машинный кран; 14 — блок конденсатно-питательный вспомогательных котлов; 15 — блок топливный вспомога-тельных котлов; 16 — блок инертных газов

оборотов, чем двигатель, то после двигателя перед валопроводом устанавливают понижающий редуктор; *двигатель* — для преобразования механической энергии вращения в упор, обеспечивающий движение судна; *вспомогательные энергетические установки*.

В зависимости от типа судна и его энергетической установки в ее состав может входить несколько вспомогательных установок: вспомогательная котельная, испарительно-опреснительная, холодильные установки.

Энергетические установки размещают в отсеках, называемых отделениями. В *машинном отделении* (МО) располагаются дизельные, газо- или паротурбинные установки; в *котельном отделении* (КО) — паровые котлы; в *машинно-котельном* (МКО) — и котлы, и паротурбинная установка. В *отделении вспомогательных механизмов* располагают машины и механизмы вспомогательных установок. На большинстве гражданских судов все отделения энергетических установок находятся в одном отсеке и только на очень крупных судах — в нескольких отсеках, что связано с ограничением длин отсеков для обеспечения непотопляемости.

Энергетическую установку в большинстве случаев располагают в корме, либо смещенной в корму, реже — в средней части.

## § 9.2. Автоматизация судовых энергетических установок

Автоматизация судов — это процесс в развитии судостроения, в результате которого различные функции управления судном и его оборудованием, ранее выполнявшиеся человеком, передаются техническим устройствам и приборам (рис. 9.2).

Автоматизация судовых энергетических установок (главных и вспомогательных), судовых электростанций, общесудовых систем и устройств позволяет повысить надежность и экономичность работы судового оборудования, продлить ресурс механизмов, улучшить условия труда плавсостава.

Все современные суда в зависимости от степени автоматизации энергетической установки делят на три группы.

К первой группе относятся суда, за исключением пассажирских, без вахты в машинном отделении и в центральном посту управления (ЦПУ). Регистр СССР присваивает этим судам знак автоматизации А1. Для краткости их иногда называют судами с безвахтенным обслуживанием машинного отделения. Ко второй группе относятся суда без вахты в машинном отделении, но с вахтой в ЦПУ. Регистр СССР присваивает им знак автоматизации А2. К третьей группе относятся суда с мощностью энергетической установки до 1500 кВт, объем автоматизации которых позволяет осуществлять эксплуатацию без вахты в машинном отделении. Суда старой постройки, находящиеся в эксплуатации, не имеют в символе знака автоматизации.

Основу автоматизации главной энергетической установки составляет *система дистанционного автоматического управления* (ДАУ). Все необходимые команды подаются с датчика дистанци-

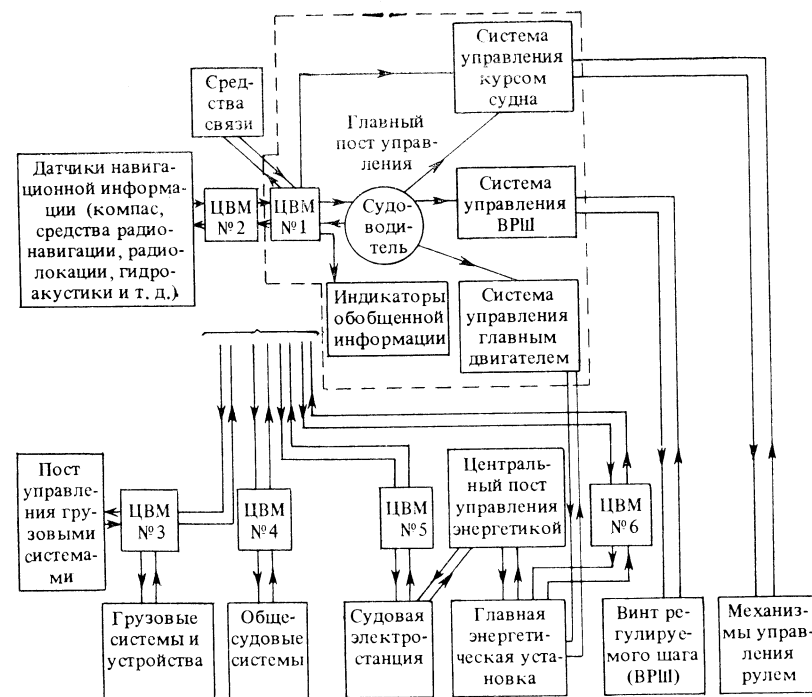


Рис. 9.2. Схема комплексно-автоматизированной системы управления судном

онного управления, расположенного в ходовой рубке. Исполнительными элементами, которые приводят в действие различные органы управления главного двигателя, являются электромеханические устройства (электромагниты, электродвигатели), пневматические или гидравлические, называемые *сервоприводом*. Дистанционным датчикам управления задается та или иная из команд; выполнение же ее осуществляется системой ДАУ автоматически по определенной программе. При этом контролируется возможность перегрузки главного двигателя и исправность отдельных узлов системы ДАУ.

Современные котельные агрегаты морских судов имеют автоматические системы регулирования питания и горения. Эти системы обеспечивают постоянство уровня воды в котле и давления пара, оптимальное количество воздуха, поступающего в топку. Иногда применяют и автоматическое регулирование температуры перегрева пара.

В настоящее время для управления главными судовыми дизелями применяют дистанционные системы различных типов. Система дистанционного автоматического управления обеспечивает выполнение следующих функций: пуск двигателя на заданную частоту вращения, сигнализацию о перегрузке двигателя; сигнали-

зацию о работе в зоне критической частоты вращения; плавное изменение частоты вращения вала двигателя и устойчивое поддержание заданного режима в интервале от минимально устойчивой частоты вращения до частоты вращения полного хода; регистрацию поданных команд посредством реверсографа.

Дистанционное управление судовыми паротурбинными установками получило сейчас значительное распространение. В последнее время осуществлена система ДАУ, обеспечивающая дистанционное управление ГТЗА непосредственно из рулевой рубки. Одновременно сохраняется и возможность управления агрегатом из ЦПУ. Весь контроль за работой установки производится из ЦПУ, где находится вахтенный механик. Управление задатчиком частоты вращения турбины производится из рулевой рубки посредством электрогидравлической следящей системы.

Автоматизация главной энергетической установки, кроме системы ДАУ, предусматривает дистанционный пуск и остановку из ЦПУ вспомогательных механизмов, обслуживающих главные двигатели, автоматический пуск резервного масляного насоса при понижении давления в системе смазки, дистанционное или автоматическое пополнение баллонов пускового воздуха и воздуха для питания средств автоматизации, автоматический пуск резервного насоса питания гидравлических устройств автоматизации при понижении давления, автоматическое регулирование температуры воды, масла и топлива на входе в двигатель, в расходных цистернах и при сепарировании. На судах со знаком автоматизации А1 предусматривается автоматический ввод в действие всех резервных вспомогательных механизмов, связанных с ходом судна, при выходе из строя основных. Энергетическая установка автоматизированного судна оборудуется системой централизованного контроля параметров и аварийно-предупредительной сигнализацией.

Автоматизация управления судовой электростанции (СЭС) включает следующие автоматические процессы и операции: стабилизацию напряжения и частоты тока на шинах ГРЩ; распределение активных и реактивных нагрузок между параллельно работающими генераторами; пуск резервного генераторного агрегата, когда нагрузка работающих генераторов достигает установленного значения; вывод из работы резервного генераторного агрегата, когда нагрузка работающих генераторов снижается до установленного значения, пуск аварийного дизель-генератора при исчезновении напряжения на шинах ГРЩ.

Кроме того, к автоматическим процессам относятся защита генераторов от перегрузки путем отключения второстепенных потребителей и контроль состояния всей судовой электроэнергетической системы (СЭЭС), в том числе контроль состояния изоляции.

### § 9.3. Паровые котлы и котельные установки

На любом морском судне независимо от его назначения и типа главного двигателя имеются потребители водяного пара, для обеспечения работы которых в составе судовой энергетической установки предусматривают паровые котлы. При этом источником теплоты могут быть либо энергия сжигаемого в топках органического топлива, либо отработавшие газы двигателя внутреннего сгорания или газотурбинной установки; в последнем случае котлы называют утилизационными. В зависимости от назначения котлы бывают главными и вспомогательными. *Главные* котлы вырабатывают пар для главных и вспомогательных механизмов. *Вспомогательные* котлы обеспечивают паром систему отопления, баню, прачечную и т. п., а также вспомогательные механизмы во время стоянки.

Судовые котлы разделяют на огнетрубные, водотрубные и комбинированные. В *огнетрубном* котле горячие газы как основной теплоноситель движутся внутри труб, а вода окружает их снаружи. В *водотрубном* котле, наоборот, вода и пароводяная смесь находятся внутри труб, а горячие газы омывают их снаружи. Эти трубы называются водогрейными. В *комбинированных* котлах часть труб служит для прохода горячих газов, а часть омывается газами снаружи.

На современных судах в качестве главных применяют только водотрубные котлы.

Основными элементами котла являются: *топка*, основная *парообразующая поверхность*, *пароперегреватель* (для получения перегретого пара), *экономайзер* (для подогрева воды уходящими газами) и *воздухоподогреватель*. Пароперегреватель, экономайзер и воздухоподогреватель образуют дополнительные поверхности нагрева, повышая экономичность котла, несмотря на его утяжеление, удорожание и усложнение. При этом необходимо отметить, что экономайзер и воздухоподогреватель работают за счет теплоты уходящих газов. Котел имеет *кожух* — герметичную и теплоизолированную конструкцию.

К основным показателям паровых котлов относят: *паропроизводительность* (т/ч) — количество пара, вырабатываемого в течение часа; *рабочее давление* (Па) и *температура перегретого пара* (°C); *коэффициент полезного действия* (%) — отношение количества теплоты, использованной на парообразование, к количеству теплоты, выделяющейся при полном сгорании израсходованного топлива.

Простейший водотрубный котел состоит из верхнего пароводяного и нижнего водяного коллекторов, соединенных трубками (рис. 9.3). Трубки заполнены водой и обогреваются горячими газами, которые получают в результате сгорания топлива. Пространство котла, в котором находится вода (нижний барабан, трубки и часть верхнего барабана), называется водяным, а то, в котором находится пар, — паровым. Поверхность, разделяющая

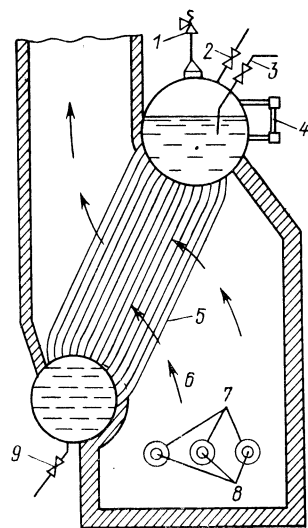


Рис. 9.3. Устройство простейшего парового котла

1 — предохранительный клапан; 2 — запорный клапан; 3 — труба с питательным клапаном; 4 — водомерное стекло; 5 — водогрейные трубки; 6 — топка; 7 — отверстия воздухо-направляющего устройства; 8 — мазутные форсунки; 9 — клапан нижнего продувания на спускной трубе

водяное и паровое пространства, называется *зеркалом испарения*. Топливо сгорает в топке, снабженной мазутными форсунками. Воздух, необходимый для сгорания топлива, поступает через отверстие воздухонаправляющего устройства. Поверхность, с одной стороны обогреваемая горячими газами, а с другой омываемая водой, называется *поверхностью нагрева котла*.

По принципу циркуляции воды котлы могут быть с естественной и искусственной (принудительной) циркуляцией. Огнетрубные котлы имеют естественную циркуляцию, а водотрубные котлы могут быть с естественной или искусственной циркуляцией. Если при искусственной циркуляции вода один раз проходит по трубкам и полностью испаряется, то котел называется *прямоточным*. Циркуляция воды в водотрубных котлах обеспечивается за счет разной плотности воды в опускных трубках и пароводяной смеси в подъемных (рис. 9.4). Это достигается за счет того, что опускные трубки более удалены от топки или вообще расположены в специальных выгородках и получают значительно меньше тепла, чем подъемные.

Водотрубные котлы по конструктивным признакам могут быть горизонтальными или вертикальными. *Горизонтальные* котлы

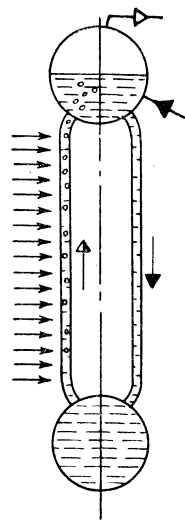


Рис. 9.4. Схема работы водотрубного котла

имеют наклон водогрейных трубок менее  $30^\circ$ , *вертикальные* — более  $30^\circ$  (обычно  $45-90^\circ$ ). К вертикальным относится большинство судовых котлов. Эти котлы имеют высокий КПД (до 96 %), позволяют получить пар давлением 4,5—10,0 МПа с температурой перегрева  $470-515^\circ\text{C}$ .

Котел, системы управления, сигнализации, защиты и обеспечивающее его вспомогательное оборудование объединяются в *котлоагрегат*.

Для работы любого котла к нему нужно подвести топливо, питательную воду и воздух, что обеспечивается соответствующими системами. Котельный агрегат с топливной, питательной, воздухоподающей системами и паропроводами образуют *котельную установку* (рис. 9.5).

*Топливная система* состоит из топливных цистерн, фильтров, топливных насосов, подогревателей и трубопроводов с арматурой и контрольно-измерительными приборами. В качестве топливных насосов наибольшее распространение получили винтовые или шестеренные электроприводные.

*Питательная система* подготавливает котельно-питательную воду с целью исключения накипеобразования на поверхностях нагрева котла и коррозии элементов пароводяного тракта, а затем подает в котел. Она состоит из водяной цистерны, питательных насосов, парового подогревателя, трубопроводов, арматуры и контрольно-измерительных приборов. Котельные установки, вырабатывающие пар высоких параметров, имеют в составе питательной системы деаэраторы. Они служат для удаления из питательной воды растворенных в ней кислорода и углекислого газа, вызывающих интенсивную коррозию внутренних поверхностей котла. Питательные насосы бывают поршневыми и центробежными с электро- или турбоприводом.

*Воздухоподающая система* подает воздух в топку специальными дутьевыми вентиляторами с электроприводом. При этом воздух предварительно подогревается теплом уходящих газов в воздухоподогревателе, расположенном в дымоходе.

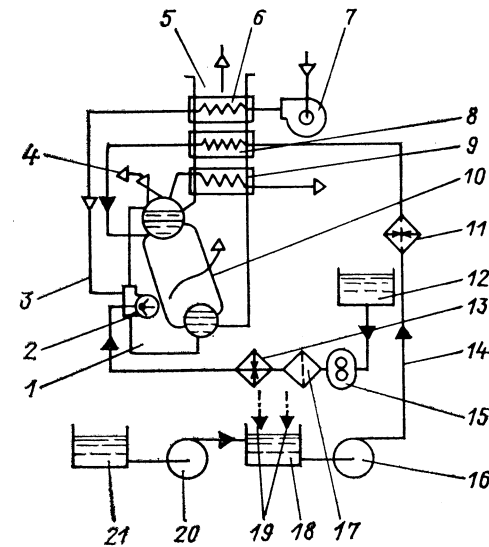


Рис. 9.5. Схема котельной установки

1 — топка; 2 — топливная форсунка; 3 — воздухопровод; 4 — пар к потребителям; 5 — дымоход; 6 — воздухоподогреватель; 7 — дутьевой вентилятор; 8 — экономайзер (газовый водоподогреватель); 9 — пароперегреватель; 10 — котел; 11 — паровой водоподогреватель; 12 — топливная расходная цистерна; 13 — подогреватель топлива; 14 — питательный трубопровод; 15 — топливный насос; 16 — питательный насос; 17 — топливный фильтр; 18 — цистерна; 19 — конденсат от потребителей; 20 — насос; 21 — цистерна запаса воды

Вспомогательные котлы устанавливают на судах для обеспечения паром бытовых потребителей. Рабочее давление пара в этих котлах на современных судах составляет 0,6—1,6 МПа с температурой 200—250 °С, а паропроизводительность 1,5—15,0 т/ч.

На танкерах с дизельными энергетическими установками вспомогательные котлы обеспечивают при необходимости паром привод грузовых насосов, палубных механизмов, подогрев груза и пропаривание грузовых танков. Производительность таких котлов составляет 25—30 т/ч, давление пара 2—2,45 МПа. КПД вспомогательных котлов 70—85 %.

Утилизационные котлы устанавливают на судах с дизельными и газотурбинными энергетическими установками. В этих котлах для образования пара используется тепло отработавших газов главного двигателя вследствие чего увеличивается КПД энергетической установки. Их располагают на выхлопном трубопроводе (газоходе).

## § 9.4. Паротурбинные и газотурбинные установки

### 9.4.1. Паровые турбины и паротурбинные установки

Паровая турбина представляет собой двигатель лопаточного типа, в котором потенциальная энергия пара преобразуется в кинетическую с последующим преобразованием энергии движущейся струи в механическую энергию вращающегося вала. Основные особенности турбины — двойное преобразование энергии, непрерывность рабочего процесса, получение вращательного движения без кривошипно-шатунного механизма.

Совокупность направляющих аппаратов и рабочих лопаток, жестко закрепленных на диске, называется *ступенью турбины* (рис. 9.6). Простейшие турбины, имеющие лишь одну ступень, называются *одноступенчатыми*, в отличие от более сложных *многоступенчатых* турбин.

По способу преобразования энергии турбины делятся на активные и реактивные. Турбины, в которых преобразование потенциальной энергии в кинетическую происходит только в неподвижных аппаратах (соплах), называются *активными*, а турбины, где преобразование энергии происходит не только в неподвижных аппаратах, но и на рабочих лопатках, — *реактивными*.

Основными узлами каждой турбины являются ротор и статор. *Ротором* называется вращающаяся часть турбины (диски с жестко закрепленными лопатками, посаженными на вал). В *статор* входят все неподвижные части турбины (корпус, направляющие аппараты, подшипники). В месте выхода вала из корпуса турбины установлены уплотнения.

По расположению оси корпусов турбины разделяют на *горизонтальные* и *вертикальные*. Горизонтальные турбины устанавливают в качестве главных и вспомогательных, а вертикальные — только в качестве вспомогательных.

Степень использования энергии пара в турбине зависит от разности давления пара при входе и выходе из нее. Так как уменьшение давления пара связано с увеличением его объема, то турбины мощностью свыше 4000—7000 кВт выполняют многокорпусными (двух-, трехкорпусными). Они соединяются последовательно одним паропроводом. Пар, проходя через первый корпус — турбину высокого давления (ТВД), снижает давление до некоторой величины, затем поступает во второй корпус — турбину среднего давления (ТСД) и далее — в турбину низкого давления (ТНД). Для перепуска пара из одного корпуса в другой, а также из ТНД в конденсатор предназначены трубы большого диаметра — *ресиверы*. Для повышения экономичности паротурбинной установки применяют промежуточный перегрев пара, позволяющий увеличить КПД установки на 4—5 %.

В настоящее время на турбинных судах устанавливают турбины с частотой вращения 3000—6000 об/мин, а иногда и более. Чтобы обеспечить вращение винта со скоростью 80—200 об/мин, необходимо использовать *зубчатую* или *электрическую передачу*. Зубчатые передачи (редукторы) применяют наиболее часто вследствие высокого КПД редукторов и их относительно небольшой стоимости. Главный турбоагрегат, имеющий зубчатую передачу, называется *главным турбозубчатым агрегатом* (ГТЗА). Особенностью паровой турбины является ее способность вращаться только в одну сторону. Поэтому для обеспечения судна заднего хода используют либо турбину заднего хода (ВРШ). Мощность турбины заднего хода на судах торгового флота составляет 40—50 % мощности турбины переднего хода. Часто турбину заднего хода размещают в корпусе ТНД.

В двухступенчатом ГТЗА с винтом регулируемого шага (рис. 9.7) пар из котельной установки через маневровые клапаны переднего хода направляется в ТВД переднего хода, далее в ТНД и после расширения в ней идет в конденсатор. Если пар направляется через маневровый клапан заднего хода, то он попадает в ТЗХ и отработавший пар также идет в конденсатор. Конденсатор служит для конденсации отработавшего

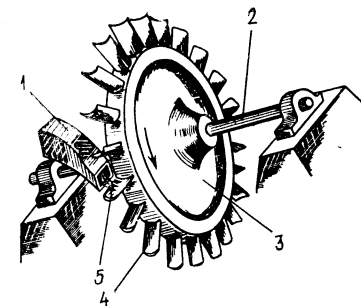


Рис. 9.6. Схема простейшей паровой турбины

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

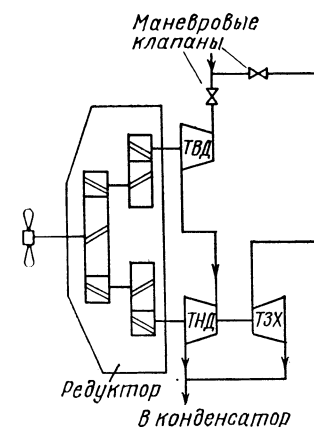


Рис. 9.7. Схема ГТЗА с двухступенчатой передачей

в турбинах пара, сохранения питательной воды для котлов, поддержания высокого разрежения за турбиной и частичного удаления из питательной воды кислорода и других газов. На современных судах применяют *конденсаторы поверхностного типа*, в корпусе которых размещаются трубы. По этим трубам прокачивается циркуляционным насосом или самопротоком охлаждающая забортная вода. Пар, попадая на охлажденные трубы, конденсируется и стекает в нижнюю часть корпуса, откуда откачивается конденсатным насосом в питательную систему котла. Самопроточные конденсаторы позволяют уменьшить число вспомогательных механизмов и повысить на 1—2 % КПД установки. Главный конденсатор обычно устанавливают под ТНД.

Для смазки трущихся поверхностей в подшипниках, зубцах передачи, элементах регулирования и приводах, охлаждения трущихся поверхностей путем непрерывной циркуляции и отвода теплоты служит *система смазки*. В масляную систему входят расходные и сточные масляные цистерны, пусковые, главные и резервные масляные насосы, масляные сепараторы, маслоохладители, фильтры, а также маслопроводы.

#### 9.4.2. Газовые турбины и газотурбинные установки

В отличие от паровой турбины в газовой турбине рабочим телом является не пар, а газ, образующийся при сгорании топлива в специальных камерах. Температура, при которой работают лопатки турбины, составляет 650—850 °С (у паровой 400—500 °С), что требует для изготовления нагреваемых деталей (сопл, рабочих и направляющих лопаток) применения специальных жаропрочных и жаростойких сталей и дополнительного их охлаждения. Газовые турбины имеют те же особенности, что и паровые: двойное преобразование энергии, непрерывность рабочего процесса, получение вращательного движения без кривошипно-шатунного механизма. Газовая турбина, как и паровая, неревверсивна. Поэтому для получения заднего хода при винтах фиксированного шага предусматривают ТЗХ. Как и паровые турбины, газовые могут быть *горизонтальными и вертикальными, активными и реактивными, одно- и многокорпусными*. В зависимости от способа получения газа различают газотурбинные установки (ГТУ) с камерой горения и ГТУ со свободнопоршневыми генераторами газа. Принципиальная схема ГТУ с камерой горения, регенерацией и двухступенчатым сжатием воздуха показана на рис. 9.8. Атмосферный воздух сжимается в компрессоре низкого давления, после чего поступает в холодильник, где охлаждается водой, протекающей по трубам. После этого воздух сжимается до более высокого давления и направляется в регенератор. Далее воздух идет в камеру сгорания, куда подается и топливо. Продукты сгорания расширяются сначала в газовой турбине высокого давления, затем в турбине низкого давления и, пройдя регенератор и отдав часть теп-

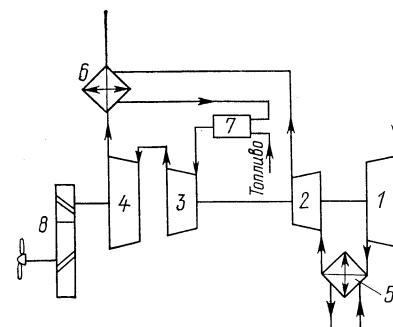


Рис. 9.8. Схема ГТУ с регенерацией и двухступенчатым сжатием воздуха

1 — компрессор низкого давления; 2 — компрессор высокого давления; 3 — турбина высокого давления; 4 — турбина низкого давления; 5 — водяной охладитель; 6 — регенератор (теплообменник); 7 — камера сгорания; 8 — редуктор

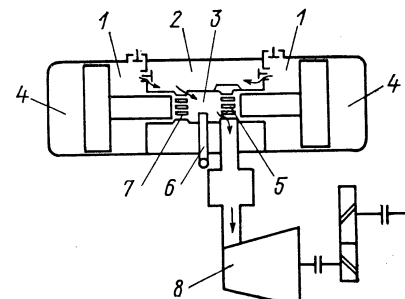


Рис. 9.9. Судовая газотурбинная установка с СПГГ

1 — полость компрессора; 2 — воздушный ресивер; 3 — цилиндр двухтактного дизеля; 4 — буферная полость; 5 — выпускные окна; 6 — форсунка; 7 — продувочные окна; 8 — газовая турбина

лоты воздуху, уходят в атмосферу. Применение промежуточного охлаждения и использование теплоты отработавших газов для подогрева воздуха, поступающего в камеру сгорания установки, — основные методы повышения экономичности ГТУ. КПД установки, выполненной по такой схеме, достигает 28—30 %. В случае применения ГТУ со свободнопоршневым генератором газа процесс сжигания топлива из камеры сгорания переносится в дизельный цилиндр СПГГ (рис. 9.9). Этот цилиндр с двумя противоположно движущимися поршнями находится в центральной части агрегата, вокруг цилиндра — воздушный ресивер. Поршни — комбинированные, диаметр компрессорного поршня примерно в три раза превышает диаметр дизельного. В периферийной части расположены компрессорные цилиндры и буферные полости. При прохождении поршней вблизи внутренней мертвой точки (ВМТ) происходит впрыскивание топлива через форсунку, а затем его сгорание. Под действием давления газа поршни расходятся. При этом происходит сжатие воздуха в буферных полостях и всасывание атмосферного воздуха через клапаны в компрессорные цилиндры. Когда давление газов становится равным давлению буферного воздуха, замедленное движение поршней в наружной мертвой точке (НМТ) продолжается за счет инерции движущихся масс. При подходе к НМТ дизельные поршни сначала открывают выпускные окна, а затем продувочные. Из ресивера через продувочные окна воздух под давлением 0,5 МПа поступает в дизельные цилиндры. Продукты сгорания и избыточный продувочный воздух через выпускные окна поступают в улитку с патрубком и направляются в газовую турбину. Пуск СПГГ осуществляется сжатом воздухом, подаваемым в буферные полости при разведенных поршнях. Обычно рабочие



газы из нескольких СПГГ собираются в общий ресивер и подаются в одну турбину.

Достоинства ГТУ с СПГГ — меньшие габариты и меньшая стоимость по сравнению с ДВС; удобство компоновки; низкие затраты на ремонт. Недостатки — сравнительно небольшая газовая мощность отдельных СПГГ (до 1000 кВт); более низкий КПД по сравнению с ДВС; большая чувствительность к содержанию воды в топливе. В настоящее время в морском флоте эксплуатируется ограниченное число ГТУ с СПГГ (в частности, на небольшой серии лесовозов типа «Павлин Виноградов»).

### § 9.5. Установки с двигателями внутреннего сгорания

Двигателями внутреннего сгорания (ДВС) называются поршневые тепловые двигатели, в которых топливо сгорает непосредственно внутри цилиндров (рис. 9.10). Смесь газов, образующихся при сгорании топлива в цилиндре, является рабочим телом, работа совершается в результате расширения газов и их давления на поршень.

Блок цилиндров имеет двойные стенки, между которыми циркулирует охлаждающая вода. Он опирается на *станину*, установленную на *фундаментной раме*. Рама прикреплена к фундаментным балкам, составляющим часть набора днища судна. Внутреннее пространство, образованное станиной и фундаментной рамой, называется *картером*. В крышке блока цилиндров размещены клапаны для впуска в цилиндры воздуха и выпуска отработавших газов, а также форсунка, через которую подается топливо в цилиндр. Клапаны открываются посредством кулачковых шайб, которые находятся на распределительном валу и действуют на ролики, закрепленные на концах толкателей. Закрытие клапанов происходит под действием пружин.

Двигатели, в которых впрыснутое топливо само воспламеняется в атмосфере предварительно сжатого воздуха (до 3,5—5,0 МПа и 600—700 °С), называются *дизелями*. Они могут работать на дизельном, моторном топливе, соляровом масле, на некоторых сортах мазута и применяются на судах в качестве главных и вспомогательных двигателей.

Двигатели, в которых образование смеси топлива и воздуха происходит вне рабочего цилиндра (в карбюраторе, смесителе), а воспламенение — в цилиндре от электрической искры, работают на бензине, керосине, газе и называются *карбюраторными*. Как правило, они являются маломощными и на судах практически не применяются.

Рабочий цикл, совершающийся в цилиндре дизеля, состоит из последовательно сменяющих друг друга процессов (тактов): *всасывания воздуха* в цилиндр, *сжатия воздуха* в цилиндре, *впрыска топлива*, *воспламенения* и *расширения горячих газов* в цилиндре (рабочий ход) и *выхлопа отработавших газов*.

Если рабочий цикл совершается за четыре хода поршня, то двигатель называется *четырёхтактным* (рис. 9.11), а если за два хода — *двухтактным*.

В двухтактном двигателе (рис. 9.12) выхлоп отработавших газов и всасывание свежего воздуха осуществляется в конце рабочего хода и в начале процесса сжатия, когда открыты выпускные и продувочные окна (либо продувочные клапаны). Теоретически при одинаковых размерах цилиндра и равных частотах вращения двухтактный двигатель может развивать мощность в два раза большую, чем четырёхтактный. В действительности, при прочих равных условиях мощность двухтактного двигателя лишь в 1,7—1,8 раза больше мощности четырёхтактного, так как часть хода поршня затрачивается на процессы выпуска и продувки. Фактически все современные главные малооборотные двигатели являются двухтактными.

Все дизели подразделяются по следующим основным признакам: *по конструктивному выполнению*: тронковые и крейцкопфные. В тронковом двигателе кривошипно-шатунный механизм состоит из поршня, шатуна и коленчатого вала, а у крейцкопфного двигателя поршень с помощью штока соединен с крейцкопфом (ползуном), который, как поршень, имеет возвратно-поступательное движение, но движется в направляющих параллелях (см. рис. 9.12). Шатун шарнирно соединен с ползуном и коленчатым валом; *по средней скорости движения поршня*  $C_m$ , м/с тихоходные  $4 \leq C_m < 6$ ; средней быстроходности  $6 \leq C_m < 9$  и быстроходные  $C_m > 9$ ; *по частоте вращения коленчатого вала* ( $n$ , об/мин): малооборотные двигатели (МОД)  $100 \leq n < 350$ ; среднеоборотные

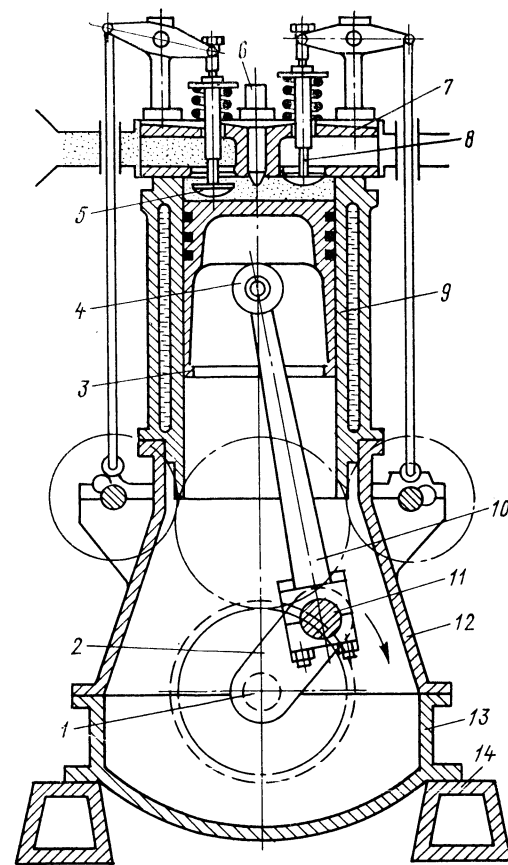


Рис. 9.10. Двигатель внутреннего сгорания  
1 — коленчатый вал; 2 — шейка мотыля; 3 — поршень; 4 — цилиндрический палец; 5 — клапан для впуска в цилиндры воздуха; 6 — форсунка; 7 — крышка; 8 — клапан для выпуска отработавших газов; 9 — цилиндр двигателя; 10 — шатун; 11 — мотылевый подшипник; 12 — станина; 13 — фундаментная рама; 14 — фундаментные балки



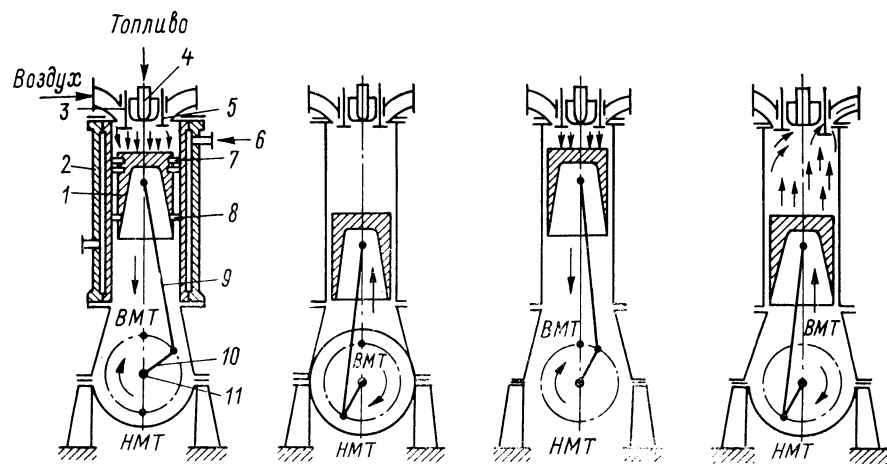


Рис. 9.11. Схема работы и рабочий цикл четырехтактного тронкового дизеля  
1 — поршень; 2 — цилиндр; 3 — всасывающий клапан; 4 — форсунка; 5 — выпускной клапан; 6 — подвод охлаждающей воды; 7, 8 — уплотнительные поршневые кольца; 9 — шатун; 10 — кривошип; 11 — коленчатый вал

(СОД)  $350 \leq n < 750$ ; высокооборотные (ВОД)  $750 \leq n < 2500$ ; по способу действия: простого действия, у которых рабочий цикл осуществляется в одной верхней полости цилиндра; двойного действия, у которых рабочий цикл совершается в двух полостях цилиндра — над поршнем и под поршнем; с противоположно движущимися поршнями; по расположению рабочих цилиндров: рядные (большая часть дизелей); У- и звездообразные; с противоположно движущимися поршнями и др.; по возможности изменения направления вращения коленчатого вала: нереверсивные и реверсивные.

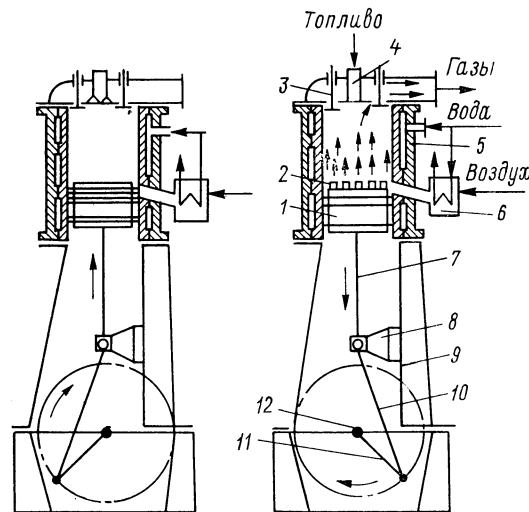


Рис. 9.12. Принцип работы и рабочий цикл двухтактного кривокопфного дизеля с прямо-точно-клапанной продувкой

1 — поршень; 2 — продувочные окна; 3 — впускные клапаны; 4 — топливная форсунка; 5 — цилиндр; 6 — охладитель продувочного воздуха; 7 — шток; 8 — ползун кривокопфа (поперечный); 9 — направляющие ползуна (параллели); 10 — шатун; 11 — кривошип; 12 — коленчатый вал

Маркировка дизелей производится согласно ГОСТ 4393—74 с помощью букв и цифр. Буквы и цифры означают: Ч — четырехтактный; Д — двухтактный; ДД — двухтактный двойного действия; Р — реверсивный; К — кривокопфный (при от-

сутствии буквы К — тронковый); Н — с наддувом (когда свежий заряд воздуха в цилиндр поступает под давлением выше атмосферного с целью повышения мощности двигателя). Арабские цифры, стоящие впереди букв, означают число цилиндров. В конце обозначения марки через дефис ставятся в необходимых случаях цифры, указывающие номер модификации двигателя (чаще всего по степени наддува). Например, двигатель 9ДКРН80/160-4 — девятицилиндровый двухтактный кривокопфный реверсивный с четвертой степенью наддува с диаметром цилиндра 80 см и ходом поршня 160 см.

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

Топливная система служит для приема топлива из береговых емкостей или специальных судов-бункеровщиков, его перекачивания, хранения и подготовки к использованию в двигателе. Сейчас подавляющее большинство двигателей работает на тяжелых сортах топлива. Основными элементами топливной системы являются: трубопроводы, расходные и отстойные цистерны, топливные насосы (перекачивающие, подкачивающие и насосы высокого давления), топливные фильтры, сепараторы, подогреватели, измерительные приборы и пр. Перекачивающие и подкачивающие насосы изготавливаются винтовыми или шестеренными, а насосы высокого давления, обеспечивающие подачу топлива в цилиндры двигателя через форсунки, — золотниковыми. Подогрев топлива необходим при использовании тяжелых сортов топлива (например, моторного, некоторых сортов мазута) с целью повышения текучести, лучшей очистки от механических примесей и более эффективного распыления. Легкое (дизельное) топливо используют при пуске двигателя, на маневрах и при его остановке. На судно принимается примерно 20 % дизельного топлива.

Система смазки должна обеспечивать подвод смазочного масла ко всем трущимся частям двигателя. При этом во многих деталях (подшипниках) масло отводит и теплоту, выделяющуюся при трении. В зависимости от способа подвода смазки к трущимся поверхностям в судовых дизелях различают системы смаки: циркуляционную под давлением, разбрызгиванием и комбинированную. Из подшипников масло стекает в картер двигателя, а из него — в отстойную цистерну, из которой циркуляционным насосом масло подается через фильтры и холодильник снова в двигатель.

Цилиндры дизелей и их крышки должны иметь водяное охлаждение: в более мощных двигателях должны также охлаждаться выпускные клапаны и головки поршней. В судовых дизелях возможны две системы охлаждения: проточная и замкнутая. При проточной системе все части двигателей и другие устройства охлаждаются заборной водой, подаваемой специальными насосами; нагревшаяся вода отводится за борт. При замкнутой системе двигатель охлаждается пресной водой, которая, в свою очередь, охлаждается заборной в специальном холодильнике. Таким

образом, для охлаждения двигателей и всех устройств при замкнутой системе требуются два комплекта насосов, обеспечивающих циркуляцию пресной воды во внутренней системе охлаждения и подающих заборную воду в холодильник пресной воды.

Современные судовые дизели имеют замкнутую систему охлаждения. Преимуществом ее является возможность поддерживать охлаждаемые полости в чистом состоянии, так как внутри система заполнена пресной или специально очищенной водой. Кроме того, можно легко поддерживать наивыгоднейшую температуру охлаждающей воды, регулируя ее в соответствии с режимом работы двигателя. Недостатком замкнутой системы является сложность и повышенный расход энергии на работу насосов. Для подачи охлаждающей воды применяют центробежные, иногда — поршневые насосы. Для поддержания постоянной температуры охлаждающей воды (65—70 °С для малооборотных дизелей) в систему охлаждения включают термостатические регуляторы.

Для запуска дизелей имеется специальная пусковая система. Высокооборотные двигатели малой и средней мощности с легкими движущимися частями могут быть пущены в ход стартером — электродвигателем, получающим энергию от аккумуляторной батареи. Судовые дизели обычно пускают в ход сжатым воздухом. Для этого цилиндры двигателя снабжены пусковыми клапанами, управляемыми специальным устройством.

Широкое распространение дизельных установок на судах объясняется их следующими достоинствами:

ДВС являются самыми экономичными ( $\text{КПД} = 0,40\text{—}0,45$ ), особенно при развитой утилизации тепловых потерь;

применение МОД с прямой передачей энергии на винт позволяет максимально упростить главную энергетическую установку, а использование дизель-редукторной установки — достичь наибольшего КПД винта за счет приближения частоты его вращения к оптимальной;

широкий диапазон типоразмеров дизелей с цилиндровой мощностью от 5 до 4000 кВт, относительная простота устройства дизельных установок позволяет создавать их для любых судов, а также легко автоматизировать и унифицировать;

минимальные затраты времени на подготовку дизелей к пуску, а также возможность быстрого доведения мощности до номинальной;

относительно низкая температура в МКО.

Вместе с тем дизельные установки имеют и недостатки: сложность конструкции, большую массу и неспособность к длительной работе с перегрузкой, меньший, чем у паросиловых установок, моторесурс и сложность ремонта, более высокую стоимость установки, шум и вибрацию, относительно более высокую стоимость потребляемого топлива и смазки.

На современных крупных судах наибольшее распространение получили малооборотные крейцкопфные нереверсивные двигатели. Отечественной промышленностью выпускаются малооборотные ди-

зели, развивающие эффективную агрегатную мощность до 16 тыс. кВт.

На специализированных судах с ограниченными габаритами МКО (ролкеры, паромы и др.), а также на большинстве судов с умеренной мощностью энергетической установки используют среднеоборотные дизели. Агрегатная мощность среднеоборотных дизелей может достигать 18 500 кВт, а их моторесурс уже составляет 30—40 тыс. ч.

Для обеспечения мощности, превышающей максимальную агрегатную, применяют многомашинные установки (рис. 9.13). Наличие редуктора позволяет выбирать оптимальные обороты гребного винта, обеспечивающие максимальный КПД винта. Вместе с тем среднеоборотные дизели имеют меньший моторесурс, более высокую стоимость (редуктор, муфты) и повышенный уровень шума по сравнению с малооборотными дизелями.

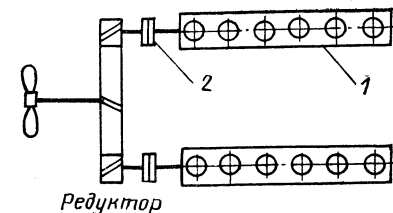


Рис. 9.13. Схема дизель-редукторной установки

1 — двигатель; 2 — муфта

## § 9.6. Ядерные энергетические установки

В настоящее время все более актуальным становится вопрос об использовании ядерного горючего в судовых энергетических установках.

Основными преимуществами этих установок являются: *практически неограниченная длительность работы*, что очень важно для ледоколов, научно-исследовательских, гидрографических судов и пр.; *небольшой расход ядерного топлива* (несколько десятков граммов в сутки), что позволяет менять тепловыделяющие элементы раз в 2—4 года. Энергия, выделяющаяся при полном использовании 1 кг урана, примерно равна энергии, получаемой при сжигании 1,4 тыс. т мазута. Применение ядерных энергетических установок (ЯЭУ) особенно выгодно на транспортных судах, совершающих дальние рейсы с большой скоростью. Именно в этом случае возможно увеличение грузоподъемности за счет резкого уменьшения запасов топлива либо увеличение скорости за счет уменьшения водоизмещения; *возможность работы установки без использования воздуха*, что имеет большое значение для подводных судов.

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

Получение тепловой энергии за счет энергии деления ядер расщепляющихся элементов происходит в аппаратах, называемых ядерными реакторами. В качестве *ядерного топлива* для современных судовых установок применяют обогащенный уран с содержанием изотопа  $\text{U}^{235}$  в количестве 3—5 %.

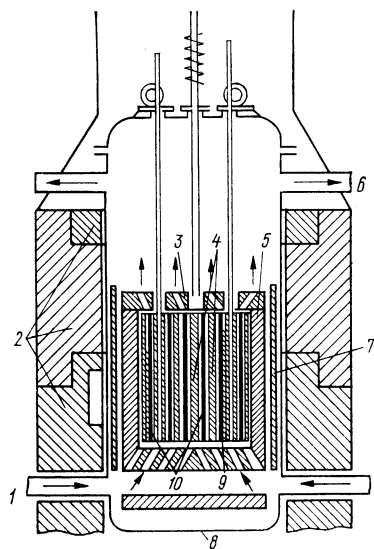


Рис. 9.14. Схема ядерного реактора

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

лей — жидкие металлы и их сплавы (натрий, калий, висмут и т. д.), газы (гелий, азот, углекислый газ) или воду.

Хотя вода является менее сильным замедлителем, чем остальные перечисленные вещества, она широко используется в этом качестве, так как одновременно служит и теплоносителем. Реакторы, в которых и замедлителем, и теплоносителем является дистиллированная вода, называются водо-водяными. Эти реакторы просты по устройству, надежны, компактны и относительно дешевы.

Принципиальные схемы ядерных энергетических установок зависят от способа передачи тепловой энергии от реактора исполнительному механизму и могут быть одно- или двухконтурными.

Одноконтурная схема ядерной установки с применением воды в качестве охладителя и одновременно теплоносителя показана на рис. 9.15, а. Вода, охлаждающая тепловыделяющие элементы (ТВЭЛы) реактора, превращается в пар, который расширяется в турбине и затем направляется в конденсатор, где превращается в воду. Вода с помощью насоса подается в реактор. Преимуществом одноконтурной схемы является ее простота и возможность использования в турбине пара давлением до 10 МПа и температурой до 550 °С, что обеспечивает высокую экономичность паровой части ядерной установки. Но в этом случае турбина, конденсатор и об-

служивающие их механизмы должны быть расположены за биологической защитой, так как пар будет иметь опасную радиоактивность. Поэтому одноконтурные схемы пока не получили применения в энергетических установках.

В настоящее время ЯЭУ выполняются по двухконтурной схеме с использованием воды в качестве охладителя реактора и рабочего тела двигателя (рис. 9.15, б). Вода под давлением 6—15 МПа из реактора направляется в теплообменный аппарат (парогенератор). За счет теплоты воды первого контура в парогенераторе получается пар из воды, циркулирующей по второму контуру. Он уже не имеет радиоактивности. Из парогенератора вода первого контура насосом подается в реактор. Этот насос и парогенератор находятся за биологической защитой. Пар из парогенератора расширяется в турбине и затем превращается в воду в конденсаторе. Насос второго контура подает воду в парогенератор.

Достоинством этой схемы является то, что паровая турбина, конденсатор и обслуживающие их механизмы доступны для обслуживания. Но из-за необходимости обеспечить температурный перепад в парогенераторе давление во втором контуре всегда значительно меньше, чем в первом — порядка 3 МПа, а температура перегрева пара второго контура не превышает 300 °С. В результате КПД паровой части установки не может быть высоким.

Для повышения параметров пара второго контура было предложено в качестве замедлителя и теплоносителя первого контура применять жидкости, являющиеся органическими соединениями: дифенил, ортотрифенил, метатрифенил, паратрифенил и их смеси. Эти жидкости взрыво- и пожаробезопасны, неядовиты, являются хорошими замедлителями нейтронов, химически малоактивны по отношению к металлам, термически устойчивы до температур порядка 400 °С, обладают высокой температурой кипения при атмосферном давлении (260 °С), малоактивны под влиянием ядерных излучений. Все это позволяет обеспечить повышенную экономичность и надежность ЯЭУ при низком давлении в первом контуре.

Однако органические жидкости обладают и недостатками. В условиях теплового и радиационного воздействия они склонны к разложению, что требует систематической очистки и подпитки теплоносителя в первом контуре. Малые теплоемкость и теплопроводность органических жидкостей требуют увеличения расхода теплоносителя и увеличения поверхностей теплообменных аппаратов.

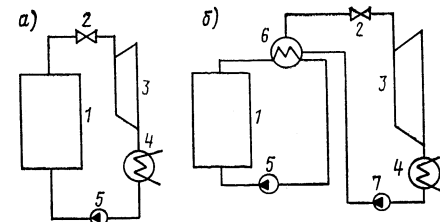


Рис. 9.15. Схемы ядерных энергетических установок с водо-водяными реакторами: а — одноконтурная; б — двухконтурная

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

Вопрос о целесообразности применения органических жидкостей в качестве замедлителя в ЯЭУ требует проверки в эксплуатационных условиях.

## Глава десятая

### ПЕРЕДАЧА МОЩНОСТИ ОТ ДВИГАТЕЛЯ К ДВИЖИТЕЛЮ

#### § 10.1. Валопровод

Валопровод служит для передачи мощности, вырабатываемой главным двигателем, движителю, а также для восприятия создаваемого движителем упора и передачи его корпусу судна через главный упорный подшипник. Эта сложная конструкция состоит из нескольких валов, опирающихся на подшипники, установленные на фундаменте. Валопровод изгибается вместе с судном и испытывает при вращении вокруг своей оси большие знакопеременные нагрузки. Для обеспечения надежной работы валопровода к его конструкции, прочности и качеству монтажа предъявляются особенно высокие требования.

Основными элементами валопровода являются (рис. 10.1):

*гребной вал*, проходящий через ахтерпик внутрь корпуса и служащий для крепления гребного винта. На его шейках, лежащих в подшипниках дейдвудной трубы, надеты бронзовые втулки, а на промежуточную часть нанесено защитное покрытие (обычно эпоксидные смолы, армированные стеклотканью);

*промежуточные валы*, соединенные между собой гребным и упорным валами с помощью фланцев. Каждый промежуточный вал обычно устанавливается на одном упорном подшипнике;

*упорный вал*, передающий через упорный гребень упор, создаваемый движителем, упорному подшипнику. С помощью фланцев упорный вал соединяется с кормовым фланцем главного двигателя или редуктора и с промежуточным валом;

*главный упорный подшипник* для восприятия и последующей передачи корпусу судна упорного давления, создаваемого движителем;

*опорные подшипники*, служащие опорами для промежуточных валов;

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

Длина валопровода зависит от расположения машинного отделения на судне. На судах с кормовым расположением МКО длина валопровода составляет 16—20 м. При среднем расположении МКО протяженность валопровода может достигнуть 50—70 м. В этом случае валопровод размещают в туннеле для защиты его от механических повреждений и для удобства технического обслуживания, а также для обеспечения непотопляемости судна в случае неисправности сальника в дейдвудном устройстве.

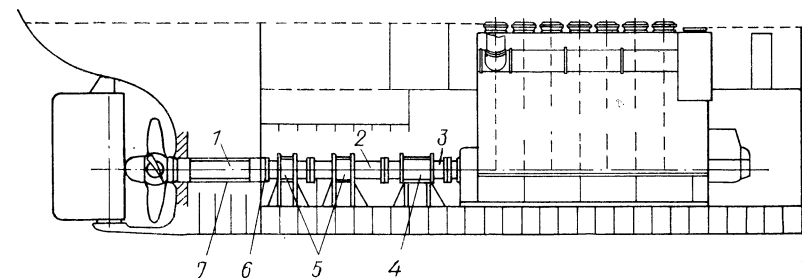


Рис. 10.1. Элементы валопровода

1 — гребной вал; 2 — промежуточный вал; 3 — упорный вал; 4 — главный упорный подшипник; 5 — опорный подшипник; 6 — переборочный сальник; 7 — дейдвудное устройство

Дейдвудное устройство на одновальных судах (рис. 10.2) состоит из дейдвудной трубы, закрепленной одним концом в ахтерпиковой переборке, а другим в яблоке ахтерштевня; кормового и носового дейдвудных подшипников и уплотнений (сальников). Дейдвудное устройство бывает *открытого* и *закрытого* типов. В первых подшипники смазываются заборной водой, для предотвращения проникновения которой в корпус судна в носовом конце трубы дейдвудного устройства устанавливается сальник. Подшипники дейдвудного устройства закрытого типа смазываются маслом, а сальники устанавливаются в носовом и кормовом концах трубы. *Дейдвудная труба* может быть литой стальной, сварной из двух половин или изготовлена из цельнотянутой толстостенной трубы большого диаметра. *Дейдвудные подшипники* состоят из бронзовых, латунных или стальных, покрытых слоем кадмия или свинца втулок и набора элементов из антифрикционного материала. В качестве вкладышей

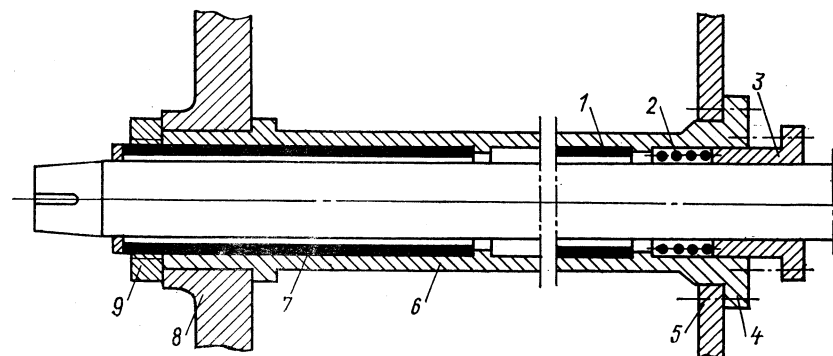


Рис. 10.2. Дейдвудное устройство

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

подшипников открытого типа применяют бакаут, древесно-слоистый пластик ДСП (лигнофоль), текстолит, резинометаллические пластины. Подшипники скольжения закрытого типа представляют собой чугунные втулки, внутри залитые баббитом. В качестве сальникового уплотнения в дейдвудных устройствах открытого типа применяется резина, реже — промасленная пеньковая набивка, а в дейдвудных устройствах закрытого типа — только резина.

## § 10.2. Судовые движители

Назначением судового движителя является создание движущей силы (упора), обеспечивающей движение судна.

Большинство применяемых движителей по принципу действия являются реактивными, так как создают движущую силу в результате реакций масс воды или воздуха, отбрасываемых в сторону, противоположную движению судна. К ним относятся гребные винты, гребные колеса, крыльчатые и водометные движители, а также воздушные винты. Силы, возникающие на элементах движителей, могут создаваться как за счет сил сопротивления при движении движителей в окружающей среде (гребное колесо), так и за счет подъемной силы, по природе аналогичной подъемной силе несущего крыла (гребной винт, крыльчатый движитель).

На современных судах наиболее часто используют гребные винты, отличающиеся небольшой массой, надежностью в эксплуатации и обладающие достаточно высоким КПД при сравнительно простой конструкции.

