

*Д.В. МАРУСОВ, А.В. НОВИКОВ,  
С.В. ДАНИЭЛЬ*

**ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА  
НАДВОДНОГО КОРАБЛЯ**

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Балтийский государственный технический университет «Военмех»  
Учебный военный центр

*Д.В. МАРУСОВ, А.В. НОВИКОВ, С.В. ДАНИЭЛЬ*

# ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА НАДВОДНОГО КОРАБЛЯ

Учебное пособие

Санкт-Петербург  
2017

УДК 623.82.02(075.8)  
М25

**Марусов, Д.В.**

**М25** Основы устройства надводного корабля: учебное пособие / Д.В. Марусов, А.В. Новиков, С.В. Даниэль; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2017. – 108 с.

Рассмотрены вопросы статики и динамики корабля, основы устройства корабля, общекорабельных систем и устройств, основы боевой защиты и живучести корабля.

Предназначено для студентов, обучающихся по программе общевоенных учебных дисциплин в учебных военных центрах, на факультетах военного обучения (военных кафедрах), в межвузовских центрах военной подготовки.

**УДК 623.82.02(075.8)**

**Р е ц е н з е н т** нач. военной кафедры БГТУ *А. Селезнев*

*Утверждено  
редакционно-издательским  
советом университета*

© БГТУ, 2017  
© Авторы, 2017

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Военно-морской флот России имеет давнюю и славную историю. Еще в древности русские люди строили суда, превосходившие по своим мореходным качествам западноевропейские образцы. Так, поморы на своих кочах достигали острова Шпицберген, а плавание на Новую Землю в средние века обитатели наших северных земель считали обычным делом.

Все годы своего существования военно-морской флот играл важнейшую роль в нашем государстве, имеющем протяженные морские границы. Создание регулярного парусного военного флота при Петре I явилось мощным стимулом для развития кораблестроения, кораблестроительной науки и подготовки кадров. В трудах выдающихся деятелей науки, русского флота и кораблестроения Леонарда Эйлера, С.О. Макарова, А.Н. Крылова, И.Г. Бубнова, Э.И. Гуляева зародилась и развивалась наука о теории корабля, разрабатывались вопросы конструктивного обеспечения непотопляемости и основные направления обеспечения живучести корабля.

В настоящее время наша страна обладает одним из крупнейших военно-морских флотов в мире. В состав ВМФ входят надводные корабли практически всех классов, атомные и дизельные подводные лодки (ПЛ), оснащенные современными комплексами оружия.

Подготовка квалифицированных офицерских кадров для ВМФ немислима без получения знаний об особенностях устройства современных кораблей. В учебном пособии в сжатой форме рассмотрены боевые и мореходные качества надводного корабля, описано его устройство, охарактеризованы основные типы энергетических установок кораблей, приведена классификация корабельных систем и устройств, рассмотрены принципы построения боевой защиты и содержание борьбы за живучесть корабля. Большинство сведений носит обобщающий характер. Предлагаемый материал является основой для дальнейшего детального изучения устройства корабля, его боевых и эксплуатационных качеств.

# 1. СТАТИКА КОРАБЛЯ

## 1.1. Основные сведения по геометрии корпуса корабля

Современный боевой корабль – сложнейшее техническое сооружение, оборудованное новейшими техническими средствами и комплексом вооружений.

**Кораблем** называется техническое сооружение, оборудованное боевой и другой техникой, способное перемещаться на поверхности воды или под водой с заданной скоростью хода и предназначенное для выполнения определенных боевых задач.

Корабельный устав ВМФ определяет основное боевое назначение корабля – уничтожение или ослабление сил и средств противника путем боевого воздействия. Для выполнения своего назначения каждый корабль обладает целым рядом боевых (тактических) качеств: живучестью, скрытностью, маневренностью, автономностью, обитаемостью, мореходностью.

Основной характеристикой корабля является **боеспособность** – способность корабля вести боевые действия и выполнять другие боевые задачи в соответствии с предназначением.

**Живучесть** – способность корабля противостоять боевым и аварийным повреждениям, восстанавливая и поддерживая при этом в возможной степени свою боеспособность.

Боеспособность и живучесть – важнейшие качества корабля, обеспечению которых уделяется основное внимание при его проектировании и эксплуатации в составе ВМФ.

**Скрытность** – способность корабля действовать незаметно для средств технического и зрительного обнаружения противника.

**Маневренность** – способность корабля изменять свое местоположение. Она включает скорость, дальность плавания, инерционность, поворотливость, а для ПЛ – также глубину погружения и скорость изменения глубины погружения.

**Автономность** – предельная длительность плавания корабля в море (в сутках) без пополнения запасов.

**Обитаемость** – обеспечение необходимых условий жизни и деятельности личного состава.

**Мореходность** – способность корабля безопасно плавать и эффективно применять оружие на взволнованной поверхности моря. Мореходность оценивается волнением моря в баллах, при котором корабль может пребывать в море, и балльностью моря, при которой

возможно эффективное применение оружия (обычно не более 4...5 баллов).

Наряду с боевыми качествами корабль как плавающее сооружение должен обладать необходимыми *мореходными качествами*: плавучестью, остойчивостью, непотопляемостью, ходкостью, управляемостью и качкой. Изучением мореходных качеств корабля занимается специальная наука – *теория корабля*, которая делится на *статику корабля*, изучающую плавучесть, остойчивость и непотопляемость, и *динамику корабля*, в центре внимания которой – ходкость, управляемость и качка.

Теория корабля как самостоятельная наука зародилась в конце XVIII в. в результате бурного развития математических наук и практической необходимости. Одним из первых применил новые методы математического анализа к исследованию мореходных качеств корабля член Петербургской Академии наук Леонард Эйлер. В его двухтомном сочинении «Корабельная наука» (1749) заложено учение о плавучести и остойчивости.

В XIX столетии большое значение для развития теории корабля имели исследования выдающихся ученых-кораблестроителей П.Я. Гамалеи, С.О. Бурачека, М.М. Окунева и А.Н. Крылова. Русский флотоводец С. О. Макаров высказал много ценных предложений по непотопляемости корабля. Важную роль в разработке методов непотопляемости сыграли исследования И.Г. Бубнова и В.В. Власова.

Боевые и мореходные качества корабля характеризуют его тактико-технические элементы (ТТЭ). Основные ТТЭ корабля приводятся в тактическом формуляре, который является паспортом корабля.

## 1.2. Теоретический чертеж корпуса корабля

Корпус корабля имеет сложную поверхность двоякой кривизны, что обеспечивает ему высокие мореходные качества. Такую поверхность сложно описать, поэтому ее изображают графически, на специально предназначенном для этой цели теоретическом чертеже.

Теоретический чертеж выполняется в проекциях на три главные взаимно перпендикулярные плоскости (рис. 1.1):

- диаметрально плоскость (ДП) – продольную плоскость симметрии корпуса;
- плоскость мидель-шпангоута, или миделя – поперечно-вертикальную плоскость, расположенную посередине расчетной длины корпуса;

- основную плоскость (ОП) – горизонтальную плоскость, проходящую в днищевой части теоретической поверхности корпуса.

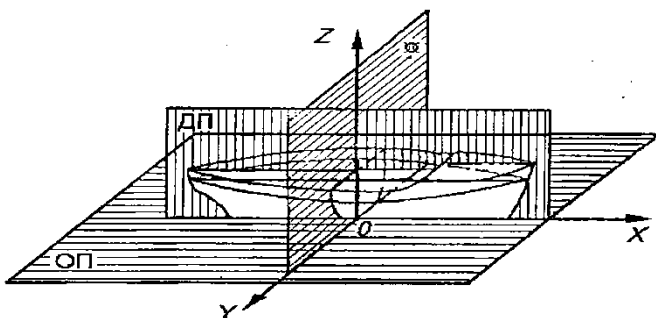


Рис. 1.1. Главные плоскости проекций теоретического чертежа

За начало системы координат  $(X, Y, Z)$ , связанной с кораблем, принята точка пересечения трех главных плоскостей проекции.

Для построения теоретического чертежа корпуса корабля проводят плоскости, параллельные главным плоскостям проекции, а линии, полученные в результате пересечения этих плоскостей с теоретической поверхностью корпуса, проецируют на плоскости проекции (рис. 1.2). При этом линии, полученные при пересечении теоретической поверхности корпуса с плоскостями, параллельными ОП, называются **теоретическими ватерлиниями** (ВЛ). Обычно изображают 10...15 теоретических ВЛ. Основная плоскость считается нулевой ВЛ, а ватерлиния, совпадающая с поверхностью спокойной воды при нормальном водоизмещении корабля, – **конструктивной ватерлинией** (КВЛ).

Линии пересечения теоретической поверхности корпуса с плоскостями, параллельными плоскости миделя, называются **теоретическими шпангоутами**. Ввиду симметричности корпуса на правой половине плоскости миделя изображаются носовые шпангоуты, на левой – кормовые, считая от миделя. Общее число теоретических шпангоутов – 21 (от 0 до 20). Мидель-шпангоут имеет номер 10.

Линии пересечения теоретической поверхности корпуса с плоскостями, параллельными ДП, называются **батоксами**. Количество батоксов – 3...4 на борт, отсчет ведется от ДП.

Совокупность проекций теоретических ватерлиний, шпангоутов и батоксов на плоскости проекций на ДП называется **боком**, на ОП –

*полуширотой*, на плоскость миделя – *корпусом теоретического чертежа*.

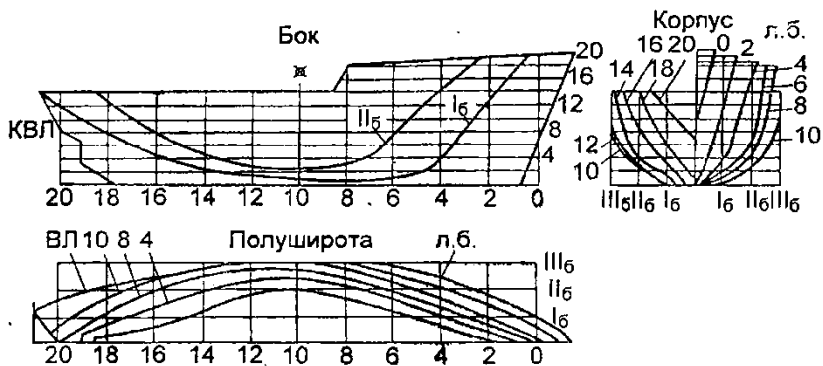


Рис. 1.2. Теоретический чертеж надводного корабля

Теоретический чертеж обеспечивает наглядное изображение обводов корпуса и служит основным источником информации о корпусе корабля. С его помощью рассчитываются мореходные качества, определяются объемы отсеков, цистерн и других корабельных помещений, изготавливаются чертежи общего расположения механизмов и рабочие чертежи. По теоретическому чертежу в масштабе изготавливается модель корпуса корабля для проведения испытаний в опытных бассейнах. При постройке корабля на основе теоретического чертежа производится разметка элементов корпуса на плазе и обеспечивается контроль за правильностью сборки корпуса.

### 1.3. Главные размеры (размерения) корабля

Прежде чем рассматривать главные размеры корабля, объясним понятия «носовой и кормовой перпендикуляры» (рис. 1.3).

Конструктивно нос и корма корабля заканчиваются штевнями. При этом носовой штевень называется *форштевнем*, кормовой – *ахтерштевнем*. Перпендикуляры к основной плоскости, проведенные в ДП через точки пересечения штевней с плоскостью КВЛ, называются соответственно *носовым* и *кормовым перпендикулярами* (НП, КП).

Главные размеры корабля – длина, ширина, осадка и высота борта – измеряются параллельно главным плоскостям проекции и наряду



с теоретическим чертежом имеют важное значение для характеристики его размера. Их принято разделять на две группы:

- размеры, не связанные с положением корабля относительно поверхности воды (чисто конструктивные размеры);
- размеры, связанные с этим положением и характеризующие деление корпуса корабля на надводную и подводную части (от КВЛ).

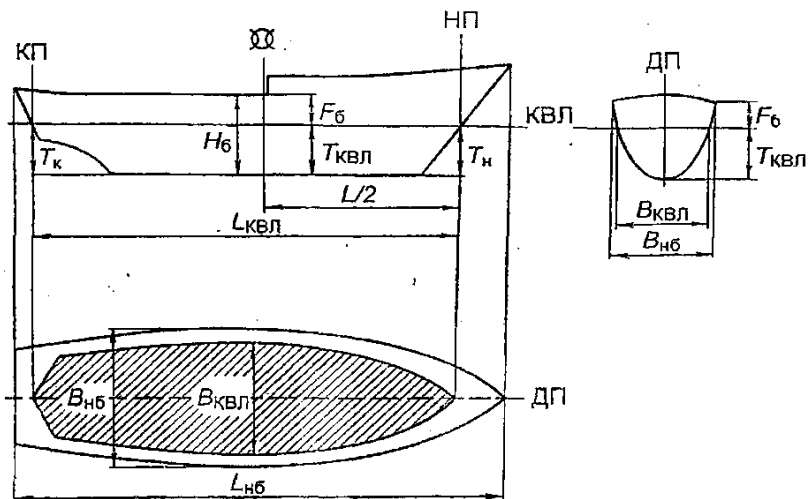


Рис. 1.3. Главные размеры (размерения) корабля

Первая группа главных размеров корабля:

- $L_{нб}$  – наибольшая длина – расстояние между перпендикулярами к ДП, опущенными из крайних точек штевней;
- $B_{нб}$  – наибольшая ширина – расстояние между плоскостями баков, касательными к корпусу корабля;
- $H_б$  – высота борта – расстояние от ОП до линии пересечения верхней палубы и борта, измеренное на миделе.

Вторая группа главных размеров корабля:

- $L_{квл}$  – длина по КВЛ – расстояние между носовым и кормовым перпендикулярами;
- $B_{квл}$  – ширина по КВЛ – расстояние между плоскостями баков, касательными к КВЛ;
- $T_{квл}$  – средняя осадка – расстояние между ДП и плоскостью КВЛ;

- $F_6$  – высота надводного борта при миделе – разность между высотой борта и средней осадкой.

Главные размеры первой группы являются габаритными размерами корабля. Они необходимы для оценки возможности прохода корабля в узкостях и шлюзах, по мелководному фарватеру, при швартовках, постановке в док и в других случаях.

Размерами второй группы можно характеризовать корабль, имеющий любую осадку, при этом размеры  $L$ ,  $B$  и  $T$  используются без индексов.

Главные размеры на теоретическом чертеже относятся к теоретической поверхности корпуса корабля, т.е. не включают толщину обшивки корпуса и выступающие части.

#### **1.4. Соотношение главных размеров и коэффициенты теоретического чертежа**

Приведенные соотношения и коэффициенты (см. подразд. 1.3) позволяют приближенно оценивать форму корпуса корабля и устанавливать закономерности ее влияния на его мореходные и эксплуатационные качества. Наиболее часто употребляются следующие соотношения главных размеров корабля:  $L/B$ ,  $L/T$ ,  $B/T$ ,  $L/H_6$ ,  $H_6/T$ . Например, отношение  $L/B$  влияет на ходкость, устойчивость на курсе и поворотливость. Чем больше это отношение, тем лучше ходкость и устойчивость на курсе, но хуже поворотливость. Чем больше отношение  $B/T$ , тем лучше остойчивость корабля, но качка при этом становится более резкой и ходкость корабля ухудшается. При увеличении  $H/T$  улучшается непотопляемость.

Коэффициенты теоретического чертежа характеризуют полноту формы подводной части корпуса корабля и его мореходные качества.

Основные коэффициенты теоретического чертежа:

- коэффициент полноты конструктивной ватерлинии:

$$\alpha = S/LB,$$

где  $S$  – площадь конструктивной ватерлинии,  $\text{м}^2$ ;  $\alpha = 0,69...0,75$ ;

- коэффициент полноты мидель-шпангоута:

$$\beta = W/BT,$$

где  $W$  – погруженная площадь мидель-шпангоута,  $\text{м}^2$ ;  $\beta = 0,75...0,90$ ;

- коэффициент полноты водоизмещения (общей полноты):

$$\delta = V/LBT,$$

где  $V$  – объем подводной части корпуса (объемное водоизмещение), м<sup>3</sup>;  $\delta = 0,40\dots 0,60$ .

Соотношение главных размерений и коэффициентов полноты позволяет установить закономерность влияния формы корпуса на мореходные и эксплуатационные качества корабля и использовать их при проектировании новых кораблей. Практика кораблестроения выработала оптимальные значения этих величин.

В процессе плавания появляется необходимость определить **посадку корабля** – его положение относительно поверхности спокойной воды. Посадка корабля определяется средней осадкой ( $T_{\text{ср}}$ ), углом крена ( $\Theta$ ) – отклонением корабля относительно продольной оси на правый или левый борт, и углом дифферента ( $\Psi$ ) – наклоном корабля относительно продольной оси в нос или в корму:

$$T_{\text{ср}} = \frac{T_{\text{н}} + T_{\text{к}}}{2},$$

где  $T_{\text{н}}$  – осадка носом, м;  $T_{\text{к}}$  – осадка кормой, м.

Угол дифферента определяется по дифференгометру или же через разницу осадок носом или кормой:

$$\Psi = \frac{\Delta}{L},$$

где  $\Delta = T_{\text{н}} - T_{\text{к}}$ .

Крен корабля определяется по кренометру. Если  $\Theta = 0^\circ$ , то говорят, что корабль «сидит прямо». Если  $\Theta = 0^\circ$  и  $\Psi = 0^\circ$ , то корабль сидит «прямо и на ровном киле». Нормальным положением корабля относительно поверхности спокойной воды, т.е. нормальной считается посадка, когда корабль, не имеющий хода, сидит прямо с незначительным дифферентом на нос, а на ходу – в корму. Дифферент на нос ухудшает мореходность корабля, так как корабль зарывается носом, тяжело входит на волну, теряет скорость, им трудно управлять.

## 1.5. Плавучесть

**Плавучестью** называется способность корабля находиться в равновесии на поверхности воды, погруженным по определенную ватерлинию, и нести на себе все назначенные по роду службы грузы.

На корабль без движения действуют две силы (рис. 1.4): сила тяжести корабля  $P$ , приложенная в *центре масс* (ЦМ) и направленная вертикально вниз, и выталкивающая (архимедова) сила  $\gamma V$ , приложенная в центре масс вытесняемой кораблем воды, называемом *центром величины* (ЦВ), и направленная вертикально вверх.

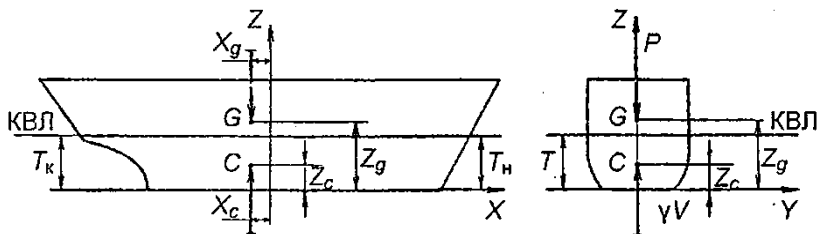


Рис. 1.4. Силы, действующие на корабль

Согласно закону Архимеда, выталкивающая сила равна весу вытесненной кораблем воды и определяется как произведение объема подводной части корпуса  $V$  ( $\text{м}^3$ ) на удельный вес воды  $\gamma$  ( $\text{Н}/\text{м}^3$ ), т.е.  $D = \gamma V = m_{\text{в}} g = \rho q V$ , где  $\rho$  – плотность воды ( $\text{т}/\text{м}^3$ ).

Объем подводной части корпуса  $V$  называется *объемным водоизмещением*, масса воды в вытесненном объеме – *массовым водоизмещением*, а вес воды в указанном объеме  $D$  – *весовым водоизмещением*. Удельный вес воды неодинаков и может изменяться от  $\gamma = 9806 \text{ Н}/\text{м}^3$  в пресной воде до  $\gamma = 10\,300 \text{ Н}/\text{м}^3$  в наиболее соленой воде.

Для того чтобы корабль был погруженным по определенную ватерлинию, необходимо выполнить два условия равновесия:

- 1) сила тяжести корабля должна быть равна выталкивающей силе:  $P = D$ ;
- 2) ЦМ и ЦВ должны лежать на одной вертикали.

В простейшем случае, когда нет крена и дифферента, это условие равновесия можно описать следующими уравнениями:

$$Xg = X_c, Yg = Y_c = 0, Zg > Z_c,$$

где  $X_c, Y_c, Z_c$  – координаты центра величины;  $Xg, Yg, Zg$  – координаты центра масс корабля.

При наличии начального статического крена и дифферента второе условие равновесия принимает вид:

$$(Xg - X_C) + (Zg - Z_C)\text{tg}\Psi \geq 0;$$

$$(Yg - Y_C) + (Zg - Z_C)\text{tg}\Theta = 0.$$

Приведенные условия равновесия позволяют определить, будет ли корабль плавать погруженным по данную ватерлинию. Так, например, если рассчитано, что ЦМ и ЦВ не лежат на одной вертикали, то можно утверждать, что по заданную ватерлинию корабль плавать не может и будет наклоняться до тех пор, пока не будет выполнено второе условие равновесия. С другой стороны, если корабль плавает по определенной ватерлинию, то из условия равновесия можно определить водоизмещение корабля.

При расчете водоизмещения возникает необходимость определить силу тяжести корабля  $P$ , которая представляет собой равнодействующую сил тяжести всех грузов, находящихся на корабле. Для удобства оперирования при проектировании и эксплуатации корабля грузы сведены в семь групп, которые называются **статьями нагрузки**. Для военного корабля существуют следующие статьи нагрузки: 1) корпус со всеми устройствами; 2) бронирование; 3) вооружение; 4) боеприпасы; 5) механическая установка; 6) топливо, котельная вода; 7) экипаж, снабжение, провизия, пресная вода.

Статьи 1, 2, 3, 5 составляют *постоянные грузы*, статьи 4, 6, 7 – *переменные грузы*. В процессе плавания водоизмещение корабля может существенно изменяться за счет приема и расходования переменных грузов. Для сравнительной оценки состояния нагрузки надводных кораблей различают следующие типовые (спецификационные) водоизмещения:

- *порожнее* – водоизмещение полностью построенного корабля без переменных грузов;
- *стандартное* – водоизмещение корабля с переменными грузами, кроме топлива, масла и питательной воды;
- *нормальное* – водоизмещение, равное стандартному плюс половина запасов топлива, масла, питательной воды, предусмотренных спецификацией;
- *полное* – водоизмещение полностью построенного корабля со всеми переменными грузами, предусмотренными спецификацией;
- *наибольшее* – водоизмещение корабля с дополнительными (сверх предусмотренных спецификацией) переменными грузами, принятыми в специально оборудованные места.

Это исходные водоизмещения, их значения заносятся в тактический формуляр и другую отчетную документацию корабля.

**Запасом плавучести** называется весь непроницаемый для воды объем корабля, расположенный выше ватерлинии, по которую плавает корабль (рис. 1.5).

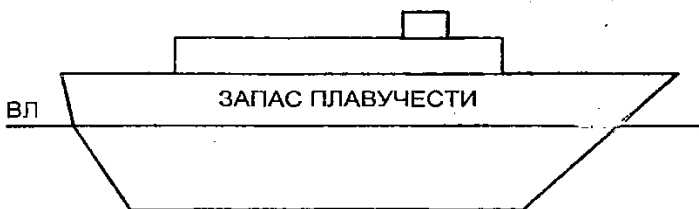


Рис. 1.5. Запас плавучести надводного корабля

При приеме грузов средняя осадка корабля увеличивается. Следовательно, запас плавучести определяет тот наибольший груз, который корабль может принять, оставаясь на плаву. Обеспечение достаточного запаса плавучести имеет жизненно важное значение для всякого корабля, а для военного особенно.

Всегда следует помнить, что в наружном борту и на верхней палубе имеется большое число отверстий в виде иллюминаторов, люков и т.п., которые должны быть тщательно закрыты – один-два незадраенных люка или иллюминатора могут лишить корабль значительного запаса плавучести и поставить его в критическое положение.

Мерой запаса плавучести является отношение

$$A = \frac{V_{\text{п}} - V_{\text{н}}}{V_{\text{н}}} \cdot 100\% ,$$

где  $A$  – запас плавучести от нормального водоизмещения, %;  $V_{\text{п}}$  – объем корпуса до верхней палубы, м<sup>3</sup>;  $V_{\text{н}}$  – нормальное объемное водоизмещение корабля.

Запас плавучести у НК составляет приблизительно 100%, а у ПЛ – 20...30% от нормального водоизмещения.

## 1.6. Остойчивость

**Остойчивостью** называется способность корабля сопротивляться внешним силам, выводящим его из положения равновесия, и возвращаться в исходное положение после прекращения действия внешних сил. Это мореходное качество обеспечивает безопасность плавания корабля.

Различают продольную и поперечную остойчивость. Остойчивость, которую имеет корабль при получении крена, называют *поперечной*, а остойчивость, связанную с дифферентом, – *продольной*.

Исследования остойчивости проводят при малых и больших углах наклона. К малым углам относятся угол крена  $\Theta \leq 10 \dots 15^\circ$ , угол дифферента  $\Psi \leq 1 \dots 2^\circ$ , причем при этих углах палуба не входит в воду. Остойчивость при малых углах наклона называется *начальной остойчивостью*.

Такое разделение остойчивости объясняется методическими соображениями, так как ее исследование при малых углах наклона существенно упрощается, а при эксплуатации встречается наиболее часто.

В зависимости от характера сил, выводящих корабль из положения равновесия, различают остойчивость *статическую* и *динамическую*.

**Начальная остойчивость.** При определении начальной остойчивости принимаются следующие допущения:

- углы наклона малы;
- наклоны равнообъемны, т.е. объемы входящих в воду частей корпуса равны объемам выходящих из воды частей корпуса;
- наклонение происходит вокруг осей, проходящих через центр тяжести площади действующей ватерлинии;
- центр величины при наклонах перемещается по дуге окружности.

Рассмотрим сначала начальную поперечную остойчивость корабля (рис. 1.6).

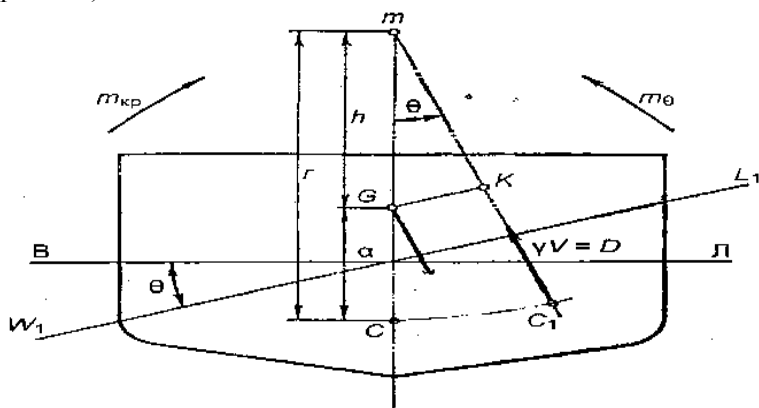


Рис. 1.6. Начальная поперечная остойчивость корабля

Если корабль под действием внешнего кренящего момента  $m_{кр}$  (направление давления ветра) получит крен на угол  $\Theta$ , то за счет изменения формы подводной части корабля центр величины  $C$  переместится в точку  $C_1$ . Выталкивающая сила  $\gamma V$  будет приложена в точке  $C_1$  и направлена перпендикулярно действующей ватерлинии  $W_1L_1$ . Что касается ЦМ, то он остается в точке  $G$ , так как никаких грузов на корабль не принималось, а имеющиеся грузы не перемещались.

