



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский национальный
технический университет

Кафедра «Кораблестроение и гидравлика»

А. А. Хмелёв

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
КОНСТРУКТИВНОГО
МИДЕЛЬ-ШПАНГОУТА СУДОВ
ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ**

Методическое пособие

Часть 3

Минск
БНТУ
2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Кораблестроение и гидравлика»

А. А. Хмелёв

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО МИДЕЛЬ-ШПАНГОУТА СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ

Методическое пособие
для студентов специальности 1–37 03 02
«Кораблестроение и техническая эксплуатация водного транспорта»

В 4 частях

Часть 3

Минск
БНТУ
2013

УДК 629.55.01 (075.8)

ББК 39.42 я 7

X65

Р е ц е н з е н т ы:

д-р техн. наук, профессор кафедры «Кораблестроение и гидравлика»

И. В. Качанов;

зам. министра транспорта и коммуникаций Республики Беларусь

А. Н. Чернобылец

Хмелёв, А. А.

X65 Проектирование конструктивного мидель-шпангоута судов внутреннего плавания : методическое пособие для студентов специальности 1–37 03 02 «Кораблестроение и техническая эксплуатация водного транспорта»: в 4 ч. / А. А. Хмелёв. – Минск : БНТУ, 2010– . – Ч. 3. – 2013. – 64 с.

ISBN 978-985-525-985-6 (Ч. 3).

Предлагаемое методическое пособие предназначено для студентов кораблестроительных специальностей и может быть использовано при изучении курса конструкции корпуса судна и при выполнении курсовых и дипломных проектов.

В издании изложены вопросы расчета общей продольной прочности и проектирования днищевых, бортовых, палубных перекрытий судов внутреннего плавания.

Издается с 2010 г. Часть 2 настоящего пособия издана в БНТУ в 2012 г.

УДК 629.55.01 (075.8)

ББК 39.42 я 7

ISBN 978-985-525-985-6 (Ч. 3)

ISBN 978-985-525-367-0

© Хмелёв А. А., 2013

© Белорусский национальный
технический университет, 2013

7. ПЕРЕБОРКИ

7.1. Терминология и расположение в корпусе

Переборками называют специальные внутренние перекрытия, расположенные в вертикальной плоскости, состоящие из обшивки и подкрепляющих ее балок. Относительно длины корпуса судна их подразделяют на поперечные и продольные. Терминология и расположение в корпусе поперечных переборок приведены на рисунок 7.1.

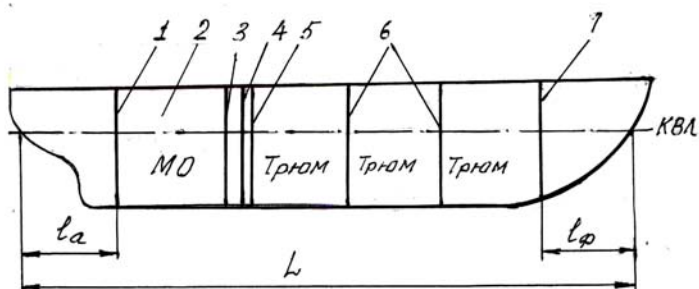


Рисунок 7.1 – Расположение в корпусе поперечных переборок:

- 1 – ахтерпиковая переборка; 2 – машинное отделение; 3 – носовая переборка машинного отделения; 4 – переборка топливной цистерны; 5 – переборка коффердама; 6 – трюмные переборки; 7 – форпиковая переборка

Правила Регистра регламентируют длину форпика и ахтерпика. При этом форпиковая переборка должна отстоять от носового перпендикуляра на расстоянии, не меньшем половины ширины корпуса судна. Для судов шириной более 14 м по согласованию с Речным регистром допускается уменьшать длину форпика.

Самоходные суда должны иметь непроницаемые поперечные переборки, ограничивающие машинное отделение.

Длину ахтерпика определяют по приблизительной формуле

$$l_a = l_\phi - (1-2) \cdot a,$$

где l_a – длина ахтерпика, м;

l_ϕ – длина форпика, м;

a – шпация, м.

Считается, что при таком размере ахтерпика судно получает меньше ударных нагрузок на корму.

Длина топливной цистерны для самоходных судов определяется по формуле

$$l_{\text{ц.т.}} = (3-6) \cdot a$$

и зависит от количества топлива.

Длина коффердама

$$l_{\text{к.д.}} = (1-2) \cdot a.$$

Длина машинного отделения выбирается в зависимости от расположения механизмов или по прототипу.

7.2. Назначение переборок

Переборки на судах выполняют следующие функции:

1. Разделение корпуса судна на отдельные изолированные отсеки (трюмы, цистерны, жилые помещения и т. п.).