Гребной винт имеет 3—6 лопастей, установленных радиально на ступице. Сторона лопасти, обращенная в нос судна, называется *засасывающей*, противоположная — *нагнетательной*. Лопасти винта имеют крыльевой профиль, образованный винтовыми поверхностями. Винты могут быть *правого* или *левого вращения*. В зависимости от конструкции винты могут быть *моноконтурными* (цельными) или *со съёмными лопастями*. Последние более сложны, их применяют в случаях, когда по условиям плавания возможны частые поломки лопастей (на ледоколах и транспортных судах ледового плавания). И моноконтурные винты, и винты со съёмными лопастями относятся к *винтам фиксированного шага*. Винты с механизмами, поворачивающими лопасти в ступице и изменяющими шаг винта, называются винтами *регулируемого шага* (ВРШ). Гребные винты изготавливают из нержавеющей стали, бронзы, латуни и других сплавов.

Основными геометрическими характеристиками винта являются: *диаметр винта  $D$*  — диаметр окружности, описываемой наиболее удаленными от оси точками лопастей, принимается не более 70 % осадки судна, у крупнотоннажных судов диаметр достигает до 10 м; *шаг винта  $H$*  — расстояние, которое прошел бы винт за один оборот в твердой среде; *дисковое отношение* — отношение площади всех лопастей винта к площади диска винта,

может быть больше единицы, но у винтов морских транспортных судов оно обычно равно 0,45—0,60.

Принцип действия гребного винта поясняется схемой, изображенной на рис. 10.3. Движение элемента лопасти на рассматриваемом радиусе

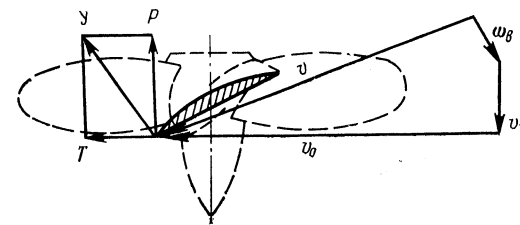


Рис. 10.3. Схема действия гребного винта

складывается из движения по окружности со скоростью  $v_0$  и поступательного перемещения вместе с судном со скоростью  $v_1$ . Относительная скорость движения сечения лопасти  $v$  равна геометрической сумме указанных скоростей и скорости  $\omega_b$ , вызванной закручиванием потока работающим винтом. Таким образом, каждый из элементов лопасти представляет собой элемент крыла, расположенного под углом атаки к набегающему потоку. При этом на каждом элементе возникает элементарная сила  $Y$ , направленная перпендикулярно скорости  $v$ . Проекция  $P$  этой силы на направление движения гребного винта представляет собой упор рассматриваемого элемента. Проекция этой же силы на направление окружной скорости движения элемента  $v_0$  представляет собой силу сопротивления  $T$ , которая создает относительно оси вращения гребного винта момент, преодолеваемый двигателем.

При работе гребного винта на засасывающей стороне лопасти давление понижается и образуется разрежение; на противоположной же, нагнетательной поверхности давление повышается. По мере увеличения частоты вращения винта скорость обтекания его лопастей водой может оказаться настолько большой, что давление на засасывающей стороне понизится до давления насыщенных паров при данной температуре воды и начнется «холодное кипение». При этом образуются кавитационные каверны, заполненные пузырьками со смесью водяного пара, воздуха и растворенных в воде газов. В первой стадии кавитации каверна образуется лишь на части поверхности лопасти. При попадании кавитационных пузырьков в зону более высокого давления происходит «захлопывание» пузырьков в результате конденсации водяного пара. При этом возникают сильные гидравлические удары частиц воды, приводящие к механическому разрушению материала лопасти, так называемой *кавитационной эрозии*. В этих условиях работа гребного винта недопустима. При дальнейшем увеличении скорости вращения винта зона кавитации распространяется уже на всю лопасть и даже выходит за ее пределы — наступает так называемая вторая стадия кавитации. Она не представляет опасности для прочности винта, однако при ней снижается упор и КПД винта.

Наступление кавитации при данных диаметре и режиме работы гребного винта можно отдалить путем увеличения дискового

отношения, применения специальных профилей, обеспечивающих более равномерное распределение давления на лопасти, заглублением винта с целью повышения гидростатического давления и т. п.

Если кавитацию по техническим причинам устранить невозможно, то применяют суперкавитирующие винты, то есть винты, работающие во второй стадии кавитации.

Гребной винт обычно проектируют для одного, наиболее типичного для данного судна режима работы, например для грузового судна при плавании с полным грузом. Если же судно идет в балласте, то его водоизмещение, а следовательно, и сопротивление воды будет меньше, чем при движении судна с полным грузом. Винт в этом случае будет «легким». Он разовьет полные обороты еще до того, как двигатель станет работать на полную мощность. Следовательно, судно в этих условиях не сможет развить расчетную скорость.

«Тяжелым» винт называют в том случае, если его шаг больше, чем наивыгоднейший в данном режиме хода, например, если у судна увеличилось сопротивление из-за обрастания. В этом случае двигатель, достигнув полной мощности, не разовьет полных оборотов и, следовательно, не обеспечит судну расчетной скорости.

Лопасть винта регулируемого шага можно устанавливать под любым углом, образуя шаг, необходимый для данного режима работы судна. При этом двигатель всегда будет работать с полным числом оборотов, развивая полную мощность.

Двигательный комплекс с ВРШ состоит из следующих элементов: гребного винта с поворотными лопастями, механизма изменения шага, гребного вала с проходящей внутри него силовой штангой, дистанционного управления шагом, дистанционной системы указателей шага.

Поворотом лопастей можно также получить задний ход, что позволяет иметь нереверсивный двигатель. Это особенно важно для судов с турбинными и газотурбинными установками, так как отпадает необходимость в оборудовании энергетических установок турбинами заднего хода. При реверсе существенно сокращается выбег судна и повышается безопасность плавания.

Существенным преимуществом ВРШ является также возможность получения любой малой скорости судна, вплоть до режима «стоп», без остановки и реверсирования энергетической установки.

Применение ВРШ позволяет за счет повышения КПД двигателя в разных условиях эксплуатации снизить на 10—15 % расход топлива и увеличить в среднем на 2—3 % среднюю рейсовую скорость.

Съемные лопасти легко заменить при ремонте, не выводя судно из эксплуатации.

Однако КПД винтов регулируемого шага на расчетном режиме, как правило, ниже (на 1—3 %), чем КПД винтов с неподвижными лопастями из-за большего диаметра ступицы. К недостаткам ВРШ следует отнести также сложность конструкции, высокую стоимость, трудности при эксплуатации, уходе и ремонте.

Несмотря на указанные недостатки, ВРШ находят все большее применение как на промысловых и технических, так и на транспортных судах. Для повышения эффективности гребных винтов применяют направляющие насадки и пропульсивные наделки на руль.

**Направляющая насадка** (рис. 10.4) представляет собой кольцевое крыло, соосное с гребным винтом. Гидродинамическую силу, возникающую на насадке, можно разложить на осевую и перпендикулярную к ней составляющие. Осевые составляющие дают дополнительный упор. Кроме того, благодаря внутренним обводам насадки, увеличивается скорость подтекания воды к диску винта, уменьшаются потери от перетекания воды через край лопасти и, следовательно, повышается КПД винта (на 20—30 %). Применение направляющей насадки увеличивает скорость судна на 2—4 %.

Насадки могут быть неподвижными и поворотными. Применение последних не требует установки руля.

Значительной эффективностью обладает грушевидная *пропульсивная наделка* на руль. Она упорядочивает поток за ступицей винта и устраняет вихреобразование, тем самым повышая КПД винта и улучшая условия работы руля.

Крыльчатый движитель состоит из вертикального цилиндра, установленного заподлицо с днищевой обшивкой (рис. 10.5). Наружу выходят только вертикальные лопасти (4—8), установленные по окружности основания цилиндра. Цилиндр приводится во вращение главным двигателем, а лопасти, вращаясь вместе с цилиндром, могут поворачиваться вокруг вертикальных осей на некоторый угол при помощи эксцентрикового устройства. Лопасти имеют крыловидный профиль. При их обтекании на лопасть действует подъемная сила. Ее проекция на направление движения представляет собой упор лопасти.

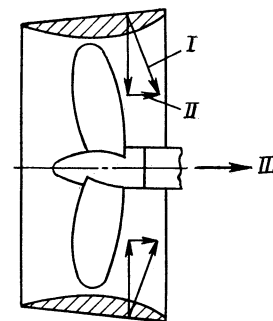


Рис. 10.4. Схема направляющей насадки  
I — гидродинамическая сила насадки; II — сила упора насадки; III — направление движения судна

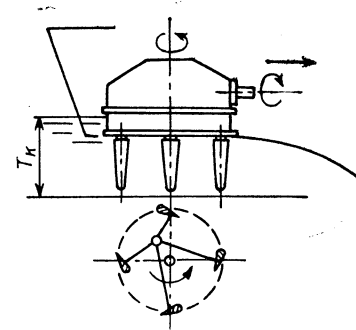


Рис. 10.5. Схема крыльчатого движителя  
 $T_k$  — осадка кормы



При неизменном направлении вращения диска путем соответствующего поворота каждой лопасти с помощью эксцентрикового устройства можно создать упор от 0 до максимума в любом направлении. Это значит, что суда, оборудованные таким устройством, не нуждаются в руле, могут двигаться вперед и назад без реверса главного двигателя, а при наличии двух таких двигателей могут разворачиваться на месте и даже двигаться бортом (лагом).

Такие качества крыльчатого движителя, наряду с КПД, который не ниже, чем у винта, обеспечивают ему промышленное применение на судах, которые должны иметь высокую маневренность: портовых буксирах, плавучих кранах, пожарных судах, пароммах и др. К недостаткам крыльчатого движителя относятся сложность конструкции, а также слабая защищенность движителя от ударов о препятствия.

Водометный движитель состоит из трубы, расположенной вдоль судна, и насоса, рабочее колесо которого находится внутри трубы (рис. 10.6). При работе насоса вода засасывается через носовое отверстие трубы и отбрасывается с приращением скорости в сторону, противоположную движению, благодаря чему создается упор. Различают водометы с надводным выбросом струи (в атмосферу), с подводным и полуподводным выбросом. Для обеспечения возможности маневрирования и перемены хода без руля и реверса главного двигателя водометный движитель оборудуют специальным устройством для изменения направления выбрасываемой струи, называемым *реверс-рулем*.

Водометные движители при умеренных скоростях уступают по КПД гребным винтам и применяются, когда необходимы малая осадка и лучшая защищенность рабочего органа. При больших скоростях эффективность водометных движителей близка к эффективности гребных винтов, и вследствие конструктивных преимуществ они стали основными движителями судов на подводных крыльях и скеговых СВП.

Гребное колесо состоит из ступицы, спиц, обводов и связей, образующих несущую конструкцию колеса. К спицам крепятся лопасти. Современные гребные колеса имеют специальный механизм для поворота лопастей, что обеспечивает им вход в воду без удара и выход из воды без излишнего выброса брызг. При вращении гребного колеса лопасти отбрасывают воду назад. Реакция отбрасываемой воды, передаваемая на судно через ось колеса, является движущей судно силой. Гребные

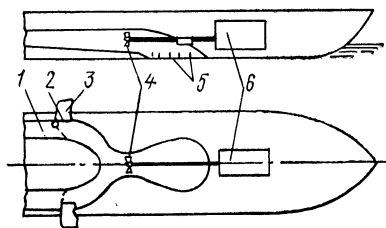


Рис. 10.6. Схема водометного движителя  
1 — кормовые сопла; 2 — заслонки; 3 — бортовые сопла заднего хода; 4 — пропеллерный насос; 5 — решетка; 6 — главный двигатель.

колеса располагают обычно по бортам корпуса судна в средней его части. К преимуществам гребных колес следует отнести простоту конструкции и дешевизну изготовления, а также высокий КПД при всех осадках. Однако необходимо отметить следующие недостатки: большую массу, плохую защищенность, непригодность колес на волнении. В настоящее время гребные колеса сохранились на реках и озерах, где нет больших волн.

## Глава одиннадцатая

### ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЕ СУДОВ

В состав электрооборудования каждого судна входят судовая электроэнергетическая система (СЭЭС) и приемники (потребители) электроэнергии. СЭЭС предназначена для бесперебойного снабжения электроэнергией приемников во всех эксплуатационных режимах судна. Эта система состоит из источников электрической энергии, линий электропередач, электрораспределительных щитов и преобразователей электроэнергии.

Электрораспределительный щит, к которому подключены источники электроэнергии и судовая силовая электрическая сеть, называется *главным распределительным щитом* (ГРЩ).

Совокупность источников электрической энергии с главным распределительным щитом принято называть *судовой электростанцией*. Совокупность линий электропередач с распределительными щитами называется *электрической сетью*.

Различают судовые электростанции малой мощности (200—500 кВт), средней (500—2000 кВт) и большой мощности (свыше 2000 кВт). На баржевозах, промысловых базах, научно-исследовательских судах мощность электростанций достигает 6000 кВт и более.

Особое значение имеет электрооборудование на турбоэлектроходах или дизель-электроходах, у которых гребной винт вращается электродвигателем, получающим ток от генератора, приводимого в движение турбиной (паровой или газовой) или дизелем. Мощность гребных электроустановок достигает нескольких десятков тысяч киловатт.

На судах в основном используется электрооборудование на переменном токе напряжением 220—380 В с частотой 50 Гц. СЭЭС переменного тока по сравнению с СЭЭС постоянного тока дает возможность преобразовывать напряжение с помощью трансформаторов; получать электроэнергию от береговой сети без преобразователей; повысить уровень унификации судового оборудования с электрооборудованием берегового применения.

Основными потребителями на судах являются электроприборы механизмов и устройств. Хотя электродвигатели (основные



элементы электроприводов) постоянного тока имеют ряд преимуществ (более простое и плавное регулирование в широком диапазоне частоты вращения, быстрое изменение направления вращения, допустимость больших перегрузок), на судах устанавливают электродвигатели переменного тока, так как они меньше по массе и габаритам и имеют более высокий КПД. Кроме того, двигатели постоянного тока создают сильные радиопомехи (из-за искрения щеток) и более высокий уровень шума. Важным преимуществом является также меньшая пожаро- и взрывоопасность, поскольку у машин переменного тока нет коллектора, в котором происходит искрение.

Электрооборудование для судов изготавливают в специальном морском исполнении. В соответствии с требованиями Правил Регистра СССР все устройства и системы, составляющие электрооборудование судов, рассчитывают на нормальную работу при относительной влажности воздуха 75 % и температуре 40 °С или 95 % и 25 °С; длительном крене судна до 15° и дифференте до 5°, бортовой качке с амплитудой до 22,5° и килевой — до 10° от вертикали; при колебаниях температуры окружающего воздуха от —30° до +55 °С.

В зависимости от атмосферных условий применяют элементы электрооборудования во влаго-, тепло- или маслостойком исполнении.

В зависимости от места расположения потребителей электрооборудование может иметь различную степень защищенности: открытое, защищенное, брызгозащищенное, пылезащищенное, закрытое, герметичное, взрывозащищенное. Кроме того, имеется специальное электрооборудование тропического исполнения.

### § 11.1. Источники электроэнергии

В качестве источников электроэнергии на судах используются генераторы постоянного и переменного тока, аккумуляторные батареи.

Генераторы судовой электроэнергетической системы классифицируются: *по типу приводных двигателей* (на дизель-генераторы, турбогенераторы и валогенераторы); *по назначению* (на основные, резервные, стояночные и аварийные); *по роду тока* (на источники постоянного тока и источники переменного тока).

В зависимости от типа турбины (паровая, газовая) турбогенераторы подразделяют на *паротурбогенераторы* и *газотурбогенераторы*. *Валогенератором* называется генератор, привод которого осуществляется от валопровода судового движителя с помощью зубчатой, цепной или клиноременной передачи.

*Основные* электрогенераторы предназначены для питания судовых потребителей электроэнергией в ходовом и других напряженных режимах работы судна — при стоянке во время грузовых операций, швартовке, снятии с якоря.

*Стояночные* электрогенераторы (небольшие по мощности) обес-

печивают потребителей электроэнергией во время стоянки при неработающих грузовых и других механизмах, потребляющих много энергии.

*Резервные* электрогенераторы необходимы на случай отказа или профилактики основного генератора.

На паротурбинных судах в качестве основных и резервных генераторов устанавливают турбогенераторы, на теплоходах — дизель-генераторы. Если на теплоходе установлен утилизационный котел, то в дополнение к дизель-генераторам может быть установлен ходовой турбогенератор. В качестве стояночных генераторов используют обычно дизель-генераторы.

*Аварийные* электрогенераторы обеспечивают снабжение потребителей, работающих в аварийном для судна режиме (аварийного освещения трапов, проходов, шлюпочных палуб, рубок; аварийного рулевого электропривода, сигнально-отличительных огней и др.). Их устанавливают на каждом самоходном судне выше палубы переборок и вне шахты МКО. Мощность аварийного дизель-генератора обычно составляет 100 кВт. Согласно Правилам Регистра СССР время работы аварийных электрогенераторов зависит от назначения и размеров судна. Они должны быть оборудованы системой автоматического пуска при исчезновении напряжения на шинах ГРШ. На некоторых судах аварийным источником могут быть *аккумуляторные батареи*, включение которых в аварийную сеть производится также автоматически. Если аварийным источником электроэнергии является дизель-генератор, то предусматривается аварийная аккумуляторная батарея (как кратковременный источник электроэнергии), питающая те же потребители в течение времени, указанного в Правилах Регистра СССР.

Из существующих видов аккумуляторов наибольшее распространение получили щелочные (кадмиево-никелевые, железоникелевые), имеющие больший срок службы по сравнению с кислотными. Аккумуляторы хранят на судне в специальных помещениях — аккумуляторных, которые должны иметь хорошую вентиляцию и выход на открытую палубу.

Преобразователи электрической энергии применяются в случаях, когда для питания одного или нескольких потребителей необходимы род тока, напряжение или частота, отличные от тех, которые имеют основные источники электроэнергии, установленные на судне. Преобразователи переменного тока в постоянный называются *выпрямителями*. Преобразователи постоянного тока в переменный называются *инверторами*.

Все преобразователи можно разделить на электромашинные (вращающиеся) и статические. Электромашинные преобразователи, применяемые в судовых электроэнергетических системах, имеют конструктивное исполнение в виде одно-, двух или трехмашинных агрегатов. Наиболее часто применяются двухмашинные агрегаты, состоящие из двигателя и двух генераторов на общей фундаментной раме. Статические преобразователи элек-

трической энергии изготавливаются на базе полупроводниковых элементов. К ним относятся диоды, транзисторы, тиристоры и другие элементы. Статические преобразователи имеют значительный КПД, большое быстродействие, высокие механическую прочность и надежность. К статическим преобразователям относятся полупроводниковые выпрямители — селеновые, германиевые, кремниевые, купроксные.

Для изменения величины напряжения применяют трансформаторы.

Судовая электростанция размещается в МКО и реже в отдельном отсеке. При расчете мощности судовой электростанции очень важно определить число и мощность генераторов, которые должны обеспечивать во всех режимах работы судна бесперебойное снабжение электроэнергией потребителей с учетом максимальной загрузки генераторов. Для этого составляют таблицу нагрузки. По Правилам Регистра СССР общее количество генераторов основной электростанции не может быть меньше двух (в том числе один резервный).

## § 11.2. Распределение электроэнергии

Судовые электрические сети, входящие в СЭЭС, подразделяются на силовые, освещения и слабого тока.

*Силовые сети* передают энергию к электроприводам, сварочным преобразователям, нагревательным приборам. *Сети освещения* делят на сети наружного, внутреннего, переносного, аварийного и сигнально-отличительных огней. *Сети слабого тока* обслуживают телефонные и радиотрансляционные установки, средства контроля, управления и сигнализации.

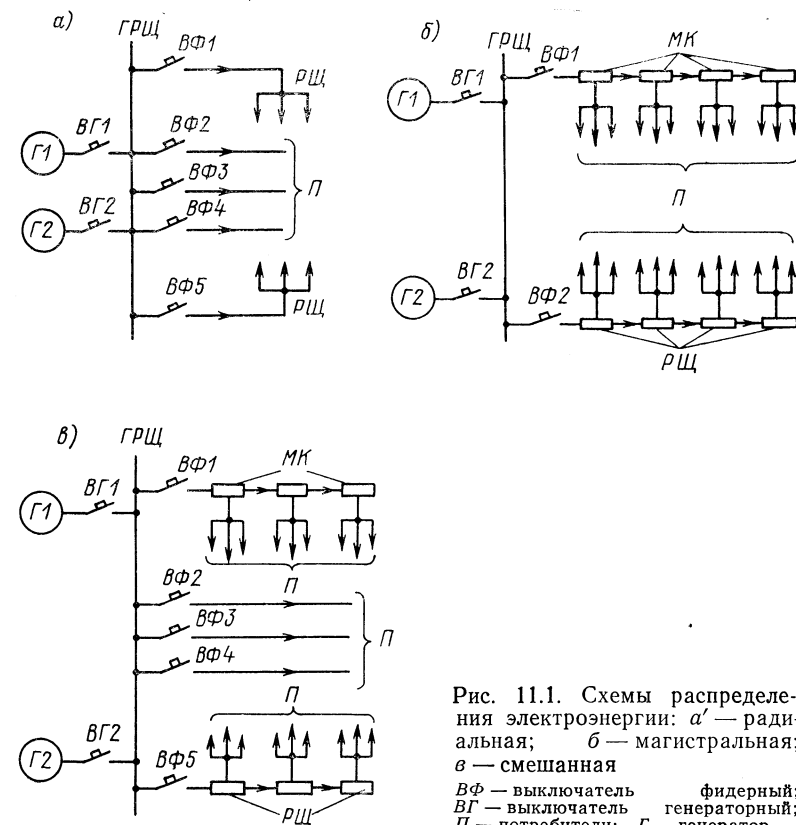
От источников электроэнергии — генераторов — ток поступает на главный распределительный щит (ГРЩ), являющийся центральным пунктом распределения электроэнергии. ГРЩ выполняется из ряда отдельных конструктивно законченных секций, а именно: генераторных, распределительных и управления. Обычно ГРЩ устанавливают в помещении электростанции.

Управление работой электростанции может быть ручным с помощью приборов и аппаратов ГРЩ, а также автоматическим и дистанционным из ЦПУ или с мостика.

Существует три системы распределения электроэнергии: магистральная, радиальная и смешанная (рис. 11.1).

При *магистральной* системе все потребители получают питание по одному или нескольким магистральным кабелям через распределительные щиты (РЩ) или магистральные коробки (МК).

При *радиальной* системе наиболее ответственные потребители получают питание по отдельным линиям (фидерам), менее ответственные потребители, с точки зрения участия их в обеспечении живучести и движения судна, — от РЩ, которые, в свою очередь, подключены отдельными линиями к ГРЩ.



При *смешанной* системе часть потребителей получает питание по радиальному принципу, а часть — по магистральному.

Магистральная система позволяет уменьшить расход кабеля, размеры и массу сети, а также размеры ГРЩ. Надежность же снабжения потребителей электроэнергией при такой системе значительно ниже, чем при радиальной, поэтому на судах обычно используют смешанную систему распределения электроэнергии.

Правила Регистра СССР требуют, чтобы для некоторых потребителей было обеспечено только фидерное питание. К таким потребителям относятся, например, электроприводы рулевого и якорного устройств, щиты питания радиостанции, навигационных приборов, сигнально-отличительных фонарей и др.

Особо ответственные потребители (рулевой электропривод или сигнально-отличительные фонари) получают питание по двум фидерам, проложенным возможно дальше друг от друга.

Правила Регистра СССР на морских судах запрещают применение однопроводной системы с использованием корпуса судна в качестве обратного провода, так как это сопряжено с опасностью для жизни людей.

Специальные судовые кабели и провода должны сохранять высокие изоляционные качества при повышении влажности, воздействии нефтепродуктов, масла, соленой воды, температуры до  $+50^{\circ}\text{C}$ , обеспечивать механическую прочность при трясках и вибрациях, выдерживать многократные резкие изгибы. Токоведущие жилы кабелей и проводов изготавливают из меди, изоляцию — из маслостойкой, не распространяющей горения резины, шлангового полихлорвинила и иногда из свинца. На судах также применяют кабели и провода с изоляцией из стекловолокна, фторопласта и кремнийорганической резины. В качестве защитной оболочки кабеля может быть использована оплетка из стальных оцинкованных проволок, а в качестве экрана (от радиопомех) — оплетка из медных луженых проволок. Применение той или иной марки кабеля зависит от назначения, места прокладки и условий работы электрооборудования на судах. Так, для силовой электрической сети и основного освещения при неподвижной прокладке применяют кабели марок КНР, КНРП, СРМ и др., где К — кабель; Н — негорючий; Р — резиновая изоляция жил и наружная оболочка; П — стальная оплетка; С — свинцовая оболочка; М — морской.

Кабель прокладывают на судне, закрепляя его в кассетах, желобах, на панелях и непосредственно в конструкциях. При прокладке кабеля через водонепроницаемые переборки и палубы, чтобы не нарушить их водонепроницаемости, его укладывают в переборочные или палубные кабельные коробки и групповые сальники, которые затем заполняют уплотняющей массой (битумом, эпоксидно-тиоколовым компаундом).

### § 11.3. Потребители тока

Потребители тока в зависимости от назначения и режимов работы делятся на электроприводы судовых вспомогательных механизмов энергетической установки, механизмов устройств и систем, бытовых механизмов (мясорубок, овощерезок, картофелечисток), осветительные и электронагревательные приборы, электронavigационные приборы и электрические средства связи и сигнализации.

Электроприводом называют устройство, состоящее из электродвигателя, передаточного устройства, связывающего электродвигатель с исполнительным механизмом, и приборов управления.

Передаточным устройством служит редуктор, муфта или фланцевое соединение. Пуск, изменение направления движения, торможение и остановку осуществляют с помощью аппаратуры управления (контакторов, реле, электромагнитов, командоаппаратов и др.). Управление аппаратурой может быть ручным, автоматизированным или автоматическим.

Современные электрические источники света (лампы), используемые в светильниках, сигнально-отличительных устройствах и прожекторах, по принципу действия делятся на тепловые (лампы накаливания), где световой поток создается вольфрамовой спи-

ралью, нагретой до определенной температуры; люминесцентные низкого и высокого давления, где световой поток создается под действием на слой люминофора возбужденных электронов и ионов.

Лампы накаливания применяются для освещения помещений, для сигнально-отличительных фонарей и для аварийного освещения. Люминесцентные лампы низкого давления применяют для освещения судовых помещений, а высокого давления — для освещения открытых пространств и больших судовых помещений. Они по сравнению с лампами накаливания в некоторой степени компенсируют недостаток в естественном освещении на судах, имитируя естественный дневной свет. Их световая отдача и срок службы в 3—4 раза выше, что резко увеличивает освещенность без повышения расхода энергии. К основным недостаткам люминесцентных ламп следует отнести наличие стробоскопического эффекта и зависимость световых параметров от температуры окружающей среды (устойчиво работают при температуре  $20—25^{\circ}\text{C}$ ).

Для рационального освещения судовых помещений и открытых пространств необходимо правильно распределять световой поток источника света с помощью осветительных приборов, которые делят на приборы действия ближнего света — светильники и дальнего — прожекторы.

Электронагревательные приборы, где электрическая энергия превращается в тепловую, предназначены для приготовления пищи, нагрева воды и отопления помещений.

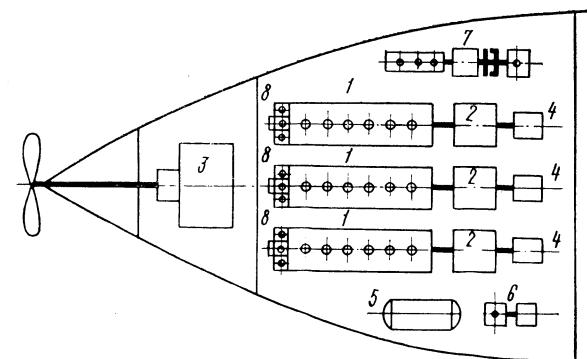
### § 11.4. Электродвижение судов

При некоторых условиях эксплуатации для передачи мощности на гребной винт кроме зубчатой передачи может быть использована электрическая.

Электрическим передачам свойственно двойное преобразование энергии: механическая энергия главных двигателей преобразуется в электрическую в электрогенераторах, которая по сети передается к гребным электродвигателям, преобразующим ее

Рис. 11.2. Компоновка гребной дизель-электрической установки

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



в механическую энергию гребного вала и винта. Это приводит к увеличению потерь энергии. Однако они несколько сокращаются за счет уменьшения длины валопровода и числа его опорных подшипников.

Электропередачи бывают на постоянном и переменном токе, а также комбинированные: с генераторами переменного тока, электродвигателями постоянного тока и безмашинными статическими преобразователями переменного тока в постоянный. В зависимости от типа главного двигателя различают дизель-электрические и турбоэлектрические установки.

Электрическая передача позволяет: использовать мощность нескольких многооборотных главных турбо- или дизель-генераторов для привода одного или нескольких малооборотных гребных электродвигателей. При этом частоту вращения гребных электродвигателей можно выбирать оптимальной; размещать гребные электродвигатели в корме судна, поэтому не требуется установки длинных валопроводов; использовать главные генераторы для питания других электропотребителей судна; обеспечить работу судна на малых скоростях при неполном числе действующих первичных двигателей.

Электропередачи на постоянном токе имеют высокие маневренные качества, самый быстрый по сравнению с передачами других типов реверс, высокие пусковые моменты; полное затормаживание гребного винта при такой передаче осуществляется в течение 5—16 с, а выбег судна при его номинальной начальной скорости обычно не превышает 6—7 длин корпуса.

Вместе с тем электропередачи имеют и существенные недостатки: сравнительно низкий КПД (0,84—0,88 для постоянного тока и 0,88—0,93 для переменного); значительные массы (для передач постоянного тока в 1,5 раза больше, чем для переменного), габариты и высокую стоимость.

В связи с этим электропередачи постоянного тока применяют на судах, на которых требуется частое изменение скорости хода и режимов работы с изменением мощности (ледоколы, транспортные суда ледового плавания и рыбодобывающие суда), а электропередачи переменного тока — на судах, движители которых большую часть времени работают на постоянных режимах или когда выгодно использовать мощность главного двигателя для обеспечения работы общесудовых механизмов (на плавучих кранах, земснарядах, плавучих мастерских).

Судовые энергетические установки с электродвижением размещают в одном или двух отсеках (рис. 11.2). Гребные двигатели всегда в корме, а первичные двигатели и электрогенераторы устанавливают либо в том же отсеке, либо в носовой части судна.

## КЛАССИФИКАЦИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ СИСТЕМ

### § 12.1. Классификация общесудовых систем и общие требования к ним

Судовой системой называется комплекс судового оборудования, состоящий из трубопроводов, механизмов, аппаратов, приборов, устройств и емкостей, предназначенный для выполнения определенных функций по обеспечению эксплуатации судна.

На судах применяют различные судовые системы, отличающиеся выполняемыми функциями, видом рабочих сред и конструктивными особенностями. Все имеющиеся на судне системы можно разделить на две группы, а именно:

системы, обслуживающие судовую энергетическую установку; системы, обеспечивающие общесудовые нужды.

Последняя группа систем называется *общесудовыми системами*. Общесудовые системы играют очень большую роль в эксплуатации судов, обеспечивая такие их важнейшие качества, как плавучесть, остойчивость, живучесть, обитаемость, взрыво- и пожаробезопасность и т. д.

В судостроении принята классификация общесудовых систем по выполняемым функциям, в соответствии с которой все системы подразделяют на следующие группы: трюмные, балластные, противопожарные, микроклимата, санитарные, системы судового энергоснабжения, специальные системы танкеров, спасательных, рыбопромысловых судов и других судов специального назначения.

*Трюмные системы* предназначены для удаления за борт воды, скапливающейся в корпусе судна в процессе его нормальной эксплуатации или в аварийных условиях. Задачей *балластных систем* является регулирование осадки, крена и дифферента судна. Основным назначением *противопожарных систем* является обнаружение, локализация и тушение пожаров на судах. *Системы искусственного микроклимата* обеспечивают создание и поддержание воздушной среды требуемых параметров в судовых помещениях. Удовлетворение нужд команды и пассажиров в бытовой воде, а также удаление за борт использованных бытовых вод — задача *санитарных систем*. *Системы судового энергоснабжения* предназначены для подачи рабочей среды-энергоносителя в виде сжатого воздуха или рабочей жидкости систем гидравлики под давлением потребителям. Прием, распределение по грузовым цистернам, выгрузка жидкого груза, обеспечение его сохранности

и нормальной эксплуатации грузовых систем является задачей специальных систем танкеров. В группу трубопроводов различного назначения объединены все трубопроводы, выполняющие конкретные функции и не вошедшие в предыдущие группы. К их числу можно отнести переговорные, воздушные, измерительные трубы и т. д.

В табл. 2 указаны группы и входящие в них системы, получившие наибольшее применение на морских судах.

Большая номенклатура систем на судах, разнообразие выполняемых ими функций и условий работы приводит к значительному

Таблица 2. Классификация общесудовых систем

Группы систем	Подгруппы систем	Системы, составляющие группы и подгруппы
Трюмные	—	Осушительная, водоотливная, нефтесодержащих трюмных вод
Балластные	—	Креновая, дифференциальная, балластная, нефтесодержащих балластных вод
Пожаротушения	Пожарной сигнализации	Сигнализации обнаружения пожара, оповещения о пожаре, предупреждения о пуске систем объемного тушения
	Системы, работающие по принципу охлаждения очага пожара	Водяного пожаротушения, спринклерная, орошения, водораспыления, водяных завес, затопления
	Системы, работающие по принципу разбавления реагирующих веществ в зоне горения	Паротушения, углекислотного тушения, инертных газов
	Системы, работающие по принципу изоляции реагирующих веществ от зоны горения	Пенотушения, порошкового тушения
	Системы, работающие по принципу химического торможения реакции горения	Объемного химического тушения, порошкового тушения

Группы систем	Подгруппы систем	Системы, составляющие группы и подгруппы
Искусственного микроклимата	Вентиляции	Естественной и искусственной
	Отопления	Парового, водяного, воздушного
	Охлаждения	Холодильного агента, холодоносителя
	Осушения воздуха	Системы, работающие с использованием твердых и жидких сорбентов
Санитарные	Кондиционирования воздуха	Низко-, средне-, высокоскоростные системы
	Бытового водоснабжения	Питьевой, мытьевой, бытовой заборной воды
Судового энергоснабжения	Сточные	Сточных вод, хозяйственно-бытовых вод, шпигатов открытых палуб
	Сжатого воздуха	Сжатого воздуха высокого, среднего и низкого давления
Специальные системы танкеров	Гидравлики	Гидравлики
	Грузовые	Грузовая, зачистная
Трубопроводы различного назначения	Обеспечивающие	Газоотводная, мойки танков, подогрева груза, орошения палубы, инертных газов
	—	Воздушные, измерительные, переговорные трубы, перепускные трубы и т. д.

количеству требований, предъявляемых к судовым системам, среди которых можно выделить общие: экономически целесообразное устройство и надежность в условиях длительной эксплуатации; высокая живучесть систем, обеспечивающих непотопляемость, остойчивость, взрыво- и пожаробезопасность судов; изготовление и монтаж из стандартных унифицированных конструктивных элементов при минимально необходимом числе типоразмеров; минимальные объем и масса; расположение элементов систем, исключающее возможность их механического повреждения при грузовых операциях, а также обеспечивающее удобство их технического обслуживания и ремонта; возможность экономически целесообразной автоматизации работы; предотвращение загрязнения акватории водами с остатками нефтепродуктов и другими вредными веществами.

## § 12.2. Конструктивные элементы систем

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

### 12.2.1. Трубы

Рабочими средами общесудовых систем могут быть холодная и горячая морская и пресная вода, водяной пар, хладоны, водные растворы ряда солей и другие вещества. Их агрессивность, скорость течения, температура, давление неодинаковы. Поэтому в общесудовых системах используются трубы из углеродистой и нержавеющей стали, чугуна, меди, медно-никелевых сплавов, пластмасс, легких сплавов и других материалов.

Трубы изготавливают специализированные заводы в соответствии с государственными стандартами и поставляют на судостроительные предприятия партиями. По способу производства металлические трубы делят на бесшовные и сварные. Материал и размеры труб выбирают в зависимости от назначения трубопровода, проводимой среды, ее давления, скорости и температуры.

Размер труб определяется наружным диаметром  $D_n$ , толщиной стенки трубы  $\delta$  и длиной. Для каждого наружного диаметра государственными стандартами предусматривается ряд толщин стенки трубы.

В целях унификации размеров труб, арматуры и деталей соединения трубопроводов введены понятия условного диаметра (прохода) и условного давления.

Условным диаметром (проходом)  $D_y$  (мм) называется условная геометрическая характеристика, с которой однозначно связаны присоединительные размеры всех трубопроводных элементов. Условный диаметр численно равен действительному внутреннему проходу арматуры и обозначается, например  $D_{y50}$ ,  $D_{y100}$ . Для труб, как правило, величина  $D_y$  не совпадает с их фактическим внутренним диаметром.

Условным давлением  $P_y$  называется избыточное давление (в Па или кгс/см<sup>2</sup>), которое может выдержать материал труб, арматуры или соединительных частей труб при нормальной температуре рабочей среды в условиях эксплуатации. Это давление, являясь максимально допустимым, служит критерием для выбора рабочего давления, при котором тот или иной элемент может быть использован в трубопроводе с данной температурой рабочей среды.

### 12.2.2. Путевые соединения

Для соединения труб между собой, с арматурой, фасонными частями, стенками цистерн служат разъемные и неразъемные путевые соединения.

К *неразъемным* соединениям относятся сварные, паяные и клеевые. *Разъемные* включают фланцевые, штуцерные, муфтовые, дюритовые, а также быстроразъемные соединения, используемые для крепления шлангов к трубам или арматуре.

Выбор типа путевого соединения зависит от диаметра трубопровода, давления рабочей среды и места расположения трубопровода на судне. Из разъемных наибольшее распространение получили *фланцевые соединения*, которые используются в трубопроводах с  $D_y = 20 \div 500$  мм и  $P_y \leq 6,4$  МПа (64 кгс/см<sup>2</sup>). Эти соединения представляют собой конструкцию, состоящую из двух фланцев, прокладки и соединительных болтов (рис. 12.1). Фланцы могут крепиться к трубам с помощью неразъемных соединений или быть свободно сидящими. Для обеспечения плотности соединения между соприкасающимися поверхностями фланцев устанавливают прокладки из паронита, резины, винипласта,

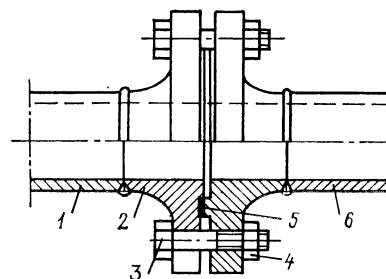


Рис. 12.1. Фланцевое соединение  
1, 6 — труба; 2 — фланец; 3 — болт; 4 — гайка; 5 — прокладка

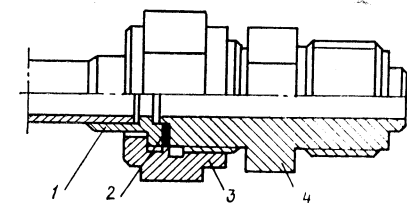


Рис. 12.2. Штуцерное соединение  
1 — ниппель; 2 — прокладка; 3 — гайка; 4 — штуцер

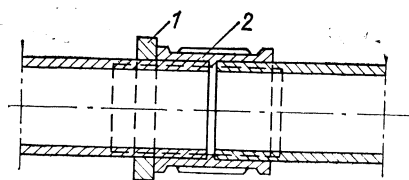


Рис. 12.3. Муфтовое соединение  
1 — контргайка; 2 — муфта

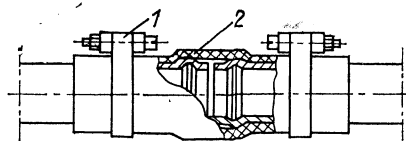


Рис. 12.4. Дюритовое соединение  
1 — зажимной хомут; 2 — дюритовая муфта

меди и других материалов. Штуцерные соединения используют в трубопроводах с  $D_y = 3 \div 32$  мм и  $P_y \leq 20 \div 30$  МПа (200—300 кгс/см<sup>2</sup>). Конструкция этого соединения показана на рис. 12.2. Штуцерные соединения компактны и удобны при монтаже трубопроводов. Муфтовое соединение (рис. 12.3) используется для соединения водогазопроводных труб с  $D_y \leq 80$  мм и  $P_y \leq 1,6$  МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>). Муфта навинчивается на концы соединяемых труб, имеющих резьбу. Контргайка предотвращает самопроизвольное отвинчивание муфты. Для уплотнения соединения по резьбе труб наматывают паклю на сурике или белилах.

Соединение труб при помощи резиноканевой муфты, которая обжимается хомутами, называется дюритовым (рис. 12.4). Для обеспечения плотности соединения на концах соединяемых труб развальцовывают кольцевые выступы (зиги). Дюритовое соединение обеспечивает эластичность соединения, удобство монтажа труб, имеет малую массу. Недостатками этого соединения являются малая огнестойкость, непродолжительный срок службы, невозможность использования при давлении рабочей среды более 1,6 МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>).

### 12.2.3. Трубные трубопроводные элементы

Для конструктивного оформления узлов разветвления, поворотов трубопроводов служат тройники, четверники, отводы (колена) литые или изготовленные из труб с помощью сварки и гибки (рис. 12.5). Проход трубопроводов через водонепроницаемые палубы и переборки осуществляется с помощью переборочных (палубных) стаканов (см. рис. 12.5). Они могут быть проходными и угловыми, съемными и несъемными.

Для восприятия температурных удлинений или возможных смещений труб, вызванных деформацией судовых конструкций, а также ударных и вибрационных нагрузок служат компенсаторы. В зависимости от параметров рабочей среды, диаметра трубопровода и его размещения на судне компенсаторы бывают в виде простых погибов труб, лирообразными, кольцевыми, сальниковыми, линзовыми, сифонными и других типов. Некоторые из них показаны на рис. 12.6. Трубопроводные элементы монтируются на разъемных и неразъемных путевых соединениях.

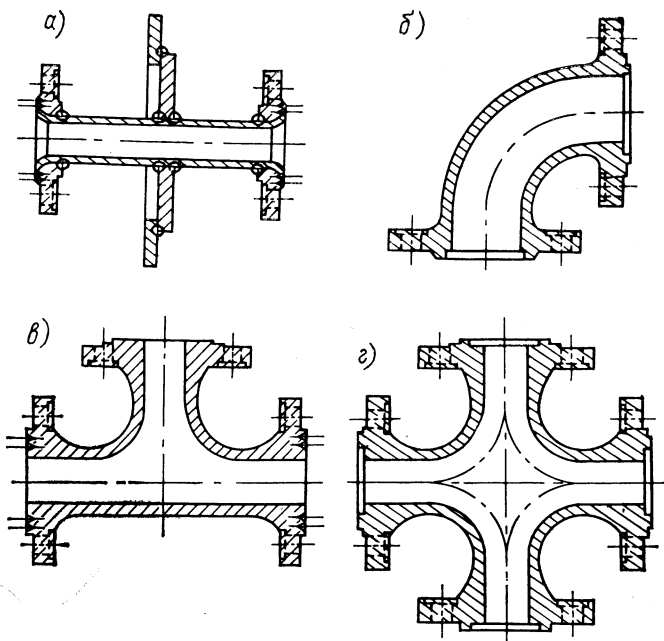


Рис. 12.5. Трубные трубопроводные элементы: а — стакан переборочный фланцевый; б — отвод, в — тройник; г — четверник

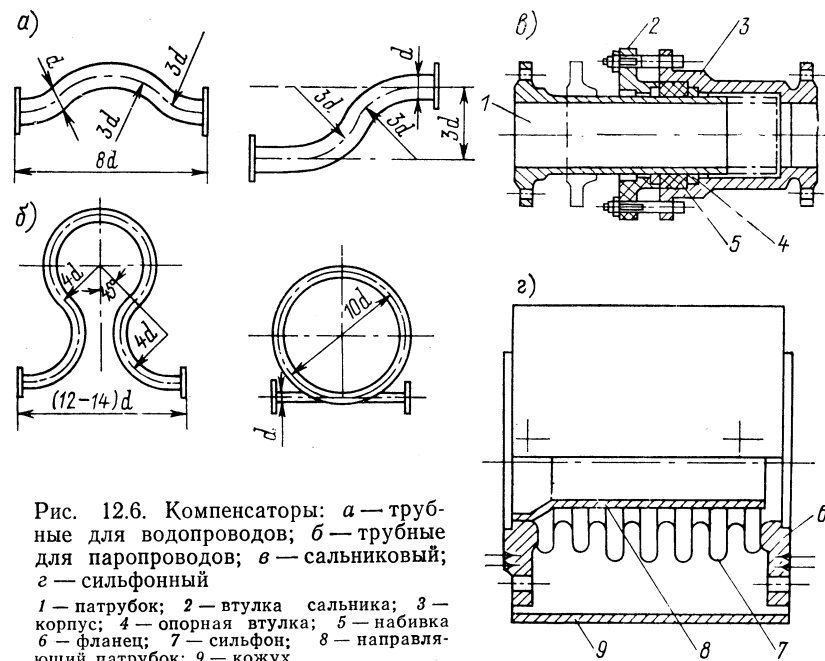


Рис. 12.6. Компенсаторы: а — трубные для водопроводов; б — трубные для паропроводов; в — сальниковый; 1 — патрубок; 2 — втулка сальника; 3 — корпус; 4 — опорная втулка; 5 — набивка; 6 — фланец; 7 — сифон; 8 — направляющий патрубок; 9 — кожух



#### 12.2.4. Арматура

Арматурой называются устройства, которые позволяют управлять перемещаемой по трубопроводу рабочей средой.

Всю арматуру общесудовых систем делят на две группы: общую и специальную. К общей арматуре относят те ее виды, которые применяются в большинстве систем: краны, клапаны, задвижки, запорники и поворотные затворы.

К специальной арматуре можно отнести шпигаты, фильтры, отстойники и другую арматуру, предназначенную для выполнения конкретных функций в той или иной системе.

За основу классификации общей арматуры (рис. 12.7) принят принцип перекрытия канала трубопровода.

Краны — вид арматуры, в котором проход трубопровода перекрывается конической или шаровой пробкой с одной или несколькими прорезями различной формы. Краны используются в трубопроводах с  $D_y \leq 80$  мм и  $P_y \leq 2,5$  МПа (25 кгс/см<sup>2</sup>). В зависимости от конструкции краны могут быть проходными, трехходовыми и манипуляторами. Принцип работы *проходного* крана показан на рис. 12.8. В пробке проходного крана имеется одна прорезь в виде прямого канала. Такой кран сообщает между собой две трубы. *Трехходовые* краны имеют в конической пробке прорези L- или Т-образной формы и сообщают между собой три трубопровода. *Манипуляторы* используются для переключения трех, четырех и более трубопроводов и имеют в пробке два, три или более прямых или криволинейных каналов. Достоинством кранов является сравнительно малое гидравлическое сопротивление, малая масса и габариты, быстрота срабатывания. К их

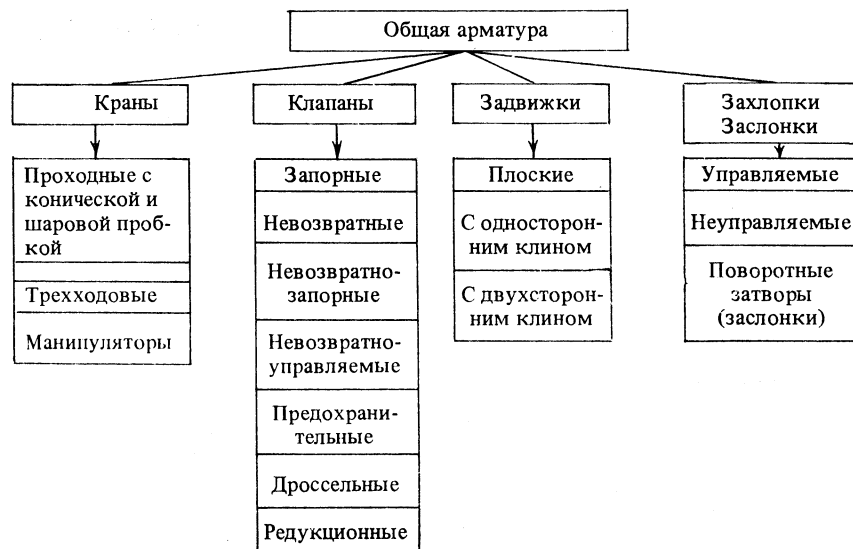


Рис. 12.7. Классификация общей арматуры

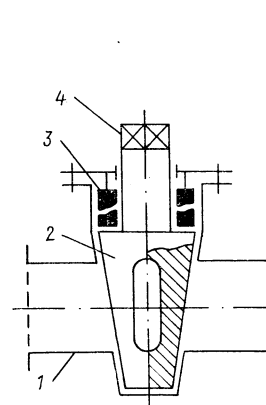


Рис. 12.8. Схема крана  
1 — корпус; 2 — пробка; 3 — сальниковое уплотнение; 4 — квадрат под ключ

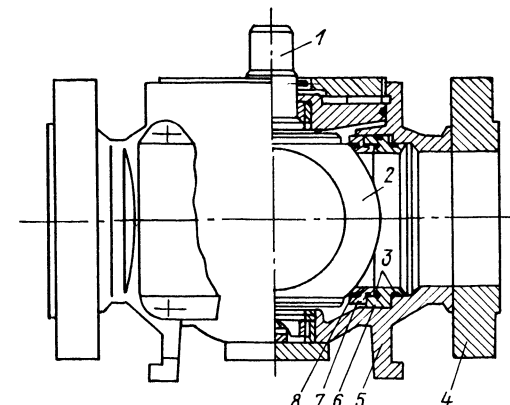


Рис. 12.9. Шаровой кран  
1 — шпигель; 2 — шар; 3 — прокладка; 4 — фланец; 5 — корпус; 6 — упорная втулка; 7 — уплотнительное кольцо; 8 — уплотняющий элемент (резина или фторопласт-4)

недостаткам можно отнести неполную герметичность, трудность притирки пробки, возможность появления гидравлического удара при быстром закрытии крана. В 70-е гг. на судах стали применяться проходные краны с шаровой пробкой (рис. 12.9). Такие краны могут применяться в трубопроводах с  $D_y \leq 250$  мм и  $P_y \leq 4$  МПа (40 кгс/см<sup>2</sup>). Они обладают хорошей герметичностью, простотой и быстротой управления и не оказывают сопротивления движению потока. Это объясняется тем, что форма прорези в пробке точно соответствует форме присоединяемого трубопровода.

Клапаны — вид арматуры, в котором проход трубопровода перекрывается тарелкой, двигающейся возвратно-поступательно по нормали к плоскости седла. По назначению клапаны делят на конструктивные типы, указанные в классификации (см. рис. 12.7). Клапаны используют в трубопроводах с  $D_y \leq 500$  мм и  $P_y \leq 6,4$  МПа (64 кгс/см<sup>2</sup>). Клапаны изготавливают из чугуна, стали, латуни, бронзы и других материалов. В зависимости от формы корпуса они могут быть проходными и угловыми. Для соединения клапанов с трубами используются все виды разъемных соединений.

Принцип действия *запорных* клапанов показан на рис. 12.10. Шток и тарелка связаны жестко, поэтому при перемещении штока перемещается и тарелка. В крайнем нижнем положении штока тарелка прижимается к седлу и перекрывает проход в клапане. В крайнем верхнем положении штока тарелка поднимается над седлом и обеспечивает пропуск рабочей среды в обоих направлениях. Конструкция проходного запорного клапана показана на рис. 12.11. *Невозвратные* клапаны не имеют штока и маховика (рис. 12.12). Тарелка прижимается к седлу

собственным весом, давлением рабочей среды, а также пружиной. Такое устройство клапана обеспечивает его автоматическую работу. Тарелка поднимется и пропустит рабочую среду только в том случае, если давление в нижней полости клапана будет больше, чем в верхней. В противном случае клапан будет за-

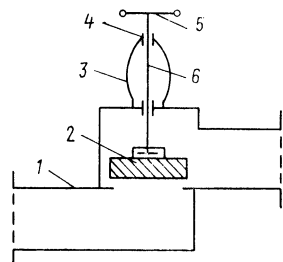


Рис. 12.10. Схема запорного клапана

1 — корпус; 2 — тарелка; 3 — дуги крышки; 4 — винтовой механизм; 5 — шток; 6 — маховик

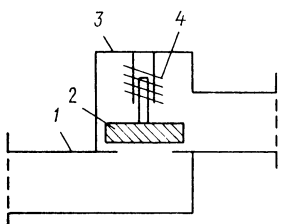


Рис. 12.12. Схема невозвратного клапана

1 — корпус; 2 — тарелка; 3 — крышка с направляющей втулкой; 4 — пружина

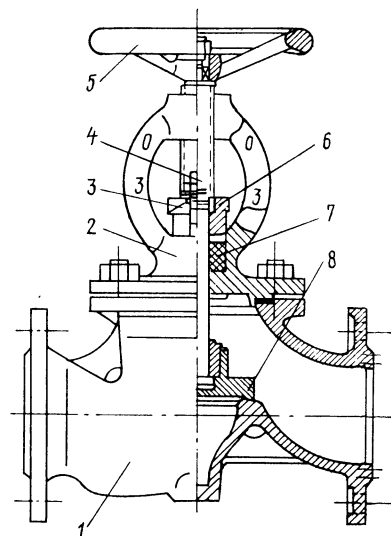


Рис. 12.11. Клапан проходной запорной фланцевой

1 — корпус; 2 — крышка; 3 — сальник; 4 — шток; 5 — маховик; 6 — втулка; 7 — набивка сальника; 8 — тарелка

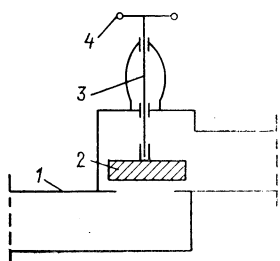


Рис. 12.13. Схема невозвратно-запорного клапана

1 — корпус; 2 — тарелка; 3 — шток; 4 — маховик

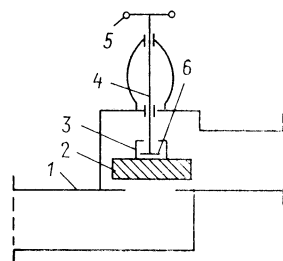


Рис. 12.14. Схема невозвратно-управляемого клапана

1 — корпус; 2 — тарелка; 3 — втулка; 4 — шток; 5 — маховик; 6 — шайба

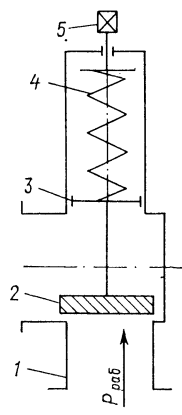


Рис. 12.15. Схема предохранительного клапана

1 — корпус; 2 — тарелка; 3 — направляющая втулка; 4 — пружина; 5 — механизм регулировки пружины

крыт. *Невозвратно-запорные* клапаны имеют тарелку и шток. Однако в отличие от запорных клапанов они не связаны друг с другом (рис. 12.13). Шток может прижать тарелку к седлу, тогда проход в клапане будет перекрыт. При поднятом штоке клапан работает как невозвратный. Клапаны *невозвратно-управляемые* сочетают в себе функции запорного и невозвратного клапанов (рис. 12.14). В их конструкции предусматривается соединение штока с тарелкой с определенным зазором. При таком устройстве шток может прижать тарелку к седлу и запереть клапан или поднять тарелку, пропуская жидкость в любом направлении. При промежуточном положении штока клапан работает как невозвратный. *Предохранительные* клапаны предназначены для предотвращения разрушения трубопроводов при чрезмерном повышении в них давления рабочей среды. Принцип действия этого клапана показан на рис. 12.15. Тарелка прижимается к седлу пружиной, сжатие которой регулирует специальное устройство. Если по какой-либо причине давление в трубопроводе превысит на 10—20 % рабочее, тарелка будет отжата от седла, и клапан откроется. После выхода части рабочей среды из трубопровода и понижения в нем давления до величины, составляющей 80—90 % от рабочего, тарелка под действием пружины опустится на седло, и клапан будет закрыт. *Дроссельные* клапаны служат для понижения статического давления рабочей среды в трубопроводе (рис. 12.16). Они работают по принципу введения в поток рабочей среды тарелки обтекаемой формы, создающей значительное гидравлическое сопротивление, что позволяет плавно изменять давление в трубопроводах. *Редукционные* клапаны предназначены для понижения давления в трубопроводе

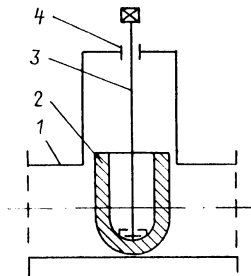


Рис. 12.16. Схема дроссельного клапана

1 — корпус; 2 — дроссельный затвор; 3 — шток; 4 — направляющая втулка; 5 — пружина; 6 — механизм регулировки пружины

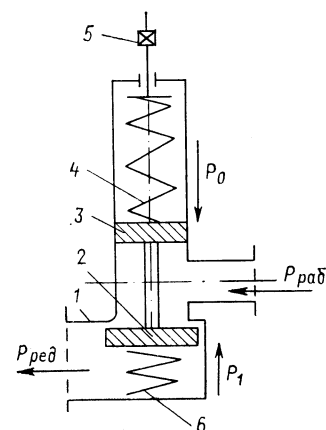


Рис. 12.17. Схема редукционного клапана

1 — корпус; 2 — тарелка; 3 — поршень со штоком; 4 — пружина; 5 — поджимное устройство; 6 — пружина

и автоматического поддержания пониженного давления на заданном уровне. Эти клапаны могут быть поршневыми и мембранными. Принцип действия поршневого клапана показан на рис. 12.17. Понижение давления рабочей среды в клапане происходит при прохождении ее через кольцевую щель, образуемую тарелкой и седлом. Размер этой щели можно регулировать. Автоматическое поддержание пониженного давления на заданном уровне обеспечивает подвижная система, состоящая из тарелки, поршня со штоком, рабочей и вспомогательной пружин. На подвижную систему с одной стороны действует давление основной пружины  $P_0$ , с другой — редуцированное давление рабочей среды  $P_{ред}$  и давление вспомогательной пружины  $P_1$ . Если сила  $P_0$  уравновешивается силами  $P_{ред}$  и  $P_1$ , то подвижная система находится в равновесии, и редуцированное давление на выходе равно заданному. Если редуцированное давление начнет колебаться (например, в результате изменения расхода), то подвижная система придет в движение, величина зазора между тарелкой и седлом будет изменяться, причем таким образом, что при этом будет восстанавливаться заданное значение редуцированного давления. Настройка клапана на заданное давление осуществляется регулировочным винтом, воздействующим на рабочую пружину. Колебание давления на входе в клапан не сказывается на положении подвижной системы.