Таким образом, после наклонения корабля силы  $P$  и  $\gamma V$  перестают лежать на одной вертикали (нарушается второе условие равновесия) и образуют пару сил с плечом  $GK = \lambda_{mk}$ , носящим название плеча статической остойчивости. Момент этой пары сил называется восстанавливающим моментом  $m_\theta$ . Его значение характеризует степень остойчивости корабля:

$$m_\theta = \gamma V \lambda_{mk}.$$

Если  $m_\theta$  стремится вернуть корабль в первоначальное положение, то корабль имеет *положительную* остойчивость, и наоборот, если  $m_\theta$  направлен в сторону  $m_{кр}$ , то корабль имеет *отрицательную* начальную остойчивость.

Продолжив направление выталкивающей силы  $\gamma V$  до пересечения с диаметральной плоскостью, получим точку  $t$ , которая называется *начальным поперечным метацентром*. Для малых углов наклона точка  $t$  занимает практически постоянное положение и является центром окружности, по которой перемещается ЦВ ( $C$ ).

Расстояние между поперечным метацентром и ЦВ называется *поперечным метацентрическим радиусом*  $r$ .

Расстояние между точками  $t$  и  $G$  – поперечной метацентрической высотой  $h$ .

При постоянном водоизмещении значение восстанавливающего момента зависит от величины плеча остойчивости  $\lambda_{mk}$ , которую можно определить по формуле

$$\lambda_{mk} = h \sin \Theta.$$

Для малых углов наклона восстанавливающие моменты определяются по *метацентрическим формулам начальной остойчивости* как произведение одной из пары сил на плечо статической остойчивости:

$$m_\theta = \gamma V \lambda_{mk} = \gamma V h \sin \Theta.$$



Следовательно, значение восстанавливающего момента находится в прямой зависимости от метацентрической высоты  $h$ . Таким образом, значение  $h$  может служить *мерой начальной остойчивости* и для различных классов кораблей находится в пределах от 0,5 до 5 м. Аналогично выводится метацентрическая формула начальной продольной остойчивости (рис. 1.7)

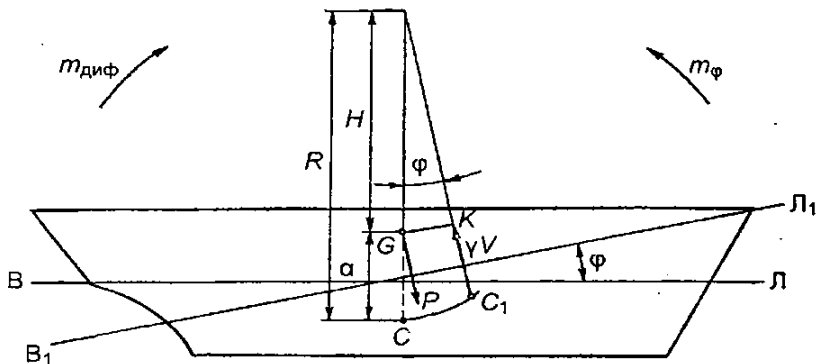


Рис. 1.7. Начальная продольная остойчивость

Формула для продольного восстанавливающего момента имеет следующий вид:

$$m_{\psi} = \gamma V H \sin \Psi.$$

Продольная метацентрическая высота  $H$  в 50...100 раз больше поперечной метацентрической высоты  $h$  и составляет обычно две-три длины корабля. Отсюда и продольная остойчивость корабля во много раз больше поперечной. Продольная остойчивость практически не зависит от размещения на корабле грузов. Метацентрические высоты корабля приводят в их тактических формулярах.

Учитывая, что  $\Theta$  и  $\Psi$  малы, метацентрические формулы начальной остойчивости можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} m_{\theta} &= \gamma V h \theta; \\ m_{\psi} &= \gamma V H \Psi. \end{aligned}$$

**Остойчивость корабля при больших углах наклона.** При больших углах наклона уже нельзя пользоваться метацентрическими формулами начальной остойчивости, так как допущения, при-

нятые при рассмотрении начальной остойчивости, становятся неприемлемыми. При рассмотрении вопросов остойчивости корабля на больших углах наклона используют **диаграмму статической остойчивости** (рис. 1.8), представляющую собой график зависимости восстанавливающего момента, или плеча остойчивости от угла крена. Продольная остойчивость обычно не рассматривается, так как она во много раз выше поперечной.

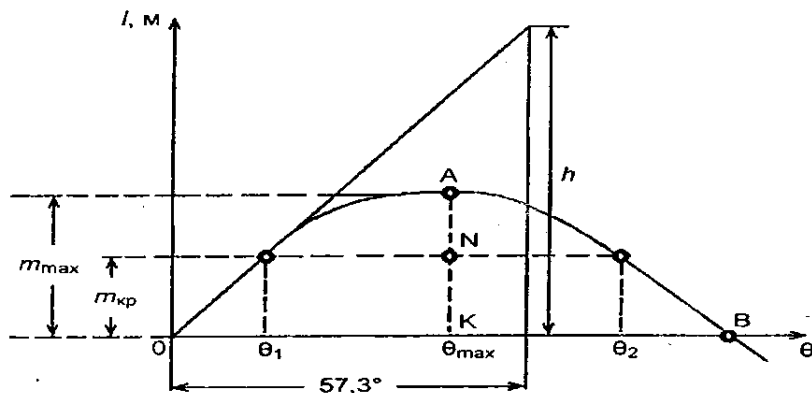


Рис. 1.8. Диаграмма статической остойчивости корабля

Диаграмма строится для конкретного корабля, при вполне определенных его водоизмещении и ординате ЦМ по высоте. На диаграмме видно, что  $m_{\Theta}$  возрастает по мере увеличения  $\Theta$ , достигает максимума и при дальнейшем увеличении угла  $\Theta$  убывает до 0, а затем становится отрицательным.

На диаграмме можно выделить следующие области:

- OA – область устойчивого равновесия;
- AB – область неустойчивого равновесия;
- B – точка заката;
- AK – запас статической остойчивости при  $\Theta = 0^{\circ}$ ;
- AN – запас статической остойчивости при  $\Theta_1$ .

С помощью диаграммы можно решать следующие задачи:

- по известному кренящему моменту определить вызванный им угол крена и наоборот;
- определить наибольший кренящий момент, под действием которого корабль не теряет остойчивости, и максимальный угол крена,

до которого корабль может безопасно наклоняться. Обычно для военных надводных кораблей (НК)  $m_{кр\ max}$  при  $\Theta = 25 \dots 45^0$ ;

- определить угол крена, при котором корабль теряет остойчивость, т.е. определить угол заката диаграммы остойчивости. Для военных НК угол заката  $\Theta \leq 50 \dots 90^0$ ;

- определить начальную поперечную метацентрическую высоту  $h$  для данного водоизмещения корабля.

Необходимо иметь в виду, что все сказанное об остойчивости на больших углах наклона справедливо только при действии на корабль статических внешних сил, когда состояние равновесия наступает при  $m_\theta = m_{кр}$ .

При воздействии динамических внешних сил (например, при шквале) крен корабля по достижении статического равновесия не прекратится, и он по инерции будет наклоняться дальше. При этом восстанавливающий момент будет увеличиваться, а угловая скорость наклона – уменьшаться до тех пор, пока не станет равной нулю. В этот момент крен корабля будет наибольшим. Затем корабль начнет выпрямляться и, совершив несколько затухающих колебаний, остановится в положении остойчивого равновесия.

На практике с помощью диаграммы статической остойчивости характеризуют и динамическую остойчивость корабля. Условием динамического равновесия является равенство работ кренящего и восстанавливающего моментов. Определение динамических кренящих моментов и вызываемых ими углов крена имеет важнейшее значение для оценки безопасности плавания корабля.

## 1.7. Непотопляемость

**Непотопляемостью** называют способность корабля оставаться на плаву и не опрокидываться при повреждении или затоплении одного или нескольких отсеков вследствие боевых или аварийных повреждений.

Непотопляемость обеспечивается следующими мероприятиями:

- *конструктивными*, осуществляемыми при постройке корабля (придание кораблю необходимого запаса плавучести, остойчивости, прочности и т.п.);

- *организационно-техническими*, проводимыми в течение всей службы корабля (контроль плавучести, остойчивости, исправности корпуса и технических средств борьбы за непотопляемость);

- действиями личного состава по борьбе за непотопляемость, направленными на поддержание и возможное восстановление запаса плавучести и остойчивости корабля.

Затопление любого отсека или помещения на корабле увеличивает его среднюю осадку и уменьшает запас плавучести. При несимметричном затоплении отсеков в общем случае НК получает крен и дифферент.

При организации борьбы за непотопляемость необходимо учитывать, что никакие водоотливные средства не в состоянии удалить воду, поступающую в отсек через сколько-нибудь значительную пробоину. Для пояснения укажем, что количество воды, поступающей в отсек через пробоину, можно определить по формуле

$$Q = 60\mu\omega\sqrt{2gH},$$

где  $\mu$  – коэффициент истечения, принимаемый равным от 0,6 до 0,75;  $\omega$  – площадь пробоины, м<sup>2</sup>;  $g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;  $H$  – гидростатический напор воды, равный расстоянию от поверхности воды до уровня в затопляемом отсеке.

При  $H = 2$  м,  $\omega = 0,25$  м<sup>2</sup> за минуту в отсек поступит около 60 м<sup>3</sup> воды. Производительность же водоотливных насосов не превышает 8...10 м<sup>3</sup>. По мере затопления поврежденного отсека гидростатический напор будет уменьшаться, следовательно, и количество воды, поступающей в пробоину в единицу времени, тоже будет уменьшаться. Но даже и в этом случае средняя скорость затопления будет достаточно большой. Поэтому при значительной пробоине осушать отсеки целесообразно только после ее заделки.

Приближенно время затопления отсека до ватерлинии может быть определено по формуле

$$t = \frac{2V}{Q},$$

где  $V$  – объем отсека до ватерлинии, м<sup>3</sup>.

Практически непотопляемость НК удобно оценивать количеством водонепроницаемых отсеков, при затоплении которых он остается на плаву. Например, для крейсеров это будет 3...4 отсека из 22...23, для эсминцев – 2...3 из 17...18, для малых кораблей – 2 из 8...10 отсеков.

Борьба за непотопляемость представляет собой действия по борьбе с поступающей водой, по восстановлению остойчивости и

спрямлению поврежденного корабля. Действия по борьбе с водой заключаются в организованном и быстром осуществлении всех мероприятий по прекращению ее поступления и распространения по кораблю. Действия по восстановлению остойчивости включают мероприятия, направленные на уменьшение потерь остойчивости путем снижения ЦМ поврежденного корабля и устранения свободных поверхностей жидких грузов и воды, проникшей в корабль. Обычно это следующие мероприятия: откачивание за борт воды из помещений, расположенных выше ватерлинии; прекращение перетекания жидких грузов на погрузившийся в воду борт; спуск воды из погрузившихся помещений, не сообщающихся с забортным пространством, в нижележащие помещения; осушение затопленных отсеков после временной заделки пробоин; перекачивание, откачивание за борт жидких грузов или перепуск их в днищевые отсеки.

**Спрявление** поврежденного корабля обеспечивает устранение или уменьшение крена и дифферента, полученных в результате повреждения. Мероприятия по спрявлению можно разделить на две группы:

1) мероприятия, которые не ведут к расходованию запаса плавучести или даже увеличивают его: устранение перетекания жидких грузов и забортной воды на поврежденный борт; осушение затопленных отсеков после заделки пробоин; перекачка или откачка за борт жидких грузов;

2) мероприятия, связанные с контрзатоплением, т.е. с преднамеренным затоплением незатопленных отделений. При этом частично уменьшается запас плавучести, однако в результате анализа многих случаев гибели поврежденных НК установлено, что чаще всего они гибли от потери остойчивости (опрокидывались) при еще значительном запасе плавучести. Спрявление контрзатоплением производится в том случае, если оно имеет преимущество по эффективности и быстродействию по сравнению с мерами, не ведущими к расходу запаса плавучести. При этом отделения, подлежащие затоплению, должны быть расположены как можно дальше от диаметральной плоскости при спрявлении крена и от мидель-шпангоута при спрявлении дифферента.

Для ускорения спрявления рекомендуется проводить комбинированные мероприятия по восстановлению остойчивости и спрявлению поврежденного корабля.

Методы, разработанные в теории непотопляемости, позволяют быстро установить состояние поврежденного корабля, определить изменение его посадки и остойчивости, наметить и осуществить ме-

роприятия по восстановлению его остойчивости и спрямлению. Все расчеты и обеспечение непотопляемости выполняются офицерами электромеханической части (ЭМЧ).

Каждый корабль снабжен документацией по непотопляемости, которую можно условно разделить на учебно-справочную и боевую. Учебно-справочная документация содержит информационные материалы по плавучести, остойчивости, непотопляемости корабля, таблицы с данными плавучести и остойчивости для различных водоизмещений, схему водонепроницаемых отсеков, информационные таблицы непотопляемости корабля при наиболее вероятных и опасных случаях повреждений.

Основу боевой документации на корабле большого водоизмещения составляют РБЖ, инструкции и таблицы по спрямлению поврежденного корабля, доска непотопляемости, наглядно отражающая все данные, необходимые для определения изменения посадки, непотопляемости, остойчивости корабля. На кораблях большого водоизмещения для решения задач непотопляемости применяют ЭВМ.

## 2. ДИНАМИКА КОРАБЛЯ

### 2.1. Ходкость

*Ходкость* называется способность корабля в заданных условиях плавания развивать требуемую скорость под действием движущей силы, создаваемой внутренним или внешним источником энергии.

Это мореходное качество имеет первостепенное значение для корабля и является результатом трех совместно действующих факторов:

- мощности главной энергетической установки (двигателей);
- эффективности преобразования энергии двигателей в движущую силу;
- сопротивления движению корабля.

Для сравнительной оценки ходовых качеств надводных кораблей обычно избирается режим движения на прямом курсе с постоянной скоростью на тихой глубокой воде. При движении корабля с постоянной скоростью встречаемое им буксировочное сопротивление преодолевается равной ему и противоположно направленной силой тяги двигателя. В этом случае буксировочная (эффективная) мощность  $N_R$  (кВт), затрачиваемая на преодоление сопротивления, определяется зависимостью

$$N_R = \frac{R_v}{1000},$$

где  $R$  – суммарное сопротивление движению корабля, Н;  $v$  – скорость корабля, м/с.

Мощность, которую необходимо подвести от двигателей к движителям для создания ими требуемой тяги, называется валовой мощностью:

$$N_P = \frac{N_R}{\eta},$$

где  $\eta < 1$  – пропульсивный коэффициент, характеризующий эффективность процесса преобразования мощности двигателя в полезную тягу двигателя; у современных кораблей  $\eta = 0,5..0,7$ .

Суммарная мощность двигателей

$$N_1 = \frac{N_R}{\eta_B},$$

где  $\eta_B = 0,96..0,98$  – КПД валопроводов, учитывающий потери мощности при передаче ее движителям от двигателей. Таким образом, скорость корабля

$$v = \eta \eta_B \frac{E}{R},$$

где  $R = R/m$  – удельное буксировочное сопротивление корабля, Н;  $E = N_1/m$  – энерговооруженность корабля, кВт;  $m$  – масса корабля.

Таким образом, скорость корабля определяется его энерговооруженностью (у кораблей она до 10 раз выше, чем у судов), гидродинамическими качествами корабля и движителей, которые учитываются соотношением  $\eta/R$  и обычно называются пропульсивными качествами корабля. Чем они выше, тем меньшая энерговооруженность требуется для поддержания заданной скорости хода, тем меньшие запасы топлива необходимы для обеспечения заданной дальности плавания, а следовательно, тем совершеннее корабль с точки зрения ходкости.

Сопротивление движению корабля обусловлено двумя свойствами водной среды: вязкостью и тяжестью, а также воздушным (аэродинамическим) сопротивлением надводной части корабля. Вязкость воды определяет вязкостное сопротивление:

$$R_{\text{вязк}} = R_{\text{тр}} + R_{\text{ф}} + R_{\text{в.ч}},$$

где  $R_{\text{тр}}$  – сопротивление трения, Н;  $R_{\text{ф}}$  – сопротивление формы (вихревое сопротивление), обусловленное влиянием вязкости воды на распределение гидродинамических давлений по смоченной поверхности корабля, Н;  $R_{\text{в.ч}}$  – сопротивление выступающих частей, Н. Тяжесть воды определяет волновое сопротивление  $R_{\text{в}}$ .

Суммарное сопротивление движению корабля определяется по формуле

$$R = R_{\text{тр}} + R_{\text{ф}} + R_{\text{в.ч}} + R_{\text{в}} + R_{\text{вз}}$$

Воздушное сопротивление  $R_{\text{вз}}$  при движении водоизмещающего корабля на малых скоростях хода и в безветреную погоду невелико по сравнению с сопротивлением воды. Это объясняется прежде всего тем, что плотность воздуха примерно в 800 раз меньше плотности воды. Однако на полном ходу  $R_{\text{вз}}$  может достигать 10% от  $R$ .

Корабли имеют хорошо обтекаемые корпуса, а количество и объем выступающих частей сведены к минимуму,  $R_{\text{ф}}$  и  $R_{\text{в.ч}}$  у них малы, поэтому вязкостное сопротивление в основном зависит от  $R_{\text{тр}}$ :

$$R_{\text{тр}} = 0,5 (K_{\text{тр}} + K_{\text{М}}) \Omega (\rho v^2),$$

где  $K_{\text{тр}}$  – коэффициент сопротивления трения гидродинамически гладкой поверхности корпуса;  $K_{\text{М}}$  – коэффициент сопротивления шероховатости поверхности корпуса;  $\rho$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $v$  – скорость хода, м/с;  $\Omega$  – площадь смоченной поверхности корпуса корабля (как правило, без выступающих частей), м<sup>2</sup>.

Для определения площади смоченной поверхности корпуса рекомендуется использовать формулу

$$\Omega = LT (1,36 + 1,13 \delta B/T),$$

где  $L, B, T$  – длина, ширина и осадка корабля, м;  $\delta$  – коэффициент общей полноты. Таким образом, для снижения  $R_{\text{вязк}}$  и  $R_{\text{тр}}$  прибегают к сокращению площади смоченной поверхности и уменьшению ее шероховатости.

Основную часть сопротивления шероховатости сварной обшивки составляют сопротивления: от окраски – 40...60%, сварных швов – 10...25%, вырезов и ниш – 20...30%, волнистости поверхности – 10%. Значительно увеличивают трение коррозия и обрастание корпуса.



На малых скоростях хода  $R_{\text{вязк}}$  составляет до 85...90% от полного сопротивления, на полном ходу – до 60...65%, а  $R_{\text{в}}$  возрастает до 35...40% и более.

Волновое сопротивление зависит от формы подводной части корпуса и соотношения главных размерений корабля и представляет собой затрату части мощности энергетической установки на образование системы волн, сопровождающих корабль на ходу. Снижение волнового сопротивления достигается:

- относительным удлинением корпуса  $L/B$  до 10...12%;
- заострением носовых ветвей конструктивной ватерлинии до  $10^\circ$ ;
- установкой бульбовой наделки в носовой оконечности;
- оптимизацией формы кормовой оконечности.

Возможности улучшения ходкости корабля за счет повышения его энерговооруженности весьма ограничены, так как мощность энергоустановок у водоизмещающих кораблей возрастает приблизительно пропорционально кубу скорости. Существуют некоторые возможности, хотя и весьма ограниченные, для увеличения КПД энергоустановок, двигателей и уменьшения потерь при передаче мощности от двигателя к движителю.

Таким образом, для значительного увеличения скорости целесообразно уменьшать сопротивление воды путем вывода корпуса корабля из воды за счет использования гидро- или аэродинамических сил поддержания. Этот принцип реализуется при строительстве глосирующих кораблей (торпедные и ракетные катера), кораблей на подводных крыльях (малые ракетные и противолодочные корабли, торпедные катера), кораблей на воздушной подушке.

## 2.2. Управляемость

**Управляемостью** называется способность корабля сохранять или изменять направление своего движения с помощью средств управления.

Понятие «управляемость» объединяет два свойства корабля: устойчивость на курсе и поворотливость. Первое свойство состоит в способности корабля сохранять заданный курс, второе – в способности изменять его. Эти свойства по своей природе противоречат друг другу, поэтому при проектировании корабля важно правильно определить оптимальное соотношение между требованиями к устойчивости на курсе и поворотливости.

*Устойчивость на курсе* зависит не только от внешних возмущений, но и от опыта рулевого. Показатели хорошей устойчивости корабля на курсе – малая *рыскливость* (самопроизвольный уход корабля с курса) и малое число переключений руля в единицу времени для удержания корабля на курсе. Практически ни один корабль не обладает абсолютной устойчивостью на курсе, и для сохранения курса требуется постоянное вмешательство рулевого или автоматических устройств. Обычно считают, что корабль обладает удовлетворительной устойчивостью на курсе, если при волнении моря 3...5 баллов руль приходится переключать 4...6 раз в минуту на углы не более 3...4° на борт. Углы рыскания при этом не должны превышать 2...3°.

*Поворотливость* корабля обеспечивается переключением руля, или при помощи машин, или тем и другим вместе. Она характеризуется временем изменения курса и циркуляцией.

*Циркуляцией* называется траектория, по которой движется центр корабля при переключении руля на некоторый угол с последующим удержанием его в этом положении. При переключении руля, который можно рассматривать как крыло малого удлинения, возникает сила  $P$  – результирующая всех сил давления и трения, действующих на руль (рис. 2.1).

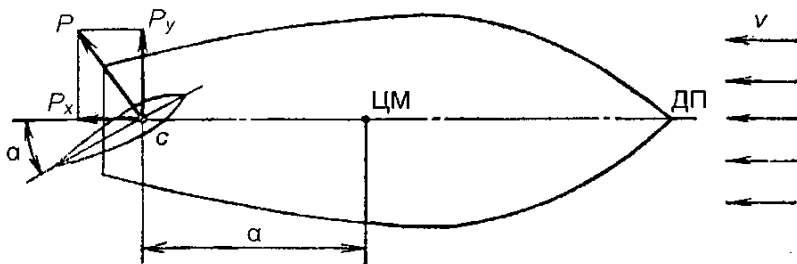


Рис. 2.1. Схема действия руля на корпус корабля

Сила  $P$  зависит от угла переключки руля  $\alpha$ , скорости набегающего потока и характеристики и площади руля. Проекция этой силы на ось  $X$ , параллельную потоку, называется силой лобового сопротивления  $P_x$ , а проекция на ось  $Y$  – боковой силой руля  $P_y$ . Точка  $c$  – центр давления. Сила  $P_x$  несколько увеличивает сопротивление воды движению корабля, а сила  $P_y$  создает относительно ЦМ корабля момент  $M = \alpha P_y$ , который обеспечивает поворот и некоторое боковое смещение корабля в сторону, противоположную повороту.

В циркуляции корабля (рис. 2.2) различают три периода: маневренный, совпадающий по времени с продолжительностью перекладки руля; эволюционный – от окончания перекладки руля до начала движения корабля по окружности (примерно до поворота на  $100...120^\circ$ ) и период установившейся циркуляции, который длится до тех пор, пока руль находится в переложном положении.

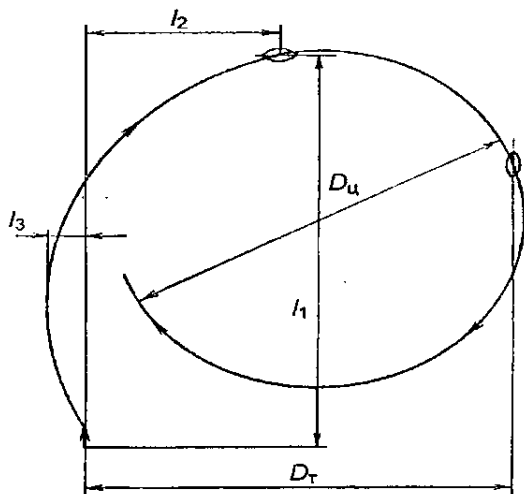


Рис. 2.2. Циркуляция корабля

В период установившейся циркуляции корабль получает крен, как правило, в сторону, противоположную повороту. В первых двух периодах переменная – кривизна циркуляции, в третьем периоде – окружность. Типичная циркуляция корабля характеризуется следующими элементами: диаметром установившейся циркуляции  $D_u$ ; тактическим диаметром циркуляции  $D_T$  (поворот на  $180^\circ$ ); выдвигом  $l_1$ ; прямым смещением  $l_2$ ; обратным смещением  $l_3$ . Отношение  $D_u/L$  есть мера поворотливости корабля. Для кораблей большого и среднего водоизмещения это отношение равно  $5...7$ , для малых кораблей –  $2...3$ .

Промежуток времени от момента отдачи приказа о перекладке руля до момента прихода корабля на заданный курс называется *временем изменения курса*. Время изменения курса на  $360^\circ$  называется *периодом циркуляции*. Эти величины в основном зависят от скорости корабля и угла перекладки руля.

### 2.3. Качка. Успокоители качки

**Качкой** называется совокупность колебательных движений относительно положения равновесия, совершаемых кораблем под действием внешних сил (в первую очередь, волнения моря и ветра). Различают бортовую, килевую и вертикальную качки. Однако следует иметь в виду, что это деление условно и на практике корабль обычно испытывает все три вида качки одновременно.

Качка – отрицательное качество корабля, которое может иметь целый ряд вредных последствий, например: появление опасных кренов корабля; снижение точности стрельбы; ухудшение условий обслуживания и работы механизмов и приборов; снижение скорости корабля и увеличение расхода топлива; возникновение опасных напряжений в корпусе, деформация или даже разрушение корпуса и т.п. Кроме того, качка отрицательно сказывается на физиологическом состоянии личного состава, вызывая так называемую морскую болезнь.

Качка характеризуется амплитудой, т.е. максимальным отклонением от положения равновесия, и периодом, измеряемым в секундах, в течение которого совершается полное колебание. В качке корабля различают свободные и вынужденные колебания. Свободные колебания совершаются на тихой воде под действием восстанавливающего момента. Так как вода оказывает сопротивление наклонениям корабля, колебания будут затухающими. Периоды свободных колебаний могут быть определены по приближенным эмпирическим формулам. Для бортовой качки период составляет

$$T_0 = \frac{kB}{\sqrt{h}},$$

где  $B$  – ширина корабля, м;  $k$  – коэффициент, равный 0,65...0,75;  $h$  – начальная поперечная метацентрическая высота, м.

Периоды килевой и вертикальной качки примерно одинаковы:

$$T_{\psi} \approx T_Z \approx 2,5\sqrt{T},$$

где  $T$  – осадка корабля, м. Из формулы нахождения периода следует, что  $T_0$  уменьшается при увеличении  $h$ , т.е. по мере увеличения остойчивости качка становится более стремительной. Стремительная качка тяжело переносится личным составом и вызывает значительные напряжения в корпусе. Поэтому при проектировании корабля стремятся достигнуть достаточной остойчивости при умеренной плавно-

сти качки. Периоды бортовой качки на тихой воде для крейсеров находятся в пределах 10...15 с, для эскадренных миноносцев – 7...10 с, для тральщиков – 4...6 с.

Используя формулу нахождения периода, можно определить начальную остойчивость корабля по периоду свободных колебаний:

$$h = \frac{kB^2}{T_0^2}.$$

В этом случае период свободных колебаний определяется на основе кренований корабля, проводимых после его постройки, модернизаций и ремонтов, связанных с изменением постоянной нагрузки, а также в случаях, когда остойчивость корабля вызывает сомнение. На волнении качка корабля складывается из колебаний двух типов: свободных и вынужденных.

Основное влияние на амплитуду качки оказывает отношение периода собственных колебаний к периоду волны ( $T_0/\tau$ ). Если  $T_0/\tau$  очень мало, т.е. период собственных колебаний значительно меньше периода волны, то амплитуда качки невелика и корабль не зарывается в воду. Это возможно при очень большой  $h$  или очень большой длине волны.