2. Обеспечение непотопляемости при местном повреждении корпуса судна; способность при этом выдерживать аварийный напор.

3. Создание опорного контура для балок днищевых, палубных и бортовых перекрытий.

4. Участие в общей продольной и поперечной прочности судна. Продольные переборки являются элементами эквивалентного бруса.

5. Противопожарное средство.

6. Стабилизация остойчивости.

7. Восприятие усилий при постановке в док.

8. Уменьшение гидродинамического удара жидкого груза на нефтеналивных судах при качке и внезапной остановке судна.

Машинное отделение на самоходных судах обязательно ограничивается водонепроницаемыми поперечными переборками. На сухогрузных судах всех классов Речного регистра минимальное число водонепроницаемых поперечных переборок, включая форпиковую и ахтерпиковую, должно быть при длине судна:

20–60 м	3
61–80 м	4
81–100 м	5
101 м и более	6

На судах с двойным дном и двойными бортами поперечные переборки в пределах грузового трюма могут не устанавливаться. На судах-площадках кроме поперечных водонепроницаемых переборок устанавливаются поперечные раскосные фермы. Расстояние между поперечными раскосными фермами или между переборками не должно превышать 8 шпаций в носовой оконечности и 12 шпаций на остальных участках длины судна.

На наливных судах поперечные водонепроницаемые переборки устанавливаются не реже 24 шпаций для судов с высотой борта $H \leq 2,5$ м и не реже 36 шпаций – для судов с высотой борта $H > 2,5$ м.

Расположение и количество продольных переборок также регламентируется Правилами регистра. Эти требования относятся в основном к нефтеналивным судам. На сухогрузных судах продольные переборки обычно устанавливаются для облегчения поперечного набора при больших отношениях B/H и как разделительные по ширине судна. На судах-площадках продольные переборки или продольные фермы устанавливаются так, чтобы расстояние между ними не превышало 2,5 м.

На нефтеналивных судах классов М, О, Р и Л при их длине до 80 м устанавливается одна продольная переборка, а при длине свыше 80 м – две продольные. При отношении $B/H > 3,5$ дополнительно к продольным переборкам на судне устанавливаются продольные фермы таким образом, чтобы расстояние между фермами и переборками или бортами не превышало 2,5 м.

7.3. Конструкция плоских переборок

Плоские переборки состоят из обшивки и подкрепляющих ее балок набора. Листы обшивки чаще располагают горизонтально, так как такое расположение позволяет изменить толщину в соответствии с изменением давления по гидростатическому закону. Количество поясков обшивки колеблется от одного до четырех, в зависимости от принятой ширины листов. Нижние листы переборок, а

на нефтеналивных судах – и верхние, находящиеся в условиях повышенной коррозии, делаются утолщенными на 1–2 мм по сравнению с их прочими размерами. Аналогично утолщение производится и для верхних листов переборок судов-площадок в пределах грузовой площадки. На некоторых судах применяется смешанное расположение листов (рисунок 7.2).

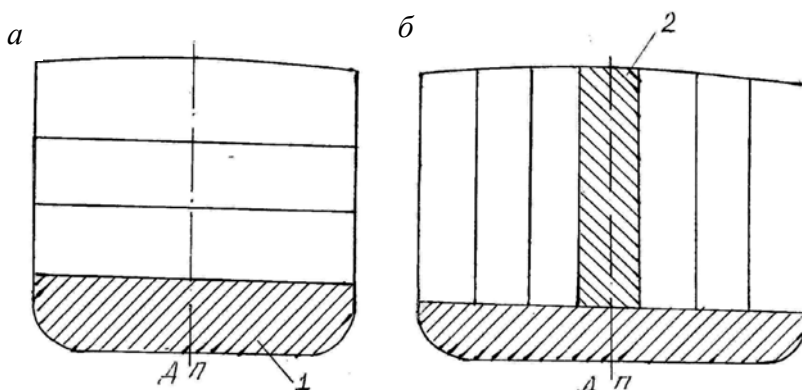


Рисунок 7.2 – Схема расположения поясьев обшивки на поперечных переборках:
а – горизонтальное расположение листов; *б* – смешанное расположение листов;
1 – утолщенный нижний лист; *2* – утолщенный лист доковой стойки

Минимальные толщины листов обшивки по Правилам регистра назначают в зависимости от класса судна, его длины и назначения переборки (см. таблицу 1.5, ч. 1 данного пособия) для шпации 0,55 м. При большем расстоянии между балками набора (шпацией) толщины листов переборок должны быть увеличены пропорционально увеличению этого расстояния.