Задвижками называется вид арматуры, в котором проход трубопровода перекрывается плоским или клиновидным затвором,двигающимся нормально к оси трубопровода.

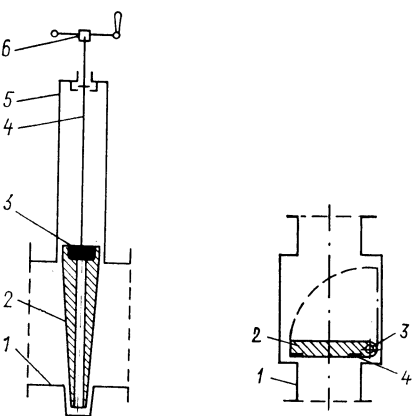


Рис. 12.18. Схема клинкетной задвижки  
1 — корпус; 2 — клин; 3 — гайка; 4 — шток; 5 — ниша корпуса; 6 — маховик с рукояткой

Рис. 12.19. Схема захлопки  
1 — корпус; 2 — захлопка; 3 — ось; 4 — мягкое уплотнение

Задвижки используют в трубопроводах с  $D_y = 50 \div 900$  мм и  $P_y \leq 1,6$  МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>). Задвижки с затвором в виде клина или двух шарнирно соединенных между собой дисков с выдвижным или невыводным штоком часто называют *клинкетами*. Их принципиальная схема приведена на рис. 12.18. Задвижка выполняет функции запорного клапана. При этом она имеет значительно меньшее гидравлическое сопротивление, меньшие массу и габариты, для ее открытия требуется меньшее усилие. Вместе с тем она уступает клапанам в плотности запирания трубопроводов. Задвижки с *плоским затвором* используются в системах с газообразными рабочими средами и небольшими давлениями. Задвижки с *клино-*

видным затвором — в трубопроводах с капельными рабочими средами.

Захлопки (рис. 12.19) — вид арматуры, в которой проход трубопровода перекрывается пластиной, имеющей ось вращения в плоскости седла или в плоскости, параллельной седлу. Используют их как в системах с газообразной рабочей средой (системы вентиляции, кондиционирования воздуха и т. д.), так и в системах с капельной рабочей средой с  $P_y \leq 1,0$  МПа (10 кгс/см<sup>2</sup>). В зависимости от конструкции захопки могут быть *неуправляемыми* и *управляемыми*. Первые выполняют функции невозвратных клапанов, вторые — запорных. Характерной особенностью этого вида арматуры является мягкое уплотнение.

В последние годы широкое распространение получили поворотные затворы, используемые в качестве запорной арматуры в трубопроводах больших диаметров с  $D_y = 300 \div 1000$  мм и  $P_y \leq 1,0$  МПа (10 кгс/см<sup>2</sup>). Запорным органом в поворотных затворах (рис. 12.20) является круглый диск, который вращается вокруг оси, проходящей через ось трубопровода. В закрытом положении диск (заслонка) перекрывает его проходное сечение. В открытом положении диск повернут на 90° и рабочая среда обтекает его. На теле диска или корпуса может устанавливаться мягкое уплотнение из резины. Поворотные затворы отличаются простым устройством, компактностью, малой массой, удобством управления, малым гидравлическим сопротивлением.

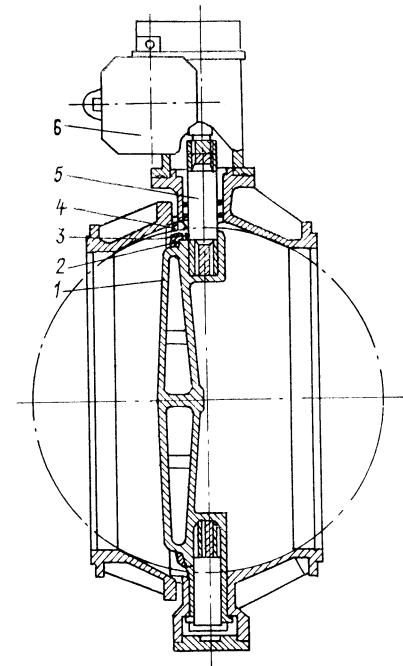


Рис. 12.20. Поворотный затвор с гидроприводом  
1 — диск; 2 — прижимная обойма; 3 — уплотнительный элемент; 4 — обойма; 5 — вал; 6 — гидропривод

### 12.2.5. Приводы управления арматурой

Управление арматурой осуществляется местными и дистанционными приводами с ручным или механическим управлением.

К местным ручным приводам относятся устройства, позволяющие управлять арматурой вручную в месте ее установки: *маховики, рукоятки, рычаги* и т. д. Как правило, они входят в конструкцию арматуры в виде отдельных узлов.

Дистанционные приводы подразделяются на ручные и механические. К ручным относятся валиковый и тросовый приводы.

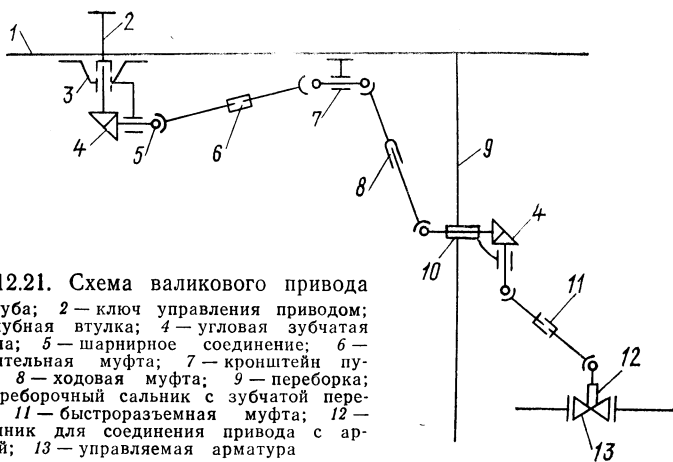


Рис. 12.21. Схема валикового привода  
1 — палуба; 2 — ключ управления приводом; 3 — палубная втулка; 4 — угловая зубчатая передача; 5 — шарнирное соединение; 6 — соединительная муфта; 7 — кронштейн пулевой; 8 — ходовая муфта; 9 — переборка; 10 — переборочный сальник с зубчатой передачей; 11 — быстроразъемная муфта; 12 — наконечник для соединения привода с арматурой; 13 — управляемая арматура

К механическим — гидравлический, пневматический и электрический приводы.

Принцип действия валикового привода (рис. 12.21) заключается в передаче крутящего момента к рабочим органам арматуры, установленной в труднодоступных местах, с помощью системы валиков. Палубные втулки, отливаемые из цветных металлов, служат для конструктивного оформления выхода валика на палубу. Они обеспечивают непроницаемость палубы, предохраняют конец валика от повреждения, не допускают самопроизвольного проворачивания валиков и указывают положение запорного органа арматуры. Валики изготавливаются из прутков или бесшовных стальных труб. Диаметр их зависит от величины момента, передаваемого валиком. Отдельные трубы соединяются между собой с помощью соединительных и ходовых муфт. Изменение направления линии валиков осуществляется с помощью шарнирных муфт или зубчатых конических передач. Валики крепятся к элементам набора кронштейнами. Непроницаемость прохода валиков через водонепроницаемые переборки и палубы обеспечивается использованием переборочно-палубных сальников. Для присоединения валика к штоку арматуры применяют специальные наконечники. Валиковый привод прост и надежен. Вместе с тем он имеет большую массу и габариты, малую скорость управления и ограниченную дальность управления. Принцип действия гидравлического привода (рис. 12.22) заключается в том, что энергия давления рабочей жидкости, полученная в насосе, преобразуется в исполнительных механизмах в механическую работу по открытию или закрытию арматуры. В состав привода входят насосы, аккумуляторы давления, энергоноситель — рабочая среда, распределительные устройства, исполнительные механизмы, трубопроводы, емкости. В качестве рабочей среды в гидроприводах используются капельные жидкости большой вязкости, постоянной в широком диапазоне

температур. Они не являются коррозионно-активными, обладают хорошими смазывающими свойствами. Наибольшее распространение в качестве рабочих сред гидропривода получили минеральные масла высокой очистки, такие, как веретенное масло, жидкости ПГВ и ФНГЖ-1 и др. Для перекачки рабочей среды используют

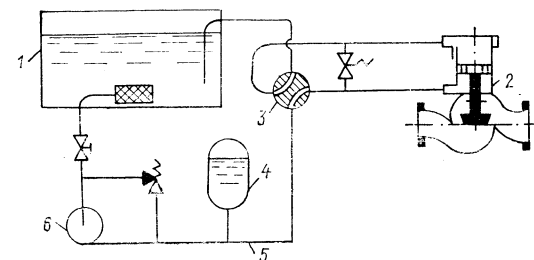


Рис. 12.22. Схема гидравлического привода  
1 — резервуар с рабочей средой; 2 — арматура с исполнительным механизмом; 3 — распределитель (манипулятор); 4 — аккумулятор давления; 5 — трубопровод; 6 — насос высокого давления

винтовые и шестеренные насосы, которые могут создавать большие напоры при перекачке высоковязких жидкостей. Для поддержания заданного давления 10—15 МПа (100—150 кгс/см<sup>2</sup>) при неработающих насосах и обеспечения плавности срабатывания привода в его состав включают аккумуляторы давления. В качестве распределительных устройств в гидроприводах нашли применение клапанные, крановые и золотниковые манипуляторы, управляемые вручную и с помощью электромагнитов. Одним из основных элементов привода являются исполнительные механизмы. Наибольшее распространение получили *однополостной подпружиненный сервопривод*, *двухполостной сервопривод* (см. рис. 12.22), *реечные* и *рычажные гидромашинки*. Реже используют обратимые роторные насосы. К достоинствам гидропривода можно отнести надежность в эксплуатации, плавность работы, возможность управления большим количеством механизмов одновременно, простоту управления, возможность свободно располагать в пространстве валы и оси приводимых агрегатов. Недостатками привода являются его большая масса, сложность монтажа и контроля работы исполнительных механизмов.

Пневматический привод по принципу действия подобен гидравлическому. В качестве рабочей среды здесь используется сжатый воздух с давлением до 4,5 МПа (45 кгс/см<sup>2</sup>), получаемый от системы воздуха среднего давления. Системы пневмопривода выполняются открытыми (после использования воздух стравливается в атмосферу), поэтому пневмопривод легче гидропривода и проще по устройству. Однако из-за стравливания использованного воздуха работа привода сопровождается шумом. Расширение сжатого воздуха, входящего в силовые цилиндры привода, приводит к неравномерности срабатывания.

Электрический привод служит для преобразования электрической энергии в механическую работу. В состав электропривода входит источник энергии, пульт управления, электропривода, исполнительные механизмы. Электроэнергию привод получает от общесудовой электросети, аккумуляторных батарей или

других источников. Исполнительные механизмы могут быть двух видов: *электродвигатели* и *электромагниты*. Электродвигатели применяют для клапанов и задвижек больших проходов. Привод в этом случае получается очень громоздким и поэтому применяется редко. Электромагнитный привод имеет малые габариты, отличается быстродействием, легкостью управления, что способствует его широкому распространению в общесудовых системах.

#### 12.2.6. Гидравлические механизмы общесудовых систем

Для перемещения по трубопроводам рабочей среды необходимо, чтобы она обладала определенным запасом механической энергии. Повышение удельной механической энергии протекающей жидкости осуществляется в гидравлических механизмах. В общесудовых системах находят применение гидравлические механизмы следующих типов: насосы, вентиляторы, воздуходувки или нагнетатели и компрессоры. Каждый гидравлический механизм характеризуется следующими основными параметрами, которые определяют его эксплуатационные качества:

*производительность* гидравлического механизма — количество жидкости, перемещаемое им в единицу времени. Измеряется в объемных ( $\text{м}^3/\text{ч}$ , л/мин и т. д.) или массовых ( $\text{кг}/\text{с}$ , т/ч и т. д.), единицах;

*напор*  $H$  — разность механической энергии, заключенной в 1 кг перекачиваемой жидкости, на выходе из гидравлического механизма и на входе в него. Напор является мерой механической энергии жидкости и измеряется в Дж/кг, а также во внесистемных единицах — метрах столба перекачиваемой жидкости. Если отнестись энергию жидкости к единице объема, то мы получим давление жидкости  $P$ , которое является мерой внутренних сил, действующих в жидкости, и измеряется в  $\text{Н}/\text{м}^2$  или паскалях (Па). Напор и давление жидкости связаны зависимостью  $P = \rho H$ , где  $\rho$  — плотность жидкости,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

*полезная или гидравлическая мощность* (Вт) гидравлического механизма, определяемая выражением  $N_{\text{п}} = GH = \rho QH$ , где  $G$  — массовая производительность,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $Q$  — объемная производительность,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

*Коэффициент полезного действия*, который определяют как отношение полезной мощности к мощности приводного двигателя  $\eta = N_{\text{п}}/N$ , где  $N$  — мощность приводного двигателя, Вт.

*Вентиляторы* — гидравлические механизмы, которые служат для перекачки газообразных рабочих сред. Они имеют производительность до  $40\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$  и могут создавать напоры до  $850 \text{ мм вод. ст.}$  ( $0,0085 \text{ МПа}$ ).

*Возхоудувки*, или нагнетатели, предназначены для получения сжатого газа с давлением от  $0,015$  до  $0,3 \text{ МПа}$ . Компрессоры позволяют получить сжатый газ с давлением от  $0,3$  до  $40 \text{ МПа}$  и более.

Насосы служат для перекачки капельных жидкостей. По принципу действия насосы делят на объемные (насосы вытеснения), необъемные — лопастные (гидравлического действия) и струйные. В *объемных* насосах процесс энергообмена и перемещения рабочей среды обеспечивается изменением объема рабочих камер с помощью вытеснителей, имеющих возвратно-поступательное или вращательное движение. Если вытеснителем является поршень, совершающий возвратно-поступательное движение, насосы называются поршневыми. Если вытеснители совершают вращательные движения, насосы называются роторными. В зависимости от конструкции вытеснителя они могут быть шестеренными (зубчатыми), винтовыми, пластинчатыми и др. *Лопастные* насосы делят на центробежные, осевые, вихревые и комбинированные. Их принцип действия основан на взаимодействии лопастей колеса с потоком жидкости. В *струйных* насосах приращение удельной энергии перекачиваемой жидкости осуществляется в процессе энергообмена с другой рабочей жидкостью. К струйным насосам относятся эжекторы, которые в зависимости от агрегатного состояния рабочей и перемещаемой жидкостей, могут быть жидкостно-жидкостными, газо-газовыми, газо-жидкостными и др.

### Глава тринадцатая

## ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМАТИКИ ОБЩЕСУДОВЫХ СИСТЕМ

### § 13.1. Задачи и основы автоматизации общесудовых систем

Под автоматизацией общесудовых систем понимают передачу различных функций управления системами техническим устройствам и приборам. Задачей управления системами является обеспечение выполнения ими своих функций.

Автоматизация общесудовых систем позволяет усовершенствовать их эксплуатацию, ликвидировать случайные ошибки экипажа при ручном управлении, создавая возможность быстро обнаруживать неисправность оборудования, оповещать оператора о возможности аварии. Кроме того, автоматизация облегчает работу экипажа, позволяет уменьшить его численность, ускорить производство ремонтных работ, повысить эффективность эксплуатации судна.

В общем случае в состав средств автоматизации входят: *система автоматического регулирования*, поддерживающая заданные параметры работы механизмов и устройств; *система автоматического управления*; *система защиты*, отключающая механизмы в условиях, когда их дальнейшая работа может привести к ава-

рии; *система блокировки*, автоматически предохраняющая от аварии в случае ошибочных действий экипажа; *система аварийно-предупредительной сигнализации*, подающая сигналы об опасных значениях контролируемых параметров.

Управление общесудовыми системами и их элементами может быть ручное, местное, дистанционное и автоматическое. *Ручное* управление осуществляется с помощью ручных местных приводов, местное управление — непосредственным воздействием на рукоятки манипуляторов, управляющих запорной арматурой, и пускателей электродвигателей. *Дистанционное* управление реализуется оператором, воздействующим с пульта управления на манипуляторы арматуры, пускатели насосов, нагнетателей газа и других устройств. Автоматическое управление — включение и выключение систем или их элементов, изменение режимов их работы по заданной программе без участия оператора. При дистанционном и автоматическом управлении с помощью специальных сигнализаторов осуществляется контроль положения запорных органов арматуры, работы насосов, уровня жидкости в цистернах, температуры и давления рабочей среды и т. д. Информационные сигналы отображаются специальными устройствами (световым табло, мнемосхемами, сигнальными лампами и т. д.).

Дальнейшее развитие систем управления происходит в направлении увеличения числа дистанционно-автоматизированных объектов управления и точек контроля; применения ЭВМ для автоматизации общесудовых систем; совершенствования средств представления информации; совершенствования технических средств и алгоритмов управления и контроля.

### § 13.2. Приборы контроля

Процесс дистанционного и автоматизированного управления общесудовыми системами связан с получением информации об объектах управления, а также о параметрах рабочих сред. Получение информации осуществляется с помощью специальных приборов — датчиков и сигнализаторов. *Датчики* размещаются непосредственно у объекта управления и преобразуют измеряемую величину в выходной сигнал, удобный для дальнейшей обработки, дистанционной передачи и непосредственного восприятия наблюдателем. *Сигнализаторы* фиксируют только заданное дискретное значение измеряемой величины.

#### 13.2.1. Приборы контроля уровня жидкости

Для контроля уровня жидкости в общесудовых системах используют поплавковые, мембранные, емкостные, омические и другие типы датчиков.

Мембранные датчики уровня предназначены для измерения уровня жидкости в балластных и грузовых цистернах танкеров и других судов. Принцип действия этих датчиков основан на свойстве контролируемой жидкости оказывать давление на дно

цистерны. Гидростатическое давление столба жидкости  $P$  пропорционально его высоте  $h$ , т. е.  $P = \rho h$ , где  $\rho$  — плотность жидкости.

С учетом давления газа (воздуха) на поверхность жидкости при определении уровня необходимо измерить перепад давления  $P = P_1 - P_2$ , где  $P_1$  — суммарное давление столба жидкости и газа над ней;  $P_2$  — давление газа над поверхностью жидкости.

Основным элементом рассматриваемых датчиков являются мембраны, перемещение которых, пропорциональное гидростатическому давлению, преобразуется в электрический сигнал. Пневмоэлектрический мембранный датчик уровня (рис. 13.1) имеет две мембранные коробки 3, соединенные между собой капиллярной трубкой 2. Под действием давления столба жидкости нижняя мембранная коробка сжимается, воздух из нее выдавливается по трубке 2 в верхнюю мембранную коробку. Давление в этой коробке будет повышаться, она будет деформироваться. К верхней коробке крепится якорь 1 дифференциально-трансформаторного преобразователя. Деформация мембранной коробки вызывает перемещение якоря и соответствующее изменение выходного напряжения преобразователя, пропорциональное уровню жидкости в цистерне. Верхнюю коробку с преобразователем размещают вдали от нижней коробки, что дает возможность измерять уровень жидкости во взрывоопасных помещениях, например в грузовых цистернах танкеров.

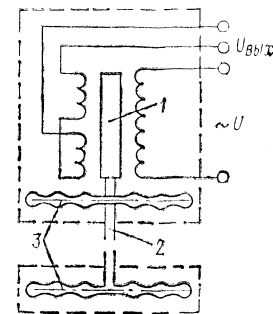


Рис. 13.1. Пневмоэлектрический датчик уровня

#### 13.2.2. Приборы контроля давления

Давление является одним из параметров, характеризующих работу общесудовых систем. Датчики давления обычно состоят из двух измерительных преобразователей. Первый служит для трансформации давления в механический параметр (перемещение, силу и т. д.) с помощью упругих чувствительных элементов: мембран, мембранных коробок, сильфонов и т. д. Второй — для преобразования механического параметра в электрический (изменение емкости, сопротивления, индуктивности и т. д.). В качестве этого преобразователя используются потенциометрические, индуктивные, емкостные, тензорезисторные и другие преобразователи.

Схема датчика давления с потенциометрическим преобразователем показана на рис. 13.2. Чувствительным элементом в нем является мембранная коробка 1, которая деформируется под действием измеряемого давления  $P$ . Эта деформация приводит к перемещению штока 2 и связанного с ним движка потенциометрического преобразователя 3. При этом происходит изменение выходного сигнала.

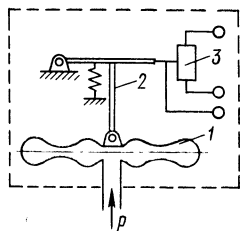


Рис. 13.2. Датчик давления с потенциометрическим преобразователем

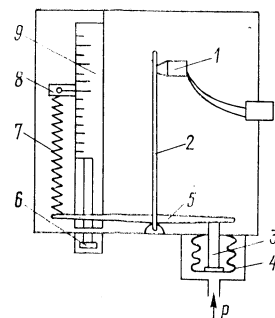


Рис. 13.3. Реле давления типа РДК

На рис. 13.3 приведена схема реле давления типа РДК, которое применяется как сигнализатор давления. Принцип действия реле основан на уравновешивании силы давления  $P$ , действующей на сильфон 4, силами упругости пружины 7 и сильфона. При повышении давления дно сильфона со штоком 3 и правым концом рычага 5 движется вверх, а левый конец этого рычага — вниз, растягивая пружину 7. Рычаг 2 идет влево, размыкая кнопкой микровыключателя 1 электрическую цепь. Винт 6 с движущейся по нему кареткой 8 служит для настройки реле на требуемое давление. Величина устанавливаемого предельного давления отображается на шкале 9, отградуированной в единицах давления.

### 13.2.3. Приборы контроля температуры

Для измерения температуры рабочей среды применяют датчики с механическими, электрическими и тепловыми чувствительными элементами.

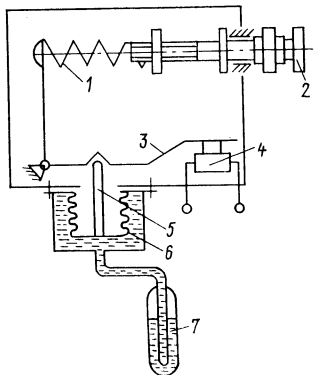


Рис. 13.4. Термореле типа ТРК

На рис. 13.4 приведена схема термореле типа ТРК, используемого в системах кондиционирования воздуха. Реле предназначено для размыкания электрической цепи при достижении заданной температуры воздуха. Его действие основано на изменении давления легкокипящей жидкости в термобаллоне 7 при изменении температуры окружающего воздуха. При повышении температуры воздуха эта жидкость закипает и давление в термобаллоне увеличивается, через капиллярную трубку воздействуя на сильфон 6. Сильфон в этом случае сжимается, шток 5 движется вверх, рычаг 3 поворачивается, размыкая контакты.

ты переключателя 4. Заданная температура срабатывания реле устанавливается с помощью пружины 1, натяжение которой регулируется винтом 2.

### 13.2.4. Приборы пожарной сигнализации

В системах пожарной сигнализации используют автоматические пожарные извещатели. На рис. 13.5 приведена схема дымового пожарного извещателя с источником гамма-излучения. Извещатель состоит из открытой 1 и закрытой 2 камер, в которых находятся источники излучения, например кобальт-60. Камера 1 сообщается с воздухом помещения, камера 2 не сообщается. До тех пор, пока в помещении будет чистый воздух, в электрической цепи прибора будет равновесие. Как только в открытую камеру попадет воздух с примесью дыма, равновесие в электрической цепи нарушится, а во внешней цепи появится ток, вызывающий действие тиратрона 3. Это вызовет срабатывание звуковых и световых сигналов на приемной станции. Необходимая для работы прибора интенсивность излучения безопасна для обслуживающего персонала.

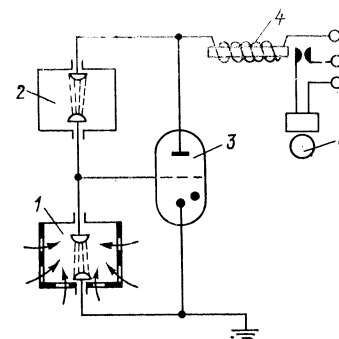


Рис. 13.5. Дымовой пожарный извещатель

1 — камера открытая; 2 — камера герметически закрытая; 3 — тиратрон; 4 — усилительное устройство; 5 — звонок

## Глава четырнадцатая

### ОСНОВЫ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДОВ

#### § 14.1. Физические свойства жидкостей, транспортируемых по общесудовым системам

Для выполнения гидравлических расчетов общесудовых систем необходимо знать физико-механические свойства транспортируемых по ним жидкостей, которые могут находиться в одном из трех агрегатных состояний: капельная жидкость, пар, газ. В некоторых случаях рабочая среда может одновременно находиться в двух фазах (влажный пар) или представлять собой смесь двух жидкостей, находящихся в одинаковых или разных фазах.

Основные физико-механические свойства жидкостей, необходимые для гидравлических расчетов, определяются: *плотностью*  $\rho$  — массой жидкости в единице объема; *удельным весом*  $\gamma$  — весом жидкости в единице объема; *динамическим*  $\mu$  и *кинематическим*  $\nu$  коэффициентами вязкости. (Вязкость — свойство реальных



жидкостей оказывать сопротивление относительному движению или сдвигу.)

Величины  $\rho$ ,  $\nu$ ,  $\mu$  и  $\gamma$  связаны между собой следующим образом:  $\gamma = \rho g$  и  $\mu = \rho \nu$ . В зависимости от принятой системы единиц размерности этих характеристик и их численные значения могут быть разными. В приложении приведены как размерности, так и переводные коэффициенты для двух систем единиц — международной (СИ) и технической (МКСГС). Численные значения  $\rho$ ,  $\gamma$ ,  $\mu$ ,  $\nu$  зависят не только от рода жидкости, но и от температуры, давления и наличия примесей. Сжимаемость капельных жидкостей мала, поэтому в гидравлических расчетах ею пренебрегают, принимая  $\rho = \text{const}$ ,  $\gamma = \text{const}$  независимо от температуры и давления. На плотность и удельный вес морской воды влияет ее соленость. Соленостью называют общее количество солей, находящихся в растворе морской воды, выраженное в промилле, т. е. в долях на 1000 частей морской воды по массе (‰).

#### § 14.2. Основные уравнения гидравлики

При гидравлических расчетах трубопроводов необходимо знать режим течения. Различают два режима течения жидкости: ламинарный и турбулентный. Ламинарное течение представляет собой упорядоченное слоистое течение, при котором не происходит перемешивания слоев жидкости. Турбулентное движение характеризуется прежде всего своей неупорядоченностью. В трубах наряду с основным движением жидкости вдоль оси трубы наблюдаются неупорядоченные поперечные перемещения жидких объемов. Судить о характере течения можно по величине безразмерного критерия — числа Рейнольдса  $Re = v \cdot d / \nu$ , где  $v$  — средняя скорость потока м/с;  $d$  — внутренний диаметр трубопровода, м;  $\nu$  — коэффициент кинематической вязкости, м<sup>2</sup>/с.

Установлено, что режим течения в круглой трубе до критического числа Рейнольдса  $Re_{кр} \approx 2300$  является ламинарным. При  $Re \geq Re_{кр}$  ламинарное течение переходит в турбулентное. Переход от одного режима течения к другому сопровождается изменением законов сопротивления движению жидкости и теплопередачи.

В гидравлических расчетах используются уравнения, выражающие общие законы классической механики, а именно, закон сохранения массы, выражаемый уравнением неразрывности, и закон сохранения энергии, выражаемый уравнением Бернулли.

Уравнение неразрывности. Это уравнение выражает постоянство массового расхода жидкости вдоль потока. Из него следует, что масса  $m_1$  жидкости, протекающей через сечение 1 площадью  $f_1$ , должна быть равна массе  $m_2$ , протекающей через сечение 2 площадью  $f_2$ , т. е.  $m_1 = m_2$ . Если средняя скорость потока равна  $v$ , объемный расход жидкости будет  $Q = f v$ , а соответствующий ему массовый расход  $G = \rho Q = \rho f v$ . Тогда условие  $G_2 = G_1$  можно записать в виде

$$\rho_1 f_1 v_1 = \rho_2 f_2 v_2.$$

Если жидкость несжимаемая ( $\rho = \text{const}$ ), уравнение неразрывности переходит в условие постоянства объемного расхода по длине потока  $f_1 v_1 = f_2 v_2$  или  $f v = \text{const}$ .

Уравнение Бернулли. Для плавноизменяющегося установившегося течения несжимаемой жидкости в поле действия сил тяжести для сечений 1 и 2 относительно произвольно выбранной горизонтальной плоскости сравнения это уравнение имеет вид

$$z_1 + p_1 / \rho g + \alpha v_1^2 / 2g = z_2 + p_2 / \rho g + \alpha v_2^2 / 2g + H_{1-2},$$

где  $z_1$  и  $z_2$  — высота расположения центров тяжести сечений 1 и 2 потока над произвольной горизонтальной плоскостью сравнения;  $p_1$  и  $p_2$  — давления в центрах тяжести сечений 1 и 2;  $v_1$  и  $v_2$  — средние скорости потока в сечениях 1 и 2;  $g$  — ускорение силы тяжести;  $\rho$  — плотность жидкости;  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  — коэффициенты кинетической энергии, представляющие отношение величины действительной кинетической энергии потока к величине кинетической энергии, вычисленной по средней скорости;  $H_{1-2}$  — потери напора между сечениями 1 и 2.

Трехчлен  $z + p / \rho g + \alpha v^2 / 2g$  выражает собой величину полной удельной энергии потока в данном поперечном сечении, т. е. полный гидродинамический напор. Величина  $z + p / \rho g$  является удельной потенциальной энергией потока в данном сечении (гидростатический напор). Входящая в него величина  $z$  есть геометрический напор или удельная потенциальная энергия положения; величина  $p / \rho g$  — пьезометрический напор или удельная потенциальная энергия давления.

Величина  $\alpha v^2 / 2g$  является удельной кинетической энергией потока в данном сечении или скоростным (динамическим) напором.

В практических гидравлических расчетах трубопроводов величина коэффициента  $\alpha$  принимается равной единице. Величина  $H_{1-2}$  представляет собой уменьшение удельной энергии потока на длине его между сечениями 1 и 2, затрачиваемой на преодоление сопротивления движению жидкости. Эта часть удельной энергии называется *потерей напора* на рассматриваемом участке трубопровода.

#### § 14.3. Потери напора в трубопроводах

Потери напора в трубопроводах принято подразделять на два вида: потери напора на трение  $H_t$ , м; потери напора в местных сопротивлениях  $H_m$ , м.

Оба вида потерь напора оказывают влияние друг на друга, но в практических расчетах этим обычно пренебрегают и вычисляют потери напора как арифметическую сумму отдельных видов потерь, т. е.  $H_{1-2} = H_t + H_m$ .

Потери напора на трение представляют собой затраты удельной механической энергии жидкости на преодоление сопротивле-

ния, обусловленного внутренним трением в жидкости и трением ее о стенки трубы.

Потери напора на трение ( $m$ ) распределяются по всей длине потока и определяются по формуле Дарси:

$$H_T = \lambda (l/d_r) (v^2/2g),$$

где  $\lambda$  — коэффициент сопротивления трения;  $l$  — длина прямого участка трубопровода, м;  $d_r$  — гидравлический диаметр трубопровода, м;  $v$  — средняя скорость потока, м/с;  $g$  — ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>.

Гидравлический радиус канала  $R_r$  равен отношению площади поперечного сечения  $f$  к его периметру  $\chi$ , т. е.  $R_r = f/\chi$ , а гидравлический диаметр  $d_r = 4R_r$ .

Для труб круглого поперечного сечения гидравлический и внутренний диаметры равны, т. е.  $d = d_r$ .

Из формулы Дарси видно, что одним из основных параметров, определяющих величину  $H_T$ , является коэффициент сопротивления трения  $\lambda$ . В общем случае величина этого коэффициента зависит от формы поперечного сечения трубы, состояния ее внутренней поверхности и числа Рейнольдса. Для описания внутренней поверхности трубы используют понятие абсолютной геометрической и относительной шероховатости трубы.

Абсолютной геометрической шероховатостью называют среднюю высоту выступов на внутренней поверхности трубы на каком-то определенном ее участке  $k = \sum_{i=1}^n h_i/n$ , где  $h_i$  — высота  $i$ -го выступа, мм;  $n$  — количество выступов на рассматриваемом участке.

Относительная шероховатость  $\varepsilon$  — отношение абсолютной геометрической шероховатости к радиусу трубы  $\varepsilon = k/r = 2k/d$ .

При гидравлических расчетах систем различают технически гладкие трубы, если величина  $k \leq 0,05$  мм (алюминиевые, медные, медно-никелевые и другие трубы), и технически шероховатые трубы с величиной  $k > 0,05$  мм (чугунные, стальные, стальные оцинкованные и другие трубы). В практике расчетов величина  $\lambda$  определяется по различным эмпирическим зависимостям и графикам. В табл. 3 приведены рекомендуемые формулы для определения коэффициента  $\lambda$  для случая течения жидкости в технически гладких и шероховатых трубах. Ориентировочные значения величины  $k$  для труб из различных материалов приводятся в справочниках и отраслевых стандартах.

Местные потери напора обусловлены значительной деформацией потока при движении жидкости через местные сопротивления (соединения, фасонные части, арматуру и т. д.). Эта деформация потока сосредотачивается на сравнительно коротких участках, незначительно превышающих длину соответствующих трубопроводных элементов.

Местные потери напора

$$H_m = \xi (v^2/2g),$$

Таблица 3. Рекомендуемые формулы для определения коэффициента трения

Области	Трубы технически гладкие $k \approx 0$	Трубы с технической шероховатостью $k \neq 0$
<i>Ламинарный режим</i>		
I	$0 < Re < 2300$ $\lambda = 64/Re$	$0 < Re < 2300$ $\lambda = 64/Re$
<i>Переходный режим</i>		
II	$2300 < Re < 3200$ $\lambda = 2,7Re^{-0,53}$	$2300 < Re < 3200$ $\lambda = 2,7Re^{-0,53}$
<i>Турбулентный режим</i>		
III	$3200 < Re < Re'$ $Re' \approx 10^5$ $\lambda = 0,316Re^{-0,25}$	$3200 < Re < Re'$ $Re' = 23/\varepsilon$ $\lambda = 0,316Re^{-0,25}$
IV		$Re' < Re < Re''$ $Re'' \approx 560/\varepsilon$
V	$Re' < Re$ $\lambda = 0,0032 + 0,221Re^{-0,237}$	$\lambda = 0,1 (1,46k/d - 100/Re)^{0,25}$
		$Re'' < Re$ $\lambda = \left(1,74 + 2 \lg \frac{r}{k}\right)^{-2}$ $\lambda = \left(1,14 + 2 \lg \frac{d}{k}\right)^{-2}$

где  $\xi$  — коэффициент местного сопротивления, зависящий при установившемся движении от формы проточной части трубопроводного элемента и числа Рейнольдса. Значения коэффициентов  $\xi$  для различных трубопроводных элементов определяются экспериментальным путем и приводятся в справочниках и отраслевых стандартах.

## § 14.4. Методы расчета трубопроводов

### 14.4.1. Общие положения

Общесудовая система, представляющая собой комплекс гидравлический механизм — трубопровод, будет устойчиво работать, если выполняются два условия, сводящиеся к материальному и энергетическому балансам:

$$G_c = G_n \text{ и } H_c = H_n. \quad (14.1)$$

Материальный баланс выражает равенство массовой производительности гидравлического механизма  $G_n$  и системы  $G_c$ . При  $\rho = \text{const}$  это сводится к равенству объемных расходов  $Q_c = Q_n$ . Условие энергетического баланса выражает равенство механической энергии, получаемой жидкостью в гидравлическом механизме  $H_n$ ,

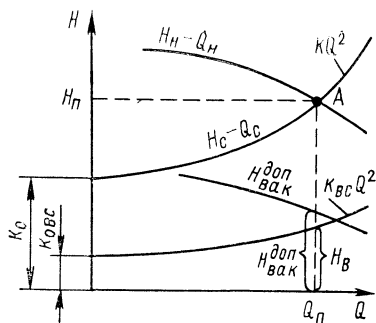


Рис. 14.1. График наложения гидравлических характеристик насоса и трубопровода

и энергии, необходимой для ее перемещения по системе,  $H_c$ .

Выявление условий, при которых выполняется условие (14.1), составляет основную задачу гидравлического расчета систем.

Рабочий режим системы определяется точкой пересечения напорной характеристики гидравлического механизма и гидравлической характеристики трубопровода. Гидравлическая характеристика трубопровода дает представление о полных затратах удельной механической энергии жидкости в системе и может быть выражена уравнением

$$H = k_0 + kQ^2, \quad (14.2)$$

где  $k_0$  — затраты удельной энергии на подъем жидкости по вертикали от точки входа в систему до точки выхода из нее, на изменение давления и скорости в системе;  $kQ^2$  — затраты удельной энергии жидкости на преодоление всех гидравлических сопротивлений в системе.

Выражение (14.2) в координатах  $H—Q$  представляет собой параболу второго порядка, выходящую не из начала координат (рис. 14.1). Если на гидравлическую характеристику трубопровода наложить построенную в том же масштабе напорную характеристику гидравлического механизма, то получим точку пересечения  $A$  (см. рис. 14.1), в которой  $Q_n = Q_c$  и  $H_n = H_c$ , т. е. выполняются условия устойчивой работы комплекса гидравлический механизм — трубопровод. Точка  $A$  называется рабочей точкой системы. Величину  $k_0$  в выражении (14.2) для конкретной системы находят из предварительных условий. Следовательно, для построения гидравлической характеристики трубопровода необходимо определить величину потерь напора  $kQ^2$ .

#### 14.4.2. Расчет простых трубопроводов

Все трубопроводы общесудовых систем с точки зрения гидравлического расчета можно подразделить на простые, сложные и сложные разветвленные.

Под простыми понимаются трубопроводы, все характеристики которых по длине не изменяются. Для расчета простых трубопроводов используют уравнения, связывающие между собой основные характеристики трубопроводов:

$$H = (\lambda \Sigma l/d + \Sigma \zeta) v^2/2g \text{ и } Q = (\pi d^2/4) v.$$

Гидравлический расчет простых трубопроводов сводится к определению этих характеристик. Существует несколько способов

упрощения зависимости для определения потерь напора. Одним из наиболее употребительных является метод эквивалентных длин (метод вычисления потерь напора на единицу длины трубопровода). Рассмотрим этот метод на примере простого трубопровода с внутренним диаметром труб  $d$ , длиной прямых участков  $l$  и суммой коэффициентов входящих в его состав местных сопротивлений  $\Sigma \zeta$ .

Потери напора в таком трубопроводе выражаются зависимостью  $H = (\lambda l/d + \Sigma \zeta) v^2/2g$ . Заменим потери напора в местных сопротивлениях эквивалентными по величине потерями напора в прямой трубе диаметром  $d$  и длиной  $l_{\text{экв}}$ , т. е. будем считать, что  $\Sigma \zeta (v^2/2g) = \lambda (l_{\text{экв}}/d) (v^2/2g)$ . Отсюда  $l_{\text{экв}} = \Sigma \zeta d/\lambda$  — эквивалентная длина прямой трубы.

Тогда полные потери в трубопроводе будут равны  $H = (l + l_{\text{экв}}) \lambda/d v^2/2g$ .

Принимая  $l + l_{\text{экв}} = l_{\text{прив.}}$ , где  $l_{\text{прив.}}$  — приведенная длина, получим  $H = \lambda (l_{\text{прив.}}/d) (v^2/2g)$ .

Учитывая, что отношение потерь напора  $H$  к длине трубопровода представляет собой гидравлический уклон  $i = H/l = (\lambda/d) (v^2/2g)$ , окончательную расчетную зависимость для потерь напора можно записать в виде  $H = \lambda (l_{\text{прив.}}/d) (v^2/2g) = i l_{\text{прив.}}$ .

Из четырех характеристик трубопровода  $H, Q, d, v$  при выполнении гидравлических расчетов две обычно бывают известны, а две оставшиеся надо определить. В зависимости от того, какие характеристики заданы, а какие надо определить, расчеты простых трубопроводов сводятся к двум типам задач.

**Прямая задача.**

Заданы: 1)  $d, v$ ; 2)  $Q, v$ ; 3)  $Q, d$ .

Требуется определить: 1)  $H, Q$ ; 2)  $H, d$ ; 3)  $H, v$ .

Здесь потери напора  $H$  входят в число искомых величин. Решение прямых задач трудностей не представляет. Например, методом эквивалентных длин эти задачи решаются в следующей последовательности.

Пусть заданы  $Q$  и  $v$ , требуется определить  $H$  и  $d$ :

$$Q, v \rightarrow d = \sqrt{4Q/\pi v} \rightarrow Re = vd/\nu \rightarrow \begin{matrix} \lambda \\ \swarrow \quad \searrow \\ \zeta \end{matrix} \rightarrow l_{\text{экв}} = \zeta d/l \rightarrow l_{\text{прив.}} =$$

$$= l + l_{\text{экв}} \rightarrow i = (\lambda/d) (v^2/2g) \rightarrow H = i l_{\text{прив.}}$$

Искомые характеристики получены.

**Обратная задача.**

Заданы: 1)  $H, Q$ ; 2)  $H, v$ ; 3)  $H, d$ .

Требуется определить: 1)  $v, d$ ; 2)  $Q, d$ ; 3)  $Q, v$ .

В обратной задаче потери напора  $H$  являются величиной заданной. Такие задачи можно решать только методом последова-

тельных приближений. Методом эквивалентных длин эти задачи решаются в следующей последовательности. Пусть заданы  $H$  и  $Q$ , надо определить  $d$  и  $v$ :

$$\begin{aligned}
 H, Q \left| \begin{array}{l} \text{Пусть } \lambda = \lambda_0 \\ i = H/l \end{array} \right. & \rightarrow d_1 = 0,607 \sqrt[5]{Q^2 \lambda_0 / i} \rightarrow v_1 = 4Q / \pi d_1^2 \rightarrow Re_1 \rightarrow \\
 & \rightarrow \lambda_1 \rightarrow l_{\text{экв}1} \rightarrow l_{\text{прив}1} \xrightarrow{\text{II}} \left| \begin{array}{l} \lambda = \lambda_1 \\ i = H / l_{\text{прив}1} \end{array} \right. \rightarrow d_2 \rightarrow v_2 \rightarrow Re_2 \rightarrow \lambda_2 \rightarrow l_{\text{экв}2} \rightarrow \\
 & \rightarrow l_{\text{прив}2} \xrightarrow{\text{III}} \left| \begin{array}{l} \lambda = \lambda_2 \\ i = H / l_{\text{прив}2} \end{array} \right. \rightarrow d_3 \rightarrow v_3.
 \end{aligned}$$

При  $d_i \approx d_{i-1}$  задача решена.

Практически достаточно сделать два-три приближения, чтобы расхождения между искомыми величинами в последующем и предыдущем приближениях не превышали 5 %.

Для решения обоих типов задач заранее должны быть известны: температура рабочей среды, ее кинематический коэффициент вязкости, плотность, расчетная шероховатость стенок труб, длина прямых участков, вид и количество местных сопротивлений, а также геометрические высоты начального и конечного сечений расчетных участков.

#### 14.4.3. Расчет сложного разветвленного трубопровода

Любой такой трубопровод является совокупностью простых трубопроводов. Порядок гидравлического расчета сложного разветвленного трубопровода следующий:

1. *Вычерчиваем расчетную схему системы.* На ней указываются все местные сопротивления, насосы, длины прямых участков и т. д. Пример расчетной схемы системы приведен на рис. 14.2.

2. *Определяем наиболее напряженный режим системы.* Выписываются все известные характеристики режима работы системы, рабочей среды, трубопроводов.

Для схемы, приведенной на рис. 14.2, известны: характеристики режима  $Q_1, Q_7, Q_8, Q_9, Q_{10}, v_{\text{доп}}^{\text{max}} = v_0$ , характеристики рабочей среды  $t^\circ \text{C}, \rho, \nu, \gamma$ ; характеристики трубопровода  $l_i, \xi_i, z_i, k$ .

Максимально допустимая скорость принимается в соответствии с отраслевым стандартом.

3. *Выбираем расчетную магистраль.* Под ней понимается линия труб, обладающая, по мнению расчетчика, наибольшим сопротив-

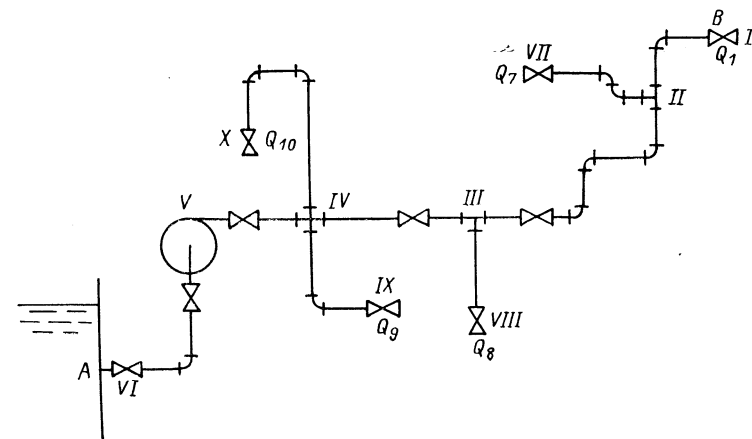


Рис. 14.2. Расчетная схема системы

лением. В нашем примере это  $A-B$  (I—II—III—IV—V—VI). Участки трубопроводов, не вошедшие в состав расчетной магистрали, являются отрезками.

4. *Разбиваем расчетную магистраль на расчетные участки* (простые трубопроводы).

В нашем примере для участков нагнетания даны следующие характеристики режима работы:

$$\begin{aligned}
 1-2 \quad Q_{1-2} &= Q_1; \quad v_{1-2} = v_0; \\
 2-3 \quad Q_{2-3} &= Q_1 + Q_7; \quad v_{2-3} = v_0; \\
 3-4 \quad Q_{3-4} &= Q_1 + Q_7 + Q_8; \quad v_{3-4} = v_0; \\
 4-5 \quad Q_{4-5} &= Q_1 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10}; \quad v_{4-5} = v_0.
 \end{aligned}$$

Для участка всасывания 5—6  $Q_{5-6} = Q_{4-5}; v_{5-6} = v_0$ .

5. Так как на расчетных участках известны характеристики  $Q$  и  $v$ , решается прямая задача для каждого участка, в результате чего получаем:  $H_{1-2}, d_{1-2}; H_{3-4}, d_{3-4}; H_{5-6}, d_{5-6}; H_{2-3}, d_{2-3}; H_{4-5}, d_{4-5}$ .

При решении задачи необходимо полученные расчетные диаметры труб заменить диаметрами, взятыми из ГОСТа. Тогда будет следующий порядок расчета по методу эквивалентных длин

$$Q, v \rightarrow d \rightarrow d_{\text{гост}} \rightarrow v_{\text{гост}} \rightarrow Re \rightarrow \lambda \rightarrow l_{\text{экв}} \rightarrow l_{\text{прив}} \rightarrow i \rightarrow H.$$

6. *Определяем узловые напоры.* Узловыми называют концевые точки и точки, в которых происходит разветвление трубопроводов. Под узловым напором понимается величина полной удельной механической энергии, которой должна обладать жидкость в данной точке, чтобы преодолеть все сопротивления на последующих по направлению движения жидкости участках расчетной магистрали.

Для нашего примера будем иметь

$$H_{y2} = H_{1-2} \pm z_{1-2} \pm h_{1-2}^a + h_{\text{раб}};$$

$$H_{y3} = H_{y2} + H_{2-3} \pm z_{2-3} \pm h_{2-3}^a;$$

$$H_{y4} = H_{y3} + H_{3-4} \pm z_{3-4} \pm h_{3-4}^a;$$

$$H_{y5} = H_{y4} + H_{4-5} \pm z_{4-5} \pm h_{4-5}^a,$$

где  $z_{ij}$  — возвышение по вертикали узловой точки  $i$  над узловой точкой  $j$ ;  $h_{i-j}^a = (v_i^2 - v_j^2)/2g$  — динамическая высота.

7. *Выписываем условия для работающих отростков*, используя условия равновесия гидравлического узла:

$$2-7: Q_{2-7} = Q_7; \quad H_{y2} = H_{2-7} \pm z_{2-7} \pm h_{2-7}^a + h_{\text{раб}};$$

$$H_{2-7} = H_{y2} \mp z_{2-7} \mp h_{2-7}^a - h_{\text{раб}};$$

$$3-8: Q_{3-8} = Q_8; \quad H_{3-8} = H_{y3} \mp z_{3-8} \mp h_{3-8}^a - h_{\text{раб}};$$

$$4-9: Q_{4-9} = Q_9; \quad H_{4-9} = H_{y4} \mp z_{4-9} \mp h_{4-9}^a - h_{\text{раб}};$$

$$4-10: Q_{4-10} = Q_{10}; \quad H_{4-10} = H_{y4} \mp z_{4-10} \mp h_{4-10}^a - h_{\text{раб}}.$$

8. Для каждого отростка *решаем обратную задачу*, в результате будем иметь

$$d_{2-7}, v_{2-7}; \quad d_{3-8}, v_{3-8}; \quad d_{4-9}, v_{4-9}; \quad d_{4-10}, v_{4-10}.$$

9. *Заменяем расчетные значения диаметров значениями, выбранными по ГОСТу*, что приводит к необходимости уравновесить узлы. При подборе диаметров по ГОСТу необходимо, чтобы выполнялось условие  $d_{ij}^{\text{ГОСТ}} \geq d_{ij}^{\text{расч}}$ , что создает определенный избыток напора в узле. Определив величину  $H_{ij}^{\text{ГОСТ}}$  в отростке, можно получить величину этого избытка  $H_{ij}^{\text{изб}} = H_{ij} - H_{ij}^{\text{ГОСТ}}$ .

Чтобы узел находился в равновесии, необходимо в отростке установить местное сопротивление, поглощающее избыток напора. Обычно для этой цели используют дроссельные диафрагмы. Коэффициент гидравлического сопротивления диафрагмы  $\zeta_{\text{дф}} = 2gH_{ij}^{\text{изб}}/v^2$ .

Зная величину  $\zeta_{\text{дф}}$  можно определить требуемый диаметр отверстия в диафрагме. Для этого пользуются справочниками, где приводятся в виде графиков или таблиц зависимости вида  $\zeta_{\text{дф}} = f(d_0/d)$ , где  $d_0$  — диаметр отверстия в диафрагме, мм;  $d$  — внутренний диаметр трубопровода, мм.

10. *Строим гидравлическую характеристику трубопровода в координатах  $H-Q$* . Для расчетного режима находим:

$$a) \text{ полные затраты удельной энергии } H_{\text{п}} = H_{y5} + H_{\text{в}} \text{ при } Q_{\text{п}} = \sum_{i=1}^4 Q_i, \text{ где затраты энергии во всасывающем трубопроводе}$$

$H_{\text{п}} = H_{5-6} \pm z_{5-6} \pm h_{5-6}^a$ . Таким образом, находим точку, лежащую на гидравлической характеристике трубопровода. Координаты этой точки  $H = H_{\text{п}}, Q = Q_{\text{п}}$ ;

б) затраты удельной энергии  $k_0$ , не зависящие от расхода в трубопроводе,  $k_0 = \pm z_{1-6} + h_{\text{раб}}$  при  $Q = 0$ . Получаем вторую точку гидравлической характеристики с координатами  $H = k_0, Q = 0$ . Для построения характеристики трубопровода необходимо знать еще одну точку. Для этого можно задаться промежуточным значением расхода, например  $Q_1 = 0,4Q_{\text{п}}$ , и рассчитать соответствующие потери напора. По трем точкам строим гидравлическую характеристику трубопровода (см. рис. 14.1).