Если отношение  $T_0/\tau$  велико, то амплитуда качки также мала. Это возможно при малой  $h$  или малой длине волны. При отношении  $T_0/\tau \approx 1$  наблюдается резонанс, углы крена корабля резко возрастают, и он может опрокинуться. Чтобы вывести корабль из резонанса, следует изменить курс либо скорость корабля, однако не оба параметра вместе, так как при этом возможно новое попадание в резонанс. В настоящее время на кораблях используются диаграммы, с помощью которых легко определяются курсы и скорости, исключая попадание корабля в резонансные колебания. Что касается килевой качки, то для нее практическое значение имеют лишь вынужденные колебания, так как из-за высокой продольной остойчивости свободные колебания сразу затухают. При килевой качке имеет значение не столько амплитуда, сколько обусловленная ею заливаемость корабля. Анализ килевой качки показывает, что при отсутствии хода наибольшая заливаемость корабля обычно происходит на волнах, равных его длине или несколько больших (на 10...15%) ее.

Чтобы уменьшить неблагоприятные воздействия качки, применяют успокоители качки. В настоящее время существуют только успокоители бортовой качки как наиболее опасной и вредной. В об-

щих чертах принцип действия успокоителя качки заключается в том, что им создается стабилизирующий момент, направленный противоположно возмущающему моменту волны. Этот стабилизирующий момент и уменьшает амплитуду качки корабля. По принципу управления стабилизирующим моментом успокоители качки делятся на пассивные и активные.

В *пассивных* успокоителях стабилизирующий момент создается в виде непосредственной реакции на качку корабля. Широкое применение получили пассивные успокоители в виде боковых килей, которые увеличивают сопротивление воды бортовой качке на 25...40% и уменьшают тем самым амплитуду качки корабля.

*Активные* успокоители качки требуют для своей работы внешнего источника энергии. Стабилизирующий момент в таких успокоителях создается принудительно. Наиболее эффективными активными успокоителями являются бортовые управляемые рули. Они подобны обычным балансирным рулям, но размещаются в середине длины корабля, в районе скул, перпендикулярно к наружной обшивке (рис. 2.3).

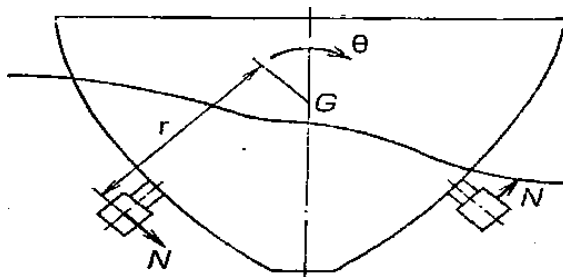


Рис. 2.3. Бортовые управляемые рули

Внутри корпуса размещаются автоматизированные рулевые приводы, которые позволяют переключать рули вверх или вниз и создавать стабилизирующие моменты. Так как силы давления воды на рули пропорциональны квадрату скорости набегающего на них потока, то их эффективность очень сильно зависит от скорости корабля. На стоянке эти рули не могут уменьшать качку корабля. К недостаткам бортовых рулей следует также отнести сравнительную сложность конструкции и системы автоматического управления ими. При отсутствии качки бортовые рули убираются внутрь корпуса в специальные ниши.

### 3. УСТРОЙСТВО КОРАБЛЯ

#### 3.1. Корпус корабля

**Корпус корабля** включает в себя такие части, как основной корпус, надстройки и мачты.

**Основной корпус** – наиболее ответственная часть корпуса. Он представляет собой прочную водонепроницаемую оболочку обтекаемой формы с острыми носовыми обводами и несколько тупыми кормовыми. Внутри основного корпуса размещаются главная энергетическая установка, боеприпасы, средства защиты корабля, все его энергозапасы, продовольствие, наиболее важные системы и устройства, а также личный состав.

Конструктивно основной корпус корабля состоит из листов обшивки и подкрепляющего ее набора. Обшивка выполняет роль водонепроницаемой оболочки. Набор представляет собой каркас из продольных и поперечных связей. Они прочно связаны между собой и с обшивкой и придают корпусу корабля необходимую форму, общую и местную прочность и жесткость (рис. 3.1).

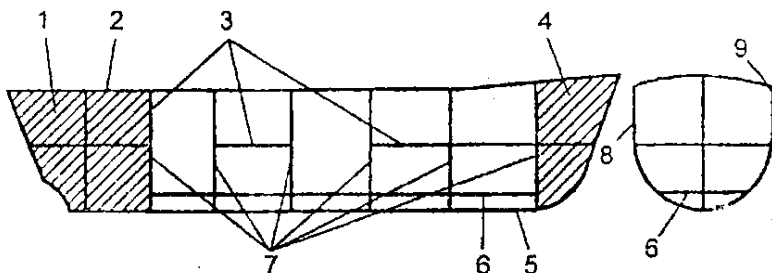


Рис. 3.1. Главные части основного корпуса: 1 – кормовая оконечность; 2 – верхняя палуба; 3 – платформы; 4 – носовая оконечность; 5 – днище; 6 – второе дно; 7 – главные поперечные переборки; 8, 9 – борта

Главные части основного корпуса корабля – днище, борта, палубы, платформы, главные поперечные и продольные переборки и оконечности.

**Днище** обеспечивает герметичность корпуса снизу. У современных кораблей водоизмещением более 500 т днище имеет *второе дно*, которое располагается от борта до борта на  $2/3$  длины корабля под жизненно важными его частями. Назначение второго дна – предохра-

нение внутренних помещений корабля от попадания в них воды при повреждении наружной обшивки днища. В междудонном пространстве располагаются топливные, масляные и водяные цистерны судового запаса. Днище – самая прочная и жесткая корпусная конструкция. На нем располагаются фундаменты под главные и крупные вспомогательные механизмы.

*Борта* обеспечивают герметичность корпуса с боков. Они простираются от района скулы до верхней палубы. Если смотреть с кормы в нос корабля, то слева будет левый борт, справа – правый.

*Палубами* называются горизонтальные непроницаемые конструкции, разделяющие корпус корабля по высоте и расположенные по всей его длине и ширине. Палуб у корабля может быть несколько. Крупные корабли (типа крейсеров) обычно имеют верхнюю, среднюю и нижнюю палубы. У кораблей среднего водоизмещения (типа эскадренных миноносцев) обычно не более двух палуб: верхняя и нижняя. Небольшие корабли (типа сторожевых кораблей, тральщиков и т.п.) имеют только одну верхнюю палубу. Она герметизирует корпус сверху. Верхняя палуба корабля в продольном направлении имеет седловатость, которая улучшает его мореходность. Носовая часть палубы называется *баком*, средняя – *шкафутом*, кормовая – *ютом*.

Палубы, идущие не по всей длине и ширине корабля, называются *платформами*. Они получают, как правило, из-за наличия у корабля энергетических отсеков большой ширины и высоты. В результате непрерывность палуб нарушается, они образуют платформы: носовые, средние и кормовые. Небольшие корабли имеют обычно только платформы в носу и корме.

Главные поперечные и продольные *переборки* делят основной корпус корабля на водонепроницаемые отсеки и обеспечивают непотопляемость корабля. На современных кораблях обычно ставят только поперечные переборки. Их количество колеблется от 5...7 у небольших кораблей до 18...20 у крупных. Главные поперечные переборки обязательно доводятся до верхней палубы (палубы непотопляемости). В случае получения кораблем пробойны они должны сдерживать напор воды и не допустить ее попадания из аварийного отсека в смежные. Главные поперечные переборки, ограничивающие оконечности корабля, называются *концевыми главными поперечными переборками* (носовой и кормовой соответственно).

*Оконечностями* называются части основного корпуса, расположенные от главных концевых переборок в сторону штевней. У корабля две оконечности – носовая и кормовая.



*Штевни* – это мощные фигурные балки, являющиеся в носу и корме продолжением вертикального килля – самой мощной продольной связи днища. В носу располагается *форштевень*, в корме – *ахтерштевень*. Штевни соединяют между собой бортовые и днищевые листы наружной обшивки корпуса.

*Палубными надстройками* называются закрытые помещения, расположенные на верхней палубе. Носовая надстройка, идущая от борта до борта, называется полубаком, средняя – спардеком, а кормовая – полуютом. Эти надстройки являются прочными. К надстройкам относятся также машинные и котельные кожухи и рубки. Это легкие надстройки, толщина листов, из которых они построены, меньше, чем у основного корпуса и прочных надстроек.

*Рубками* называются короткие надстройки, не достигающие по ширине до бортов. Обычно они именуются по своему назначению: ходовая рубка, боевая рубка.

В зависимости от наличия и расположения на корабле прочных надстроек и формы корпуса корабля в целом различают несколько основных архитектурных типов надводных кораблей (рис. 3.2): гладкопалубный (а, б), короткопалубачный (в), длиннопалубачный (г), гладкопалубный с полуютом (д), трехостровной (е).

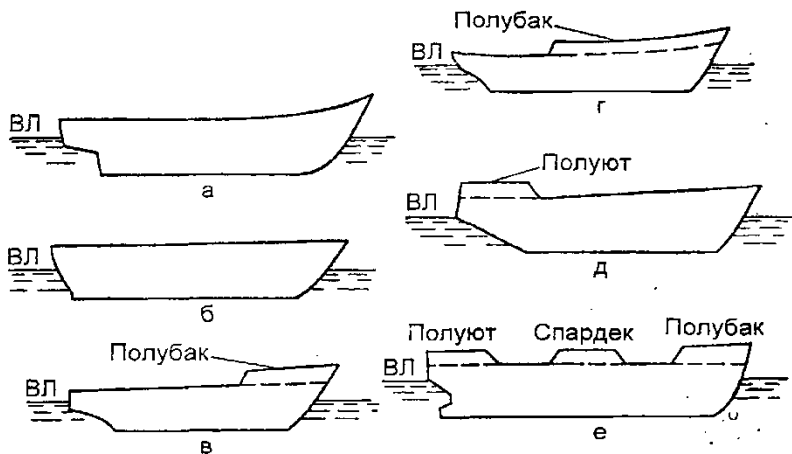


Рис. 3.2. Архитектурные типы кораблей

К гладкопалубному типу относятся крейсера, большие противолодочные корабли, эскадренные миноносцы, торпедные и ракетные

катера и авианосцы. Последние имеют плоскую палубу, без седловатости. Все эти корабли имеют надстройки, не достигающие по ширине до бортов.

К короткопалубному типу относятся тральщики, некоторые проекты катеров и сторожевых кораблей.

Длиннопалубного типа бывают крейсера, тральщики, эскадренные миноносцы.

Гладкопалубными с полуютом строятся корабли с газотурбинной установкой, десантные корабли и танкеры.

Суда вспомогательного флота – крупные сухогрузы, плавбазы и т.п. – относятся к трехостровному архитектурному типу.

На верхней палубе или палубе полубака устанавливаются мачты, грузовые стрелы, являющиеся рангоутом корабля.

**Мачты** представляют собой металлические конструкции, прочно соединенные с корпусом корабля. Они предназначены для размещения различных постов наблюдения, антенн, ходовых огней корабля и огней на стоянке, поднятия различных сигналов и флагов, поддержания грузовых стрел. Наиболее широко распространены в настоящее время стержневые (3-, 4- и многоногие) и башенноподобные мачты. Большие корабли имеют, как правило, две мачты: носовую (фок-мачта) и кормовую (грот-мачта). Для подъема Военно-морского флага на ходу корабля и гафельных огней в кормовой части мачты устанавливается наклонная конструкция – гафель.

### 3.2. Прочность корпуса

**Прочность корабля** – это способность отдельных корпусных конструкций, а также всего корпуса корабля в целом выдерживать действие различных эксплуатационных нагрузок без остаточных деформаций и разрушений.

При проектировании корабля выполняют расчет прочности, конечная цель которого – определить напряжения, возникающие в конструкциях корпуса при действии на него различных внешних сил. Если расчетные напряжения в корпусе корабля не превосходят допустимые, то прочность корпуса считается обеспеченной.

Все силы, действующие на корпус корабля, можно разделить на две категории: постоянные, действующие в течение всего периода эксплуатации корабля, и случайные, действующие в течение какого-либо промежутка времени. По характеру воздействия на корпус постоянные и случайные силы могут быть статическими и динамическими.

Примерами постоянных статических сил, действующих на корпус корабля в процессе его службы, являются силы тяжести корпуса, вооружения, механизмов, силы гидростатического давления воды на погруженную поверхность корпуса корабля. Силы инерции, возникающие на волнении, силы от ударов морских волн в борт и днище корабля на ходу, силы отдачи при стрельбах, силы взрыва мин, ракет и торпед, как правило, являются случайными и носят динамический характер.

Внешние силы действуют как на корпус в целом, так и на отдельные его части и стремятся изменить форму корпуса корабля. Для противодействия внешним силам и предотвращения остаточных деформаций корпус корабля должен обладать общей и местной прочностью.

*Общей прочностью* корабля называется его способность в целом противостоять действию внешних сил без разрушения или чрезмерных деформаций. Поскольку силы на корабль действуют как в продольном, так и в поперечном направлении, общую прочность условно делят на продольную и поперечную.

Общая продольная прочность связана с сопротивляемостью корабля продольному изгибу на волне. Общая поперечная прочность обеспечивает сопротивляемость корабля поперечному сжатию. Для надводных кораблей главной является продольная прочность, для подводных лодок – поперечная.

*Местной прочностью* корабля называется способность его отдельных частей и конструкций противостоять действию внешних сил без разрушений или чрезмерных деформаций. Нарушение общей прочности выводит корабль из строя. Местные разрушения борта или днища уменьшают общую прочность корабля, но не приводят к потере общей прочности.

На тихой воде для корабля в целом его сила тяжести  $P = m_k g$  уравновешивается силой поддержания  $D = \gamma V$ . Однако в каждом поперечном сечении элементарная сила тяжести  $P_i = m_i g$  не равна элементарной силе поддержания  $d_i = \gamma V_i$ .

Из-за этого корпус корабля испытывает изгиб, а в поперечных сечениях корпуса появляются перерезывающие силы, стремящиеся сместить одно сечение относительно другого. Характер изменения изгибающих моментов  $M_{т,в}$  и перерезывающих сил  $N_{т,в}$  по длине корабля показан на рис. 3.3.

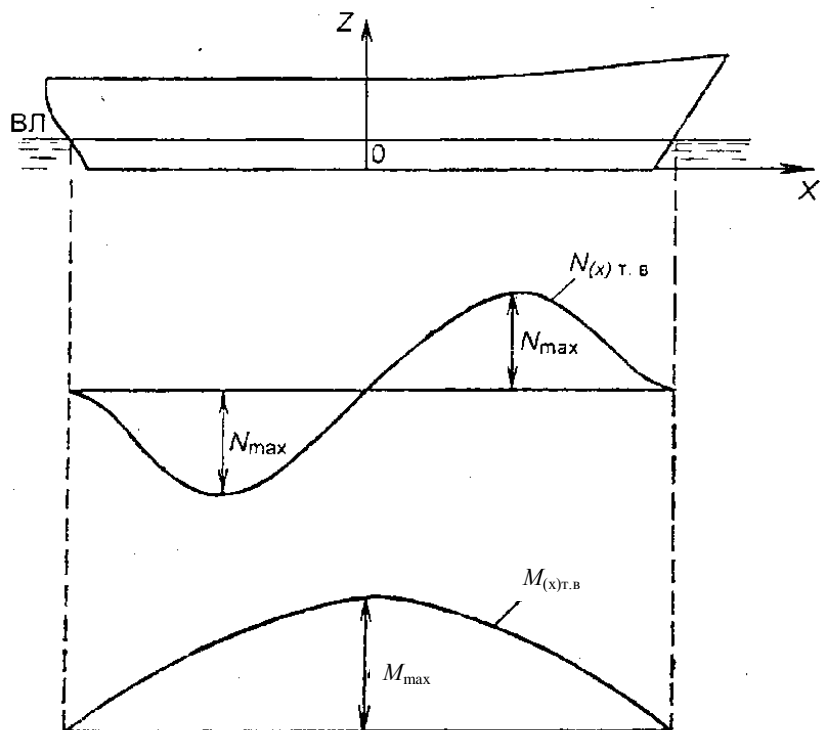


Рис. 3.3. Кривые перерезывающих сил и изгибающих моментов для корабля на тихой воде

Максимальное значение изгибающего момента приходится примерно на середину длины корабля, а наибольшие значения перерезывающих сил – примерно на  $1/4$  длины от оконечностей. Корабль при плавании на волнении получает дополнительные изгибающие моменты  $M_{доп}$  и перерезывающие силы  $N_{доп}$  из-за искривления ватерлинии.

Наибольших значений они достигают тогда, когда корабль находится на вершине или подошве волны, а длина волны  $\lambda$  равна длине корабля  $L$ . Высота волны принимается равной  $1/20$  ее длины, что перекрывает среднюю высоту реально встречающихся морских волн. Положения корабля на волне показаны на рис. 3.4.

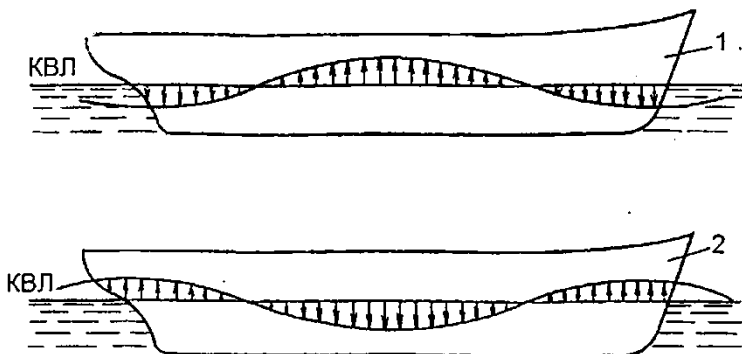


Рис. 3.4. Распределение нагрузки по длине корабля на волне

При положении корабля на вершине волны палуба растягивается, а днище сжимается. Такая деформация называется перегибом (1).

При положении корабля на подошве волны растягивается днище, а сжимается палуба. Такая деформация называется прогибом (2).

$M_{\text{доп}}$  и  $N_{\text{доп}}$  в три-четыре раза больше, чем  $M_{\text{т.в}}$  и  $N_{\text{т.в}}$ .

Изгибающий момент  $M_{\text{дин}}$  и перерезывающая сила  $N_{\text{дин}}$  от динамического воздействия волн учитываются отдельно. Они зависят от скорости корабля, курсового угла относительно волны и формы носовой оконечности. При острой форме носовых шпангоутов удары волн меньше, при катерных формах динамические нагрузки от слеминга достигают больших значений. При больших скоростях корабля они могут достичь опасных значений и вызвать его перелом. Поэтому корабли при большом волнении не могут ходить полным ходом. Они также должны выбирать соответствующий курсовой угол по отношению к направлению волн.

### 3.3. Системы набора корпуса

**Набором корпуса** корабля называется система взаимного расположения в данной конструкции балок набора одного направления относительно балок другого направления и расположения тех и других относительно длины корабля. Те балки, число которых в перекрытии больше, называются *балками главного направления* (БГН). Балки, перпендикулярные БГН, являются *перекрестными связями* (ПС).

Порядок расположения БГН определяет систему набора корпуса корабля. Если БГН в пределах перекрытия расположены вдоль корабля, то система набора перекрытия называется *продольной* (рис. 3.5), а если поперек – *поперечной* (рис. 3.6). На некоторых кораблях одна часть перекрытий выполняется по продольной системе набора, другая – по поперечной. В таком случае говорят, что корпус выполнен по *смешанной* системе набора (рис. 3.7).

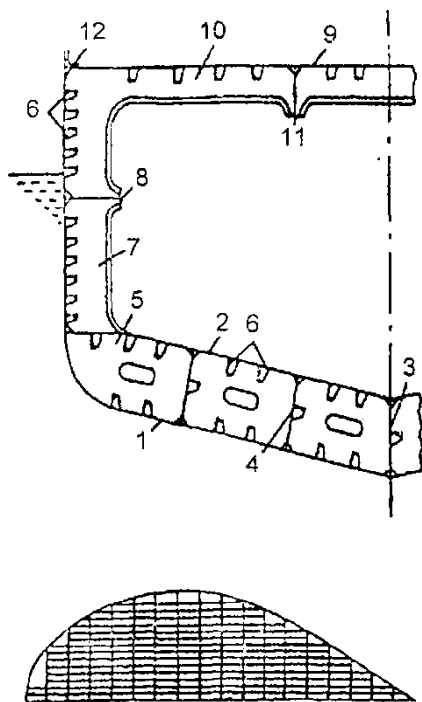


Рис. 3.5. Схема набора днища и конструктивный мидель-шпангоут корабля, набранного по продольной системе набора: 1 – наружная обшивка; 2 – настил второго дна; 3 – вертикальный киль; 4 – стрингер; 5 – флор; 6 – продольные ребра жесткости; 7 – рамная бортовая стойка; 8 – бортовой стрингер-шельф; 9 – настил палубы; 10 – рамный бимс; 11 – карлинг; 12 – стрингерный угольник

Наибольшее распространение получила продольная система набора корпуса. Она дает возможность рациональнее использовать материал с точки зрения обеспечения общей продольной прочности.

*Днищевые перекрытия* состоят из наружной обшивки, настила второго дна, вертикального киля, непрерывных стрингеров, флоров,

разрезаемых на стрингерах и вертикальном киле. Вдоль наружной обшивки, настила второго дна и стенок стрингеров ставят непрерывные продольные ребра жесткости.

*Борт* состоит из наружной обшивки, рамных бортовых стоек, бортового стрингера и продольных ребер жесткости. Рамные бортовые стойки таврового профиля, они разрезаются на продольных ребрах жесткости. Бортовой стрингер, как правило, сварного таврового профиля.

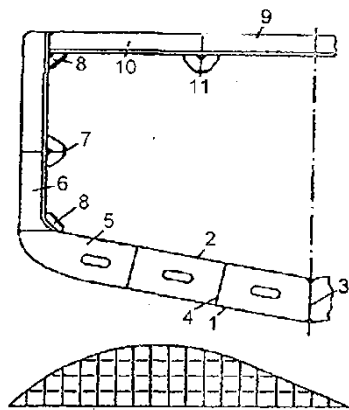


Рис. 3.6. Схема набора днища и конструктивный мидель-шпангоут корабля, набранного по поперечной системе: 1 – наружная обшивка; 2 – настил второго дна; 3 – вертикальный киль; 4 – стрингер; 5 – флор; 6 – бортовая шпангоутная стойка; 7 – бортовой стрингер; 8 – кница; 9 – палубный настил; 10 – бимс; 11 – карлинг

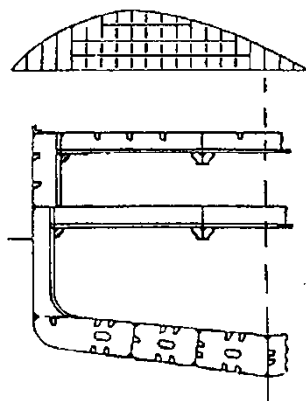


Рис. 3.7. Схема набора днища и конструктивный мидель-шпангоут корабля,

набранного по смешанной системе

*Верхняя палуба* представляет собой палубный настил, подкрепляемый рамными бимсами, продольными ребрами жесткости и карлингсами.

Рамный бимс плавно переходит в рамную бортовую стойку. Рамный бимс, бортовая стойка и флор располагаются в одной плоскости, образуя *шпангоутную раму*. Расстояние между шпангоутными рамами называют *шпацией*.

Отличительные особенности продольной системы набора:

- сравнительно большая шпация (1500...3000 мм);
- днищевые стрингеры – непрерывные, флоры разрезаются на стрингерах;
- большое число продольных ребер жесткости с расстоянием между ними 240...450 мм;
- общая продольная прочность обеспечивается наружной обшивкой, настилом второго дна, вертикальным килем, стрингерами, карлингсами и ребрами жесткости.

Поперечная система набора широко применяется на малых кораблях, судах вспомогательного флота ВМФ.

*Днище* при поперечной системе набора корпуса состоит из наружной обшивки, настила второго дна, вертикального кия, стрингеров и флоров. Стрингеры выполняются разрезными, они прерываются на флорах и служат для придания жесткости флорам, наружной обшивке и настилу второго дна. *Борт* состоит из наружной обшивки, бортовых стоек (шпангоутов), бортового стрингера.

Шпангоуты соединяются с настилом второго дна кницами. Бортовой стрингер размещается в районе действующей ватерлинии, делается разрезным на поперечных переборках и служит для разнесения на шпангоуты сосредоточенных усилий, воздействующих на борт. Иногда бортовой стрингер выполняется из усиленного профиля и служит промежуточной опорой для шпангоутов, называясь в этом случае стрингером-шельфом.

*Верхняя палуба* состоит из настила, бимсов и карлингса. Для более жесткого соединения палубного перекрытия с бортовым устанавливается кница. Палубный настил присоединяется к бортовой обшивке угольником. Поперечный набор составляют следующие связи: флоры, бимсы, шпангоутные стойки. Эти балки располагаются в одной плоскости, образуя шпангоутную раму. Продольный набор составляют стрингеры, карлингс и вертикальный киль.

Характерные черты поперечной системы набора:



- сравнительно короткая конструктивная шпация (500...900 мм);
- стрингеры разрезные на шпангоутах;
- общая продольная прочность обеспечивается непрерывным на всем протяжении вертикальным килем, настилом верхней палубы и второго дна, наружной обшивкой.

Достаточно редко встречается смешанная система набора корпуса (см. рис. 3.7). Эта система набора использовалась для строительства корпусов кораблей до Второй мировой войны как в нашей стране, так и за рубежом (у нас это лидеры эсминцев, крейсер «Киров» и др.). По этой системе перекрытия днища и верхняя палуба в средней части корабля выполняются по продольной системе набора, а в оконечностях – по поперечной.

Рассмотрим основные связи набора корпуса корабля (рис. 3.8).

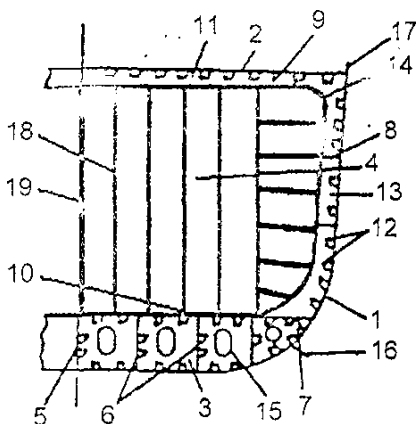


Рис. 3.8. Мидель-шпангоут боевого корабля: 1 – наружная обшивка; 2 – верхняя палуба; 3 – междудонное пространство; 4 – поперечная переборка; 5 – вертикальный киль; 6 – днищевые стрингеры; 7 – скуловой стрингер; 8 – бортовой стрингер; 9 – палубный стрингер; 10 – настил второго дна; 11 – бимс; 12 – ребра жесткости; 13 – шпангоут; 14 – бимсовая кница; 15 – пронцаемый флор; 16 – боковой киль; 17 – фальшборт; 18 – стойки поперечной переборки; 19 – доковая стойка

*Киль* – одна из основных продольных связей корпуса, обеспечивающая продольную прочность корабля. Он расположен в днищевой части в диаметральной плоскости корабля от форштевня до ахтерштевня.

Киль представляет собой балку, состоящую из вертикального ки-

ля, к нижней кромке которого приваривается горизонтальный киль, являющийся в то же время и листом наружной обшивки, а к верхней части – настил второго дна. Высота и толщина стального листа вертикального килля меняются по длине корабля, достигая наибольшего значения в средней части.

*Стрингеры* – продольные связи набора корпуса, которые идут по днищу и бортам перпендикулярно к наружной обшивке и обеспечивают продольную прочность корабля. В зависимости от места расположения их называют днищевыми или бортовыми. Крайний днищевый стрингер, проходящий в районе скулы и ограничивающий второе дно по ширине корабля, называют скуловым стрингером. Стрингеры часто усиливают ребрами жесткости полособульбового профиля.

*Ребра жесткости* предназначены для увеличения жесткости листов обшивки, настила палуб, платформ, второго дна и связей набора: килля, стрингеров, флоров.