Подкрепляющие обшивку балки могут быть расположены на переборке вертикально (стойки) и горизонтально (ребра).

Для обеспечения прочности переборки при минимальном ее весе балки целесообразно устанавливать параллельно короткой стороне опорного контура. При отношении ширины переборки к ее высоте более двух следует устанавливать только вертикальные стойки. Кроме уменьшения веса такое расположение оказывается выгодным и с технологической точки зрения (балки оказываются короче, и с ними удобнее работать).

Горизонтальное расположение балок на переборках применяют на продольных переборках, заставляя балки работать в составе эквивалентного бруса.

При установке на переборках рамных связей их размещают в плоскости основных продольных связей, кильсонов и карлингсов для рамных стоек и в плоскости бортовых стрингеров для шельфов переборок и связывают с ними (рисунок 7.3).

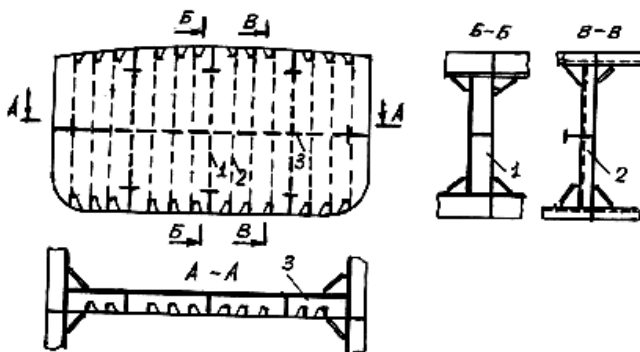


Рисунок 7.3 – Поперечная переборка с однородной системой набора:
1 – рамная стойка; 2 – холостые стойки; 3 – шельф

Расположение вертикальных и горизонтальных балок на переборках регламентируется Правилами регистра. Так, для форпиковой переборки судов внутреннего и смешанного плавания расстояние между холостыми стойками не должно превышать 0,6 м. При горизонтальном расположении балок расстояние между ними рекомендуется принимать равным 0,55 м.

Для продольных переборок момент инерции поперечного сечения верхнего горизонтального ребра с присоединенным пояском должен быть не менее требуемого для палуб, определяемых для рамных карлингсов и рамных бимсов.

Вертикальные стойки поперечных переборок крепят ко второму дну, при его наличии, и кницами к палубе. Однако в трюмах сухогрузных судов, где кницы мешают укладке груза, приварку торцов стоек допускается производить непосредственно к настилу и палубе. Различают три способа крепления концов стоек переборок (рисунок 7.4).

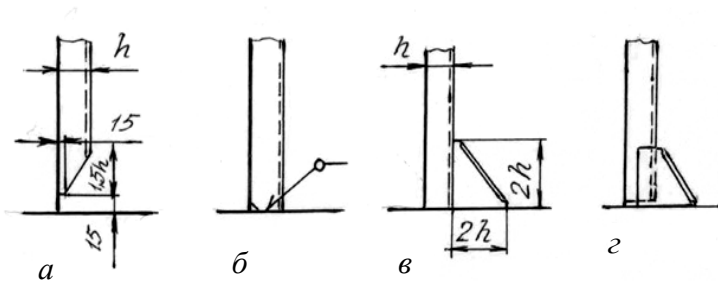


Рисунок 7.4 – Схемы крепления концов балок набора переборок:
a – свободное крепление (со срезкой конца «на ус»); *б* – крепление обваркой по контуру балки; *в* – кничное крепление с кницей встык; *г* – кничное крепление с кницей внахлестку

Наиболее простым в технологическом отношении является свободное крепление (со срезкой на «ус»), которое целесообразно применять на судах, имеющих поперечную систему набора корпуса, на судах, не имеющих двойного дна, и в помещениях, где уменьшение полезного объема является нежелательным.

Кничные соединения и соединение приваркой обычно осуществляются на судах с продольной системой набора и на судах, имеющих двойное дно.

Установка книц непосредственно на днищевую обшивку, настил палубы и настил второго дна не обеспечивает жесткого закрепления концов балок, а при значительных нагрузках концы их могут привести к возникновению значительных деформаций и трещин в обшивке. Для предупреждения такого явления кницы обязательно должны доводиться до ближайшей поперечной связи или такая связь должна быть специально поставлена на судно (рисунок 7.5).