11. *Подбираем насос*. На графике в координатах  $H-Q$  совмещаем гидравлическую характеристику трубопровода и напорную характеристику насоса, взятую из каталогов или отраслевых стандартов. Пересечение этих характеристик даст рабочую точку системы  $A$ .

12. Для общесудовых систем, у которых всасывающий трубопровод имеет значительную длину, необходимо проверить условие  $H_{\text{вак}}^{\text{доп}} \geq H_{\text{в}}$ , где  $H_{\text{вак}}^{\text{доп}}$  — допустимая вакуумметрическая высота всасывания насоса, м. Осуществить проверку можно, совмещая на том же графике в координатах  $H-Q$  гидравлическую характеристику всасывающей части трубопровода и допустимую вакуумметрическую высоту всасывания (см. рис. 14.1). Если в режиме, соответствующем рабочей точке  $A$ , условие выполняется, то система будет работать устойчиво с параметрами, соответствующими рабочей точке.

## Глава пятнадцатая

### ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБЩЕСУДОВЫХ СИСТЕМ

#### § 15.1. Основные принципы проектирования общесудовых систем

Проектирование общесудовых систем является составной частью проектирования судна и делится на три этапа: эскизного, технического и рабочего проектирования.

На этапе *эскизного проектирования* в соответствии с техническим заданием устанавливается перечень и основные характеристики систем: род рабочей среды, трассировка трубопроводов, места установки механизмов, аппаратов, основной арматуры, способы управления механизмами и арматурой. На этом этапе выполняют основные расчеты производительности и напоров гидравлических механизмов, диаметров трубопроводов, вычисляют тепловлажностные балансы помещений, потребности систем в энергии, составляют массовую нагрузку по разделу систем. На основе согласованного и утвержденного эскизного проекта выполняется технический проект.

На этапе *технического проектирования*, который является основным, уточняют принципиальные схемы систем, трассировку трубопроводов, места установки механизмов и арматуры. Производят окончательные гидравлические, тепловые и конструктивные расчеты, разрабатывают принципиальную технологию изготовления, монтажа и сдачи систем. Составляют *спецификацию* — основной договорный документ на постройку системы, уточняющий особенности отдельных систем. На этом этапе составляют ведомости заказа всех материалов, арматуры, механизмов и приборов, планируют объем и необходимую последовательность работ, а также контрагентские поставки.

На этапе *рабочего проектирования*, которое ведется на основе согласованного и утвержденного технического проекта, разрабатывают рабочие и монтажные чертежи, составляют инструкции по эксплуатации, обслуживанию и консервации оборудования.

В процессе проектирования находят оптимальные решения для создания экономически целесообразных и надежных в работе систем, их отдельных узлов и деталей. Эти решения основываются на общих принципах проектирования систем при учете конкретных особенностей данного судна. Важными задачами, которые приходится при этом решать, являются определение трасс магистральных трубопроводов и размещение гидравлических механизмов и основной арматуры.

Магистральные трубопроводы могут быть линейными, кольцевыми и комбинированными. *Линейный* трубопровод прокладывается вдоль судна и разбивается на участки разобщительными клапанами. Он на 15—30 % легче кольцевого, имеет меньшую массу и габариты. Такой магистральный трубопровод находит широкое применение в большинстве общесудовых систем — осушительной, балластной, грузовой и др. Недостатком его является пониженная живучесть. *Кольцевая* магистраль представляет собой два трубопровода, проложенные по обоим бортам судна и соединенные между собой перемычками. На магистрали и перемычках устанавливаются разобщительные клапаны. Такой трубопровод, обладающий повышенной живучестью и маневренностью, целесообразен для систем, используемых в борьбе за живучесть, например противопожарных. Недостатками такого магистрального трубопровода является большая масса и габариты, большое количество арматуры и сложность управления ею. *Комбинированная* магистраль состоит из нескольких кольцевых и линейных магистралей, соединенных между собой. Этот вид магистралей используется на крупных морских судах и сочетает в себе достоинства линейной и кольцевой магистралей. От магистральных трубопроводов отводятся линейные распределительные участки. Трубопроводы прокладывают под защитой корпусных конструкций, на открытых палубах, их смещают к бортам или к продольным комингсам грузовых люков. Внутри корпуса их размещают вдоль продольных или поперечных переборок, в коридорах, проходах, чтобы не загромождать жилые и служебные помещения.

Гидравлические механизмы размещают в специальных помещениях вдали от постов и жилых помещений. В зависимости от количества и размещения гидравлических механизмов различают централизованный, автономный, групповой и комбинированный принципы построения систем. *Централизованный* принцип предполагает, что все потребители системы обслуживаются одним гидравлическим механизмом. *Автономный* принцип предусматривает, что в каждом отсеке, обслуживаемом системой, имеется самостоятельный гидравлический механизм и отдельный трубопровод. Он обеспечивает максимальную живучесть системы. Однако такая система включает большое количество механизмов, арматуры, имеет низкий коэффициент их использования, кроме того, отсутствует резерв мощности механизмов. Если гидравлический механизм используется для обслуживания потребителей ряда отсеков, то такой принцип построения системы называется *групповым*. Групповой принцип по своим достоинствам и недостаткам занимает промежуточное место между двумя первыми. Стремление использовать живучесть системы при автономном принципе и создать резерв мощности механизмов привело к появлению *комбинированного* принципа.

## § 15.2. Изготовление и монтаж трубопроводов общесудовых систем

Трубопроводы общесудовых систем собирают из отдельных узлов, состоящих из деталей труб, отрезков, соединительных элементов. В процессе изготовления и монтажа судовых трубопроводов различают: *трубы*, подаваемые на склад судостроительного завода. Эти трубы подвергаются резке и гибке; *трубы-детали* — согнутые или прямые трубы, подготовленные для сборки с отрезками, кольцами, фланцами и т. д.; *узлы труб*, получаемые после сборки и сварки всех этих деталей; *комплекс труб* — комплекс, состоящий из нескольких узлов и подаваемый для монтажа в собранном виде.

Принципиальный технологический процесс изготовления трубопроводов можно разделить на три основных этапа: 1) определение размеров труб-деталей, подлежащих изготовлению; 2) изготовление труб-деталей, узлов трубопроводов и комплексов труб в цехе; 3) монтаж трубопроводов на судне.

Технологический процесс изготовления деталей и узлов трубопроводов складывается из ряда операций, основными из которых являются: приемка труб, разметка и резка, гибка, механическая обработка, термообработка (в случае необходимости), сборка деталей, сборка узлов, механическая обработка после сварки, контроль швов и испытания на плотность, изоляция элементов, нанесение антикоррозионных покрытий, сборка узлов с арматурой, взвешивание, сдача готовых узлов на склад.

Резка труб производится до их гибки, после гибки отрезают оставленные припуски. Для резки труб из стали, меди и

сплавов на медной основе используют дисковые пилы, трубрезные станки, ленточные станки, абразивные круги. Для резки стальных труб диаметром более 200 мм используют тепловую резку (кислородную или плазменную).

Гибка труб-деталей производится в основном на трубогибочных станках с ручным или программным управлением в холодном состоянии. В горячем состоянии с нагревом токами высокой частоты гнут стальные трубы с малым радиусом погиби (менее 1,5 диаметров). В очень редких случаях для нестандартных погибов используется горячая гибка на плитах.

Механическая обработка труб выполняется с помощью специального оборудования. *Вырезка отверстий* производится на сверлильных, фрезерных станках и специальных станках для вырезки отверстий. В стальных трубах больших диаметров отверстия вырезаются с помощью тепловой резки. *Обжатие, раздача и отбортовка концов труб* осуществляется на гидравлических прессах. *Нарезка резьбы* на концах труб осуществляется на специальных трубонарезных станках. Для проточки фланцев и колец под свободные фланцы используются фланцепроточные и горизонтально-расточные станки.

После гибки и обрезки труб производят их сборку с отрезками, фланцами, штуцерными соединениями и т. д. Используется ряд способов сборки труб: по монтажным схемам с последующей пригонкой по месту на судне, по эталонным трубам и шаблонам-макетам, на макетировочном станке, по совмещенным чертежам и координатным схемам.

Сварка узлов трубопроводов выполняется электродуговым способом плавящимся или неплавящимся электродом с помощью автоматической или полуавтоматической сварки. Для труб малых диаметров может использоваться газовая сварка.

Для проверки прочности и плотности сварных соединений и погибов в цехе на специальных стендах производят гидравлические испытания узлов труб. Стенды позволяют быстро подсоединять узлы труб, подавать в них воду и создавать давление, в 1,5—2 раза превышающее рабочее.

Изготовление деталей, сборка, сварка, испытание узлов, их маркировка, нанесение покрытий, изоляции, комплектация производятся в трубозаготовительных цехах, откуда узлы поступают на склад или судно.

Монтаж систем на судне из собранных узлов начинается на ранних стадиях постройки. Узлами трубопроводов насыщают изготовленные секции и блоки корпуса. Сборка всей системы на судне производится после окончания основных корпусных работ. Узлы трубопроводов, изготовленные в цехе, собирают на судне в соответствии с монтажными чертежами на временных болтах и прокладках. Делается это после установки механизмов и забортной арматуры. После приемки трубопроводов производят их окончательный монтаж. При этом временные болты и прокладки заменяют штатными и крепят трубопроводы

на постоянных подвесках. В местах присоединения трубопроводов к механизмам и забортной арматуре часто оставляют забойные участки, трубы для которых изготавливают по месту. Забойные трубы позволяют компенсировать погрешности установки оборудования и изготовления остальных труб в помещении. Для проверки герметичности всех соединений собранные на судне системы подвергаются гидравлическим испытаниям. После окончания испытаний трубопроводы проверяют в действии в период швартовых и ходовых испытаний. После этой проверки производится окраска и, в случае необходимости, изоляция соединений.

Проектирование и изготовление общесудовых систем должно проводиться с использованием и на базе методов стандартизации, основными из которых являются типизация, унификация и агрегатирование.

*Типизация* заключается в разработке и применении типовых технических решений. Такие решения целесообразно использовать при разработке принципиальных схем систем, конструктивных схем агрегатов и т. д. Под *унификацией* понимается рациональное сокращение числа типоразмеров объектов одинакового функционального назначения. В проектах общесудовых систем должно использоваться наименьшее технически допустимое и экономически обоснованное количество типоразмеров материалов, механизмов и других элементов трубопроводов. *Агрегатированием* называется метод компоновки механизмов, устройств, установок из ограниченного количества стандартных и унифицированных деталей и узлов. Агрегаты могут быть простые, если они включают в себя небольшое количество функционально связанных элементов, и сложные, состоящие из большого числа узлов и элементов. Преимуществом агрегатирования является возможность проводить монтажные работы в цехе независимо от состояния сборки корпуса. Это сокращает продолжительность монтажных работ на судне.

При стандартизации элементов общесудовых систем становится реальным создание их из *функциональных* и *конструктивных модулей*. Это приводит к существенному уменьшению номенклатуры элементов систем, позволяет выполнять основной объем трубопроводных работ в цехе без привязки к корпусу судна, производить трубомеднические работы в задел. Значительно возрастает производительность труда и качество работы проектировщиков, уменьшается номенклатура рабочей документации. Этому также способствует внедрение ЭВМ и создание систем автоматизированного проектирования (САПР) общесудовых систем, функционирующих на стадиях исследовательских работ, проектирования, технологической подготовки производства и изготовления трубопроводов.



## СИСТЕМЫ ТРЮМНЫЕ И БАЛЛАСТНЫЕ

## § 16.1. Классификация, назначение и общие требования

Трюмные системы предназначены для удаления за борт воды, скапливающейся в корпусе судна в процессе эксплуатации, а также воды, попавшей в него в результате аварии. В эту группу входят системы: осушительная, сбора и очистки нефтесодержащих вод, водоотливная, перепускная.

Назначением балластных систем является прием, перекачка по судну и удаление водяного балласта с целью изменения осадки, крена и дифферента судна. В группу балластных систем входят креновая, дифференциальная и балластная системы.

Трюмные и балластные системы являются взаимосвязанными. Они могут иметь общие или взаимозаменяемые насосы, общие участки трубопроводов, что позволяет на судне обходиться меньшим числом насосов, избегать прокладки большого числа труб, уменьшить массу и объем систем, повысить их надежность.

Осушительные и балластные системы должны отвечать следующим основным требованиям: изготавливаться из материалов, стойких против коррозии; исключать самопроизвольное затопление отсеков, порчу водой грузов, жидкого топлива; исключать возможность загрязнения акватории откачиваемой водой с остатками нефтепродуктов; полностью осушать и заполнять цистерны, отсеки, коффердамы как при прямом положении судна, так и при наличии длительного крена  $15^\circ$  и дифферента  $5^\circ$ ; иметь минимально возможное количество арматуры и путевых соединений; иметь местные и дистанционные средства включения и остановки насосов, приборы замера количества воды в местах ее сбора; иметь средства перепуска воды к местам ее сбора.

В связи с ростом численности мирового флота растет его влияние на окружающую среду. Загрязнение моря с судов нарушает экологическое равновесие, является причиной снижения пищевых ресурсов моря. На борьбу с этим явлением направлены основные положения Международной конвенции по борьбе с загрязнением моря с судов 1973 г. (МАРПОЛ 73/78), регламентирующие сброс с судов нефтесодержащих и сточных вод, твердых отходов и бытового мусора. В соответствии с этими требованиями все суда валовой вместимостью 400 рег. т и более должны быть оснащены сепарационными установками для очистки нефтесодержащих вод. Допускается сброс за борт трюмных вод, если содержание в них нефтепродуктов не превышает 15 частей на миллион (15 мг/л) при нахождении судна на расстоянии не менее 50 миль от берега и мгновенной интенсивности сброса не более 60 л на морскую милю. В бассейне Средиземного, Черного, Балтийского, Красного морей и районов Персидского и Оманского заливов запрещен всякий сброс нефти или нефтеводяных смесей с любых нефтяных

танкеров и других судов валовой вместимостью 400 рег. т и более. В этих районах суда должны сохранять на борту загрязненную воду и сдавать ее только в береговые очистные сооружения. Суда должны оборудоваться системами автоматического контроля содержания нефти в сбрасываемой воде.

## § 16.2. Системы трюмные

## 16.2.1. Система осушительная

Осушительная система предназначена для периодического удаления из корпуса судна воды, скапливающейся в нем в процессе нормальной эксплуатации. Источниками трюмной воды являются протечки в соединениях трубопроводов, фильтрация через сварные швы, конденсация водяных паров на ограждающих поверхностях помещений, мытье палуб, тушение пожаров. Расчеты показывают, что такой воды на судах большого водоизмещения может скапливаться до  $50 \text{ м}^3$  в сутки.

Осушительные системы устанавливаются на всех плавучих инженерных сооружениях. В состав системы входят осушительные насосы, трубопроводы с приемной и разобширительной арматурой, контрольно-измерительные приборы и т. д.

Трюмная вода скапливается в льялах или в сборных колодцах объемом не менее  $0,2 \text{ м}^3$ . Сборные колодцы располагают по бортам судна у носовых или кормовых переборок в зависимости от наклона батоксов.

Осушительную систему проектируют, как правило, по централизованной схеме. При этом предусматривают одновременную откачку чистой и загрязненной нефтепродуктами воды различными насосами по разным магистралям. Оконечности судна могут осушаться автономно с помощью эжекторов или ручных насосов. Количество воды, скапливающейся в отсеках, неопределенно, поэтому внутренние диаметры трубопроводов системы выбирают в зависимости от главных размеров судна и длин осушаемых помещений. Внутренний диаметр осушительной магистрали для морских судов (мм) определяют по формуле  $d_m = 1,68 \sqrt{L(B+D)} + 25$ , где  $L$  — длина судна между перпендикулярами, м;  $B$  — наибольшая ширина судна, м;  $D$  — высота борта до палубы переборок на миделе, м.

Внутренний диаметр приемных отростков из отсеков (мм) находят по формуле  $d_0 = 2,15 \sqrt{l(B+D)} + 25$ , где  $l$  — длина осушаемого отсека, измеренная по днищу, м.

Полученные по этим формулам диаметры необходимо заменять на стандартные, ближайшие большие по значению. В любом случае диаметры магистралей и приемных отростков должны быть не менее 50 мм. Кроме того, диаметр магистрали не должен быть меньше диаметра приемного патрубка осушительного насоса.

Трубопроводы осушительной системы прокладывают, как правило, вне междудонного пространства. В противном случае на приемных отростках должны устанавливаться невозвратные

клапаны. Приемные клапаны распределительных коробок и клапаны отстойков, присоединяемых непосредственно к магистрали должны быть невозвратно-запорными. Трубопроводы системы изготовляют из медноникелевых или стальных оцинкованных труб, арматура, как правило, из цветных сплавов.

Количество осушительных насосов зависит от типа судна и критерия службы. На морских судах устанавливают не менее двух осушительных насосов с независимым механическим приводом, на пассажирских судах — не менее трех. На судах длиной свыше 91,5 м насосы и их источники питания располагают в разных водонепроницаемых отсеках либо один из насосов должен быть погружного типа с источником питания, расположенным выше палубы переборок. В грузовых насосных отделениях и носовых отсеках танкеров устанавливают отдельные насосы или эжекторы. Каждый независимый осушительный насос должен иметь свой приемный отстойник из отсека, где он установлен. Кроме того, на морских судах предусматривают аварийное осушение машинного отделения.

В осушительной системе используются поршневые или самовсасывающие центробежные насосы. В качестве резервных могут быть использованы балластные или другие насосы общесудовых систем. Производительность осушительного насоса ( $\text{м}^3/\text{ч}$ ) определяют по формуле  $Q \geq 5,65d_m^2/10^3$ .

Напор насоса должен быть достаточным для преодоления всех сопротивлений в трубопроводе и геометрической высоты при откачке трюмных вод в береговую емкость при номинальной производительности насоса.

На морских судах предусмотрены средства для очистки нефтесодержащих вод. Этих средств может не быть, если на судне имеются емкости, достаточные для сбора трюмных вод в течение всего рейса.

На рис. 16.1 приведена принципиальная схема осушительной системы судна длиной до 91,5 м и с уклоном днища в машинном отделении более 5°. На судне установлены три осушительных насоса, один из которых навешен на главный двигатель. Этот насос 3 служит для откачки чистой воды. Резервным средством для откачки этой воды служит эжектор 1. На приемных отстойках установлена невозвратная или невозвратно-запорная арматура, предотвращающая затопление отсека через осушительный трубопровод при аварии. Перекачка нефтесодержащих вод в сборную цистерну 9 и выдача их на берег осуществляется поршневым насосом 5. Емкость цистерны достаточна для сбора грязной воды в течение всего рейса, поэтому средства очистки этой воды отсутствуют. Трубопровод выдачи нефтесодержащих вод выведен на оба борта. В нормальных условиях чистой и грязную трюмные воды откачивают разными насосами, в аварийных условиях обеспечивается взаимозаменяемость насосов.

Для гидравлического расчета осушительных систем используют методику расчета сложных разветвленных трубопроводов.

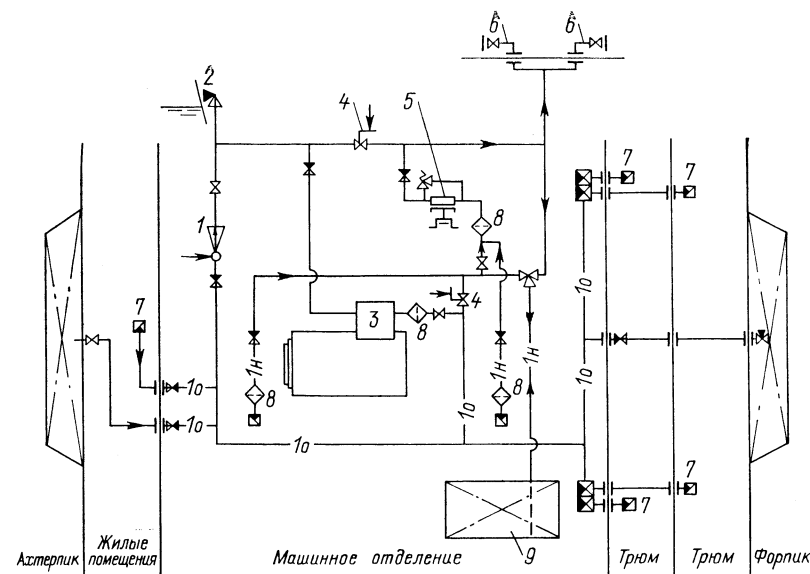


Рис. 16.1. Принципиальная схема осушительной системы судна длиной до 91,5 м

1 — эжектор; 2 — бортовой отливной клапан; 3 — осушительный насос, навешенный на главный двигатель; 4 — запорный клапан, нормально закрытый; 5 — поршневой осушительный насос; 6 — патрубки выдачи нефтесодержащих вод на берег; 7 — приемная сетка с невозвратным клапаном; 8 — грязевая коробка; 9 — сборная цистерна; 1н — осушительный трубопровод нефтесодержащей воды; 1о — осушительный трубопровод чистой воды

### 16.2.2. Система нефтесодержащих трюмных вод

Эта система предназначена для сбора нефтесодержащих трюмных вод и последующей их передачи на берег или очистки при откачке за борт. Ими оборудуют суда, попадающие под действие Конвенции МАРПОЛ 73/78, за исключением тех из них, которые имеют емкости достаточного объема для сбора всей грязной трюмной воды за рейс.

В состав системы входят сепараторы трюмных вод, насосы, сборные емкости, трубопроводы, контрольно-измерительные приборы, средства управления.

Принципиальная схема такой системы приведена на рис. 16.2. В соответствии с существующими требованиями система обеспечивает сбор нефтесодержащих вод в сборную цистерну 14, снабженную сигнализирующим датчиком уровня, очистку воды в сепараторе трюмных вод 4, а также откачку на берег через специальные патрубки 7. Потребную производительность сепаратора выбирают в зависимости от суточного количества трюмной воды, подлежащей очистке, и необходимости осушения сборных колодцев один раз в вахту с продолжительностью работы 1 час. В системе используют винтовой насос сепаратора 12. Его производительность

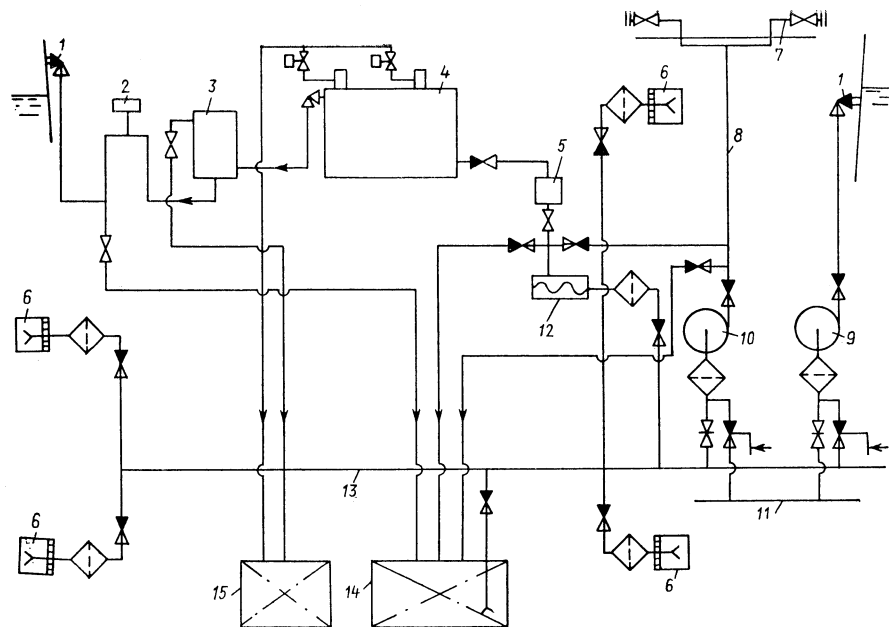


Рис. 16.2. Принципиальная схема системы нефтесодержащих вод

1 — отливной клапан; 2 — прибор контроля содержания нефтепродуктов в воде; 3 — доочистный фильтр; 4 — сепаратор; 5 — фильтр; 6 — сборный колодец; 7 — патрубок выдачи нефтесодержащих вод на берег; 8 — трубопровод выдачи нефтесодержащих вод на берег; 9 — осушительный насос; 10 — насос системы нефтесодержащих вод; 11 — трубопровод осушительной системы; 12 — винтовой насос сепаратора; 13 — магистраль системы нефтесодержащих вод; 14 — цистерна нефтесодержащих вод; 15 — цистерна нефтеосадков

выбирают в зависимости от пропускной способности сепаратора. Диаметры трубопроводов определяют гидравлическим расчетом. Трубопровод от насоса до сепаратора должен быть с минимальным гидравлическим сопротивлением. Трубопровод выдачи грязных вод на берег 8 выведен на оба борта. Выходные патрубки имеют фланцы международного образца. Средства автоматического управления системой должны обеспечивать слив выделяющихся в сепараторе нефтеостатков в специальную цистерну 15, остановку насоса при давлении в сепараторе выше допустимого, пуск насосов при необходимости осушения сборных колодцев. Последние снабжены позиционными датчиками уровня. Автоматически сигнализирующий прибор контроля содержания нефтепродуктов в откачиваемой воде 2 устанавливается после сепаратора и при повышении уровня нефтесодержания обеспечивает обратный сброс вод в сборную цистерну или остановку насоса. Слив очищенной воды за борт осуществляется через невозвратно-запорный клапан 1. Используемый в системе доочистный фильтр 3 позволяет получить степень очистки 15 мг/л.

Эта система предназначена для удаления в заданное время из помещений воды, поступившей из-за борта и из отсеков, затопленных через повреждения в корпусе после временной заделки пробоин. В качестве самостоятельной эта система устанавливается только на ледоколах, спасателях и других судах, имеющих особые условия эксплуатации. На морских транспортных и пассажирских судах откачку аварийной воды осуществляют осушительной системой, снабженной отстойниками аварийного осушения, а также средствами судов-спасателей.

В состав водоотливной системы входят водоотливные насосы, трубопроводы с арматурой, средства управления. Водоотливные системы проектируются по автономному, чаще по групповому и комбинированному принципам. Производительность водоотливных средств определяется заданным временем водоотлива из наибольшего отсека, затопленного до уровня ватерлинии при наибольшей осадке судна. Внутренние диаметры трубопроводов определяют расчетом. Трубопроводы системы выполняют независимыми от трубопроводов осушительной системы. Для предотвращения затопления отсеков при повреждении трубопроводов системы на отстойниках, ведущих в отсеки, устанавливают невозвратно-запорные клапаны, дистанционно управляемые с палубы переборок. Трубопроводы изготовляют из медноникелевых и стальных оцинкованных труб большого диаметра ( $D_y$  300÷400). Сборные колодцы в этих системах не требуются, но приемные отстойники следует располагать возможно ближе к днищу. В качестве основных водоотливных средств используют стационарные и переносные погружные насосы и эжекторы. Резервными водоотливными средствами могут служить насосы осушительной, балластной, креновой, дифференциальной и других систем. Производительность стационарных центробежных водоотливных насосов составляет: 160, 315, 630, 900 м³/ч (на судах-спасателях 1000 м³/ч и более), переносных погружных насосов — 50—100 м³/ч при напоре 10—20 м вод. ст. Насосы устанавливают как можно ниже для уменьшения геометрической высоты всасывания. Для повышения надежности водоотливной системы вода из отсеков должна удаляться не менее чем двумя насосами, расположенными в разных отсеках. Магистральные трубопроводы системы прокладывают на расстоянии не менее  $\frac{1}{5}$  ширины судна от борта.

Стационарные средства водоотлива и арматура, обеспечивающая пуск системы в действие, управляются дистанционно с палубы переборок. Автоматизировать работу водоотливной системы нет необходимости. Водоотливная система ледокола (рис. 16.3) выполнена по комбинированному принципу для центральных отсеков (МКО) и по групповому — для концевых отсеков. Насосы установлены в отсеках без выгородок, арматура управляется дистанционно. Откачка аварийной воды осуществляется через днищевые кингстоны. Эта схема предусматривает использование

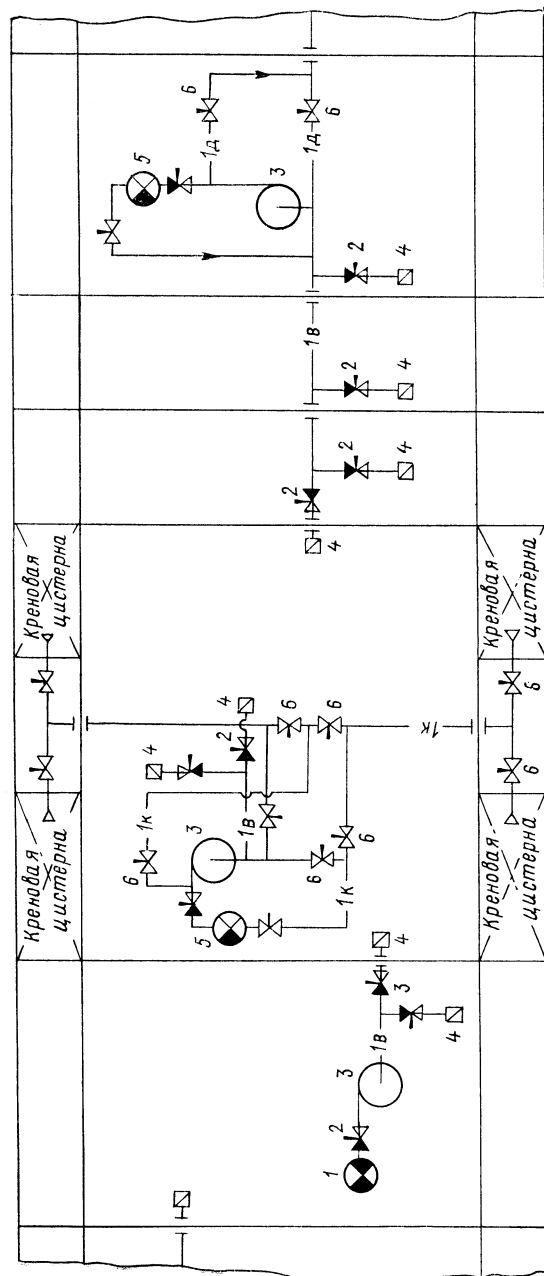


Рис. 16.3. Принципиальная схема водоотливной системы

1 — кингстон оглиной; 2 — клапан невозвратно-запорный; 3 — насос водоотливной погружной; 4 — сетка приемная; 5 — кингстон приемно-оглиной; 6 — клапан запорный; 1а — трубопровод водоотливной системы; 1б — трубопровод дифференциальной системы; 1к — трубопровод креновой системы

одного из водоотливных насосов центральной группы для обслуживания креновой системы, а насоса в оконечности — для обслуживания дифференциальной системы.

## 16.2.4. Система перепускных труб

Перепускные трубы предназначены для спуска и перепуска воды из помещений без осушительных средств в соседние или нижние помещения, имеющие такие средства. Эти трубопроводы устанавливаются там, где затруднена или невозможна установка самостоятельных осушительных средств. Такое устройство названо системой условно, так как состоит только из трубопроводов, перепускной арматуры и средств управления. Насосы в этой системе отсутствуют, перемещение жидкости происходит под действием подпора в затопленных помещениях. Диаметры перепускных труб определяют гидравлическим расчетом, исходя из заданного времени осушения, но они должны быть не менее диаметров приемных патрубков осушительных насосов.

## § 16.3. Системы балластные

### 16.3.1. Система креновая

Креновая система предназначена для приема в цистерны, перекачки и удаления из них водяного балласта с целью выравнивания крена или создания в необходимых случаях искусственного крена судна. Ее оборудуют на контейнеровозах, судах с горизонтальным способом погрузки, судах для перевозки нестандартных и крупногабаритных грузов и ряде других. На ледоколах задачей креновой системы является раскачивание корпуса судна вокруг продольной оси с целью освобождения ледокола от сжатия льдов и облегчения схода его с кромки льда. Это достигается за счет того, что креновая система при своей работе способствует переводу статического трения корпуса о лед в динамическое, уменьшая тем самым суммарную силу трения, и разрушению льда изгибом в зоне его контакта с корпусом. При опорожнении цистерн уменьшается вертикальная составляющая силы давления корпуса на лед и тем самым уменьшается суммарная сила трения, действующая на корпус ледокола.

В состав креновой системы входят креновые цистерны, креновые насосы, трубопроводы с арматурой, контрольно-измерительные приборы, средства управления.

Основными параметрами, характеризующими креновую систему ледоколов, являются:  $V_0$  — суммарный объем креновых цистерн,  $m^3$ ;  $Q$  — суммарная производительность креновых насосов,  $m^3/ч$ ;  $t$  — время перекачки балласта с борта на борт, с;  $\theta$  — угол крена, град. Основными требованиями, предъявляемыми к креновой системе ледоколов при проектировании, являются: а) возможность создания крена с углом  $6-8^\circ$  на любой борт в чистой воде; б) выполнение функций с минимально возможным количеством

балласта; в) при своей работе эта система не должна влиять на дифферент судна. Таким образом, угол крена является одной из характеристик системы, задаваемой в техническом задании на проектирование. Величина его определяет объем креновых цистерн, который на современных ледоколах составляет 3—13,4 % от водоизмещения.

Креновые цистерны располагают попарно по бортам симметрично относительно мидель-шпангоута, так как при этом перекачка балласта не оказывает влияния на дифферент судна. Для того чтобы система могла выполнять свои функции с минимальным количеством балласта, цистерны, как правило, располагают между нижней и верхней палубами. Поднимая цистерны с балластом вверх, тем самым поднимают центр тяжести судна, уменьшают поперечную остойчивость и получают возможность создавать заданные углы крена с меньшим количеством балласта.

В техническом задании на проектирование, как правило, задают время перекачки балласта с борта на борт. На современных ледоколах это время колеблется от 45 до 285 с. Заданное время перекачки и известный объем креновых цистерн позволяют определить требуемую производительность креновых насосов  $Q$ , которая на эксплуатирующихся ледоколах достигает 21 600 м<sup>3</sup>/ч.

Креновые системы на современных ледоколах проектируют по групповому и автономному принципам. По групповому принципу с использованием центробежного насоса эта система проектируется на небольших ледоколах.

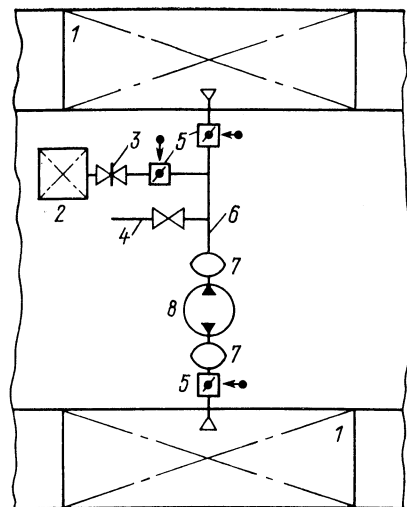


Рис. 16.4. Принципиальная схема креновой системы ледокола

1 — креновые цистерны; 2 — ледовый ящик; 3 — клинкетная задвижка; 4 — трубопровод балластной системы; 5 — поворотный затвор; 6 — трубопровод креновой системы; 7 — линзовый компенсатор; 8 — креновый насос

Наибольшее распространение на современных ледоколах получил автономный принцип построения креновой системы (рис. 16.4). В этом случае каждая пара креновых цистерн соединяется отдельным трубопроводом и обслуживается отдельным осевым насосом производительностью от 2500 до 5000 м<sup>3</sup>/ч при напоре 10—15 м вод. ст. Трубопроводы выполняют из стальных электросварных труб и могут иметь  $D_y = 700 \div 1000$ . В качестве запорной арматуры в системах используют задвижки и поворотные затворы. Трубопроводы системы снабжают компенсаторами для предотвращения повреждения элементов системы при сжатии корпуса во льдах. Прием и отлив воды в системе

производят через ледовые ящики — днищевой и бортовой. Они оборудуются трубопроводами подачи рециркуляционной воды для обогрева и сжатого воздуха для продувки ящиков. Заполнение креновых цистерн осуществляется балластным, а осушение — балластным или осушительным насосами.

### 16.3.2. Система дифференциальная

Система предназначена для приема в цистерны, перекачки и удаления из них водяного балласта с целью компенсации возникшего дифферента или в случае необходимости создания искусственного дифферента судна.

На ледоколах дифференциальная система является одним из основных средств освобождения судна от заклинивания. Достигается это за счет создания продольных наклонов корпуса ледокола. Дифференциальная система по устройству аналогична креновой с той лишь разницей, что ее балластные цистерны размещаются в оконечностях судна симметрично диаметральной плоскости.

Выбор характеристик этой системы производится обычно на основании имеющегося опыта проектирования и эксплуатации ледоколов. На современных ледоколах суммарный объем дифференциальных цистерн колеблется в пределах 5—11,5 % от водоизмещения: время перекачки балласта составляет 9—30 мин. Суммарная производительность дифференциальных насосов 1000—16 000 м<sup>3</sup>/ч.

Количество насосов и их производительность определяют расчетом в зависимости от емкости цистерн и заданного времени на перекачку. Дифференциальную систему на ледоколах проектируют по централизованному и автономному принципам. Централизованный

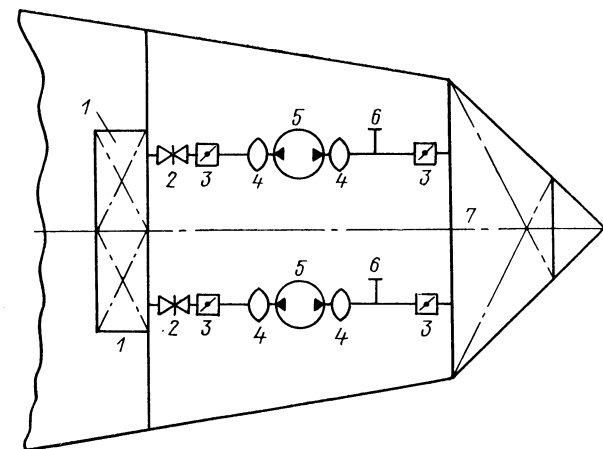


Рис. 16.5. Принципиальная схема дифференциальной системы ледокола

1 — ледовый ящик; 2 — клинкетная задвижка; 3 — поворотный затвор; 4 — линзовый компенсатор; 5 — дифференциальный насос; 6 — трубопровод к осушительной системе; 7 — носовая дифференциальная цистерна

принцип используется на малых ледоколах. Носовые и кормовые цистерны обслуживаются одним насосом и соединяются магистральным трубопроводом. Применение в системе нереверсивных центробежных насосов требует дополнительной арматуры. Использование осевых реверсивных насосов значительно упрощает схему системы, облегчает ее автоматизацию. На современных крупных ледоколах дифференциальная система (рис. 16.5) строится по автономному принципу. Носовая и кормовая цистерны обслуживаются двумя осевыми насосами каждая. Насосы стоят на настиле второго дна, имеют производительность 4000 м³/ч при напоре 10 м вод. ст. Они заполняют и осушают цистерны с заданным периодом. Вода принимается и отливается через ледовые ящики. Возможно заполнение цистерн балластным насосом. Осушение может производиться осушительным насосом. В состав трубопроводов входят клинкетные задвижки, поворотные затворы и линзовые компенсаторы. Трубопроводы изготовлены из стальных электросварных труб 720×10. Цистерны оборудуются воздушными и измерительными трубами. Имеются средства дистанционного замера уровня воды. Работа системы производится автоматически с использованием реле времени. Управление насосами и арматурой дистанционное.

### 16.3.3. Система балластная

Морские транспортные, пассажирские и промысловые суда для регулирования осадки, крена и дифферента оборудуют балластной системой. Прием водяного балласта позволяет обеспечить необходимое углубление гребного винта при ходе в балласте (танкеры), остойчивость при перевозке груза на палубе (лесовозы, контейнеровозы, лихтеровозы), плавную качку при ходе в грузу (рудовозы). Количество принимаемого водяного балласта зависит от типа судна и составляет у сухогрузных и пассажирских судов до 30 % от водоизмещения, танкеров до 50 %, у рудовозов 40—60 %.

В состав балластной системы входят балластные цистерны, балластные насосы, трубопроводы с арматурой, контрольно-измерительные приборы, средства управления.

Для размещения водяного балласта используют междудонные и бортовые цистерны, фор- и ахтерпика, диптанки, подпалубные цистерны. На нефтеналивных судах балласт размещают в грузовых или специально выделенных чисто балластных танках.

На каждом судне балластная система выполняется самостоятельной и в качестве резерва может соединяться с осушительной. Балластная система строится, как правило, по централизованной схеме и должна обеспечивать заполнение и опорожнение любой одной или одновременно нескольких цистерн, а также, если это предусмотрено заданием, перекачку балласта из одних цистерн в другие. Перекачку балласта и откачку его за борт производят насосом, заполнение цистерн — как насосом, так и самотеком.

Внутренний диаметр отрезков системы (мм) для отдельных цистерн определяют по формуле, рекомендуемой Правилами Регистра СССР,  $d = 18\sqrt[3]{V}$ , где  $V$  — емкость балластной цистерны, м³.

Диаметр магистрального трубопровода определяется гидравлическим расчетом, но в любом случае он должен быть не менее наибольшего диаметра отрезка. Трубопроводы системы изготавливают из бесшовных стальных оцинкованных труб, приемные участки от кингстона до насоса изготавливают из медноникелевых труб. Трубопроводы системы должны прокладываться в междудонном пространстве на расстоянии не менее 1/5 ширины судна от борта. На сухогрузных судах грузоподъемностью 5000 т и более рекомендуется прокладывать трубы в специальном туннеле, выгораживаемом в междудонном пространстве. Через таранную переборку ниже палубы переборки может проходить только один балластный трубопровод. На нем со стороны форпика устанавливают дистанционно управляемый запорный клапан. В состав трубопроводов включены компенсаторы. Арматуру необходимо размещать в местах, доступных для наблюдения и ремонта. Места расположения и количество отрезков в цистернах должны обеспечивать откачку воды при прямом положении судна и при крене до 5°.

Система должна обслуживаться хотя бы одним балластным насосом. Его производительность определяют из условия обеспечения скорости воды не менее 2 м/с при диаметре приемного отрезка, определенном по формуле Регистра СССР для наибольшей цистерны. Как правило, балластную систему обслуживают самовсасывающие центробежные насосы. В качестве резерва могут использоваться насосы осушительной, пожарной и других систем, если они имеют достаточную производительность. Основную арматуру системы устанавливают в машинном отделении. Управление арматурой может быть как местным, так и дистанционным.

При откачке балласта из топливно-балластных цистерн необходимо принимать меры для предотвращения выброса в море нефтесодержащих вод. Для этого необходимо предусматривать очистку этой воды в сепараторах трюмных вод или в отстойных цистернах, а также сбор ее с последующей сдачей на берег.

На рис. 16.6 приведена принципиальная схема балластной системы грузового судна длиной более 91,5 м. Система построена по централизованному принципу, ее обслуживает специализированный балластный насос 7. Резервным является осушительный насос 6. Насосы, а также основные клапанные коробки 2 размещаются в машинном отделении. От клапанных коробок к балластным цистернам идут независимые трубопроводы 1. Система обеспечивает прием воды в цистерны из-за борта через кингстон 13 самотеком и насосами, удаление ее через отливные клапаны 5, а также производит перекачку между цистернами. Вода, содер-

### § 17.1. Противопожарная защита судов. Классификация средств тушения пожаров

Вероятность возникновения пожара всегда в той или иной степени существует на любом судне. Ограниченность площадей судовых помещений, наличие разнообразных горючих материалов, невозможность подчас получить помощь со стороны, сравнительная малочисленность команды, стесненность проходов, трудность эвакуации людей и грузов — все это осложняет борьбу с пожарами на судах, делает их большим бедствием, влекущим гибель людей и материальных ценностей. Обеспечение безопасности находящихся на судах людей и грузов требует наличия на судах эффективных средств противопожарной защиты. Основные требования к противопожарной защите морских судов определены Международной конвенцией по охране человеческой жизни на море 1974 года и Правилами Регистра СССР. В соответствии с этими документами противопожарную защиту подразделяют на две группы: *конструктивную противопожарную защиту (КПЗ)* и *активную противопожарную защиту (АПЗ)*.

КПЗ представляет собой комплекс конструктивных и организационных мероприятий, предназначенных для:

предотвращения возможности возникновения пожара на борту судна;

ограничения распространения пожара по судну;

обеспечения безопасной эвакуации людей как из отдельных судовых помещений, так и с судна в целом.

Реализация этих принципов КПЗ предполагает, наряду с мерами организационного характера (соблюдение правил противопожарной безопасности при работе с открытым огнем, организация мест для курения и т. д.), ограничение применения горючих материалов, подразделение корпуса судна на главные вертикальные противопожарные зоны и отделение машинных, жилых и служебных помещений от других, а также защиту путей эвакуации людей с помощью огнестойких и огнезадерживающих конструкций. Выбор средств КПЗ зависит от типа судна и категории помещения.

АПЗ представляет собой комплекс средств, предназначенных для обнаружения очага пожара и тушения пожара.

Выбор средств АПЗ для того или иного судна зависит от его типа и особенностей пожарной опасности конкретного судового помещения.

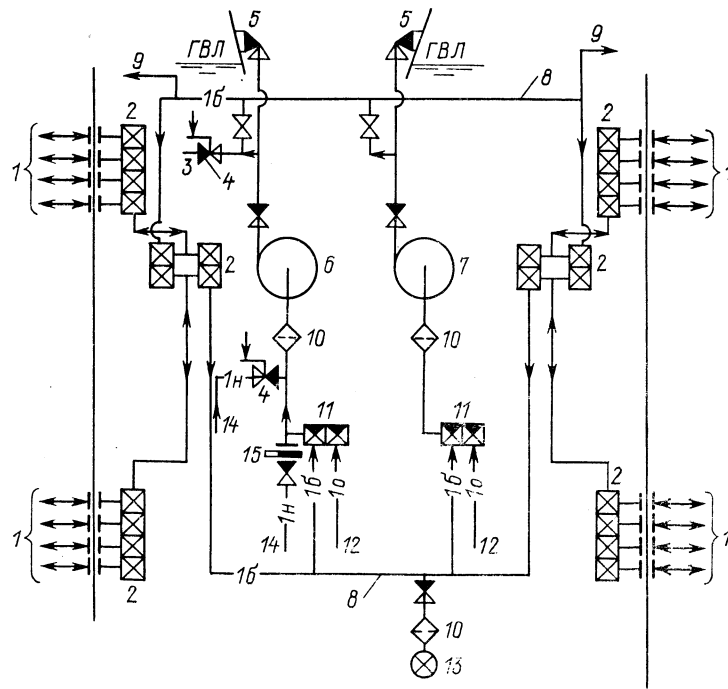


Рис. 16.6. Принципиальная схема балластной системы грузового судна

1 — трубопровод к балластным цистернам; 2 — клапанная коробка с запорными клапанами; 3 — трубопровод в цистерну сбора нефтесодержащих вод; 4 — невозвратно-запорный клапан, нормально-закрытый; 5 — отливной клапан; 6 — осушительный насос; 7 — балластный насос; 8 — магистральная труба; 9 — к другим системам; 10 — фильтр; 11 — клапанная коробка с невозвратно-запорными клапанами; 12 — трубопровод осушительной системы; 13 — приемный кингстон; 14 — трубопровод от системы нефтесодержащих вод; 15 — специальный фланец (восьмерка)

жащая нефтепродукты, может откачиваться насосом 6 по трубопроводу 3 в цистерну сбора нефтесодержащих вод.

Все балластные цистерны и другие емкости для жидкостей должны оборудоваться воздушными и измерительными трубами. Измерительные трубы наряду с дистанционными средствами позволяют контролировать уровень жидкости в емкостях. Воздушные трубы обеспечивают воздухообмен между цистернами и атмосферой. Концы труб выводят на открытые участки выше палубы переборок. Концы воздушных труб загибают на 180° или снабжают специальными затворами, предотвращающими попадание воды из-за борта в цистерну. Иногда цистерны оборудуются совмещенными воздушно-измерительными трубами.



## § 17.2. Общие требования к средствам активной противопожарной защиты (АПЗ) на судах.

### Способы тушения пожаров

В основе горения лежит химическая реакция окисления, в которой участвуют горючее вещество и кислород атмосферного воздуха, выполняющий роль окислителя. Процесс горения сопровождается выделением и передачей тепла, продуктов горения, организацией газообмена. Различают физические и химические способы тушения пожаров.

К физическим способам тушения пожаров относят:

**Охлаждение зоны горения.** В зону горения вводят вещества с низкой температурой и высокой теплоемкостью, в результате чего температура в очаге пожара падает, и реакция горения прекращается. Для этих целей используют воду, реже — пену и твердую углекислоту.

**Разбавление реагирующих веществ в зоне горения** путем введения газообразных веществ, не поддерживающих процесс горения. Концентрация реагирующих веществ снижается, что приводит к прекращению горения. В качестве рабочих сред систем, действие которых основано на этом принципе, могут использоваться водяной пар, углекислый газ, инертные газы.

**Изоляция реагирующих веществ от зоны горения.** В зону горения вводят твердые вещества или двухфазные газожидкостные смеси, которые покрывают горящее вещество нейтральным слоем. Этот слой прекращает выход газов горючего вещества или поступление кислорода воздуха в зону горения, в результате чего горение прекращается. В качестве средств изоляции используются пена и огнетушащие порошки.

**Принцип химического торможения реакции горения.** В зону горения вводят активные вещества (легкоиспаряющиеся огнетушащие жидкости или порошки), которые, взаимодействуя с промежуточными продуктами реакции горения, делают их нейтральными по отношению к кислороду, в результате чего горение прекращается.

На указанных физических и химических принципах основано действие всех общесудовых систем пожаротушения, которые должны удовлетворять следующим основным требованиям: быть постоянно готовыми к действию на ходу и при стоянке судна; быть надежными и живучими; воздействовать на очаг пожара так, чтобы исключить повторное возгорание или тление, иметь местные и дистанционные приводы управления, а также средства контроля; рабочие среды систем должны быть высокоэффективными, универсальными, недефицитными, дешевыми, не должны быть токсичными, не должны вызывать коррозию металлов, портить груз.

## § 17.3. Системы пожарной сигнализации

Все морские суда оборудуют системами пожарной сигнализации, которые включают: *сигнализацию обнаружения пожара*, предназначенную для обнаружения очага пожара на ранней стадии его развития и выработки сигнала-сообщения о нем; *сигнализацию оповещения о пожаре*, которая, как правило, совмещается с авральной сигнализацией, подающей мощные звуковые и световые сигналы для экипажа и пассажиров; *сигнализацию предупреждения о пуске огнетушащего средства*, которая подает сигналы в те охраняемые помещения, в которых могут находиться люди.

Основная из этих систем — система обнаружения пожара — состоит из пожарных извещателей, приемной станции, источника питания, линий передач, выносных сигнальных устройств.

Пожарные извещатели по способу приведения их в действие подразделяют на ручные и автоматические. С помощью *ручных кнопочных* извещателей члены экипажа или пассажиры, обнаружившие очаг пожара, могут сообщить об этом на центральный пожарный пост (ЦПП). *Автоматические* извещатели в зависимости от того, на какое явление, сопутствующее пожару, они реагируют, подразделяют на тепловые, дымовые и световые. *Тепловые* извещатели реагируют на повышение температуры окружающего воздуха до определенной величины или на скорость нарастания этой температуры. *Дымовые* и *световые извещатели* — на задымленность воздуха в помещении и свет пламени. Световые извещатели могут работать в различных областях спектра: ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной.

В зависимости от способа включения извещателей в сеть системы пожарной сигнализации их подразделяют на лучевые и кольцевые (шлейфные). *Лучевые* системы имеют несколько лучей, в каждом из которых подключается определенное количество извещателей как автоматических, так и ручных. На одном луче допускается установка не более 100 извещателей не более чем в 50 помещениях. Эти извещатели размещают в одной главной противопожарной зоне на одной палубе и на одном борту судна. В *кольцевых* системах извещатели включаются последовательно.

Система сигнализации обнаружения пожара имеет два источника питания. Основным источником является судовая электросеть, резервным — аккумуляторная батарея. Приемные станции систем сигнализации располагают в ЦПП, который обычно размещается в рулевой рубке. Схема приемной станции обеспечивает прием сигнала о пожаре с любого извещателя, включенного в луч станции, автоматический контроль за состоянием линейных проводов луча, периодическую проверку работы станции, автоматическое переключение на резервное питание при отключении основного источника питания, отключение и включение внешних сигналов тревоги.

## § 17.4. Системы тушения пожара способом охлаждения зоны горения

Вода — наиболее доступное, универсальное и дешевое огнетушащее вещество. Она обладает высокой теплоемкостью и теплопроводностью парообразования и поэтому является эффективным средством охлаждения. В качестве рабочей среды воду используют в системах водотушения, водяного орошения, водяных завес, спринклерной.

### 17.4.1. Система водяного пожаротушения

Система водяного пожаротушения предназначена для тушения пожара компактными или распыленными струями воды от ручных или лафетных пожарных стволов. Ее устанавливают на всех судах, независимо от наличия на них других противопожарных систем. Кроме своего основного назначения система водотушения используется для подачи воды к другим системам пожаротушения, к эжекторам осушительной системы, на охлаждение механизмов, устройств и конструкций, для заполнения балластных цистерн и коффердамов, на обмыв якорей и другие нужды.

Система водотушения состоит из пожарных насосов (основных и аварийных), трубопроводов, концевых пожарных клапанов, пожарных стволов и рукавов, контрольно-измерительных приборов, средств управления. Количество основных стационарных насосов зависит от валовой вместимости судна и колеблется от одного до трех. Минимальная производительность любого пожарного насоса должна обеспечивать работу двух ручных пожарных стволов при требуемом напоре у концевых клапанов. В соответствии с Правилами Регистра СССР давление у концевых клапанов должно быть от 0,25 до 0,32 МПа ( $2,5\text{—}3,2\text{ кгс/см}^2$ ) — в зависимости от вместимости судна. Суммарная производительность основных насосов определяется в зависимости от типа судна и его главных размерений. Давление в системе, создаваемое насосом, не должно превышать 1 МПа ( $10\text{ кгс/см}^2$ ).

На пассажирских судах и судах с повышенной пожарной защитой валовой вместимостью 1000 рег. т и более насосы с их кингстонами и источниками энергии должны размещаться в различных водонепроницаемых отсеках. На остальных судах пожарные насосы размещают в машинном отделении. В этом случае другие системы пожаротушения, обслуживающие машинное отделение, не должны питаться от этих насосов. Все пожарные насосы приводятся в действие от независимых источников энергии, только на небольших судах разрешается иметь насосы с приводом от главного двигателя.