*Карлингсы* – подпалубные продольные связи, предназначенные для обеспечения продольной прочности, соединения и поддержания бимсов в местах вырезов.

*Бимсы* – связи подпалубного набора, воспринимающие усилия от действия поперечных сил и соединяющие ветви шпангоутов правого и левого бортов.

*Шпангоуты* – поперечные связи набора корпуса корабля. Они проходят в районе днищевой части и бортов. К шпангоутам крепятся листы наружной обшивки. Наибольшие нагрузки испытывает днищевая часть шпангоута. Поэтому она усиливается вертикально расположенным стальным листом, называемым флором. Флоры бывают проницаемые и непроницаемые, т.е. с вырезами (лазами) и без них.

*Кницы* – косынки из листовой стали, служащие для соединения между собой связей набора корпуса, идущих под углом друг относительно друга.

*Пиллерсы* – вертикальные стойки междупалубного пространства. Они устанавливаются при больших ширине и длине отсеков для создания промежуточных опор рамным бимсам и карлингсам. Пиллерсы выполняются постоянными или съемными.

*Наружной обшивкой корпуса* называется водонепроницаемая оболочка, отделяющая внутренний объем корабля от воды и обеспечивающая общую и местную прочность корпуса. Наружная обшивка корпуса состоит из стальных листов, расположенных в днищевой части и по бортам. Ряд листов наружной обшивки, соединяющихся

между собой короткими сторонами, называется *поясом*. Швы, соединяющие листы одного пояса, называются стыками, а листы смежных поясов – *пазами*. Каждый лист имеет две стыковые и две пазовые кромки.

Пояса обшивки в зависимости от расположения по периметру называются: 1) килевыми; 2) днищевыми; 3) скуловыми; 4) бортовыми; 5) ледовыми; 6) ширстречными. Толщина листов наружной обшивки по длине корабля и поперечному сечению не одинакова. К носовой и кормовой оконечностям толщина листов уменьшается. Наиболее толстыми делаются килевые пояса и ширстрек, так как они выдерживают наибольшие напряжения при деформациях перегиба и прогиба корпуса корабля. Килевые пояса также воспринимают большую нагрузку при доковании. Утолщенным выполняется ледовый пояс, который подвергается усиленной коррозии в результате поочередного соприкосновения с воздухом и водой. Для обеспечения местной прочности листы обшивки делают утолщенными в районе якорных клюзов, вокруг вырезов для патрубков насосов, кингстонов и в других местах.

## 4. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ КОРАБЛЯ

### 4.1. Назначение и состав корабельных энергетических установок

Идея применения тепловых двигателей для движения кораблей возникла еще в XVIII в., однако на практике она была реализована лишь в начале XIX в. Россия всегда была в числе передовых стран в области создания тепловых двигателей и их использования в корабельных энергетических установках (КЭУ). В 1817 г. на Ижорском заводе был построен первый отечественный паровой военный корабль «Скорый». В течение XIX в. тепловые двигатели полностью вытеснили паруса и стали основной силой, приводящей корабли в движение.

*Энергетической установкой корабля* называется комплекс машин, механизмов, систем и устройств, с помощью которых энергия топлива преобразуется в тепловую, механическую и электрическую энергии.

Основное назначение КЭУ – обеспечение движения корабля с заданной скоростью и его маневрирования. Кроме того, она предназна-

чена для снабжения корабля электроэнергией и паром в боевой и повседневной деятельности.

Состав КЭУ:

- *главная энергетическая установка (ГЭУ)*, обеспечивающая движение и маневрирование корабля;
- *электроэнергетическая установка (ЭЭУ)*, обеспечивающая электроэнергией всех потребителей на корабле;
- *вспомогательная установка (ВУ)*, обеспечивающая корабль электроэнергией и паром на стоянке, а также ввод в действие ГЭУ и ее вывод;
- *независимые механизмы, системы и трубопроводы, механизмы общекорабельного назначения*, обеспечивающие работу ГЭУ, связывающие ее основные элементы, поддерживающие работу общекорабельных систем.

Рассмотрим подробнее составные части КЭУ. Основным элементом энергетической установки корабля – ГЭУ. Конструктивно ее тип определяется родом главного двигателя и производителем рабочего тела. В качестве главного двигателя на кораблях применяются паровые и газовые турбины, дизели и электродвигатели. Производителями рабочего тела являются паровые котлы и атомные реакторы, а также сам главный двигатель (газотурбинный, дизель). На современных надводных кораблях используются следующие типы главных энергетических установок:

- котлотурбинные энергетические установки (КТЭУ);
- ядерные энергетические установки (ЯЭУ);
- газотурбинные энергетические установки (ГТЭУ);
- дизельные энергетические установки (ДЭУ);
- комбинированные энергетические установки.

Тип корабельной энергетической установки в целом обусловлен типом главной энергетической установки. Тип и состав ГЭУ определяется при проектировании корабля в зависимости от решаемых кораблем задач, района плавания, автономности, водоизмещения и экономических показателей.

Электроэнергетическая установка состоит из генераторов электроэнергии, распределительных устройств, средств канализации электроэнергии, систем автоматики и контроля. В качестве приводов генераторов используются паровые, или газовые турбины (ТГ, ПТ), или дизели (ДГ).

Вспомогательная установка состоит, как правило, из парового

котла небольшой производительности с обслуживающими его механизмами, стояночного турбогенератора или дизель-генератора. К независимым механизмам, системам, механизмам общекорабельного назначения относятся пожарные турбо- и электронасосы, компрессоры воздуха высокого давления (ВВД), успокоители качки, турбо- и электровентильаторы, испарительная установка и т.д.

## 4.2. Требования, предъявляемые к энергетическим установкам

Энергетические установки корабля должны отвечать ряду требований, которые обычно оговариваются в тактико-техническом задании (ТТЗ) на проектирование корабля. Требования к ним более жесткие, чем к береговым ЭУ, что объясняется особенностями их эксплуатации и боевого использования.

К КЭУ предъявляются следующие требования:

- *по мощности.* Установка должна иметь достаточную мощность для обеспечения заданных скоростей хода (см. подразд. 1.1);

- *по маневренности.* Установка должна обладать высокими маневренными качествами. Они характеризуются временем приготовления установки к действию; временем дачи реверса (заднего хода);

- *по надежности.* **Надежность** – способность установки безотказно функционировать при нормальных условиях эксплуатации в течение заданного времени с вероятностью безотказной работы не ниже 0,98. Обеспечивается конструкцией установки, уровнем ее автоматизации и обученностью личного состава;

- *по живучести.* **Живучесть** – способность установки противостоять боевым и аварийным повреждениям. Это требование обеспечивается главным образом двойным или тройным резервированием технических средств;

- *по массогабаритным показателям.* Они должны быть по возможности минимальными для освобождения объемов под системы оружия и основные запасы;

- *по экономичности.* Это требование характеризуется расходом топлива на единицу пути. При проектировании корабля его стараются сделать минимальным для данной энергетической установки;

- *по скрытности.* **Скрытность** – способность корабля быть незаметным для средств технического и зрительного наблюдения противника. Это тактическая характеристика корабля. Для энергетической установки скрытность обозначает минимальные значения пара-

метров акустического и теплового полей.

Наряду с перечисленными требованиями общего характера, к КЭУ могут быть предъявлены отдельные специальные требования, определяемые назначением корабля. Так, например, к ЭУ противолодочных кораблей предъявляется требование по обеспечению малошумного хода во время работы гидроакустических станций (ГАС) в режиме поиска ПЛ.

Не все требования общего характера могут быть выполнены полностью, так как некоторые из них противоречат друг другу. Например, уменьшение массы установки при заданной мощности связано с увеличением тепловых и механических напряжений в главных двигателях, что приводит к снижению их надежности. Поэтому в процессе проектирования корабля для него создают оптимальный вариант энергетической установки.

Выбор типа энергетической установки определяется назначением и тактико-техническими элементами (ТТЭ) корабля. Существует большое количество классов и подклассов кораблей с различными ТТЭ, поэтому при проектировании выбирают наиболее оптимальный вариант для данного проекта корабля.

### **4.3. Состав и принцип действия основных типов ЭУ**

*Котлотурбинной энергетической установкой* называется ЭУ, работающая на органическом топливе и обеспечивающая движение корабля с помощью паровых турбин. КТУ – наиболее распространенный тип ЭУ на флоте.

Состав КТЭУ:

- *главная котельная установка* – обеспечивает паром паротурбинную установку и вспомогательные механизмы;
- *паротурбинная установка* – преобразует тепловую энергию пара в механическую работу;
- *главная конденсационная установка* – конденсирует отработавший пар, поступающий от главных турбин, вспомогательных турбомеханизмов и теплообменных аппаратов;
- *вспомогательные механизмы, аппараты и трубопроводы* – обслуживают КТЭУ.

Первый отечественный паровой военный корабль «Скорый» с гребными колесами и паровой машиной мощностью 30 л.с. был построен в 1817 г. В 30-х гг. XIX столетия в европейских странах и США началось строительство паровых кораблей с лопастными греб-

ными колесами, несущих одновременно и паруса. Эти корабли получили название пароходофрегат. Основным двигателем на них еще оставались паруса. С созданием во второй половине XIX в. гребных винтов стали строиться винтовые паровые корабли различных классов. Уже к концу века паровые корабли полностью вытеснили парусные. В качестве двигателей на них использовались паровые машины поршневого типа, производителем рабочего тела (водяного пара) являлись котлы на угле.

В конце XIX в. появились первые промышленные образцы двигателей нового типа. В 1883 г. шведский инженер Лаваль и в 1884 г. английский инженер Парсонс создали паровые турбины. Первый турбинный корабль русского флота «Ласточка» был построен в 1904 г., а уже в 1912 г. был спущен на воду самый быстроходный, уникальный для своего времени корабль – эсминец «Новик». На нем впервые на российском флоте для котлов было использовано жидкое топливо – мазут, мощность турбинной установки составляла 40 000 л.с. На ходовых испытаниях «Новик» развил небывалую по тем временам скорость – 37,3 узла. В 20–30-е гг. XX столетия паровые машины вследствие их малой мощности и экономичности были заменены паровыми турбинами. В качестве топлива в котлах стали использовать мазут, который принудительно впрыскивался в топку котла через форсунки. В дальнейшем развитие КТЭУ шло за счет усовершенствования котлов, турбин, механизмов и обслуживающих их систем.

Рассмотрим состав КТЭУ и принцип ее действия (рис. 4.1).

Тепловая схема КТЭУ представляет собой круговой замкнутый процесс движения пара и конденсата. Рабочим телом является водяной пар, полученный из воды с соблюдением определенных требований по чистоте.

Основной главной котельной установкой является паровой котел (К). Это теплообменный аппарат, производящий водяной пар за счет тепловой энергии органического топлива, сгорающего в топке котла. Первоначально на флоте применяли огнетрубные котлы, где вода и пароводяная смесь двигались снаружи труб, а газы – внутри них. Но затем перешли на водотрубные котлы, где вода и пароводяная смесь движутся внутри труб, а газы омывают их снаружи. Водотрубные котлы по сравнению с огнетрубными позволяют получать пар более высоких параметров, имеют меньшие габариты и более экономичны. В составе корабельных КТЭУ в настоящее время применяют водотрубные котлы высокого давления с естественной циркуляцией воды

и пароводяной смеси и компрессорным наддувом (принудительная подача воздуха в топку котла). Такие котлы называют высоконапорными.

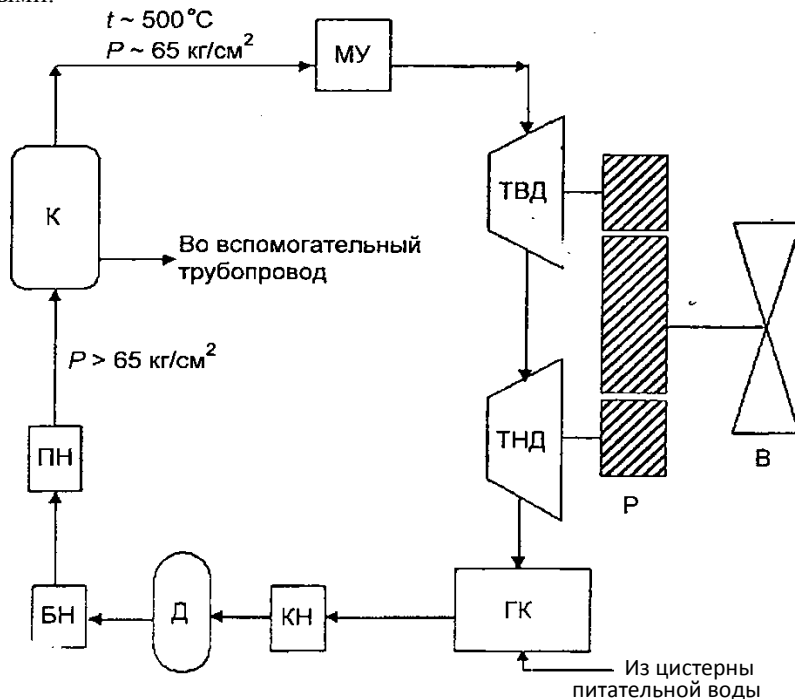


Рис. 4.1. Котлотурбинная энергетическая установка

Паротурбинная установка (ПТУ) служит для преобразования потенциальной энергии пара в механическую энергию гребного вала. Она состоит из паровых турбин, редукторов (Р), систем, устройств и вспомогательных механизмов. На большинстве котлотурбинных кораблей турбины выполняются двухкорпусными, т.е. с двумя многоступенчатыми турбинами: турбиной высокого давления (ТВД) и турбиной низкого давления (ТНД), что повышает экономичность ЭУ. Задний ход обеспечивает турбина заднего хода (ТЗХ), конструктивно расположенная в средней части ТНД на одном валу с ней.

Главная конденсационная установка состоит из главного конденсатора (ГК) – теплообменного аппарата, где отработавший в турбинах пар, соприкасаясь с наружной поверхностью трубок, через которые прокачивается забортная вода, и охлаждаясь, превращается в воду



(конденсат).

К вспомогательным механизмам и аппаратам, обслуживающим КТЭУ, относятся деаэратор (Д), турбо- и электронафтные насосы, питательный (ПН), конденсатный (КН) и бустерный насосы (БН), маневровое устройство (МУ) и др.

От парового котла перегретый пар, полученный из питательной воды, давлением около  $65 \text{ кг/см}^2$  и температурой около  $500 \text{ }^\circ\text{C}$  поступает в главный и вспомогательный трубопроводы. По главному трубопроводу пар через маневровое устройство, регулирующее направление и количество поступающего в ПТУ пара, поступает к ТВД и ТНД или к ТЗХ. Отработавший пар от паровых турбин поступает в ГК. В конденсаторе отработавший пар омывает трубки, внутри которых прокачивается забортная вода, охлаждается и конденсируется. Конденсат из нижней части ГК откачивается КН и подается в деаэратор. В деаэраторе конденсат подогревается и разбрызгивается, в результате чего из него выделяется воздух, содержащий кислород. Это способствует уменьшению коррозии внутренних поверхностей котлов и трубопроводов. Из деаэратора питательная вода, в которую превратился освобожденный от кислорода воздуха конденсат, откачивается БН. Этот насос повышает давление питательной воды и подает ее к ПН. Питательный насос, в свою очередь, повышает давление питательной воды до значения, превышающего давление пара и пароводяной смеси в котле. Питательная вода под давлением больше  $65 \text{ кг/см}^2$  поступает в котел, чем обеспечивается естественная циркуляция пара и пароводяной смеси в котле. За счет тепловой энергии топлива, сжигаемого в топке котла, питательная вода испаряется и превращается в пар. Затем замкнутый круговой процесс движения пара и конденсата повторяется.

По вспомогательному трубопроводу перегретый пар поступает к паровым турбинам вспомогательных механизмов, от которых отработавший пар также сбрасывается в главный конденсатор. Утечка питательной воды пополняется автоматически специальными устройствами из цистерны котельной воды в главном конденсаторе.

Котлотурбинная ЭУ обладает определенными преимуществами по сравнению с другими типами энергоустановок: возможность получения больших мощностей, применение дешевого топлива (мазута), большой технический ресурс, малые вибрация и шумность во время работы. Вместе с тем КТЭУ свойственны и недостатки: относительно невысокий КПД (20...35%), значительная масса и большие габариты,

высокий расход топлива, жесткие требования к технике безопасности при эксплуатации из-за наличия большого количества трубопроводов с паром высоких параметров.

Котлотурбинные установки применяются в основном на тех кораблях, где требуются большие мощности и в то же время есть возможность возить с собой большое количество топлива, т.е. на авианосцах, крейсерах, ракетных кораблях.

**Ядерной энергетической установкой** называется установка, работающая по принципу преобразования внутриядерной энергии в механическую работу и включающая в свой состав ядерный реактор.

Состав ЯЭУ:

- паропроизводящая установка, предназначенная для образования водяного пара заданных параметров;
- паротурбинная установка, предназначенная для преобразования потенциальной энергии пара в механическую энергию вращения вала турбины.

Открытие ядерной энергии дало новый толчок развитию науки и техники. Эмигрировавший в США итальянский физик Энрико Ферми 2 декабря 1942 г. впервые осуществил управляемую цепную реакцию деления ядер урана. Уже в 1954 г. в США была спущена на воду и в 1955 г. успешно прошла ходовые испытания первая атомная подводная лодка «Наутилус». В России атомный реактор для нужд флота впервые применили в 1959 г., когда было построено первое в мире атомное судно – ледокол «Ленин». Ядерная энергетическая установка произвела революцию в кораблестроении, открыв широкую перспективу улучшения тактико-технических элементов ПЛ и НК.

Паротурбинная установка, входящая в состав ЯЭУ, аналогична паротурбинной установке, входящей в состав КТЭУ. Поэтому при рассмотрении принципа действия ЯЭУ подробнее остановимся на паропроизводящей установке.

Состав ППУ (рис. 4.2): ядерный реактор (ЯР), парогенератор (ПГ), циркуляционный насос (ЦН), компенсатор объема (КО) с реверсивными баллонами (РБ), фильтр очистки (Ф), трубопроводы и системы, обеспечивающие его работу.

Основной элемент ППУ – ядерный реактор. В нем протекает управляемая цепная реакция, т.е. самоподдерживающийся процесс деления ядер изотопов урана под действием нейтронов. Основными элементами реактора являются активная зона, отражатель нейтронов, стержни автоматического регулирования и защиты, биологическая защита.

ППУ – первый контур ЯЭУ, а ПТУ с обслуживающими механизмами и трубопроводами – второй. Помимо двух основных контуров существует еще третий контур, где циркулирует дистиллированная вода, обеспечивающая охлаждение биологической защиты, фильтров очистки ППУ, органов управления ЯЭУ и других приборов и механизмов. Вода третьего контура, в свою очередь, охлаждается в теплообменниках, через которые прокачивается заборная вода.

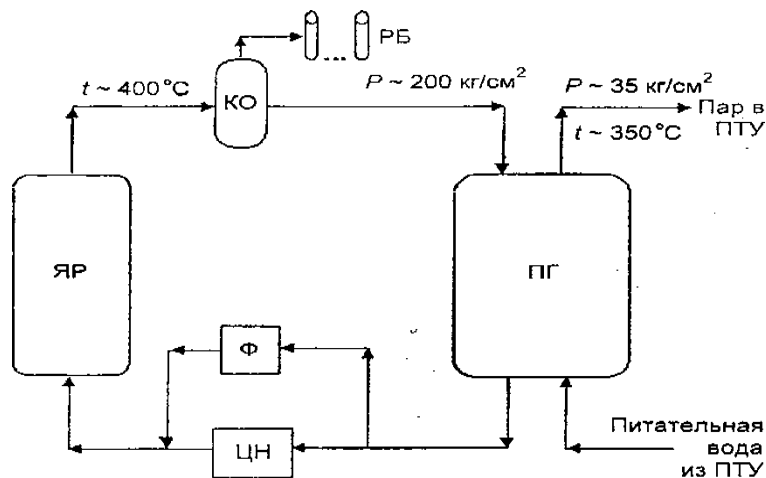


Рис. 4.2. Ядерная энергетическая установка

Цепная реакция деления ядер урана сопровождается выделением большого количества тепла, которое расходуется на нагревание теплоносителя – воды сверхвысокой чистоты, омывающей активную зону реактора. Теплоноситель первого контура переносит тепло из ЯР в ПГ, где отдает его рабочему телу второго контура. Из ПГ теплоноситель откачивается ЦН и снова поступает в ЯР. Часть теплоносителя непрерывно очищается в фильтре от радиоактивных ионов и механических примесей. В корабельных ЯЭУ в качестве теплоносителя и рабочего тела второго контура применяют воду высокой чистоты.

Теплоноситель нагревается в ядерном реакторе до 350...400 °С. Для удержания воды в жидком состоянии в первом контуре с помощью реверсивных баллонов, наполненных сжатым инертным газом, и связанного с ними компенсатора объема создают давление до 200 кг/см<sup>2</sup>.

Парогенератор представляет собой теплообменный аппарат, по

трубкам которого циркулирует нагретый в ядерном реакторе теплоноситель. Трубки омываются питательной водой, являющейся рабочим телом второго контура. Вода нагревается, превращаясь в пар с  $P \sim 35 \text{ кг/см}^2$  и  $t \sim 300 \dots 350 \text{ }^\circ\text{C}$ . Полученный пар отправляется в ПТУ и на вспомогательные механизмы и системы. Отработавший пар сбрасывается в главный конденсатор, где конденсируется. Образовавшаяся питательная вода питательным насосом подается опять в парогенератор.

По сравнению с другими энергоустановками, ЯЭУ значительно увеличивают боевую эффективность кораблей, так как имеют ряд достоинств: обеспечивают практически неограниченную дальность плавания, не требуют больших запасов топлива (1 г  $^{235}\text{U}$  выделяет такое же количество тепловой энергии, какое выделяется при сжигании 1,67 т мазута), не требуют воздуха для своей работы. Наряду с достоинствами у ЯЭУ имеется и ряд недостатков: большая масса биологической защиты (около 40% от массы всей установки), малый КПД (около 20%), сложность систем ЯЭУ, высокая стоимость постройки и эксплуатации.

ЯЭУ используют в основном в тех областях, где наиболее полно проявляются их преимущества перед традиционными типами энергетических установок, т.е. на подводных лодках и крупных военных кораблях.

**Газотурбинной энергетической установкой** называется энергоустановка, работающая на органическом топливе и приводящая корабль в движение с помощью газотурбинных двигателей (ГТД). ГТУ состоит из одного-двух главных турбозубчатых агрегатов (ГТЗА), систем, их обслуживающих, и валопроводов. ГТЗА включает в себя один-два ГТД и зубчатую передачу (главный редуктор).

Первый проект ГТД разработал инженер-механик русского флота Кузьминский еще в 1892 г. Однако уровень развития промышленности того периода не позволил построить такую установку. Строительство ГТД началось только в конце 30-х гг. XX в., а их интенсивное применение на кораблях – только после Второй мировой войны. Первое в России судно с ГТУ «Парижская коммуна» было построено в 50-х гг. (сухогруз,  $D = 4300 \text{ т}$ ). На военных кораблях сначала использовали авиационные ГТД в качестве форсажных двигателей. В 50-е гг. в результате прогресса в газотурбостроении в сравнительно короткий срок характеристики авиационных ГТД были улучшены и приспособлены к использованию в морских условиях. Это дало возможность оснастить корабли полностью газотурбинной установкой. Первым военным кораблем с ГТУ был ВПК 2-го ранга (проект 61), построен-

ный в 1961 г. на заводе им. 61-го Коммунара в г. Николаеве. В настоящее время многие корабли российского флота оснащены полностью газотурбинными энергоустановками.

Газотурбинный двигатель – это двигатель внутреннего сгорания ротативного типа, в котором тепловая энергия предварительно сжатого и нагретого газа преобразуется в механическую работу на валу газовой турбины. На НК устанавливаются ГТД открытого типа (рабочий процесс начинается и заканчивается в атмосфере).

Работу ГТУ обеспечивают топливная и масляная системы, система сжатого воздуха и системы, непосредственно входящие в состав ГТД (масляная, топливная, управления и защиты, охлаждения, суфлирования, дренажная, сжатого воздуха). Схема работы классического ГТД следующая (рис. 4.3).

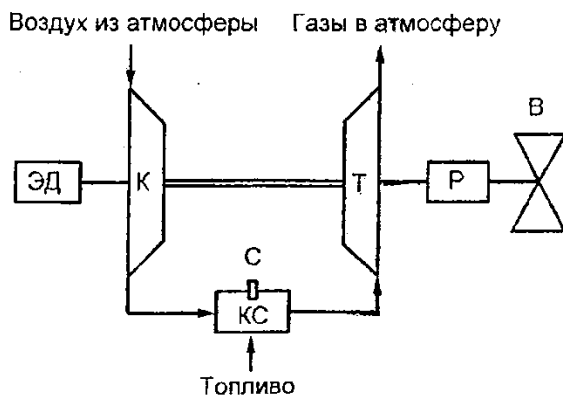


Рис. 4.3. Схема работы ГТД

Пусковым электродвигателем (ЭД) в действие приводится компрессор (К), который засасывает атмосферный воздух, сжимает его и направляет в камеру сгорания (КС). Сжатый воздух в камере сгорания смешивается с предварительно подогретым до 120...140 °С топливом, образуя горючую смесь, которая воспламеняется от свечи калильного типа (С). Топливо распыляется в камере сгорания форсункой с механическим распылом центробежного типа. Образовавшиеся в результате сгорания горючей смеси газы поступают в проточную часть газовой турбины (Т), где расширяются и совершают работу. Как только газовая турбина начинает работать, пусковой электродвигатель отключается, и в дальнейшем компрессор работает за счет турбины. Для

улучшения сгорания и повышения экономичности воздух после компрессора подогревается в регенераторе теплом отработавших газов. Турбина через редуктор (Р) и валопровод передает усилие винту (В).

Широкое применение ГТУ на кораблях долгое время сдерживалось их относительно малым моторесурсом и резким снижением экономичности на частичных нагрузках. К недостаткам ГТУ можно отнести также малую акустическую и тепловую скрытность.

Неоспоримые преимущества ГТУ – малые масса и габариты, компактность конструкции, хорошие маневренные качества, относительно большая агрегатная мощность, простота кинематической схемы, надежность работы, достаточно высокий КПД (около 35...40%), высокая степень автоматизации и дистанционного управления. ГТУ целесообразно применять на кораблях, требующих высоких маневренных характеристик и достаточно больших мощностей. Это в основном противолодочные и сторожевые корабли. В последние годы флоты ряда государств пополнились газотурбинными кораблями большого водоизмещения, например: английские авианосцы типа «Инвизибл» и итальянский «Джузеппе Гарибальди». ГТУ в настоящее время наиболее перспективна по сравнению с ЭУ других типов, так как имеет большие возможности дальнейшего развития.

**Состав и принцип действия дизельной энергетической установки.** *Дизельная энергетическая установка* (ДЭУ) работает на органическом топливе и предназначена для обеспечения движения корабля с помощью дизеля. В состав ДЭУ входят дизель, системы, его обслуживающие, валопроводы.

Дизель – двигатель внутреннего сгорания (ДВС) поршневого типа с самовоспламенением топлива от сжатия. Он назван в честь немецкого инженера Рудольфа Дизеля, который изобрел его в 1897 г. Первые в мире суда с дизельными двигателями были построены в России в 1903 г. Это были танкеры «Вандал» и «Сармат». В 1908 г. завод «Русский дизель» создал первые в мире реверсивные дизели для подводной лодки «Минога». На надводных кораблях дизели впервые были установлены тоже в России – на тральщике «Шквал» и канонерской лодке «Карс». В развитии морского дизелестроения Россия к началу Первой мировой войны опередила страны Западной Европы и США более чем на пять лет. В дальнейшем дизелестроение в нашей стране успешно развивалось и совершенствовалось, а дизели широко использовались на кораблях различных классов. В настоящее время они применяются на боевых кораблях и вспомогательных судах ВМФ в качестве главных двигателей и дизель-генераторов. Санкт-Петербур-

бург является флагманом отечественного дизелестроения. На двух предприятиях города – «Русский дизель» и «Звезда» – создаются дизели для военных кораблей и гражданских судов.