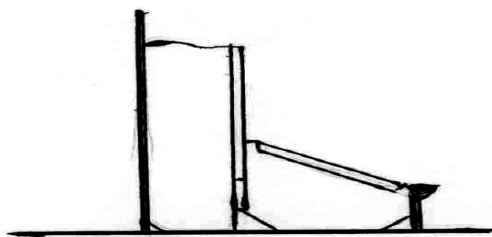


Рисунок 7.5 – Крепление концов стоек на обшивку

Бортовые стрингеры и шельфы связываются между собой кницами, поставленными с обеих сторон переборок. Соединение продольных балок борта и продольных переборок с горизонтальными ребрами поперечных переборок приведено на рисунке 7.6, *а*, а с вертикальными стойками – на рисунке 7.6, *б*. Размеры книц при креплении рамных связей и креплении холостых балок двукратны их высоте.

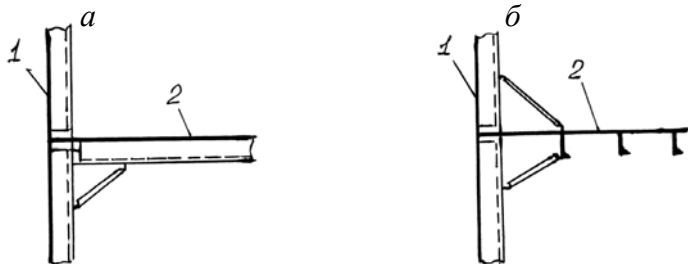


Рисунок 7.6 – Соединение продольных ребер борта с переборкой:
а – переборка с горизонтальными ребрами; *б* – переборка с вертикальными стойками;
 1 – борт; 2 – поперечная переборка

При пересечении между собой поперечных и продольных переборок узлы пересечения их шельфов подкрепляются кницами (рисунок 7.7).

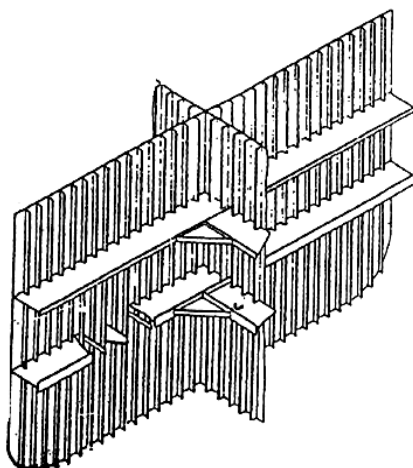


Рисунок 7.7 – Пересечение поперечной и продольной переборок

Расстояние между горизонтальными ребрами жесткости непроницаемых переборок рекомендуется принимать равным 550 мм.

Момент сопротивления поперечного сечения горизонтальных ребер жесткости с присоединенным пояском должен быть не менее требуемого формулой (5.10); при этом значение d_1 , м, должно быть принято равным расстоянию между вертикальными рамными стойками.

7.4. Конструкции гофрированных переборок

Гофрированные переборки изготавливаются из гофрированных штампованных листов или из различных прокатных профилей, соединяемых между собой сваркой (рисунок 7.8). Эти переборки нашли широкое применение на танкерах, что приводит к упрощению операции по зачистке танков от остатков нефтепродуктов. Они могут быть экономичнее плоских переборок за счет снижения трудоемкости по установке набора.

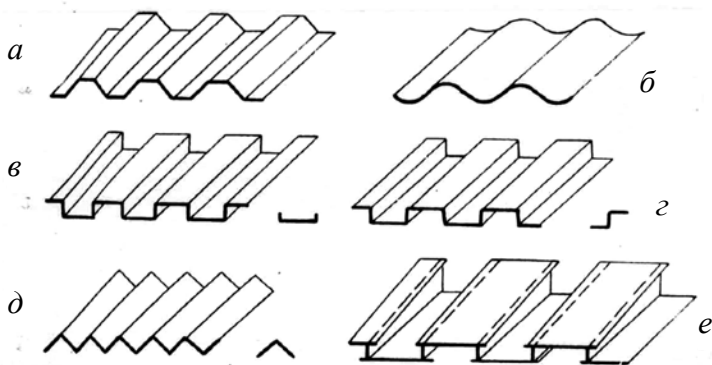


Рисунок 7.8 – Различные виды гофрированных переборок:

а – трапециевидная; *б* – волнистая; *в* – коробчатая из швеллеров; *г* – коробчатая из z-образных профилей; *д* – из угловых профилей; *е* – коробчатая с гофрами переменной высоты

Направления гофров в поперечных и продольных переборках определяют, исходя из соображений наиболее выгодного использования жесткости переборок. Жесткость гофрированных переборок вдоль и поперек гофров различна. Как правило, у танкеров гофры

на поперечных переборках устанавливают вертикально и подкрепляют их шельфами, на продольных переборках гофры идут вдоль судна, т. е. горизонтально, и подкрепляются рамными стойками. В этом случае всю продольную переборку включают в состав эквивалентного бруса. Гофрированные переборки находят применение и на судах для перевозки насыпных грузов.

