

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Морской институт

Т.Л. Чемакина, А.В. Кузьмина

ТЕОРИЯ И УСТРОЙСТВО СУДНА

Учебно-методическое пособие
к выполнению практических заданий

Севастополь
СевГУ
2016

УДК 629.5.01 (076.5)
ББК 39.42-01 я73
Ч42

Р е ц е н з е н т:

А.И. Раков – доктор технических наук, профессор

Чемакина Т.Л.

Ч42 Теория и устройство судна: учеб.-метод. пособие к выполнению практических заданий / Т.Л. Чемакина, А.В. Кузьмина. – Севастополь: СевГУ, 2016. – 60 с.

Целью учебно-методического пособия является оказание методической помощи студентам направления подготовки 26.05.07 Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики при выполнении практических заданий по дисциплине «Теория и устройство судна».

УДК 629.5.01 (076.5)
ББК 39.42-01 я73

Учебно-методическое пособие рассмотрено и утверждено на заседании кафедры «Океанотехника и кораблестроения» (протокол № 2 от 5 февраля 2016 г.)

© Чемакина Т.Л.,
Кузьмина А.В., 2016
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет»,
2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
<i>Практическая работа № 1. Изучение различных форм носовой и кормовой оконечностей судна. Главные размерения судна. Коэффициенты полноты</i>	5
<i>Практическая работа № 2. Плавучесть судна</i>	14
<i>Практическая работа № 3. Начальная остойчивость судна</i>	18
<i>Практическая работа № 4. Остойчивость судна на больших углах наклона</i>	22
<i>Практическая работа № 5. Сопротивление воды движению судна</i>	26
<i>Практическая работа № 6. Прочность корпуса судна. Конструкция корпуса стального судна</i>	29
<i>Практическая работа № 7. Определение судового снабжения по правилам МРС</i>	42
Литература	51
<i>Приложение А. Калибр и масса одного погонного метра якорной цепи</i>	52
<i>Приложение Б. Основные характеристики судов</i>	53
<i>Приложение В. Конструктивные мидель-шпангоуты различных типов судов</i>	56

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие может быть использовано студентами всех форм обучения направления подготовки 26.05.07 «Эксплуатация судового электрооборудования и средств автоматики» в качестве руководства при выполнении практических заданий по дисциплине «Теория и устройство судна». Учебно-методическое пособие позволяет ознакомить студентов с основными понятиями геометрии судна: главными размерениями, их соотношениями, коэффициентами полноты судна и их практическим применением при проектировании и эксплуатации судов. Также с плавучестью судна, начальной остойчивостью, остойчивостью судна на больших углах наклона, сопротивлением воды движению судна, прочностью корпуса, конструкцией корпуса стального судна, определением судового снабжения по правилам Морского Регистра Судоходства. Студенты имеют возможность изучить конструктивные мидель-шпангоуты различных типов судов.

Практическая работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ НОСОВОЙ И КОРМОВОЙ ОКОНЕЧНОСТЕЙ СУДНА. ГЛАВНЫЕ РАЗМЕРЕНИЯ СУДНА. КОЭФФИЦИЕНТЫ ПОЛНОТЫ

Цель работы – изучить различные формы носовой и кормовой оконечностей судна, ознакомить студентов с основными понятиями по геометрии судна: главными размерениями, их соотношениями, коэффициентами полноты судна и их практическим применением при проектировании и эксплуатации судов.

1.1. Теоретический раздел

Форма носа и кормы является признаком, определяющим архитектурно-конструктивный тип судна. Наиболее часто встречаются следующие формы носовой оконечности (рис. 1.1):

- прямой наклонный форштевень (а);
- нос судна ледового плавания (б);
- нос ледокола (в);
- клиперский нос с бульбом пассажирских судов (г);
- бульбообразный нос (д);
- цилиндрический нос супертанкера (е);
- ложкообразный нос малого судна (ж).

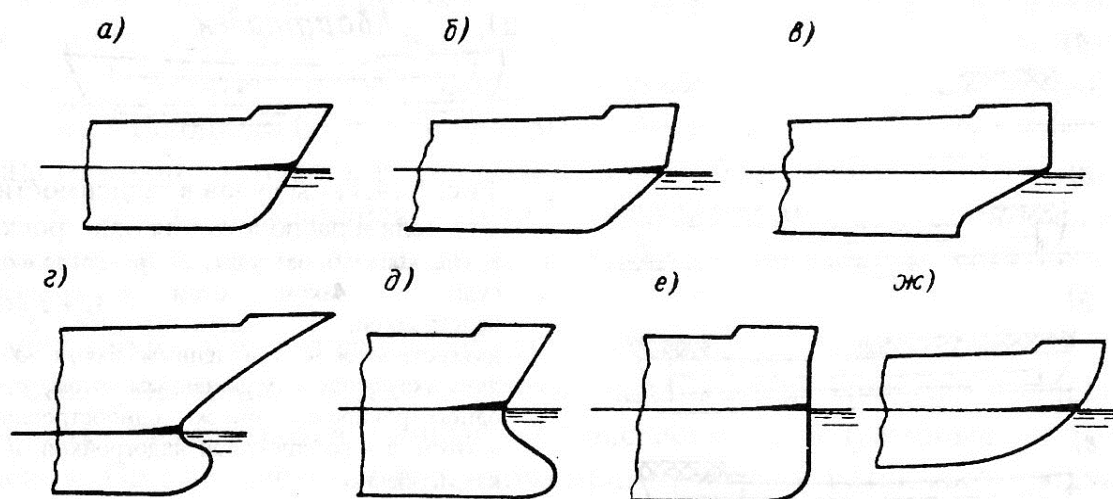


Рис. 1.1. Формы носовой оконечности судна

Крейсерская форма кормовой оконечности судна (рис. 1.2, а) характерна для судов довоенной постройки, пассажирских судов, крейсеров и т.д. Эта форма улучшает внешний вид судна, но достаточно сложна в постройке (двойная кривизна обшивки). Наиболее древняя форма кормовой оконечности – **эллиптическая**, или **обычная** (рис. 1.2, б). Она характеризуется обтекаемой (двойкой кривизны) подводной частью корпуса и конической надводной частью (образующая – прямая, на рисунке видна линия перехода). **Транцевая** форма кормы упрощает строительство и позволяет улучшить расположение швартовного оборудования и облегчить швартовку в кормовой части судна (рис. 1.2, в).

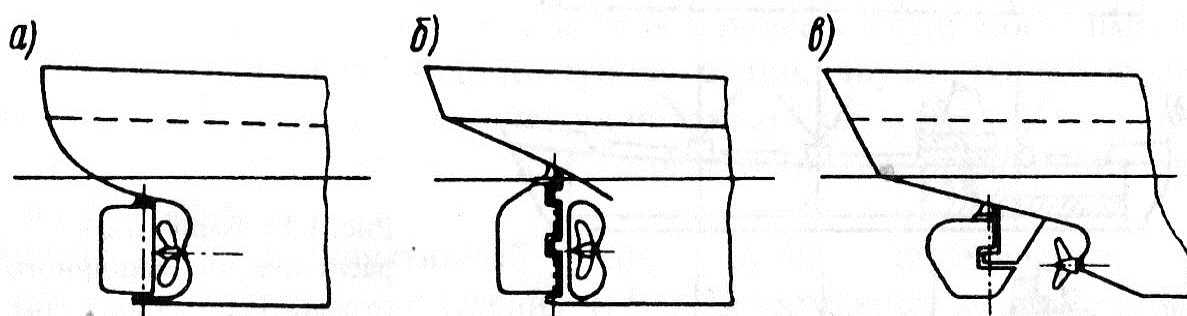


Рис. 1.2. Формы кормовой оконечности

1.2.Порядок выполнения работы

Работа выполняется по индивидуальным заданиям из раздела 1.3. данной практической работы, либо по заданиям, выданным преподавателем дополнительно.

Изучив формы носовой и кормовой оконечностей, выполнить эскиз общего расположения судна на листе формата А4 (как показано на рис. 1.3). Выполнить все необходимые надписи чертежным шрифтом в соответствии с требованиями ЕСКД.

Форму корпуса судна характеризуют главные размерения, к которым относятся следующие размеры корпуса судна, изображенные на рис. 1.4.

Главные размерения показывают размеры корпуса по длине, ширине, высоте и осадке. С учетом многообразия обводов судна, для установления главных размерений выработаны нормы, которые нашли свое отражение в различных Международных конвенциях и Правилах классификационных обществ.

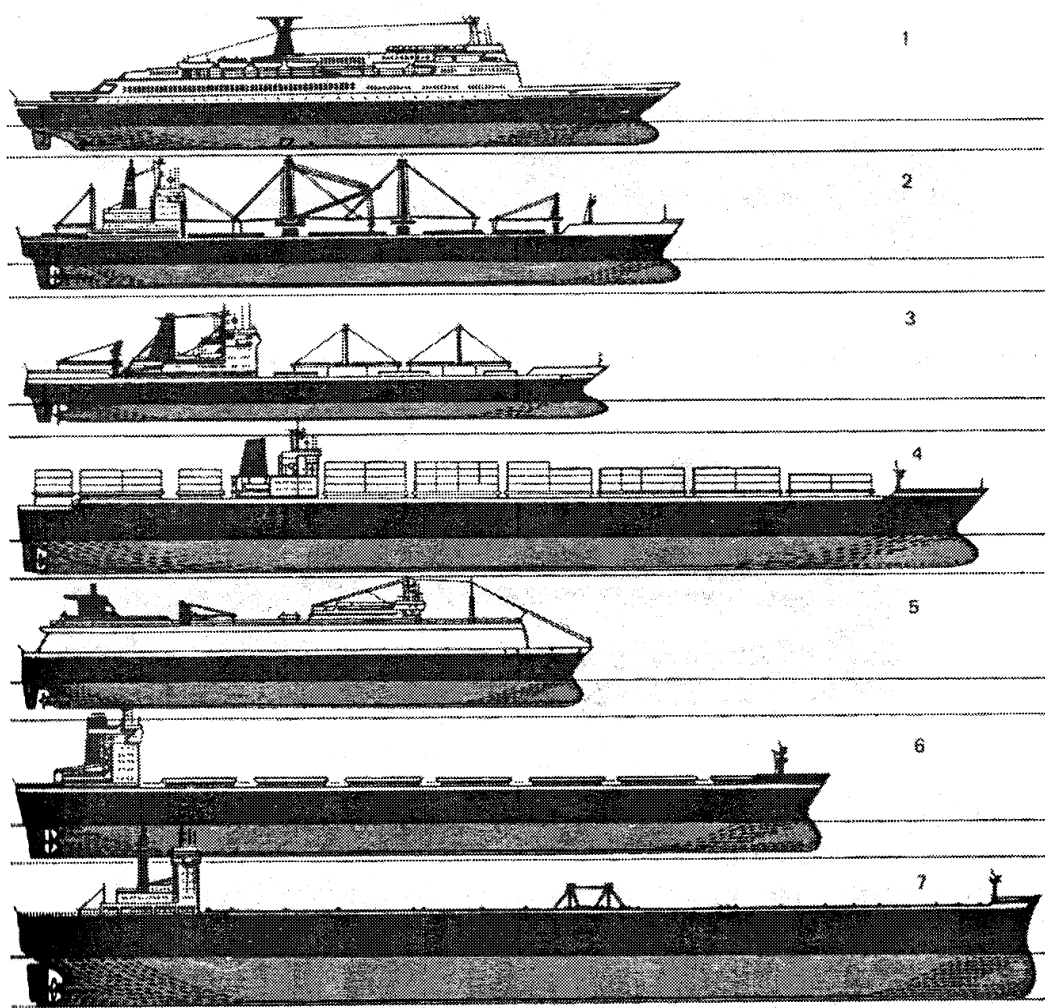


Рис. 1.3. Транспортные суда (1 – пассажирское судно;
2 – сухогрузное судно; 3 – рефрижераторное судно; 4 – контейнеровоз;
5 – автомобилевоз; 6 – балкер-нефтевоз; 7 – нефтетанкер)

Конструктивная ватерлиния (КВЛ или ГВЛ) – условная ватерлиния, соответствующая полному расчетному водоизмещению судна.

Длина по конструктивной ватерлинии ($L_{КВЛ}$) – расстояние, измеренное в плоскости КВЛ между точками её пересечения с ахтерштевнем и форштевнем в ДП, м.

Длина между перпендикулярами (L_{PP}) – расстояние, измеренное в плоскости конструктивной ватерлинии между носовым и кормовым перпендикулярами, м.

Длина по ватерлинии ($L_{ВЛ}$, L_{WL} , L) – длина, измеренная аналогично КВЛ для любой осадки судна, м.

Длина по грузовой ватерлинии ($L_{ГВЛ}$) – длина по грузовой ватерлинию, м.

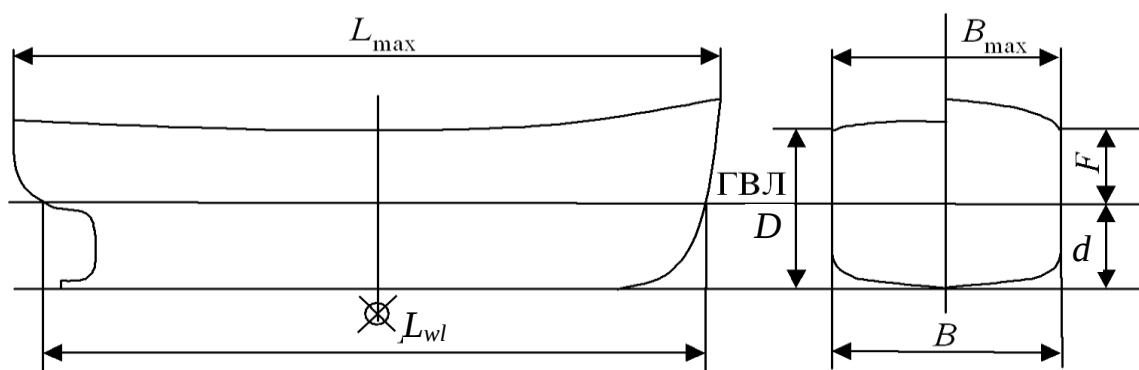


Рис. 1.4. Главные размеры судна

Длина наибольшая ($L_{НБ}$, L_{WL}) – расстояние, измеренное в горизонтальной плоскости между крайними точками носовой и кормовой оконечностями корпуса без выступающих частей, м.

Ширина (B) – расстояние, измеренное на мидель-шпангоуте между теоретическими поверхностями бортов на уровне конструктивной или грузовой ватерлинии, м.

Ширина наибольшая ($B_{НБ}$) – расстояние, измеренное между крайними точками корпуса без учета выступающих частей, м.

Высота борта (D) – вертикальное расстояние, измеренное на середине длины судна от горизонтальной плоскости, проходящей через точки пересечения килевой линии с плоскостью мидель-шпангоута до бортовой линии верхней палубы, м.

Осадка (d) – вертикальное расстояние, измеренное в плоскости мидель-шпангоута от основной плоскости конструктивной или грузовой ватерлинии, м.

Осадки носом (d_N) и кормой (d_K) измеряются на носовом и кормовом перпендикулярах до ватерлинии, м.

Средняя осадка (d_{cp}) – измеряется от основной плоскости до ватерлинии на середине длины судна или определяется по соотношению, м:

$$d_{cp} = \frac{d_N + d_K}{2}. \quad (1.1)$$

Надводный борт ($D-d$) – расстояние, измеренное по вертикали у борта на середине длины судна от верхней кромки палубной линии до верхней кромки горизонтальной линии, соответствующей грузовой марки, то есть высоте корпуса над водой, м.

Погибь бимса (f_b), м, обычно принимают 1/50 ширины судна на теске шпангоута.

Кормовой перпендикуляр (КП) – линия пересечения диаметральной плоскости с вертикальной поперечной, проходящей через точку пересече-

ния от оси баллера с плоскостью КВЛ. На теоретическом чертеже совпадает с нулевым теоретическим шпангоутом.

Носовой перпендикуляр (НП) – линия пересечения ДП с вертикальной поперечной плоскостью, проходящей через крайнюю носовую точку КВЛ.

Ординаты седловатости (f_n, f_k), м, измеряются на носовом и кормовом перпендикуляре соответственно. Стандартная седловатость определяется Правилами о грузовой марке.

Теоретический чертеж судна задает обводы судна. Коэффициенты, численно выражающие полноту этих обводов, называются коэффициентами полноты. Зная коэффициенты полноты подводной части судна, можно по известным главным размерениям судна определить площади его сечений и объем подводной части.