Работает дизель следующим образом: воздух подается нагнетателем в цилиндр дизеля, с помощью поршня воздух в цилиндре сжимается до давления 35...50 кг/см<sup>2</sup>, а его температура повышается до 600...800 °С. В конце хода сжатия через форсунку в цилиндр дизеля впрыскивается распыленное дизельное топливо, которое, перемешиваясь с нагретым воздухом, самовоспламеняется и сгорает, образуя рабочее тело – газы с давлением 50...80 кг/см<sup>2</sup> и температурой 1600...1800 °С. Под действием расширяющихся газов поршень перемещается, совершая полезную работу. Эта работа с помощью кривошипно-шатунного механизма преобразуется в механическую энергию вращения гребного вала. Отработавшие газы через газоотводное устройство удаляются в атмосферу. В дальнейшем цикл повторяется.

Существуют ДЭУ с непосредственной редукторной или электрической передачей мощности на гребной винт.

К основным достоинствам ДЭУ относятся малые весовые и габаритные характеристики, высокая экономичность в широком диапазоне нагрузок, высокий КПД (до 50%), хорошие маневренные характеристики, практически немедленная готовность к действию, широкая возможность автоматизации. Достоинства ДЭУ определили область их использования – сторожевые и десантные корабли, катера, суда вспомогательного флота.

Недостатки ДЭУ – сравнительно небольшая агрегатная мощность, повышенная шумность и вибрация во время работы.

**Перспективы развития ГЭУ.** Корабль будущего должен обладать высокой боевой мощностью, скрытностью действия, высокой живучестью, большой дальностью плавания, что в немалой степени зависит от применяемых ЭУ. Большие надежды при усовершенствовании КЭУ возлагают на электродвижение. Благодаря электроприводу появляется возможность изменить местоположение гребных электродвигателей и тем самым пересмотреть архитектуру корабля вплоть до создания принципиально нового корпуса. Свобода размещения элементов ЭУ повысит живучесть, освободит дополнительные объемы под системы вооружений. Сокращение длины валолиний существенно уменьшит уровень шумов. Кроме того, электродвижение позволяет повысить энерговооруженность корабля (до 87% от общей мощности), что даст возможность использовать новые энергоемкие системы вооружений (лазерное, пучковое оружие, электромагнитные пушки), а

также сэкономить до 40% топлива.

Для повышения скрытности планируется использовать принудительное охлаждение выхлопных газов ЭУ, широко применять многоступенчатые амортизаторы и амортизирующие платформы, специальное покрытие подводной части корпуса. Высока вероятность замены традиционного винта на водометный движитель. В качестве приводного двигателя генераторов на первом этапе планируется использовать ГТД с утилизацией тепла.

## 5. ОБЩЕКОРАБЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ

### 5.1. Общекорабельные устройства

*Корабельными устройствами* называются комплексы механизмов, приспособлений и систем, предназначенных для придания кораблю необходимых маневренных и эксплуатационных качеств. Основные корабельные устройства на надводных кораблях: рулевое, якорное, швартовное, буксирное, катерное и шлюпочное, грузовое, успокоения бортовой качки, леерное, тентовое, устройство для приема и передачи топлива и грузов на ходу, а также спасательные средства. У различных классов кораблей перечисленные устройства могут использоваться в различной степени, а некоторые из них – совсем отсутствовать.

*Рулевое устройство* предназначено для обеспечения управляемости корабля. Потеря управляемости может привести корабль к серьезной аварии, а в боевых условиях – к гибели. Поэтому рулевое устройство – одно из важнейших устройств на корабле. Оно состоит из одного или нескольких рулей, рулевого привода, рулевой машины и системы управления рулевой машиной.

*Руль* является рабочей частью рулевого устройства, так как он непосредственно воспринимает гидродинамическое давление воды и обеспечивает тем самым поворот корабля в нужном направлении. Предельный угол перекладки руля на каждый борт составляет не более 30...35°, скорость перекладки – 2...3°/с.

*Рулевой привод* обеспечивает вращающий момент от рулевой машины на руль. Рулевые приводы могут быть механическими и гидравлическими. На современных кораблях наиболее широко применяются гидравлические приводы, отличающиеся плавностью действия и надежностью эксплуатации.

Неотъемлемая часть всякого рулевого привода – румпель, кото-



рый устанавливается непосредственно на баллер руля и обеспечивает его поворот в нужную сторону. Румпель может иметь форму сектора, стержня или поперечины.

*Рулевая машина* соединена непосредственно с рулевым приводом и вырабатывает усилие, необходимое для перекладки руля. Наиболее широко распространены на флоте электрические и электрогидравлические рулевые машины. Система управления рулевой машиной соединяет штурвальную тумбу внешнего поста управления с рулевой машиной, обычно находящейся в кормовой части корабля в так называемом румпельном отделении. Управляющие сигналы к рулевой машине могут передаваться механическим, электрическим и электрогидравлическим способами. Обычно на корабле три пульта управления рулем: основной – на ГКП, запасной – на ЗКП и аварийного управления рулем – непосредственно в румпельном отделении. В настоящее время большинство кораблей оборудованы системами автоматического управления, которые позволяют удерживать корабль на заданном курсе без вмешательства рулевого.

На рис. 5.1 представлена схема электрогидравлического рулевого устройства.

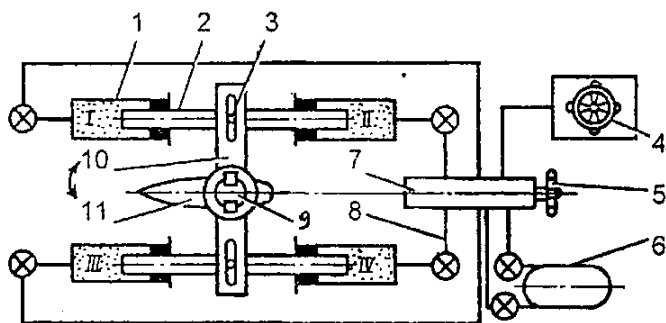


Рис. 5.1. Электрогидравлическое рулевое устройство: 1 – гидроцилиндр; 2 – плунжер; 3 – штырь; 4 – штурвал основного пульта управления; 5 – штурвал аварийного пульта управления; 6 – насос; 7 – трубопровод; 8 – золотниковое распределительное устройство; 9 – баллер; 10 – перо руля; 11 – двухплечий румпель

Принцип действия такого устройства заключается в следующем. Для обеспечения работы гидравлического привода насос переменной производительности создает в системе давление масла  $80 \dots 100 \text{ Н/см}^3$ , которое подается к золотниковому распределительному устройству.

При повороте штурвала основного пульта управления или штурвала аварийного пульта управления золотниковое распределительное устройство обеспечивает подачу масла гидравлики в гидроцилиндры. Так, например, при перекладке руля на левый борт масло гидравлики будет подаваться в I и IV гидроцилиндры, а при перекладке на правый борт – во II и III гидроцилиндры.

**Якорное устройство** (рис. 5.2) предназначено для постановки корабля на якорь, надежного удержания его на месте и для снятия с якоря. Оно расположено в носовой части корабля и состоит из якорей, якорных цепей и приспособлений для отдачи, подъема, крепления и хранения якорей и якорных цепей. Якоря обеспечивают прочную связь корабля с грунтом и создают сдерживающую силу. Каждый корабль имеет обычно два якоря, которые хранятся в якорных клюзах. Например, на эскадренном миноносце имеются два якоря массой 2250 кг каждый.

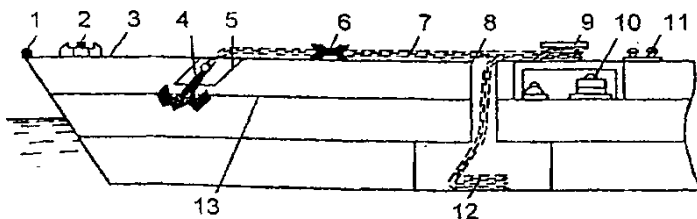


Рис. 5.2. Якорное устройство: 1 – носовой полуклюз; 2 – киповая планка; 3 – верхняя палуба; 4 – якорь; 5 – якорный клюз; 6 – стопор якорной цепи; 7 – якорная цепь; 8 – палубный клюз; 9 – якорно-швартовный шпиль; 10 – отделение якорно-шпильевых двигателей; 11 – кнехт; 12 – цепной ящик; 13 – нижняя палуба

Якорные цепи связывают якорь с кораблем. Они состоят из звеньев и изготавливаются отрезками, называемыми смычками. Длина смычки – 25...27 м. Вся цепь состоит из нескольких смычек и может достигать 200...300 м. Необходимо иметь в виду, что корабль будет надежно удерживаться на месте, если длина вытравленной якорной цепи составит примерно три глубины места якорной стоянки. Например, если глубина 80 м, то длина вытравленной якорной цепи должна быть не менее 240 м.

Якорные цепи хранятся в цепных ящиках. С кораблем якорная цепь соединяется с помощью специального устройства (жвака-галса), которое позволяет в случае экстренной надобности быстро отдать

конец якорной цепи. Крепление якорной цепи к корпусу при стоянке корабля на якоре и временное задержание ее при отдаче якоря производятся с помощью различных типов стопоров. Подъем якоря при съеме корабля с якоря осуществляется с помощью якорных шпилей. После подъема якорь втягивается в клюз и надежно закрепляется в нем походными стопорами.

**Швартовное устройство** предназначено для надежного удержания корабля на месте при стоянке его у стенки, причала или у борта другого корабля. Оно размещается на верхней палубе по бортам и состоит из швартовых кнехтов, киповых планок, тросовых отводов, швартовых клюзов, швартовых шпилей и тросовых вьюшек.

Швартовые тросы (канаты) обеспечивают закрепление (швартовку) корабля у места стоянки, они бывают стальные, пеньковые, капроновые и нейлоновые. Швартовые кнехты представляют собой парные чугунные или стальные тумбы с общей плитой (фундаментом), установленные на верхней палубе по бортам. Обычно на корабле две-три пары кнехтов. Киповые планки, тросовые отводы и швартовые клюзы обеспечивают направление тросов к кнехту или шпилью и предохраняют их от перетираания об острые края корпусных деталей.

Швартовые шпили служат для выбирания швартовых тросов при подтягивании корабля к месту стоянки или для обтягивания швартовов. Обычно на баке устанавливается якорно-швартовый шпиль, на юте – швартовый шпиль. Якорно-швартовый шпиль более мощный и имеет два барабана – цепной и швартовый, у швартового шпиля только один барабан – швартовый.

Тросовые вьюшки обеспечивают хранение швартовых тросов по-походному.

Корабль может швартоваться к стенке или причалу бортом или кормой. В последнем случае швартование производится с отдачей якоря.

**Буксирное устройство** предназначено для буксировки кораблей, не имеющих возможности двигаться самостоятельно, другими кораблями. Оно состоит из буксирных тросов (буксиров), устройств для закрепления буксирного троса на корабле, буксирных клюзов, киповых планок на носу и корме. Буксировка корабля может производиться носом и кормой. На тихой воде возможна буксировка «борт о борт». В этом случае для буксировки применяется швартовное устройство. В последнее время широко используется буксировка за

лапы якоря. При этом буксировочный трос огоном (петлей) надевается на лапы якоря, а якорная цепь подтравливается и берется на стопор. Можно буксировать и за два якоря.

**Катерное и шлюпочное устройство** предназначены для спуска, подъема, хранения и закрепления катеров и шлюпок по-походному. Корабельные катера и шлюпки предназначены для обеспечения связи корабля с берегом и другими кораблями при стоянке на рейде, для спасательных целей, для производства всевозможных работ, для практического обучения личного состава (шлюпки) и других целей. Шлюпки спускаются и поднимаются обычно шлюпбалками, а катера – грузовыми стрелами.

**Грузовое устройство** предназначено для механизации всевозможных погрузочно-разгрузочных работ, таких как прием и выгрузка боеприпасов, провизии, снабжения, спуск и подъем катеров и т.п. В качестве грузовых устройств на кораблях ВМФ наиболее широко распространены грузовые стрелы.

**Леерное устройство** обеспечивает защиту личного состава от случайного падения за борт. Оно состоит из стоек, поручней и ограждающих лееров – стальных тросов или прутков. На случай штормовой погоды и для удобства личного состава вдоль верхней палубы и в других местах могут выставляться штормовые леера и поручни.

**Тентовое устройство** устанавливается для защиты личного состава и надстроек, находящихся на открытых участках палубы, от солнца и атмосферных осадков. На военных кораблях тентовые устройства обычно съемные и устанавливаются только при стоянке на якоре или швартовах.

**Устройство для передачи и приема топлива и грузов на ходу** служит для пополнения запасов кораблей в море и увеличивает тем самым эффективность их боевого использования. Прием и передача грузов, топлива, а в отдельных случаях и личного состава производятся с помощью подвесных канатных дорог или вертолетов. При передаче топлива и грузов корабли могут следовать в кильватере (кильватерный способ) или находиться на траверзе друг у друга (траверзный способ). Скорость кораблей при приеме и передаче – 6...10 узлов, волнение моря не должно превышать 4 баллов.

**Спасательные средства** предназначены для спасения личного состава корабля. Количество и виды спасательных средств устанавливаются по нормам. Они делятся на коллективные (плоты, шлюпки,

катера) и индивидуальные (спасательные жилеты, пояса, нагрудники, спасательные буи). Количество спасательных средств устанавливается по числу личного состава плюс 5% запасных.

## 5.2. Общекорабельные системы

**Корабельными системами** называется совокупность специализированных трубопроводов, механизмов, аппаратов и приборов, предназначенных для выполнения определенных функций по обеспечению боевой и повседневной деятельности корабля, бытовых и хозяйственных нужд личного состава.

Корабельные системы играют важную роль в обеспечении жизнедеятельности корабля. С их помощью осуществляются борьба за непотопляемость корабля, тушение различных видов пожара, вентиляция корабельных помещений, снабжение личного состава питьевой и мытьевой водой и т.п. На современных кораблях корабельные системы представляют собой автоматизированные комплексы с дистанционным управлением и централизованной системой контроля.

По назначению и характеру выполняемых задач все системы корабля делятся следующим образом (рис. 5.3):

- общекорабельные системы (ОКС), обеспечивающие деятельность корабля в целом;
- специальные системы, обеспечивающие работу отдельных механизмов и устройств, энергетической установки или оружия.

Все общекорабельные системы по назначению и характеру выполняемых задач делятся:

- на трюмные системы;
- балластные системы;
- противопожарные системы;
- системы защиты от отравляющих, радиоактивных веществ и бактериологических средств (ОВ, РВ и БС);
- системы бытового обеспечения корабля пресной и забортной водой;
- системы отопления, хозяйственного пароснабжения и пропаривания;
- сточно-фановые системы;
- системы вентиляции и кондиционирования воздуха;
- холодильные системы.

По роду использования все корабельные системы делятся на две

группы – боевые и повседневные.

К числу боевых систем относятся трюмные, балластные, противопожарные, защиты от ОВ, РВ, БС.



Рис. 5.3. Классификация общекорабельных систем

К повседневным относятся системы бытового водоснабжения; отопления и хозяйственного пароснабжения, обогрева и пропаривания; вентиляции и кондиционирования, а также сточно-фановая холо-

дильная системы.

В зависимости от типа перемещаемой среды трубопроводы делятся на водопроводы, воздухопроводы, газопроводы, паропроводы.

В группу трюмных систем входят водоотливная, осушительная и перепускная системы, которые играют большую роль в обеспечении непотопляемости корабля.

**Водоотливная система** (рис. 5.4) предназначена для удаления из корабельных помещений большого количества воды, поступившей в корпус при его повреждении или в результате тушения пожара водой. Эта система состоит из водоотливных средств (насосов и эжекторов), приемных и водоотливных трубопроводов с арматурой, системы управления и приборов контроля. Производительность водоотливных средств – 50...350 м<sup>3</sup>/ч.

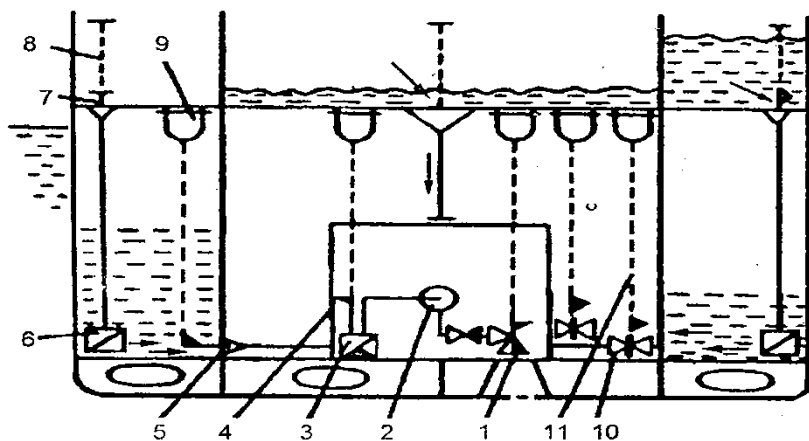


Рис. 5.4. Схема водоотливной и перепускной систем: 1 – отливной кингстон; 2 – погружной электронасос; 3 – приемный клапан с сеткой; 4 – насосная выгородка; 5 – перепускной клапан; 6 – невозвратный клапан; 7 – автоматический спускной клапан; 8 – ручной привод; 9 – палубная втулка; 10 – перепускной клинкет; 11 – валиковый привод

**Перепускная система** (см. рис. 5.4) обеспечивает перепуск и спуск воды из помещений, не имеющих осушительных или водоотливных средств, в соседние и ниже расположенные помещения, имеющие средства осушения или водоотлива.

**Осушительная система** (рис. 5.5) предназначена для периодического удаления небольшого количества воды, скапливающейся в

трюмах корабля, коффедрاماх и выгородках из-за мелких течей, отпотевания корпуса и т.п. В качестве осушительных средств обычно используются водоструйные эжекторы и электронасосы. Их производительность – 5...50 м<sup>3</sup>/ч. На малых кораблях осушительная система обычно совмещается с водоотливной.

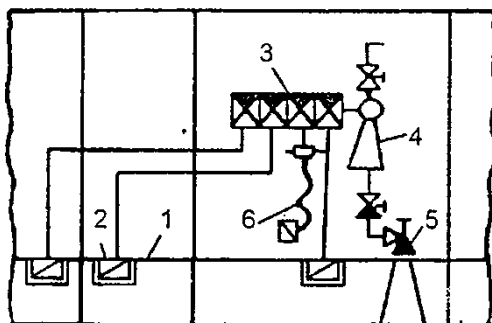


Рис. 5.5. Схема осушительной системы: 1 – сборный колодец; 2 – приемная сетка; 3 – клапанная коробка; 4 – эжектор; 5 – отливной кингстон; 6 – шланг

**Балластные системы** служат для перемещения водяного балласта или топлива в целях изменения осадки, дифферента и крена корабля. В группу балластных входят балластная, дифферентная и креновая системы. Они играют важную роль в обеспечении непотопляемости корабля, спрямляя его крен. На кораблях малого и среднего водоизмещения нет возможности устраивать специальные балластные, креновые и дифферентные цистерны. Их роль выполняют топливные цистерны, которые оборудуются системами затопления, осушения и перекачки топлива. В некоторых случаях предусматривается искусственное затопление каких-либо второстепенных помещений и кладовых в носу или корме для устранения дифферента.

**Системы пожаротушения** предназначены для обеспечения взрыво- и пожаробезопасности корабля. К ним относятся водяная противопожарная система, системы водораспыления, водяного орошения, затопления, водяных завес, пенотушения, жидкостного (химического) тушения, углекислотного тушения, паротушения. На кораблях всех классов системы пожаротушения широко применяются, однако не обязательно, чтобы каждый корабль имел все перечисленные системы.

На любом корабле имеется водяная противопожарная система



(ВППС), которая предназначена для подачи воды из-за борта для тушения пожара – это ее основная функция. Кроме того, ВППС используется для приведения в действие водоотливных и осушительных эжекторов, снабжения водой других систем, охлаждения вспомогательных механизмов и обеспечения бытовых корабельных нужд. В качестве пожарных насосов используются турбопожарные, электропожарные насосы и мотопомпы производительностью 50...250 м<sup>3</sup>/ч. Магистраль проложена вдоль всего корабля и имеет ответвления к пожарным кранам, эжекторам и другим потребителям.

**Система водораспыления** предназначена для тушения пожара жидкого топлива в машинно-котельных отделениях распыленной водой. Питание водой производится от ВППС. Системы водяного орошения предназначены для подачи воды из-за борта или из специальных цистерн к оросительным насадкам для тушения пожаров в хранилищах взрывчатых и легковоспламеняющихся веществ, а также для орошения боевых постов, шахт и сходов.

**Система орошения погребов боеприпасов** (рис. 5.6) предназначена для предупреждения и тушения пожара в погребах путем охлаждения боеприпасов. Система питается от ВППС, включается вручную и автоматически при повышении температуры в погребе до 72 °С.

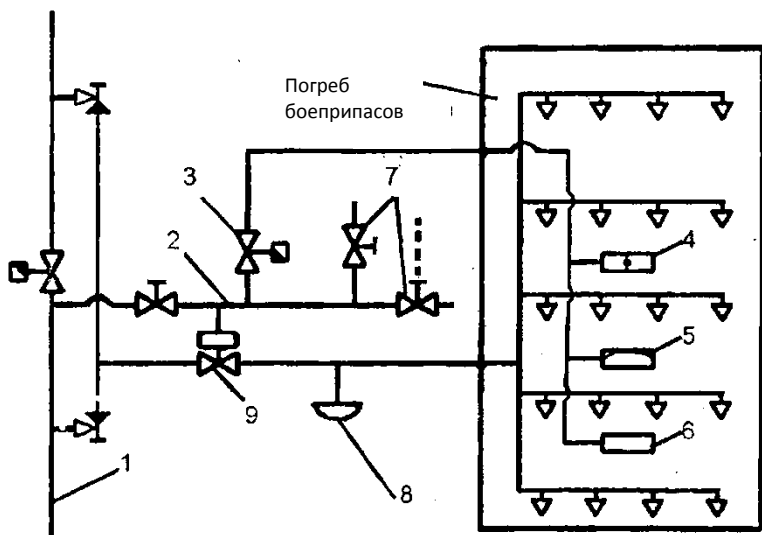


Рис. 5.6. Система водяного орошения погреба боеприпасов: 1 – магистраль противопожарной системы; 2 – пубудительный трубопровод; 3 – клапан с электро-

магнитным приводом; 4 – датчик температуры; 5 – датчик давления; 6 – датчик дыма; 7 – пусковые клапаны побудительного трубопровода; 8 – реле сигнализации; 9 – быстродействующий клапан

**Система затопления** предназначена для тушения или предотвращения пожара в погребах боеприпасов или хранилищах легковоспламеняющихся материалов путем их преднамеренного затопления. Погреба или хранилища, расположенные ниже ватерлинии, затопляются водой из-за борта через трубопроводы затопления. Погреба и хранилища, расположенные выше ватерлинии, заполняются водой с помощью ВППС. Осушение погребов и хранилищ производится с помощью системы осушения или перепускной системы.

**Система водяных завес** предназначена для подачи воды из-за борта для создания сплошных водяных завес, препятствующих распространению пламени, пара, газа, а также для охлаждения корпусных конструкций. От систем водораспыления и орошения она отличается только типом насадки.

**Система жидкостного (химического) тушения** (рис. 5.7) предназначена для тушения горящего топлива в машинно-котельных отделениях и пожаров на электростанциях посредством подачи в эти помещения огнегасительной жидкости (хладон 114В-2, состав 3, 5, ОЖ-1, БФ-2).

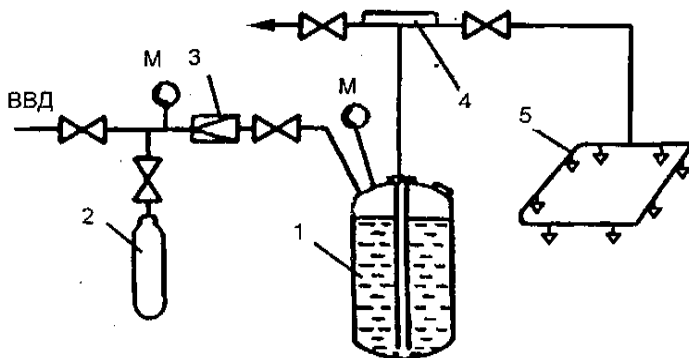


Рис. 5.7. Система объемного химического тушения: 1 – резервуар; 2 – баллон со сжатым воздухом; 3 – редуктор; 4 – коллектор; 5 – распылитель

**Система углекислотного тушения** (рис. 5.8) предназначена для тушения пожара жидкого топлива в машинно-котельных отделениях путем заполнения их углекислым газом.

**Система паротушения** предназначена для тушения пожара топ-

лива в топливных отсеках и под котлами в машинно-котельных отделениях путем заполнения их насыщенным паром от главных и вспомогательных котлов.

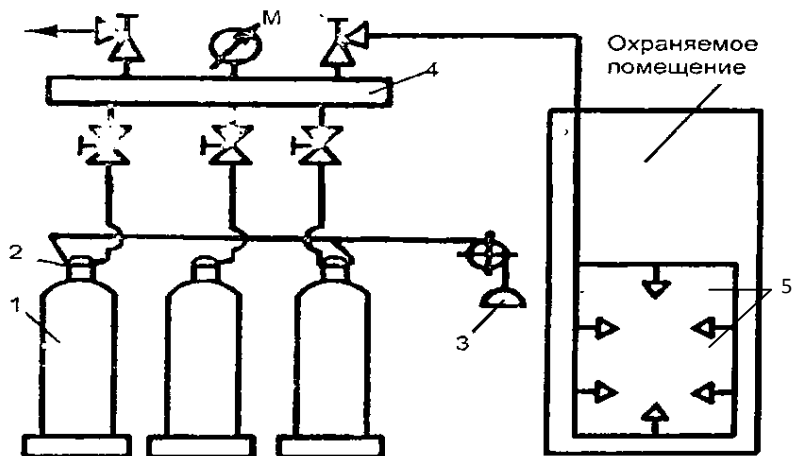


Рис. 5.8. Система углекислотного тушения: 1 – баллон с углекислотой; 2 – быстродействующий клапан; 3 – пусковая рукоятка; 4 – коллектор; 5 – распылительная головка

**Системы защиты** от ОВ, РВ и БС предназначены для защиты людей, оборудования, снаряжения и оружия, а также корабля в целом от поражения отравляющими, радиоактивными веществами и бактериологическими средствами. В эту группу входят системы противохимической вентиляции, дегазации, дезактивации и водяной защиты.

Помимо боевой, корабельные системы обеспечивают повседневную деятельность корабля, а также бытовые и хозяйственные нужды личного состава.

**Системы бытового водоснабжения** предназначены для обеспечения хозяйственно-бытовых и санитарных нужд пресной и забортной водой. В эту группу входят системы пресной, питьевой, мытьевой и забортной воды. На кораблях малого водоизмещения система пресной воды выполняет функции систем питьевой и мытьевой воды. Система забортной воды обеспечивает подачу забортной воды к опреснительным установкам, на охлаждение различных приборов и механизмов, промывание унитазов и в исключительных случаях для помытьки личного состава. Питание системы обеспечивается забортной

водой или от ВППС.

**Системы отопления, хозяйственного пароснабжения, обогрева и пропаривания** объединены в одну систему и предназначены для обогрева жилых и служебных помещений корабля в холодное время года, пропаривания цистерн топлива и масла, подогрева мытьевой воды в водонагревателях, кипячения питьевой воды в паровом самоваре и т.п.