При установке рамных связей обшивка переборок работает совместно с ними.

Гофрированные поперечные переборки корпуса устанавливают на сплошные непроницаемые флоры или непосредственно на днищевую обшивку или настил второго дна (рисунок 7.9).

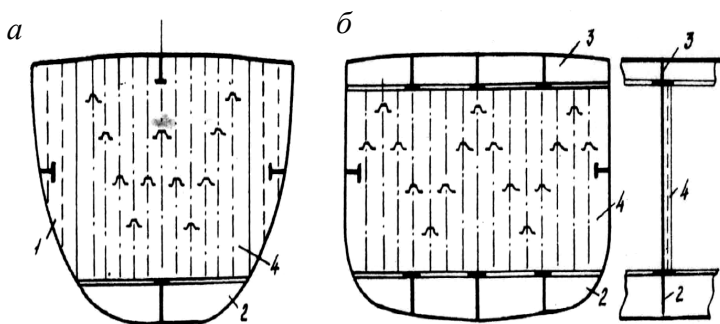


Рисунок 7.9 – Крепление гофрированных переборок к корпусу:

а – с помощью плоских листов; *б* – с помощью сплошного флора и рамного бимса; 1 – плоский лист; 2 – сплошной флор; 3 – рамный бимс; 4 – гофрированные листы

Осевые линии вертикальных гофров поперечной переборки должны быть совмещены с плоскостью стенок, примыкающих к переборке кильсонов.

Карлингсы, кильсоны и продольные ребра жесткости палубы и днища к гофрам крепят кницами.

Гофры переборок должны иметь момент сопротивления не менее требуемого для сечения холостой вертикальной стойки с присоединенным пояском или холостого шпангоута с присоединенным пояском.

Наиболее применяемыми являются переборки с трапециевидными и волнистыми гофрами, их типы и геометрические характеристики приведены на рисунке 7.10.

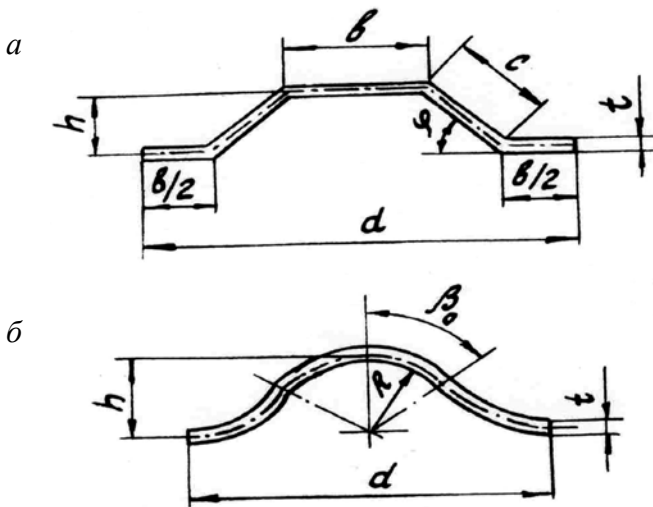


Рисунок 7.10 – Типы наиболее распространенных гофров и их геометрические характеристики:

a – трапециевидный гофр; *б* – волнистый гофр; *h* – высота гофра; *d* – шаг гофра; *в* – ширина плоской грани; *с* – ширина наклонной грани; φ – угол наклона грани; *R* – радиус гофра; β_0 – угол гофра

Один из вариантов крепления вертикальной рамной стойки на гофрированной переборке приведен на рисунке 7.11.



Рисунок 7.11 – Вертикальная рамная стойка гофрированной переборки

Моменты сопротивления поперечного сечения гофров, см³, должны определяться по формулам:

для трапециевидных гофров

$$W = t \cdot h \cdot (a + \frac{b}{3}); \quad (7.1)$$

для волнистых гофров

$$W = \gamma \cdot t \cdot R^2, \quad (7.2)$$

где $\gamma = (\beta_0 + 2 \cdot \beta_0 \cdot \hat{n} s^2 \beta_0 - 1,5 \cdot \sin^2 \beta_0) / (1 - \cos \beta_0)$ (7.3)

(см. рисунок 7.10).