Характеристики формы корпуса могут быть описаны соотношениями главных размерений и коэффициентами полноты. Соотношения и коэффициенты, если особо не оговорено, приводятся обычно по осадке, соответствующую конструктивной ватерлинии.

Отношение длины к ширине (L/B). Влияет главным образом на ходкость судна, остойчивость, его маневренные качества.

Отношение длины к высоте борта (L/D). Это отношение имеет решающее значение для продольной прочности и изгиба корпуса судна.

Отношение ширины судна к осадке (B/d). Определяет в первую очередь поперечную остойчивость, влияет также и на ходкость судна.

Отношение высоты борта к осадке (D/d). Характеризует запас плавучести, существенно влияет на остойчивость – начальную и на больших углах крена. Чем больше отношение D/d , тем больше надводный борт.

Отношение D/d также влияет на валовую и чистую вместимость судна.

Различают следующие основные коэффициенты полноты подводной части судна:

Коэффициент полноты ватерлинии C_{WL} – отношение площади ватерлинии к площади описанного прямоугольника

$$C_{WL} = \frac{S}{L \cdot B}, \quad (1.2)$$

где S – площадь ватерлинии, м²;

L – длина судна по ватерлинии, м;

B – ширина судна по ватерлинии, м.

Коэффициент полноты мидель-шпангоута C_m – отношение площади мидель-шпангоута к площади описанного прямоугольника

$$C_m = \frac{\omega}{\hat{A} \cdot d}, \quad (1.3)$$

где ω – площадь мидель-шпангоута, м²;

d – осадка судна, м.

Коэффициент полноты водоизмещения (коэффициент общей полноты) C_B – отношение объема подводной части судна к объему описанного прямоугольного параллелепипеда

$$C_B = \frac{V}{L \cdot B \cdot d}, \quad (1.4)$$

где V – объем подводной части судна, м³.

Коэффициент продольной полноты C_p – отношение объема подводной части судна к объему цилиндра, площадь основания которого равна площади мидель-шпангоута, а высота – длине судна

$$C_p = \frac{V}{\omega \cdot L} = \frac{C_B}{C_m}. \quad (1.5)$$

Коэффициент вертикальной полноты χ – отношение объема подводной части судна к объему цилиндра, площадь основания которого равна площади ватерлинии, а высота – осадке судна

$$\chi = \frac{V}{S \cdot d} = \frac{C_B}{C_{WL}}. \quad (1.6)$$

1.3. Индивидуальные задания

Задание 1.

Для смены гребного винта судну придают дифферент на нос. По условиям работы требуется осадка кормой, равная 1,87 м, а балластные цистерны могут создать дифферент 3,0 м. Определить, какие в этих условиях будут средняя осадка и осадка носом.

Задание 2.

Осадка судна на миделе равна 7,22 м, осадка носом 6,44 (5,89; 3,97; 5,74; 7,65) м. Определить осадку кормой и дифферент.

Задание 3.

Определить площадь ватерлинии, площадь мидель-шпангоута и объемное водоизмещение судна, если известны: длина судна 126,2 м, ширина судна 16,32 м, осадка 8,98 м, коэффициент полноты ватерлинии 0,872, коэффициент полноты мидель-шпангоута 0,977, коэффициент общей полноты 0,772.

Задание 4.

Определить значения всех коэффициентов полноты прямоугольного понтона, показанного на рис. 1.5. Какая форма должна быть у корпуса судна, у которого $C_{WL} = C_P = 1$. Какова связь между остальными коэффициентами полноты?

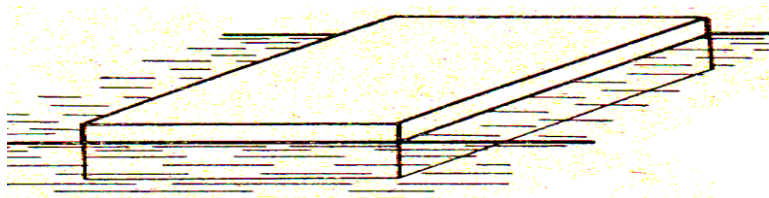


Рис. 1.5

Задание 5.

Определить коэффициенты полноты судна с прямостенными бортами (рис. 1.6), у которого $C_{WL} = 0,795$.

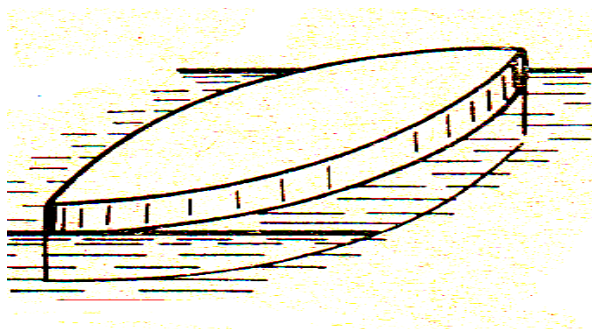


Рис. 1.6

Задание 6.

Определить коэффициенты полноты кругового цилиндра, плавающего без дифферента в вертикальном положении.

Задание 7.

Определить коэффициенты полноты сферического понтона, плавающего с осадкой, равной половине диаметра.

Задание 8.

Определить коэффициенты полноты судна призматической формы с поперечным сечением подводной части корпуса в виде треугольника с углом при вершине 90° (рис. 1.7).

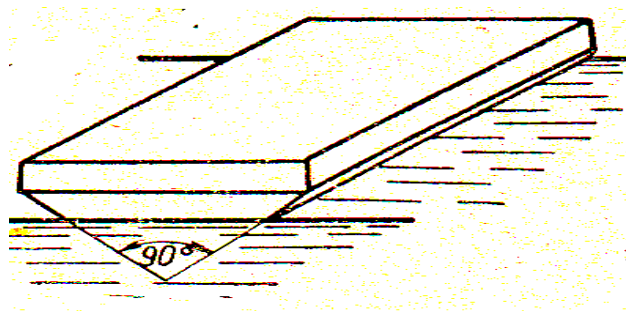


Рис. 1.7

Задание 9.

Расчетная осадка лесовоза равна 5,59 м, площадь ватерлинии 904 м², площадь мидель-шпангоута 71,6 м², коэффициент полноты ватерлинии 0,819, коэффициент полноты мидель-шпангоута 0,986. Определить длину и ширину судна.

Задание 10.

Определить коэффициенты полноты кругового цилиндра, плавающего без дифферента в горизонтальном положении.

Задание 11.

Чему равен коэффициент полноты ВЛ морского буксира с $L = 42,0$ м, $B = 9,40$ м, если после приема груза весом 27,2 т его осадка увеличилась на 9 см? Плотность воды за бортом $\gamma = 1025$ кгс/м³.

Задание 12.

Вычислить поправку к водоизмещению на плотность воды, если согласно измерениям ареометром $\gamma = 1015$ кгс/м³, а водоизмещение морского судна, определенное для данной осадки по грузовой шкале, составляет 2800 тс, что соответствует стандартному удельному весу 1025 кгс/м³.

Задание 13.

Определить длину, ширину и осадку китобойной базы водоизмещением 43800 м³ с $C_B = 0,823$; $L/B = 7,43$; $B/d = 2,56$.

Задание 14.

Подсчитать длину, ширину, площадь ватерлинии, площадь мидель-шпангоута контейнерного судна, если известно $V = 23400$ м³; $d = 8,84$ м; $B/d = 2,78$; $C_B = 0,701$; $C_{WL} = 0,793$; $C_m = 0,985$.

Задание 15.

Водоизмещение судна 39000 м³, расчетная длина 188,00 м, расчетная ширина 25,80 м, осадка 10,65 м. Вычислить коэффициент общей полноты корпуса.

Задание 16.

Найти расчетные длину и ширину грузового парохода, если известны $V = 4780 \text{ м}^3$, $C_B = 0,725$, $C_m = 0,976$ и $\omega = 70,2 \text{ м}^2$ при осадке $d = 5,53 \text{ м}$.

Задание 17.

Вычислить коэффициент вертикальной полноты речного судна с $L = 61,80 \text{ м}$, $B = 8,40 \text{ м}$, $d = 1,24 \text{ м}$, $C_{WL} = 0,870$, $C_B = 0,710$.

Задание 18.

Найти водоизмещение производственного рефрижератора с $d = 2,8 \text{ м}$; $L/B = 5,10$; $B/d = 3,39$; $C_B = 0,732$.

1.4. Содержание отчета

Отчет по каждому заданию должен содержать теоретическую часть с кратким пояснением всех входящих в формулы величин и расчетную часть. Отчет выполняется в ученической тетради в произвольной форме.

Отчет также должен содержать не менее трех эскизов общего расположения судна, выполненные на листе формата А4.

1.5. Контрольные вопросы

1. Перечислить формы носовой оконечности.
2. Перечислить формы кормовой оконечности.
3. Охарактеризовать эллиптическую форму кормовой оконечности.
4. Перечислить преимущества транцевой кормы.
5. Охарактеризовать главные размерения судна.
6. Что такое носовой и кормовой перпендикуляры?
7. Что такое погирь бимса?
8. Что такое седловатость палубы?
9. Охарактеризовать влияние отношения главных размерений на мореходные качества судна.
10. Что такое коэффициенты полноты судна?

Практическая работа № 2

ПЛАВУЧЕСТЬ СУДНА

Цель работы – ознакомить студентов с основными теоретическими понятиями по разделу теории судна «Плавучесть судна» и применением их при практических расчетах.

2.1. Теоретический раздел

Плавучестью судна называется способность судна находиться в определенном положении относительно поверхности воды [4, с. 26].

Под **запасом плавучести** понимается дополнительное количество груза, которое может принять судно до полного погружения.

Объем подводной части судна называется **объемным водоизмещением**. Вес судна, равный весу вытесненной им воды, называется **весовым водоизмещением судна**.

Между весовым и объемным водоизмещением существует зависимость

$$\Delta = \gamma \cdot V, \quad (2.1)$$

где Δ – весовое водоизмещение, т;

V – объемное водоизмещение, м³;

γ – удельный вес забортной воды, т/м³.

Уравнение плавучести – одно из основных уравнений теории корабля.

Второе условие – условие равновесия описывается двумя уравнениями

$$x_g = x_c; \quad y_g = y_c = 0. \quad (2.2)$$

Если в какой-либо момент одна из сил окажется больше, то под действием этой силы осадка и объем подводной части судна будут изменяться до тех пор, пока вес не будет равен силе поддержания [3, с. 68].

Вес вытесненной судном воды равен весовому водоизмещению судна. Следовательно,

$$\Delta = \sum_{i=1}^n P_i, \quad (2.3)$$

где n – число составляющих весовой нагрузки;

P_i – вес отдельных составляющих (корпус, механизмы, и т.д.)

Тогда координаты центра тяжести судна, м, будут равны

$$x_g = \frac{1}{\Delta} \sum_{i=1}^n P_i x_i, \quad (2.4)$$

$$y_g = \frac{1}{\Delta} \sum_{i=1}^n P_i y_i, \quad (2.5)$$

$$z_g = \frac{1}{\Delta} \sum_{i=1}^n P_i z_i, \quad (2.6)$$

где x_i, y_i, z_i – координаты центра тяжести составляющих весовой нагрузки;

$\sum_{i=1}^n P_i x_i; \sum_{i=1}^n P_i y_i; \sum_{i=1}^n P_i z_i$ – статические моменты инерции весов относительно основных плоскостей YOZ, XOZ, XOY.

2.2. Порядок выполнения работы

Работа выполняется по индивидуальным заданиям из раздела 2.3. данной практической работы, либо по заданиям, выданным преподавателем дополнительно.

2.3. Индивидуальные задания

Задание 1.

Перед началом грузовых работ водоизмещение судна равнялось 3860 т, координаты центра тяжести $X_{g0} = -3$ м, $Y_{g0} = 0,1$ м, $Z_{g0} = 5,8$ м.

Определить водоизмещение и координаты центра тяжести судна после приема следующих грузов: $P_1 = 360$ т, $X_1 = 28$ м, $Y_1 = 2,0$ м, $Z_1 = 5,6$ м; $P_2 = 120$ т, $X_2 = 21$ м, $Y_2 = -3,0$ м, $Z_2 = 6,4$ м; $P_3 = 230$ т, $X_3 = -16$ м, $Y_3 = -2,0$ м, $Z_3 = 6,6$ м; $P_4 = 180$ т, $X_4 = -32$ м, $Y_4 = 0$ м, $Z_4 = 6,2$ м.

Задание 2.

Определить объемное водоизмещение судна весом 44000 т, учитывая влияние воздушной среды, если объем всех судовых конструкций и грузов равен 8000 м³. Удельный вес воды 1025 кг/м³, удельный вес воздуха 1,2 кг/м³.

Задание 3.

Найти осадку плавучей базы после расходования 440 т топлива и 215 т пресной воды, если известны: начальная осадка равная 8,22 м, длина 142,00 м, ширина 20,00 м, высота борта 11,6 м, коэффициент полноты ватерлинии 0,813, коэффициент общей полноты судна 0,690, удельный вес воды 1020 кг/м³.

Задание 4.

Вычислить поправку к водоизмещению на плотность воды, если согласно измерениям ареометром удельный вес воды равен 1015 кг/м³, а во-

доизмещение морского судна, определенное для данной осадки по грузовой шкале, составляет 2800 т, что соответствует стандартному удельному весу воды равному 1025 кг/м^3 .

Задание 5.

Определить осадку прямоугольного понтона длиной 40 м и шириной 15 м, при водоизмещении $\Delta = 680 \text{ т}$ и удельном весе воды 1022 кг/м^3 .

Задание 6.

Как изменится посадка и начальная остойчивость контейнерного судна водоизмещением 20 000 тс, если переместить контейнеры весом по 10 т из трюма ($x_1 = -40 \text{ м}$, $y_1 = 0$, $z_1 = 4 \text{ м}$) на палубу ($x_2 = 26 \text{ м}$, $y_2 = 3,8 \text{ м}$; $z_2 = 14,3 \text{ м}$)? Начальная поперечная метацентрическая высота 0,69 м, продольная – 197 м. Число контейнеров $n = 50; 45; 40; 35; 30$.

Задание 7.

Чему равен коэффициент полноты ватерлинии морского буксира $L = 42,0 \text{ м}$, $B = 9,40 \text{ м}$, если после приема груза весом 27,2 т его осадка увеличилась на 9 см? $\gamma = 1025 \text{ кг/м}^3$.

Задание 8.

На экваторе ускорение сил тяжести составляет 0,997 его значения в умеренных широтах. Будет ли отличаться осадка двух одинаковых судов, плавающих в этих широтах?

Задание 9.

Определить весовое водоизмещение судна после десятисуточного перехода и пятидневной стоянки под выгрузкой, если перед выходом в рейс водоизмещение составляло $\Delta = 1866 \text{ тс}$. Из трюма выгружено 1300 м^3 груза с удельной погрузочной кубатурой $1,8 \text{ м}^3/\text{т}$; суточный расход топлива на ходу 2,8 т, на стоянке 0,4 т, суточный расход воды 5 т.

Задание 10.

Определить объемное водоизмещение судна весом 34000 т, учитывая влияние воздушной среды, если объем всех судовых конструкций и грузов равен 7000 м^3 . Удельный вес воды 1025 кг/м^3 , удельный вес воздуха $1,2 \text{ кг/м}^3$.

2.4. Содержание отчета

Отчет по каждому заданию должен содержать теоретическую часть с кратким пояснением всех входящих в формулы величин и расчетную часть. Отчет выполняется в ученической тетради в произвольной форме.

2.5. Контрольные вопросы

1. Дать определение весового и объемного водоизмещения судна.
2. Что называется плавучестью судна?
3. Что такое запас плавучести?
4. Написать уравнение плавучести.
5. Дать определение сил поддержания.
6. Что такое центр тяжести?
7. Что такое центр величины?

Практическая работа № 3

НАЧАЛЬНАЯ ОСТОЙЧИВОСТЬ СУДНА

Цель работы – ознакомить студентов с основными теоретическими понятиями о начальной остойчивости судна и практическом применении расчетов начальной остойчивости при эксплуатации судов.

3.1. Теоретический раздел

Остойчивость – это способность судна, выведенного из положения равновесия под действием какого-либо кренящего момента, возвращаться в исходное положение при прекращении действия этого момента.

Отклонение судна от положения равновесия в поперечной плоскости называется креном, в продольной – **дифферентом**.

Начальная остойчивость – это остойчивость на малых углах крена до $7... 10$ градусов.