**Сточно-фановые системы** предназначены для удаления с корабля сточных и фекальных вод. К ним относятся сточная, фановая, система шпигатов с открытых палуб. Сточная система предназначена для удаления грязной воды из умывальников, бань, прачечных, душевых. Фановая система служит для отвода фекальных вод из галюонов. Система шпигатов обеспечивает отвод за борт воды, попавшей на открытые палубы.

**Система вентиляции** предназначена для поддержания в корабельных помещениях требуемого газового состава воздуха путем удаления загрязненного и подачи свежего воздуха в необходимом количестве. На эту систему возлагается задача коллективной противохимической и противоатомной защиты личного состава, находящегося на боевых постах и в медицинских учреждениях. Система вентиляции разделяется на две основные группы:

- повседневную, или обиходную, которая обслуживает жилые, культурно-просветительные и бытовые помещения;
- боевую, которая обслуживает помещения и боевые посты, обеспечивающие боевую деятельность корабля.

На современных кораблях устанавливаются **системы кондиционирования воздуха**, которые, кроме нормального газового состава воздуха, поддерживают нужные температуру и влажность, т. е. создают благоприятный для человека микроклимат.

**Холодильная система** предназначена для охлаждения провизионных камер и поддержания в них низких температур, необходимых для длительного хранения скоропортящихся продуктов.

Все корабельные системы должны поддерживаться в постоянной исправности и готовности к действию, так как от них зависит живучесть корабля и, в первую очередь, такие ее составные части, как непотопляемость и взрывобезопасность.

### 5.3. Общее расположение корабля

Под общим расположением корабля, как отмечалось ранее, по-

нимают компоновку всех корабельных помещений. Все они (в корпусе, надстройках и рубках) в зависимости от назначения делятся на специальные, служебные, жилые, общественные, санитарные; помещения медицинского назначения, пищеблока, корабельных запасов; отсеки и цистерны, хозяйственные и кладовые.

К специальным помещениям относятся погреба боеприпасов, подбашенные отделения, помещения предстартовой подготовки ракет, ангары летательных аппаратов и пр.

Служебные помещения обеспечивают боевую и повседневную эксплуатацию корабля. В их число входят:

- помещения энергетических установок, корабельных систем и устройств, румпельные отделения, вентиляторные, шпилевые;
- ходовая и штурманская рубки, рубки радиолокации и гидроакустики, радиорубки, агрегатные, гиропост, трансляционная и пр.;
- мастерские: механическая, электротехническая, слесарная, радиотехническая и пр.;
- канцелярии, хранилища документации, фотолaborатории, типография, помещения дежурной и вахтенной службы.

Жилые помещения служат для сна и отдыха экипажа. К ним относятся каюты офицеров и мичманов, кубрики личного состава.

Общественные помещения предназначены для проведения культурно-массовых мероприятий и приема пищи. Сюда входят библиотека, читальня, кают-компания офицеров и мичманов, столовые команды, салоны отдыха, курительные.

Санитарные помещения подразделяются на санитарно-гигиенические и санитарно-бытовые. Санитарно-гигиенические помещения включают умывальные, душевые, галюны, санузлы. Санитарно-бытовые помещения предназначены для хранения и обработки белья: прачечные, сушильные, гладильные, кладовые грязного и чистого белья, дезинфекционная камера.

Помещения медицинского назначения (медблок) – это приемная врача, амбулатория, аптека, зубо-врачебный и рентгеновский кабинеты, операционная, лазарет, изолятор, медицинская кладовая.

Помещения бытового назначения предназначены для бытового обслуживания личного состава: портновская и сапожная мастерские, парикмахерская и др.

Помещения пищеблока служат для приготовления и раздачи пищи, мытья и хранения посуды. Они включают в себя два самостоятельных блока: камбузный и буфетный. Камбузный блок состоит из камбуза, разделочной, пекарни, картофелечистки, хлебoreзки, посу-

домоечной. Буфетный блок примыкает к кают-компания и состоит из буфета, оборудованного электрохолодильником, кипятильником, столом и шкафом для посуды, посудомоечной.

Помещения корабельных запасов служат для хранения провизии, запасных частей, культинвентаря, различного имущества, штурманских карт, личных вещей и обмундирования экипажа.

Отсеки и цистерны предназначены для размещения и хранения жидких грузов: топлива, масла, пресной и котельной воды. При проектировании корабля в первую очередь предусматривают размещение вооружения, отдавая предпочтение главному виду оружия и стремясь обеспечить наибольшую эффективность его использования и высокую живучесть. Вооружение размещается преимущественно на верхней палубе и надстройках. Пусковые ракетные установки и артиллерийские башни главного калибра устанавливают в диаметральной плоскости в оконечностях корабля. Зенитные ракеты и артиллерийские комплексы располагают вдоль правого и левого бортов, что создает условия для их наилучшего использования на всех курсовых углах и углах возвышения. При этом углы обстрела и обзора каждого вида зенитного оружия взаимно перекрываются. Погреба боеприпасов размещают под пусковыми установками и башнями, причем, как правило, ниже ватерлинии и в помещениях, не смежных с бортами. Этим обеспечивается быстрая подача боеприпасов и хорошая защищенность погребов. Вокруг погребов боеприпасов и подбашенных отделений располагают помещения с оборудованием, обслуживающим оружие. Радиолокационные станции управления ракетным и артиллерийским огнем размещают в районе обслуживаемых батарей. Противолодочное оружие устанавливают по бортам и в оконечностях, предусматривая возможность одновременного боевого применения всех его видов. Торпедные аппараты занимают место на верхней палубе в средней части корабля в ДП или побортно.

Вертолеты размещают в стационарных ангарах под палубой и в кормовой надстройке. Рядом с ангаром оборудуют взлетно-посадочную площадку (ВПП). В районе ангара и ВПП находятся посты обслуживания и ремонта вертолетов, стартовый командный пункт, авиационные погреба, погреба боеприпасов и цистерны ГСМ. Для повышения живучести корабля погреба боеприпасов отделяются друг от друга и от пожароопасных помещений коридорами, коффердамами, санитарными помещениями.

Большое внимание конструкторы уделяют размещению главной энергетической установки, электростанций, вспомогательных котлов.

Как правило, для этого в средней части корабля выделяют от одного до трех отсеков. ГЭУ делят на несколько независимых друг от друга автономных групп по числу гребных валов. Каждую автономную группу ГЭУ размещают в отдельном водонепроницаемом отсеке. Между этими отсеками располагают один-два промежуточных отсека с вспомогательными механизмами. Такая компоновка энергетической установки исключает ее полный выход из строя от одного взрыва в районе главной водонепроницаемой переборки. Топливо, смазочное масло и котельную воду хранят в междудонных цистернах, расположенных вдоль всего корабля.

Командные пункты и боевые посты управления кораблем находятся в средней надстройке достаточно высоко над уровнем воды, что обеспечивает хороший зрительный обзор корабля и окружающего пространства. Антенны радиолокационных станций и радиоантенны устанавливают на мачтах и надстройках как можно выше и таким образом, чтобы при одновременной работе они не мешали друг другу.

Жилые, служебные и общественные помещения располагаются на верхней и средней палубах, в надстройках, что отвечает санитарно-гигиеническим требованиям. Запасы провизии и питьевой воды хранят в носовой и кормовой оконечностях в двух или нескольких помещениях. Камбуз размещают в районе столовой и кают-компания. Остальные помещения располагают на оставшихся площадях, стремясь обеспечить их наилучшее функционирование.

Размещение оружия, технических средств и помещений для личного состава на корабле, общую компоновку всех помещений выполняют на чертежах общего расположения.

Состав чертежей общего расположения:

- чертеж продольного разреза корабля по диаметральной плоскости;
- чертежи горизонтальных разрезов (планы) по палубам, платформам и трюму;
- чертежи поперечных разрезов (сечений) по плоскостям, параллельным плоскости мидель-шпангоута, вид сверху и сбоку, силуэт.

Чертежи общего расположения входят в состав корабельной документации и используются личным составом для изучения корабля.

## **6. ОСНОВЫ БОЕВОЙ ЗАЩИТЫ КОРАБЛЯ**

### **6.1. Понятие о боевой защите**

Основными условиями живучести и боеспособности корабля являются, с одной стороны, его непотопляемость и взрыво- и пожаробезопасность, с другой – надежность действия его систем и устройств, обслуживающих боевые процессы. Наиболее полное соответствие этим условиям позволяет кораблю сохранить активность в бою, несмотря на полученные повреждения.

Важную роль в обеспечении живучести и боеспособности корабля играет боевая защита (БЗ). Развитие БЗ корабля неразрывно связано с созданием и совершенствованием различных видов оружия. Так, например, с появлением нарезной корабельной артиллерии возникла необходимость в броневой защите кораблей. Началось противостояние снаряда и брони. Появление минного и торпедного оружия заставило конструкторов разработать бортовую и днищевую защиту корпуса. Для противодействия оружию, реагирующему на физические поля корабля, разрабатываются технические средства, уменьшающие эти поля.

Создание ракетно-ядерного оружия потребовало пересмотра целесообразности броневой защиты и создания специальной конструктивной боевой защиты корпуса корабля.

**Боевая защита** предусматривает защиту корабля и его личного состава от поражающего воздействия боевых средств противника. БЗ корабля представляет собой комплекс конструктивных и организационно-технических мероприятий, позволяющих свести к минимуму результат действия боевых средств противника, сохранив боеспособность корабля и личного состава. Боевую защиту обычно разделяют на активную и пассивную.

*Активная* защита обеспечивается непрерывными действиями корабля с целью снижения эффективности воздействия оружия противника. К активной защите относят такие мероприятия, как маневрирование корабля, использование средств радиоэлектронного противодействия и т.п.

*Пассивная*, или конструктивная, защита корабля обеспечивается системой специальных конструктивных мероприятий, направленных на защиту корпуса, оружия, технических средств и личного состава от поражающего воздействия различных видов боевых средств противника. Мы рассмотрим лишь пассивную защиту корабля.

Очевидно, что мероприятия по конструктивной защите корабля зависят от поражающих факторов воздействующего на него оружия. Основными поражающими факторами оружия с обычным взрывчатым веществом (ВВ) являются ударная волна и поток осколков. При



взрыве ядерного боеприпаса – ударная волна, световое и тепловое излучения, проникающая радиация, электромагнитный импульс и радиоактивное заражение.

Учитывая многообразие поражающих факторов, необходимо стремиться к тому, чтобы защита была комплексной, т.е. корабль был защищен (в той или иной степени) от большинства перечисленных факторов.

Известно, что эффективность воздействия взрыва на корабль зависит от вида ВВ, величины заряда, расстояния от центра взрыва и свойств среды, где произошел взрыв. По взаимному положению источника взрыва и корабля различают контактный, близкий неконтактный, неконтактный взрывы.

*Контактным* называется взрыв заряда непосредственно на наружных поверхностях корабля или внутри него. *Близким неконтактным* считается взрыв заряда на расстоянии от корабля, не превышающем десяти радиусов эквивалентного ему сферического заряда. *Неконтактным* считается взрыв на большем расстоянии.

В зависимости от среды взрывы подразделяют на подводные и воздушные.

Последствия воздействия взрыва на корабль оценивают по трем основным факторам:

- состоянию корпуса;
- состоянию оборудования;
- состоянию личного состава.

Разрушения на корабле, вызванные непосредственно воздействием поражающих факторов взрыва, называют *первичными*. Разрушения, обусловленные ударным сотрясением корпуса от взрыва (поломка механизмов, разрыв трубопроводов и электрических кабелей, выход из строя приборов), являются *вторичными*. Поэтому при разработке конструктивной защиты обращают особое внимание на взрывостойкость корабля и ударостойкость его оборудования.

***Взрывостойкость*** – способность корабля противостоять воздействию поражающих факторов взрыва, сохраняя при этом боеспособность. Последняя обеспечивается взрывостойкостью корпуса, его конструктивной защитой, рациональным расположением помещений, оружия и технических средств, ударостойкостью оборудования.

***Ударостойкость*** оружия и технических средств – это их способность сохранять работоспособность во время и после ударных

воздействий. Ударостойкость обеспечивается защитой оборудования от ударных сотрясений. Ударная нагрузка обозначается  $g$  (ускорение силы тяжести).

Основные составные части конструктивной защиты корабля:

- конструктивная защита корабля от ударных сотрясений, или конструктивная противоударная защита (КПУЗ);
- конструктивная защита корабля от близкого неконтактного и контактного воздушного взрывов, или надводная конструктивная защита (НКЗ);
- конструктивная защита корабля от близкого неконтактного и контактного подводного взрывов, или подводная конструктивная защита (ПКЗ);
- конструктивная защита корабля от оружия массового поражения (ОМП);
- конструктивная защита от оружия, реагирующего на физические поля корабля.

## **6.2. Основные направления конструктивной защиты корабля от ударных сотрясений**

**Конструктивная защита корабля от ударных сотрясений.** При близком неконтактном или контактном взрывах снарядов, ракет, мин или торпед возникают ударные сотрясения. Они передаются от корпуса корабля через фундамент на оборудование и могут привести к разрушению последнего. Конструктивная противоударная защита корабля, в принципе, может быть обеспечена двумя способами:

- применением оборудования повышенной ударостойкости;
- амортизацией оборудования.

Под **амортизацией** оборудования понимается крепление его к корабельному фундаменту с помощью конструкций и устройств, снижающих уровень сотрясений при передаче их от корпуса к защищаемому оборудованию.

Задача обеспечения ударостойкости оборудования решается на основании разумного технического компромисса между собственной ударостойкостью и амортизацией оборудования. Очевидно, что чрезмерное повышение собственной ударостойкости оборудования требует неоправданного увеличения его веса и габаритов, что отрицательно влияет на боевые качества в целом. И наоборот, при малой собственной ударостойкости оборудования требуется увеличивать вес и объем

средств амортизации.

При конструировании корабельного оружия и техники стремятся обеспечить равную ударостойкость всех их узлов и деталей.

Амортизация оборудования осуществляется в основном с помощью амортизаторов – устройств с упругими элементами. Типы и конструкции амортизаторов, применяемых на кораблях, весьма разнообразны. По назначению они делятся следующим образом:

- защитные, предохраняющие от ударных сотрясений;
- звукоизолирующие, препятствующие распространению звуковых колебаний от работающего механизма к корпусу корабля;
- виброизолирующие, гасящие вибрацию неуравновешенных механизмов.

Оптимальным считается такой амортизатор, который в состоянии высокоэффективно выполнять как функции защиты от сотрясений, так и функции звуко- и виброизоляции. По конструкции амортизаторы бывают:

- пружинные;
- резинометаллические;
- пружинно-пневматические;
- пружинно-резиновые и др.

Наряду с амортизаторами может применяться конструктивная амортизация, предусматривающая установку оружия и техники на специальные металлические конструкции, служащие для снижения перегрузок, передаваемых от корабля на оборудование. В качестве таких конструкций используются податливые фундаменты, работающие на изгиб, металлические элементы типа рессор и другие детали.

**Конструктивная защита корабля от близкого неконтактного или контактного воздушного взрывов.** Поражающими факторами при воздушном взрыве обычного (не ядерного) оружия являются главным образом фугасное (от взрывных газов), осколочное и кумулятивное (остронаправленное) воздействия, в результате чего возможно разрушение надстроек, верхней палубы, надводной части бортов, внутренних конструкций корабля, а также поражение личного состава.

Под конструктивной защитой от близкого неконтактного и контактного воздушных взрывов – **надводной конструктивной защитой** (НКЗ) – понимают плоские или объемные защитные конструкции, входящие в состав корпуса корабля. Основным элементом надводной конструктивной защиты корабля – броня (броневые плиты). Поэтому, говоря об НКЗ корабля, часто употребляют понятия «броневая

защита» или «бронирование корабля».

НКЗ служит для сохранения запаса плавучести и остойчивости корабля во время боя; защиты корабля от проникновения к его жизненным частям (погребам боеприпасов, командным пунктам, машинно-котельным и румпельным отделениям) снарядов, ракет и бомб; предохранения корпуса от больших разрушений, особенно в районе ватерлинии; защиты экипажа, механизмов, приборов от осколков и пуль.

Бронирование делится на общее и местное.

К *общему* бронированию относится защита бортов, палуб, верхних передней и задней частей главных переборок (траверзных переборок). Часть объема корабля, образованная броневой палубой, поперечными броневыми переборками и поясами бортовой брони (броневое пояс), называется цитаделью. Она предусматривается на крупных кораблях.

*Местное* бронирование предохраняет орудийные башни, контейнеры ракет, боевые рубки, погреба боеприпасов, отдельные помещения и применяется на больших противолодочных кораблях, эскадренных миноносцах. Возможно распространенное или сосредоточенное размещение брони по кораблю. В первом случае броней покрывается до 90% всех наружных поверхностей корабля, во втором – средняя часть корабля (около 50% наружных поверхностей) бронируется очень толстой броней, а нос, корма и верхние помещения не бронируются.

По назначению броня подразделяется на три вида:

- противоснарядная (толщиной 50...450 мм);
- противоосколочная (25...50 мм);
- противопульная (5...25 мм).

По расположению броня может быть наружная и внутренняя, а кроме того, вертикальная, горизонтальная и наклонная.

Броневые плиты изготавливаются из высококачественной специальной стали, содержащей хром, никель и некоторые другие элементы. Никель придает броне вязкость, хром – твердость. Специальная обработка броневых плит позволяет сделать их наружный слой твердым, а внутренний – мягким. В настоящее время разрабатывается броня из пластмасс, керамических и композиционных материалов.

Для наиболее эффективной комплексной защиты от снарядов, ракет и поражающих факторов ядерного оружия на современных кораблях планируется применять многослойную комбинированную броню, состоящую из слоев различных материалов (сталь, легкие сплавы,

пластмасса, стекловолокно, керамика и др.).

**Конструктивная защита корабля от близкого неконтактного или контактного подводного взрывов.** Поражающими факторами близкого неконтактного или контактного подводных взрывов оружия с обычным ВВ являются ударная волна, расширяющиеся газообразные продукты взрыва, осколки, вода, поступающие внутрь корабля. В результате в корпусе образуются большие пробоины, разрушаются внутренние конструкции и коммуникации, сдвигаются с фундаментов механизмы, поражается личный состав.

Под конструктивной защитой корабля от близкого неконтактного или контактного подводного взрыва – *подводной конструктивной защитой* (ПКЗ) – понимают специальные конструкции корабля, предназначенные для защиты боевых и технических средств, а также личного состава от воздействия поражающих факторов взрывов. ПКЗ призвана уменьшить как площадь, так и глубину разрушения корпусных конструкций, а также существенно сократить количество затопляемых помещений. Она состоит из бортовой и днищевой защиты.

Принципиальная схема ПКЗ состоит в следующем (рис. 6.1). Пробив бортовую обшивку, взрывные газы и осколки проникают в камеру расширения и теряют здесь часть своей энергии. Оставшаяся энергия разрушает прочную упругую переборку, отчего газы и осколки прорываются в камеру поглощения, где находится наполнитель (топливо или вода). Наполнитель поглощает часть энергии взрыва и защищает жизненные части корабля от осколков. Броневая переборка камеры поглощения удерживает осколки, летящие внутрь корабля, и воспринимает некоторую часть энергии взрыва. Она обычно не разрушается, но герметичность теряет. Проникающая через нее вода задерживается в фильтративной камере.

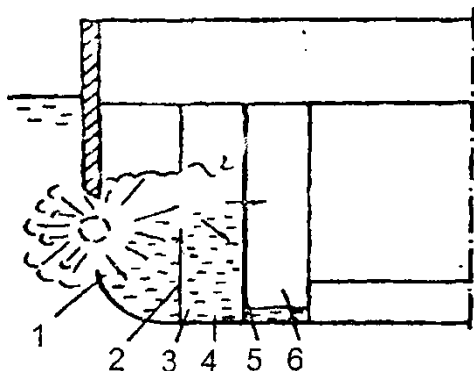


Рис. 6.1. Подводная конструктивная защита: 1 – камера расширений;  
2 – прочная упругая перегородка; 3, 4 – камера поглощения;  
5 – броневаая переборка; 6 – фильтрационная камера

Чтобы обеспечить активную защиту корабля, общая протяженность ПКЗ должна составлять от 4 до 8 м со стороны каждого борта, поэтому ее можно установить лишь на самых крупных надводных кораблях – авианосцах и тяжелых крейсерах. На корабли меньшего водоизмещения обычно устанавливают одну, так называемую противоминную, переборку, выделяющую расширительную камеру, а на малых кораблях ПКЗ вообще не предусмотрена.

*Днищевая* (донная) ПКЗ предназначена для защиты корабля от подводных взрывов под его корпусом. Как известно, взрыв под днищем производит существенно большие разрушения корпуса корабля, чем взрыв у борта. Это объясняется тем, что при взрыве у борта часть энергии образующегося газового пузыря расходуется на выброс в атмосферу взрывного султана. При днищевом взрыве эта часть энергии дополнительно разрушает днищевые конструкции.

В принципе, конструкция днищевой защиты должна быть аналогична бортовой. Однако если из общей ширины корабля 30...35 м можно выделить около 8...12 м для бортовой подводной защиты, то при осадке корабля даже около 10 м реально можно выделить для днищевой защиты не более 2...3 м. Этого явно недостаточно для создания полноценной защиты. Частично роль днищевой защиты играет второе дно корабля.

**Конструктивная защита корабля от оружия массового поражения.** К оружию массового поражения относят ядерное, химическое и биологическое (бактериологическое) оружие. Основные поражающие факторы этого оружия – ударная волна, световое излучение, проникающая радиация, радиоактивное, химическое и биологическое заражение.

Для защиты от воздействия ударной волны при проектировании корабля во все корабельные конструкции закладывается значительный запас прочности. Причем, учитывая, что фронт ударной волны имеет большую протяженность и действует на составные части корабля практически одновременно и с одинаковой силой, корпус и отдельные его конструкции должны быть равнопрочными, т.е. выдерживать одинаковые разрушающие нагрузки. При воздействии ударной волны обшивка и набор корпуса получают большие деформации (прогибаются внутрь), поэтому целесообразно устанавливать все ме-

ханизмы на некотором расстоянии от бортов. Для уменьшения разрушений проектировщики стремятся сократить число и размеры надстроек, а также придать им обтекаемую форму.

Защитой от светового излучения является любая непрозрачная преграда, дающая тень. Поскольку все командные пункты и посты корабля расположены во внутренних помещениях корпуса или надстройках, личный состав корабля надежно защищен от светового излучения. Но опасность заключается еще и в том, что под его действием возможно возгорание находящихся на верхней палубе и надстройках корабля брезентовых чехлов, деревянных настилов, растительных и синтетических канатов, обугливание резиновых изделий, обгорание краски. Для уменьшения поражающего действия светового излучения на корабле применяются огнестойкие краски, негорючие пластмассы, светлые парусиновые чехлы со специальной пропиткой. Кроме того, весьма эффективно орошение наружных поверхностей корабля при помощи универсальной системы водяной защиты (УСВЗ) или противопожарной водяной системы.

Защитой от проникающей радиации служат металлические корпусные конструкции, предметы вооружения и технических средств, расположенные вокруг командных пунктов и боевых постов. В помещениях, находящихся ниже ватерлинии, уровень проникающей радиации будет в шесть раз слабее, чем в окружающей среде. Для защиты от радиационного заражения внутренних помещений корабля при проектировании стремятся сократить число люков и дверей, выходящих на верхнюю палубу, а также предусмотреть возможность их автоматического задраивания по тревоге. Совместно с использованием системы противохимической вентиляции это обеспечивает герметизацию наружного контура корабля. Удаление радиоактивного заражения с наружных поверхностей корабля осуществляется при помощи УСВЗ. Для дезактивации зараженного личного состава на каждом корабле оборудуется пост санитарной обработки (ПСО), который обычно совмещается с банно-прачечным блоком.

Защита корабля от химического и биологического оружия обеспечивается также герметизацией внешнего контура корабля, системой противохимической вентиляции и УСВЗ. Личный состав корабля проходит дегазацию и дезинфекцию в ПСО.

**Конструктивная защита от оружия, реагирующего на физические поля корабля.** Современные корабли способны плавать и решать боевые задачи в любых районах Мирового океана. При этом достаточно велика вероятность того, что корабль подвергнется воздей-

ствию неконтактного оружия противника. Кроме того, корабль тем успешнее выполнит поставленные задачи, чем труднее его обнаружить неконтактными средствами поиска кораблей противника. Способность корабля оставаться незамеченным называется **скрытностью** и является важнейшей тактической характеристикой корабля. Таким образом, защита корабля от неконтактных систем оружия и от обнаружения играет важную роль в обеспечении его боеготовности.

Чувствительные неконтактные системы распознают присутствие корабля в силу того, что корабль во время плавания распространяет вокруг себя целый ряд физических полей (всего их более тридцати). Корабль, находясь в данной точке Мирового океана, вносит искажение (возмущение) в уровень того или иного природного поля с определенной закономерностью.

**Физическим полем корабля** (ФПК) называют область воздушной или водной среды, в пределах которой происходят изменения характеристик состояния среды, вызванные кораблем. Условно все ФПК принято делить на две группы: первичные и вторичные.

*Первичные* ФПК: естественные и искусственные поля излучения.

Естественные поля:

- акустическое;
- магнитное;
- гидродинамическое;
- тепловое (инфракрасное);
- электрическое;
- электромагнитное;
- поле следа (турбулентное);
- поле радиоактивного следа и др.

Из них первые четыре действуют на значительном расстоянии от корабля, поэтому разработаны и существуют реагирующие в основном на них неконтактные взрыватели и системы обнаружения. Остальные поля локальны, с удалением от корабля быстро убывают, хотя и по весьма сложным законам. Поэтому они в основном используются для создания реагирующих на них взрывателей. Часть полей (турбулентное, радиоактивного следа) используются в основном только системами обнаружения корабля.

Искусственные поля:

- поле излучения средств радиосвязи;
- поле излучения активных РЛС;
- поле излучения активных ГАС.



Эти поля возникают в окружающей среде только в период работы этих технических средств и используются в основном для обнаружения корабля.

*Вторичные поля:*

- гидроакустическое поле отражения;
- радиолокационное поле отражения;
- поле отражения видимых и инфракрасных лучей.

Поля отражения возникают в результате применения противником различных средств для обнаружения корабля (или наоборот). Поисковые импульсы станций противника достигают корабля и, отражаясь, возвращаются назад.

Далее рассмотрим только те ФПК, которые наиболее широко применяются как в неконтактных взрывателях оружия, так и в различных системах обнаружения корабля:

- гидроакустическое поле;
- магнитное поле;
- гидродинамическое поле;
- электрическое поле;
- электромагнитное поле;
- тепловое поле.

Защита от мин, ракет, торпед, имеющих неконтактные взрыватели, обеспечивается уменьшением ФПК, а также специальной конструктивной защитой корпуса. Кроме того, на кораблях используются активные средства защиты, которые усиливают ФПК, чтобы вызвать целенаправленный безопасный взрыв мин, ракет или торпед. К ним относятся акустические охранители корабля и средства радиоэлектронного противодействия.

*Акустическое поле корабля* обычно подразделяется на первичное, включающее в себя шум, излучаемый кораблем в воду, и вторичное, обусловленное способностью корпуса отражать акустическую волну, пришедшую от внешнего источника. Интенсивность акустического поля зависит от скорости хода корабля и режима работы его механизмов, от главных размерений корпуса, конструкции и числа гребных винтов.

Основные составляющие акустического поля корабля: излучение гребных винтов; шум корабельных механизмов; гидродинамический шум систем; шум, вызванный ходовой вибрацией корпуса, ударами волн, деятельностью экипажа. Повышение шумности корабля может

быть вызвано повреждениями, износом или нарушением правил эксплуатации гребных винтов, механизмов, валопроводов, систем и устройств.

Основные источники шумов – гребные винты, которые издают при работе шумы различных структур. Кавитационный шум вызывается кавитацией, т.е. образованием на поверхности винта областей повышенного и пониженного давления, сопровождаемых возникновением и захлопыванием газовых пузырьков. Вихревой шум – результат работы гребных винтов в воде. «Пение» гребного винта наблюдается в случае возбуждения потоком воды резонанса в лопастях винта.