Размеры гофров должны быть выбраны таким образом, чтобы выдерживались соотношения:

для трапециевидных гофров

$$a/t < 55$$

или

$$b/t < 55, \text{ если } b < a;$$

для волнистых гофров

$$R/t < 65.$$

Максимальные действующие напряжения в гофре определяют по формуле

$$\sigma_x = \frac{M_\delta}{W},$$

где M_p – расчетный изгибающий момент;

W – момент сопротивления площади поперечного сечения гофра, определяемый для трапециевидных гофров по формуле (7.1), а для волнистых гофров – по формулам (7.2) и (7.3).

Соединение продольных и поперечных переборок между собой зависит от характера расположения гофров на переборках. Наиболее просто соединение выполняется тогда, когда поперечная переборка имеет трапецевидные гофры. Продольная переборка в этом случае притыкается на плоскую грань (рисунок 7.12, *а*). Значительно сложнее стыковать переборки, если поперечная переборка выполнена волнистой. В этом случае притыкание переборок происходит по криволинейной поверхности и требует лекальной подгонки. Для ее устранения в местах соединения переборок устанавливается плоский участок (рисунок 7.12, *б*) или же специальная двутавровая балка, позволяющая стыковать переборки на ее плоские грани (рисунок 7.12, *в*). Последнее соединение оказывается очень технологичным, если обе переборки имеют горизонтальное расположение гофров.

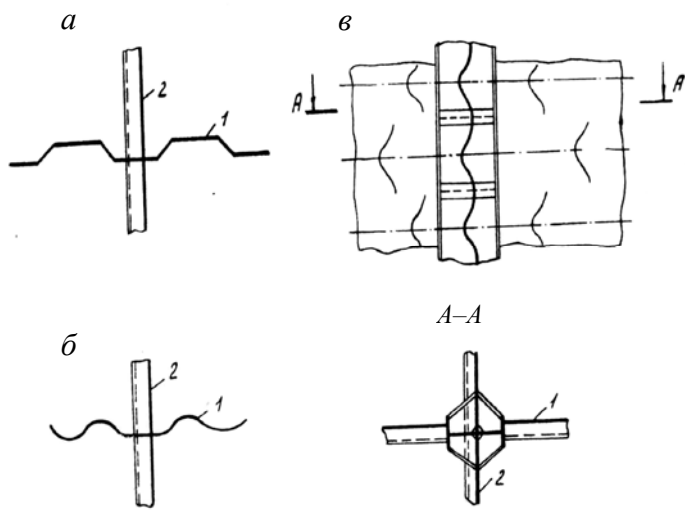


Рисунок 7.12 – Узлы соединения продольных и поперечных переборок:
а – соединение на плоской грани гофра; *б* – соединение на плоском листе;
в – соединение на двутавре; *1* – поперечная переборка; *2* – продольная переборка

8. НАБОР ОКОНЕЧНОСТЕЙ СУДНА

Оконечности судна называют штевнями. Те из них, которые находятся в носовой оконечности, называются *форштевнями*, а в кормовой – *ахтерштевнями*. Их внешний вид и устройство приведены на рисунке 8.1.

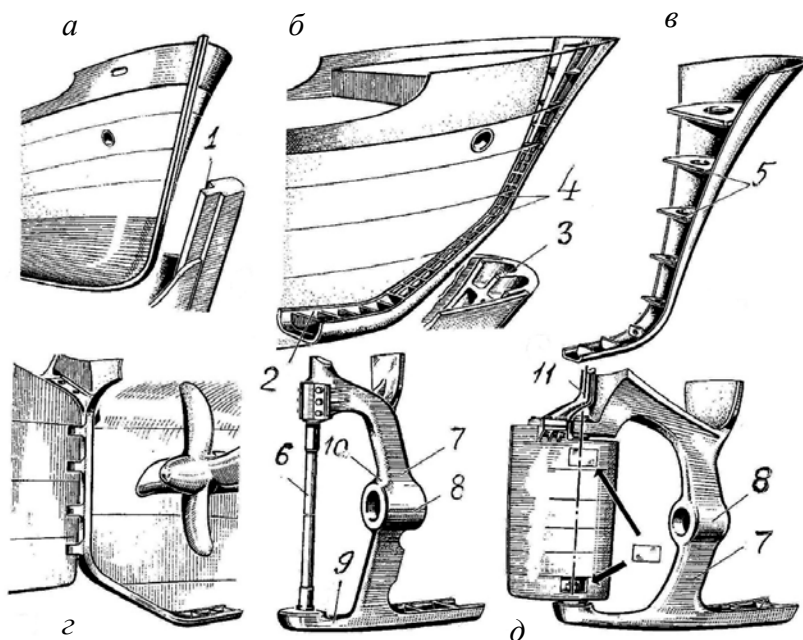


Рисунок 8.1 – Форштевни и ахтерштевни:

а – брусковый форштевень; *б* – литой ледокольный форштевень; *в* – листовый (сварной) форштевень; *г* – ахтерштевень двухвинтового судна; *д* – ахтерштевень одновинтового судна;

1 – хвостовик; 2 – башмак форштевня; 3 – продольное вертикальное ребро;
4 – поперечные ребра; 5 – носовые брештуки; 6 – рудерпост; 7 – старпост;
8 – яблоко ахтерштевня; 9 – подошва ахтерштевня; 10 – окно ахтерштевня;
11 – баллер руля

Форштевень воспринимает значительные нагрузки от ударов льда, при швартовке носом, столкновениях с плавающими предметами, поэтому он должен обладать повышенной прочностью и надежностью соединения с обшивкой и набором.

Конфигурация форштевня зависит от формы носовой оконечности, которая определяется типом судна. В зависимости от очертаний форштевня различают следующие формы носовой оконечности судов: с клиновидным, ложкообразным, санеобразным, клиперским и ледокольным носом (рисунок 8.2).

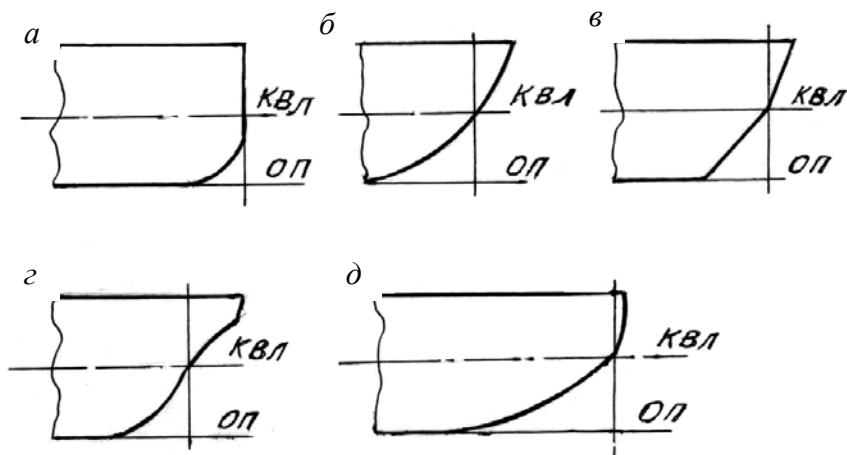


Рисунок 8.2 – Формы носовой оконечности судов:
 а – клиновидная (вертикальная); б – ложкообразная; в – ледокольная;
 г – клиперская; д – санеобразная

При вертикальных формах форштевня уменьшается габаритная длина судна, что позволяет судам лучше маневрировать в ограниченных акваториях и при проходе в шлюзах канала. Однако при столкновениях судов такие форштевни могут нанести повреждения в подводной части корпуса на большом протяжении. Наклонный же форштевень, как правило, повреждает корпус судна выше ватерлинии.

Клиперская форма форштевня, перешедшая с парусных судов, в настоящее время сохранилась только у яхт.

Форштевни изготавливаются катанymi, литыми, гнутыми и сварными из листов. Наиболее широкое распространение получили форштевни с прямоугольной, угловой и круглой формой поперечного сечения (рисунок 8.3).

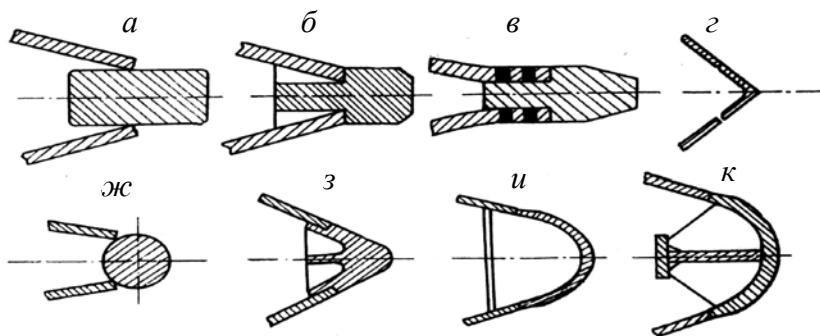


Рисунок 8.3 – Формы поперечного сечения форштевня:
а – прямоугольное; *б* – прямоугольное со шпунтом; *в* – прямоугольное со шпунтом и шлицевым соединением; *г* – равнобокий угольник; *ж* – круглое сечение; *з* – литое фасонное; *и* – из гнутых листов; *к* – из гнутых листов с вертикальным ребром жесткости

Присоединение обшивки к штевням осуществляют с помощью сварки, заклепок и шлицевых соединений (см. рисунок 8.3). Устройство шпунта обязательно для судов ледового плавания.