На пассажирских судах валовой вместимостью менее 1000 рег. т и на всех прочих судах валовой вместимостью 1000 рег. т и более устанавливают стационарный аварийный пожарный насос. Этот насос не должен размещаться в том же помещении, где распола-

гаются основные насосы. В качестве привода используют газовую турбину, дизель или электродвигатель с питанием от аварийного источника энергии. Запас топлива для дизеля и турбины должен быть достаточным для работы в течение 10 ч. Производительность аварийного насоса должна обеспечивать одновременную работу двух ручных стволов с наибольшим диаметром насадки, принятой для данного судна, и быть не менее  $25\text{ м}^3/\text{ч}$ . В качестве стационарных пожарных насосов могут использоваться санитарные, осушительные, балластные и другие насосы заборной воды, если их производительность и напор соответствуют расчетным и они не используются для перекачки нефтепродуктов или воды, загрязненной нефтепродуктами.

Системы водотушения обслуживаются, как правило, одноступенчатыми электроприводными центробежными насосами с производительностью  $25\text{—}250\text{ м}^3/\text{ч}$ , напором до  $100\text{—}150\text{ м вод. ст.}$ , высотой всасывания  $3\text{—}5\text{ м вод. ст.}$

Трубопроводы системы изготавливают из стальных оцинкованных труб, участки от приемных кингстонов до насосов — из медных или медноникелевых труб. Магистральные трубопроводы могут быть выполнены по кольцевой, линейной и комбинированной схемам. Системы с кольцевой магистралью широко применяют на пассажирских судах, паромах, рыбообрабатывающих базах, некоторых грузовых судах. На пассажирских судах с большим количеством палуб и с развитыми надстройками магистральный трубопровод системы водотушения выполняют в виде двух-трех колец, расположенных на разных палубах и соединенных между собой. Системы с линейной магистралью применяют на танкерах, лесовозах, рыболовных и других судах. На морских грузовых судах валовой вместимостью 4000 рег. т и более, крупных рыболовных, рефрижераторных судах системы водотушения выполняются комбинированными, с кольцевой магистралью в районе надстройки и линейной — в районе трюмов.

Каждая из этих схем прокладки магистральных трубопроводов имеет свои достоинства и недостатки. Опыт эксплуатации и требования, предъявляемые к системе водотушения, позволяют для каждого конкретного судна выбрать оптимальную схему системы. Внутренние диаметры трубопроводов системы определяют гидравлическим расчетом для заданных режимов работы системы. При этом скорость движения воды не должна превышать  $4\text{ м/с}$ .

Концевые пожарные клапаны размещают на судне так, чтобы в любую часть каждого помещения, палубы или трюма можно было подать не менее двух струй воды, при этом первая струя должна подаваться по одному рукаву стандартной длины, а вторая — по двум соединенным рукавам. Пожарные клапаны должны устанавливаться на расстоянии 20 м друг от друга во внутренних помещениях и на расстоянии 40 м — на открытых палубах, а по высоте — не более 1,35 м и не менее 0,6 м от палубы внутри помещений и не менее 0,3 м — на открытых палубах. На

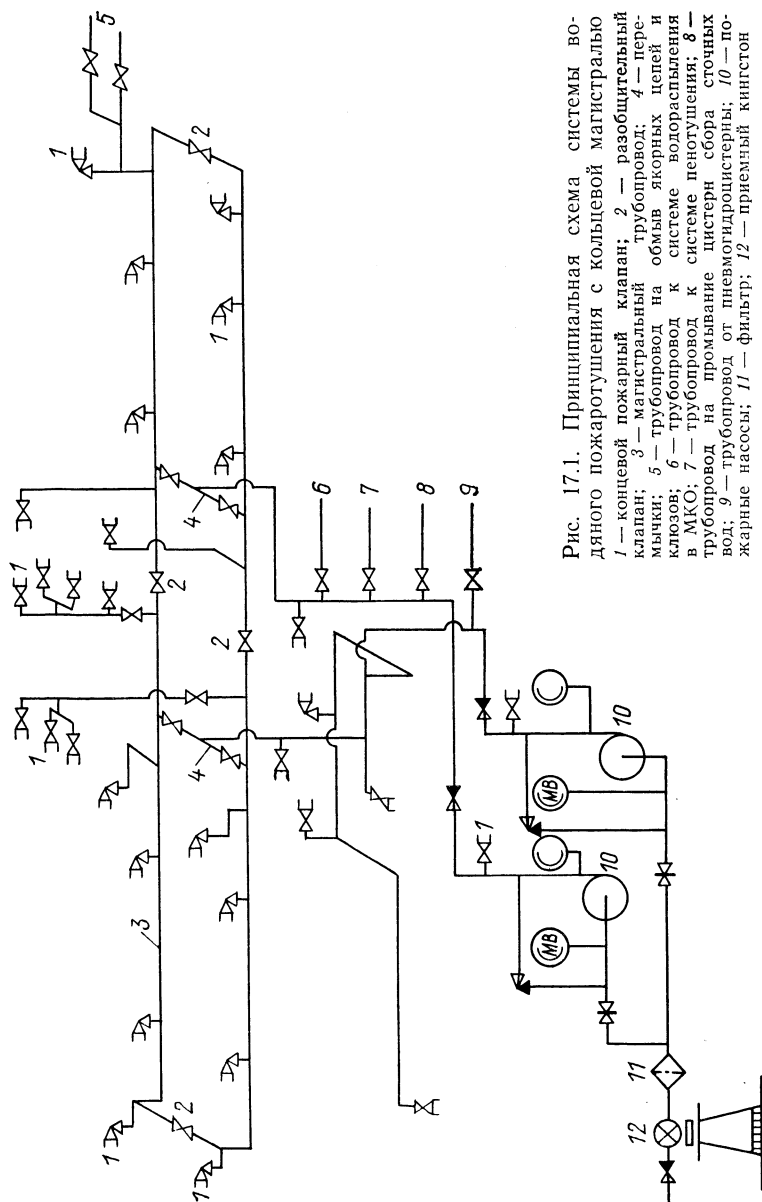


Рис. 17.1. Принципиальная схема системы водотушения с кольцевой магистралью для грузового судна. 1 — разбрызгивающий клапан; 2 — разбрызгивающий клапан; 3 — магистральная труба; 4 — перемычка; 5 — обмывная цепь; 6 — водораспылитель; 7 — труба в МКО; 8 — труба пенотушения; 9 — цистерна сбора сточных вод; 10 — пневмогидроцистерна; 11 — насос; 12 — приемный кингстон

судах используют концевые клапаны с условными проходами  $D_{y32}$ ,  $D_{y50}$  и  $D_{y65}$  с быстросмыкающимися гайками типа РОТ.

Пожарные рукава изготавливают из прорезиненных и непрорезиненных льняных, полульняных и полукапроновых тканей. Длина рукавов, используемых в помещениях, составляет 10 м, используемых на открытых палубах 15—20 м. Размещают рукава у концевых клапанов на катушках или в кассетах.

Для формирования и направления струи воды на очаг пожара на судах используют комбинированные ручные пожарные стволы. С их помощью можно получать сплошную или распыленную струю с широким или узким факелом. Стволы имеют условные проходы  $D_{y50}$  и  $D_{y65}$ , диаметры насадок стволы составляют 10; 12,5; 16 и 19 мм.

На спасательных, пожарных и других судах устанавливают лафетные стволы, имеющие диаметры насадок 20—40 мм. Они могут подавать воду на расстояние до 80 м под углом 25—85° в вертикальной плоскости и поворачиваться в горизонтальной плоскости на 360°. Лафетные стволы могут быть простыми, предназначенными для подачи воды, и комбинированными, предназначенными для подачи воды и пены.

На рис. 17.1 приведена принципиальная схема системы водотушения с кольцевой магистралью для грузового судна. Магистральная труба прокладывается на большей части длины судна. Обе ветви магистрали соединяют перемычками, к которым подключены пожарные насосы. Для повышения живучести магистральная труба разбита разбрызгивающими клапанами на участки. Такие же клапаны устанавливают на перемычках. Приемные кингстоны располагают в подводной части судна (ниже ватерлинии порожнем), что обеспечивает прием воды в любых условиях эксплуатации. Необходимое давление в системе при неработающих насосах поддерживается с помощью пневмогидроцистерны. Расположение концевых клапанов позволяет подавать воду для тушения пожара в любом месте палубы и судовых помещений. Кроме того, предусмотрена подача воды к системам пенотушения, водораспыления, на промыв цистерны сточных вод, а также на обмыв якорных цепей и клюзов.

#### 17.4.2. Система спринклерная

Автоматическая спринклерная система применяется на пассажирских и приравненных к ним судах в постах управления, жилых и служебных помещениях. Система предназначена для подачи воды к распылителям специальной конструкции — спринклерам, включающимся автоматически при повышении температуры в охраняемых помещениях до заданной величины.

Основными элементами системы являются спринклеры, контрольно-сигнальные устройства, спринклерный насос, пневмогидравлическая цистерна и трубопроводы с арматурой.

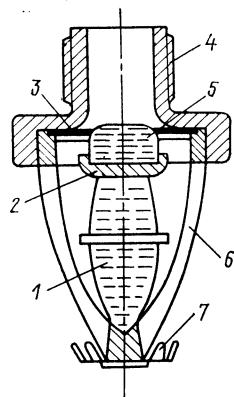


Рис. 17.2. Спринклер с замком—стеклянной колбой

1 — стеклянная колба с легкоиспаряющейся жидкостью; 2 — поддержка клапана; 3 — диафрагма; 4 — штуцер; 5 — клапан стеклянный; 6 — дуга; 7 — розетка

**Спринклерами** называются распылители закрытого типа, в конструкцию которых входит клапан, закрывающий отверстие в распылителе, и замок с чувствительным элементом (рис. 17.2). Спринклеры размещают так, чтобы все поверхности охраняемого помещения равномерно орошались. Площадь палубы, орошаемая одним спринклером, не должна превышать  $9 \text{ м}^2$  при высоте помещения  $2,4 \text{ м}$  и более. Расстояние между спринклерами не должно превышать  $3 \text{ м}$ , а между спринклерами и переборками  $1,5 \text{ м}$ . Спринклеры должны удовлетворять следующим требованиям:

а) при достижении заданной температуры должны вскрываться с полным выбрасыванием замка независимо от давления в системе. Температура вскрытия спринклеров для жилых и служебных помещений для умеренных зон  $68^\circ\text{C}$ ; для тропиков  $79^\circ\text{C}$ ; для сушильных помещений и камбузов независимо от района плавания на  $30^\circ\text{C}$  выше максимальной температуры

у подволока помещений; б) при нормальном рабочем давлении в системе и температуре в помещениях спринклеры не должны вскрываться и давать течь; в) средний расход воды должен быть не менее  $5 \text{ л/мин}$  на  $1 \text{ м}^2$  площади охраняемых помещений.

**Контрольно-сигнальное устройство (КСУ)** представляет собой тип сложной арматуры, состоящий из клинкетной задвижки и невозвратного клапана специальной конструкции. КСУ устанавливается на питающем трубопроводе каждой секции вне охраняемых помещений и выполняет следующие функции: подает воду от источников водопитания к работающим спринклерам; подает сигнал тревоги при вскрытии спринклеров; обеспечивает возможность проверки давления в системе и ее работоспособности.

**Спринклерный насос** автоматически включается при падении давления в системе. Насос должен иметь независимый приемный кингстон и обеспечивать на уровне наиболее высоко расположенного спринклера давление не менее  $0,15 \text{ МПа}$  ( $1,5 \text{ кгс/см}^2$ ) с расчетом, чтобы обеспечить расход воды, достаточный для покрытия  $280 \text{ м}^2$  при среднем расходе не менее  $5 \text{ л/мин}$  на  $1 \text{ м}^2$  площади.

**Пневмогидравлическая цистерна (ПГЦ)** предназначена для поддержания давления в системе при неработающем насосе и питания водой работающих спринклеров на период запуска насоса. Постоянный запас пресной воды в ПГЦ равен производительности спринклерного насоса за 1 минуту. Давление воздуха в цистерне должно быть таким, чтобы после израсходования за-

паса пресной воды давление у наиболее высоко расположенного спринклера составляло не менее  $0,15 \text{ МПа}$  ( $1,5 \text{ кгс/см}^2$ ).

Спринклерные системы делятся на секции. В одной секции допускается установка не более 200 спринклеров. Размещены они должны быть в пределах одной главной вертикальной противопожарной зоны и обслуживать не более двух палуб. Трубы системы постоянно заполнены водой, небольшие наружные секции — воздухом. На приемной трубе спринклерного насоса устанавливают фильтр, исключающий засорение системы и спринклеров. Трубопроводы системы изготавливают из стальных оцинкованных труб и прокладывают под подолоком помещений. Скорость движения воды по трубам допускается не более  $4 \text{ м/с}$ . Внутренние диаметры трубопроводов определяют гидравлическим расчетом.

Спринклерная система (рис. 17.3) действует следующим образом. При повышении температуры в помещении до значений, указанных выше, срабатывают спринклеры (см. рис. 17.2). Закипает легкоиспаряющаяся жидкость в колбе 1 и разрывает ее. Клапан 5 выпадает, и вода начинает через отверстие в диафрагме 3 поступать в помещение. Струя воды разбивается о розетку 7 и образует факел. Срабатывание спринклеров приводит к падению давления в секции, что является импульсом для открытия КСУ. Включение КСУ обеспечивает формирование сигнала о том,

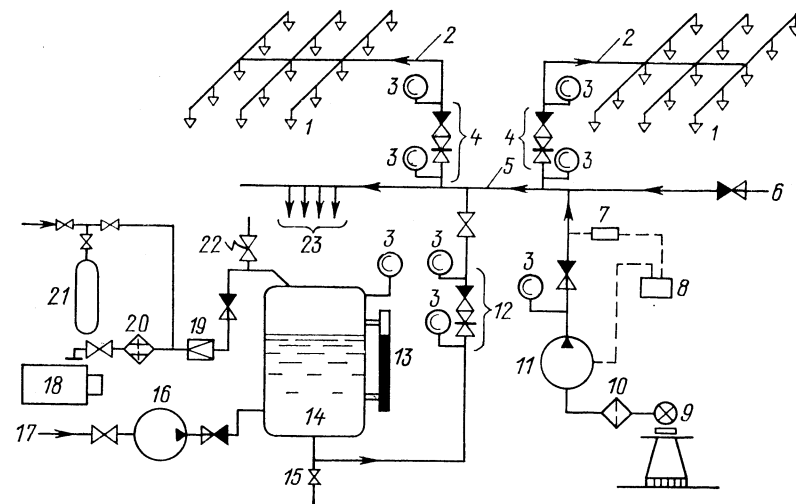


Рис. 17.3. Принципиальная схема спринклерной системы

1 — спринклер; 2 — групповой распределительный трубопровод; 3 — манометр; 4 — контрольно-сигнальное устройство; 5 — магистральный трубопровод; 6 — трубопровод от системы водопитания; 7 — реле давления; 8 — пусковое реле насоса; 9 — кингстон; 10 — фильтр; 11 — спринклерный насос; 12 — главное контрольно-сигнальное устройство; 13 — указательная колонка; 14 — пневмогидроцистерна; 15 — спускной клапан; 16 — насос пресной воды; 17 — трубопровод от цистерны пресной воды; 18 — компрессор; 19 — редукционный клапан; 20 — блок осушки сжатого воздуха; 21 — баллон сжатого воздуха; 22 — предохранительный клапан; 23 — трубопровод к контрольно-сигнальным устройствам

что начали работать спринклеры, и подачу к ним воды из магистрального трубопровода. Падение давления в этом трубопроводе заставляет срабатывать главное контрольно-сигнальное устройство и пусковое устройство насоса. Вначале к спринклерам поступает пресная вода из ПГЦ, а затем, после запуска насоса, — забортная вода. Для перевода системы в дежурное положение в работающих спринклерах заменяются замки и клапаны, и вся система заполняется пресной водой.

### 17.4.3. Система водораспыления

Система водораспыления предназначена для тушения пожаров распыленной водой в машинных, котельных и насосных отделениях, грузовых и служебных помещениях судов.

Системы водораспыления подразделяют на *системы распыленной воды* (диаметр капель 200—400 мкм) и *системы тонкораспыленной воды* (диаметр капель 100—200 мкм) с использованием туманных распылителей и с использованием сжатого воздуха и смачивателя. В состав системы водораспыления входят насосы, трубопроводы, быстродействующие клапаны, распылители, сигнализаторы, контрольно-измерительные приборы. В состав систем с использованием сжатого воздуха и смачивателя дополнительно включают резервуары для хранения смачивателя, воздушные баллоны и смесители.

Строятся системы водораспыления по автономному принципу. В больших помещениях они могут подразделяться на автономные участки. При этом должна обеспечиваться одновременная подача воды на два участка длиной не менее 40 м. Распылители в помещениях размещают на подволоке помещения, в шахтах машинно-котельных отделений, над оборудованием и механизмами, работающими на жидком топливе, над поверхностями, по которым может растекаться жидкое топливо. Распылители размещают так, чтобы их зоны действия перекрывались. Количество распылителей определяют расчетом. Интенсивность подачи воды принимается равной 5 л/мин на 1 м<sup>2</sup> площади, по которой может разлиться топливо, и 1,5 л/мин на 1 м<sup>2</sup> площади наибольшего горизонтального сечения трюма для рыбной муки.

На рис. 17.4 приведена принципиальная схема системы водораспыления в одном из судовых помещений. Питание водой осуществляется от двух участков системы водотушения 5. Трубопровод системы заполнен водой до быстродействующего клапана 7, размещенного в легкодоступном месте вне охраняемого помещения. При его открытии вода поступает к распылителям 1. Для открытия быстродействующего клапана служит побудительный трубопровод 4 с пусковыми клапанами или кранами 3, изготовленный из медных труб  $D_{y10}$ . Для открытия быстродействующего клапана необходимо открыть пусковой кран и спустить воду из побудительного трубопровода. Давление в нем упадет, что и приведет к открытию клапана 7.

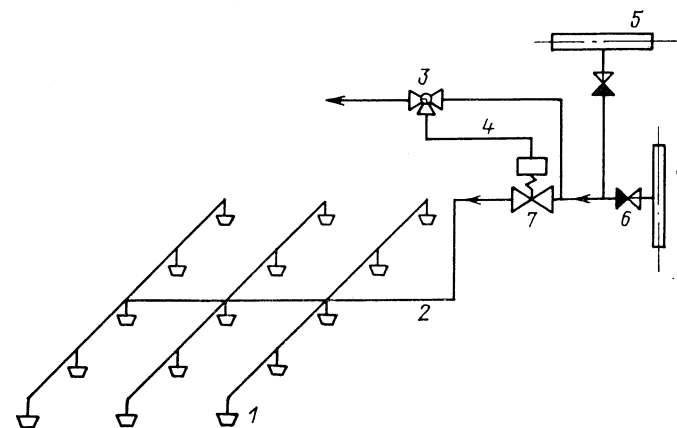


Рис. 17.4. Принципиальная схема системы водораспыления  
1 — распылитель; 2 — распределительный трубопровод; 3 — пусковой кран; 4 — побудительный трубопровод; 5 — трубопровод системы водотушения; 6 — невозвратно-запорный клапан; 7 — быстродействующий клапан

В системах тонкораспыленной воды с применением сжатого воздуха и смачивателя, используемых на закрытых палубах паров и судов *ро-ро*, необходимо расход воды, воздуха и смачивателя принимать из расчета тушения пожара в течение 5 мин в наибольшем по площади грузовом помещении. В качестве смачивателя применяют пенообразователи морпен, ПО-1, ПО-1Д, ПО1С и др., а также поверхностно-активные вещества ОП-7, ОП-10 и др.

Трубопроводы системы изготавливают из стальных оцинкованных и медных труб, арматуру — из цветных сплавов и стали. Управление системой водораспыления может быть ручным с места установки клапанов пуска системы и дистанционным из поста управления пожарными системами. Систему оборудуют автоматическими устройствами, сигнализирующими о включении системы в действие.

### 17.4.4. Система водяного орошения

Система предназначена для тушения пожара или понижения температуры в хранилищах взрывчатых и легковоспламеняющихся веществ, в помещениях сухих грузов, а также для орошения палуб, переборок, вахт, сходов и проходов. Системы орошения крытой-камер и трюмов, приспособленных для перевозки взрывчатых веществ, в случае необходимости используют для их затопления.

В состав системы входят питающие и оросительные трубопроводы, распылители или перфорированные трубы, быстродействующие клапаны, побудительные трубопроводы. Расположение

оросительных трубопроводов с распылителями определяется архитектурой и расположением охраняемых помещений, постов и сходов. Расстояние между распылителями определяется с учетом длины и ширины факела струи таким образом, чтобы они создавали водяную завесу от настила палубы до подволока без просветов. Распылители вокруг трапов и люков размещают под настилом, на который выведен трап. Распылители, орошающие выходы из машинных отделений, поверхностей надстроек и башен доков, размещают ярусами на расстоянии 5 м друг от друга. В системах орошения используются распылители с конусным факелом и щелевые секторные. На коротких и узких участках вместо распылителей используют перфорированные трубы. Трубопроводы системы изготавливают из медных, медноникелевых и стальных труб с антикоррозионным покрытием. Питание водой системы орошения осуществляется от системы водотушения, дополнительное питание орошения выходов из машинного отделения — от пневмогидроцистерны системы бытовой заборной воды. Для орошения наружных стенок надстроек используют общесудовые пожарные насосы. На каждом питающем трубопроводе устанавливают разобширительный и быстродействующий запорные клапаны с дистанционным управлением. До быстродействующего клапана питающие трубопроводы заполнены водой под давлением. Для открытия этого клапана предусматривается побудительный трубопровод с пусковыми трехходовыми кранами. Краны размещают при входе и выходе из защищаемых помещений, а также в начале и в конце каждого маршрута эвакуации.

#### 17.4.5. Система затопления

Система затопления предназначена для заполнения водой хранилищ взрывчатых и легковоспламеняющихся веществ. Она приводится в действие в том случае, если система орошения не обеспечивает снижения температуры в помещении до требуемой. Затопление помещений малого объема осуществляют с помощью системы орошения, большого объема — посредством специальных систем затопления. Если помещения расположены ниже ватерлинии, затопление производится самотеком через приемные кингстоны, выше ватерлинии — с помощью насосов или системы водотушения. Осушение затопленных помещений осуществляют перепуском воды к приемникам осушительной системы. Изготавливают трубопроводы системы затопления из стальных оцинкованных труб, арматуру — из стали.

#### 17.4.6. Система водяных завес

Система водяных завес предназначена для создания сплошных водяных завес, препятствующих распространению огня, дыма и газов в помещениях большого объема, а также для охлаждения корпусных конструкций.

В ее состав входят трубопроводы с распылителями, питающимися от системы водотушения. Для обслуживания системы используют общесудовые пожарные насосы, производительностью не менее 70 л/мин на 1 пог. м длины завесы. Управление системой — ручное и дистанционное из ходовой рубки. Трубопроводы системы изготавливают из стальных оцинкованных труб.

### § 17.5. Системы тушения пожара способом разбавления реагирующих веществ в зоне горения

#### 17.5.1. Система паротушения

Система предназначена для тушения пожаров в глушителях двигателей внутреннего сгорания, дымоходах паровых котлов, каналах вытяжной вентиляции, топливных цистернах, расположенных выше второго дна. Водяной насыщенный пар, поступающий в помещение под давлением 0,6—0,8 МПа (6—8 кгс/см<sup>2</sup>), разбавляет воздух, уменьшая парциальное давление кислорода до концентрации, не поддерживающей горение, а также охлаждает очаг пожара.

В состав системы входит распределительный коллектор и контрольно-измерительные приборы, расположенные на станции паротушения, а также трубопроводы. На станцию паротушения пар поступает от главных или вспомогательных котлов, а также с берега, дока или другого судна. Для тушения пожара необходимо обеспечить подачу пара с интенсивностью не менее 1,33 кг/ч на 1 м<sup>3</sup> валового объема наибольшего охраняемого помещения. Подача пара должна обеспечиваться в необходимом количестве в любое время и во всех условиях эксплуатации судна на стоянке и на ходу. Распределительный коллектор изготавливается из труб и может быть прямым, U-образным или кольцевым с патрубками для подсоединения клапанов. Для приема пара с берега или другого судна предусматривают приемные устройства, устанавливаемые с обоих бортов в районе расположения вспомогательных котлов или станции паротушения. От станции паротушения к охраняемым помещениям прокладывают независимые трубопроводы из стальных труб. Их диаметры определяют гидравлическим расчетом. Выпуск пара в охраняемые помещения осуществляется через открытые концы отрошков. Количество отрошков и их расположение зависят от назначения и объема помещения.

#### 17.5.2. Система углекислотного тушения

Система предназначена для подачи жидкой углекислоты в охраняемые помещения. При распылении углекислота переходит из жидкого состояния в газообразное с температурой —56 °С. При заполнении помещения углекислым газом содержание кислорода в нем уменьшается, и горение прекращается. Этой системой



оборудуют машинные, котельные и насосные отделения, сухогрузные и рефрижераторные трюмы и др.

Система углекислотного тушения состоит из баллонов для хранения жидкой углекислоты, сигнальных, сборных и распределительных коллекторов, трубопроводов, выпускных сопел, пусковых и сигнальных устройств, контрольно-измерительных приборов. Основное оборудование системы размещается на станции углекислотного пожаротушения, расположенной в надстройке или рубке, с выходом на открытую палубу. Станция оборудована вентиляцией и имеет тепловую изоляцию, чтобы температура в ее помещении не поднималась выше 40 °С.

На судах используют системы углекислотного тушения высокого и низкого давления. В системах высокого давления жидкую обезвоженную углекислоту хранят в стальных баллонах емкостью 40 л при рабочем давлении 12,5 МПа (125 кгс/см<sup>2</sup>), баллоны заполняют углекислотой из расчета 0,675 кг на 1 л вместимости. Количество баллонов определяется указанной нормой загрузки баллонов и требуемым запасом углекислоты  $G$  (кг), определяемым зависимостью  $G = \rho V \varphi$ , где  $V$  — расчетный объем наибольшего охраняемого помещения, м<sup>3</sup>;  $\rho = 1,79$  кг/м<sup>3</sup> — плотность паров углекислоты при атмосферном давлении и температуре 18 °С;  $\varphi = 0,30 \div 0,45$  — коэффициент, определяющий степень заполнения помещения углекислым газом и зависящий от категории помещения.

Баллоны группируют в батареи по 6, 9, 12 и 18 штук в каждой. На станции пожаротушения размещают также сигнальный (предохранительный), сборный и распределительный коллекторы.

*Сигнальный* коллектор предназначен для выпуска углекислого газа в атмосферу при самопроизвольной разрядке баллонов в какой-либо батарее. Это может произойти при повышении давления в баллонах. При давлении, равном  $1,3 \pm 0,1 P$  (где  $P$  — расчетное давление в баллоне), разрушается предохранительная мембрана в головке баллона, и углекислота поступает в сигнальный коллектор. Коллекторы всех батарей присоединяются к общему трубопроводу  $D_{y10}$ , выведенному на открытую палубу. На выходном отростке сигнального трубопровода устанавливают сигнальное очко и свисток для подачи сигнала о разрядке баллонов.

В *сборный* коллектор поступает углекислота при вскрытии батарей баллонов. Изготавливается он из стальной трубы, диаметр определяется расчетом. Для соединения баллонов со сборным коллектором используют медные трубы. Сборные коллекторы всех батарей подключают к соединительной трубе, по которой углекислота идет к распределительному коллектору или в охраняемое помещение.

*Распределительный* коллектор предусматривают в случае, если станция пожаротушения обслуживает ряд помещений, близких по объему. Изготавливаются эти коллекторы из стальных труб и могут быть прямыми, U-образными и кольцевыми. От па-

трубков распределительного коллектора в охраняемое помещение должны идти независимые трубопроводы. Трубопроводы системы изготавливаются из стальных оцинкованных труб. Диаметры трубопроводов определяют расчетом. Система должна обеспечивать ввод 85 % расчетного количества углекислоты в течение не более 2 мин — для машинных помещений и других помещений, где применяется жидкое топливо, и не более 10 мин — для помещений с подвижной техникой с топливом в баках и помещений, в которых не применяется жидкое топливо. Углекислота в помещениях выпускается через сопла, суммарная площадь которых не должна быть более 85 % площади распределительного трубопровода. Сопла располагаются в верхней части помещений.

Для вскрытия баллонов используют устройства ручного и дистанционного пуска. Ручной пуск осуществляют с помощью привода рычажного типа, дистанционный пуск — с помощью пневмоцилиндров, каждый из которых обеспечивает вскрытие батареи баллонов. Сжатый воздух, используемый в приводе, хранится в двух пусковых баллонах. Размещаются баллоны на станции тушения, давление воздуха в них должно быть не менее 2,5—3,0 МПа (25—30 кгс/см<sup>2</sup>).

Если система углекислотного тушения обслуживает помещения, где могут находиться люди, то в этих помещениях должна предусматриваться звуковая и световая сигнализация оповещения людей о пуске систем. На рис. 17.5 приведена принципиальная схема системы углекислотного тушения, предназначенная для тушения пожара в машинном отделении грузового судна. Запас углекислоты хранится на станции пожаротушения в восьми батареях по 12 баллонов в каждой. Батареи разделены на две группы, каждая из которых имеет соединительный трубопровод, подводящий углекислоту к распределительным трубопроводам. Сопла расположены в машинном отделении в несколько ярусов. Сигнальные коллекторы всех батарей объединены общим трубопроводом  $D_{y10}$ . На нем размещены сигнальный свисток 6 и очко 5. Для пуска системы надо открыть три клапана: клапан 16, подводящий сжатый воздух от баллонов к коллектору управления 8, клапан 15, подводящий воздух к пневмоприводам пусковых клапанов 11 и клапан 14, подводящий воздух к пневмоцилиндрам привода открытия выпускных головок баллонов. Клапан заблокирован с предупредительной сигнализацией. Система углекислотного тушения является эффективной системой, углекислота не портит материалов, с которыми соприкасается, подается в помещение под собственным внутренним давлением. К недостаткам системы относится ее высокая первоначальная стоимость, большая масса, высокое давление в баллонах, приводящее к возможности самопроизвольного выхода углекислоты, невозможность пополнения ее запасов в море.

Большая часть этих недостатков отсутствует у системы углекислотного тушения низкого давления. В этой системе расчетное количество жидкой углекислоты хранится в одном резервуаре



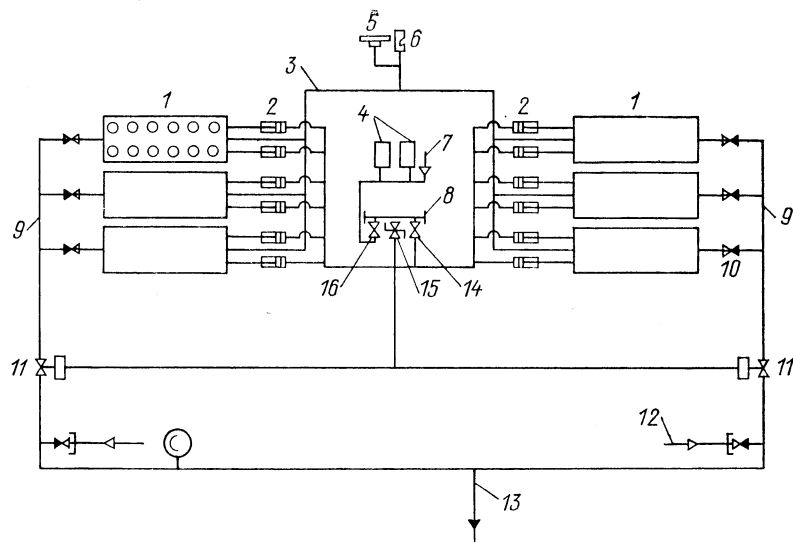


Рис. 17.5. Принципиальная схема системы углекислотного тушения пожара

1 — батарея баллонов; 2 — пневмоцилиндр привода открытия баллонов; 3 — сигнальный трубопровод; 4 — пусковые баллоны сжатого воздуха; 5 — сигнальное очко; 6 — сигнальный свисток; 7 — трубопровод от системы сжатого воздуха; 8 — коллектор управления; 9 — соединительный трубопровод; 10 — невозвратно-запорный клапан; 11 — пусковой клапан; 12 — трубопровод продувки сжатым воздухом; 13 — трубопровод подачи углекислоты в машинное отделение; 14, 16 — запорные клапаны; 15 — запорный клапан, заблокированный с сигнализацией

при давлении около 2 МПа (20 кгс/см<sup>2</sup>) и температуре около —18 °С. Эта температура поддерживается двумя автоматизированными холодильными установками, одна из которых является резервной. Объем резервуара может быть значительным. На судах зарубежной постройки устанавливаются резервуары, содержащие до 28 т охлажденной углекислоты. Система углекислотного тушения низкого давления имеет меньшую металлоемкость и меньшую площадь станции тушения, чем система с баллонами высокого давления. В ней значительно легче осуществить контроль количества жидкой углекислоты.

### 17.5.3. Система тушения пожаров инертными газами

Эта система используется в трюмах сухогрузных судов для тушения пожаров и в грузовых отсеках танкеров для создания атмосферы, не поддерживающей горения. В качестве инертных на судах используются прошедшие обработку дымовые газы котлов, а также газы, полученные сжиганием топлива в автономных генераторах газов. В состав системы входят устройства для отбора газов от дымоходов котлов или генераторов газа, скрубберы — аппараты для охлаждения и очистки газа от твердых частиц и

сернистых продуктов сгорания, нагнетатели газа, трубопроводы, приборы контроля и управления.

На рис. 17.6 приведена схема системы инертных газов. Топочные газы отбираются из дымоходов котлов и подаются в скруббер. Содержание кислорода в инертном газе не должно превышать 5 % по объему. В противном случае должна срабатывать звуковая и световая сигнализация предупреждения. После охлаждения и очистки в скруббере инертный газ нагнетателями подается через палубный затвор в магистральный трубопровод. Иногда в системах после скрубберов устанавливают блоки осушки газа. Количество нагнетателей должно быть не менее двух. При совместной работе они обеспечивают заполнение 25 % объема любого сухогрузного трюма в течение 1 ч работы генератора инертных газов. На танкерах система должна обеспечивать подачу газа в количестве, необходимом для инертизации танков и поддержания в них избыточного давления. При этом давление в танках не должно превышать 24 кПа (0,24 кгс/см<sup>2</sup>). Температура газа, поступающего в охраняемое помещение, должна быть не более 65 °С для наливных судов и 50 °С для сухогрузных судов. Трубопроводы для подачи инертного газа в сухогрузные трюмы вводятся в нижней части помещений, в нефтеналивные танки — в верхней части отсеков. Изготавливаются они из стальных труб. На трубопроводе инертного газа установлен запорный клапан, автоматически закрывающийся при падении давления газа или охлаждающей воды. В системе предусмотрено два

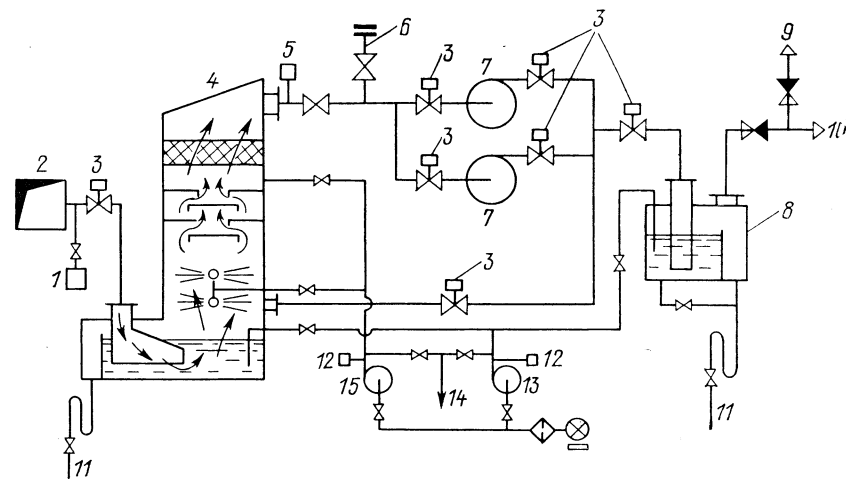


Рис. 17.6. Принципиальная схема системы инертных газов

1 — анализатор содержания кислорода в газах; 2 — дымоход котла; 3 — дистанционно-управляемый клапан; 4 — скруббер; 5 — аварийный сигнализатор высокой температуры газов; 6 — патрубок подвода атмосферного воздуха; 7 — вентилятор; 8 — палубный водяной затвор; 9, 10 — трубопроводы в танки; 11 — отвод воды за борт; 12 — реле низкого расхода воды; 13 — насос заборной воды для водяных затворов; 14 — трубопровод для отвода воды в льяла; 15 — насос заборной воды для скруббера

насоса охлаждающей воды. Один из них подает воду в скруббер, второй — в палубный водяной затвор и нижнюю часть скруббера. При повышении давления в танках для обеспечения нормальной работы нагнетателей используют рециркуляционный трубопровод. Палубный водяной затвор исключает попадание газа из танков в машинное отделение и дымоход котлов. Система обеспечивает возможность дегазации танков наружным воздухом путем переключения нагнетателей на прием воздуха из атмосферы. Работа систем инертных газов автоматизирована. В ней используют датчики содержания кислорода, аварийные датчики высокой температуры газов, низкого давления охлаждающей воды и снижения производительности охлаждающих насосов. Аварийные датчики отключают систему и обеспечивают подачу звуковых и световых сигналов.

### § 17.6. Системы тушения пожара способом изоляции реагирующих веществ

Система пенного тушения. Рабочей средой этих систем является пена, представляющая собой ячеисто-пленочную структуру, состоящую из множества пузырьков газа, разделенных пленками жидкости. Пена может быть получена в результате химической реакции или механического перемешивания воздуха, воды и специального вещества — *пенообразователя*. Соответственно, пены называются химическими или воздушно-механическими. В состав пенообразователей (ПО) входят, как правило, поверхностно-активные вещества и стабилизатор пены. ПО позволяют стабилизировать структуру пены, замедляют ее разрушение и обеспечивают требуемые качества. Одним из главных качеств является *кратность* пены. Характеризуется это качество коэффициентом кратности  $k$ , представляющим собой отношение объема полученной пены к объему смеси воды и ПО. Не менее важным качеством является *устойчивость* пены или ее способность сохранять во времени свою структуру, объем и массу.

На судах наиболее широкое распространение получили системы воздушно-механического пенотушения. Применяются они для тушения пожаров в грузовых отсеках танкеров, в машинно-котельных и насосных отделениях, на закрытых грузовых палубах паромов и малярных, кладовых легковоспламеняющихся жидкостей и других помещениях. Используемая в этих системах воздушно-механическая пена подразделяется по кратности на пены низкой ( $k=6\div 12$ ), средней ( $k=70\div 100$ ) и высокой кратности ( $k=950\div 1000$ ).

По методу тушения пожаров системы подразделяют на стационарные системы объемного тушения пеной высокой кратности и системы поверхностного тушения пеной средней кратности, а также системы местного тушения пенами низкой и средней кратности с использованием переносных генераторов пены и воздушно-пенных стволов.

В состав систем пенотушения входят цистерны для хранения ПО, дозирующие устройства для получения раствора ПО, насосы, воздушно-пенные и лафетные стволы, генераторы средне- и высокократной пены, трубопроводы, контрольно-измерительные приборы. Воздушно-механическая пена включает в себя воду, воздух и ПО. На судах используются пенообразователи марок ПО-1, ПО-1Д, ПО-6К, ПО-ЗАИ и «Морпен».

Основное оборудование стационарных систем — цистерны, дозирующие устройства, трубопроводы и арматура, обеспечивающие пуск системы,—размещаются вне охраняемых помещений — в станциях пенотушения. Станции, как правило, располагают на открытых палубах или под ними и имеют непосредственный вход с открытой палубы. Помещения станций ограничиваются конструкциями типа А, имеют хорошую тепловую изоляцию и оборудуются системами вентиляции. Количество станций выбирают в зависимости от числа и расположения охраняемых помещений. На танкерах станции, а также насосы и трубопроводы, питающие станции водой, должны находиться за пределами грузовых отсеков.

Расчетный запас ПО хранится в специальных вкладных цистернах, которые оборудуют устройствами для наполнения и спуска ПО и контроля за его уровнем. Диаметры труб системы определяют расчетом, при этом скорость движения по трубам смеси воды и ПО принимают не более 4 м/с. Разрешается соединять трубопроводы для подачи этой смеси с системой водотушения. Это позволит использовать пену для тушения пожаров в жилых и служебных помещениях, используя трубопроводы системы водотушения и переносные пеногенераторы. На палубе танкеров на магистральном трубопроводе устанавливают разобщительные клапаны или клинкетные задвижки приблизительно через 30 м. Между двумя клапанами устанавливают сдвоенные концевые пожарные клапаны диаметром около 70 мм для подсоединения рукавов с воздушно-пенными стволами. Если используется пена средней кратности, то вместо сдвоенных клапанов устанавливаются клапанные коробки с числом клапанов, равным 50 % расчетного количества генераторов пены. Большое влияние на принципиальную схему системы и ее эффективность оказывают дозирующие устройства, позволяющие получить смесь воды и ПО нужной концентрации. Дозирующие устройства могут быть различных типов и устанавливаться на напорном или всасывающем трубопроводах пожарного насоса. В качестве дозирующих устройств используют цистерны-дозаторы, воздушно-пенные смесители, автоматические дозаторы и др.

Для получения воздушно-механической пены используют воздушно-пенные стволы, лафетные стволы и генераторы пены. Стационарные и переносные воздушно-пенные стволы служат для получения пены низкой кратности. Основными элементами их конструкции являются сопло-насадка и диффузор (рис. 17.7). Проходя через сопло, смесь воды и ПО приобретает большую скорость,

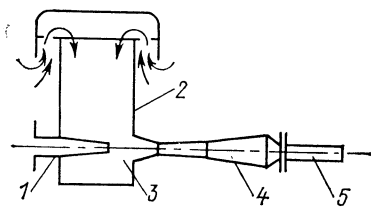


Рис. 17.7. Стационарный воздушно-пенный ствол

1 — патрубок с соплом для входа смеси воды и пенообразователя; 2 — воздухопровод; 3 — камера смешения воздуха со смесью воды и пенообразователя; 4 — диффузор; 5 — пенопровод

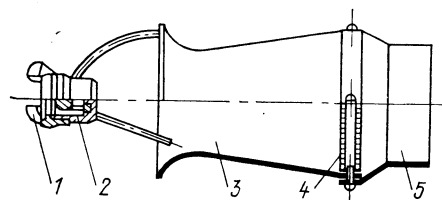


Рис. 17.8. Генератор пены средней кратности

1 — соединительная головка; 2 — центробежный распылитель; 3 — корпус; 4 — двойная пенообразующая сетка; 5 — направляющая насадка

в камере смешения за счет этого падает давление и подсасывается воздух из атмосферы. При перемешивании его с раствором ПО образуется пена. На грузовых палубах танкеров каждый ствол должен обеспечивать подачу пены с производительностью не менее  $66,7 \text{ дм}^3/\text{с}$  на расстояние не менее 15 м. В судовых помещениях эта производительность должна быть не менее  $33,3 \text{ дм}^3/\text{с}$ . На грузовой палубе танкеров для защиты каждого отсека устанавливают стационарный воздушно-пенный ствол. Переносные стволы при пожарах вне грузовых отсеков могут подсоединяться к сдвоенным пожарным клапанам, установленным на магистральном трубопроводе системы. Магистральный трубопровод прокладывается на танкерах по палубе и может повреждаться при взрывах в танках. Для повышения живучести системы в ее состав включают лафетные стволы производительностью не менее 3 л/мин по раствору на  $1 \text{ м}^2$  защищаемой площади. Эти стволы вырабатывают пену низкой кратности и подают ее на расстояние не менее 40 м. Устанавливают лафетные стволы на палубах юта и бака, а при большой длине грузовой палубы — на специальных площадках, расстояние между которыми не должно превышать 75 % дальности полета струи пены. На судах используются комбинированные стволы, которые могут подавать как пену, так и воду от системы водотушения.

Пена средней и высокой кратности вырабатывается стационарными и переносными генераторами пены. Основными элементами генераторов пены средней кратности являются центробежный распылитель и двойная пенообразующая сетка, расположенные в корпусе специальной формы (рис. 17.8). Раствор ПО, подаваемый с большой скоростью через распылитель, смешивается в корпусе с подсасываемым воздухом, и на пенообразующей сетке образуется пена. Используемые на судах генераторы имеют производительность по раствору ПО от 1 до 20 л/с, вырабатывают пену кратностью 70—100 и обеспечивают дальность полета струи пены 6—10 м. Для получения высокократной пены используют генераторы вентиляторного типа. В них также для получения

пены применяют пенообразующие сетки. Воздух в корпус генератора подается специальным вентилятором. Производительность этих генераторов по раствору ПО составляет от 1,72 до  $6,62 \text{ л/с}$ . Кратность получаемой пены составляет 980—1050. Эти генераторы используют для тушения пожаров в машинно-котельных отделениях и других подобных помещениях объемным способом. При площади защищаемого помещения более  $400 \text{ м}^2$  предусматривают два генератора высокократной пены, расположенные в противоположных частях помещения.

По способу получения пены системы пенотушения могут быть с внутренним и внешним пенообразованием. В первом случае пена вырабатывается непосредственно на станции тушения и по трубопроводам подается в охраняемые помещения. Внешнее образование пены осуществляется в специальных аппаратах — воздушно-пенных стволах и генераторах пены. Схема станции с использованием цистерн-дозаторов приведена на рис. 17.9. На станции находится цистерна с расчетным запасом ПО. Вытесняется ПО из цистерны водой, подаваемой от системы водотушения. Установка нормальной и дозирующей диафрагм позволяет не только обеспечить поступление воды в верхнюю часть цистерны-дозатора для вытеснения ПО, но и получить их смесь нужной концентрации. Смесь воды и ПО по трубопроводам поступает в магистраль, а по ней к лафетным стволам и пожарным клапанам. На рис. 17.10 приведена схема системы пожаротушения пеной средней кратности танкера с использованием лафетных стволов и генераторов пены, подключаемых к пожарным клапанам на магистральном трубопроводе. На палубе юта устанавливаются два лафетных ствола, производительность каждого из них не менее 50 % расчетной производительности системы. Расстояние между стволами по длине танкера не должно превышать 75 % дальности полета струи пены от лафетного ствола. В системе использованы комбинированные стволы. Рядом с кормовыми стволами размещают сдвоенные пожарные клапаны для подсоединения ручных пенных стволов. На магистрали через 30—40 м установлены разобширительные клапаны. Между этими клапанами устанавливают клапаны или клапанные коробки для подсоединения генераторов пены. Изготавливают трубопроводы из стальных оцинкованных труб, арматура стальная.

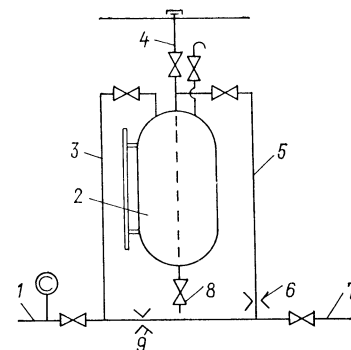


Рис. 17.9. Схема станции воздушно-механического пенотушения с внешним процессом пенообразования

1 — трубопровод от системы водотушения; 2 — цистерна с запасом пенообразователя; 3 — трубопровод вытесняющей воды; 4 — наливной трубопровод; 5 — трубопровод пенообразователя; 6 — дозирующая диафрагма; 7 — магистральный трубопровод; 8 — сливной трубопровод; 9 — нормальная диафрагма

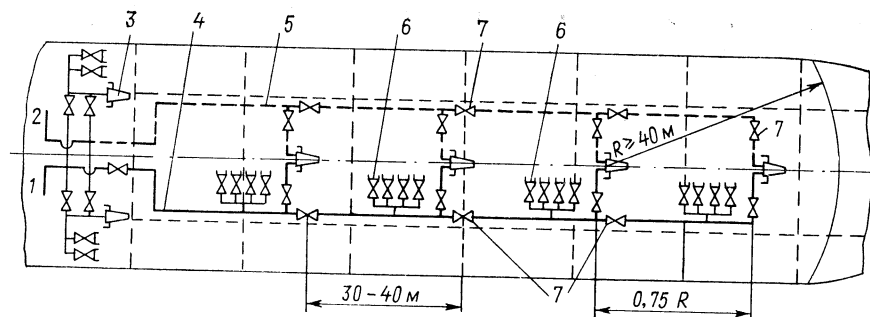


Рис. 17.10. Принципиальная схема системы пожаротушения пеной средней кратности

1 — трубопровод от станции пенотушения; 2 — трубопровод от пожарных насосов; 3 — лафетный пеноводяной ствол; 4 — магистральный трубопровод системы пенотушения; 5 — магистральный трубопровод системы водотушения; 6 — пожарные концевые клапаны для подключения генераторов пены средней кратности; 7 — разобширительный клапан

Производительность систем пенотушения и количество пенообразователя выбирается в зависимости от расчетных площадей или объема защищаемых помещений, кратности пены, интенсивности подачи раствора ПО и продолжительности работы системы. Приведение в действие системы производится из помещения станции тушения. При применении стационарных генераторов пены предусматривается дистанционный пуск системы из рулевой рубки или других постов.

## § 17.7. Системы тушения пожара способом химического торможения реакции горения

### 17.7.1. Система объемного химического тушения

Система предназначена для тушения пожаров в судовых помещениях объемным способом. Действие ее основано на принципе химического торможения реакции горения. В качестве огне-тушащих сред Правила Регистра СССР допускают применение хладонов 13B1 ( $\text{CBrF}_3$ ), 114B2 ( $\text{C}_2\text{Br}_2\text{F}_4$ ) и состава БФ-2, состоящего по массе из 27 % хладона 114B2 и 73 % бромистого этила. Рассматриваемую систему используют для тушения пожаров в машинных и котельных отделениях, в помещениях, где расположено электрооборудование, на закрытых грузовых палубах паромов и судов типа ро-ро, сухогрузных и рефрижераторных трюмах, ангарах и других помещениях.

В состав системы входят цистерны с огнегасительной жидкостью, баллоны сжатого воздуха, трубопроводы, распылители и контрольно-измерительные приборы.

Требуемое количество огнегасительной жидкости  $G$  (кг) определяют по формуле  $G = qV$ , где  $V$  — расчетный объем наибольшего защищаемого помещения,  $\text{м}^3$ ;  $q$  — удельный расход жидкости,  $\text{кг}/\text{м}^3$ . Для хладона 114B2  $q = 0,200 \text{ кг}/\text{м}^3$ ; для хладона 13B1  $q = 0,260 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Для помещений, в которых перевозится подвижная техника с топливом в баках, эти нормы увеличиваются до  $0,23 \text{ кг}/\text{м}^3$  и  $0,310 \text{ кг}/\text{м}^3$  соответственно. Для состава БФ-2  $q = 0,215 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Основное оборудование системы размещается в специальном помещении — станции объемного химического тушения. Станция должна иметь тепловую изоляцию и вентиляцию, обеспечивающую 8 обменов в час. Температура на станции не должна быть ниже  $20^\circ\text{C}$ . На станции должно предусматриваться не менее двух резервуаров с огнегасительной жидкостью. Вместимость каждого резервуара должна быть достаточной для хранения всего расчетного количества жидкости, коэффициент заполнения резервуаров — не более 0,9. На станции устанавливают не менее двух баллонов сжатого воздуха. Емкость каждого баллона и давление в нем должны обеспечивать однократный пуск расчетного количества огнегасительной жидкости в наибольшее по объему охраняемое помещение. Максимальное давление наполнения баллонов сжатым воздухом — не более 15 МПа ( $150 \text{ кг}/\text{см}^2$ ). Система должна обеспечивать выпуск необходимого количества огнегасительной жидкости в охраняемое помещение за время, не превышающее 20 с. Диаметр трубопроводов определяют расчетом, исходя из заданного времени выпуска; скорость движения жидкости при этом не должна превышать 10—15 м/с. В охраняемых помещениях разводка труб выполняется по кольцевой или тупиковой схемам. При использовании состава БФ-2 трубопроводы изготавливаются из стальных оцинкованных труб, при использовании хладонов — из стальных труб; арматура — стальная. Количество распылителей в системе определяют расчетом, но в любом случае их должно быть не менее двух на помещение. Располагают распылители ярусами, так, чтобы обеспечивалось равномерное распыление жидкости по всему объему помещения. Если помещение имеет высоту более 5 м, то распылители размещают в несколько ярусов. Количество ярусов определяется наличием платформ, площадок и т. п. Управление пуском огнегасительной жидкости в помещения осуществляют вручную из помещения станции. Охраняемые помещения, в которых могут находиться люди, оборудуют звуковой и световой сигнализацией предупреждения о пуске в них огнегасительной жидкости. Пусковой клапан в этом случае снабжают блокировочным устройством. Это устройство обеспечивает подачу сигнала предупреждения с таким расчетом, чтобы люди успели покинуть помещение до поступления в него огнегасительной жидкости.

На рис. 17.11 приведена принципиальная схема системы объемного химического тушения на грузовом судне. Система предназначена для тушения пожаров в машинном отделении и четырех трюмах. На станции 1 установлены два резервуара 2 с огнегасительной жидкостью БФ-2. Рабочее давление в резервуарах принято равным 0,8 МПа ( $8 \text{ кг}/\text{см}^2$ ). Сжатый воздух хранится в двух баллонах 14 емкостью по  $0,5 \text{ м}^3$  каждый под давлением 2,5 МПа ( $25 \text{ кгс}/\text{см}^2$ ). Баллоны пополняются от системы сжатого

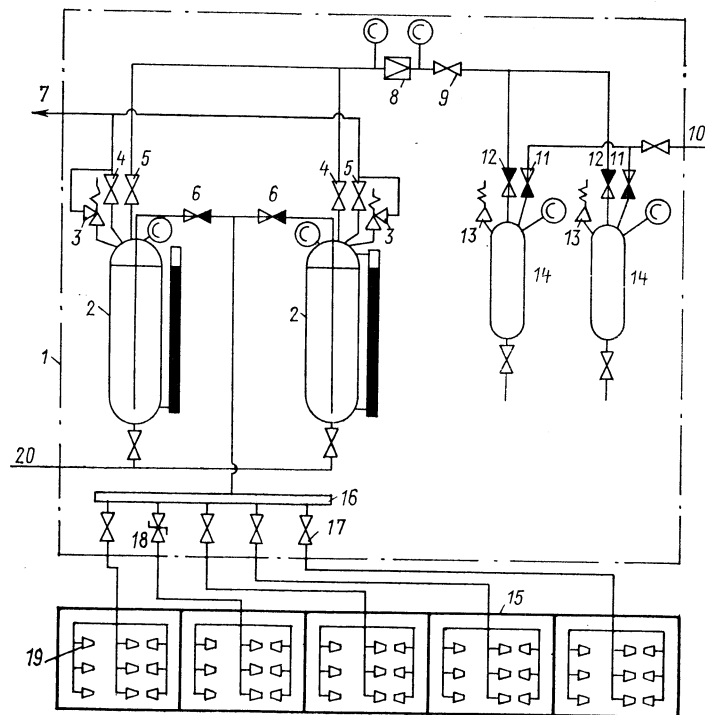


Рис. 17.11. Принципиальная схема системы объемного химического тушения

1 — станция объемного химического тушения; 2 — резервуар с огнетушительной жидкостью; 3, 13 — предохранительные клапаны; 4, 5, 9 — запорные клапаны; 6, 11, 12 — невозвратно-запорные клапаны; 7 — предохранительный трубопровод; 8 — редукционный клапан; 10 — трубопровод от системы сжатого воздуха; 14 — баллон сжатого воздуха; 15 — охраняемые помещения; 16 — распределительный коллектор; 17 — пусковой клапан; 18 — пусковой клапан, заблокированный с сигнализацией; 19 — распылитель; 20 — трубопровод заполнения резервуаров

воздуха по трубопроводу 10. Для пуска системы открывают клапаны 5, 6, 9, 12 и соответствующий пусковой клапан на коллекторе 16. Сжатый воздух проходит через редукционный клапан 8, понижающий давление с 2,5 МПа до 0,8 МПа, поступает в резервуары с огнетушительной жидкостью и вытесняет ее в распределительный коллектор 16. Далее рабочая среда по соответствующему трубопроводу подается к распылителям 19 в помещение, где начался пожар.