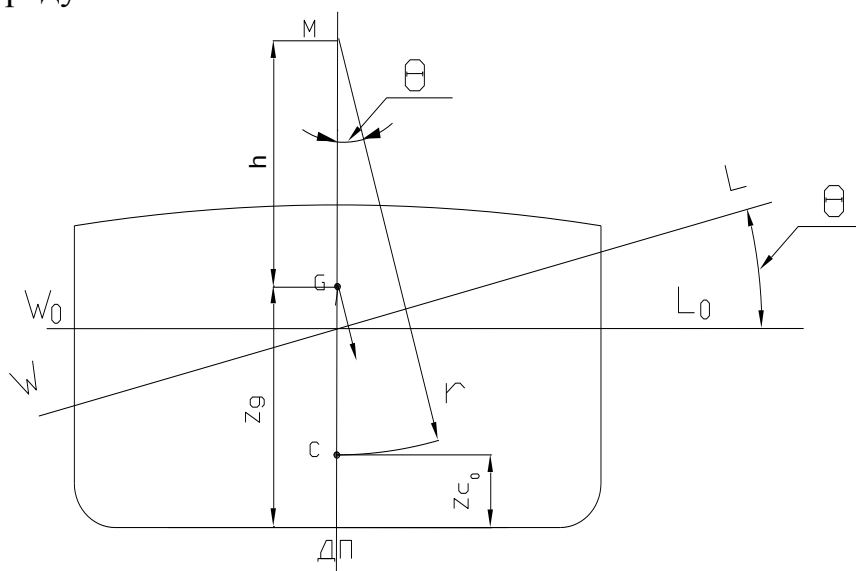


Рис. 3.1. Элементы начальной остойчивости при крене

Метацентрическим радиусом называется радиус кривой, по которой происходит перемещение центра величины, а центр перемещения называется **метацентром**. Если происходит наклонение судна, то перемещение центра величины происходит по метацентрическому радиусу, который называется малым или поперечным при крене – r , м, при дифференте – большим или продольным R , м.

Возвышение метацентра над центром тяжести судна называется **метацентрической высотой**: поперечной – h , м, и продольной – H , м, которые определяются по формулам

$$h = r + z_C - z_g, \quad (3.1)$$

$$H = R + z_C - z_g, \quad (3.2)$$

где z_C – аппликата центра величины, м;
 z_g – аппликата центра тяжести, м;
 R – продольный метацентрический радиус, м;
 r – поперечный метацентрический радиус, м.

$$r = \frac{I_x}{V}, \quad (3.3)$$

$$R = \frac{I_f}{V}, \quad (3.4)$$

где I_x – момент инерции площади ватерлинии (ВЛ) относительно главной продольной оси, м⁴;
 I_f – момент инерции площади ВЛ относительно главной поперечной оси, м⁴;
 V – объемное водоизмещение, м³.

$$I_f = I_y - S \cdot x_f^2, \quad (3.5)$$

где I_y – момент инерции площади ВЛ относительно оси координат, м⁴;
 x_f – абсцисса центра тяжести площади ватерлинии, м;
 S – площадь ватерлинии, м²;

$$S = \frac{V}{d} \cdot 1/\chi, \quad (3.6)$$

$$\chi = \frac{V}{S \cdot d}, \quad (3.7)$$

где d – осадка судна, м;
 χ – коэффициент вертикальной полноты судна.

3.2. Порядок выполнения работы

Работа выполняется по индивидуальным заданиям из раздела 3.3 данной практической работы, либо выданным преподавателем дополнительно.

3.3. Индивидуальные задания

Задание 1.

Найти метацентрические высоты плавающего в пресной воде понтона, имеющего форму ромба с прямостенными бортами, длина которого 40 м,

ширина 18 м, водоизмещение 1080 т, если центр тяжести его с грузом возвышается над основной плоскостью на 5 м.

Задание 2.

Определить какое судно обладает положительной остойчивостью, обосновать почему, изобразить графически, если известны следующие аппликаты центра тяжести и метacentра: $Z_{g1} = 5,2$ м, $Z_{m1} = 4,8$ м; $Z_{g2} = 4,6$ м, $Z_{m2} = 4,6$ м; $Z_{g3} = 4,2$ м, $Z_{m3} = 5,1$ м,

Задание 3.

Определить, как изменится посадка судна, крен и дифферент понтона длиной 40 м, водоизмещением 1080 т, если груз весом 110 т, перенести из трюма ($X_1 = -3$ м, $Y_1 = -1$ м, $Z_1 = 0,8$ м) на палубу в точку с координатами ($X_2 = 3$ м, $Y_2 = 0,4$ м, $Z_2 = 2,2$ м). Известно, что начальная метацентрическая высота $h = 1,0$ м, $H = 18,9$ м.

Задание 4.

Китобойное судно имеет длину 60 м, ширину 9,48 м, осадку 4 м, коэффициент общей полноты 0,465. При посадке судна по ГВЛ, момент инерции площади ВЛ относительно главной продольной оси равен 2350 м⁴.

Определить поперечный метацентрический радиус.

Задание 5.

Определить величину продольного метацентрического радиуса, если известно, что момент инерции площади ВЛ относительно оси координат 25800 м⁴, а абсцисса центра тяжести площади ватерлинии равна $-0,75$. Длина судна 41,4 м, ширина 8,2 м, осадка 4 м, коэффициент общей полноты судна 0,54, коэффициент вертикальной полноты судна 0,68.

Задание 6.

Найти метацентрические высоты плавающего в пресной воде понтона ромбической в плане формы с прямостенными бортами (рис. 3.2), длина которого 40 м, ширина 18 м, весовое водоизмещение $\Delta = -1080$ тс, если ЦТ его с грузом возвышается над основной плоскостью на 5 м.

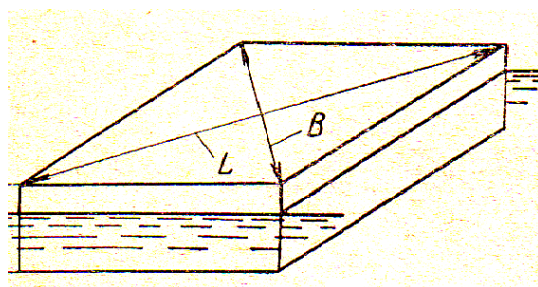


Рис. 3.2. Размещения судна ромбической формы

Задание 7.

Как изменятся начальная остойчивость, крен и дифферент понтона ромбической формы (рис. 3.1), если груз весом 110 *тс* перенесен из точки трюма с координатами $x_1 = -3$ м, $y_1 = -1$ м, $z = 0,8$ м на палубу в точку с координатами $x_2 = 3$ м, $y_2 = 0,4$ м, $z_2 = 2,2$ м.

3.4. Содержание отчета

Отчет по каждому заданию должен содержать теоретическую часть с кратким пояснением всех входящих в формулы величин и расчетную часть. Отчет выполняется в ученической тетради в произвольной форме.

3.5. Контрольные вопросы

1. Что называется остойчивостью судна?
2. Дать определение начальной остойчивости судна.
3. Что такое метацентр?
4. Что такое метацентрический радиус?
5. Виды метацентрических радиусов.
6. Что называется метацентрической высотой?
7. Написать формулу продольной метацентрической высоты.
8. Написать формулу поперечной метацентрической высоты.

Практическая работа № 4

ОСТОЙЧИВОСТЬ СУДНА НА БОЛЬШИХ УГЛАХ НАКЛОНЕНИЯ

Цель работы – ознакомить студентов с основными теоретическими понятиями по разделу теории судна «Остойчивость на больших углах наклона» и их практическом применении при расчетах по эксплуатации судов.

4.1. Теоретический раздел

Остойчивость различают **начальную и остойчивость на больших углах крена**, в зависимости от величины угла наклона. Остойчивость при углах наклона более $10^\circ \dots 12^\circ$ называется остойчивостью на больших углах наклона.

Остойчивость на больших углах дифферента не изучается, так как практически дифферент при больших углах крена не наблюдается.

Момент внешних сил, стремящихся наклонить судно, называется при поперечных наклонах **кренящим моментом $M_{кр}$** и при продольных наклонах – **дифферентующим моментом $M_{д.}$** Момент веса и сил поддержания, направленный против наклона судна, называется **восстанавливающим моментом $M_{в.}$**

Под действием двух равных и противоположно направленных моментов судно будет плавать, имея некоторый угол наклона. Как только действие кренящего или дифферентующего момента прекратится, восстанавливающий момент вернет судно в первоначальное положение равновесия.

Действием восстанавливающего момента и объясняется мореходное качество судна – остойчивость, т.е. способность судна возвращаться в положение равновесия после прекращения действия внешних сил, отклонивших его от этого положения.

Иногда в практических расчетах используется момент, кренящий судно на один градус, кНм/град, который определяется по формуле

$$m_{\theta} = \frac{\Delta \cdot h}{57,3}, \quad (4.1)$$

где Δ – весовое водоизмещение судна;

h – поперечная метацентрическая высота, м.

Что касается продольной остойчивости, то вместо момента, дифферентующего на один градус, используется момент, дифферентующий на 0,01 м (на 1 см), кНм:

$$m_v = \frac{\Delta \cdot H}{100 \cdot L}, \quad (4.2)$$

где Δ – весовое водоизмещение судна;

H – продольная метацентрическая высота, м;

L – длина судна, м.

В этом случае, угол крена судна при действии заданного кренящего момента, град., можно определить по формуле

$$\theta^0 = \frac{M_{KP}}{m_\theta} . \quad (4.3)$$

Плечо статической остойчивости, м, определяется выражением

$$l_\theta = l_\phi - l_g , \quad l_\theta = n\theta - a \cdot \sin \theta , \quad (4.4)$$

где l_ϕ – плечо формы, м;

l_g – плечо веса, м.

Плечо веса зависит только от положения центра тяжести судна по высоте и определяется

$$l_g = a_0 \cdot \sin \theta , \quad (4.5)$$

где a_0 – расстояние между центром тяжести G и центром величины C_0 , м.

$$a_0 = Z_g - Z_c , \quad (4.6)$$

где Z_g – аппликата центра тяжести, м;

Z_c – аппликата центра величины, м.

4.2. Порядок выполнения работы

Работа выполняется по индивидуальным заданиям из раздела 4.3 данной практической работы, либо выданным преподавателем дополнительно.

4.3. Индивидуальные задания

Задание 1.

Рефрижераторное судно имеет водоизмещение 5400 т, поперечную метацентрическую высоту 0,64 м. На судно действует кренящий момент 480 т·м. Определить угол крена судна.

Задание 2.

Вычислить величину момента, кренящего судно на один градус, если известны: длина судна 142 м, ширина 21 м, осадка 9,2 м, аппликата центра тяжести судна – 6,4 м, коэффициент общей полноты судна 0,71, и возвышение метацентра над основной плоскостью – 7,6 м. Судно находится в Охотском море и удельный вес воды равен 1,027 т/м³.

Задание 3.

Определить, чему равна поперечная метацентрическая высота судна, если под действием кренящего момента 4950 т·м, вызванного смещением зерна, при водоизмещении 35600 т у него возник крен 4,5 градуса.

Задание 4.

Вычислить плечо статической остойчивости, плечо остойчивости формы и веса, при крене судна равном 8 градусов, если известно, что момент инерции площади ватерлинии относительно главной продольной оси равен 1990 м⁴. Объемное водоизмещение судна равно 743 м³, возвышение центра величины судна над основной плоскостью составляет 1,97 м, а центра тяжести 3,62 м.

Задание 5.

Судно длиной 128 м, шириной 18,3 м, осадкой 5,5 м имеет крен 5 градусов при переносе крен-балласта с борта на борт. Коэффициент общей полноты судна равен 0,73, поперечная метацентрическая высота судна равна 0,9 м. Определить вес крен-балласта, если известно, что расстояние перемещения крен-балласта 12 м. Судно находится в речном районе.

Задание 6.

Определить реакцию грунта и поперечную метацентрическую высоту судна после посадки его на мель, при осадке носом 3,9 м и осадке кормой 4,5 м, если известно, что изначально судно не испытывало дифферента. Водоизмещение судна равно 5000 т, первоначальная осадка 4,6 м, а начальная метацентрическая высота равна 0,7 м. Число тонн приходящихся на 1 см осадки равно 13.

Задание 7.

Вычислить значение плеча остойчивости формы судна, диаграмма статической остойчивости которого дана на рис. 4.1 при $\Delta = 2800 \text{ тс}$, $h = 0,84 \text{ м}$, $z_c = 2,80 \text{ м}$, $z_g = 3,92 \text{ м}$ и $\theta = 20; 30; 40; 50; 60^\circ$.

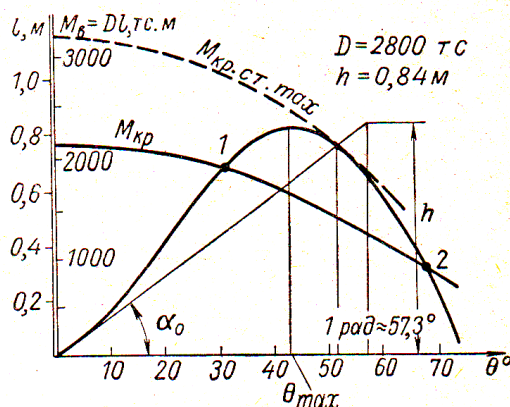


Рис. 4.1. Диаграмма статической остойчивости

Задание 8.

Какой наименьший статический постоянный момент опрокидывает грузопассажирское судно с $\Delta = 2800$ т и $h = 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 1,10$ м? Диаграмма статической остойчивости судна при том же водоизмещении, но другой метацентрической высоте дана на рис. 4.1.

Задание 9.

Какой наибольший статический кренящий момент постоянной величины выдерживает траулер при $\Delta = 493$ т и $z_g = 3,65; 3,70; 3,75; 3,80; 3,85$ м? Пользоваться рис. 4.2.

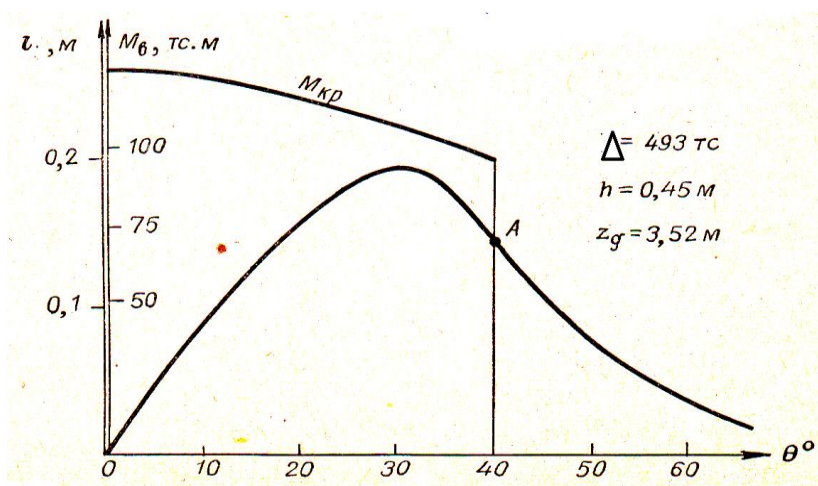


Рис. 4.2. Диаграмма статической остойчивости

Задание 10.

Какой наименьший статический постоянный момент опрокидывает грузопассажирское судно с $\Delta = 2800$ т и $h = 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 1,10$ м? Диаграмма статической остойчивости судна при том же водоизмещении, но другой метацентрической высоте дана на рис. 4.1.

4.4. Содержание отчета

Отчет по каждому заданию должен содержать теоретическую часть с кратким пояснением всех входящих в формулы величин и расчетную часть. Отчет выполняется в ученической тетради в произвольной форме.

4.5. Контрольные вопросы

1. Что называется кренящим моментом?
2. Что называется восстанавливающим моментом?
3. Что такое плечо статической остойчивости?
4. Что такое плечо веса? От чего зависит величина плеча веса?
5. Что такое плечо формы?

Практическая работа № 5

СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОДЫ ДВИЖЕНИЮ СУДНА

Цель работы – дать основные понятия по сопротивлению воды движению судна, ознакомить студентов с основными и дополнительными составляющими сопротивления.

5.1. Теоретический раздел

Движению судна препятствуют гидродинамические силы, называемые **сопротивлением воды**, и аэродинамические силы, называемые **сопротивлением воздуха**.

Уменьшение сопротивления воды и воздуха позволяет либо уменьшить мощность главных двигателей при той же скорости судна, либо увеличить скорость хода при той же мощности главных двигателей. В обоих случаях улучшаются технико-экономические показатели судна.