Шумы от работающих механизмов передаются на корпус при неисправных амортизаторах самих механизмов, а также при неправильной регулировке и центровке механизмов. Вибрация корпуса появляется при нарушении центровки валопровода или главного двигателя, а также при повреждении гребных винтов.

Главные направления уменьшения акустического поля корабля:

- снижение шума гребных винтов (совершенствование их конструкции, рациональное проектирование комплекса «винт – кормовая оконечность», применение низкооборотных винтов, установка винтов в насадке или шумопоглощающих трабах, установка обесшумливающих устройств, действующих за счет подачи воздуха в район гребных винтов);

- снижение активности механизмов (применение звукоизолирующих покрытий, амортизация механизмов, применение звукоизолирующих муфт, фундаментов и креплений, регулировка механизмов и динамическая балансировка роторов, центровка главного двигателя, трубопроводов и винтов).

Для предотвращения попадания в корабль торпеды, использующей головку самонаведения, используется активное средство защиты – акустический охранитель, который буксируется за кораблем и на ходу создает шум больший, чем шум корабля, наводя тем самым торпеду на себя.

Уровень акустического поля корабля контролируется на специальных полигонах гидроакустическими контрольными судами или судами физических полей.

**Магнитное поле корабля** (МПК) – одно из наиболее изученных среди всех существующих полей. Первые неконтактные взрыватели реагировали именно на МПК. Большой вклад в изучение МПК и разработку методов защиты от оружия, реагирующего на него, внесли российские ученые – академики Александров и Курчатов.

Магнитное поле корабля нельзя рассматривать без предварительного ознакомления с магнитным полем Земли (МПЗ). Еще в 1600 г. английский королевский лейб-медик В. Гильберт сделал вывод, что Земля – это гигантский природный магнит. Графически МПЗ можно представить как семейство магнитных силовых линий, идущих над поверхностью Земли от  $N_M$  к  $S_M$ , причем магнитные полюса не совпадают с географическими.

Как и любое магнитное поле, МПЗ характеризуют вектором напряженности  $T$ , направленным по касательной к силовой линии МПЗ в любой ее точке. Вектор напряженности МПЗ принято раскладывать на две составляющие:

$$T = Z + H,$$

где  $Z$  – вертикальная составляющая,  $H$  – горизонтальная составляющая напряженности МПЗ в данной точке.

Для того чтобы знать для любой широты плавания значения  $Z$  и  $H$ , составляются магнитные карты. На них нанесены линии, соединяющие точки с одинаковыми значениями напряженности – изодинамы. Есть карта изодинам  $Z$  и карта изодинам  $H$ .

Корабль, корпус которого построен из ферромагнитного материала или имеющий ферромагнитные массы механизмов и оружия, находясь в магнитном поле Земли, намагничивается и приобретает собственное магнитное поле. Намагниченность корабля принято обозначать буквой  $M$ . В общем случае корабль как ферромагнетик обладает постоянной ( $M_p$ ) и индуктивной ( $M_i$ ) намагниченностью:

$$M = M_p + M_i.$$

*Постоянная намагниченность* приобретает кораблем еще на стапеле при постройке и зависит от следующих факторов:

- значения вектора напряженности  $T$  в месте постройки;
- курса корабля на стапеле;
- магнитных свойств материала корпуса;
- технологических процессов при постройке.

В дальнейшем при плавании корабля  $M_p$  практически не меняется. Ее изменение может быть вызвано только механическими воздействиями (взрывами, посадкой на мель, трением льда о борт корабля и т.п.).

$$M = M_z + M_x + M_y = M_{pz} + M_{iz} + M_{px} + M_{ix} + M_{py} + M_{iy},$$

где  $M_z$  – вертикальная намагниченность корабля, результат действия вертикальной составляющей МПЗ;  $M_x$  и  $M_y$  – горизонтальные продольная и поперечная намагниченности, результат действия горизонтальной составляющей МПЗ. Эти три составляющие в сумме и образуют магнитное поле корабля.

Для защиты от оружия, реагирующего на МПК, и увеличения скрытности плавания на флотах осуществляется периодический контроль магнитного поля каждого корабля. Он проводится стационарными контрольно-измерительными магнитными станциями (КИМС) или группами измерения судов размагничивания (СР) на специальных стендах размагничивания. По результатам измерения заполняется Паспорт размагничивания корабля.

При превышении допустимого уровня МПК производится *размагничивание корабля*. Существует безобмоточное и обмоточное размагничивание. Первый способ реализуется с помощью специальных судов размагничивания или на станциях безобмоточного размагничивания. Второй способ предусматривает наличие на самом корабле размагничивающего устройства (РУ), состоящего из стационарных обмоток, специальных генераторов постоянного тока аппаратуры управления и контроля. Размагничивание в этом случае происходит путем регулировки обмоток РУ.

Наряду с размагничиванием для снижения МПК используют такой способ, как изготовление корпусов и отдельных механизмов и устройств из маломагнитных или немагнитных материалов (применяется в основном для тральщиков).

Возникновение *гидродинамического поля* связано с движением корабля, во время которого изменяется гидростатическое давление воды под корпусом. В районе оконечностей образуются зоны повышенного давления, а в средней части по длине корпуса – область пониженного давления. Гидродинамические взрыватели мин обычно реагируют на длительность воздействия на взрыватель и уровень пониженного давления.

До настоящего времени эффективных средств гидродинамической защиты корабля не создано. Некоторое снижение уровня гидродинамического поля может быть достигнуто выбором оптимального водоизмещения корабля и формы его корпуса. Тактический прием защиты корабля – выбор безопасной скорости хода. Безопасной является такая скорость, при которой давление под кораблем не превысит порога срабатывания мины или время воздействия на взрыватель окажется меньше, чем установлено во взрывателе.

**Электрическое поле корабля** (ЭПК) обусловлено электрохимическими процессами, протекающими в подводной части корпуса. Обычно корпус выполняется из стали, винты и донная арматура – из бронзы или латуни, обтекатели гидроакустических станций – из нержавеющей стали, протекторы коррозии – из цинка. В результате в подводной части корабля образуются гальванические элементы, и в морской воде, как в электролите, возникают стационарные электрические токи. Эти токи между элементами корпуса с разными электрическими потенциалами образуют электрическое поле корабля.

Уменьшение уровня электрического поля корабля достигается изоляцией корпуса от морской воды с помощью окраски или использования защитных покрытий; разрывом металлического контакта между отдельными частями корабельных конструкций при помощи электроизоляционных фланцев и прокладок; заменой отдельных деталей корабельных систем из разнородных материалов пластмассовыми изделиями; облицовкой гребных валов, механизмов и устройств источников ЭПК электроизоляционным покрытием; использованием систем компенсации ЭПК.

**Электромагнитным полем корабля** называется поле переменных во времени электрических токов, создаваемых кораблем в окружающем его пространстве. Основные источники электромагнитного поля корабля: переменные гальванические токи в цепи «гребной винт – корпус», вибрация ферромагнитных масс корпуса в магнитном поле Земли, работа корабельного электрооборудования. Электромагнитное поле имеет четко выраженный максимум в районе гребных винтов, а на расстоянии нескольких десятков метров от корпуса практически затухает.

Электромагнитная защита корабля возможна и предусматривает следующее: выбор неметаллического материала для гребных винтов; применение для них неэлектропроводящих покрытий; использование на валопроводе контактно-щеточных устройств, шунтирующих переменное сопротивление масляного зазора в подшипниках; поддержание сопротивления изоляции вала от корпуса в пределах установленных норм. На кораблях с немагнитными и маломангнитными корпусами основное внимание уделяется вопросам снижения электромагнитного поля элементов электрооборудования.

**Тепловое поле корабля** возникает при излучении кораблем инфракрасных лучей. Наиболее мощными источниками излучения являются дымовые трубы и газовые факелы от корабельной энергетической установки; корпус и надстройки в районе МКО; факелы огня при

артиллерийской стрельбе и запуске ракет.

Тепловое поле позволяет обнаруживать корабль на достаточно большом расстоянии с помощью тепlopеленгаторной аппаратуры. Многие образцы противокорабельных ракет имеют тепловые головки самонаведения.

Снижение интенсивности теплового излучения достигается специальными конструктивными мероприятиями: повышением КПД ГЭУ, охлаждением дымовых труб и газового факела за счет увеличения скорости истечения газов; созданием вокруг дымовых труб кожухов, в которых происходит смешение холодного окружающего воздуха с отработанными газами; предварительным охлаждением отработанных газов. На некоторых кораблях выхлоп отработанных газов происходит в воду.

Контроль уровней ФПК осуществляет специальная Служба защиты кораблей, созданная в 1941 г.

## 7. ЖИВУЧЕСТЬ КОРАБЛЯ

### 7.1. Основное содержание борьбы за живучесть

*Живучестью корабля* называется его способность противостоять боевым и аварийным повреждениям, восстанавливая и поддерживая при этом по возможности свою боеспособность.

Элементы живучести корабля:

- взрыво- и пожаробезопасность;
- непотопляемость;
- живучесть оружия и технических средств;
- защищенность личного состава.

Живучесть корабля обеспечивается:

- конструктивными мероприятиями, осуществляемыми при проектировании, строительстве, модернизации и переоборудовании корабля;
- организационно-техническими мероприятиями, проводимыми при эксплуатации корабля;
- действиями личного состава по борьбе за живучесть поврежденного корабля.

*Борьба за живучесть* – совокупность действий экипажа, направленных на поддержание и восстановление боеспособности повре-

жденного корабля. Это действия по предупреждению взрывов и защите экипажа, борьба с пожарами, борьба за непотопляемость, борьба за живучесть оружия и технических средств.

**Организация борьбы за живучесть** корабля предусматривает четкое распределение обязанностей между членами экипажа и наиболее рациональное использование оружия, технических средств, аварийно-спасательного имущества при борьбе с боевыми и аварийными повреждениями. Главные задачи при борьбе за живучесть – локализация аварии, ее ликвидация и по возможности восстановление боеспособности корабля.

В основу организации борьбы за живучесть корабля положен принцип максимальной централизации руководства в сочетании с грамотными, инициативными и решительными действиями личного состава командных пунктов (КП) и боевых постов (БП) в районе повреждений, в аварийном отсеке. Борьбу за живучесть корабля ведет весь личный состав независимо от специальности в соответствии с обязанностями, указанными в расписаниях по боевой тревоге и по борьбе за живучесть корабля, в боевых инструкциях, наставлениях и руководствах.

Каждый офицер, мичман, старшина и матрос должен уметь выполнять общие первичные мероприятия по борьбе за живучесть корабля:

- определять по маркировке назначение трубопроводов, паропроводов, магистралей электрокабелей, клапанов, дверей, люков, горловин, вентиляционных закрытий;
- пользоваться всеми средствами внутрикорабельной связи и условными сигналами перестукивания;
- находить аварийно-спасательное имущество на своем БП (КП);
- подготавливать к действию и использовать по назначению все средства борьбы за живучесть;
- герметизировать и разгерметизировать помещение, задраивать и отдраивать непроницаемые двери, люки, горловины, вентиляционные закрытия;
- включать и отключать основное и аварийное освещение, вентиляцию.

Общее руководство борьбой за живучесть корабля осуществляет командир корабля с ГКП, непосредственное руководство борьбой за непотопляемость, с пожарами и с опасными концентрациями газов ведет с поста энергетики и живучести (ПЭЖ) командир электромеха-

нической боевой части. Борьбу с повреждениями оружия и технических средств, с поступлением воды и с пожарами в помещениях, занятых БП и КП, ведет личный состав этих БП и КП. Борьбу за живучесть корабля в помещениях, не занятых БП и КП, осуществляют аварийные партии, комплектуемые из хорошо подготовленных корабельных специалистов.

Первый заметивший возникновение пожара, появление дыма, аварийное состояние боеприпаса, поступление забортной воды, повышенную концентрацию взрывоопасных и токсичных газов или пара объявляет в помещении голосом *аварийную тревогу*, немедленно докладывает о месте и характере аварии на свой КП или ГКП, ПЭЖ, а если это невозможно – в соседнее помещение и принимает решительные меры к ликвидации аварии. Для успеха в борьбе за живучесть корабля чрезвычайно важным фактором является время. Чем короче промежутки времени от момента обнаружения аварии до начала действий по борьбе за живучесть, тем быстрее будет ликвидирована авария и в меньшей степени понизится боеспособность корабля.

С ГКП дежурный по кораблю (вахтенный офицер), получив доклад о повреждении, одновременно с началом подачи звонком сигнала аварийной тревоги объявляет аварийную тревогу голосом по трансляции с указанием места и характера аварии. Весь экипаж, кроме лиц, находящихся в аварийном помещении, немедленно разбегается по боевым постам согласно расписанию и выполняет действия без приказаний. При этом проход через аварийное помещение запрещается.

Если невозможно попасть на свой БП, личный состав остается в помещении, смежном с аварийным, и поступает в распоряжение командира БП, расположенного в этом помещении. Личный состав, находящийся в момент аварии в аварийном отсеке, поступает в распоряжение командира БП (КП) и активно участвует в ликвидации аварии. *Никто не имеет права самостоятельно покинуть аварийное помещение.*

Основной принцип борьбы за живучесть – локализация аварии. Для этого по кораблю создаются рубежи обороны. На них сосредоточивают основные силы и средства борьбы с боевыми или аварийными повреждениями. Границы рубежей обороны, их командиров определяет командир корабля.

Каждый корабль для борьбы с боевыми и аварийными повреждениями должен быть снабжен аварийно-спасательным имуществом по нормам, установленным приказами и табелями. В его состав входит



аварийное, противопожарное, водолазное и спасательное имущество.

Аварийно-спасательное имущество распределяется на корабле по отсекам, командным пунктам и боевым постам. Количество его зависит от объема помещений или отсеков, их расположения и числа личного состава. Хранится оно в доступных местах на переборках, бортах, в специальных гнездах на штатных местах, на специально оборудованных щитах и должно содержаться в постоянной исправности и готовности к немедленному действию. Категорически запрещается использовать его не по прямому назначению.

Условия успешной борьбы за живучесть корабля: отличные знания личным составом устройства корабля, оружия и технических средств, средств и способов борьбы с повреждениями и авариями; натренированность личного состава в действиях по борьбе за живучесть; строгое соблюдение мероприятий по предупреждению аварий; четкая организация службы, высокие моральные качества и дисциплинированность личного состава.

## **7.2. Взрыво- и пожаробезопасность**

**Классификация и особенности корабельных пожаров.** Пожар представляет большую опасность для корабля. Он возникает внезапно, поэтому на корабле даже небольшое возгорание считается началом большого пожара. Корабельные пожары имеют свои особенности: скорость их развития высока; существует угроза взрыва боеприпасов, паров топлива и баллонов со сжатыми газами: огонь быстро распространяется в смежные помещения, аварийные и смежные помещения интенсивно заполняются дымом и токсичными газами, снижается концентрация кислорода, подход к очагу пожара затруднен из-за тесноты в помещениях, заполненных оборудованием, температура быстро нарастает, давление в аварийных отсеках повышается.

Основные причины корабельных пожаров: воздействие боевых средств противника, навигационные аварии, неисправности оружия и техники, нарушение правил пожарной безопасности. Пожар может возникнуть в результате нарушения правил эксплуатации электрооборудования и обращения с открытым огнем, из-за неграмотного обращения с взрывчатыми, горючими и смазочными материалами, легковоспламеняющимися веществами и взрывоопасными газами, из-за загрязнения мест стоянки кораблей нефтепродуктами, вследствие нарушения требований безопасности при проведении покрасочных работ и др.

В зависимости от вида горящего вещества пожары можно разде-

лить на четыре основные группы:

1. Пожары при горении материалов, содержащих в своем составе кислород; к этой группе относятся боеприпасы, боевые зажигательные средства и регенеративные вещества; тушение производится только водой.

2. Пожары при горении жидкого топлива и смазочных материалов; тушение производится распыленной водой, химической и воздушно-механической пеной, углекислым газом и парами огнегасительных легкоиспаряющихся жидкостей.

3. Пожары электрооборудования, находящегося под напряжением; тушение производится воздушно-механической пеной на пресной воде, углекислым газом, огнегасительными жидкостями; при снятом напряжении можно тушить любыми средствами.

4. Пожары твердых материалов (дерево, обмундирование, бумага, краска и т.п.); тушение производится любыми средствами.

Применяются два основных способа тушения пожаров: поверхностный и объемный. *Поверхностный способ* предусматривает подачу огнегасительных веществ (воды, пены и т.д.) на поверхность горящего материала. При этом затрудняется доступ воздуха к очагу огня, охлаждается поверхность горящего материала, предотвращается приток тепла и закрывается выход паров и газов с поверхности горения.

При *объемном способе* тушения пожара в помещение, где возник пожар, подается газ или вещество, препятствующее горению, личный состав при этом выводится, механизмы останавливаются и отсек герметизируется (в него прекращается доступ воздуха).

**Обеспечение взрыво- и пожаробезопасности корабля.** *Взрыво- и пожаробезопасность корабля* называется его способность препятствовать возникновению взрывов, возникновению и развитию пожаров до размеров, приводящих к выходу корабля из строя.

Взрыво- и пожаробезопасность корабля обеспечиваются следующими мероприятиями:

- конструктивными;
- организационно-техническими, или предупредительными;
- действиями личного состава по борьбе с пожарами, по предупреждению взрывов на корабле.

Конструктивные мероприятия, осуществляемые при проектировании и постройке корабля:

- деление корабля на противопожарные отсеки и отделения;
- ограничение применения горючих материалов и использование огнестойких или пропитанных огнестойкими составами мате-

риалов;

- рациональное расположение по кораблю взрыво- и пожароопасных материалов и обеспечение соответствующего их хранения;
- применение средств предупреждения, обнаружения и ограничения распространения взрывов и пожаров;
- обеспечение кораблей эффективными, надежно действующими средствами борьбы с пожарами, взрывоопасными концентрациями горючего, дымом, токсичными газами и высокой температурой;
- рациональное размещение средств борьбы с пожарами.

Организационно-технические мероприятия предупреждения взрывов и пожаров на корабле:

- соблюдение правил обращения с открытым огнем;
- удаление с корабля всех лишних взрыво- и пожароопасных материалов;
- постоянный контроль за хранением горючих и взрывоопасных материалов и соблюдение правил обращения с ними;
- контроль за исправностью и поддержанием в готовности к использованию противопожарных средств;
- обучение личного состава правилам предупреждения взрывов и пожаров и использованию средств пожаротушения;
- покраска корабля огнестойкими и негорючими красками.

**Организация борьбы с корабельными пожарами.** Борьбой с пожарами на корабле руководит командир корабля с ГКП. Непосредственное руководство борьбой с пожаром осуществляет командир электромеханической боевой части.

Личный состав боевых постов ведет борьбу с пожарами под руководством командиров подразделений. В случаях, когда личный состав боевых постов не может самостоятельно справиться с пожаром, командир электромеханической боевой части направляет к месту пожара аварийную партию.

Борьба с пожаром включает следующие мероприятия:

- оповещение личного состава о пожаре;
- разведку очагов и определение характера, масштаба и вида пожара;
- герметизацию помещений, отсеков;
- приведение в готовность противопожарных средств;
- отключение электроэнергии в районе пожара;
- локализацию пожара;
- тушение огня, борьбу с дымом;

- удаление воды, скапливающейся при тушении пожара;
- установление контроля за помещениями, в которых велась борьба с огнем.

Прибыв после сигнала пожарной тревоги на свои командные пункты и боевые посты, личный состав обследует помещения, приводит в готовность к немедленному действию противопожарное имущество, о готовности поста докладывает на командный пункт своей боевой части. Личный состав аварийного помещения выясняет характер и размеры повреждений, докладывает об этом на командный пункт своей боевой части, одновременно принимая все меры к локализации и ликвидации пожара. В дальнейшем личный состав боевых постов действует согласно расписанию по борьбе с пожаром или по приказаниям с командного пункта. В ходе борьбы с пожаром руководитель тушения должен уделять особое внимание обеспечению безопасности личного состава; не допускать электротравм, отравлений продуктами горения, поражения огнем.

Для тушения пожаров на корабле применяются стационарные и переносные средства. В качестве переносных средств пожаротушения на кораблях используют огнетушители ОП-М, ОВПМ-8, ОУ-2, ОУ-5, ОА-5, ОА-8 (основные технические характеристики приведены в таблице).

**Технические характеристики корабельных огнетушителей**

Огнетушитель	Заряд, л	Время действия, с	Длина струи, м	Огнегащащее вещество	Кратность пены	Масса, кг	
Пенный	ОП-М	9	60...70	7...8	–	5...8	15,8
	ОВПМ-8	8	30...40	4...6	4...5%-ный ПО-1	80	14,5
Углекислотный	ОУ-2	2	25...30	0,5	СО <sub>2</sub>	–	6,75
	ОУ-5	5	45...50	0,9	СО <sub>2</sub>	–	13,3
Аэрозольный	ОА-5	5	30...45	4...5	Хладон	–	17
	ОА-8	8	60...70	3...5	114В-2	–	24

### **7.3. Борьба за непотопляемость**

**Обеспечение непотопляемости корабля.** Решающее значение для обеспечения непотопляемости корабля имеют непроницаемость и прочность его корпуса. Поэтому на корабле должен быть обеспечен

постоянный контроль за непроницаемостью корпуса, состоянием непроницаемых закрытий и соблюдением правил их задрания, а также за состоянием нагрузки и остойчивости корабля в соответствии с требованиями Корабельного устава ВМФ и других руководящих документов.

Контроль за состоянием корпуса корабля и состоянием средств борьбы за его живучесть осуществляют постоянная корабельная комиссия, а также командиры боевых частей и начальники служб в соответствии с расписанием по заведованию.

В целях сохранения непроницаемости корпуса запрещается сверление и прорезание отверстий в наружной обшивке, палубах, непроницаемых переборках, горловинах, во втором дне и т.п.

Во внутренних жилых и служебных помещениях, примыкающих к наружной обшивке с обоих бортов, должна накрашиваться ватерлиния, соответствующая осадке корабля при полном водоизмещении. Цвет полосы белый или зеленый, отличный от цвета окраски помещения. Ширина полосы – 50 мм.

В процессе эксплуатации корабля постоянно осуществляется контроль нагрузки и остойчивости, так как недостаточная остойчивость неповрежденного корабля может резко ухудшить его непотопляемость в аварийных случаях и стать причиной гибели корабля вследствие опрокидывания даже при неизрасходованном запасе плавучести. Важнейшее условие поддержания остойчивости на необходимом уровне – соблюдение правил приема и расходования грузов на корабле.

**Организация борьбы за непотопляемость.** При повреждении корпуса корабля внутрь него поступает забортная вода, которая, распространяясь по кораблю, может привести его к гибели вследствие потери запаса плавучести или потери остойчивости.

Под **борьбой за непотопляемость** понимается совокупность действий личного состава, направленных на поддержание и возможное восстановление запаса плавучести и остойчивости корабля, а также на приведение его в положение, обеспечивающее ход, управляемость и использование оружия.

При борьбе за непотопляемость, при восстановлении остойчивости и спрямлении поврежденного корабля должен соблюдаться принцип максимальной централизации руководства в сочетании с инициативными и решительными действиями личного состава боевых постов по борьбе с водой.

Действия по борьбе с водой: оповещение о характере и месте по-

вреждений; обследование помещений для установления границ затопленного района; определение мест поступления воды; ограничение распространения воды по кораблю; заделка пробоин и удаление воды за борт; устранение повреждений в надводной части корпуса; восстановление прочности корпусных конструкций. Борьба с водой должна предшествовать мероприятиям по восстановлению остойчивости и спрямлению поврежденного корабля.

Восстановление остойчивости и спрямление поврежденного корабля производится, как правило, после стабилизации его элементов посадки и остойчивости с минимально возможным расходом при этом запаса плавучести. Мероприятия по восстановлению остойчивости всегда должны предшествовать мероприятиям по спрямлению корабля. Это особенно важно, когда корабль имеет отрицательную остойчивость.

Во всех случаях мероприятия по восстановлению остойчивости приводят одновременно и к частичному спрямлению корабля. В процессе восстановления остойчивости и спрямления поврежденного корабля постоянно контролируется запас плавучести. Мероприятия, связанные с уменьшением запаса плавучести, можно проводить, убедившись в том, что они не приведут к чрезмерной потере запаса плавучести.

**Средства и способы борьбы с водой на корабле.** Для ограничения распространения воды по кораблю создаются рубежи обороны, на которых поддерживается непроницаемость контура по границе рубежа, укрепляются поврежденные непроницаемые переборки, палубы, закрытия, готовятся к действию водоотливные и осушительные средства, ведется наблюдение за состоянием переборок, палуб, закрытий. Командир корабля и командир электромеханической боевой части обязаны контролировать и анализировать ход борьбы с водой и при необходимости предусматривать создание новых рубежей обороны.

Аварийное имущество для борьбы с водой подразделяют на водоотливные средства и имущество для заделки пробоин корпуса и борьбы с фильтрацией воды. Для борьбы с водой применяются водоотливные переносные мотонасосы, электронасосы водоотливные погружаемые, переносные водоструйные эжекторы.

Аварийное имущество для заделки пробоин делится на средства заделки пробоин, аварийный инструмент и аварийные материалы.

Пробоины можно заделывать как изнутри, так и снаружи корабля штатными аварийными средствами и подручными материалами.

Для временной заделки пробоин на кораблях применяются мягкие, полужесткие (как правило, для заделки пробоин снаружи корпуса) и жесткие пластыри. Жесткие пластыри бывают металлические и деревянные с мягкими бортами, обеспечивающими плотное прилегание пластыря к корпусу. Они закрепляются на пробоинах брусками, струбцинами (рис. 7.1), раздвижными упорами, крючковыми болтами и болтами с откидной скобой.

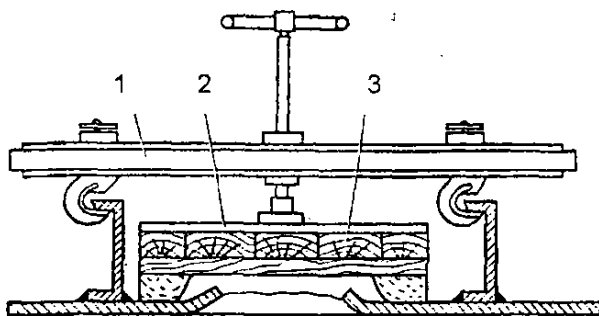


Рис. 7.1. Постановка пластыря на пробоину в корпусе корабля и крепление его универсальной струбциной: 1 – струбцина; 2 – пластырь деревянный; 3 – деревянная подкладка

Для устранения мелких повреждений корпуса на корабле применяются деревянные аварийные клинья, пробки, доски и брусья, которые изготавливаются разных размеров, в основном из сосны. Перед забиванием пробок или клиньев их обматывают куделью, просмоленной или пропитанной суриком (или техническим салом). Забивают кувалдой или деревянным молотком (мушкем), оставшиеся узкие щели и неплотности забивают мелкими клиньями, окончательно устраняя фильтрацию конопаткой куделью. Для заделки небольших пробоин применяют подушки с куделью, а для устранения фильтрации – кудель в мешках.

Деревянные аварийные брусья, доски и клинья служат для подкрепления переборок, палуб, платформ, дверей, крышек, люков и горловин (рис. 7.2). На работах по заделке пробоин используется аварийный инструмент: винтовые домкраты, поперечные пилы, ножовки, деревянные мушкилы разных размеров, стальные кувалды, топоры плотницкие, зубила кузнечные.

Аварийные материалы, применяемые при заделке повреждений корпуса корабля: гвозди строительные, цемент быстротвердеющий,

песок для бетонирования, сурик железный, сало техническое, парусина и др.

На кораблях для устранения повреждений корпуса применяется также электросварочное оборудование.