### 17.7.2. Система порошкового тушения

Сухие огнетушительные порошки используют для тушения пожаров на газовозах, танкерах-химовозах, пожаров технологических установок на рыбообрабатывающих базах, в помещениях аварийных источников энергии, в кладовых легковоспламеняющихся жидкостей и других помещениях морских судов. Наибо-

лее универсальными являются порошки на основе бикарбоната натрия  $\text{NaHCO}_3$  и бикарбоната калия  $\text{KHCO}_3$ . Их преимущественно используют для тушения газов и воспламеняющихся жидкостей. Порошок на основе бикарбоната натрия представляет собой мелкий текучий порошок белого цвета. Он не токсичен, не оказывает вредного воздействия на материалы, не электропроводен, имеет плотность 900—1200 кг/м<sup>3</sup>, температура хранения не выше 50 °С.

Действие этих порошков основано на разрыве цепной химической реакции горения. Кроме того, происходит разбавление реагирующих веществ негорючими газами, выделяющимися при термическом разложении частиц порошка, а также охлаждение зоны горения при введении в эту зону частиц с огромной суммарной поверхностью.

Существуют порошки на основе фосфатов аммония. Действие этих порошков основано на изоляции очага пожара от кислорода воздуха за счет образования на поверхности горящего вещества непроницаемого слоя.

Тушение пожаров порошками осуществляют следующими способами: *объемным* — порошковое облако заполняет весь объем помещения; *поверхностным* — порошок подается на поверхность горящего вещества; *местным* — порошок подается для тушения какой-либо конкретной установки.

В состав системы входят резервуары с порошком, баллоны с газом-носителем, распределительный коллектор, посты тушения, трубопроводы и арматура для пуска системы и подачи порошка к постам. Резервуары с порошком, баллоны с газом-носителем, коллекторы размещают на станции порошкового тушения. Станции должны располагаться за пределами грузовых палуб газовозов и химовозов. При длине палубы более 150 м разрешается одну станцию размещать на ней. По длине грузовой палубы с интервалом в 20 м размещают посты тушения. В оборудование поста включается ручной ствол с рукавом длиной до 33 м или лафетный ствол, а также баллон с газом для дистанционного пуска системы. Управление системой осуществляется с постов тушения. При открытии пусковых баллонов газ поступает в пневмочлиндры привода открытия основных баллонов с газом-носителем на станции тушения. В качестве такого газа, как правило, используют азот. Этот газ поступает в резервуар с порошком и разрыхляет его. После создания определенного давления в резервуаре открывают главный пусковой клапан, и порошок, взвешенный в азоте, поступает в распределительный коллектор. Так как наряду с открытием баллонов открывается пусковой клапан на трубопроводе к действующему посту тушения, то туда начинает поступать порошок. По рукаву он подается к стволу-пистолету. Ручные стволы имеют производительность 3,5 кг/с и обеспечивают длину струи порошка не менее 8 м. Производительность лафетных стволов колеблется от 10 кг/с до 45 кг/с, длина струи составляет соответственно от 10 м до 40 м. Система проектиру-

ется таким образом, чтобы в любую часть грузовой палубы можно было подать порошок от двух ручных или ручного и лафетного стволов. Подачу порошка в помещения осуществляют через распылители. Их расположение должно обеспечивать равномерное распыление порошка во всем объеме.

### § 17.8. Автоматизация противопожарных систем

К противопожарным системам предъявляют целый ряд требований, основными из которых являются постоянная готовность к действию, эффективность тушения пожара, высокая надежность, живучесть системы, простота и быстрота ее действия. Отличительной особенностью общесудовых систем, в том числе и противопожарных, является то, что большое количество применяемой аппаратуры и механизмов рассредоточено по всему судну.

Автоматизация противопожарных систем предусматривает применение: систем пожарной сигнализации; систем дистанционного автоматизированного управления противопожарными средствами; систем автоматического включения противопожарных средств.

В состав систем пожарной сигнализации входят датчики-извещатели о пожаре, расположенные в различных помещениях. При возникновении пожара они регистрируют его по одному из проявлений и вырабатывают электрический сигнал. Возникающий сигнал передается на мнемосхему поста управления, где вызывает соответствующий световой и звуковой сигналы.

Дистанционное автоматизированное управление противопожарными системами осуществляется с пультов, расположенных в центральных постах управления. Заключается оно в запуске по сигналу операторов насосов системы водотушения, переключении клапанов, введении в действие систем объемного пожаротушения и выполнении других необходимых операций по включению противопожарных средств.

Системы автоматического включения этих средств устанавливают в особо пожароопасных местах. При возникновении пожара они автоматически включают в действие противопожарные системы. Примером может служить спринклер, при повышении температуры до заданного уровня включающий в действие спринклерную систему.

## Глава восемнадцатая

### СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО МИКРОКЛИМАТА

#### § 18.1. Классификация, назначение и общие требования

Эта группа систем подразделяется на системы вентиляции, отопления, охлаждения судовых помещений, осушения и кондиционирования воздуха.

Системы искусственного микроклимата должны обеспечивать надежную, эффективную работу при экономически целесообразном режиме обработки и распределении воздуха; допускать требуемую регулировку параметров воздуха; не создавать шумов выше допустимого уровня, устранять возможность простудных заболеваний людей от воздействия воздуха, подаваемого в помещение; быть безопасными в пожарном отношении; изготовляться из унифицированных элементов с минимально возможным количеством их типоразмеров; элементы систем не должны загромождать обслуживаемые помещения, нарушать их архитектуру. К каждой системе этой группы предъявляется кроме этих целый ряд специальных требований.

#### § 18.2. Расчетные параметры воздуха

Для выбора принципиальной схемы системы, параметров ее рабочей среды необходимо знать условия эксплуатации обслуживаемого помещения. Необходимо знать расположение помещений на судне, параметры воздуха внутри и снаружи их, источники тепло-, влаго- и газовыделений и т. д.

Расчетными параметрами воздуха являются температура  $t$ , влагосодержание  $d$ , относительная влажность  $\phi$ , энтальпия  $i$ , содержание вредных газов  $m$ , скорость движения  $v$ .

Температура  $t$  характеризует степень нагретости воздуха, измеряется в  $^{\circ}\text{C}$ .

В соответствии с законом Дальтона барометрическое давление влажного воздуха  $P_6$  (Па) равно сумме парциальных давлений его сухой части  $P_c$  и водяного пара  $P_n$ :  $P_6 = P_c + P_n$ .

Плотность влажного воздуха ( $\text{кг/м}^3$ ) есть его масса в единице объема. В расчетах плотность влажного воздуха принимают равной плотности сухой его части.

Влагосодержанием  $d$  ( $\text{кг/кг}$  или  $\text{г/кг}$ ) называется масса водяного пара, приходящаяся на 1 кг сухого воздуха или содержащаяся в  $(1+d)$  кг влажного воздуха.

Относительной влажностью воздуха  $\phi$  называют отношение влагосодержания водяного пара в ненасыщенном воздухе к влагосодержанию водяного пара в насыщенном воздухе при той же температуре, выраженное в процентах. Относительную влажность можно определить и как отношение парциальных давлений водяного пара в ненасыщенном и насыщенном воздухе при одной температуре, выраженное в процентах  $\phi = (P_n/P_n) \cdot 100\% = (d/d_n)\%$ , где  $P_n$  и  $d$  — парциальное давление пара и влагосодержание в ненасыщенном воздухе,  $P_n$  и  $d_n$  — то же в насыщенном воздухе.

Энтальпия влажного воздуха  $i$  ( $\text{кДж/кг}$ ) — это количество теплоты, содержащейся в  $(1+d)$  кг влажного воздуха. Ее определяют по формуле  $i = 1,0t + (2500 + 1,93t)d$ , где  $t$  — температура воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $d$  — влагосодержание воздуха,  $\text{г/кг}$ .

Атмосферный воздух представляет собой смесь сухого воздуха, водяного пара и др. В расчетах систем сухой воздух рассматри-



вают как смесь азота и кислорода. Содержание азота принимается равным 79 % по объему, кислорода 21 %. Водяной пар составляет от 0,2 до 2,6 % по объему. Атмосферный воздух в естественных условиях всегда является влажным воздухом. Влажный воздух может быть насыщенным и ненасыщенным.

Расчетные параметры наружного воздуха и температуры заборной воды в различных районах Мирового океана устанавливаются на основании многолетних наблюдений метеорологической службы и приводятся в справочниках и отраслевых стандартах. Так, в расчетах для неограниченного района плавания рекомендуется принимать следующие значения температуры и относительной влажности наружного воздуха:

Летний период: температура воздуха 34 °С, относительная влажность воздуха 80 %, температура заборной воды 30 °С.

Зимний период: температура воздуха —25 °С, относительная влажность воздуха 85 %, температура заборной воды 0 °С.

Расчетные параметры воздуха для помещений различного назначения устанавливаются на основании результатов санитарно-гигиенических исследований и приводятся в Санитарных правилах для морских судов СССР 1982 г. Так, для жилых и служебных помещений, обслуживаемых системой кондиционирования воздуха, установлены следующие расчетные значения температуры и относительной влажности:

Летний период: температура воздуха 25 °С, относительная влажность 40—60 %.

Зимний период: температура воздуха 20 °С, относительная влажность 40—60 %.

Санитарные правила ограничивают также подвижность воздуха в зоне нахождения людей. В судовых помещениях в зависимости от их типа, времени года и района плавания скорость воздуха допускается в пределах 0,15 до 1,0 м/с, в машинно-котельных отделениях до 1,5 м/с.

Критерием для нормирования содержания в воздухе жилых и служебных помещений посторонних газов является содержание в нем CO<sub>2</sub>. Предельно допустимая концентрация CO<sub>2</sub> в жилых помещениях составляет 1,0 л/м<sup>3</sup>, в служебных 1,25 л/м<sup>3</sup>, в помещениях с кратковременным пребыванием людей 2,0 л/м<sup>3</sup>.

### § 18.3. Системы вентиляции

Системы вентиляции предназначены для подачи в помещения судна наружного воздуха и удаления из них загрязненного с целью обеспечения заданного воздухообмена.

Условия вентилирования каждого помещения зависят от его назначения и принадлежности к одной из следующих основных групп помещений: жилые, общественные, медицинские, санитарные, машинные отделения, грузовые трюмы, кладовые судового снабжения и др.

В состав систем вентиляции входят следующие основные элементы: вентиляторы, фильтры, воздухораспределители, устройства

для приема и выброса воздуха, глушители, трубопроводы с арматурой, приборы автоматического управления и контроля.

Системы вентиляции классифицируют: *по принципу действия* — естественная, искусственная и комбинированная; *по назначению* — приточная и вытяжная; *по скорости воздуха в трубопроводах* — низкоскоростная со скоростью воздуха в магистральных трубопроводах 15—17 м/с; среднескоростная 17—20 м/с; высокоскоростная 20—25 м/с; *по полному давлению, развиваемому вентиляторами* — низкого давления до  $9,8 \cdot 10^2$  Па (100 кгс/м<sup>2</sup>), среднего давления до  $24,5 \cdot 10^2$  Па (250 кгс/м<sup>2</sup>), высокого давления свыше  $24,5 \cdot 10^2$  Па (250 кгс/м<sup>2</sup>); *по виду тепловой обработки воздуха* — с охлаждением, с подогревом, без тепловой обработки; *по доле наружного и рециркуляционного воздуха* — без рециркуляции, с частичной рециркуляцией, с полной рециркуляцией.

Естественной вентиляцией оборудуют кладовые судового снабжения и хозяйственного назначения, агрегатные и помещения со вспомогательным оборудованием без тепло- и газовыделений, а также другие вспомогательные помещения.

Воздухообмен при естественной вентиляции может осуществляться двумя путями: а) перемещением воздуха вследствие разности плотностей холодного и теплого воздуха; б) использованием скоростного напора наружного воздуха, набегающего на судно. В первом случае воздухообмен происходит до тех пор, пока имеется разность температур между наружным воздухом и воздухом в помещении.

Трубопровод вентиляции должен иметь минимально возможное аэродинамическое сопротивление. Его протяженность не должна превышать 5 м с количеством погибов не более двух под углом 45° к вертикали.

Воздухообмен, происходящий за счет динамического напора воздуха, набегающего на судно, осуществляется с помощью поворотных дефлекторов и эжекционных головок (рис. 18.1). Эта вентиляционная арматура устанавливается на открытых участках палуб, стенках рубок и надстроек и преобразует скоростной напор ветра в статическое давление, необходимое для движения воздуха по трубопроводам. Если дефлектор повернут отверстием навстречу потоку воздуха, в нем создается повышенное статическое давление, и воздух нагнетается в помещение. Если дефлектор повернут по потоку, в нем создается разрежение и осуществляется вытяжка воздуха. Более эффективное удаление воздуха из помещения производится с помощью эжекционных головок.

На современных судах естественная вентиляция имеет ограниченное применение.

При простоте устройства и отсутствии потребности в вентиляторах она отличается нестабильностью, зависимостью от метеорологических условий, малыми напорами.

Наибольшее распространение на судах получила искусственная вентиляция. Применение вентиляторов обеспечивает необходимый воздухообмен независимо от метеорологических условий с исполь-



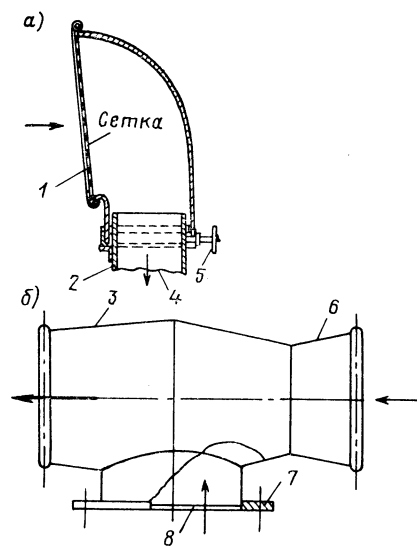


Рис. 18.1. Вентиляционные устройства: а — дефлектор; б — эжекционная головка

1 — отверстие с сеткой; 2 — труба; 3 — корпус; 4 — свежий воздух; 5 — стопор; 6 — входной конус; 7 — палуба; 8 — загрязненный воздух

мена применяют смешанную вентиляцию, представляющую собой сочетание приточной и вытяжной с преобладанием одной из них в зависимости от назначения помещения (машинные и рефрижераторные отделения, радиоагрегатные и др.). В жилых, служебных и общественных помещениях может сочетаться действие системы кондиционирования воздуха с работой вытяжной системы вентиляции.

Системы вентиляции разделяются на общесудовые, обслуживающие жилые, служебные, бытовые и медицинские помещения; системы вентиляции грузовых трюмов; машинных отделений; аккумуляторных, грузовых насосных отделений танкеров и др.

Система вентиляции, как правило, выполняется по групповому принципу, когда в группу объединяют однотипные по параметрам воздуха помещения, расположенные в пределах одной главной вертикальной противопожарной зоны и одного водонепроницаемого отсека.

Автономный принцип используется для систем вентиляции помещений большого объема (грузовые трюмы, машинные отделения), а также помещений с вредными выделениями (аккумуляторные, насосные отделения танкеров, пищеблоки и др.).

На рис. 18.2 приведена принципиальная схема системы вентиляции жилых и санитарно-гигиенических помещений. Жилые помещения оборудованы искусственной приточной и естественной вы-

зованием как наружного, так и рециркуляционного воздуха или их смеси.

В зависимости от требуемых условий эксплуатации помещений применяют приточную, вытяжную или смешанную вентиляцию. Приточная вентиляция подает свежий наружный воздух в жилые, служебные, общественные и другие помещения, в которых нет вредных парогазовых выделений. Вытяжная вентиляция удаляет загрязненный воздух и обеспечивает тем самым поступление в помещения чистого воздуха из коридоров и тамбуров. Ее оборудуют в помещениях с вредными парогазовыми выделениями, таких, как санитарные, насосные отделения танкеров, мастерские, станции углекислотного и химического тушения и др. Для интенсификации воздухооб-

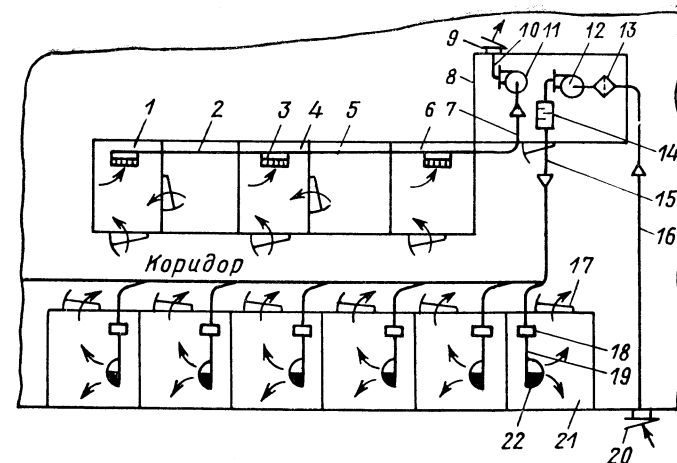


Рис. 18.2. Система общесудовой вентиляции

1 — галлюн; 2 — умывальная; 3 — воздухозаборная сетка; 4 — душевая; 5 — раздевальная; 6 — кладовая; 7 — вытяжной воздухопровод; 8 — вентиляторная; 9, 20 — воздушные крышки; 10 — отводной воздухопровод; 11 — вытяжной электровентилятор; 12 — вдувной электровентилятор; 13 — воздушный фильтр; 14 — глушитель шума; 15 — приточная магистраль; 16 — приемный воздухопровод; 17 — дверь; 18 — заслонка; 19 — приточные отростки; 21 — каюты; 22 — поворотный воздухопровод

тяжной вентиляцией, санитарные — искусственной вытяжной и естественной приточной вентиляцией. Все оборудование систем размещают в пределах одного водонепроницаемого отсека. Проход каналов через водонепроницаемые переборки ниже палубы переборок не разрешается. Вертикальные каналы, проходящие через водонепроницаемые палубы ниже палубы переборок, должны быть водонепроницаемыми и равнопрочными местным конструкциям корпуса. Каналы, проходящие через главные огнестойкие переборки, должны иметь стальные противопожарные заслонки, снабженные приводами, действующими с обеих сторон переборок. Магистральные воздухопроводы, как правило, прокладывают в коридорах за зашивкой подволоков. На судах получили распространение трубы прямоугольного и круглого сечений, выполняемые из тонколистовой оцинкованной стали или сплава АМг толщиной 1—3 мм, применяют также пластмассовые трубы. Вентиляторы размещают в специальных выгородках, имеющих звуковую изоляцию. На судах, как правило, используют центробежные электровентиляторы серии ЦС и ЦСУ с производительностью 240—40 000 м<sup>3</sup>/ч при полном давлении 520—4600 Па и осевые — серии ЭВО и ОСО производительностью 890—40 000 м<sup>3</sup>/ч и полным давлением 123—1020 Па. В этих же выгородках размещают глушители шума и воздухонагреватели. В зимнее время системы вентиляции могут совмещать свои функции с функциями системы воздушного отопления.

Для приема и удаления воздуха в системе применяется водонепроницаемая концевая арматура: головки грибовидные,

крышки и заслонки круглые и прямоугольные. Вентиляционные головки и приемные отверстия приточной вентиляции располагают таким образом, чтобы исключить возможность приема воздуха, загрязненного газами, парами нефтепродуктов и другими веществами, а также забортной воды. Удаление воздуха, содержащего вредные примеси, пары и газы, производят в места, исключающие возможность воздействия их на людей и приема приточной вентиляции. Все наружные отверстия для приема и выброса воздуха должны иметь герметичные закрытия. Подачу воздуха в помещения осуществляют через поворотные шаровые воздухораспределители, позволяющие регулировать расход воздуха, и через решетки, сетки, перфорированные панели.

Системы общесудовой вентиляции могут иметь местное, дистанционное и автоматическое управления. В общем случае применяют ручное управление вентиляторами с места их установки и дистанционное групповое отключение их из ходовой рубки, производимое при пожарах. В настоящее время все шире применяют системы автоматического управления. В них используются автоматические программные устройства, с помощью которых осуществляется пуск и остановка вентиляторов в соответствии с судовым расписанием.

Системы вентиляции машинных отделений, грузовых трюмов, грузовых насосных отделений танкеров и других помещений должны отвечать как общим, так и специфическим требованиям, изложенным в отраслевых стандартах.

Требуемый расход вентиляционного воздуха определяют из уравнений теплового, влажностного и газового балансов. Эти балансы составляют для отдельных помещений с учетом всех факторов, влияющих на изменение состояния воздуха в них. Тепловлажностные расчеты позволяют, кроме того, определять параметры воздуха в помещениях с учетом технических возможностей систем вентиляции и осуществлять выбор основного оборудования (вентиляторов, фильтров, воздухораспределителей, теплообменных аппаратов и т. д.). В практике расчета систем для определения требуемого расхода воздуха иногда используют коэффициент кратности, представляющий собой отношение величины расхода воздуха к объему обслуживаемого помещения. Его значения устанавливаются на основании опыта эксплуатации различных типов судовых помещений и приводятся в справочной и нормативной литературе.

Целью гидравлического расчета системы вентиляции является определение параметров трубопроводов, а также требуемого напора вентилятора, установление параметров совместной работы вентилятора с трубопроводной сетью, подбор дроссельных устройств и проверка правильности воздухораспределения в помещениях. Гидравлический расчет систем вентиляции выполняют по обычной методике расчета сложного разветвленного трубопровода. Однако при расчете потерь напора в трубопроводах и нахождении рабочей точки системы необходимо учитывать, что воздух является средой сжимаемой, и его плотность зависит от давления и темпе-

ратуры. При совмещении характеристик трубопровода и вентилятора они должны быть приведены к одним условиям — действительным или стандартным. Использование в системе труб с прямоугольным поперечным сечением приводит к необходимости вводить в зависимости значения гидравлического диаметра.

С целью определения ожидаемых уровней шума в жилых и служебных помещениях производят акустический расчет систем вентиляции. Полученные в процессе расчета уровни шума сопоставляют с действующими нормами. В случае превышения установленных значений разрабатывают мероприятия по снижению полученных уровней шума до требуемых. Среди этих мероприятий можно отметить звукоизоляцию вентиляторных установок, вентиляторов на амортизаторы, включение в состав трубопроводов глушителей шума.

## **§ 18.4. Системы отопления**

### **18.4.1. Назначение и общая характеристика систем**

Задачей систем отопления является компенсация тепловых потерь помещения путем создания процесса теплообмена между теплоносителем системы и воздухом обслуживаемого помещения. В зависимости от вида теплоносителя системы отопления бывают паровые, водяные, воздушные и электрические. Все эти системы имеют различные гигиенические и технико-экономические показатели. По гигиеническим показателям наиболее предпочтительным является воздушное отопление, наименее — паровое, которое снижает относительную влажность воздуха в помещениях, характеризуется высоким уровнем шума, пригоранием пыли на отопительных приборах, дает малую аккумуляцию тепла. Параметры пара при этом можно регулировать только количественно. Водяное отопление дает более устойчивый тепловой режим и допускает как количественное, так и качественное регулирование. Система электроотопления с использованием низкотемпературных нагревательных устройств (электрокалориферов) позволяет легко регулировать параметры воздуха в помещении. Однако широкое использование на судах этого вида отопления затруднительно ввиду его большой энергоемкости, сложности электротехнической оснастки и системы электрозащиты. Исходя из общих сравнительных оценок выбирают вид отопления для различных категорий помещений. Считается целесообразным использование в жилых и служебных помещениях, не обслуживаемых системой кондиционирования воздуха, систем воздушного и водяного отопления. Паровое отопление применяют в машинных отделениях, санитарных помещениях, кладовых и т. д.

Общим недостатком систем отопления является то, что при отсутствии увлажнения воздуха они не в состоянии обеспечить требуемую степень его относительной влажности. Система воздушного отопления с увлажнением воздуха может рассматриваться как частный случай системы кондиционирования воздуха.

#### 18.4.2. Система парового отопления

Система предназначена для компенсации тепловых потерь в машинных отделениях, санитарно-гигиенических и санитарно-бытовых помещениях, мастерских, кладовых и других аналогичных помещениях. Теплоносителем системы является сухой насыщенный пар с давлением не более 0,3 МПа (3 кгс/см<sup>2</sup>), получаемый от главных и вспомогательных котлов, а также с берега или другого судна.

В состав системы входят распределительные коллекторы, трубопроводы насыщенного и отработавшего пара, а также конденсата, отопительные приборы, эжекторы, арматура, контрольно-измерительные приборы. Система парового отопления выполняется единой с системой хозяйственного пароснабжения. Эта система предназначена для обеспечения паром давлением до 0,5 МПа (5 кгс/см<sup>2</sup>) хозяйственно-бытовых потребителей (камбузы, кипяильники, стиральные машины и т. д.). Основное оборудование систем устанавливают на парораспределительной станции. Размещают эти станции в машинно-котельных отделениях или в специальных выгородках.

Системы парового отопления проектируют однопроводными или двухпроводными. В однопроводной системе паровые грелки подключают последовательно к одной магистрали, в двухпроводной — к раздельным магистралям свежего и отработавшего пара. Количество грелок определяется расчетом из условия компенсации тепловых потерь обогреваемого помещения. В качестве отопительных приборов на судах используют одно- и многорядные грелки, гладкие и оребренные трубы. На судах температуру в помещении регулируют, как правило, путем отключения грелок. Каждая магистраль системы обслуживает группу помещений, близких по тепловому режиму. Трубопроводы системы, проложенные вдоль коридоров на расстоянии 50—100 мм от стенок, не должны проходить через жилые помещения, посты, водяные цистерны, трюмы. Паровые и конденсатные трубы, идущие от отопительных приборов, покрыты изоляцией, которая в местах возможного повреждения защищена съемными кожухами. Трубопроводы системы выполняют из стальных труб, арматура — стальная и чугунная.

Однопроводные системы на 25—30 % легче двухпроводных и работают с теплоносителем, являющимся смесью свежего и отработавшего пара. Учитывая малую разность давления теплоносителя на входе и выходе из грелки, для создания

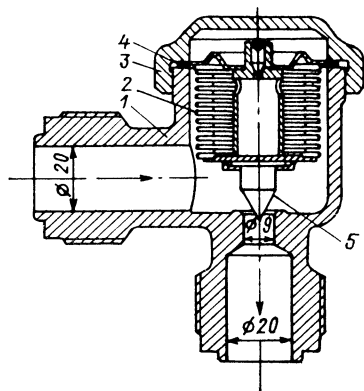


Рис. 18.3. Термостатический конденсатоотводчик

1 — корпус; 2 — сильфон; 3 — крышка; 4 — прокладка; 5 — игольчатый клапан

циркуляции теплоносителя через грелку используют эжекторы, расположенные под грелками. Для полной конденсации поступающего в грелки пара применяются конденсатоотводчики, препятствующие выходу пара вместе с конденсатом. На рис. 18.3 показан термостатический конденсатоотводчик. Сильфон 2 заполнен легкокипящей жидкостью. При поступлении в конденсатоотводчик смеси пара и конденсата ее повышенная температура вызовет кипение жидкости. Пары жидкости растянут сильфон, клапан 5 перекроет отверстие. Пар, содержащийся в конденсате, будет отдавать тепло через стенки конденсатоотводчика и труб, сам при этом конденсируясь. Так как температура конденсата ниже температуры первоначальной смеси, жидкость в сильфоне сконденсируется, сильфон сожмется, клапан 5 поднимется, открывая проход конденсату. Освободившееся место в корпусе конденсатоотводчика займет новая порция смеси пара и конденсата, и весь цикл повторится. Конденсатоотводчики устанавливают у каждой грелки или у групп грелок.

Конденсат из системы отводится в охладители конденсата, в теплый ящик, цистерны грязного конденсата или за борт. Диа-

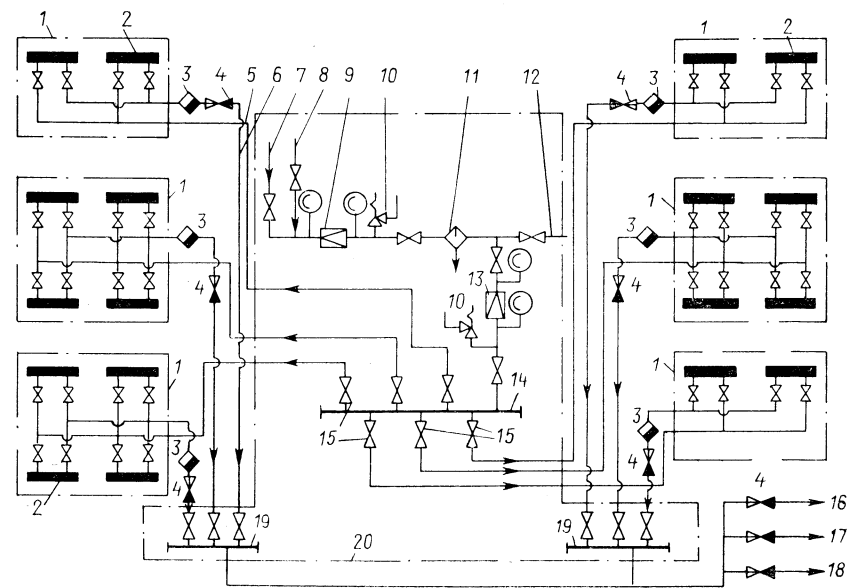


Рис. 18.4. Принципиальная схема двухпроводной системы парового отопления

1 — обслуживаемые помещения; 2 — паровая грелка; 3 — конденсатоотводчик; 4 — невозвратно-запорный клапан; 5 — трубопровод свежего пара; 6 — трубопровод конденсата; 7 — трубопровод подачи пара с берега; 8 — трубопровод подачи пара от котла; 9 — редукционный клапан 0,5 МПа; 10 — предохранительный клапан; 11 — сепаратор пара; 12 — трубопровод к коллектору системы хозяйственного пароснабжения; 13 — редукционный клапан 0,3 МПа; 14 — распределительный коллектор; 15 — пусковые клапаны; 16 — к охладителю конденсата; 17 — к теплому ящику; 18 — отвод конденсата за борт; 19 — сборный коллектор; 20 — парораспределительная станция

метры труб свежего пара определяют расчетом при максимальном расходе пара. Расчетная скорость пара для двухпроводной системы составляет 40 м/с в магистралях и 30 м/с — в ответвлениях; для однопроводной системы — 20 м/с. Диаметры труб отработавшего пара и конденсата необходимо принимать не менее 60 % от диаметров соответствующих труб свежего пара.

На рис. 18.4 приведена схема двухпроводной системы отопления. В парораспределительной станции 20 размещаются распределительный 14 и сборные 19 коллекторы, редукционный клапан 9, понижающий давление до 0,5 МПа (5 кгс/см<sup>2</sup>), редукционный клапан 13, понижающий давление до 0,3 МПа (3 кгс/см<sup>2</sup>), предохранительные клапаны 10, сепаратор пара 11, манометры. Пар на станцию поступает от котла по трубопроводу 8 или с берега по трубопроводу 7. От коллектора 14 по трубопроводу 5 пар подводится к грелкам 2, установленным в помещениях. В грелках пар частично конденсируется и отдает теплоту окружающему воздуху. Смесь пара и конденсата поступает в групповые конденсатоотводчики, в которых происходит полная конденсация пара. Конденсат поступает в сборные коллекторы, а оттуда — в охладитель конденсата, теплый ящик или за борт.

#### 18.4.3. Система водяного отопления

Система водяного отопления предназначена для компенсации теплопотерь жилых, служебных, общественных и других помещений.

Теплоноситель системы — вода с температурой не ниже 70 и не выше 95 °С.

В состав системы входят теплогенераторы, отопительные приборы, циркуляционные насосы, расширительный сосуд, воздухо-сборник, трубопроводы с арматурой. В качестве теплогенераторов могут использоваться отопительные водогрейные котлы, электрические, паровые или парозлектрические подогреватели воды, а также утилизационные котлы.

Циркуляция воды в системе обеспечивается работой циркуляционных насосов или разностью давлений горячей и отработавшей воды. Систему с естественной циркуляцией называют гравитационной. Разность температур горячей и отработавшей воды принимается обычно равной 25—35 °С.

Одним из основных элементов системы является расширительный сосуд, воспринимающий колебания объема воды в системе. Если расширительный сосуд сообщается с атмосферой — система называется открытой, если не сообщается — закрытой. Наибольшее распространение на судах получили открытые системы. Расширительный сосуд при этом размещается в наивысшей точке системы, обычно в кожухе дымовой трубы. Он может быть проточным и непроточным. Удаление воздуха из системы осуществляется в воздухоотборнике, расширительном сосуде или автоматическом воздухоотводчике (вантузе).

Системы водяного отопления могут быть одно- и двухпроводными. В первых подача воды к грелкам и отвод ее производится по одному трубопроводу. В двухпроводной системе для этого используют отдельные трубопроводы. Движение горячей и отработавшей воды может быть односторонним и разносторонним. Горячая вода поступает в грелки сверху и снизу. Когда грелки расположены выше магистралей горячей и отработавшей воды, для удаления воздуха из грелок используют специальный воздушный трубопровод, пробки и краны, устанавливаемые в верхних частях грелок. На судах в системе водяного отопления применяют стальные штампованные панельные или змеевиковые нагревательные приборы. Для регулирования температуры в помещении у грелок на входе горячей воды устанавливают краны.

Трубопроводы системы необходимо прокладывать с минимальным количеством погибов с учетом компенсации при тепловом расширении. Не допускается прокладка трубопроводов через водяные и топливные цистерны, посты, неотапливаемые помещения. Для обеспечения движения воздуха горизонтальные участки горячих магистралей прокладывают с подъемами от 0,01 до 0,005 м на 1 м длины к воздуховыпускным устройствам. Трубы к грелкам от стояков прокладывают с уклоном 0,01: для горячей воды — в сторону грелки, отработавшей воды — в сторону стояка. Магистраль отработавшей воды прокладывается с уклоном от 0,1 до 0,005 м на 1 м длины трубопровода в сторону теплогенератора. От магистралей отходят ответвления, которые обслуживают группы грелок, устанавливаемых в помещениях с примерно одинаковыми теплопотерями. Изготавливаются трубопроводы из стальных водогазопроводных труб с диаметрами до 80 мм, монтируемых на муфтовых соединениях.

В системе с естественной циркуляцией воды для обеспечения выхода пузырьков воздуха, выделяющегося при нагреве воды, за расчетную скорость движения воды принимаются величины не более 0,2 м/с. В системах с искусственной циркуляцией воды скорости принимаются 0,3—1,5 м/с. Для удаления воздуха из расширительного сосуда необходима скорость движения воды в нем не более 0,05 м/с.

Общее расположение однопроводной системы водяного отопления с искусственной циркуляцией приведено на рис. 18.5. Система предварительно заполняется холодной водой. Незаполненной остается лишь верхняя часть расширительного бачка 2, воспринимающая увеличивающийся объем воды при ее нагревании. Вода нагревается в водогрейном котле 9 до 80—90 °С и естественным путем поднимается в бачок 2, расположенный в кожухе дымовой трубы. В нем собираются пузырьки воздуха и пара из воды, заполнившей трубопроводы и грелки 4. Скапливающийся в бачке воздух отводится в атмосферу по трубе 3, а вода по трубопроводу 6 самотеком направляется к грелкам 4. При переполнении расширительного бачка вода по переливному трубопро-

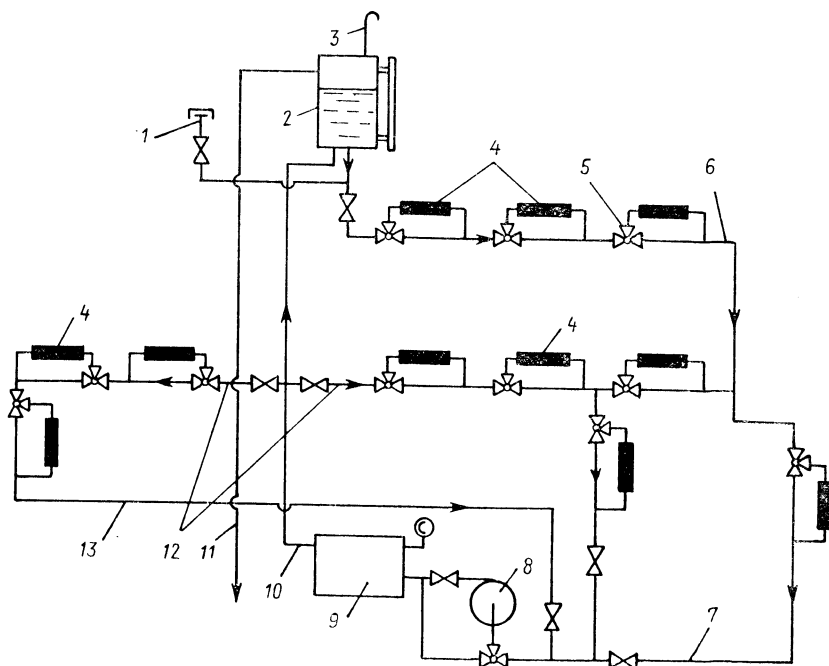


Рис. 18.5. Принципиальная схема однопроводной системы водяного отопления

1 — палубная втулка; 2 — расширительный бак; 3 — воздушная труба; 4 — грелка; 5 — трехходовой кран; 6, 10, 12 — трубопроводы горячей воды; 7, 13 — магистральные трубопроводы отработавшей воды; 8 — циркуляционный насос; 9 — водогрейный котел; 11 — переливной трубопровод

воду 11 отводится в льяла в трюм. Охлажденная вода из грелок поступает в магистраль 7, откуда циркуляционным насосом 8 возвращается в котел.

## § 18.5. Системы охлаждения

### 18.5.1. Назначение и общие требования

Системы охлаждения предназначены для поддержания необходимого температурного режима в жилых и служебных помещениях, а также в помещениях для хранения провизии и скоропортящихся грузов. В группу систем охлаждения входят системы холодильного агента (хладагента) и хладагосителя. Система хладагента предназначена для перемещения холодильного агента (хладона, аммиака и др.) с целью выработки искусственного холода. Система хладагосителя обеспечивает перемещение хладагосителя (рассола, воды и др.) между холодильной машиной и охлаждаемым помещением.

Процесс охлаждения воздуха может осуществляться естественным и искусственным путем. В первом случае для охлажде-

ния используется окружающая охлаждаемое тело среда (вода, воздух). Во втором холод вырабатывается холодильными машинами, представляющими собой комплекс машин и теплообменных аппаратов, обеспечивающих отнятие тепла от охлаждаемого тела. Транспортировка холода может осуществляться непосредственно самим холодильным агентом (системы с непосредственным испарением) или хладагосителем, в качестве которого может использоваться вода, рассол, воздух (рассольные или воздушные системы).

Температурный режим в жилых и служебных помещениях определяется условиями обитаемости в них. Режим в охлаждаемых помещениях для перевозки скоропортящихся грузов и провизии (провизионные камеры, рефрижераторные трюмы и контейнеры и т. д.) диктуется условиями перевозки и хранения этих грузов. Скоропортящиеся грузы по температурному режиму перевозки на судах делятся на четыре класса: замороженные с температурой от  $-6^{\circ}\text{C}$  и ниже; охлажденные от  $-5$  до  $-1^{\circ}\text{C}$ ; охлаждаемые от  $0^{\circ}$  до  $+15^{\circ}\text{C}$ ; вентилируемые — без создания определенного температурно-влажностного режима, но при обеспечении интенсивной вентиляции.

К системам охлаждения предъявляется ряд требований, среди которых можно отметить: равномерность температурного поля в помещении, обеспечение заданного воздухообмена, стабильность основных параметров хранения и перевозки груза, обеспечение необходимого газового состава атмосферы, минимально возможные масса и габариты, минимальные затраты энергии на получение холода.

### 18.5.2. Хладагенты, хладагосители, холодильные машины

Технические характеристики и эффективность холодильных установок во многом определяются типом хладагента и хладагосителя. Хладагенты должны иметь большую теплоту парообразования, малую теплоемкость в жидком состоянии, низкую температуру замерзания. Они должны быть нетоксичными, взрывопожаробезопасными, дешевыми. В настоящее время применяют около 15 хладагентов, в основном хладонов и их смесей. Для провизионных кладовых, где наиболее низкая температура хранения составляет  $-18^{\circ}\text{C}$ , широко используется хладон-12 ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ). Для рефрижераторных трюмов, где наиболее низкая температура равна  $-30^{\circ}\text{C}$ , применяется хладон-22 ( $\text{CHClF}_2$ ). Это бесцветные газы, почти без запаха, тяжелее воздуха. Они безвредны для людей и пожаробезопасны, недостатком их является высокая проницаемость через неплотности. В последние годы в холодильных машинах применяют бромированные хладоны, в частности хладон-13В1 ( $\text{CBrF}_3$ ), что позволяет увеличить объемную холодопроизводительность установки в 1,4 раза. Находят применение и смеси хладонов, имеющие лучшие термодинамические и

эксплуатационные свойства, чем исходные компоненты. Примером может служить хладон-501. Это смесь, в которой массовая доля фреона-22 составляет 75 %, фреона-12 — 25 %.

Существенное влияние на эффективность систем охлаждения с промежуточным теплоносителем оказывает выбор хладоносителя. Последний должен иметь высокую теплопроводность, теплоемкость, низкую вязкость. Хладоноситель должен быть негорючим, нетоксичным, химически нейтральным к материалам трубопроводов и аппаратов, дешевым и доступным. Широкое распространение на судах получили рассолы NaCl и CaCl<sub>2</sub>, имеющие температуру замерзания соответственно —21,2 °С и —55 °С. Реже применяют водные растворы органических веществ, таких, как метиловый и этиловый спирт, этиленгликоль и другие, имеющие температуру замерзания от 0 до —50 °С. Перспективным является хладон-30 с температурой замерзания —96,7 °С.

В судовых системах охлаждения применяют холодильные машины трех основных типов: компрессорные, абсорбционные и эжекторные.

Принципиальная схема паровой компрессорной холодильной машины приведена на рис. 18.6. В качестве хладагента в этих машинах используют легкокипящие жидкости (хладоны и их смеси). Компрессор 1 (поршневой, ротационный, центробежный или осевой) засасывает холодные пары хладагента из испарителя 5 при давлении кипения и сжимает их. При этом температура паров существенно возрастает. Сжатый пар хладагента поступает в конденсатор 2, в котором при постоянном давлении сначала охлаждается, а затем конденсируется при постоянной температуре. Жидкий хладагент дросселируется в регулирующем клапане 4. В процессе дросселирования давление и температура хладагента понижается. При этом часть его превращается во влажный пар. Основная часть жидкого хладагента кипит при постоянном давлении и температуре в испарителе 5, отнимая от их хладоносителя или воздуха помещения теплоту, необходимую для его испарения. Образовавшийся в испарителе пар засасывается компрессором, и цикл повторяется снова. Охлажденный хладоноситель направляется для охлаждения помещений или в воздухоохладители.

Парокомпрессорные холодильные машины отличаются высокой экономичностью, малыми габаритами и массой по сравнению с другими холодильными машинами. Поэтому они получили наибольшее распространение на судах.

Абсорбционная холодильная машина вырабатывает холод за счет потребления теплоты. Действие машин основано на применении бинарных смесей. При этом используются такие смеси, компоненты которых при одинаковом давлении имеют резко отличающиеся температуры кипения. Легкокипящий компонент служит хладагентом. Труднокипящий компонент называется абсорбентом, так как предназначен для поглощения хладагента. Этим условиям отвечают сочетания аммиак — вода, вода — бромистый литий (LiBr), используемые на судах. Здесь первые компоненты сочетаний (аммиак и вода) выступают в роли хладагентов, а вторые (вода и бромистый литий) — в качестве абсорбента.

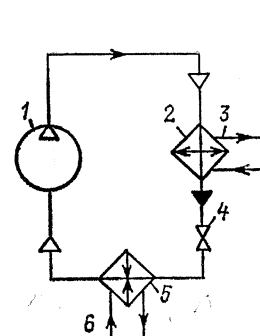


Рис. 18.6. Принципиальная схема паровой компрессорной холодильной машины

1 — компрессор; 2 — конденсатор; 3 — трубопровод заборной воды; 4 — регулирующий клапан; 5 — испаритель; 6 — трубопровод хладоносителя

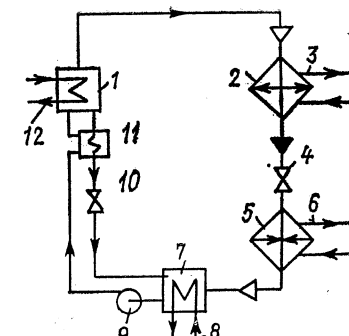


Рис. 18.7. Принципиальная схема абсорбционной холодильной машины

1 — генератор; 2 — конденсатор; 3, 8 — трубопровод заборной воды; 4, 10 — регулирующие клапаны; 5 — испаритель; 6 — трубопровод хладоносителя; 7 — абсорбер; 9 — насос; 11 — теплообменник; 12 — трубопровод греющей среды

стый литий (LiBr), используемые на судах. Здесь первые компоненты сочетаний (аммиак и вода) выступают в роли хладагентов, а вторые (вода и бромистый литий) — в качестве абсорбента.

На рис. 18.7 приведена принципиальная схема абсорбционной холодильной машины. В генераторе 1 находится раствор хладагента в абсорбенте. При подводе тепла к раствору от греющей среды (пара, горячей воды или горячего газа) он кипит при некотором повышенном давлении. При этом из раствора выделяются пары хладагента. Они поступают в конденсатор 2, где за счет охлаждения заборной водой конденсируются. Жидкий хладагент дросселируется в регулирующем клапане 4 и поступает в испаритель 5. Оттуда пары хладагента поступают в абсорбер 7, в который из генератора 1 через теплообменник 11 и регулирующий клапан 10 перетекает слабый (по концентрации хладагента) раствор. Этот раствор интенсивно поглощает пары хладагента, образуя крепкий раствор. При этом выделяется большое количество тепла, которое отводится заборной водой. Крепкий раствор забирается насосом 9 и подается через теплообменник 11 в генератор 1, после чего цикл повторяется. В этой машине действует термохимический компрессор: абсорбер за счет поглощения абсорбентом обеспечивает всасывание паров хладагента из испарителя, а насос и генератор — сжатие и нагнетание их в конденсатор. Так обеспечивается непрерывная и замкнутая циркуляция обоих компонентов, разделяемых в генераторе и воссоединяемых в абсорбере.

Абсорбционные машины являются машинами непрерывного действия, отличаются экономичностью, используя бросовое тепло



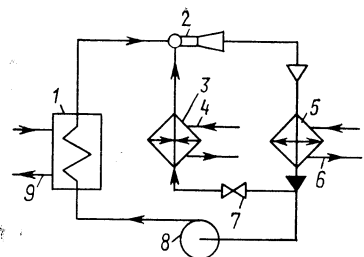


Рис. 18.8. Принципиальная схема эжекторной холодильной машины

1 — парогенератор; 2 — эжектор; 3 — испаритель; 4 — трубопровод хладонотеплоносителя; 5 — конденсатор; 6 — трубопровод заборной воды; 7 — регулирующий клапан; 8 — насос; 9 — трубопровод греющей среды

или горячей воды. Пары хладона из парогенератора 1 поступают в эжектор 2, который отсасывает холодные пары хладона из испарителя 3. Сжатые в эжекторе пары поступают в конденсатор 5, где конденсируются. Из конденсатора часть жидкого хладона через регулирующий клапан 7 перетекает в испаритель 3, а другая часть насосом 8 попадает в генератор. В испарителе хладон кипит, охлаждая хладонотеплоноситель.

Эжекторные машины отличаются простотой конструкции, надежностью. Машины, использующие в качестве рабочего тела воду, имеют большую массу и габариты. При использовании хладонов машины получаются более компактными и экономичными, позволяющими получать низкие температуры. Однако их эффективность зависит от типа применяемого хладона.

### 18.5.3. Типы систем охлаждения

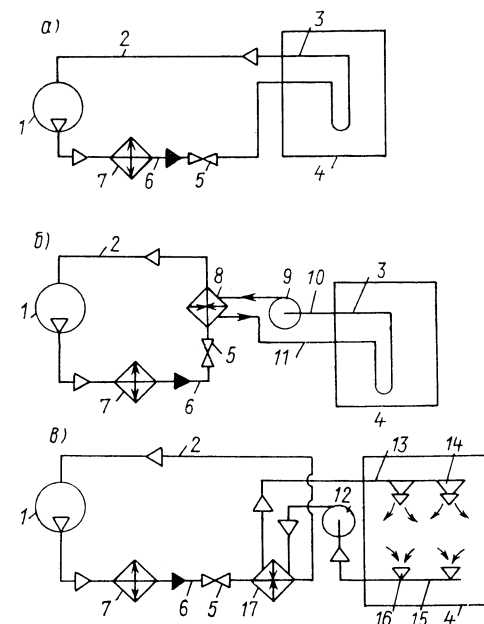
В зависимости от способа транспортировки холода к охлаждаемому помещению и вида хладонотеплоносителя различают следующие типы систем охлаждения: непосредственного испарения, рассольного и воздушного охлаждения. В *системах непосредственного испарения* (рис. 18.9, а) испаритель устанавливается непосредственно в помещении и играет роль охлаждающей батареи. Эти системы используют для морозильных и провизионных камер. В *системе рассольного охлаждения* (рис. 18.9, б) в качестве промежуточного теплоносителя используют рассол. Рассол охлаждается в испарителе 8 холодильной машины и насосом 9 подается в охлаждающие батареи 3. Отопленный рассол вновь поступает в испаритель. Рассольные охлаждающие батареи изготавливают из стальных бесшовных труб, соединенных в змеевики сваркой. Трубы используют с увеличенной толщиной стенки, так как трубы в рассоле корродируют. Холодильные машины, запорно-регулирующая арматура, распределительные коллекторы размещают в специальном помещении. Система рассольного охлаждения позволяет легко регулировать температуру в помещениях.

отработавшего пара, выхлопных газов дизелей, горячей воды из системы охлаждения двигателей, просты в обслуживании. Недостатками этих машин являются большая масса и габариты, большое количество аппаратов со свободным уровнем жидкости.

В качестве рабочего тела в *эжекторных холодильных машинах* используется вода, в последнее время — хладоны. Принципиальная схема фреоновой (хладонной) машины приведена на рис. 18.8. Парогенератор 1 обогревается за счет тепла отработавшего пара, газов

Рис. 18.9. Типы систем охлаждения: а — непосредственного испарения; б — рассольного охлаждения; в — воздушного охлаждения

1 — компрессор; 2 — трубопровод отработавшего хладагента; 3 — охлаждающая батарея; 4 — охлаждаемое помещение; 5 — регулирующий клапан; 6 — трубопровод жидкого хладагента; 7 — конденсатор; 8 — испаритель; 9 — насос; 10 — трубопровод охлажденного рассола; 11 — трубопровод теплого рассола; 12 — вентилятор; 13 — приточный воздухопровод; 14 — воздухопровод; 15 — вытяжной воздухопровод; 16 — приемный раструб; 17 — испаритель-воздухоохладитель



В *системе воздушного охлаждения* (рис. 18.9, в) промежуточным теплоносителем является воздух. Теплый воздух из помещения прокачивается вентилятором 12 через воздухоохладитель 17, где охлаждается циркулирующим хладагентом. Охлажденный воздух через воздухопроводы 14 поступает в помещение. В настоящее время на судах используют системы интенсивного воздушного охлаждения с централизованным и децентрализованным расположением холодильных машин, с размещением вентиляторов и воздухоохладителей непосредственно в трюмах. Такое расположение позволяет повысить эффективность систем охлаждения и улучшить обслуживание машин.

Системы воздушного охлаждения имеют небольшую массу, габариты и стоимость, возможность регулирования не только температуры, но и влажности воздуха.

Современные холодильные установки в основном автоматизированы, что позволяет снизить эксплуатационные расходы.

### § 18.6. Системы осушения воздуха

Сохранность перевозимых грузов на судах обеспечивается при условии поддержания в трюмах пониженной влажности воздуха. Одновременно это обеспечивает защиту корпусных конструкций от коррозии. Создание и поддержание в судовых грузовых помещениях заданных параметров воздушной среды является назначением систем технического кондиционирования воздуха. Существует несколько разновидностей этих систем. На сухогрузных



судах широко используются системы, которые по основному виду обработки воздуха называются системами осушения воздуха. Эти системы обеспечивают при перевозке сохранность грузов, теряющих свои кондиции под воздействием влаги. На танкерах для защиты внутренних поверхностей танков от коррозии, а также для предотвращения обводнения перевозимых жидких грузов используют системы осушенных инертных газов.

К системам осушения воздуха помимо общих предъявляются следующие требования: относительная влажность в трюмах сухогрузных судов должна быть не более 50 %; осушенный воздух должен равномерно распределяться по объему трюма; должна обеспечиваться возможность совместной работы с системой трюмной вентиляции.

Кроме того, в грузовых танках нефтеналивных судов должно поддерживаться избыточное давление в пределах от 2 до 20 кПа, нагнетатели системы должны иметь максимальную производительность, превышающую в 1,2—1,3 раза суммарную производительность грузовых насосов.

Осушение воздуха — уменьшение его влагосодержания — может достигаться различными способами. С этой целью могут использоваться холодильные машины, в которых воздух осушается за счет его охлаждения в поверхностном охладителе, а также твердые влагопоглощающие вещества — *адсорбенты* и водные растворы некоторых солей (хлористого лития и др.) — *абсорбенты*.

Способностью поглощать влагу обладают твердые вещества, имеющие капиллярную структуру.

При попадании влаги в капиллярные каналы в них образуются вогнутые мениски. Известно, что давление насыщенного водяного пара над такой поверхностью будет меньше, чем в свободном пространстве. Благодаря этому пар из свободного пространства будет диффундировать в капиллярные каналы и здесь конденсироваться.