Составляющие сопротивления. При движении судна между водой и корпусом возникают силы трения, на преодоление которых затрачивается часть мощности главных двигателей. Проекция результирующей этих сил на направление движения судна представляет собой **сопротивление трения R_T , кН**.

Вследствие влияния вязкости воды на характер распределения гидродинамических давлений по корпусу судна возникает сопротивление, называемое **сопротивлением формы R_Φ , кН**.

При движении судна по свободной поверхности воды или вблизи нее возникают волны, вызывающие перераспределение давлений вдоль судовой поверхности. За этот счет возникает сопротивление, называемое **волновым сопротивлением R_B , кН**.

Суда имеют выступающие части и часть сопротивления воды, вызываемая ими, называется **сопротивлением выступающих частей $R_{B.ч}$, кН**.

Так как составляющая сопротивления трения учитывает сопротивление идеально гладкой поверхности, следует добавить часть сопротивления воды, учитывающую обрастание корпуса судна во время рейса, которая называется **сопротивлением шероховатости $R_{ш}$, кН**.

Таким образом, полное сопротивление движению судна **R , кН**, складывается из составляющих

$$R = R_T + R_\Phi + R_B + R_{B.ч} + R_{возд} + R_{ш}. \quad (5.1)$$

Так как сопротивление трения и формы обусловлены силами вязкости воды, их объединяют под общим названием вязкостного сопротивления **R_S , кН**, т.е.

$$R_S = R_\phi + R_m. \quad (5.2)$$

Сопротивление формы и волновое сопротивление объединяются под общим названием остаточного сопротивления R_0 , кН. Сопротивление формы и волновое сопротивление определяются опытным путем на модели. Таким образом,

$$R_0 = R_\phi + R_B. \quad (5.3)$$

Сопротивление выступающих частей и воздуха с необходимой точностью определяют опытным путем на модели судна.

Величины всех составляющих сопротивления воды зависят от скорости судна. Установлено, что сопротивление трения растет почти пропорционально квадрату скорости, а сопротивление формы – пропорционально квадрату скорости.

Быстроходность судна характеризуют некоторым числом, называемым числом Фруда F_r :

$$F_r = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L}}, \quad (5.4)$$

где v – скорость судна, м/с;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

L – длина судна, м.

Способность судна развивать определенную скорость хода при данной мощности главных двигателей и соответствующем движителе называется **ходкостью**.

5.2. Порядок выполнения работы

Работа выполняется по индивидуальным заданиям из раздела 5.3. данной практической работы, либо выданным преподавателем дополнительно.

5.3. Индивидуальные задания

Задание 1.

Рассчитать воздушное сопротивление морского лесовоза при скорости хода 15 узлов. Скорость встречного ветра $V_B = 4$ м/с. Площадь проекции леса надводной части судна с надстройками и др. сооружениями на плоскость мидель-шпангоута 192 м², коэффициент сопротивления воздуха равен 1,2, плотность воздуха равно 0,125 кг·с²/м⁴.

Задание 2.

Известно, что остаточное сопротивление воды равно 6700 кН, вязкостное сопротивление 17000 кН и сопротивление трения 154000 кН. Определить величину волнового сопротивления.

Задание 3.

Определить скорость судна в узлах, если его длина 120 м, а число Фруда равно $Fr = 0,2\sqrt{gL}$.

Задание 4.

Судно длиной 100 м увеличило скорость хода с 14 до 21 узлов. Определить, во сколько раз изменилось число Фруда $Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L}}$.

5.4. Содержание отчета

Отчет по каждому заданию должен содержать теоретическую часть с кратким пояснением всех входящих в формулы величин и расчетную часть. Отчет выполняется в ученической тетради в произвольной форме.

5.5. Контрольные вопросы

1. Что такое число Фруда?
2. Что такое число Рейнольдса?
3. Перечислить основные составляющие сопротивления воды движению судна.
4. Перечислить дополнительные составляющие сопротивления воды движению судна.
5. Дать определение, что такое остаточное сопротивление.
6. Дать определение сопротивления формы.
7. Дать определение сопротивления трения
8. Дать определение сопротивления шероховатости.
9. Дать определение сопротивления выступающих частей.

Практическая работа № 6

ПРОЧНОСТЬ КОРПУСА СУДНА. КОНСТРУКЦИЯ КОРПУСА СТАЛЬНОГО СУДНА

Цель работы – ознакомить студентов с основными понятиями о прочности корпуса судна, изучить конструктивные типы морских судов и их особенности, приобрести практические навыки выполнения эскизов поперечных сечений различных типов судов и отдельных конструктивных узлов.

6.1. Теоретический раздел

Прочность является одним из основных качеств судна. Прочное судно должно обладать способностью воспринимать действующие в процессе его эксплуатации нагрузки без нарушения целостности конструкции корпуса и появления недопустимых местных повреждений. Разрушение (нарушение целостности) корпуса может привести к гибели судна. Местные деформации корпуса не должны оказывать существенного влияния на ходкость и другие мореходные качества судна.

При совместном воздействии различных нагрузок корпус находится в сложном напряженном состоянии. С целью упрощения изучения состояния корпуса, его деформации принято делить на следующие виды: общий продольный изгиб, общий поперечный изгиб, деформации отдельных элементов и частей корпуса и, кроме того, вибрационные повреждения.

Прочность корпуса при общем продольном изгибе в вертикальной плоскости называется общей продольной прочностью. Корпус при этом рассматривается как пустотелая балка с поперечным сечением в виде прямоугольной коробки, имеющей длину судна и образованной бортами, днищем и палубой.

Деформации или даже разрушения отдельных элементов конструкции корпуса обычно не приводят к выводу судна из эксплуатации, не являются определяющими с точки зрения безопасности эксплуатации. Превышение же допустимых нагрузок при общем изгибе приводит к разрушению корпуса судна.

Для большинства судов напряжения в связях корпуса, возникающие при общем продольном изгибе, превышают напряжения от общего поперечного изгиба

Практика свидетельствует, что разрушение корпусов судов происходит, как правило, вследствие действия общего продольного изгибающего момента.

Внешние нагрузки, действующие на корпус. По Правилам Регистра [9] общий продольный изгибающий момент M_p определяется как сумма

$$\dot{I}_{\delta} = \dot{I}_{\delta \dot{a}} + \dot{I}_{\ddot{a} \dot{a}}, \quad (6.1)$$

где M_{me} – изгибающий момент на тихой воде;

$M_{\delta\delta}$ – дополнительный волновой изгибающий момент на миделе судна.

Общий изгибающий момент M_p определяется с учетом воздействия на корпус судна двух категорий внешних сил: статических, возникающих при плавании на спокойной (тихой) воде, и динамических, вызванных волнением и качкой судна. По физической природе эти силы можно классифицировать следующим образом: гидростатические силы поддержания воды; силы тяжести, вызванные массами судна; гидродинамические воздействия волн на корпус; а также силы, обусловленные инерцией масс судна и "присоединенных" масс воды при качке.

Основу корпуса судна составляют оболочка, подкрепляющий ее набор, а также поперечные и продольные переборки. Оболочка включает наружную обшивку днища и бортов, а также настил палубы, ограничивающей корпус сверху. Днищевая наружная обшивка включает листы скулового пояса.

Пояс наружной обшивки – ряд листов обшивки в продольном направлении, имеющих общие пазы. Паз – линия сопряжения продольных, по длине судна, кромок смежных листов обшивки (рис. 6.1).

Некоторые пояса имеют специальное название:

ширстрек – верхний пояс бортовой наружной обшивки, примыкающий к верхней палубе;

ледовый пояс – утолщенные листы в районе действия ледовой нагрузки;

скуловой пояс – пояс наружной обшивки в районе скулы;

килевой пояс – средний пояс днищевой наружной обшивки, расположенный симметрично относительно диаметральной плоскости; в речном судостроении этот пояс обычно не выделяется (не имеет особенностей).

Настил – полотнище из листового металла, образующее горизонтальную или близкую к ней поверхность. Различают настил палубы, платформы, второго дна.

Набор корпуса – каркас из продольных и (или) поперечных металлических балок, который придает корпусным конструкциям судна заданную форму и вместе с обшивкой и настилом обеспечивает их прочность и жесткость.

Балка набора – жесткий элемент корпуса, предназначенный для восприятия продольных (вдоль балки) и поперечных (перпендикулярно к балке) нагрузок. Балки относят к основным элементам набора корпуса. Принято различать балки рамного набора (рамные балки) и балки холостого набора (холостые балки). Балки рамного набора изготавливают преимущественно сварными – таврового профиля и гнутыми – Г-образного профиля (рис. 6.2). В качестве стенки таврового профиля в основном используется

полоса, вырезанная из листа, а в качестве полки – прокат в виде полосы. Для балок холостого набора стальных корпусов применяются обычно прокатные профили: несимметричный и симметричный полособульб, а также угольник. На судах с двойным дном в качестве днищевых рамных балок используются вертикальные листы (полосы), имеющие высоту междудонного пространства и подкрепленные ребрами жесткости.

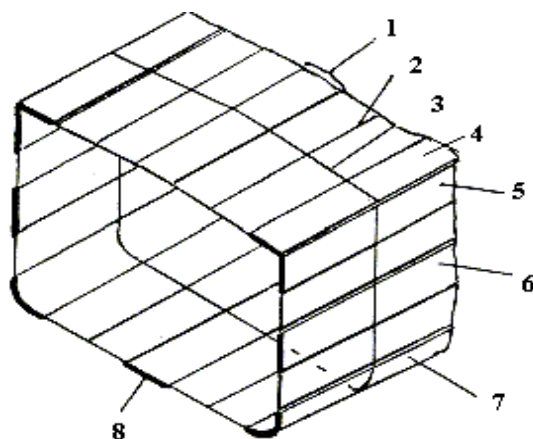


Рис. 6.1. Элементы оболочки корпуса: 1 – пояс; 2 – паз; 3 – стык; 4 – палубный стрингер; 5 – ширстрек; 6 – ледовый пояс; 7 – скуловой пояс; 8 – килевой пояс

Ребро жесткости – ребро в виде профильного элемента (например, полособульба или угольника), подкрепляющего лист обшивки, настила или стенку балки набора корпуса и обеспечивающего местную жесткость. К продольным «подкрепляющим» балкам относятся продольное днищевое ребро жесткости, продольное ребро жесткости настила второго дна, продольное бортовое ребро жесткости, продольное подпалубное ребро жесткости.

Палуба – совокупность нескольких палубных перекрытий или одного перекрытия на малых судах.

Палуба переборок – самая верхняя палуба корпуса судна, до которой доведены поперечные непроницаемые переборки, делящие корпус судна на отсеки. Палубу переборок принято также называть палубой надводного борта или, на речных судах, главной палубой.

Платформа – палуба, расположенная ниже верхней палубы корпуса и простирающаяся лишь на части длины судна.

Палуба бака или юта – палуба, ограничивающая сверху соответственно бак или ют.

Ростры – часть палубы рубки (надстройки), в виде площадки опирающейся на специально установленные вдоль бортов стойки.

Мостик судна – палуба надстройки, на которой расположены приборы управления судном, а также штурманская и рулевая рубки.

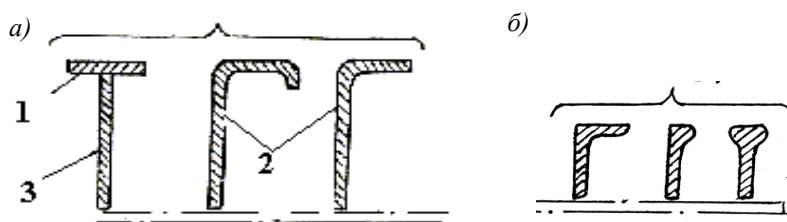


Рис. 6.2. Поперечные сечения рамных и холостых балок набора:

a – рамные балки; *б* – холостые балки; 1 – свободный пояс;
2 – гнутые (штампованные) балки; 3 – стенка

Двойное дно – часть корпуса судна, наружная граница которой образована днищевой обшивкой, а внутренняя – настилом второго борта.

Двойной борт – часть корпуса судна, наружная граница которой образована обшивкой борта, а внутренняя – обшивкой внутреннего (второго) борта.

Переборка – вертикальная стенка из листового полотнища (обшивки) с набором, разделяющая внутреннюю часть корпуса на отсеки. Различают продольные и поперечные переборки.

Полупереборка – переборка корпуса, проходящая не по всей его длине или ширине или не по всей высоте отсека. Например, полупереборки устанавливаются на грузовых судах в поперечных плоскостях в отсеках двойного дна и двойных бортов.

Шпангоут – рама, состоящая из последовательно соединенных друг с другом балок поперечного сечения корпуса судна.

Рамный шпангоут – шпангоутная рама, у которой палубная, бортовые и днищевая ветви выполнены из рамных балок.

Холостой шпангоут – шпангоутная рама, у которой палубная, бортовые и днищевая ветви выполнены из холостых балок.

В основном из холостых балок выполняются шпангоуты двух других разновидностей: флорный и бракетный. В отличие от холостого, у флорного шпангоута днищевая ветвь выполняется из рамной балки, а у бракетного – в виде двух параллельных угольников, соединенных бракетами.

Бортовой рамный шпангоут – бортовая ветвь рамного шпангоута.

Бортовой холостой шпангоут – бортовая ветвь холостого, флорного или бракетного шпангоута, а также отдельная холостая балка, установленная в поперечном сечении корпуса по всей высоте борта.

Днищевой холостой шпангоут – днищевая ветвь холостого шпангоута.

Флор – поперечная балка в виде листа и подкрепляющих его ребер жесткости, установленная по всей высоте междудонного пространства, или (второй вариант) совокупность поперечных балок, установленных в междудонном пространстве на обшивке днища и по настилу второго дна и соединенных бракетами. Во втором случае флор называется бракетным. Если лист, образующий флор, является непроницаемой перегородкой, то его

называют непроницаемый флор. В практике судостроения термином "флор" называют также днищевую ветвь рамного шпангоута при одинарном днище.

Кильсон – усиленная (рамная) днищевая продольная балка набора корпуса. Различают диаметральный (в диаметральной плоскости) кильсон и боковые кильсоны.

Бортовой стрингер – усиленная (рамная) продольная балка бортового перекрытия.

Бимс – поперечная балка палубного перекрытия или платформы. Различают рамный бимс и холостой бимс, а также полубимс. Рамный бимс – бимс увеличенных размеров (палубная ветвь рамного шпангоута). Холостой бимс – палубная ветвь холостого шпангоута. Полубимс – бимс, проходящий не по всей ширине корпуса, например, от борта до выреза в палубе.

Карлингс – усиленная (рамная) продольная балка палубного перекрытия корпуса.

Стойка переборки – вертикальная балка набора переборки. Различают холостые и рамные стойки.

Шельф – горизонтальная рамная балка набора переборки.

Комингс – конструкция, окаймляющая вырез в палубе, переборке, платформе, выгородке, площадке и других подобных конструкциях. Например, на грузовых судах с трюмами комингс устанавливается по периметру грузового люка над палубой и служит, в частности, опорой для крышек люкового закрытия. Комингсом двери считается участок нижней части переборки или выгородки между палубой и нижней кромкой просвета выреза; при этом также учитываются детали оформления выреза под дверь.

Фальшборт – конструкция из листов с подкрепляющим набором для ограждения открытых частей палуб.

Планишь – деталь из листового или профильного материала, окаймляющая верхнюю кромку фальшборта или другого ограждения.

Пиллерс – отдельно стоящая стойка для поддержания палубы.

Кница – листовая деталь треугольной формы, предназначенная для соединения элементов набора корпуса. По одной из кромок книга может иметь отогнутый фланец или приваренную полосу.

Бракета – листовая деталь прямоугольной или трапециевидной формы, предназначенная для соединения элементов набора или присоединения набора к обшивке или настилу.

Кап (тамбур схода) – конструкция, образованная вертикальными стенками из листов и настилом с подкрепляющим их набором, закрывающая вырез в палубе над помещением судна. Например, на некоторых малотоннажных судах капом, снабженным дверью, закрывается выход из машинного отделения на открытую главную палубу.

Форштевень – крайняя носовая особо прочная балка, изогнутая по форме носа, которой заканчивается набор корпуса в носу.

Ахтерштевень – конструкция кормовой оконечности судна, на которой заканчивается набор корпуса в корме.

Привальный брус – конструкция, устанавливаемая снаружи вдоль борта судна для предохранения бортового перекрытия от повреждений при швартовке.

Система набора корпуса характеризуется расположением балок главного направления в судовых перекрытиях, что зависит от многих факторов. В зависимости от расположения балок главного направления по отношению к длине судна различают четыре системы набора судовых перекрытий: поперечную, продольную, клетчатую и комбинированную. Системы набора большинства перекрытий характеризуют систему набора корпуса в целом. Различают три системы набора корпуса: поперечную, продольную и комбинированную.