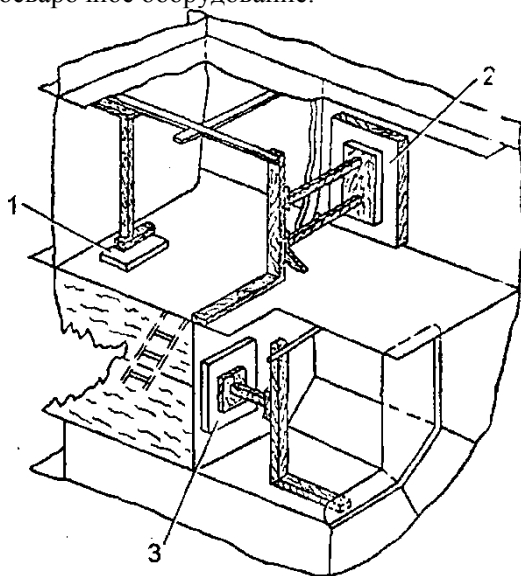


Рис. 7.2. Подкрепление: 1 – крышки люка; 2 – иллюминатора; 3 – водонепроницаемой двери

#### 7.4. Живучесть оружия и технических средств

**Обеспечение живучести оружия и технических средств.** *Живучестью оружия и технических средств* называется их способность противостоять боевым и аварийным повреждениям, сохраняя и по возможности восстанавливая свои тактико-технические характеристики.

Технические средства корабля представляют собой сложный комплекс взаимосвязанных инженерных средств: энергетического оборудования, механизмов, систем, приборов и других элементов. Технические средства обеспечивают следующее:

- движение и маневрирование корабля на всех режимах;
- использование и устойчивое функционирование боевых



средств;

- снабжение корабельных потребителей всеми видами энергии;
- живучесть корабля при различных состояниях и готовностях;
- условия для эксплуатации оборудования и жизнедеятельности личного состава.

Боеспособность и живучесть корабля наиболее чувствительны к нарушению работоспособности таких технических средств, как главная энергетическая установка, электроэнергетическая установка, рулевое устройство, системы обеспечения непотопляемости и взрыво- и пожаробезопасности корабля.

Живучесть оружия и технических средств обеспечивается следующими мероприятиями:

- конструктивными;
- организационно-техническими;
- действиями личного состава по поддержанию и восстановлению работоспособности технических средств при отказах и повреждениях.

Конструктивные мероприятия обеспечивают защищенность, надежность, резервирование и боевую ремонтпригодность технических средств.

Организационно-технические мероприятия по обеспечению живучести технических средств проводятся личным составом корабля повседневно. Они направлены на поддержание качеств и свойств, заложенных в технические средства при их проектировании и изготовлении. Кроме того, они позволяют предотвратить преждевременный выход из строя материальной части и предупредить несчастные случаи при эксплуатации и ремонте технических средств и устройств корабля. Оружие и технические средства обслуживаются в соответствии с действующими инструкциями. Все оружие и технические средства на корабле должны иметь наименование. Оружью и техническим средствам одинакового назначения наряду с наименованием присваивается номер.

Паропроводы и трубопроводы, выключатели и штепсельные розетки аккумуляторного (аварийного) и дежурного освещения, средства аварийного назначения должны иметь отличительную окраску.

Каждый корабль должен быть обеспечен документацией по боевому использованию оружия и технических средств, а также укомплектован запасными частями, инструментом, приборами и расходными материалами для исправления боевых или аварийных повреждений технических средств.

**Организация борьбы за живучесть оружия и технических средств.** Борьба за живучесть оружия и технических средств корабля направлена на восстановление утраченных или пониженных тактико-технических свойств механизмов, систем и устройств корабля при боевых и эксплуатационных повреждениях.

*Цель* борьбы за живучесть технических средств – обеспечить живучесть и боеспособность корабля при авариях и боевых повреждениях, связанных с потерей хода, маневренности, управляемости, возможности использования оружия и других качеств корабля.

*Содержанием* борьбы за живучесть технических средств является обнаружение аварии и оповещение о ней, ограничение распространения и ликвидация аварии, восстановление живучести и боеспособности корабля.

Руководят борьбой за живучесть технических средств командиры боевых частей, начальники служб со своих командных пунктов. При обнаружении повреждений командиры подразделений и боевых постов принимают меры к исправлению механизмов, не прекращая их работы. Повреждение или неисправность материальной части необходимо устранять полностью. Если это невозможно, повреждение устраняется в той степени, которая позволит кораблю выполнить поставленную задачу. Переключение технических средств осуществляется в соответствии с действующими документами.

При выходе из строя ряда механизмов в первую очередь восстанавливаются механизмы, системы и устройства, от которых зависит живучесть и боеспособность корабля: освещение, средства связи, управления и сигнализации; удаляются обломки корпусных конструкций и технических средств, загромождающие палубы, площадки, помещения и мешающие действию других технических средств, использованию оружия и работе личного состава.

Борьба за живучесть технических средств предусматривает действия личного состава без приказа и по приказанию.

*Действия, выполняемые без приказа:*

- отключение поврежденных механизмов, систем и устройств;
- включение резервных (дублирующих) механизмов для использования в бою оружия и сохранения заданного режима работы основных технических средств;
- изменение режима работы технических средств, обеспечивающих использование оружия, ход и управляемость корабля.

*Действия личного состава, выполняемые по приказанию:*

- остановка главных двигателей;
- переход на резервные средства управления кораблем;
- отключение технических средств, обеспечивающих использование оружия, ход и управляемость корабля, если возникла угроза выхода их из строя.

О всех переключениях технических средств, выполняемых личным составом при повреждениях или при необходимости таких переключений, командир БП или старший по должности немедленно докладывает по команде.

## **8. ПОНЯТИЕ ОБ УСТРОЙСТВЕ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ**

### **8.1. Особенности конструкции корпуса**

Подводная лодка (ПЛ) представляет собой боевой корабль, способный вести боевые действия как в надводном, так и в подводном положении. Корпус подводной лодки должен выдерживать большие гидростатические давления воды при погружении и в то же время иметь высокие мореходные качества. Чтобы соответствовать этим требованиям, ПЛ имеет два корпуса: прочный (внутренний) и легкий (наружный). Первый обеспечивает прочность и герметичность, второй – высокие мореходные качества.

В прочном корпусе размещается личный состав, а также оружие и технические средства, которые должны быть изолированы от бортовой воды. Конструктивно прочные корпуса современных ПЛ имеют сигарообразную форму и состоят из обшивки и набора. Обшивка изготавливается из высококачественной, особо прочной, специально обработанной листовой стали толщиной 30...50 мм. Материалами обшивки могут быть сплавы на основе титана. Набор прочного корпуса выполняется по поперечной системе и состоит из кольцеобразных шпангоутов, которые располагаются внутри обшивки. Размеры прочного корпуса в зависимости от водоизмещения ПЛ могут быть по диаметру – 6...10 м, по длине – от 50 до 120 м.

Для обеспечения непотопляемости и создания необходимых жизненных условий личному составу прочный корпус поперечными водонепроницаемыми переборками разделяется на 5...10 отсеков. Для сообщения между отсеками в переборках устанавливаются равнопрочные с переборками двери. По высоте отсеки разделяются палубами и герметичными платформами. На ПЛ большого водоизмещения

могут быть две-три палубы.

Над центральным постом к прочному корпусу крепится прочная (боевая) рубка. В случае аварии прочная рубка может использоваться как шлюзовая камера для выхода личного состава на поверхность. Вход и выход личного состава, погрузка и выгрузка малогабаритных грузов и запасных торпед производится через входные и торпедопогрузочные люки. К элементам прочного корпуса относятся также шахты для размещения ракет и трубы торпедных аппаратов.

Легкий корпус имеет хорошо обтекаемую форму и предназначен для придания ПЛ высоких мореходных качеств. Он частично или полностью по длине и периметру охватывает прочный корпус и состоит из средней части, носовой и кормовой оконечностей, палубной надстройки и ограждения рубки.

В легком корпусе размещаются цистерны, а также оружие и технические средства, которые могут подвергаться воздействию забортной воды. Ввиду того что при нахождении ПЛ в подводном положении легкий корпус не испытывает гидростатического давления воды, его конструкция определяется главным образом соображениями прочности при погружении, всплытии и плавании в надводном положении. Конструктивно легкий корпус состоит из обшивки и набора. Обшивка выполняется из листов стали толщиной 4...8 мм, а набор представляет собой жесткий каркас, состоящий из шпангоутов, поперечных переборок, стрингеров, раскосин и других деталей. В нижней части надстройки, в оконечностях и ограждении рубки делаются отверстия (шпигаты), через которые проникаемые части легкого корпуса заполняются водой при погружении и осушаются при всплытии. Вентиляция проникаемых частей легкого корпуса при погружении и всплытии осуществляется через большое количество отверстий в палубе.

Легкий корпус крепится к прочному с помощью сварки так, чтобы при повреждениях легкого корпуса исключалось повреждение прочного. Для постановки подводной лодки в док, а также для предохранения прочного корпуса от повреждений, когда ПЛ ложится на грунт, в нижней части по всей длине прочного корпуса проходит сварной киль.

В кормовой оконечности ПЛ перед кормовыми горизонтальными рулями устанавливаются горизонтальные стабилизирующие плоскости. Они обеспечивают устойчивость движения ПЛ на переднем ходу. Скоростные атомные подводные лодки имеют развитые горизонтальные и вертикальные стабилизаторы.

## 8.2. Расположение вооружения и основных технических средств

Основное вооружение, технические средства и личный состав размещаются в отсеках ПЛ. Отсеки называются исходя из назначения и размещенного в них основного оружия и технических средств. Например, на атомной ракетной ПЛ с семью отсеками основное вооружение располагается следующим образом.

В первом торпедном отсеке находятся казенные части торпедных аппаратов, устройства для их перезарядки, запасные торпеды. Второй отсек является жилым. В нем на верхней палубе расположены каюты офицеров и кубрики личного состава, на нижней палубе – бытовые помещения. В трюме размещены аккумуляторная батарея, механизмы и системы, обеспечивающие жизнедеятельность личного состава. Кормовая часть второго отсека оборудована под центральный пост. В ней находятся пост управления подводной лодкой, приборы управления ракетной и торпедной стрельбой, посты радиотехнического наблюдения и связи. Третий отсек оборудован под пост предстартовой подготовки ракет. Четвертый отсек – ракетный. В нем расположены шахты ракет, системы и механизмы, обеспечивающие их хранение и подготовку к пуску. Пятый отсек – реакторный. В нем размещаются ядерный реактор, парогенераторы с системами и механизмами, обслуживающими их работу. В шестом отсеке расположены вспомогательные механизмы энергетической установки. Седьмой отсек – турбинный. В нем находятся главный турбозубчатый агрегат с обслуживающими системами и механизмами, турбогенераторы, резервный дизель-генератор и гребной электродвигатель для обеспечения хода ПЛ при неработающем ГТЗА.

На подводных лодках различных проектов размещение вооружения, механизмов и технических средств имеет свои особенности.

## 8.3. Назначение основных общекорабельных систем и устройств

**Система погружения.** При плавании в надводном положении подводная лодка обладает запасом плавучести, равным 20...30% надводного водоизмещения. При погружении этот запас плавучести необходимо погасить путем приема воды в цистерны главного балласта (ЦГБ). Система погружения обеспечивает переход ПЛ из надводного положения в подводное. Она состоит из 10...15 ЦГБ и цистерны быстрого погружения (ЦБП) с арматурой, трубопроводами и систе-

мой управления их осушением и заполнением. ЦГБ расположены между прочным и легким корпусами ПЛ по всей ее длине. Заполняются ЦГБ через кингстоны, а воздух выпускается через клапаны вентиляции в верхней части ЦГБ. Открытие и закрытие кингстонов и клапанов вентиляции производится гидравлическими приводами. Для удобства управления все ЦГБ разделены на три группы: носовую, среднюю и кормовую.

В зависимости от степени заполнения ЦГБ и ЦБП подводная лодка может занимать по отношению к поверхности моря три основных положения: крейсерское, позиционное и подводное.

*Крейсерское положение* – основное надводное положение удифферентованной (уравновешенной) ПЛ с продутыми ЦГБ и заполненной ЦБП.

*Позиционное положение* – промежуточное надводное положение удифферентованной ПЛ с заполненными ЦГБ (кроме средней группы) и продутой ЦБП. Позиционное положение является переходным при погружении и всплытии. Уход ПЛ под воду из этого положения совершается с минимальными затратами времени, исчисляемыми секундами.

*Подводное положение* – подводная лодка удифферентована, все ЦГБ заполнены, ЦБП продута.

Погружаться ПЛ может в два этапа (обычное погружение) и в один этап (срочное погружение).

*Обычное погружение* из крейсерского положения производится при продутой ЦБП. При этом сначала заполняются концевые группы ЦГБ и ПЛ переходит в позиционное положение, а затем заполняются ЦГБ средней группы и ПЛ переходит в подводное положение.

*Срочное погружение* из крейсерского положения производится при заполненной ЦБП и одновременном заполнении всех ЦГБ. Масса воды в ЦБП придает ПЛ дополнительную отрицательную плавучесть, и лодка быстро уходит под воду. На определенной глубине ЦБП продувают, и ПЛ занимает заданную глубину погружения. При срочном погружении из позиционного положения ЦБП заполняется одновременно с заполнением средней группы ЦГБ, а продувается, как и при срочном погружении из крейсерского положения.

Срочное погружение – основной вид погружения боевых ПЛ в море. Погружение в два этапа производится при первом погружении в море, после ремонта, при дифферентовке, при неопытном личном составе.

В подводном положении ПЛ может находиться на перископной,

безопасной, рабочей и предельной глубинах.

*Перископная глубина* (6...20 м) позволяет вести визуальное наблюдение за водной поверхностью и воздухом с помощью перископа, использовать радиотехнические средства с выдвигаемыми антеннами и устройство для работы дизеля под водой (РДП).

*Безопасная глубина* (25...60 м) предохраняет ПЛ от таранных ударов кораблей и судов. Подводным лодкам запрещается плавать на глубинах от перископной до безопасной.

*Рабочая глубина* (70...80% от предельной) – наибольшая глубина, на которой ПЛ может находиться длительное время на ходу и производить любые маневры.

*Предельная глубина* – наибольшая глубина, на которую ПЛ может погружаться ограниченное число раз, не получая остаточных деформаций прочного корпуса. Предельные глубины погружения современных подводных лодок составляют 400...600 м, а у некоторых достигают 1000 м.

**Система всплытия** обеспечивает процесс перехода ПЛ из подводного положения в надводное путем удаления (продувания) водяного балласта из ЦГБ. Она включает систему аварийного продувания ЦГБ воздухом высокого давления и систему продувания ЦГБ воздухом низкого давления. Всплытие ПЛ в надводное положение может быть обычным и аварийным.

При *обычном всплытии* ПЛ с помощью хода и горизонтальных рулей всплывает на перископную глубину, где с помощью системы аварийного продувания продувается средняя группа ЦГБ воздухом высокого давления, и ПЛ всплывает в позиционное положение. Всплытие в крейсерское положение производится путем продувания концевых групп ЦГБ воздухом низкого давления.

*Аварийное всплытие* производится при потере плавучести, возникновении аварийных дифферентов в подводном положении, большом волнении, а также при невозможности продуть ЦГБ воздухом низкого давления. Оно заключается в продувании части или всех ЦГБ воздухом высокого давления с помощью системы аварийного продувания. Для атомных подводных лодок всплытие такого типа (без использования воздуха низкого давления) является обычным (основным).

При плавании ПЛ в подводном положении практически не удается сохранять условие равновесия, когда сила плавучести строго равна силе тяжести, а статический дифферентующий момент равен нулю. Разность между силой плавучести и силой тяжести ПЛ называется остаточной плавучестью. При этом, если сила плавучести больше си-

лы тяжести, то остаточная плавучесть положительна и ПЛ имеет тенденцию к всплытию, и наоборот. Остаточная плавучесть не должна превышать 0,02% от подводного водоизмещения.

**Дифферентовочная система** предназначена для приведения остаточной плавучести и дифферента ПЛ к заданным величинам, близким к нулю. Система состоит из уравнильной цистерны, размещенной в средней части корпуса, а также из носовой и кормовой дифферентных цистерн, размещенных в концевых отсеках и связанных между собой водяным и воздушным дифферентовочными трубопроводами.

Подводная лодка считается удифферентованной, если при подводном ходе она держит заданную глубину с дифферентом, близким к нулю. В процессе дифферентовки остаточная плавучесть погашается путем приема (откачивания) забортной воды в уравнильную цистерну. Приведение дифферента ПЛ к заданному значению производится перемещением сжатым воздухом определенного количества воды из одной дифферентной цистерны в другую. Чтобы обеспечить возможность перераспределения воды при поддифферентовках, уравнильные и дифферентные цистерны никогда полностью водой не заполняются.

**Система воздуха высокого давления (ВВД)** предназначена для пополнения и хранения запасов ВВД, а также для подачи его потребителям. Система состоит из баллонов для хранения запасов ВВД, компрессоров для получения ВВД и трубопроводов с арматурой. На подводных лодках используется сжатый воздух давлением от 200 до 400 Н/см<sup>2</sup>. Он обеспечивает применение оружия, продувание ЦГБ при всплытии ПЛ, создание воздушной подушки (противодавления) в отсеках при заполнении их водой во время аварии, использование аварийно-спасательных устройств, наполнение пусковых баллонов дизелей, получение воздуха среднего давления для других нужд.

**Система воздуха среднего давления (ВСД)** предназначена для обеспечения дифферентовки ПЛ, перемешивания электролита в аккумуляторах, подачи пресной воды потребителям и для обеспечения работы различных пневматических устройств.

Источником ВСД служит корабельный запас ВВД. Система ВСД состоит из устройств для снижения давления воздуха до рабочих значений (редукторы, дроссельные клапаны) и воздухопровода с арматурой для подачи ВСД потребителям.

**Системы водоотливная и заполнения** обеспечивают аварийное осушение отсеков, осушение трюмов, цистерн грязной воды, шахт



перископов, аккумуляторных ям, осушение и заполнение уравнительных, дифференциальных, топливных, заместительных и других цистерн, а также подачу забортной воды к пожарным рожкам в надстройке.

**Система гидравлических приводов** служит для приведения в действие и управления устройствами и механизмами ПЛ, обеспечивающими ее маневрирование по курсу, погружение, всплытие, удержание и изменение глубины плавания, применение оружия. Типовая система гидравлических приводов включает в себя насосные установки, гидравлические наполнительные механизмы (прессы) с органами управления, трубопроводы с арматурой, приборы контроля и сигнальные устройства. В качестве рабочей жидкости в системе применяются специальные негорючие жидкости под давлением.

**Системы вентиляции, кондиционирования, регенерации и средства очистки воздуха** предназначены для поддержания в отсеках ПЛ комфортной воздушной среды по газовому составу, чистоте, температуре и влажности.

**Система вентиляции** (вдувная и вытяжная) обеспечивает вентиляцию помещений ПЛ в атмосферу в надводном положении и на перископной глубине. В подводном положении, на глубинах более перископной, система вентиляции обеспечивает перемешивание воздуха между отсеками, что позволяет снизить концентрацию водорода, уравнивать давление и температуру воздуха в них.

**Система кондиционирования** поддерживает благоприятную температуру и влажность воздуха в отсеках. В подводном положении она работает совместно с системой регенерации воздуха.

**Система регенерации** пополняет воздух в отсеках кислородом (до 18...20%) и удаляет из него углекислый газ, содержание которого не должно превышать 1%.

**Средства очистки** позволяют очищать воздух в отсеках ПЛ от вредных примесей, паров и неприятных запахов с помощью различных фильтров и поглотителей.

Контроль состава воздуха в отсеках ПЛ осуществляется автоматическими газоанализаторами, которые показывают концентрацию кислорода, углекислоты, оксида углерода и водорода.

**Санитарные и бытовые системы и устройства** обеспечивают бытовые нужды личного состава ПЛ. К ним относятся системы пресной, питьевой и сточной воды, система отопления, а также гальюнное и мусоровывбрасывающее устройства.

**Торпедное устройство** состоит из торпедных аппаратов, торпедопогрузочного устройства, приспособлений для погрузки, хранения,

выгрузки торпед и перезарядки торпедных аппаратов, системы беспырной торпедной стрельбы. Погрузка и выгрузка мин производится с помощью тех же устройств и несложных дополнительных приспособлений.

**Устройство РДП** (работы дизеля под водой) позволяет дизельной ПЛ идти под дизелями в подводном положении на перископной глубине, заряжать аккумуляторную батарею, вентилировать отсеки и пополнять запасы сжатого воздуха. При движении под РДП повышается скрытность подводной лодки при этих операциях. На АПЛ аналогичное устройство обеспечивает работу компрессоров по пополнению запасов ВВД под водой (РКП).

**Рулевое устройство** предназначено для обеспечения управляемости ПЛ в двух плоскостях. Оно состоит из устройства вертикального руля для маневрирования по курсу (в горизонтальной плоскости) и устройства горизонтальных рулей (носовых и кормовых), позволяющих ПЛ перемещаться в вертикальной плоскости.

**Якорное, швартовочное и буксирное устройства** обеспечивают постановку ПЛ на якорь и снятие с него в надводном и подводном положениях, швартовку к причалу или к борту плавучей базы, буксировку ПЛ, не имеющей хода.

**Перископные устройства** служат для визуального наблюдения с перископной глубины за горизонтом, поверхностью моря, воздушным пространством и побережьем в пределах видимости, обеспечиваемой оптическими средствами. Кроме того, перископное устройство обеспечивает визуальное наблюдение цели при выполнении торпедных атак. Обычно подводные лодки имеют два перископа: командирский, или перископ атаки, и зенитный – для наблюдения за воздушным пространством.

**Выдвижные антенные устройства** предназначены для обеспечения радиосвязи и радиотехнического наблюдения с перископной глубины. К ним относятся выдвижные устройства радиоантенн, антенны поисковой радиолокационной станции, радиолокационной станции обнаружения, радиопеленгатора.

**Аварийно-спасательные устройства** предназначены для оказания помощи аварийной ПЛ, спасения ее личного состава и подъема затонувшей ПЛ на поверхность, если она не может самостоятельно всплыть. К ним относятся устройства для подачи сигналов с аварийной ПЛ, устройства для поддержания жизнедеятельности личного состава в аварийной ПЛ, устройства для индивидуального спасения личного состава и устройства для подъема затонувшей ПЛ.

Сигнал об аварии и невозможности самостоятельного всплытия подается на поверхность путем отдачи аварийно-сигнального буй (АСБ), который обозначает место затонувшей ПЛ. Аварийно-сигнальный буй снабжен телефонным аппаратом и сигнальной лампой. При невозможности использования АСБ для подачи сигналов о местонахождении аварийной ПЛ применяют гидроакустическую аппаратуру, дымовые шашки, выпускают воздушные пузыри, масляные пятна и т.п.

Жизнедеятельность личного состава в аварийной ПЛ обеспечивается аварийными запасами пищи и воды; средствами регенерации воздуха; возможностью подачи воздуха с надводного корабля по специальным шлангам; передачей пресной воды и средств регенерации водолазом через шлюзовые рубки, люки и торпедные аппараты.

Если ПЛ не может всплыть на поверхность самостоятельно или с помощью кораблей-спасателей, то принимаются все необходимые меры для выхода личного состава из затонувшей ПЛ на поверхность. Выход на поверхность возможен из отсеков через аварийные люки, через боевую рубку и торпедные аппараты путем их шлюзования. Для выхода из затонувшей ПЛ каждый член экипажа снабжается изолирующим снаряжением подводника (ИСП), включающим индивидуальный дыхательный аппарат и гидрокомбинезон.

Основным средством спасения экипажей современных атомных ПЛ, терпящих бедствие под водой, являются камеры спасательные всплывающие (КСВ). Они рассчитаны на весь личный состав, снабжены запасом продовольствия и воды, радиостанцией и имеют достаточную плавучесть для самостоятельного всплытия в надводное положение с глубины вплоть до предельной. КСВ располагаются в центральной части ПЛ в районе центрального поста.

### ***Библиографический список***

1. *Устройство надводного корабля* / Е.В. Бондаренко [и др.]; ГМТУ. СПб., 1994.
2. *Гретченко, А.Т.* Устройство и живучесть корабля / А.Т. Гретченко, Ю.И. Дорошук; ВВМИУ им. Дзержинского. СПб., 1991.
3. *Справочник по теории корабля* / В.Ф. Дробленков [и др.]. М.: Воениздат, 1984.
4. *Житницкий, М.И.* Устройство корабля: В 2 ч. / М.И. Житницкий; ВВМУ им. Фрунзе. СПб., 1981.
5. *Житницкий, М.И.* Электрические установки надводных кораблей / М.И. Житницкий; ВВМУ им. Фрунзе. СПб., 1982.
6. *Справочник корабельного инженера-механика* / М.И. Румянцев [и др.]. М.:

Воениздат, 1984.

7. *Руководство по борьбе за живучесть надводного корабля (РБЖ-НК-81).* М.: Воениздат, 1982.

8. *Самолетов, А.И. Устройство и живучесть надводного корабля / А.И. Самолетов, И.И. Украинцев.* М.: Воениздат, 1987.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
1. СТАТИКА КОРАБЛЯ.....	4
1.1. Основные сведения по геометрии корпуса корабля.....	4
1.2. Теоретический чертеж корпуса корабля.....	5
1.3. Главные размеры (размерения) корабля.....	7
1.4. Соотношение главных размеров и коэффициенты теоретического чертежа.....	9
1.5. Плавуемость.....	10
1.6. Остойчивость.....	13
1.7. Непотопляемость.....	18
2. ДИНАМИКА КОРАБЛЯ.....	21
2.1. Ходкость.....	21
2.2. Управляемость.....	24
2.3. Качка. Успокоители качки.....	27
3. УСТРОЙСТВО КОРАБЛЯ.....	30
3.1. Корпус корабля.....	30
3.2. Прочность корпуса.....	33
3.3. Системы набора корпуса.....	36
4. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ КОРАБЛЯ.....	42
4.1. Назначение и состав корабельных энергетических установок.....	42
4.2. Требования, предъявляемые к энергетическим установкам.....	44
4.3. Состав и принцип действия основных типов ЭУ.....	45
5. ОБЩЕКорабЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И СИСТЕМЫ.....	55
5.1. Общекорабельные устройства.....	55
5.2. Общекорабельные системы.....	60
5.3. Общее расположение корабля.....	67
6. ОСНОВЫ БОЕВОЙ ЗАЩИТЫ КОРАБЛЯ.....	70
6.1. Понятие о боевой защите.....	70
6.2. Основные направления конструктивной защиты корабля от ударных сотрясений.....	73
7. ЖИВУЧЕСТЬ КОРАБЛЯ.....	85
7.1. Основное содержание борьбы за живучесть.....	85
7.2. Взрыво- и пожаробезопасность.....	88
7.3. Борьба за непотопляемость.....	91
7.4. Живучесть оружия и технических средств.....	95
8. ПОНЯТИЕ ОБ УСТРОЙСТВЕ ПОДВОДНОЙ ЛОДКИ.....	98
8.1. Особенности конструкции корпуса.....	98
8.2. Расположение вооружения и основных технических средств.....	100
8.3. Назначение основных общекорабельных систем и устройств.....	100
<i>Библиографический список.....</i>	<i>106</i>

*Марусов Дмитрий Викторович, Новиков Александр Владимирович,*

*Даниэль Сергей Владимирович*

## **Основы устройства надводного корабля**

Редактор *А.А. Баутдинова*

Корректор *Л.А. Петрова*

Компьютерная верстка: *Н.А. Андреева*

Подписано в печать 4.05.2017. Формат 60×84/16. Бумага документная.

Печать трафаретная. Усл. печ. л 6,3. Тираж 100 экз. Заказ № 65

Балтийский государственный технический университет

Типография БГТУ

190005, С.-Петербург, 1-я Красноармейская ул., д. 1