Водные растворы солей (хлористого лития, хлористого кальция и др.) имеют давление паров в пограничном слое у поверхности жидкости меньше, чем в окружающем ее пространстве. Разность давлений обуславливает процесс поглощения влаги из воздуха абсорбентом.

Широко известны следующие твердые сорбенты: силикагель, алюмогель, цеолиты и др. Наибольшее распространение на судах получил силикагель. Это кристаллическое механически прочное пористое вещество изготавливается в виде гранул диаметром 1—3 мм. Силикагель имеет развитую поверхность капилляров, составляющую 400—500 м<sup>2</sup>/г. Сорбционная способность его снижается при увеличении температуры воздуха. Считается нецелесообразным использование силикагеля для осушения воздуха с температурой более 40 °С. По мере насыщения адсорбента влагой его поглотительная способность уменьшается. Для восстановления свойств адсорбент регенерируют воздухом, нагретым

до 150—250 °С. Горячий воздух поглощает влагу из капилляров, восстанавливая поглотительную способность силикагеля. В конце процесса регенерации остаточное обводнение должно составлять 2—3 %.

При пропускании через слой силикагеля осушаемого воздуха он будет нагреваться до температуры 50—90 °С из-за конденсации водяного пара в капиллярах, сопровождающейся выделением теплоты парообразования. Для охлаждения этого воздуха перед подачей в грузовые помещения в системе предусматривают воздухоохладитель. На рис. 18.10 приведена принципиальная схема системы осушения воздуха. Из-за необходимости периодической регенерации силикагеля в состав системы включают два адсорбера. Один из них 14, как показано на схеме, работает в режиме осушения воздуха, другой 6 находится на регенерации. В адсорберах размещены кассеты, заполненные силикагелем с толщиной слоя 200—300 мм. Атмосферный воздух по трубопроводу 1 через фильтр 2 подается вентилятором 3 через манипулятор 4 в адсорбер 14. Здесь он осушается и одновременно нагревается. Нагретый осушенный воздух проходит через манипулятор 4, воздухоохладитель 9 и фильтр 2 в палубную магистраль 10, а из нее по трубопроводу 11 в грузовые помещения. Адсорбер 6 в это время находится на регенерации. Воздух из атмосферы вентилятором 8 подается в воздухонагреватель 7, где нагревается до температуры 150—200 °С, а затем поступает в адсорбер. Здесь горячий воздух проходит через слой увлажненного силикагеля, высушивает его и с парами воды через манипулятор 4 выбрасывается в атмосферу. Процесс регенерации имеет меньшую продол-

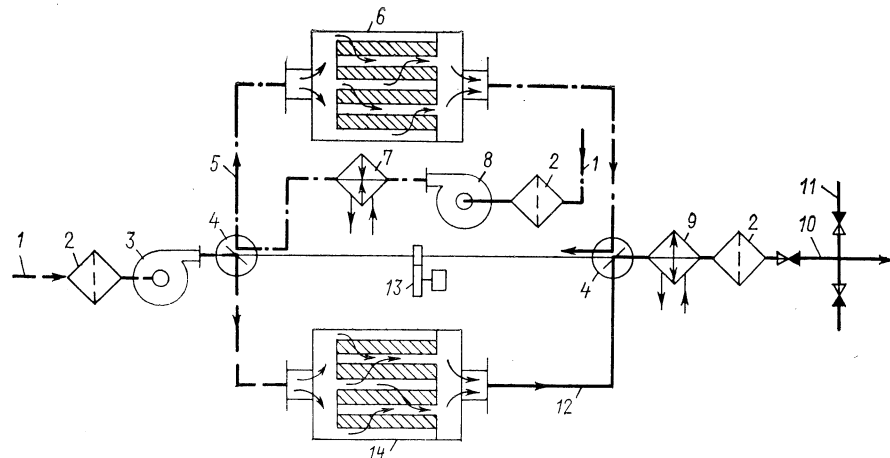


Рис. 18.10. Принципиальная схема системы осушения воздуха  
1 — трубопровод наружного воздуха; 2 — фильтр; 3, 8 — вентилятор; 4 — манипулятор; 5 — трубопровод горячего воздуха; 6 — адсорбер в режиме регенерации; 7 — воздухонагреватель; 9 — воздухоохладитель; 10 — магистральный трубопровод; 11 — трубопровод в грузовые помещения; 12 — трубопровод осушенного воздуха; 13 — устройство для переключения манипуляторов; 14 — адсорбер в режиме осушения

жительность, чем процесс насыщения влагой силикагеля при осушении воздуха. Поэтому к тому времени, когда силикагель в адсорбере 14 полностью обводняется, силикагель в адсорбере 6 пройдет процесс регенерации, и адсорбер будет готов к работе. Перевод адсорберов в другой режим работы производится с помощью устройства 13, которое обеспечивает переключение манипуляторов 4.

Управление системой осушения воздуха может осуществляться как вручную, так и автоматически. Развитие автоматизации системы идет по двум направлениям: а) программное управление, которое широко применяется в силикагелевых установках с двумя адсорберами; б) управление системой от импульса по состоянию влагопоглотителя, используемое в системах с жидким сорбентом.

Силикагелевые установки просты по конструкции, экономичны, могут глубоко осушать воздух. Недостатками их являются большая масса и габариты, необходимость в переключающем устройстве и высокой температуре воздуха для регенерации.

### § 18.7. Системы кондиционирования воздуха

Система кондиционирования воздуха (СКВ) предназначена для создания и поддержания в жилых, служебных и общественных помещениях заданных параметров воздуха (температуры, влажности, подвижности, газового состава и т. д.) независимо от внешних условий.

В состав СКВ входят: оборудование для тепловлажностной обработки воздуха (теплообменные аппараты, фильтры, увлажнители воздуха, отделители влаги), вентиляторы, воздухораспределители и смесители, глушители, трубопроводы, приборы и арматура систем автоматического регулирования, приборы контроля. В судовых помещениях в любое время года есть избытки влаги, в основном за счет влаговыделения людей. В теплое время года имеют место избытки тепла за счет теплопритоков извне, а также от приборов и оборудования. В зимнее время в помещениях образуется недостаток тепла за счет теплопотерь в окружающую среду. СКВ должна надежно поддерживать заданные параметры микроклимата в помещениях независимо от внешних метеословий; обладать маневренностью, т. е. способностью быстро менять режим работы в зависимости от изменений параметров наружного и внутреннего воздуха. Система должна быть экономичной, иметь минимальную массу, габариты и шумность. СКВ должна проектироваться таким образом, чтобы исключалась возможность распространения пожаров по судну и нарушение водонепроницаемости палуб и переборок, обеспечивающих непотопляемость судна. Внешнее оформление элементов системы, особенно воздухораспределителей, должно соответствовать архитектуре и интерьерам судна. Применяемые на судах СКВ весьма разнообразны. Их классифицируют по следующим признакам: по сезонности: круглогодичные, летние, зимние; по месту обработки воздуха: центральные, местные, местно-центральные и автономные; по числу

каналов: одно- и двухканальные, по скорости воздуха в каналах: низкоскоростные (скорость воздуха в магистральных каналах составляет 15—17 м/с), среднескоростные (скорость 17—22 м/с) и высокоскоростные (скорость 22—30 м/с); по наличию рециркуляции воздуха: без рециркуляции, с рециркуляцией; по типу воздухораспределителя: с выпускными и доводочными воздухо-распределителями.

На большинстве морских судов применяют системы круглогодичного кондиционирования, а на судах, плавающих только в северных районах,— системы зимнего кондиционирования, которые нагревают и увлажняют воздух. Если суда эксплуатируют только в южных районах, их оборудуют летними СКВ, которые охлаждают и осушают воздух.

В центральной СКВ производство холода и обработка воздуха централизованы. Полностью обработанный в центральном кондиционере воздух подается в судовые помещения. В местной системе холод вырабатывается централизованно и подается к местным кондиционерам, установленным в помещениях. Тепловлажностная обработка воздуха производится в этих кондиционерах. В местно-центральных СКВ выработка холода централизована, а воздух обрабатывается частично в центральном кондиционере и дополнительно в теплообменниках каютных воздухораспределителей. Автономные СКВ—это автономные кондиционеры, включающие в себя аппараты тепловлажностной обработки воздуха и холодильную машину, обслуживающие данное помещение.

Кондиционеры могут быть моноблочными, когда в одном корпусе монтируют все основные элементы (вентиляторы, фильтры, теплообменники, увлажнители и т. д.), и секционными, составленными из самостоятельных элементов—секций. Различают одно- и двухканальные центральные кондиционеры. Технологические схемы обработки воздуха, а следовательно, и расположение основных элементов в кондиционерах могут быть различными. На рис. 18.11 приведена схема центрального двухканального кондиционера. Корпус 1 изготовлен из алюминиево-магниевого сплава и изолирован изнутри поропластом. Вентилятор 12 засасывает наружный воздух через фильтр 3 и воздухонагреватель первой ступени 11 и через глушитель 2 подает его в разделительную камеру 5. Из этой камеры часть воздуха направляется в канал 1 через патрубок 6, а оставшаяся часть последовательно проходит через воздухоохладитель 10, увлажнитель 9 и воздухонагреватель второй ступени 8. Через

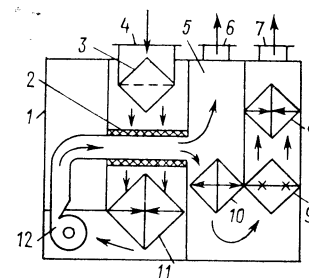


Рис. 18.11. Принципиальная схема центрального двухканального кондиционера

1 — корпус; 2 — глушитель; 3 — фильтр; 4 — патрубок подвода наружного воздуха; 5 — разделительная камера; 6 — патрубок первого канала; 7 — патрубок второго канала; 8 — воздухонагреватель второй ступени; 9 — паровой увлажнитель; 10 — воздухоохладитель; 11 — воздухонагреватель первой ступени; 12 — вентилятор

патрубок 7 воздух попадает в канал II. Петлевая компоновка элементов, при которой воздух после охладителя 10 меняет свое направление на  $180^\circ$ , обеспечивает отделение влаги из воздуха без элиминаторов (влагоотделителей). При нормальной работе такого кондиционера в летний период могут поддерживаться следующие параметры воздуха: после первой ступени  $t_1=40^\circ\text{C}$ ,  $\phi_1=55\%$ ; после второй ступени  $t_2=11^\circ\text{C}$ ,  $\phi_2=95\%$ . В зимнее время температура после первой ступени поддерживается постоянной и равной  $18^\circ\text{C}$ , а после второй ступени регулируется в пределах от  $23$  до  $46^\circ\text{C}$ , в зависимости от температуры наружного воздуха. Кондиционеры должны устанавливаться в звукоизолированных помещениях. Эти помещения должны оборудоваться вентиляцией, освещением и шпигатами для удаления воды. В них располагаются также щиты системы автоматического регулирования и контроля.

Устройства, с помощью которых производится распределение воздуха в помещении, называются *воздухораспределителями*. Воздухораспределители называются выпускными, если в них не производится охлаждения или подогрева воздуха, и доводочными, если такая обработка в них производится. Выпускные воздухораспределители могут быть смесительными, предназначенными для двухканальных систем, и просто выпускными — для одноканальных систем. Последние могут иметь устройство для регулирования расхода воздуха или не иметь его; обладать радиальным или направленным выпуском воздуха. Доводочные воздухораспределители делятся на прямоточные (с обработкой приточного воздуха) и эжекционные (с обработкой эжектируемого из помещения рециркуляционного воздуха).

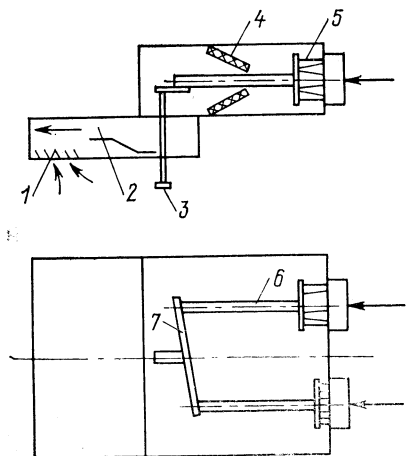


Рис. 18.12. Схема воздухораспределителя-смесителя двухканального эжекционного

1 — жалюзи; 2 — сопло; 3 — рукоятка; 4 — глушитель шума; 5 — поршень; 6 — шток; 7 — коромысло

На рис. 18.12 приведена схема выпускного эжекционного воздухораспределителя — смесителя для двухканальной системы. Он состоит из двух частей: смесительной, расположенной под зашивкой подволока, и эжектирующей, находящейся в помещении. В смесительной части находятся два поршня 5, перекрывающие патрубки от каналов холодного и теплого воздуха. Поршни штоками 6 связаны с коромыслом 7, перемещающим рукояткой 3 можно регулировать количество воздуха, поступающего из разных каналов. В эжектирующей части установлено сопло 2. Приточный воздух, выходящий из сопла, подсасывает через жалюзи 1 воздух из помещения.

Образовавшаяся смесь поступает в помещение. Регулирование ее температуры возможно только изменением соотношения количеств теплого и холодного воздуха, попадающего в смеситель.

На рис. 18.13 приведена схема доводочного эжекционного воздухораспределителя. В его корпусе размещены сопло 10, теплообменник 5, механизм регулирования 4. К теплообменнику может подаваться горячая или холодная вода. Воздух входит через патрубок 9, в сопле приобретает большую скорость ( $20\text{—}30\text{ м/с}$ ). В корпусе создается разрежение и происходит подсасывание воздуха из помещения через жалюзи 7. Рециркуляционный воздух омывает трубки теплообменника, нагревается или охлаждается в зависимости от того, в каком режиме работает теплообменник, смешивается с воздухом из сопла и поступает через решетку 1 в помещение. Регулирование температуры воздуха производится с помощью механизма регулирования 4 путем изменения расхода воздуха, подсасываемого из помещения.

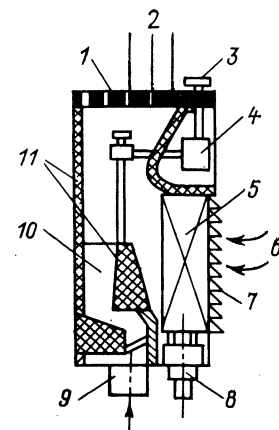


Рис. 18.13. Схема доводочного эжекционного воздухораспределителя

1 — решетка; 2 — выход воздуха в помещение; 3 — рукоятка; 4 — механизм регулирования; 5 — теплообменник; 6 — вход рециркуляционного воздуха; 7 — жалюзи; 8 — патрубок подачи греющей (охлаждающей) среды; 9 — патрубок приточного воздуха; 10 — сопло; 11 — изоляция

В СКВ применяют теплообменники поверхностного типа с оребренными змеевиковыми трубами, по которым циркулирует хладо- или теплоноситель. В качестве хладоносителя используется холодная вода, рассол или хладон. В качестве теплоносителя применяется горячая вода или водяной пар. Используются также электрические воздушонагреватели.

Воздухопроводы судовых СКВ изготавливают, как правило, круглого поперечного сечения из стали, алюминиевых сплавов или ударопрочного винипласта.

В судовых СКВ наряду с ручным управлением предусматривается автоматизация процессов тепловлажностной обработки воздуха. Это обеспечивается пневматическими или электромеханическими системами автоматического регулирования (САР), а также САР с регуляторами прямого действия. Существующие САР обеспечивают поддержание комфортных параметров (температуры с точностью  $\pm(1\text{—}1,5)^\circ\text{C}$  и относительной влажности с точностью  $\pm(5\text{—}10)\%$  в жилых и служебных помещениях независимо от времени года, района плавания и изменения внутренних тепло- и влаговывделений.

Применяемые на судах СКВ очень разнообразны. Рассмотрим особенности построения некоторых типовых схем СКВ, получивших наибольшее распространение.

На рис. 18.14, а приведена схема одноканальной центральной СКВ с рециркуляцией и выпускными воздухораспределителями.

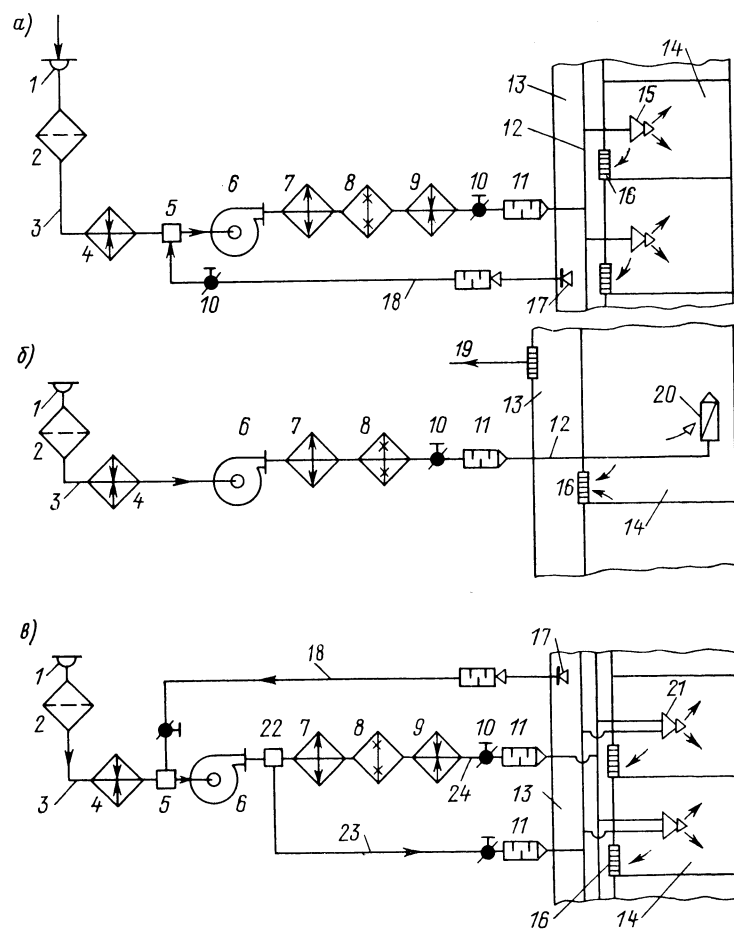


Рис. 18.14. Типовые принципиальные схемы системы кондиционирования воздуха: а — одноканальная центральная с рециркуляцией и выпускными воздухораспределителями; б — одноканальная местно-центральная без рециркуляции с доводочными воздухораспределителями; в — двухканальная центральная с рециркуляцией и доводочными воздухораспределителями-смесителями

1, 17 — воздухозаборник; 2 — фильтр; 3 — трубопровод наружного воздуха; 4 — воздухонагреватель первой ступени; 5 — камера смешения; 6 — вентилятор; 7 — воздухоохладитель; 8 — увлажнитель воздуха; 9 — воздухонагреватель второй ступени; 10 — заслонка дроссельная; 11 — глушитель шума; 12 — магистральный трубопровод; 13 — коридор; 14 — помещение; 15 — воздухораспределитель выпускной; 16 — решетка; 18 — трубопровод рециркуляционного воздуха; 19 — трубопровод в атмосферу; 20 — воздухораспределитель доводочный эжекционный; 21 — воздухораспределитель-смеситель; 22 — разделительная камера; 23 — канал 1; 24 — канал 11

Вентилятор 6 кондиционера забирает наружный воздух через воздухозаборник 1 и фильтр 2, в котором производится очистка воздуха от пыли и других механических загрязнений. В камере

смешения 5 наружный воздух смешивается с рециркуляционным воздухом из помещения. Полученная смесь поступает в аппараты тепловлажностной обработки воздуха. В летнем режиме в воздухонагреватели первой 4 и второй ступени 9, а также в увлажнитель 8 не подаются рабочие среды, т. е. они не работают. Воздух охлаждается и осушается в воздухоохладителе 7 и с температурой 12—20 °С поступает в воздухораспределитель. В зимнем режиме воздухоохладитель не работает, а воздух нагревается в воздухонагревателе первой ступени до температуры 12—15 °С, смешивается с рециркуляционным воздухом, увлажняется и подогревается в воздухонагревателе второй ступени до температуры 30—45 °С, затем поступает в воздухораспределитель. Рециркуляция воздуха применяется с целью сокращения расходов тепла и холода в СКВ, так как зимой воздух помещения более теплый, а летом более холодный, чем наружный воздух. На рециркуляцию воздух забирают обычно из коридоров, куда он поступает из помещений через жалюзийные решетки. Для уменьшения аэродинамического шума, проникающего в помещение с воздухом, на воздухопроводах устанавливают глушители шума.

В таких системах параметры воздуха в помещении можно регулировать количественным способом путем изменения расхода воздуха с помощью регулятора в воздухораспределителе.

Лучшего регулирования параметров воздуха в помещениях можно достичь применением наряду с количественным способом метода качественного регулирования, т. е. изменения параметров воздуха, подаваемого из воздухораспределителя в помещение. Это возможно при использовании одноканальных высокоскоростных систем с каютными доводочными воздухораспределителями, имеющими теплообменники для тепловлажностной обработки воздуха. Схема такой системы приведена на рис. 18.14, б. В этой системе применены доводочные эжекционные воздухораспределители с водяными теплообменниками, в которых охлаждается (летом) или подогревается (зимой) эжектируемый воздух помещения. В центральном кондиционере наружный воздух охлаждается до температуры 12—16 °С и осушается (летом) либо нагревается до температуры 15—25 °С и увлажняется (зимой) и поступает в воздухораспределитель. Проходящий через теплообменник воздухораспределителя эжектируемый воздух помещения охлаждается до 14—18 °С (летом) или нагревается до 30—45 °С (зимой), смешивается с воздухом, поступающим из кондиционера, и подается в помещение. В СКВ рассмотренного типа производительность центральных кондиционеров в 1,5—2 раза меньше, чем в системе предыдущего типа. Требуемая холодопроизводительность и мощность системы уменьшается на 20—25 %, уменьшаются размеры и масса воздухопроводов. Большие возможности здесь и для регулирования параметров воздуха. Недостатками системы является значительный уровень шума, необходимость прокладки водяных трубопроводов к воздухораспределителям, высокая стоимость.

На рис. 18.14, в приведена схема двухканальной центральной СКВ с рециркуляцией и воздухораспределителями-смесителями. Эта система отличается от предыдущей тем, что в кондиционере после воздухонагревателя первой ступени 4 и вентилятора 6 есть разделительная камера 22, откуда к воздухораспределителю смесительного типа отводится часть воздуха по каналу I. Оставшаяся часть воздуха проходит дополнительную тепловлажностную обработку и поступает к воздухораспределителю по каналу II. Смешивая воздух, поступающий к смесителю по каналам I и II в различных количествах, можно получить разные параметры приточного воздуха, а, следовательно, и воздуха в помещении. Это позволяет производить индивидуальную регулировку параметров воздуха в помещениях в очень широких пределах. Причем регулирование осуществляется при помощи единого теплохладоносителя — воздуха. Системы эти надежны, просты в обслуживании, сравнительно малошумны. Недостатками их является большая масса и габариты, высокая стоимость.

## Глава девятнадцатая

### СИСТЕМЫ БЫТОВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И СТОЧНЫЕ

#### § 19.1. Назначение и классификация систем

Системы бытового водоснабжения предназначены для обеспечения команды и пассажиров пресной и забортной водой. В эту группу входят системы питьевой, мытьевой и забортной воды (возможно создание единой системы бытовой пресной воды). Система питьевой воды предназначена для приема, хранения и подачи воды на камбуз, в медицинские помещения, к кипятильникам, умывальникам и другим потребителям, предусмотренным Санитарными правилами. Система мытьевой воды предназначена для приема, хранения и подачи пресной воды в бани, души, ванны, для стирки белья, мытья провизионных кладовых и к другим потребителям. Система бытовой забортной воды обеспечивает подачу забортной воды в санитарные помещения, для мытья палуб, в прачечные, бани, душевые и к другим потребителям. Одним из основных требований, предъявляемых к системам водоснабжения, является создание условий для сохранения качества пресной воды, соответствующего требованиям государственного стандарта.

Назначением сточных систем является сбор и удаление с судна сточных и хозяйственно-бытовых вод. В эту группу входят системы сточные, хозяйственно-бытовых вод и шпигатов открытых палуб. Сточная система предназначена для сбора, обработки и удаления с судна сточных вод из туалетов, медицинских поме-

щений и помещений для перевозки животных. Сбор и удаление с судна загрязненных вод из умывальных, бань, прачечных, камбузов и других подобных помещений является задачей системы хозяйственно-бытовых вод. Для удаления с палуб воды, попавшей из атмосферы, при тушении пожаров, используются спускные трубы и система шпигатов открытых палуб.

Сточные системы должны соответствовать требованиям, предъявляемым к ним Международной конвенцией МАРПОЛ 73/78. Положениями этой конвенции разрешается сброс обработанных и обеззараженных сточных вод на расстоянии более четырех миль от ближайшего берега и сброс необработанных и необеззараженных вод на расстоянии более 12 миль от ближайшего берега. В обоих случаях сброс должен осуществляться постепенно при скорости судна не менее четырех узлов. При этом не должно происходить изменения цвета окружающей воды и появления видимых твердых частиц.

#### § 19.2. Системы бытового водоснабжения

##### 19.2.1. Система питьевой воды

Питьевая вода должна быть пресной, прозрачной, без запахов, безвредной по химическому составу и не содержать болезнетворных микроорганизмов. Все свойства питьевой воды регламентируются государственным стандартом.

В состав системы входят цистерны хранения запасов воды, расходные цистерны, пневмоцистерны, насосы, средства санитарно-гигиенической обработки воды, трубопроводы, контрольно-измерительные приборы.

Питьевая вода на судно принимается от городского водопровода, с судов-водолеев или поступает от станции приготовления воды, оборудованной на судне. Запасы питьевой воды устанавливаются по нормам ее расхода в зависимости от категории судна. На морских судах неограниченного района плавания норма расхода питьевой воды составляет не менее 40 л на человека в сутки.

Для хранения запасов питьевой воды на судах должно быть не менее двух вкладных цистерн. Для защиты их внутренних поверхностей применяются цементные покрытия, краски, лаки, эмали. Размещать цистерны необходимо вдали от источников тепла и цистерн, хранящих жидкости другого назначения. Необходимо предусматривать меры по предотвращению загрязнения питьевой воды. Так, для замера количества воды в цистернах используют указательные колонки, дистанционные уровнемеры, исключающие возможность загрязнения воды. Для приема воды с берега цистерны снабжают наливными трубами, приемные патрубки которых должны возвышаться над палубой не менее чем на 400 мм. Цистерны оборудуются воздушными трубами с внутренним диаметром не менее 32 мм. Концы их выводятся на открытые палубы и устанавливают на них специальные головки для предотвращения попадания в цистерны забортной воды.

При хранении воды более семи суток уменьшается ее прозрачность, в ней увеличивается количество микроорганизмов, появляется неприятный запах. В этом случае необходимо производить очистку и обеззараживание воды. Судовые устройства по ее санитарно-гигиенической обработке включают в себя фильтры для очистки воды от взвешенных частиц, обеззараживающие и дезодорирующие устройства. В зависимости от уровня бактериального загрязнения воды используют различные методы ее обеззараживания. Рассмотрим некоторые из них.

Высокий бактерицидный эффект дает *метод ультрафиолетового облучения*. Обработка воды осуществляется в группе бактерицидных ламп. Это газортутные лампы с трубкой из специального стекла, пропускающей лишь ультрафиолетовые лучи. Лампа заключается в кварцевую трубку, не пропускающую эти лучи наружу. Вода прокачивается между стенками кварцевой трубки и ртутной лампы, облучается ультрафиолетовыми лучами и обеззараживается.

*Введение в воду ионов серебра*, обладающих бактерицидным действием, является эффективным средством ее консервации. Обычно обработке в автоматизированных ионаторах подвергается вода при приеме ее в цистерны. Концентрация серебра в питьевой воде не должна превышать 0,05 мг/л. При более высоких концентрациях вода перед подачей потребителям должна подвергаться десеребрению в сорбционных фильтрах. Одним из методов обеззараживания воды является ее *хлорирование*. Обработка воды хлорсодержащими препаратами (хлорной известью, хлораминном и др.) оказывает хорошее бактерицидное действие. Однако в судовых условиях трудно точно определить необходимое для обработки количество этих препаратов, поэтому используют заведомо большие дозы хлора. Это приводит к появлению у воды неприятного привкуса и запаха, что требует ее дехлорирования.

Наиболее эффективным способом обеззараживания воды является ее *озонирование*. Озон ( $O_3$ ) представляет собой трехатомную модификацию кислорода. Это очень неустойчивое соединение, в воде быстро разлагается на обычный ( $O_2$ ) и атомарный (O) кислород. Последний в реакциях с органическими и неорганическими веществами ведет себя как очень сильный окислитель, способный уничтожить не только бактерии, но и вирусы. При озонировании устраняются привкус и запахи, выделяемые некоторыми водорослями и микроорганизмами. Озон действует в 15—20 раз быстрее хлора, а потребность в нем для достижения равного эффекта в 2,5 раза меньше. Озонирование представляет собой универсальный метод обработки воды, так как проявляет свое действие одновременно в бактериологическом и физическом отношениях, а также в устранении неприятных привкусов и запахов. Вместе с тем обработка воды озоном не вносит в нее дополнительных посторонних веществ, как это происходит при хлорировании; полезные минеральные вещества, содержащиеся в воде, не изменяются химически.

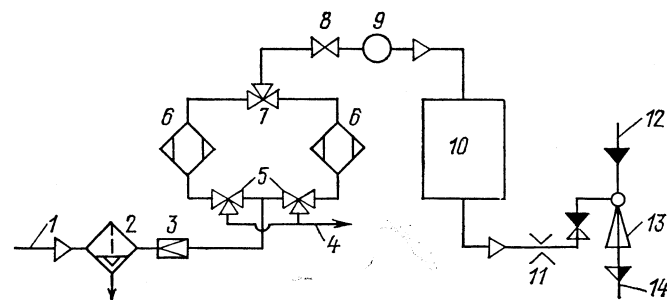


Рис. 19.1. Принципиальная схема установки для приготовления озона

На рис. 19.1 приведена схема установки для обработки воды озоном. Озон получают из кислорода воздуха за счет так называемого «тихого» разряда в озонаторе. Воздух поступает из трубопровода сжатого воздуха 1 и через водомаслоотделитель 2 и редукционный клапан 3 подается в силикагелевый адсорбер 6. Адсорбер является необходимым элементом установки, так как от степени осушки воздуха зависит производительность озонатора. Один из адсорберов работает в режиме осушения, другой — регенерации, их переключение осуществляется кранами 5 и 7. Регулировочный клапан 8 предназначен для подачи воздуха в строго определенном количестве и давлении в разрядную зону озонатора 10. Там при высоком напряжении (5—20 кВ) из кислорода воздуха образуется озон, и озono-воздушная смесь поступает к эжектору-смесителю 13, где перемешивается с обрабатываемой водой, поступающей по трубопроводу 12. Озono-водная смесь подается в систему водоснабжения по трубопроводу 14.

Пополнение запасов питьевой воды в море производится при помощи опреснительных установок из заборной воды, которую для этой цели следует забирать не ближе чем в 25 милях от берега. Питьевая вода по своему солевому составу должна отвечать требованиям государственного стандарта, поэтому дистиллят подвергают обеззараживанию и минерализации (насыщению солями). Минерализацию осуществляют с помощью специальных дозаторных установок. Все основное оборудование для приготовления питьевой воды размещают на станции приготовления пресной воды (СППВ). Обработанную на СППВ питьевую воду перекачивают в цистерны запаса.

Системы питьевой воды по принципу действия могут подразделяться на *гравитационные* системы, в которых подача воды к потребителям осуществляется под действием сил тяжести; *принудительные* системы, в которых подача воды осуществляется насосом или за счет давления, создаваемого в пневмогидроцистерне; *комбинированные*, в которых применяется принудительная подача воды в расходно-напорные цистерны, и гравитационная подача из этих цистерн потребителям.



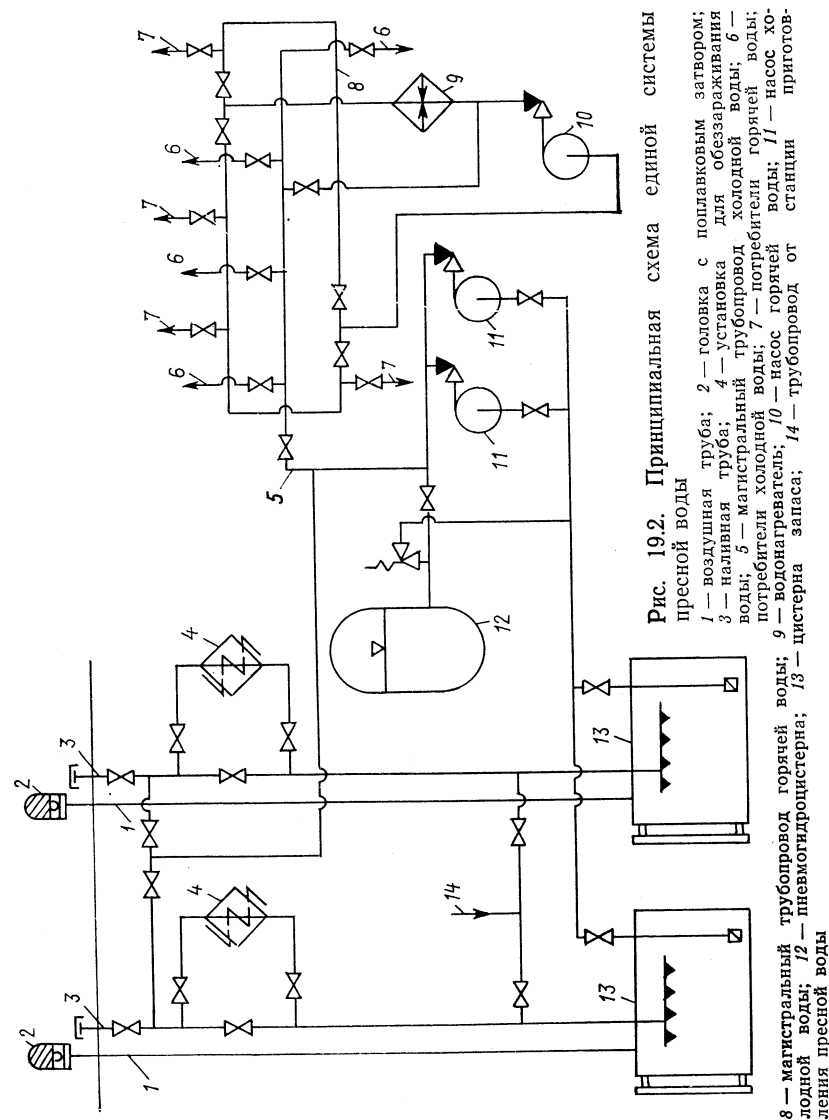
Систему питьевой воды проектируют по централизованному принципу, т. е. она обслуживает все потребители на судне. Эта система не должна иметь соединений с системой мытьевой и заборной воды. Для удобства обслуживания и ремонта ко всей арматуре должен быть обеспечен свободный доступ. Прокладка труб в грузовых трюмах не рекомендуется, в противном случае трубы необходимо защищать прочными кожухами. Трубопроводы системы изготавливают из стальных усиленных оцинкованных бесшовных и водогазопроводных труб, арматура стальная. Диаметры трубопроводов определяют гидравлическим расчетом. В системе используются центробежные насосы. Их производительность определяют по максимальному расчетному часовому расходу воды, принятому из суточного баланса наиболее загруженного дня недели.

Для поддержания давления в системе при неработающем насосе применяется пневмогидроцистерна (ПГЦ). В часы пикового расхода насос работает практически непрерывно, а в остальное время потребители получают воду из запасов ПГЦ. При ее опорожнении до определенного уровня автоматически при помощи реле давления включается насос и заполняет ПГЦ. На морских судах наибольшее распространение получили принудительные и комбинированные системы. В последних используются расходно-напорные цистерны, которые должны размещаться на необходимой высоте для обеспечения требуемых расходов у потребителей. Индивидуальные расходно-напорные цистерны рекомендуется применять для камбузов, буфетных, медицинских помещений. Как правило, эти цистерны имеют устройства для автоматического включения и выключения насосов.

### 19.2.2. Система пресной мытьевой воды

По своему устройству эта система подобна системе питьевой воды с той разницей, что она должна снабжать потребителей одновременно холодной и горячей водой. Поэтому в состав этой системы дополнительно включают водоподогреватели, трубопроводы и насосы горячей воды. К пресной воде, используемой в этой системе, предъявляют менее жесткие требования, чем к питьевой воде. Мытьевая вода должна отвечать требованиям государственного стандарта только по бактериологическим и токсикологическим показателям, физико-химические показатели (содержание солей и т. д.) здесь не являются определяющими. Так, для мытья может использоваться обеззараженная опресненная морская вода, не прошедшая минерализации. Нормы расхода мытьевой воды определяются Санитарными правилами морских судов СССР в зависимости от категории судна. Для судов неограниченного района плавания эта норма составляет 60 л на человека в сутки.

Мытьевую воду хранят во вкладных или корпусных цистернах с антикоррозионным покрытием, расположенных вдали от





цистерн с другими жидкостями (топливо, сточные воды и т. д.) и источников тепла. При длительном хранении мытьевая вода проходит обеззараживание. В море запасы мытьевой воды пополняют с помощью опреснительной установки. Горячая мытьевая вода готовится в центральном автоматизированном водонагревателе и по отдельному трубопроводу подается потребителям. Этот трубопровод часто выполняется в виде кольца и обслуживается насосом горячей воды. Производительность нагревателя определяют расчетом по расходу воды потребителями с учетом одновременности их работы. Температуру воды в магистрали поддерживают в пределах от 50° до 70 °С.

На морских судах может использоваться единая система бытового водоснабжения (рис. 19.2). В этом случае вода по своему качеству должна отвечать всем требованиям, предъявляемым к питьевой воде. Перед рейсом пресная вода по наливным трубам 3 поступает в цистерны запаса 13. Оттуда насосы 11 подают ее в пневмогидроцистерну 12 и магистральный трубопровод 5. Из этого трубопровода холодная пресная вода поступает потребителям 6. Часть воды поступает в водонагреватель 9, в кольцевую магистраль 8 и к потребителям горячей воды 7. Циркуляция горячей воды обеспечивается насосом 10. В состав системы входят установки обеззараживания 4. В море запасы воды пополняются станциями приготовления пресной воды, которая поступает в систему по трубопроводу 14.

### 19.2.3. Система бытовой забортной воды

В задачу этой системы входит подача забортной воды в санитарные помещения, для охлаждения кипятильников, в бани, прачечные и другие помещения.

Эта система не имеет цистерн запаса. Вода к потребителям подается насосом и от пневмогидроцистерны (рис. 19.3). Резервным источником водопитания может служить система водотушения. Трубопроводы системы изготавливают из стальных оцинкованных или стальных, футерованных полиэтиленом труб. Трубопроводы от кингстонов до насосов изготавливают из медных или медноникелевых труб. Аппаратура используется стальная.

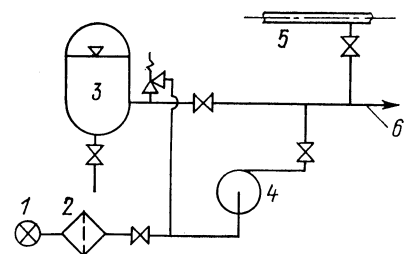


Рис. 19.3. Принципиальная схема системы бытовой забортной воды  
1 — кингстон; 2 — фильтр; 3 — пневмогидроцистерна; 4 — насос забортной воды; 5 — участок системы водотушения; 6 — трубопровод к потребителям

### § 19.3. Системы сточные

Сточные системы по устройству могут подразделяться на: системы со сбором сточных вод, предназначенные для сбора и накопления сточных вод в сборных цистернах с последующей передачей этих вод на берег или

в плавучий сборщик; системы с обработкой сточных вод на судне, предназначенные для обработки (очистки и обеззараживания) сточных вод в специальных установках и отвода обработанных вод за борт, а также сбора шлама с последующим его уничтожением или передачей на берег.

Последние системы являются наиболее перспективными. На небольших судах, в основном с динамическими принципами поддержания, используют сточные системы с рециркуляцией смывной жидкости. Их преимуществом является возможность многократного использования смывной жидкости. Однако эти системы неэкономичны для судов с накоплением сточных вод более 500—1000 л/сут.

Сточные системы в зависимости от назначения и устройства состоят из цистерн сбора стоков, насосов и эжекторов, трубопроводов, контрольно-измерительных приборов. Кроме того, в системах используются установки для обработки стоков, цистерны сбора шлама и т. д.

Цистерны сбора стоков от систем сточной и хозяйственно-бытовых вод размещают вдали от жилых и служебных помещений, постов, источников тепла. Располагаются они, а также цистерны сбора шлама, установки для обработки сточных вод и насосы в газонепроницаемых выгородках, имеющих вентиляцию с кратностью обмена не менее 8—10. При этом должен обеспечиваться свободный доступ для осмотра и ремонтов всего оборудования. Цистерны сточных систем не должны соседствовать с цистернами пресной воды и провизионными кладовыми. Воздушные трубы цистерн выводят из самой верхней их части как можно выше, в кожухи дымовых труб и колонны мачт. Внутренние поверхности цистерн должны быть гладкими и иметь антикоррозионное покрытие. Для их очистки и пропаривания внутри устанавливают перфорированные трубы для подачи сжатого воздуха, пара, воды. Вместимость цистерн сбора определяют в зависимости от численности экипажа и пассажиров и расчетного количества стоков на одного человека. Для морских судов неограниченного района плавания расчетное количество стоков принимают не менее 50 л на одного человека в сутки. Расчетное время стоянки судна в порту должно составлять не менее трех суток. Цистерны оборудуются сигнализацией верхнего и нижнего уровней с выводом в пост управления системами. Стоки поступают в цистерны сбора самотеком, а удаляются из них насосами, эжекторами, сжатым воздухом. Производительность насосных средств должна быть достаточной для опорожнения цистерны сбора за время не более 1 ч.

Трубопроводы сточной системы нельзя прокладывать через жилые, общественные и медицинские помещения, при проходе через помещения с высокой температурой должны изолироваться; не рекомендуется соединять с трубопроводами системы хозяйственно-бытовых вод. Трубопроводы сточных систем прокладывают с уклоном не менее 30—50 мм на 1 м длины трубы к выходному отверстию с минимальным числом изгибов и соединений. Диа-

метр труб, отходящих от унитазов, принимается не менее 100 мм, писсуаров 32—50 мм, умывальников 32—40 мм. Трубопроводы сточных систем изготавливают из стальных оцинкованных бесшовных или электросварных труб, в труднодоступных местах используют медные трубы, арматура стальная.

Отливные отверстия сточных систем выводят обычно на левый борт. На трубопроводе перед выходом за борт устанавливают невозвратную захлопку. Для того чтобы в помещения не проникали неприятные запахи, у санитарных приборов устанавливают водяные затворы, которые либо входят в конструкцию приборов, либо размещаются под ними.

В настоящее время на судах используют установки различных типов для обработки стоков: для очистки их от твердых частиц и последующей химической или иной обработки с целью обеззараживания воды, сбрасываемой за борт.

Обработка стоков на судах осуществляется биологическим, электрохимическим, физико-химическим и другими методами.

Биологический метод обработки стоков заключается в создании и поддержании оптимальных условий существования и размножения бактерий, перерабатывающих вредные вещества и продукты, содержащиеся в стоках. Для этого на рис. 19.4 приведена схема такой обработки с использованием аэробных бактерий, потребляющих кислород из аэрированной воды. Стоки поступают в цистерну сбора 2, откуда насосом-размельчителем 3 подаются в аэрационный танк 4. Танк оборудован специальным устройством для подачи воздуха, перемешивающим содержимое танка. За счет совместного действия аэробных бактерий и кислорода воздуха происходит окисление и разложение органических веществ, содержащихся в обрабатываемой воде. Стоки выдерживают в аэрационном танке от 12 до 24 ч. Из танка 4 сточные воды передаются в цистерну осаднения 7, где тяжелые твердые частицы выпадают в осадок, а легкие всплывают на поверхность. Некоторое количество осадков подается вновь в аэрационный танк для питания бактерий, а основная часть их попадает в хранилище твердых отходов 5. Оттуда они передаются на берег или сжигаются в специальных печах. Плавающие частицы из цистерны осаднения вновь передаются в аэрационный танк для дальнейшего окисления и разложения. Из цистерны осаднения очищенная вода поступает в накопительную цистерну 9, где ее хлорируют и после обеззараживания сбрасывают за борт.

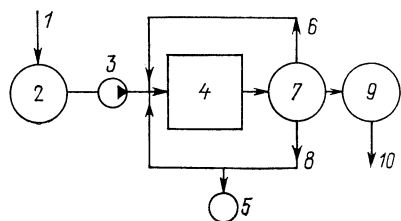


Рис. 19.4. Схема биологической обработки сточных вод.

1 — трубопровод поступления стоков; 2 — цистерна сбора стоков; 3 — насос-размельчитель; 4 — аэрационный танк; 5 — хранилище твердых отходов; 6 — передача легких твердых частиц в аэрационный танк; 7 — цистерна осаднения; 8 — передача тяжелых твердых частиц в хранилище твердых отходов и в аэрационный танк; 9 — накопительная цистерна с хлоратором; 10 — сброс очищенных вод за борт.

Достоинством метода является простота конструкции установки и ухода за ней, малый расход химических препаратов, возможность приемки различных по характеру стоков, хорошее качество очистки. Недостатки: чувствительность бактерий к качке, химикатам, токсическим веществам, которые могут содержаться в стоках, а также значительные затраты времени на ввод установки в действие после больших перерывов в работе.

На рис. 19.5 приведена принципиальная схема сточной системы со сбором сточных вод. Стоки поступают в сборную цистерну 11 из санитарных помещений, а также из умывальников, палубных шпигатов. Из цистерны сточная вода насосом 10 может передаваться на берег или в плавучий сборщик по трубопроводам, оканчивающимся фланцами международного образца. Размеры этих фланцев регламентируются Международной конвенцией МАРПОЛ 73/78. В случае выхода из строя насоса откачку производят эжектором 13. На расстоянии свыше 12 миль от ближайшего берега откачку сточных вод из цистерны или отвод стоков можно производить непосредственно из помещений за борт по трубопроводу 7. Для периодической очистки цистерна оборудована трубопроводами пара, сжатого воздуха и воды.

Система шпигатов открытых палуб состоит из спускных труб, приемные концы которых снабжают шпигатами. На открытых палубах устанавливают проходные шпигаты. Расстояние между

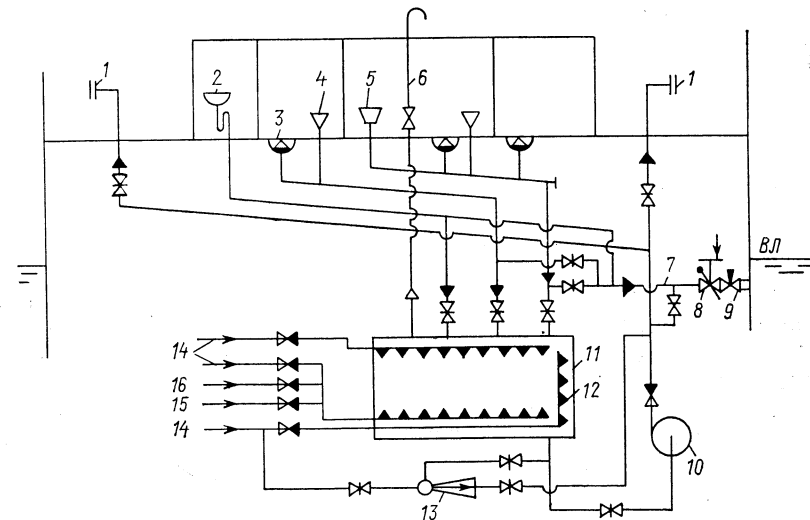


Рис. 19.5. Принципиальная схема сточной системы со сбором сточных вод

1 — патрубков с фланцем международного образца; 2 — умывальник; 3 — управляемый шпигат с водяным затвором; 4 — унитаз; 5 — писсуар; 6 — воздушная труба; 7 — трубопровод откачки сточных вод за борт; 8 — захлопка с принудительным закрытием; 9 — запорный клапан с дистанционным управлением; 10 — насос; 11 — сборная цистерна; 12 — перфорированные трубы; 13 — эжектор; 14 — трубопровод от системы водотушения; 15 — трубопровод от системы хозяйственного пароснабжения; 16 — трубопровод от системы сжатого воздуха.

ними принимается не более 20 м. Во внутренних помещениях используют управляемые шпигаты с водяным затвором. Спускные трубы отводят воду в льяла, сточные колодцы или за борт. В качестве спускных используют стальные оцинкованные бесшовные трубы, арматура стальная или из цветных сплавов.

## Глава двадцатая

### СИСТЕМЫ СЖАТОГО ВОЗДУХА И ГАЗОВ

#### § 20.1. Назначение, классификация и общие требования

Системы сжатого воздуха предназначены для получения, хранения и подачи потребителям воздуха требуемого давления.

В зависимости от величины давления различают системы воздуха низкого до 1 МПа (10 кгс/см<sup>2</sup>), среднего от 1 до 10 МПа (от 10 до 100 кгс/см<sup>2</sup>) и высокого более 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>) давления.

Кроме систем сжатого воздуха на судах используют системы сжатых газов и газовых смесей. Они предназначены для получения, хранения и подачи сжатых газов (азота, гелия, кислорода), а также газовых смесей для водолазных работ, зарядки баллонов дыхательных аппаратов и т. д.

При проектировании систем сжатого воздуха должна обеспечиваться максимальная живучесть системы, безотказная работа механизмов и устройств в различных условиях эксплуатации, технологичность и унификация узлов, механизмов и трубопроводов, минимальная шумность, а также безопасность и удобство эксплуатации системы.

#### § 20.2. Системы сжатого воздуха

В состав систем сжатого воздуха входят следующие основные элементы: компрессоры, средства очистки и осушки воздуха, баллоны, трубопроводы, контрольно-измерительные приборы, средства управления.

Воздух низкого давления используют на хозяйственные нужды, тифоны, в пожарных системах. Основными потребителями воздуха среднего и высокого давления являются главные двигатели и вспомогательные механизмы, дизель-генераторы, дизель-компрессоры, система гидравлики и др. Система воздуха высокого давления получает воздух от компрессоров высокого давления, среднего давления — от компрессоров среднего давления или от системы воздуха высокого давления через редукционные клапаны, низкого давления — соответственно от систем воздуха высокого или среднего давления через редукционные клапаны, а также от специальных компрессоров низкого давления.

Системы сжатого воздуха строят по централизованному, групповому и автономному принципам с кольцевыми, линейными и комбинированными магистральями.

Число основных компрессоров на судах неограниченного района плавания должно быть не менее двух. В зависимости от требуемого давления используют роторные, лопастные и поршневые одно- и многоступенчатые компрессоры с приводом от электродвигателя или дизеля. В состав системы могут включаться и навешенные компрессоры. Компрессоры устанавливают в помещениях главных энергетических установок, отделениях вспомогательных механизмов или в специальных помещениях — компрессорных отделениях, по возможности в районах расположения основных потребителей.

Сжатый воздух хранят в стальных цельнотянутых цилиндрических баллонах, количество которых определяется требуемым запасом сжатого воздуха для обслуживаемых потребителей. Каждый баллон должен снабжаться манометром, предохранительным клапаном, клапаном продувания сконденсировавшейся влаги, масла, а также запорными клапанами для отключения баллона от трубопроводов заполняющего и идущего к месту потребления. Заполнение каждого баллона должно производиться не менее чем от двух компрессоров. Баллоны размещают по возможности в помещениях основных потребителей. У каждого потребителя размещают баллоны, хранящие требуемый для него запас воздуха. Если в одном помещении располагается несколько потребителей, то для них можно создавать общий запас воздуха. Допускается иметь общий запас воздуха для всех потребителей, размещенный в одной группе баллонов, за исключением противопожарных систем. Баллоны с воздухом, необходимые для работы противопожарных систем, располагают на соответствующих станциях пожаротушения.

Для осушки воздуха от влаги и очистки его от масла и механических частиц в системах предусматривают водомаслоотделители и блоки очистки и осушки воздуха, которые входят в состав компрессорной станции, или их устанавливают на трубопроводе подачи воздуха от компрессоров в магистральный трубопровод. Величина рабочего давления и пропускная способность средств очистки и осушки воздуха должны соответствовать давлению нагнетания и производительности компрессоров, за которыми они установлены.

Трубопроводы систем сжатого воздуха изготовляют из стальных бесшовных оцинкованных, медных, биметаллических труб. Арматура применяется стальная и латунная. Диаметры и толщины стенок трубопроводов определяют расчетом. Не рекомендуется прокладывать трубопроводы сжатого воздуха в жилых, служебных и общественных помещениях, а также в постах, где нет потребителей этих систем. Трубопроводы необходимо прокладывать по возможности по прямой линии с небольшим уклоном для спуска воды. При прокладке труб в цистернах они должны

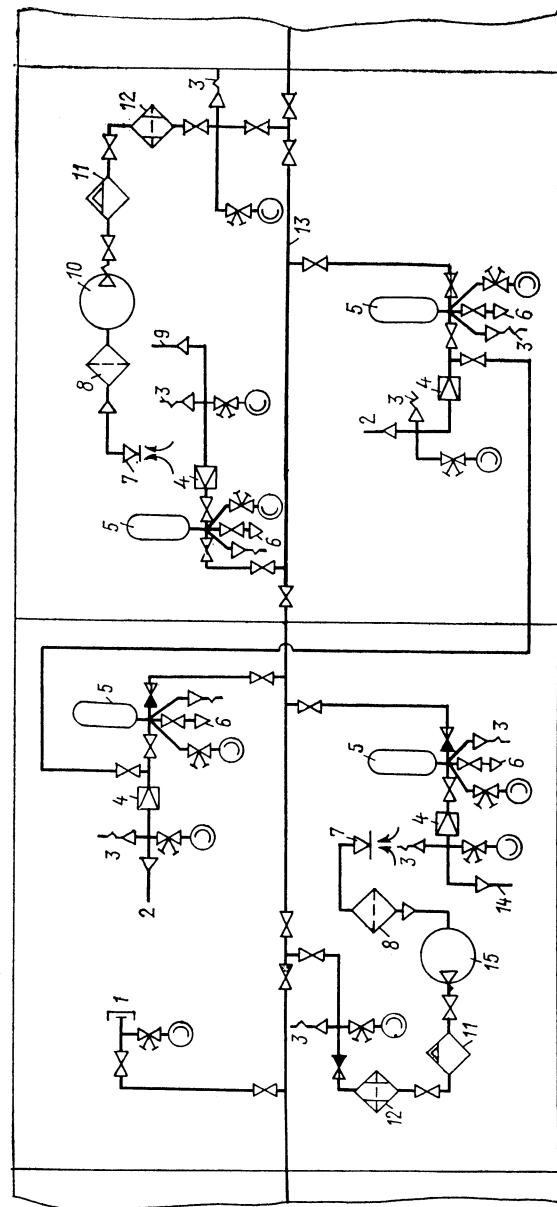


Рис. 20.1. Принципиальная схема системы сжатого воздуха с линейным магистральным трубопроводом  
 1 — трубопровод приема и выдачи сжатого воздуха; 2 — трубопровод к главной энергетической установке; 3 — предохранительный клапан; 4 — редукционный клапан; 5 — баллон с запасом воздуха; 6 — трубопровод к специальным потребителям  $P_{\text{раб}} = 20$  МПа (200 кгс/см<sup>2</sup>); 7 — воздухозаборное устройство; 8 — фильтр; 9 — трубопровод к пневмоприводам дистанционного управления арматурой; 10 — электрокомпрессор  $P_{\text{раб}} = 20$  МПа (200 кгс/см<sup>2</sup>); 11 — водомаслоотделитель; 12 — блок осушки и очистки воздуха; 13 — магистральный трубопровод; 14 — трубопровод к системе сжатого воздуха низкого давления; 15 — дизель-компрессор  $P_{\text{раб}} = 20$  МПа (200 кгс/см<sup>2</sup>)

проходить в герметичном туннеле (труба в трубе) и не иметь разъемных соединений. На трубопроводах отвода воздуха от магистрали к потребителям устанавливают запорные клапаны непосредственно у магистрали. На магистральных трубопроводах и перемычках должны быть разобщительные клапаны, предназначенные для подразделения магистрали на автономные участки.