Поперечная система набора корпуса (рис. 6.3). При поперечной системе балки главного направления во всех перекрытиях: бимсы – в палубных, шпангоуты – в бортовых, флоры – в днищевых, расположены поперёк судна. Поперечная система набора применяется на сравнительно коротких судах (до длины 100...130 м), т.к. на корпус короткого судна действует небольшой изгибающий момент.

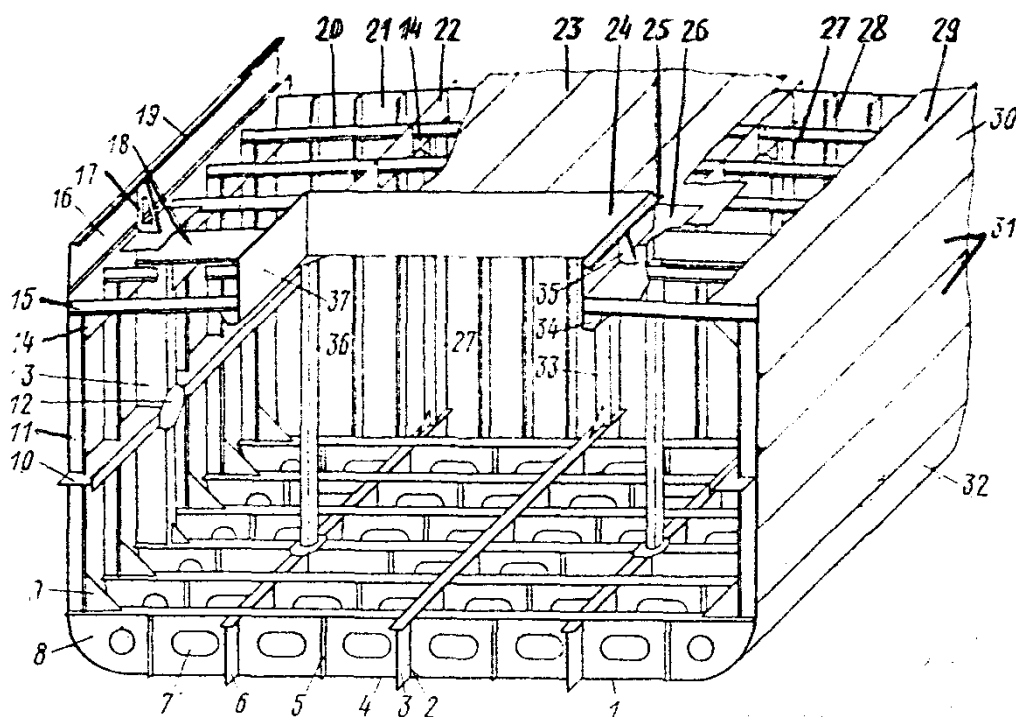


Рис. 6.3. Поперечная система набора корпуса.
Обозначения позиций смотри в подписи к рис. 6.5

Общая продольная прочность таких судов обеспечивается сравнительно небольшой толщиной настила палубы и обшивки днища с неболь-

шим количеством перекрёстных связей карлингсами и днищевыми стрингерами, расположенными вдоль судна.

Применение поперечной системы набора на более длинных судах приводит к резкому возрастанию толщины листов палубы и днища для обеспечения их устойчивости при сжимающих усилиях, а это снижает грузоподъёмность судна. Поперечная система набора выгодна на ледоколах и судах ледового плавания, т.к. хорошо обеспечивает устойчивость листов днища и палубы при поперечном сжатии судна льдами. К преимуществам поперечной системы набора следует отнести простоту конструкции, лёгкость стыковки секции на стапеле, без большого числа продольных связей легче обеспечить непроницаемость поперечных переборок. Недостатком системы является большое число гибочных работ.

Продольная система набора корпуса (рис. 6.4). При продольной системе набора во всех перекрытиях в средней части длины корпуса балки главного направления расположены вдоль судна. Оконечности судна при этом набираются по поперечной системе набора, т.к. в оконечностях продольная система не эффективна.

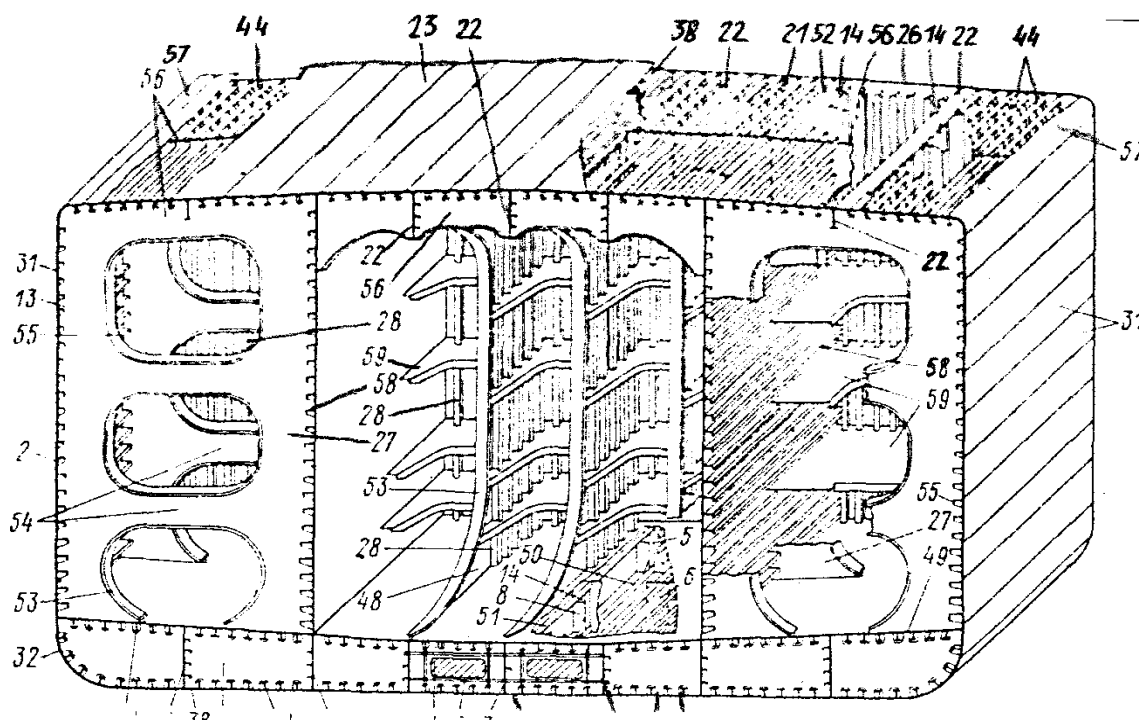


Рис. 6.4. Продольная система набора корпуса.
Обозначения позиций смотри в подписи к рис. 6.5

Балками главного направления в средних днищевых, бортовых и палубных перекрытиях являются соответственно днищевые, бортовые и подпалубные продольные рёбра жёсткости. Перекрёстными связями служат флоры, равные шпангоуты и рамные бимсы. Применение продольной си-

стемы в средней части длины судна позволяет обеспечить высокую продольную прочность. Поэтому данная система применяется на длинных судах, испытывающих действие большого изгибающего момента. Большое число продольных ребер жесткости обеспечивает хорошую устойчивость листов палубы, и днища при продольных сжимающих нагрузках, что позволяет применять листы из высокопрочной низколегированной стали меньшей толщины. В результате увеличивается грузоподъемность судна. К недостаткам следует отнести установку высокого рамного набора, загромазжающего трюма: большое количество отверстий в поперечном наборе.

Комбинированная система набора корпуса (рис. 6.5).

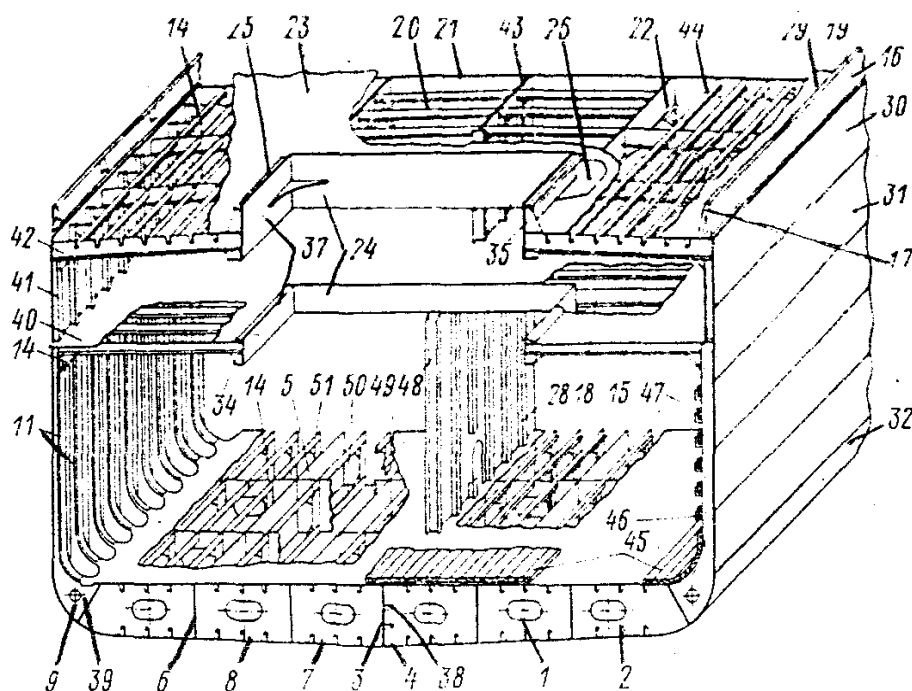


Рис. 6.5. Комбинированная система набора корпуса: 1 – обшивка днища; 2 – голубница; 3 – киль вертикальный; 4 – киль горизонтальный; 5 – ребро жесткости флора; 6 – стрингер днищевой; 7 – лаз; 8 – флор сплошной; 9 – кница скуловая; 10 – стрингер бортовой; 11 – шпангоут обыкновенный трюмный; 12 – лист накладной; 13 – шпангоут рамный трюмный; 14 – кница; 15 – полубимс обыкновенный; 16 – фальшборт; 17 – стойка фальшборта; 18 – концевой бимс; 19 – планширь; 20 – бимс обыкновенный; 21 – переборка поперечная; 22 – карлингс; 23 – настил верхней палубы; 24 – комингс люка поперечный; 25 – ребро жесткости комингса; 26 – лист сварной утолщенный; 27 – стойка переборки рамная; 28 – стойка переборки обыкновенная; 29 – стрингер палубный; 30 – ширстрек; 31 – обшивка борта; 32 – лист скуловой обшивки; 33 – стойка доковая; 34 – бракета; 35 – контрфорс; 36 – пиллерс; 37 – комингс люка продольный; 38 – ребро жесткости; 39 – стрингер скуловой; 40 – настил нижней палубы; 41 – шпангоут твиндечный обыкновенный; 42 – полубимс рамный; 43 – полупереборка твиндечная; 44 – ребро жесткости подпалубное; 45 – пайол; 46 – скоба; 47 – рыбинс; 48 – полупереборка трюмная; 49 – настил второго дна; 50 – ребро жесткости днища; 51 – ребро жесткости настила второго дна; 52 – переборка продольная; 53 – поясок; 54 – распорка; 55 – ребро жесткости борта; 56 – бимс рамный; 57 – лист верхней скулы; 58 – ребро жесткости переборки; 59 – шельф

При комбинированной системе набора палубные и днищевые перекрытия в средней части длины корпуса набираются по продольной системе набора, а бортовые перекрытия в средней части и все перекрытия в оконечностях – по поперечной системе набора. Такое комбинирование систем набора перекрытий позволяет более рационально решить вопросы общей продольной и местной прочности корпуса, а также обеспечить хорошую устойчивость листов палубы и днища при их сжатии. Комбинированная система набора применяется на крупнотоннажных сухогрузных судах и низко бортовых танкерах. Применение данной системы набора приводит к увеличению грузоподъемности судна, т.к. из-за рационального размещения балок набора в поперечном сечении корпуса можно снизить толщину листового и профильного проката.

6.2. Порядок выполнения работы

Работа выполняется по индивидуальным заданиям из раздела 4.3 данной практической работы, либо выданным преподавателем дополнительно.

Эскизы конструктивных мидель-шпангоутов, учитывая их симметрию относительно диаметральной плоскости, выполняются для полусечений в возможно крупном масштабе, каждый на отдельном листе формата А4.

Эскизы должны содержать все продольные и поперечные связи, находящиеся в рассматриваемом сечении, а также следы диаметральной и основной плоскостей. Размеры связей нужно указывать, их изображение на эскизе должно быть пропорционально исходному.

Конструктивные узлы и разрезы выбираются студентами самостоятельно. Выполняются они с возможной полнотой проработки на свободных местах формата. Для сухогрузного и наливного судна узлы и разрезы выполнять в укрупненном масштабе на отдельных листах формата. Конструктивные разрезы должны содержать по две смежные одноименные балки с соответствующим расстоянием – шпацией между ними. Обратить особое внимание на конструкцию соединения и взаимного пересечения балок набора, а также продольных днищевых балок с водонепроницаемым флором на сухогрузных судах и с поперечной переборкой на наливных.

Допускается выполнение всей работы от руки, но с безусловным соблюдением пропорций, а также требований ГОСТов и отраслевых нормативов, регламентирующих выполнение чертежей в судостроении.

При изучении конструктивных особенностей судов обратить внимание на следующие вопросы:

– конструктивный тип судна в зависимости от его назначения, рода перевозимого груза (количество и расположение палуб, переборок, наличия внутреннего дна, грузовых люков, положение МКО и надстроек по длине и др.);

– система набора отдельных перекрытий, ее преимущества и недостатки;

– главные и второстепенные функции продольных и поперечных связей (днищевой и бортовой наружной обшивки, настила палуб, комингсов и всех балок набора корпуса);

– характер и район ледовых подкреплений на судах, имеющих ледовую категорию.

При наличии затруднений в правильности графических изображений конструкций корпуса рекомендуется ознакомиться с литературой по судостроительному черчению.

Пример конструктивного мидель-шпангоута приведён на рис. 6.6.

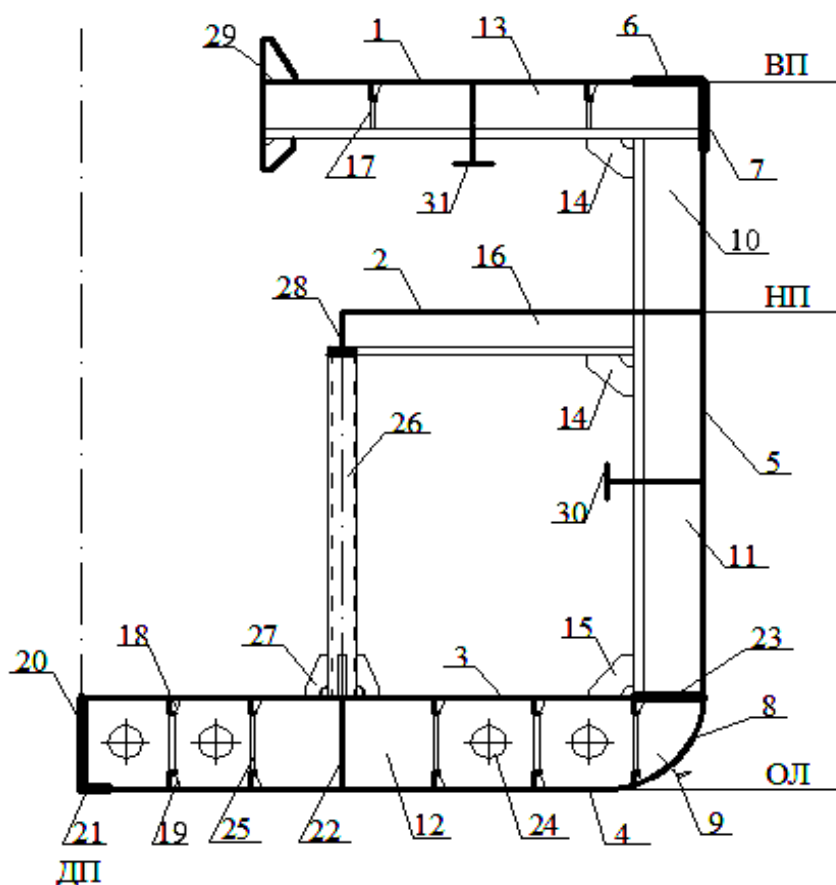


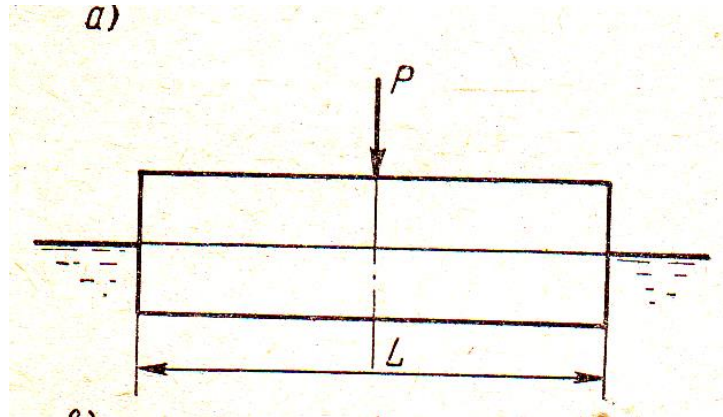
Рис. 6.6. Пример конструктивного мидель-шпангоута

- 1 – настил верхней палубы (ВП); 2 – настил нижней палубы (НП);
3 – настил второго дна; 4 – наружная обшивка днища; 5 – наружная обшивка борта;
6 – палубный стрингер; 7 – ширстрек; 8 – скула; 9 – боковой киль; 10 – твиндечный шпангоут; 11 – трюмный шпангоут; 12 – флор; 13 – бимс; 14 – бимсовая кница;
15 – скуловая кница; 16 – бимс НП; 17 – продольные ребра жесткости НП;
18 – продольные ребра жесткости второго дна; 19 – продольные ребра жесткости днища; 20 – вертикальный киль; 21 – горизонтальный киль; 22 – днищевой стрингер;
23 – крайний междудонный лист; 24 – лазы; 25 – подкрепляющие ребра жесткости;
26 – пиллерс; 27 – кницы; 28 – комингс нижней палубы; 29 – комингс ВП;
30 – бортовой стрингер; 31 – карлингс

6.3. Индивидуальные задания

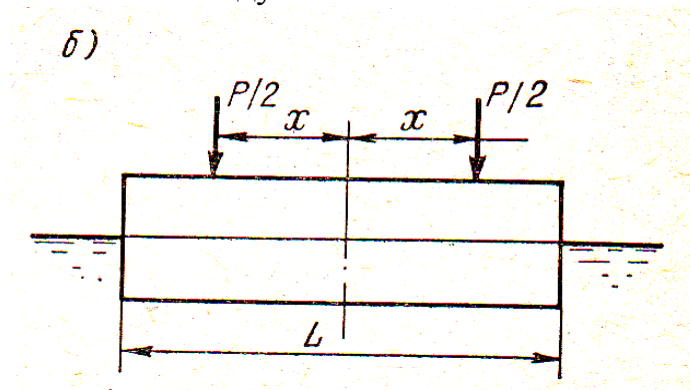
Задание 1.

Какой максимальный продольный изгибающий момент M и перерезывающую силу N вызовет сосредоточенный груз весом $P = 300 \text{ т}$, расположенный посередине прямоугольного понтона (рис. а) длиной $L = 30; 35; 40; 45; 50 \text{ м}$?



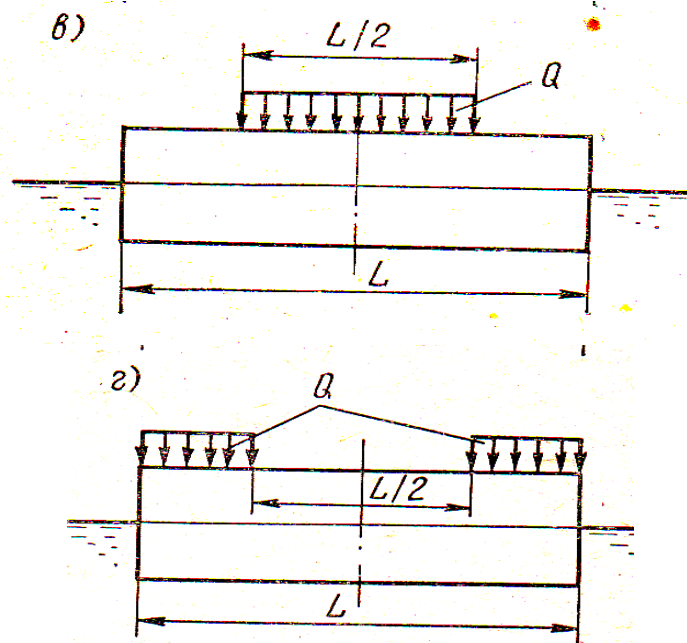
Задание 2.

Исходя из условия предыдущей задачи, найти такое расположение по длине понтона двух равных, симметрично расположенных сосредоточенных грузов общим весом 300 тс (рис. б), чтобы вызываемый ими в корпусе изгибающий момент был наименьшим. Определить величину изгибающего момента M_x и расстояние между силами.



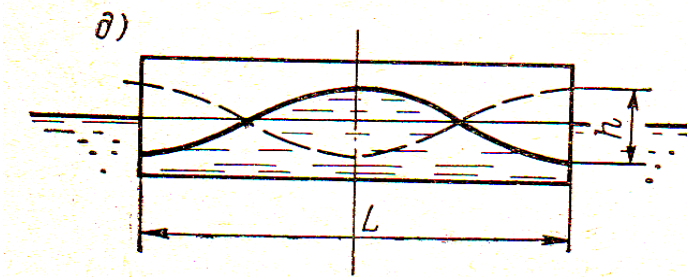
Задание 3.

Чему равен дополнительный изгибающий момент на миделе прямоугольного понтона от груза весом $P = 300 \text{ т}$ равномерно распределенного на половине длины понтона: а) симметрично посередине (рис. в); б) на оконечностях (рис. г). Длина понтона $L = 30; 35; 40; 45; 50 \text{ м}$.



Задание 4.

Определить дополнительный изгибающий момент от действия волны в районе миделя прямоугольного понтона при положении его на вершине и подошве волны (рис. д). Профиль волны считать синусоидальным. Ширина понтона 5 м; высота волны $h = 0,64 \sqrt{L} - 1$; вода пресная; длина волны равна длине понтона $L = 30; 35; 40; 45; 50$ м.



Задание 5.

Определить дополнительный изгибающий момент в районе миделя судна на вершине и подошве волны по приближенным формулам В. В. Давыдова. Ширина судна 5 м, $a = 0,8$; высота волны $h = 0,64 \sqrt{L} - 1$; вода пресная; длина судна $L = 30; 35; 40; 45; 50$ м.

6.4. Содержание отчета

Отчет по каждому заданию должен содержать теоретическую часть с кратким пояснением всех входящих в формулы величин и расчетную часть. Отчет выполняется в ученической тетради в произвольной форме.

6.5. Контрольные вопросы

1. Охарактеризовать внешние нагрузки, действующие на корпус.
2. Что такое общая продольная прочность?
3. Указать балки главного направления при поперечной системе набора.
4. Указать балки главного направления при продольной системе набора.
5. Продольная система набора корпуса (схема).
6. Поперечная система набора корпуса (схема).
7. Комбинированная система набора корпуса (схема).
8. Чем характеризуется система набора корпуса?
9. Дать определения связей корпуса.

Практическая работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУДОВОГО СНАБЖЕНИЯ ПО ПРАВИЛАМ МРС

Цель работы – ознакомить студентов с порядком определения якорного снабжения судна по Правилам Морского Регистра судоходства.

7.1. Теоретический раздел

Якорное устройство, предназначено для обеспечения надежной стоянки судна, оно включает в себя (рис. 7.1):

якорь – элемент якорного устройства, спускаемый за борт и зарываемый в грунт;

якорные канат – гибкая связь, с помощью которой выполняется спуск якоря и осуществляется его связь с корпусом судна. В качестве якорных канатов используют якорные цепи и стальные тросы;

стопор – устройство, предназначенное для крепления якорных канатов. Цепные стопоры служат для закрепления якорей по-походному, на большинстве судов установлены винтовые стопоры;

якорный клюз – труба в корпусе судна для перемещения якорного каната и хранения якоря;

крепление коренного конца якорной смычки (жвакогалс) – приспособление, обеспечивающее крепление конечного конца смычки якорного каната;

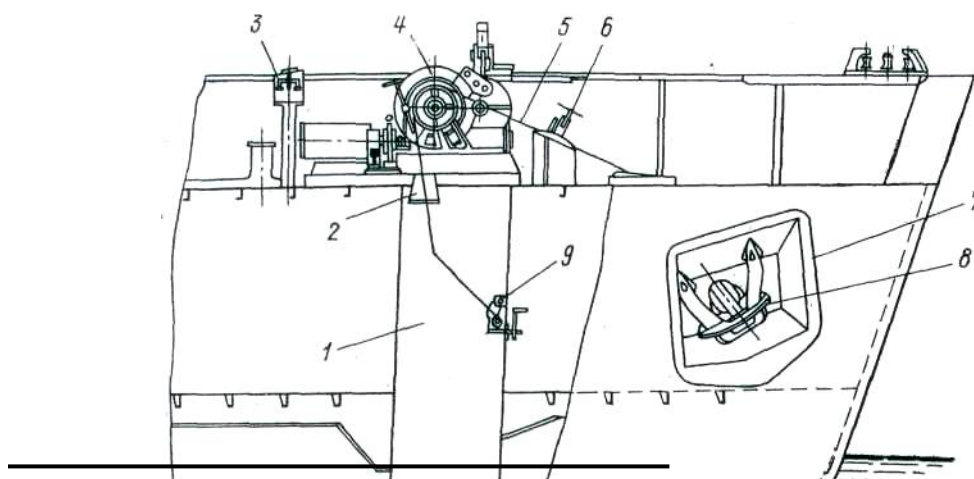


Рис. 7.1. Якорное устройство:

- 1 – цепной ящик; 2 – цепная труба; 3 – контроллер; 4 – Брашпиль;
5 – якорный канат; 6 – винтовой стопор; 7 – ниша; 8 – якорь Холла;
9 – привод отдачи корневого конца цепи

механизмы для подъема (стравливания) и спуска якоря (шпили и брашпили);

цепные ящики – емкость для хранения якорного каната.

По назначению якоря делят на становые, играющие главную роль в удержании судна, и вспомогательные.

По месту расположения на судне различают носовые и кормовые якоря. Носовой якорь правого борта имеет больший вес и является становым. Носовой якорь левого борта, меньший по весу, называется подпускным. Якорное устройство проектируется в соответствии с правилами Российского Морского Регистра в зависимости от размеров и типа судна.

По конструкции выделяют два основных типа якорей: входящие в грунт одной лапой и входящие в грунт двумя лапами.

Самыми распространенными якорями на судах речного флота являются: якорь со штоком, зарывающийся в грунт одной лапой – Адмиралтейский якорь, литой якорь с поворотными лапами – якорь Холла, якорь повышенной держащей силы – якорь Матросова (рис. 7.2).

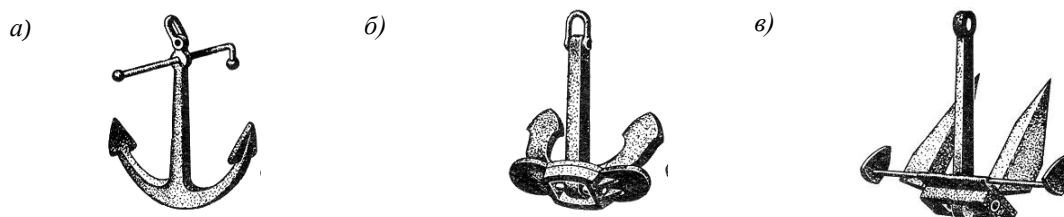


Рис. 7.2. Типы якорей:
а – Адмиралтейский; б – Холла; в – Матросова

Брашпили и шпили, входящие в состав якорного устройства, могут иметь ручной, электрический и электрогидравлический привод. На речных и судах смешанного (река-море) плавания применяют механизмы с электрическим приводом. Электрогидравлический привод используется на морских судах. Управление этими механизмами на судах современной постройки осуществляется из рулевой рубки.

Для размещения палубных механизмов и другого оборудования в оконечностях главной палубы предусматриваются площадки. Для подъема и стравливания якорей, а также выполнения швартовных операций используются: в носовой оконечности судна обычно брашпиль, в кормовой – шпиль, кнехты, вьюшки, якоря, стопоры для закрепления якорных цепей.

Якоря, масса которых более 50 кг, могут храниться «по-походному» в корпусе судна в якорных клюзах. Форма якорного клюза влияет на быстроту уборки якоря. Различают в зависимости от места расположения в корпусе судна носовые, кормовые и штевень-клюзы. В зависимости от конструкции клюзы подразделяют на вертикальные, наклонные нормальные, наклонные с малым углом наклона.

Для хранения якорных канатов используют якорные (цепные) ящики, расположенные преимущественно в форпике либо ахтерпике. Размеры канатного ящика определяются исходя из размещения якорного каната, при условии обеспечения доступа для его обслуживания. Форма ящиков предпочтительно применяется круглая.

Швартовное устройство предназначено для закрепления судна у причала, другого судна или стенки шлюза. К основным элементам его относятся: швартовные канаты, кнехты, вьюшки, киповые планки, кранцы, швартовные механизмы. Они располагаются на баке, юте и на главной палубе средней части судна.

Кнехт – конструкция, установленная на палубе судна, предназначенная для закрепления каната. В зависимости от способа изготовления (рис. 7.3) кнехты подразделяют на литые и сварные, по материалу – на стальные и чугунные, по конструкции – на прямые и крестовые. Наибольшее распространение на судах находят чугунные прямые кнехты, которые крепят болтами к металлическому фундаменту, приваренному к палубе.

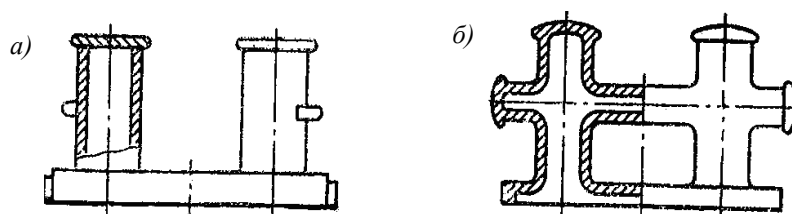


Рис. 7.3. Кнехты:

а – прямой сварной кнехт, *б* – крестовый литой кнехт

Чтобы задать направление и ограничить перемещение швартовного каната, его пропускают через швартовные клюзы и киповые планки.

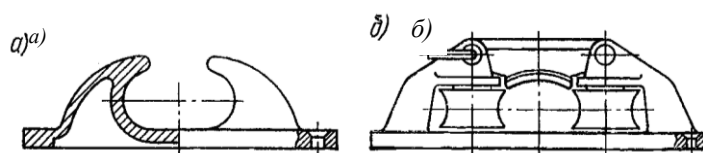


Рис. 7.4. Киповые планки:

а – без роульсов; *б* – с роульсами

Киповыми планками называют специальные устройства, служащие для изменения направления канатов и ограничения их перемещения. Их изготавливают литыми или сварными, без роульсов (рис. 7.4, *а*) или с роульсами (рис. 7.4, *б*). Устанавливают киповые планки у борта к носу или корме от кнехта.

Швартовные клюзы применяют при наличии на судне фальшборта. Они представляют собой вырезы в фальшборте, окантованные специальным профилем для усиления прочности и предохранения швартовных канатов от перетирания. Обычно швартовные клюзы делают стальными, приваривая их к фальшборту, а на некоторых судах их изготавливают с роульсами.

Швартовные вьюшки используют для хранения стальных швартовных канатов по-походному и устанавливают вблизи швартовных кнехтов. Они имеют ножной тормоз для обеспечения равномерного стравливания швартовного каната.

Швартовные механизмы используют на судах внутреннего плавания для выбирания швартовных канатов. К ним относятся брашпили и шпили, имеющие швартовные барабаны, а также швартовные лебедки.

Отбойные устройства служат для предохранения корпуса и частичного гашения сил, воспринимаемых корпусом при швартовке, кантовке судов и в других случаях. В отбойное устройство входят: отбойные (привальные) брусья, швартовные кранцы и другие детали.

Швартовные кранцы применяют для смягчения ударов корпуса судна о причал или о борт другого судна во время швартовки. Они обладают хорошими амортизационными качествами.

Привальные брусья по роду материала, применяемого для их изготовления, разделяются на металлические жесткие, деревянные полужесткие и резиновые мягкие. Привальные брусья по высоте борта судна располагают в один или два ряда.