В системах сжатого воздуха может предусматриваться автоматическое включение компрессоров при падении давления в баллонах (не более чем на 30 % от рабочего) и выключение при достижении рабочего давления. Арматура систем может управляться дистанционным и местным приводом. Клапаны с дистанционным приводом имеют дублирующий местный привод и дистанционный контроль положения запорного органа. Такой же контроль предусматривают для клапанов с местным управлением.

На рис. 20.1 приведена схема системы сжатого воздуха с линейной магистралью. Атмосферный воздух забирается через фильтр 8, сжимается в электрокомпрессоре 10 или дизель-компрессоре 15 до давления 20 МПа. Затем он через отделитель водомасляной эмульсии 11 и блок осушки и очистки воздуха 12 поступает в магистраль 13. Отсюда он подается в баллоны 5, размещенные в различных помещениях судна. Все ответвления отделяются от магистрали запорными клапанами. Сама магистраль разбивается на участки разобщительными клапанами. От баллонов воздух непосредственно или через редукционные клапаны 4 поступает к потребителям. По манометрам, расположенным у баллонов, контролируют в них давление. При возрастании давления выше предельного значения автоматически открываются предохранительные клапаны, и часть воздуха поступает в помещение. Когда давление в системе снизится до допустимого значения, эти клапаны закроются.

## Глава двадцать первая

### СПЕЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ НАЛИВНЫХ СУДОВ

#### § 21.1. Назначение, классификация и общие требования

Основную роль в энергетическом балансе промышленно развитых стран играет нефть. В странах Западной Европы ее доля составляет 50—60 %, в Японии — 70 %. Развитие мирового танкерного флота обусловлено удалением основных районов добычи нефти от главных районов ее потребления и переработки. Дедвейт построенных к настоящему времени танкеров достиг 550 000 т. Разработан проект танкера дедвейтом 1 млн. т, и высказана идея о возможности создания сочлененного ком-

плекса дедвейтом 3 млн т (танкера-толкача дедвейтом 1 млн т и шарнирно соединенных с ним и между собой двух барж дедвейтом по 1 млн т каждая).

Наряду с ростом и совершенствованием танкеров совершенствовалось и их оборудование, в том числе специальные системы, обеспечивающие проведение погрузо-разгрузочных работ, сохранность груза при транспортировке.

В состав специальных систем танкеров входят системы грузового комплекса — грузовая и зачистная, а также обеспечивающие системы.

*Грузовая система* предназначена для приема, перекачки в пределах судна и выгрузки жидких грузов.

Назначением *зачистой системы* является откачка жидкого груза из грузовых танков, не выбранного грузовой системой, а также промывочных жидкостей. Грузовая и зачистная системы обеспечивают проведение погрузо-разгрузочных работ, оказывая очень большое влияние на эксплуатационные показатели танкеров.

К *обеспечивающим* системам относятся следующие системы: газоотводная, подогрева жидкого груза, мойки танков, орошения грузовых танков.

Газоотводная система предназначена для поддержания в танках безопасного давления и газообмена в процессе приема, откачки и транспортировки жидкого груза.

Назначением системы подогрева жидкого груза является разогрев его с целью понижения вязкости и повышения производительности грузовых насосов при перекачке высоковязких сортов нефти.

Система мойки танков служит для подачи моющей среды к моечным машинкам и последующего удаления продуктов промывки из грузовых танков.

Для устранения пожарной опасности на танкерах используют системы осушенных инертных газов, создающие в танках атмосферу, не поддерживающую горения. Этим предотвращается возможность взрывов и пожаров в танках, а также коррозионное разрушение корпусных конструкций. Орошение забортной водой палубы и надводной части борта с целью снижения температуры груза и уменьшения его потерь от испарения является задачей системы орошения грузовых танков. Вопросы проектирования систем орошения и инертных газов были изложены в главе семнадцатой.

Специальные системы танкеров должны отвечать целому ряду специальных требований, среди которых можно отметить следующие: надежная работа при всех условиях эксплуатации; максимальная простота и обеспечение заданного времени погрузо-разгрузочных операций; возможность раздельной выгрузки нескольких сортов груза, исключаяющей их смешение, обводнение и загрязнение; пожарная безопасность при транспортировке груза и проведении грузовых операций; экономичность работы на ос-

новных эксплуатационных режимах; предотвращение возможности загрязнения моря нефтью.

Загрязнение моря с танкеров возможно в случае преднамеренного эксплуатационного слива нефтесодержащего балласта, моющей воды после мойки танков или льяльных вод и аварийного разрушения корпуса или ошибочных действий экипажа.

Международной конвенцией МАРПОЛ 73/78 предусматривается целый ряд мероприятий организационного и технического характера, направленных на предотвращение загрязнения моря нефтью в процессе нормальной эксплуатации, обеспечение безопасности танкеров и локализации масштабов аварий. Здесь можно отметить улучшение маневренных характеристик танкеров, ограничение вместимости танков, создание их конструктивной защиты (двойные борта, двойное дно), выделение танков изолированного балласта, внедрение метода мойки танков сырой нефтью, выделение особых районов, где сброс нефти и нефтесодержащих вод запрещен. Также сформулированы условия, при которых сброс допускается: танкер должен находиться в пути за пределами особых районов и на расстоянии более 50 морских миль от ближайшего берега; мгновенная интенсивность сброса не должна превышать 60 л на морскую милю, общее количество сброшенной нефти не должно превышать 1/30 000 общего количества груза; на танкере должна действовать система автоматического замера и контроля над сбросом; судно должно быть оборудовано отстойными танками (не менее двух, с вместимостью не менее 2 % кубатуры грузовых танков).

Эти и еще ряд дополнительных мероприятий являются обязательными для современных танкеров.

## § 21.2. Системы грузового комплекса

Проведение операций по погрузке и разгрузке танкера обеспечивается его грузовым комплексом, состоящим в общем случае из грузовой и зачистой систем.

В состав этих систем входят грузовые и зачистные насосы, трубы, запорная арматура, компенсаторы, сепараторы, фильтры, приемные патрубки, контрольно-измерительные приборы, средства управления.

Загрузку танкера осуществляют береговыми насосами закрытым способом. Груз принимается по перекинутому с берега на борт гибким шлангам и распределяется по танкам сетью трубопроводов, минуя грузовые насосы. Разгрузку танкера осуществляют судовыми насосами. Процесс разгрузки танков можно разделить на два этапа. На первом этапе основная масса груза откачивается грузовыми насосами со спецификационной производительностью. В качестве грузовых на танкерах используют, как правило, центробежные насосы большой производительности. На заключительной стадии разгрузки у приемных патрубков образу-

ются вихревые воронки, через которые начинается интенсивное проникновение воздуха в приемный трубопровод. Последующая работа грузового насоса невозможна без заливки нефтью, так как он не обладает способностью сухого всасывания.

На втором этапе разгрузку осуществляют зачистой системой. В ее состав входят насосы объемного типа (поршневые или винтовые) или эжекторы, имеющие небольшую производительность и не боящиеся прохвата воздуха, а также трубопроводы небольшого диаметра. Эта система удаляет остатки груза, не выбранные грузовой системой.

Системы грузового комплекса могут классифицироваться по виду магистральных каналов в танках и по способу зачистки.

По первому признаку различают грузовые системы с линейным или кольцевым магистральным каналом, с перепускными клинкетками, с грузовым каналом, комбинированные. Зачистные системы выполняются, как правило, с линейным магистральным трубопроводом.

По способу зачистки различают: а) традиционный грузовой комплекс, когда операции по зачистке выполняют с помощью зачистой системы; б) грузовой комплекс, в котором зачистная система отсутствует, а зачистка выполняется грузовыми насосами с улучшенными условиями всасывания. Улучшение характеристик всасывания насосов достигается использованием установок для удаления воздуха и паров нефтепродуктов из приемного трубопровода, погружных бустерных насосов в танках и грузовых на палубе; в) грузовой комплекс, в котором зачистку выполняют как грузовыми, так и зачистными насосами. Сюда относятся системы, оборудованные вакуумными цистернами с зачисткой танков грузовыми насосами, а вакуумной цистерны — зачистным насосом, а также системы с погружными насосами и зачисткой с помощью специальных зачистных насосов небольшой производительности.

На современных танкерах грузовые и зачистные насосы размещаются в грузовом насосном отделении (ГНО), которое располагается, как правило, в кормовой части судна между грузовыми танками и машинным отделением. Количество грузовых насосов обычно принимается по числу сортов перевозимого груза. При перевозке одного сорта устанавливают не менее двух насосов, на современных танкерах 3—4 насоса. Количество зачистных насосов определяется принятым способом зачистки танков и схемой грузовой системы (чаще всего 2—3 насоса). Если зачистка производится грузовыми насосами, то зачистных вообще может не быть. Характеристики грузовых насосов определяют в зависимости от типа и дедвейта танкера, длины линии, на которой он будет работать, времени проведения грузовых операций и т. д.

Время откачки груза составляет для танкеров дедвейтом от 10 тыс. т до 150 тыс. т 10—14 ч, для танкеров большего дедвейта 14—20 ч. На современных средне- и крупнотоннажных танкерах

суммарная часовая производительность грузовых насосов обычно составляет 5—12 % дедвейта танкера. Единичная производительность эксплуатирующихся грузовых насосов для этих танкеров составляет 750—9000 м<sup>3</sup>/ч, хотя разработаны насосы производительностью в 12000 м<sup>3</sup>/ч. Напоры, развиваемые грузовыми насосами, колеблются от 85 до 150 м вод. ст. В качестве грузовых используются центробежные насосы с приводом в виде турбины, электродвигателей и среднеоборотных дизелей. Приводы, как правило, размещаются в машинном отделении и потребляют мощность, составляющую до 50 % мощности главной энергетической установки.

В качестве зачистных чаще всего используются поршневые насосы с паровым прямодействующим приводом, реже — винтовые или эжекторы. Производительность зачистных насосов колеблется в пределах 125—250 м<sup>3</sup>/ч у поршневых и 150—1200 м<sup>3</sup>/ч — у винтовых насосов. Напоры составляют 80—150 м вод. ст.

Трубопроводы грузовой и зачистой систем чаще всего изготавливаются из стальных бесшовных горячекатаных или электросварных труб без защитных покрытий. Диаметры трубопроводов, определяемые гидравлическим расчетом, могут достигать 800—1000 мм для грузовой системы и 200—250 мм — для зачистой, толщина стенок 12—16 мм.

Магистральные трубопроводы систем прокладывают в танках или в специальных коридорах в двойном дне. При прокладке труб для одного сорта груза через танки другого сорта должна исключаться возможность смешения сортов. Количество разъёмных соединений при этом должно быть минимальным. В качестве запорной арматуры в системах используют клинкетные задвижки и дисковые поворотные затворы. Последние обладают меньшей массой, габаритами и стоимостью, чем задвижки, особенно в трубопроводах большого диаметра. За рубежом на танкерах — продуктовозах в качестве запорной арматуры иногда используют шаровые краны.

Для разгрузки трубопроводов грузового комплекса от напряжений, вызываемых тепловыми удлиннениями и общим изгибом корпуса, в их состав включают компенсаторы. В настоящее время на танкерах используют сильфонные компенсаторы или компенсаторы, выполненные в виде погибов труб (U-образные или типа «утка»).

Важным элементом систем являются приемные патрубки. Их располагают в танках у кормовых поперечных переборок, в местах, обеспечивающих максимальную откачку груза. Площадь сечения патрубков и общая площадь зазоров между патрубком и днищем должны быть не менее 2,5 площади поперечного сечения трубы, присоединенной к патрубку. На танкерах с двойным дном в танках приемные патрубки размещают ниже второго дна в специально спрофилированных колодцах, исключающих воронкообразование. Зазор между нижней кромкой патрубка и днищем для грузовой системы 20—60 мм, для зачистой — 20 мм.



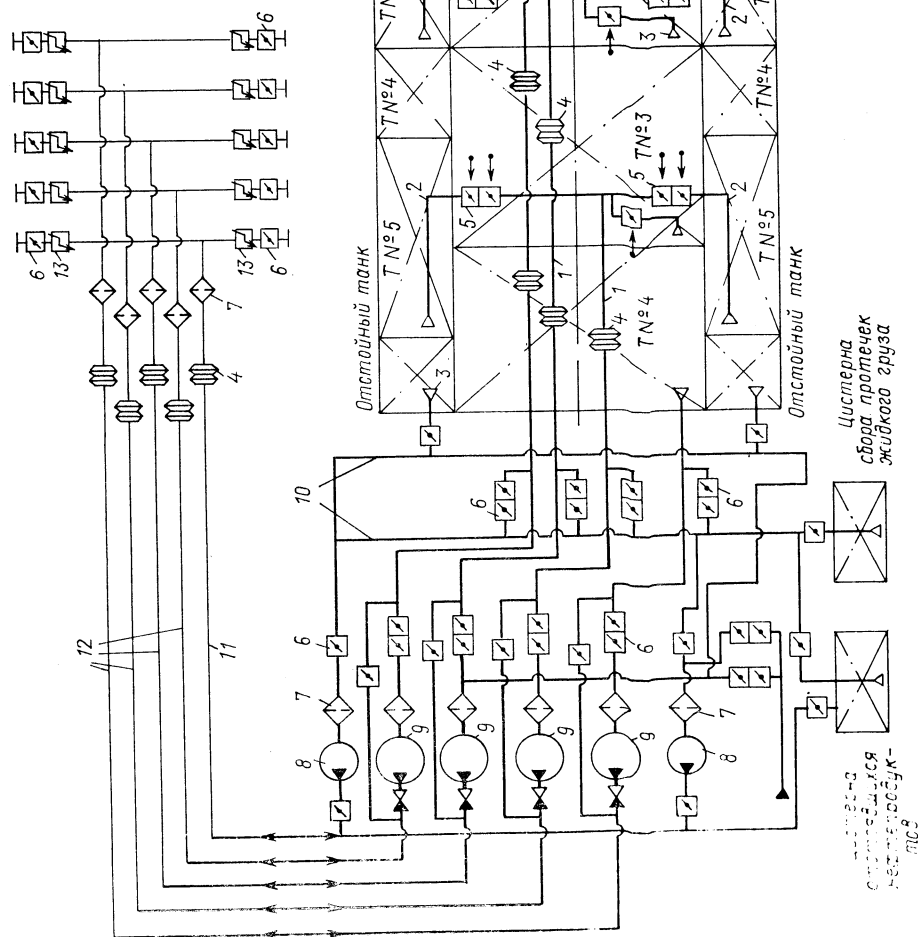
Патрубки приема и выдачи груза на верхней палубе должны располагаться на миделе судна или отстоять от него не более чем на три метра.

Выбор схемы грузовой системы зависит от количества одновременно перевозимых сортов груза, взаимного расположения ГНО и танков, а также конструкции корпуса судна. На современных танкерах с кормовым расположением машинного отделения и ГНО наиболее широкое распространение получили грузовые системы с линейным магистральным трубопроводом.

На рис. 21.1 приведена принципиальная схема систем грузового комплекса с линейными магистралями танкера дедвейтом 25 000 т. Судно предназначено для перевозки четырех сортов груза. В районе грузовых танков между продольными переборками расположено второе дно. Трубопроводы грузовой системы проходят в специальном коридоре, выгороженном в двойном дне. Каждую группу танков, предназначенную для перевозки одного сорта груза, обслуживает самостоятельный магистральный трубопровод 1 диаметром 350 мм. От этих трубопроводов в каждый танк идут отростки 2, заканчивающиеся приемными патрубками 3. В центральных танках патрубки расположены ниже второго дна в специальных колодцах, что позволяет откачивать весь груз грузовыми насосами. Приемники в бортовых танках, где нет второго дна, установлены в 20 мм от днища судна. Зачистка этих танков осуществляется зачистными насосами. В качестве запорной арматуры в системе используют поворотные затворы с дистанционным 5 и ручным управлением 6. Для снятия напряжений с магистральных трубопроводов в их состав включены сильфонные компенсаторы 4. Система обслуживается четырьмя вертикальными центробежными насосами 12ДН-7В 9 производительностью по 750 м<sup>3</sup>/ч при напоре 80 м вод. ст. Зачистная система обеспечивает зачистку груза в бортовых танках и грузовых трубопроводах, а также выдачу остатков груза из отстойных танков. Диаметр трубопроводов в бортовых танках равен 250 мм. Система обслуживается двумя вертикальными поршневыми паровыми насосами ПДВ 160/160 8 производительностью по 160 м<sup>3</sup>/ч каждый при напоре 160 м вод. ст. Грузовые и зачистные насосы расположены в ГНО. Отсюда по стоякам груз подается на верхнюю палубу и по палубным трубопроводам — к грузовым коллекторам, расположенным по обоим бортам на миделе судна. Погрузка и выгрузка таким образом может осуществляться с любого борта.

На танкерах, оборудованных грузовой и зачистной системами, время полной зачистки составляет до 30 % общего времени выгрузки танкера. Время, фактически расходуемое на выгрузку, составляет до 160 % времени, необходимого грузовым насосам, работающим с полной производительностью, для откачки всего груза. Наличие двух дублирующих систем — грузовой и зачистной, — увеличивает первоначальную стоимость судна, загромождаст ГНО и усложняет автоматизацию грузовых операций.

Рис. 21.1. Принципиальная схема грузовой системы танкера





Поэтому на современных танкерах наметилась тенденция отказа от специальной зачистной системы. Ее функции передаются грузовой системе после внедрения ряда конструктивных мероприятий, улучшающих условия всасывания грузовых насосов. Одним из таких мероприятий, получивших широкое распространение, является использование установок для удаления паров и воздуха из приемного грузового трубопровода. На рис. 21.2 приведена схема такой установки. Груз по приемному трубопроводу 1 поступает в сепарационную цистерну 3, откуда его забирает грузовой насос 6. В состав приемного трубопровода включен эжектор 2, назначением которого является откачка груза и его паров из грузового танка 11 в режиме зачистки и подача их в сепаратор. Рабочей жидкостью для эжектора служит часть груза, автоматически перепускаемого из напорного трубопровода грузового насоса к эжектору. Для этой цели установлены перепускной трубопровод 4 и автоматический дроссельный клапан 8, степень открытия которого зависит от уровня груза в сепараторе. Отделенные в нем пары груза и воздух отводятся в атмосферу по вентиляционному трубопроводу 10. Окончание зачистки происходит при постоянном уменьшении до нуля количества откачиваемого груза и снижении производительности грузового насоса. Опыт эксплуатации подтвердил высокую эффективность рассмотренных установок. Они устойчиво работают на всех режимах, обеспечивают полную зачистку грузовых танков. Эффективность грузовых операций может быть повышена и другими способами: использова-

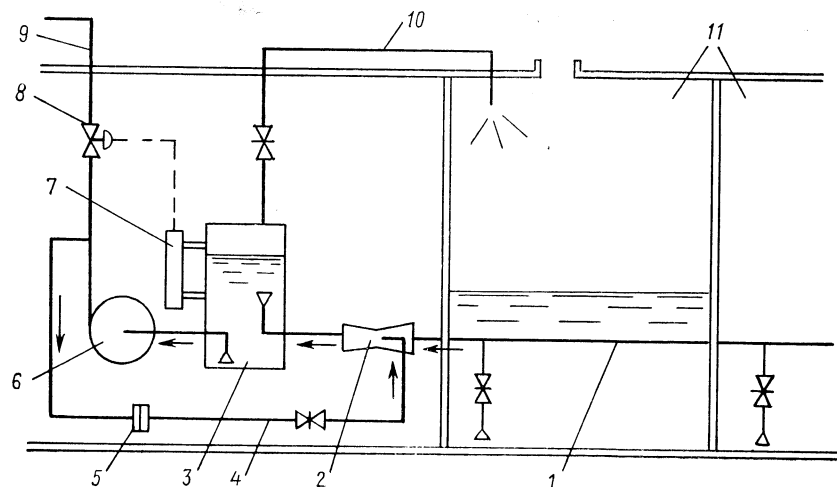


Рис. 21.2. Схема установки для удаления паров груза и воздуха из грузового трубопровода

1 — приемный грузовый трубопровод; 2 — эжектор; 3 — сепарационная цистерна; 4 — перепускной трубопровод; 5 — калиброванная шайба; 6 — грузовой насос; 7 — измеритель уровня; 8 — автоматический дроссельный клапан; 9 — трубопровод выдачи груза на борт; 10 — вентиляционный перепускной трубопровод; 11 — грузовые танки

нием в грузовых системах вакуумных цистерн, погружных насосов и т. д.

На современных танкерах используют дистанционное автоматизированное управление грузовыми и балластными операциями. Управление осуществляют из специального поста, в котором сосредоточено управление режимом работы и остановкой грузовых и балластных насосов, управление положением арматуры и дистанционный контроль уровня груза в танках с соответствующей сигнализацией. Разрабатывают и варианты программного управления грузовыми и балластными операциями, что является более высокой степенью автоматизации.

## § 21.3. Системы обеспечивающие

### 21.3.1. Система газоотводная

Газоотводная система танкеров представляет собой автоматически работающий комплекс, обеспечивающий сообщение грузовых танков с атмосферой, а также удаление газов и прием воздуха в них при грузовых операциях.

Газоотводные системы подразделяют на автономные и групповые. Автономные системы обслуживают каждый танк в отдельности и используются на современных средне- и крупнотоннажных танкерах. Групповые системы обслуживают группы танков, перевозящих однородный груз.

В состав газоотводных систем могут входить следующие элементы: высокоскоростные выпускные устройства, дыхательные клапаны, огнепреградители, пламяпрерывающие сетки, запорная арматура, трубы.

Трубопроводы системы подсоединяются к верхней части грузовых танков. На трубах, идущих от отдельных танков, а также на магистралях устанавливают огнепреградители. Выходные концы газоотводных труб оборудуют пламяпрерывающими сетками или высокоскоростными устройствами. Живое сечение пламяпрерывающей арматуры должно быть не менее площади сечения трубы, на которой она установлена. Внутренние диаметры газоотводных труб принимают для грузовых танков не менее 80 мм, для магистральных трубопроводов — не менее 100 мм. Скорость движения газов при этом не должна превышать 25 м/с. Концы газоотводных труб, не оборудованных высокоскоростными устройствами, располагают на высоте 10—15 м над палубой и не ближе чем на 9 м от надстроек, мест забора воздуха и различных источников воспламенения. Выводятся трубы на такую высоту через мачты или грузовые колонны.

Впуск воздуха и выпуск газов из танков при температурных изменениях объема груза обеспечивается автоматически действующими дыхательными клапанами. Эти клапаны устанавливают на газоотводных трубах на выходе из танков. При изменении температуры окружающего воздуха груз в танках либо усиленно испаряется, и давление в них становится больше атмо-

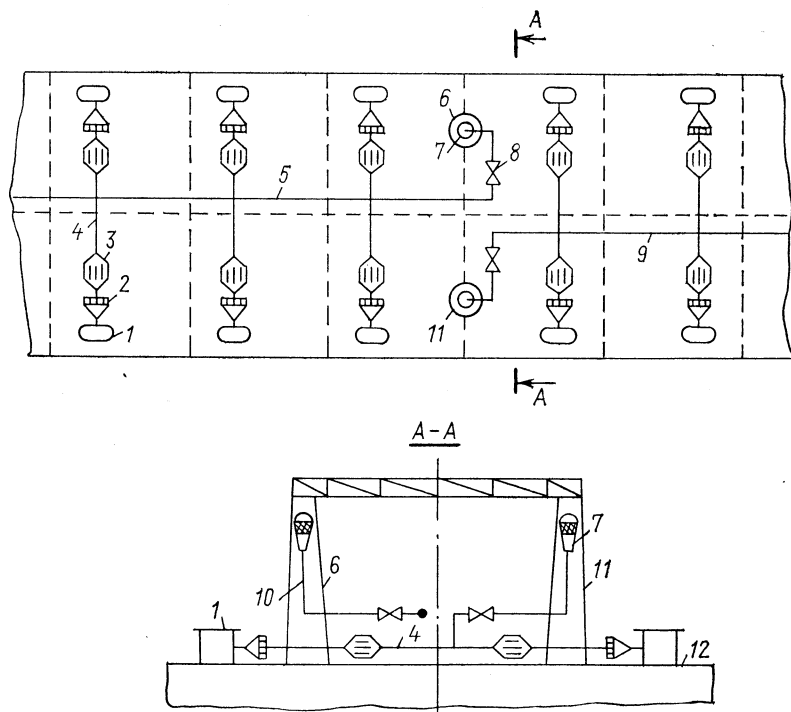


Рис. 21.3. Принципиальная схема групповой газоотводной системы  
1 — горловина танка; 2 — дыхательный клапан; 3 — путевой огнепреградитель; 4 — газоотводная труба; 5 — кормовая газоотводная магистраль; 6, 11 — полумачты; 7 — концевой огнепреградитель; 8 — разобщительный клапан; 9 — носовая газоотводная магистраль; 10 — газоотводной стояк; 12 — верхняя палуба

ферного, либо, наоборот, пары груза конденсируются, и тогда давление падает ниже атмосферного. Выравнивание давлений в танках и за бортом осуществляется дыхательными клапанами. При избыточном давлении в танке, равном 19,6 кПа (0,2 кгс/см<sup>2</sup>), в клапане поднимется выпускная тарелка, и часть газов выйдет в атмосферу. При охлаждении груза и образовании в танке разрежения, равного 6,86 кПа (0,07 кгс/см<sup>2</sup>) в клапане открывается впускная тарелка, и в танк поступает воздух. При проведении грузовых операций клапан открывается ручным приводом. Использование дыхательных клапанов позволяет резко снизить потери от испарения нефтепродуктов. Если танкер оборудован системой инертных газов, то давление открытия дыхательных клапанов должно быть не менее давления, создаваемого в танках газодувками системы инертных газов. Схема групповой газоотводной системы приведена на рис. 21.3. На верхней палубе проложены магистрали 5 и 9, объединяющие газоотводные трубы 1 носовой и кормовой групп танков. На каждой трубе 4 установлены дыхательный клапан 2 и огнепреградитель 3. Каждая маги-

страль имеет стояк 10 с концевым огнепреградителем. Стояки прикреплены к полумачтам 6 и 11.

Автономные газоотводные системы (рис. 4) оборудуют высокоскоростными выпускными устройствами 4, если объем удаляемых газов из танков превышает 500 м<sup>3</sup>/ч. Это устройство должно располагаться на высоте не менее 1,8 м и на расстоянии не менее 9 м от надстроек, источников воспламенения. Оно обеспечивает выпуск газовой смеси из танка со скоростью 30 м/с на высоту не менее 8 м над палубой. Дыхательный клапан 5 установлен параллельно выпускному устройству. При погрузке танкера при повышении давления в танках газы периодически с большой скоростью выбрасываются в атмосферу. Во время перевозки груза выпускные устройства закрываются, и газообмен между танками и атмосферой осуществляется через дыхательный клапан.

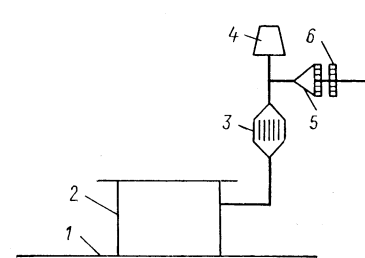


Рис. 21.4. Принципиальная схема автономной газоотводной системы

1 — верхняя палуба; 2 — палубная горловина; 3 — огнепреградитель; 4 — высокоскоростное выпускное устройство; 5 — дыхательный клапан; 6 — пламяпрерывающая сетка

### 21.3.2. Система подогрева жидкого груза

Танкеры, предназначенные для перевозки мазутов различных марок, парафинистой нефти и других тяжелых сортов топлива, оборудуют системами подогрева жидкого груза. Системы, подогревая груз, понижают его вязкость и тем самым облегчают его всасывание насосами при разгрузке.

Система подогрева должна обеспечивать заданную температуру груза, которая обычно принимается на 15 °С ниже его температуры вспышки. Подогреватели системы должны обеспечивать равномерный прогрев груза.

В настоящее время наибольшее распространение получили системы парового и струйного подогрева.

Теплоносителем системы парового подогрева является насыщенный пар с температурой 180 °С и давлением 0,3—0,5 МПа (3—5 кгс/см<sup>2</sup>). Система состоит из трубчатых подогревателей, укладываемых выше днища на 100—200 мм, по которым пропускают пар от парогенераторов танкера. Нагревательные трубы могут быть выполнены в виде секций или змеевиков, размещаемых вдоль или поперек судна. Поскольку трубопроводы системы подвергаются значительной коррозии, их изготавливают из медноникелевого сплава, алюминиевой и алюминий-мышьяковистой латуни. Арматура используется из бронзы и латуни.

Основным недостатком системы парового подогрева является низкая долговечность трубопроводов, достоинствами — простота устройства и эксплуатации, пожарная безопасность.

Система струйного подогрева не требует установки в танках греющих элементов. Здесь теплоносителем является сам груз. Часть груза забирается из танка специальным насосом, нагревается в теплообменнике и в виде горячей струи подается в танк. Это вызывает механическое и конвективное перемешивание груза, что приводит к выравниванию и повышению его температуры. Достоинством этого способа подогрева является отсутствие труб в танках и возможность осуществлять подогрев до конца выгрузки. Недостатком системы является необходимость иметь специальные теплообменники и насосы. Кроме того, перекачка нефтепродуктов, нагретых до 100 °С, создает пожароопасную обстановку.

### 21.3.3. Система мойки грузовых танков

В процессе эксплуатации танкеров возникает необходимость в периодической мойке танков и грузовых трубопроводов. Эта операция осуществляется системой мойки танков при перемене сортов перевозимого груза, при приеме балласта, при подготовке судна к ремонту и постановке в док, а также для удаления твердых неоткачиваемых остатков груза.

В состав системы входят насосы, моечные машинки, подогреватели, трубопроводы, контрольно-измерительные приборы.

Мойка производится с помощью моечных машинок. Машинки могут быть стационарными, закрепляемыми в танках под палубой, и переносными, которые соединяются шлангами с палубной моечной магистралью и опускаются в танки через горловины. Количество стационарных машинок и их размещение в танках должно обеспечивать эффективную обработку всех внутренних поверхностей прямыми струями. На крупных современных танкерах используют высоконапорные машинки, работающие с давлением 0,8—1,2 МПа (8—12 кгс/м<sup>2</sup>), производительностью 160—190 м<sup>3</sup>/ч, и подающие сильные струи воды на расстояние до 40 м. Моечные машинки представляют собой устройства с автоматически поворачивающимися сопловыми головками, одной или двумя. Перемещение струи достигается вращением сопел вокруг двух взаимно перпендикулярных осей. Задавая определенное соотношение скоростей вращения вокруг вертикальной и горизонтальной осей, можно получать различные траектории струй. Машинки приводятся во вращение турбинками, работающими за счет подачи сжатого воздуха или моечной среды.

Нагрев моещей воды осуществляется в специальных паровых подогревателях. Подогреватели устанавливаются в ГНО и обеспечивают нагрев необходимого количества забортной воды до 80 °С. Предусматривается автоматическое регулирование температуры подогрева моещей воды в пределах 40—80 °С.

Перекачка моещей воды производится специальным моечным насосом. В качестве моечного могут использовать центробежный, винтовой или поршневой насос. Размещается он в ГНО.

После мытья танков промывочные жидкости удаляются в отстойные танки грузовыми, зачистными, специальными насосами или эжекторами. При мойке сырой нефтью удаление промывочной жидкости производится грузовым или зачистным насосом через напорный грузовой трубопровод на берег.

Мойку танков осуществляют холодной и горячей водой, водными растворами моющих химических препаратов и сырой нефтью. В качестве моющих средств на танкерах используют растворители и эмульгаторы, в состав которых входят поверхностно-активные вещества и электролиты. Мойка водой и химическими препаратами может осуществляться по замкнутому и разомкнутому циклам. Работа системы по замкнутому циклу заключается в многократном использовании промывочной воды без слива ее за борт при непрерывно-проточном отстое этой воды в отстойных танках. В случае применения разомкнутого цикла производится слив за борт отстоявшейся промывочной воды с контролем содержания в ней нефти. Мойка сырой нефтью осуществляется в период разгрузки стационарными моечными машинками. Это не исключает традиционную мойку водой, а облегчает ее. Мойка нефтью имеет следующие преимущества: увеличивается количество выдаваемой на берег нефти, сокращается длительность мойки водой, уменьшается количество шлама и остатков нефти на танкере.

Все основное оборудование системы размещается в ГНО. Моечный насос забирает забортную воду через кингстон и подает в водоподогреватель. Затем горячая вода с подмешанным в нее с помощью эжекционного устройства моющим препаратом поступает в палубную магистраль, а из нее по ответвлениям — к моющим машинкам. Скопившаяся в танке после мытья промывочная вода грузовым или зачистным насосом подается в отстойный танк первой ступени. В результате отстоя этой воды из нее отделяется основное количество отмытых остатков груза. Отстоявшаяся вода по переливной трубе перетекает в отстойный танк второй ступени, где происходит полный отстой воды. После этого ее можно либо повторно использовать в качестве моющей, либо удалить за борт. При этом на забортном трубопроводе должен быть установлен прибор контроля содержания нефти в промывочной воде.

ТЕХНИЧЕСКАЯ  
БИБЛИОТЕКА

завода имени Коминтерна

Инв. №

14934

- Алмазов Г. К., Степанов В. В., Гуськов М. Г. Элементы общесудовых систем: Справочник. Л.: Судостроение, 1982.
- Балаякин О. К. Технология судоремонта. М.: Транспорт, 1983.
- Борьба с пожарами на судах: Справ. пособие: В 2 т./В. И. Востряков и др.; Под ред. М. Г. Ставицкого. Л.: Судостроение, 1976. Т. 2.
- Бронников А. В. Морские транспортные суда: Основы проектирования. Л.: Судостроение, 1984.
- Верете А. Г., Дельвинг А. К. Судовые парозенергетические установки и газовые турбины. М.: Транспорт, 1982.
- Горячев А. М., Подругин Е. М. Устройство и основы теории морских судов. Л.: Судостроение, 1983.
- Гребельский П. Х., Резник М. Х. Справочник судового сборщика-достройщика. Л.: Судостроение, 1982.
- Григорьев Я. Н., Шапиро В. М. Конструкция корпуса и основы строительной механики морских судов. Л.: Судостроение, 1972.
- Гуськов М. Г., Глозман М. К. Противопожарная защита морских судов. Л.: Судостроение, 1974.
- Дорогостайский Д. В., Жученко М. М., Мальцев Н. Я. Теория и устройство судна. Л.: Судостроение, 1976.
- Епифанов Б. С. Судовые системы. Л.: Судостроение, 1980.
- Захаров Ю. В. Судовые установки кондиционирования воздуха и холодильные машины. Л.: Судостроение, 1979.
- Золотов С. С. Гидравлика судовых систем. Л.: Судостроение, 1970.
- Лейкин В. С. Судовые электрические станции и сети. М.: Транспорт, 1982.
- Основы технологии судостроения/В. Д. Мацкевич, В. П. Доброленский, В. Ю. Лейзерман и др.; Под общ. ред. В. Д. Мацкевича. Л.: Судостроение, 1980.
- Морской словарь: В 2 т. М.: Воениздат, 1959. Т. 1—2.
- Морской энциклопедический справочник: В 2 т./Под ред. Н. Н. Исанина.— Л.: Судостроение, 1986. Т. 1—2.
- Мундингер А. А., Мокрецов В. П., Тарасов А. Д. Судовые системы технического кондиционирования: Справочник. Л.: Судостроение, 1977.
- Нелепин Р. А., Соболев Л. Г., Волков А. А. Автоматизация морских судов. Л.: Судостроение, 1983.
- Подволоцкий Н. М. Вакуумная разгрузка танкеров. Л.: Судостроение, 1975.
- Правила классификации и постройки морских судов. Регистр СССР. Л.: Транспорт, 1985.
- Сенков Г. И. Судовые энергетические установки, их эксплуатация и ремонт. Л.: Судостроение, 1986.
- Ситченко Л. С., Макаров В. Г. Гидравлические расчеты трюмных и балластных систем: Учебное пособие. Л.: ЛКИ, 1981.
- Справочник по гигиене и санитарии на судах/Под ред. Ю. М. Стенько и Г. И. Арановича. Л.: Судостроение, 1984.
- Фрид Е. Г. Устройство судна. Л.: Судостроение, 1982.
- Хордас Г. С. Расчеты общесудовых систем: Справочник. Л.: Судостроение, 1983.
- Шмаков М. Г. Судовые устройства. Л.: Судостроение, 1979.
- Шмаков М. Г., Павельев Н. Г. Оборудование корпусов судов: Конструкции и проектирование. Л.: Судостроение, 1977.
- Яковлев В. С. Судовые электрические станции и сети. М.: Транспорт, 1982.

- Абсорбент 284
- Автономность 49
- Авторулевой 139
- Агрегатирование 227
- Адсорбент 284
- Адсорбер 285
- Аккумулятор 187
- Амплитуда качки 43
- Аппарель 115
- Арка буксирная 109
- Арматура 200
- Атомоход 13
- Ахтерпик 73
- Ахтерштевень 27, 64
- Баббит 180
- База плавучая 24
- Бак 66, 71
- Бакаут 180
- Балкер 20
- Балка продольная 58
- Балласт 48
- Баллер 89
- Баллон 249
- Баржевоз 19
- Бассейн опытовый 42
- Батокс 31
- Бизань 116
- Бимс концевой 57
- рамный 57
- Битенг 106
- Бок 31
- Борт надводный 30
- Брашпиль 100
- Брус эквивалентный 52
- Буксир 26
- Вал гребной 178
- промежуточный 178
- Валогенератор 186
- Валопровод 178
- Ванты 118
- Ватерлиния конструктивная 28
- расчетная 28
- Ведомость ремонтная 155
- Вентилятор 208
- Веретено якоря 98
- Вертлюг 99
- Вершина волны 51
- Винт гребной 180
- регулируемого шага (ВРШ) 180
- Влагосодержание 267
- Вместимость валовая 49
- зерновая 48
- киповая 48
- регистровая 48
- чистая 49
- Водоизмещение 48
- объемное 34
- Воздухонагреватель 287
- Воздухоохладитель 287
- Воздухораспределитель 288
- Воздушно-пенный ствол 259
- Выгородка 67
- Выбловка 101
- Высота борта судна 29
- метацентрическая 37
- Вьюшка 106
- Вязкость 213
- Газовоз 22
- Газотурбоход 12
- Гак буксирный 108
- Гафель 118
- Генератор пены 260
- Герметичность 151
- Гидролокатор 138
- Гини 112
- Гирокомпас 133
- Главный распределительный щит 185, 188
- Глаголь-гак 99
- Голубница 59
- Гонг 141
- Горн туманный 141
- Грот-мачта 116
- Груз генеральный 14
- Грузовместимость 48
- Грузоподъемность 47
- Давление условное 197
- Дальность плавания 49
- Двери водогонепроницаемые 83, 84
- клинкетные 83, 85
- проникаемые 84, 87
- противопожарные 84, 88
- Двигатель внутреннего сгорания 170
- Движитель водометный 184
- крыльчатый 183
- Деаэратор 165
- Девация 133
- Дедвейт 47
- Дельные вещи 81
- Дефлектор 269
- Диаграмма статической остойчивости 38
- Диаметр циркуляции 47
- тактический 47
- Дизель малооборотный 171
- среднеоборотный 171
- Дизель-генератор 186
- Дизель-электроход 12
- Дифферент 36
- Длина судна 28
- Дно двойное 74
- Док плавучий 155
- строительный 152
- сухой 155
- Док-камера 152
- Дноуглубительный снаряд 26
- Долговечность судна 49
- Дуга буксирная 109
- Дрейф 47
- Задвижка 204
- Закрытие люковые 116
- Запас плавучести 35
- Затвор поворотный 205
- Захлопка 205

Зашивка 80  
 Зона активная 176  
 Извещатель пожарный 243  
 Изоляция 79  
 Иллюминаторы 82  
 Испытания ходовые 153  
 — швартовные 153  
 Источник электроэнергии 186  
 Кабель судовой 190  
 Кавитация 181  
 Камбуз 75  
 Канат буксирный 108  
 — швартовный 105  
 Каркас 80  
 Карлингс 57  
 Катамаран 14  
 Качества мореходные 33  
 — эксплуатационные 47  
 Каюта 74  
 Кают-компания 75  
 Кессон 155  
 Килеватость 27  
 Киль вертикальный 57  
 — скуловой 44  
 — горизонтальный 57  
 Клапан 201  
 Клотик 118  
 Ключ буксирный 109  
 — выступающий 100  
 — нормальный 100  
 — панамский 105  
 — с нишей 100  
 — открытый 100  
 — швартовный 104  
 Кнехт 104  
 Кница 58  
 Колесо гребное 184  
 Коллектор 253  
 Колонка выдвижная винтовая 95  
 Комингс 58  
 Компас 133  
 Компенсатор 198  
 Компрессор 208  
 Конденсатоотводчик 275  
 Конденсатор 167  
 Кондиционер 287  
 Контейнер 16  
 Контейнеровоз 16  
 Контрольно-сигнальное устройство 248  
 Корма 27  
 Корпус 31  
 Котел вспомогательный 163, 166  
 — паровой 163  
 — утилизационный 163, 166  
 Копирчертеж 147  
 Коффердам 73  
 Коэффициент местного сопротивления 216  
 — полноты 30  
 — сопротивления трения 216  
 Краболов 24  
 Кран грузовой 113  
 — шаровой 201  
 Кранцы 106  
 Крен 36  
 Кренование 37  
 Кривые предельных длин отсеков 40  
 Критерий Рейнольдса 214  
 Кронштейн гребного вала 64  
 Крышки сходных люков 83  
 Кубрик 75  
 Лаг 136  
 Лапа якоря 98  
 Лацпорт 88  
 Лебедка буксирная 106  
 — грузовая 112  
 — швартовная 105  
 — шлюпочная 123  
 Ледокол 25  
 Лесовоз 19  
 Линия килевая 28  
 — основная 28  
 — бортовая 29

Лист междудонный 59  
 — отбойный 63  
 Лихтеровоз (баржевоз) 19  
 Лот 137  
 Люк грузовой 62, 116  
 — световой 83  
 — сходный 83  
 Марка грузовая 48  
 Марки углубления 29  
 Мачта 116  
 Машина рулевая 94  
 Машинка моечная 316  
 Метацентр поперечный 37  
 Мидель-шпангоут 27  
 Миля морская 49  
 Момент восстанавливающий 37  
 — опрокидывающий 39  
 — изгибающий 51  
 Мортира 64  
 Мощность буксировочная 42  
 — на фланце главного двигателя 42  
 Метод постройки блочный 147  
 — модульно-блочный 149  
 — секционный 147  
 Нагрузка масс 35  
 Надводный борт минимальный 72  
 — избыточный 72  
 Надежность судна 49  
 Наделка пропульсивная 183  
 Надстройка 66  
 Найтовы 123  
 Насадка направляющая 95, 183  
 — поворотная 95  
 Насос винтовой 209  
 — осевой 209  
 — поршневой 209  
 — струйный (эжектор) 209  
 — центробежный 209  
 Непотопляемость 40  
 Непроницаемость судна 151  
 Нефтерудовоз 21  
 Нок 11  
 Нос судна 27  
 Обеззараживание воды 294  
 Обитаемость судна 49  
 Обрешетник 80  
 Огни сигнально-отличительные 140  
 Огонь топовый 140  
 Окна судовые 83  
 Осадка судна 29  
 Оснащенность судна 49  
 Остойчивость аварийная 41  
 — на больших углах крена 37  
 — начальная 37  
 — поперечная 36  
 — продольная 36  
 Отвод 198  
 Отделение котельное 160  
 — машинное 160  
 — румпельное 94  
 Относительная влажность воздуха 266  
 Отношение дискового 180  
 Отсек 73  
 Палуба 62  
 — верхняя 26, 74  
 — переборка 40  
 Паром 19  
 Пароход 12  
 Пеленг 135  
 Пеленгатор 135  
 Переборка главная 63  
 — гофрированная 64  
 — таранная 63  
 — поперечная 63  
 — продольная 63  
 Перекрытие бортовое 53  
 — днищевое 53  
 — палубное 53  
 Период качки 43  
 Период руля 91  
 Пиллерс 58  
 Плавающая база 24

Плавающая буровая установка (ПБУ) 26  
 Плаучесть 34  
 Плаз 146  
 Плазовая разбивка 146  
 Планка киповая 104  
 Планширь 65  
 Платформа 62  
 Плоскость ватерлинии 27  
 — диаметральной 26  
 — мидель-шпангоута 27  
 — основная 28  
 Плот спасательный 123  
 Плотность 213  
 Пневмогидравлическая цистерна 248  
 Поверхность смоченная 41  
 Поворотливость 46  
 Погибь палубы (бимсов) 27  
 Подошва волны 51  
 Подшипник баллера 91  
 Покрытие палубное 81  
 Полубимс 57  
 Полупереборка 63  
 Полуширота 31  
 Помещения судовые 73  
 Порошок огнесительный 264  
 Посадка судна 29  
 Пост управления центральный 160  
 Пояс скуловой 57  
 — наружной обшивки 57  
 — ледовый 57  
 Предложение техническое 142  
 Преобразователь электроэнергии 187  
 Приборы навигационные 133  
 Приборы отопительные 274  
 Привальный брус 106  
 Привод рулевой 92  
 Привод управления 205  
 — валиковый 206  
 — гидравлический 206  
 — пневматический 207  
 — электрический 207  
 Приемный патрубок 309  
 Принципы тушения пожаров физические 242  
 — химический 242  
 Продуктовоз 21  
 Проект рабочий 144  
 — технический 143  
 — эскизный 143  
 Прожектор 191  
 Пропульсивный коэффициент 42  
 Пространство междудонное 73  
 Прочность корпуса местная 50  
 — общая продольная 50  
 Радгнерс 118  
 Радиолокатор 137  
 Радиопеленгатор 135  
 Радиорубка 140  
 Радус метacentрический поперечный 37  
 Развал бортов 71  
 Размах качки 43  
 Размер грузовой 35  
 Размещения главные 28  
 Рангоут 116  
 Распылитель 250  
 Реактор 175  
 Ребро продольное 61  
 Ребро жесткости 60  
 Редуктор 160  
 Рей 118  
 Ремонт аварийный 155  
 — восстановительный 155  
 — планово-предупредительный 154  
 — поддерживающий 155  
 Ремонтопригодность судна 49  
 Репитер 133  
 Ролкер 18  
 Ростр-блоки 123  
 Роульс 104  
 Рубка 66  
 — рулевая 133  
 — ходовая 74, 133

— штурманская 133  
 Рудерпис 91  
 Рудерпост 91  
 Рудовоз 20  
 Рукав пожарный 247  
 Руль 90  
 — активный 95  
 Румпель 92  
 Рыскливость 46  
 Салинг 118  
 Сборный колодец 229  
 Светильник 191  
 Свидетельство мерительное 49  
 Связи перекрестные 53  
 Седловатость 27  
 Сейнер 24  
 Секстан 135  
 Сепаратор 231  
 Сети электрические 185  
 Системы общесудовые 193  
 Система балластная 238  
 — бытовой заборной воды 293  
 — вентиляции 268  
 — водоотливная 233  
 — водораспыления 250  
 — водяного орошения 251  
 — водяного отопления 276  
 — водяного пожаротушения 244  
 — водяных завес 252  
 — воздуха высокого давления 302  
 — воздуха среднего давления 302  
 — воздуха низкого давления 302  
 — газоотводная 313  
 — грузовая 307  
 — дифференциальная 237  
 — затопления 252  
 — зачистная 307  
 — инертных газов 256  
 — кондиционирования воздуха 286  
 — креновая 235  
 — мойки танков 316  
 — нефтесодержащих трюмных вод 231  
 — объемного химического тушения 262  
 — осушения воздуха 283  
 — осушительная 229  
 — охлаждения 278  
 — парового отопления 274  
 — паротушения 253  
 — пенного пожаротушения 258  
 — питьевой воды 293  
 — подогрева жидкого груза 315  
 — порошкового тушения 264  
 — пресной мытьевой воды 296  
 — спринклерная 247  
 — стоячая 298  
 — углекислотного тушения 253  
 — хозяйственно-бытовых вод 298  
 Система набора комбинированная 55  
 — поперечная 53  
 — продольная 54  
 — смешанная 55  
 Скоб-трап 89  
 Скорость 49  
 Скруббер 256  
 Скула 27  
 Слеминг 43, 52  
 Слип поперечный 152  
 — продольный 152  
 Смычка якорной цепи 99  
 Соединение заклепочное 69  
 — клеевое 68  
 — резьбовое 68  
 — сварное 68  
 Соединения трубопроводов дюритовое 197  
 — муфтовое 198  
 — фланцевое 198  
 — штуцерное 197  
 Сопротивление буксировочное 42  
 — воды 41  
 — воздуха 42  
 — волновое 42  
 — выступающих частей 42

- остаточное 42
- трения 41
- формы 42
- Сосуд расширительный 276
- Способ формирования блочный 150
- островной 150
- пирамидальный 150
- Спринклер 248
- Средства активного управления 95
- радиосвязи 140
- сигнальные 141
- спасательные 119
- Стакан переборочный 198
- Стапель наклонный 151
- Старинность 64
- Стол пожарный 247
- Стеньга 118
- Стойка доковая 64
- переборки 64
- рамная 64
- Стопор переносной 105
- стационарный 105
- якорный 100
- Стрела грузовая 111
- Стрингер бортовой 57
- днищевой 57
- палубный 57
- Строевая по ватерлиниям 35
- по шпангоутам 35
- Суда промысловые 24
- служебно-вспомогательные 24
- технического флота 26
- транспортные 14
- Судно буровое 26
- глиссирующее 13
- гребное 13
- грузовое 15
- грузопассажирское 22
- для навалочных грузов (балкеры) 20
- для тяжеловесов 18
- добывающее 24
- добывающе-перерабатывающее 24
- комбинированное 21
- на воздушной подушке (СВП) 13
- надводное (водоизмещающее) 13
- наливное 21
- на подводных крыльях (СПК) 13
- обслуживающее 24
- парусное 26
- парящее 13
- пассажирское 22
- перерабатывающее 24
- подводное 13
- пожарное 25
- промысловое 24
- рефрижераторное 24
- с горизонтальной грузообработкой (типа ро-ро, ролкеры) 18
- служебное 24
- спасательное 25
- спортивное 26
- сухогрузное 14
- учебное 24
- Судовое освещение 191
- Судостроительные предприятия 145
- Таблица непотопляемости 41
- Такелаж 118
- Танк балластный 21
- грузовой 21
- Танкер 21
- Твиндек 73
- Телеграф машинный 142
- Теплоноситель 273
- Теплоход 12
- Течение ламинарное 214
- турбулентное 214
- Типизация 227
- Тифон 141
- Толкач 26
- Тонна регистровая 48
- Топенант 112
- Трап заборный 89

- Траулер 24
- Тримаран 14
- Тройник 198
- Труба гельмпортная 90
- дейдвудная 179
- дымовая 67, 69
- Трубопровод магистральный кольцевой 224
- — комбинированный 224
- — линейный 224
- Труба воздушная 240
- измерительная 240
- перепускная 235
- Трюм грузовой 73
- Туннель гребного вала 73
- Тунцелов 24
- Турачка 100, 105
- Турбина активная 166
- газовая 168
- паровая 166
- реактивная 166
- Турбоход 12
- Увлажнитель воздуха 287
- Угол атаки 45
- дифферента 36
- дрейфа 47
- заката 38
- крена 36
- Удельный вес 213
- Узел 49
- Унификация 227
- Управляемость 46
- Успокоитель качки 44
- Установка вспомогательная 156
- газотурбинная 156, 168
- дизельная 156, 170
- котельная 165
- комбинированная 156
- паротурбинная 156, 166
- энергетическая 156
- ядерная 175
- Устойчивость на курсе 46
- Устройства судовые 89
- Устройство буксирное 106
- взлетно-посадочное для вертолетов 131
- грузовое 110
- дейдвудное 179
- передачи грузов в море на ходу 128
- подруливающее 95
- промысловое 126
- рулевое 89
- специальное 89, 126
- швартовное 103
- якорное 97
- Фальшборт 65
- Фальшфейер 141
- Фигуры сигнальные 141
- Флор открытый 59
- сплошной 59
- Фок-мачта 116
- Форма судового корпуса 26
- Форпик 73
- Форсунка 164, 169, 171
- Форштевень 27, 64
- Фундамент 66
- Характеристика трубопровода гидравлическая 218
- Хладагент 279
- Хладоноситель 280
- Ходкость 41
- Холодильная машина абсорбционная 280
- — компрессорная 280
- — эжекторная 282
- Хронометр 133
- Центр величины 34
- тяжести 34
- Цепь якорная 99
- Цехи предприятия 145
- Циркуляция судна 47
- Цистерна 236
- Чертеж теоретический 31
- Четверник 198

- Шаблон 146, 147
- Шаг гребного винта 180
- Шахта 67
- Швартов 103
- Шельф 64
- Ширина судна 28
- Ширстрек 57
- Шифтинг-бордс 39
- Шкентель 112
- Шлюпбалка 122
- Шлюпка рабочая 122
- спасательная 120
- Шов барьерный 69
- Шпангоут рамный 57
- теоретический 31
- твиндечный 61
- трюмный 61
- Шпация практическая 146
- теоретическая 33
- Шпигат 301
- Шпиль 100
- Шпор 111
- Штаг 118

- Штевень 27
- Шток 98
- Штурвал 93
- Штуртрос 92
- Эжекционная головка 269
- Экраноплан 13
- Электродвижение 158, 191
- Электрооборудование судов 191
- Электропривод 190
- Электростанция судовая 185
- Электроход 12
- Энтальпия воздуха 265
- Эскиз 147
- Эхолот 137
- Ют 66, 71
- Якорь адмиралтейский 99
- доковый 98
- ледовый 98
- Матросова 98
- Холла 99
- Ящик ледовый 273
- цепной 99