Буксирное устройство предусматривается на всех самоходных и несамоходных судах. Транспортные суда имеют общее буксирное устройство, состоящее из кнехтов, установленных таким образом, чтобы можно было взять на буксир другое судно или самому быть буксируемым.

Буксирное устройство буксиров и буксиров-толкачей более развито в связи с потребностью противостоять значительным тяговым усилиям.

Его основные части: буксирный канат, гак, буксирная лебедка, арки. Буксирный канат закрепляется либо на гаке, либо на лебедке. Лебедки выполняются с электрическим или гидравлическим приводом. Арки устанавливаются в кормовой части буксира и служат для защиты людей и механизмов от повреждения канатом при его ослаблении.

В соответствии с Правилами МРС якорное, швартовное и буксирное снабжение морских судов определяется в зависимости от характеристики снабжения [5, часть 3, гл. 3.2, п. 3.2.1].

7.1.1. Характеристики снабжения N_c всех судов, кроме плавучих кранов и буксиров, определяется по формуле

$$N_c = \Delta^{2/3} + 2Bh + 0,1A, \quad (1)$$

где Δ – объемное водоизмещение судна при осадке по ЛГВ, м³;

B – ширина судна, м;

h – высота от ЛГВ до верхней кромки настила палубы самой высокой рубки, м, которая определяется по формуле

$$h = a + \sum h_i, \quad (2)$$

где a – расстояние от ЛГВ до верхней кромки настила верхней палубы, у борта на мидель шпангоуте, м (рис. 7.5);

h_i – высота в диаметральной плоскости каждого яруса надстройки или рубки, имеющей ширину большую, чем $0,25 B$, м.

При наличии по длине судна двух или более надстроек или рубок, учитывается только одна надстройка или рубка рассматриваемого яруса, имеющая большую ширину.

Для самого нижнего яруса h_i измеряется в ДП от ВП или, при наличии у ВП уступа, от условной линии, являющейся продолжением ВП.

При определении h учитывается седловатость, и дифферент не требуется.

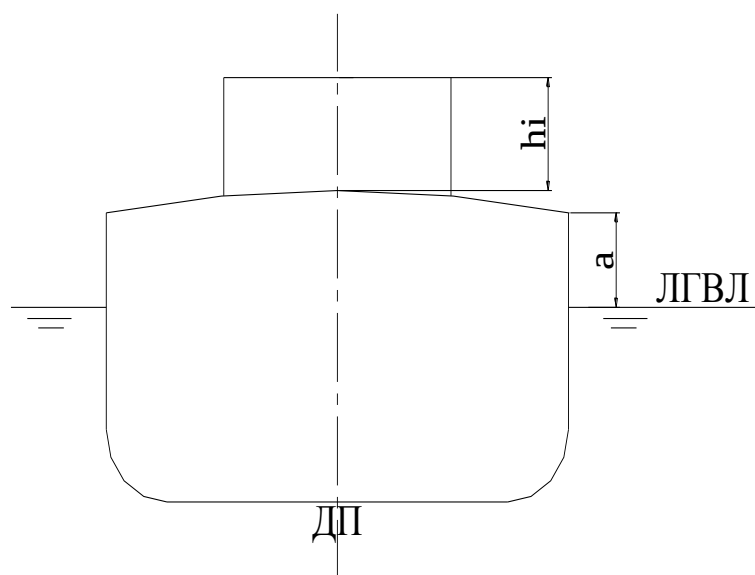


Рис. 7.5. Определение высоты надстройки или рубки

A – площадь парусности в пределах длины судна L , считая от ЛГВЛ, м². При определении A учитывать площадь парусности только корпуса, надстроек и рубок шириной более чем $0,25B$ (рис. 7.6).

L – длина судна, измеренная как 96 % длины по ВЛ, проходящей на высоте, равной 85 % наименьшей высоты борта, или длина от передней кромки форштевня до оси баллера руля по той же ВЛ, в зависимости от того, что больше, м.

Мачты, грузовые стрелы, такелаж, леерное ограждение, а также фальшборт и комингсы люков высотой менее 1,5 м могут не учитываться.

$$A = \sum l_i \cdot h_i, \quad (3)$$

где h_i – высота i -го яруса надстройки, м;
 l_i – длина i -го яруса надстройки, м.

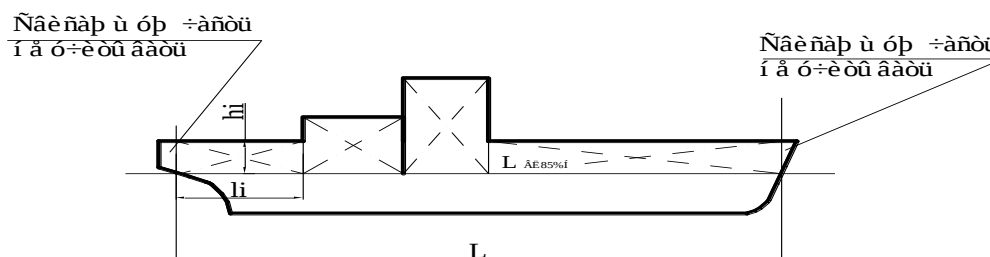


Рис. 7.6. Определение площади парусности корпуса

7.2. Порядок выполнения работы

7.2.1. Определяется характеристика снабжения судна (см. п. 1.1.1 теоретического раздела).

7.2.2. В зависимости от полученной характеристики снабжения по Правилам МРС определяется: число и масса станковых якорей и стоп-анкерсов; калибр и длина цепей для всех судов, кроме рыболовных, определяется по табл. 3.1.3-1 [1, с. 24], по характеристике снабжения N_c . Для рыбопромысловых судов по табл. 3.1.3-2 [1, с. 250].

7.2.3. По характеристике снабжения из табл. 3.1.3-1 или 3.1.3-2 [1, с. 248 - 250] выбирается длина и разрывное усилие швартовных канатов, длина и разрывное усилие буксирных канатов.

В качестве основных на судах применяются якоря: Холла, Грузона и адмиралтейские. Конструкция, габаритные размеры и массы этих якорей стандартизованы, должен быть принят стандартный якорь, масса которого удовлетворяет МРС [1, с. 248], однако 3-й запасной якорь могут не иметь суда ограниченных районов плавания, I, II, III, ПСП, ШСП, смешанного района плавания река – море с удалением от берега менее 50 миль. Если $N_c < 205$, то допускается иметь 2 станковых якоря.

7.2.4. Определение размеров якорных цепей.

Цепи должны комплектоваться из отдельных смычек, длиной не более 27,5 м и не менее 25 м. Смычки, в зависимости от их расположения в цепи, делятся на **якорную, крепящуюся к якорю; промежуточную; коренную, закрепленную к устройству для отдачи якоря.**

Общая длина двух цепей, выбранная по Правилам МРС представляет собой суммарную длину только промежуточных смычек, в указанную длину не входит. Каждая промежуточная смычка, должна состоять из нечетного количества звеньев, следовательно, после выбора стандартной цепи необходимо уточнить длину смычек.

Расчет длины промежуточной смычки сводится в табл. 8.1.

Таблица 7.1 – Определение длины промежуточной смычки

Определяемые величины	Формулы	Примечание
Расчетное количество звеньев в смычке	$Z = 25000/4d$	d – калибр цепи, мм; Z – округляется до целого нечетного числа
Длина смычки, м	$l_{см} = (zd + 2d)/1000 \leq 27,5$	
Общее количество промежуточных смычек	$Z_2 = L / l_{см}$	L – общая длина цепей по Правилам Регистра, м Z ₂ округляется до большего целого числа
Уточненная длина цепи, м	$L = Z_2 \cdot l_{см}$	

7.2.5. Расчет и выбор стоп-анкера.

Длина троса, разрывное усилие троса (кН) для стоп-анкера определяется по табл. 3.1.3-1 и 3.1.3-2 [1, с. 248 - 249] в зависимости от N_с.

7.2.6. Выбор стопоров.

После выбора станových якорей и стоп-анкера осуществляем выбор стопоров. Стопоры для крепления якорных цепей и якорей определяются по калибру цепи. Основные характеристики различных типов стопоров даны в табл. 11.10 - 11.14 [1, с. 33].

Стоянка морских судов на якоря, как правило, осуществляется на тормозах якорных механизмов, которые обеспечивают отдачу якорных цепей и их подтормаживание при травлении. Однако для каждой якорной цепи предусматривают стопор, обеспечивающий удерживание якоря в клюзе по-походному или предназначенный, кроме того, для стоянки судна на якоре. Все типы стопоров стандартизованы. Наиболее распространенные – вспомогательные стопоры для крепления якорных цепей, которые применяют для крепления якорей по-походному, при осмотре или ремонте якорного механизма.

Подбор стопора, следует производить для одного из станových якорей. Вспомогательные стопоры бывают следующих конструкций.

Конструкция стопоров позволяет фиксировать звенья якорной цепи в любом положении относительно стопора [11, рис. 11.26], стопоры закладные с палом [11, рис. 11.27], применяются для якорных цепей калибров 11 и 13 мм, применяют на малых судах и катерах.

7.2.7. По характеристике снабжения из табл. 3.1.3-1 или 3.1.3-2 [1, с. 248 - 250] выбирается длина и разрывное усилие швартовных канатов.

7.2.8. Количество швартовов уточняется в зависимости от отношения площади парусности к характеристике снабжения [1, с. 254]. Для судов, у которых A/N_c более 0,9, число швартовных тросов должно быть увеличено по сравнению с выбранным:

на 1 шт. – для судов, у которых $0,9 < A/N_c \leq 1,1$;

на 2 шт. – для судов, у которых $1,1 < A/N_c \leq 1,2$;

на 2 шт. – для судов, у которых $A/N_c \leq 1,2$.

7.2.9. По разрывному усилию каната, в целом, подбираются стандартные швартовные канаты, приведенные в справочной литературе [11, с. 307 - 312].

7.2.10. В зависимости от диаметра стального каната или окружности растительного каната выбираются стандартные элементы швартового устройства: кнехты, киповые планки, вьюшки, швартовные клюзы, основные размеры которых представлены в [11, с. 312 - 345] и в прил. А настоящих методических указаний.

7.2.11. Рекомендуемое число кнехтов определяется по табл. 5 прил. А и уточняется в зависимости от спецификации данного судна [11, с. 263].

7.2.12. Общая компоновка швартового устройства выбирается согласно рекомендациям [11, с. 293 - 302].

7.3. Индивидуальные задания

Индивидуальные задания – главные размерения и основные характеристики судна, для которого производятся расчеты, студент выбирает для конкретного архитектурно-конструктивного типа судна по указанию преподавателя из табл. Б.1, Б.2, Б.3. Вариант задания должен соответствовать выбранному в практической работе № 1.

7.4. Содержание отчета

Отчет по практической работе должен содержать следующие разделы:

1. Исходные данные: краткая характеристика архитектурно-конструктивного типа судна, для которого проводятся расчеты, главные размерения и основные характеристики судна.

2. Расчетную часть.

3. Библиографический список.

Отчет выполняется с соблюдением всех требований ЕСКД (ГОСТ 2.206-96. Текстовые документы).

7.5 Контрольные вопросы

1. По какому параметру выбирается якорное снабжение судна?
2. Что такое становой якорь?
3. Что такое стоп-анкер?
4. Перечислить типы вспомогательных стопоров.
5. Дать характеристику различных типов вспомогательных стопоров.
6. Перечислить составляющие промежуточной смычки якорной цепи.
8. Что такое якорный клюз?
9. Какие конструктивные типы якорей применяются в качестве становых?
10. По какому параметру выбирается швартовное снабжение судна?
11. Что такое кнехт?
12. Что такое киповая планка?
13. Перечислить типы киповых планок.
14. Дать характеристику различных типов швартовых клюзов.
15. Назначение и место расположения на судне швартовых вьюшек.
16. Назовите типы канатов, применяемые в качестве швартовых.
17. Основные схемы швартовки судов.
18. Конструктивные особенности швартовых кнехтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила классификации и постройки морских судов. Российский морской регистр судоходства. – СПб.: Российский морской регистр судоходства, 2014. – Т. 1. – 502 с.
2. Жинкин В.Б. Теория и устройство судна: учебник / В.Б. Жинкин. – 2-е изд., исправл. и доп. – СПб.: Судостроение, 2011. – 336 с.: ил.
3. Новиков А.И. Теория и устройство судов и технических средств освоения шельфа: учебник: в 2-х томах. Т. 1 / А.И. Новиков, В.Г. Зиньковский-Горбатенко. – Севастополь: Издатель Кручинин Л.Ю., 2011. – 576 с.; ил.
4. Мельник В.Н. Эксплуатационные расчеты мореходных характеристик судна / В.Н. Мельник. – М.: Транспорт, 1990. – 142 с.
5. Новиков А.И. Оценка посадки, остойчивости и прочности судна при эксплуатации: учеб пособие / А.И. Новиков. – Севастополь: СевНТУ, 2009. – 160 с.
6. Рябченко В.К. Устройство судна / В.К. Рябченко, Ю.П. Кучер. – Одесса: Феникс, 2006. – 118 с.
7. Барабанов Н.В. Конструкция морских судов: в 2-х т. / Н.В. Барабанов, Г.П. Турмов. – СПб.: Судостроение, 2002. – Т. 1. – 448 с.
8. Барабанов Н.В. Конструкция морских судов: в 2-х т. / Н.В. Барабанов, Г.П. Турмов. – СПб.: Судостроение, 2002. – Т. 2. – 472 с.
9. Кузьмина А.В. Основы художественного конструирования судов: учеб. пособие / А.В. Кузьмина. – Севастополь: СевНТУ, 2009. – 184 с.
10. Проектирование общесудовых устройств: учеб. пособие / В.В. Зайцев, А.Е. Еганов, Ю.Н. Коробанов, Э.В. Талышев, Вал. В. Зайцев. – Николаев: Изд-во «ИЛИОН»; изд-во УГМТУ, 2004. – 300 с. – рус.
11. Справочник по судовым устройствам / А.Н. Гурович. – Л.: Судостроение, 1975. – Т. I. – 351 с.
12. Судовые устройства: справочник / Под ред. М.Н. Александрова. – Л.: Судостроение, 1987. – 656 с.; ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А.1 – Калибр и масса одного погонного метра якорной цепи, кг

Калибр, мм	I категория. Цепи якорные обыкновенные электросварные	II категория. Цепи якорные повышенной прочности		Некатегорийные цепи якорные электросварные
		Электросвар- ные	Литые	
11	-	-	-	2,76
13	-	-	-	3,82
15	4,83	4,83	-	5,54
17	6,03	6,03	-	6,59
19	7,50	7,50	-	8,20
22	10,00	10,00	-	11,10
25	13,00	13,00	-	14,30
28	16,20	16,20	-	17,80
31	20,30	20,30	-	22,40
34	24,00	24,00	-	26,20
37	29,00	29,00	-	32,00
40	33,10	33,10	-	-
43	38,90	38,90	39,7	-
46	43,70	43,70	45,4	-
49	50,60	50,60	51,7	-
53	58,20	58,20	60,3	-
57	68,60	68,60	69,9	-
62	80,90	-	82,8	-
67	94,60	-	95,9	-
72	-	-	11,4	-
77	-	-	127,9	-
82	-	-	144,3	-

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Основные характеристики навалочных судов

Характеристики		Навалочное судно						
		1	2	3	4	5	6	7
Длина, м	L	215	186	180	172	181	190	178
Ширина, м	B	31,0	27,6	28,0	22,8	20,5	29,5	23,4
Осадка, м	d	11,0	10,0	11,2	9,1	9,4	12,3	10,2
Высота борта, м	D	16,0	15,6	16,0	13,6	14,4	16,8	14,6
Водоизмещение полное, т	$\times 10^3$	58,7	41,1	45,2	28,6	36,1	54,6	34,0
Водоизмещение порожнем, т	$\times 10^3$	19,6	13,7	15,1	9,5	12,0	18,2	11,3
Палубы (количество)	n1	1	1	1	1	1	1	1
Расположение	МО	K*	K	K	K	K	K	K
Ширина люка	b1	0,4B	0,5B	0,4B	0,5B	0,4B	0,5B	0,4B
Ширина шахты	b2	0,25B						
Радиус скулы	Rc	0,9 высоты двойного дна						
Подпалубная цистерна	Нп	0,25B						
Скуловая цистерна	Нс	0,3D						
Отстояние цистерны	h3	0,35D						
Категория подкреплений***		Ice2	Arc4	Ice3	Arc4	Ice2	Ice3	Arc4
Район эксплуатации***		R1	R2	R1	R2	R1	R1	R2

* Кормовое расположение машинного отделения (МО).

** Промежуточное, среднее расположение машинного отделения (МО).

*** По Правилам Регистра.

Таблица Б.2 – Основные характеристики сухогрузных судов

Характеристики		Сухогрузное судно						
		1	2	3	4	5	6	7
Длина, м	L	140	148	143	142	91	145	141
Ширина, м	B	20,0	21,0	20,5	23,0	14,0	22,0	22,8
Высота борта, м	D	12,0	12,6	11,8	14,4	8,0	12,3	14,2
Осадка, м	d	7,5	8,0	6,9	8,4	5,5	7,9	8,1
Водоизмещение полное, т	$\times 10^3$	13,7	16,2	13,2	17,8	4,6	16,4	16,9
Водоизмещение порожнем, т	$\times 10^3$	4,6	5,4	4,4	5,9	1,5	5,5	5,6
Палубы (количество)	n1	1	2	1	2	2	1	2
Расположение	МО	К	Пр ^{**}	К	Ср ^{**}	К	К	К
Ширина люка	b1	0,5B						
Ширина шахты	b2	0,3B						
Радиус скулы	Rc	0,9 высоты двойного дна						
Категория подкреплений		Ice2	Arc4	Ice3	Arc4	Ice2	Ice3	Arc4
Район эксплуатации		R1	R2	R1	R2	R1	R1	R2
Подъем линии днища	t	0,15	0,16	0,14	0,17	0,11	0,16	0,16

* Кормовое расположение машинного отделения (МО).

** Промежуточное, среднее расположение машинного отделения (МО).

*** По Правилам Регистра.

Таблица Б.3 – Основные характеристики наливных судов

Характеристики		Наливное судно						
		1	2	3	4	5	6	7
Длина, м	L	150	195	213	174	215	165	182
Ширина, м	B	21,0	27,0	32,0	23,4	31,0	23,0	24,3
Высота борта, м	D	11,2	14,2	15,2	12,5	15,5	12,4	13,8
Осадка, м	d	8,0	10,5	11,0	9,0	11,3	9,5	10,5
Водоизмещение полное, т	$\times 10^3$	20,7	45,3	61,5	30,1	61,8	29,6	38,1
Водоизмещение порожнем, т	$\times 10^3$	6,9	15,1	20,5	10,0	20,6	9,9	12,7
Продольные переборки	n2	2	2	2	2	2	2	2
Расположение	МО	К	К	К	К	К	К	К
Ширина шахты	b2	0,3В						
Радиус скулы	Rc	0,9 высоты двойного дна						
Категория подкреплений		Ice2	Arc4	Ice3	Arc4	Ice2	Ice3	Arc4
Район эксплуатации		R1	R2	R1	R2	R1	R1	R2

*Кормовое расположение машинного отделения (МО).

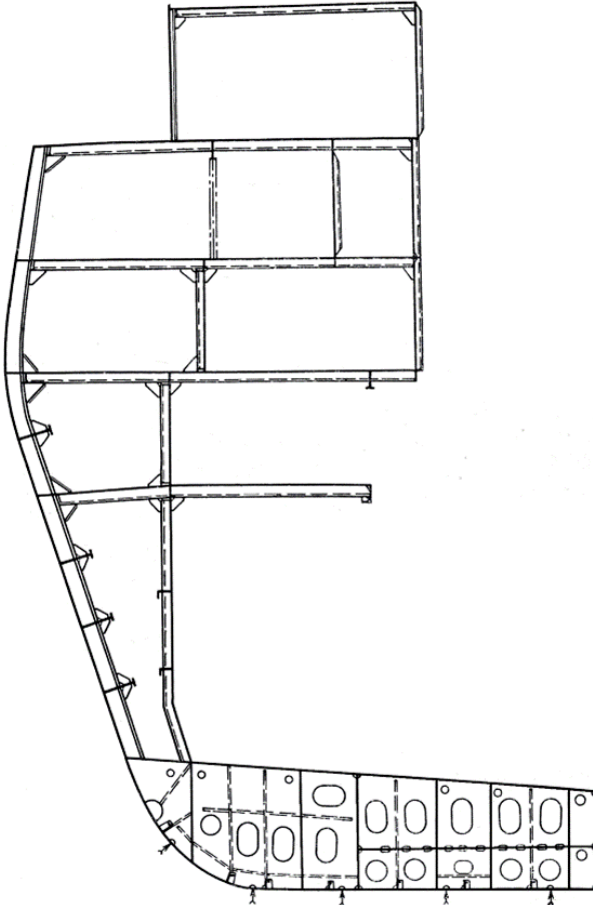
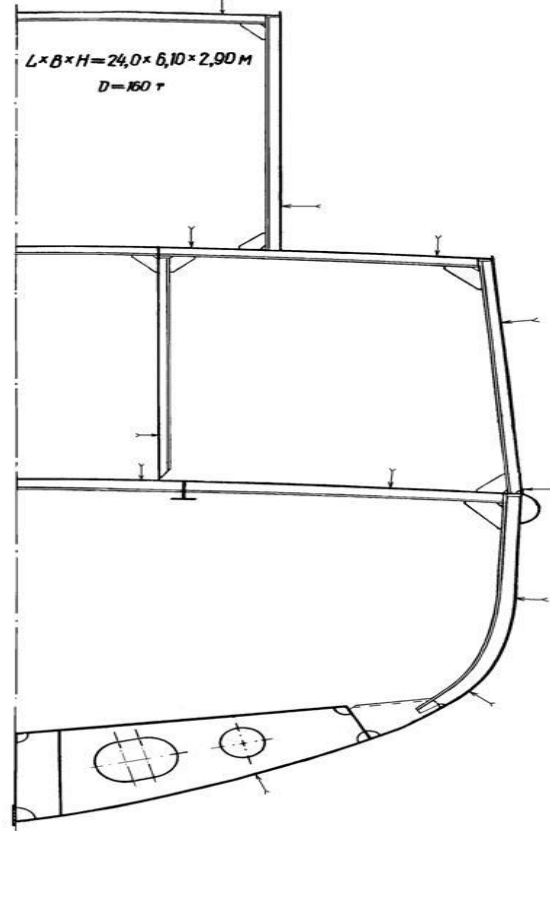
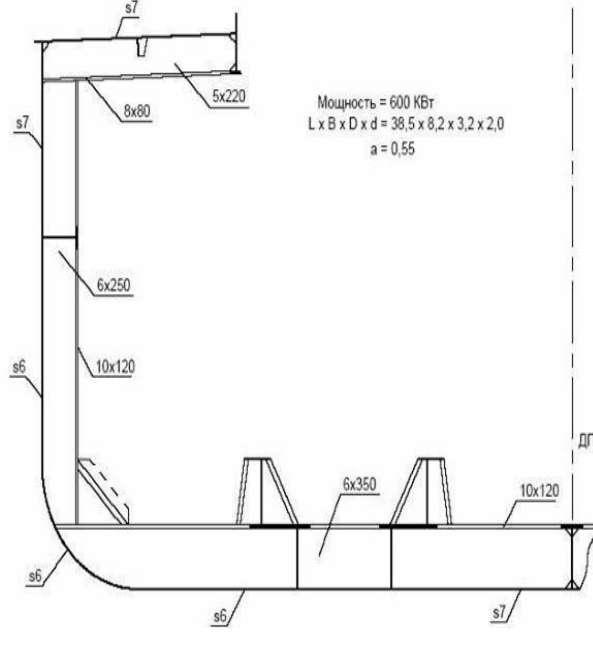
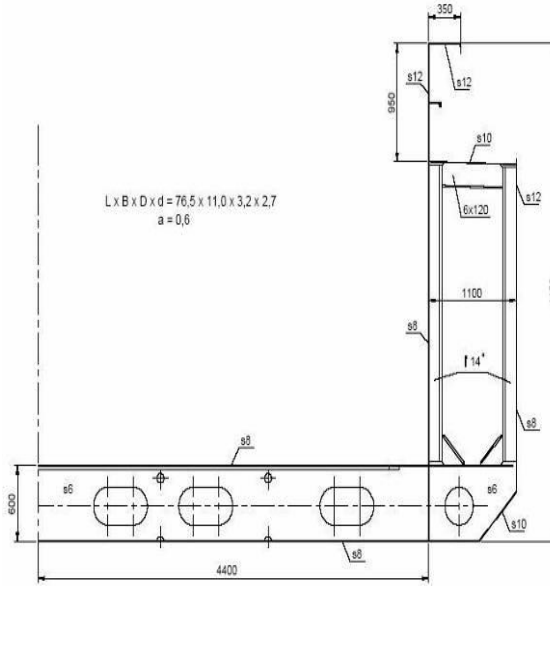
**Промежуточное, среднее расположение машинного отделения (МО).

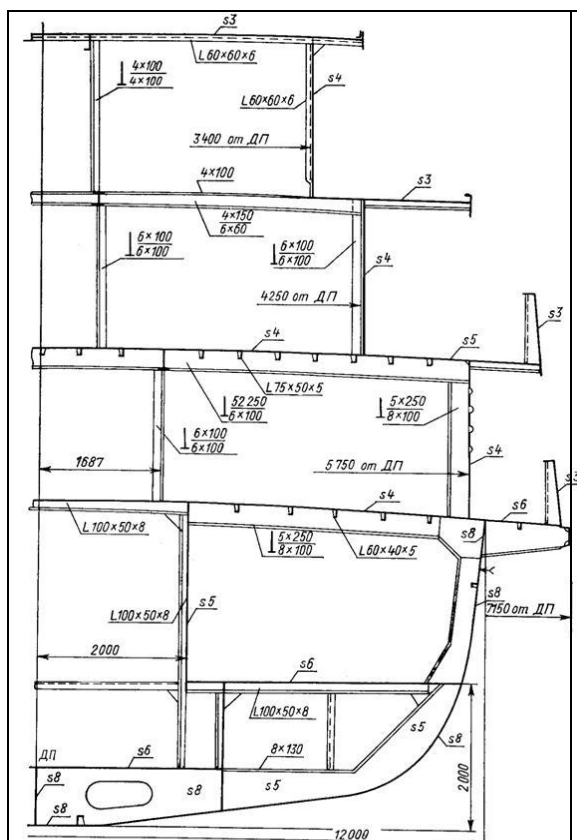
*** По Правилам Регистра.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

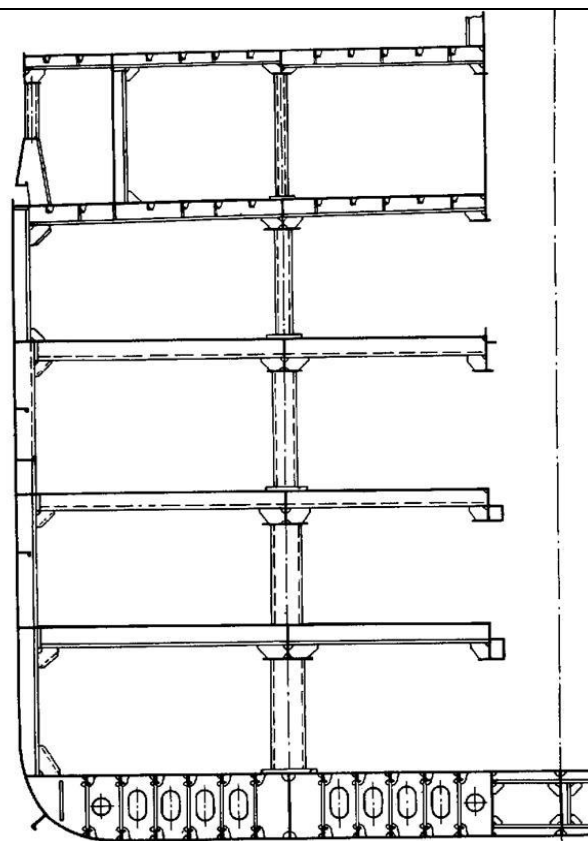
Конструктивные мидель-шпангоуты различных типов судов

Мидель-шпангоут атомного ледокола «Севморпуть» /13/	Мидель-шпангоут сухогруза со смешанной системой набора
Мидель-шпангоут универсального сухогруза	Мидель-шпангоут многопалубного рефрижератора

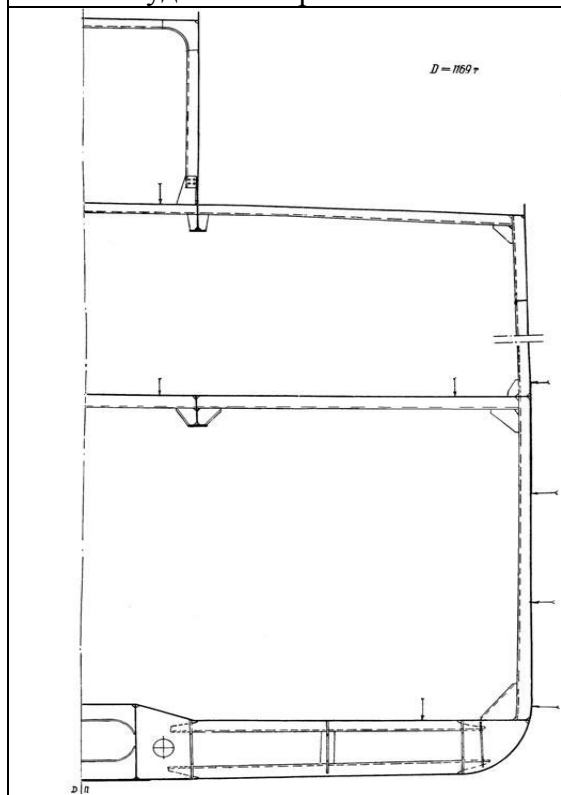
	 $L \times B \times H = 24,0 \times 6,10 \times 2,90 \text{ м}$ $D = 160 \text{ т}$
Мидель-шпангоут ледокола «Ермак» /1/	Мидель-шпангоут сейнера
 Мощность = 600 кВт $L \times B \times D \times d = 38,5 \times 8,2 \times 3,2 \times 2,0$ $a = 0,55$	 $L \times B \times D \times d = 76,5 \times 11,0 \times 3,2 \times 2,7$ $a = 0,6$
Мидель-шпангоут речного толкача «ОТ-800»	Мидель-шпангоут речной сухогрузной баржи



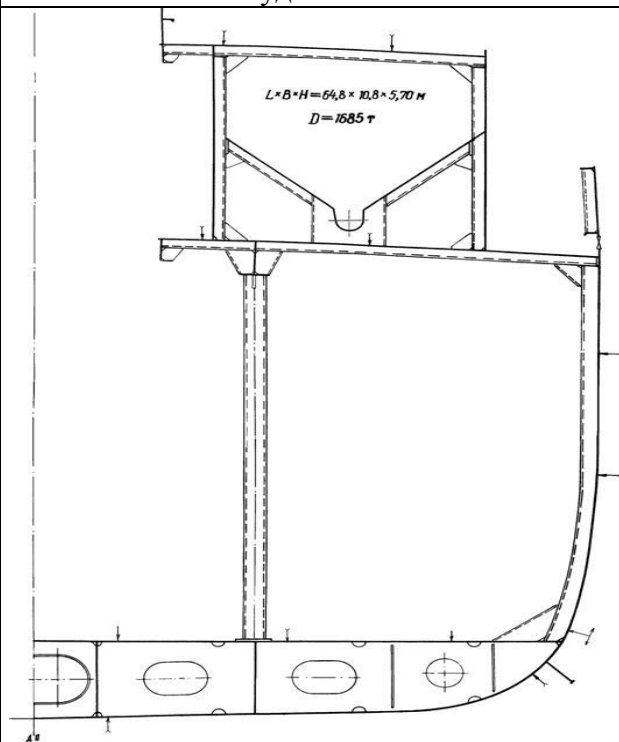
Мидель-шпангоут речного пассажир-
ского судна «Валерий Чкалов» /16/



Мидель-шпангоут рыбообрабатывающего судна /17/



Мидель-шпангоут рефрижераторного судна



Мидель-шпангоут траулера

У ч е б н о е и з д а н и е

Чемакина Тамара Львовна
Кузьмина Анна Валентиновна

ТЕОРИЯ И УСТРОЙСТВО СУДНА

Учебно-методическое пособие

Редактор О.В. Дмитриева

Подписано к печати 21.12.16 г. Изд. № 111/16. Зак. 215/2016. Тираж 50 экз.
Объем 3,75 п.л. Усл. печ. л. 3,49. Уч. изд. л. 3,675.
Формат бумаги 60 x 84 1/16

РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»