Форштевни из угольников применяют на судах с полными обводами при разводных малках, больших или равных 90° . Величина малок может быть переменной по высоте форштевня.

Литые форштевни могут изготавливаются в виде одной или нескольких соединяемых между собой деталей с помощью сварки, в том числе и с обшивкой носовой оконечности.

Рекомендуемые минимальные значения размеров форштевней приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Минимальные размеры поперечного сечения форштевня
 ниже грузовой ватерлинии

Форма сечения	Класс судна	
	М и О	Р и Л
Прямоугольная: <i>a</i> – ширина, мм <i>t</i> – толщина, мм	$t = 12 + 0,4L$ $a = 64 + 1,5L$ при $L \leq 50$ м; $a = 90 + 1,0L$ при $L > 50$ м	$t = 10 + 0,2L$ $a = 55 + 0,5L$ при $L \leq 50$ м $a = 30 + 1,0L$ при $L > 50$ м

Окончание таблицы 8.1

Форма сечения	Класс судна	
	М и О	Р и Л
Круглая d – диаметр, мм	$d = 46 + 0,96L$	$d = 32 + 0,63L$
Равнобокий угольник F – площадь, см ²	$F = 11 + 0,22L$	$F = 7 + 0,22L$

Форштевни с примыкающей к ним обшивкой подкрепляются поперечными бракетами-брештуками (см. рисунок 8.1), положение которых согласовывается с положением бортовых стрингеров. Их толщина принимается не меньше толщины наружной обшивки в местах притыкания. В конструкциях с листовым гнутым форштевнем брештук должен перекрывать его стыковое соединение наружной обшивки с форштевнем не менее чем на пятикратную толщину. В зависимости от очертаний ахтерштевня суда могут иметь различные формы кормовой оконечности (рисунок 8.4).

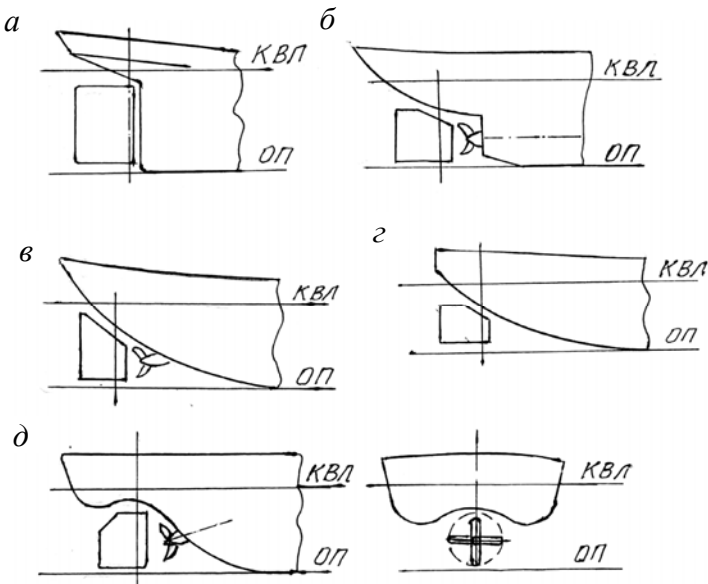


Рисунок 8.4 – Формы кормовой оконечности судна:
 а – клиновидная; б – крейсерская; в – ложкообразная; г – транцевая;
 д – тоннельная

Транцевая и тоннельная формы окончания кормовой оконечности судна принимаются для мелкосидящих речных судов.

Сечение корпуса судна плоскостью мидель-шпангоута позволяет определить очертания бортов и днища в средней части судна и палубной линии поперек его. В зависимости от формы миделевого сечения суда могут быть плоскодонными или килеватыми, прямобортными или с развалом бортов, кругло- или остроскулыми.

На одновинтовых судах ахтерштевень имеет форму в виде рамы (см. рисунок 8.1, рисунок 8.5). Носовая ветвь рамы, через которую проходит гребной вал, называется старнпостом. В месте прохода гребного вала делается яблокообразное утолщение – ступица дейдвуда. Кормовая ветвь рамы называется рудерпостом. На рудерпосте делаются приливы для навешивания руля. Приливы, как и пятка ахтерштевня, или привариваются к ахтерштевню, или изготовляются с ним как одно целое. Часто подошва ахтерштевня делается с плавным подъемом к рудерпосту с таким расчетом, чтобы во избежание касания руля о грунт на мелководье пятка находилась выше килевой линии.

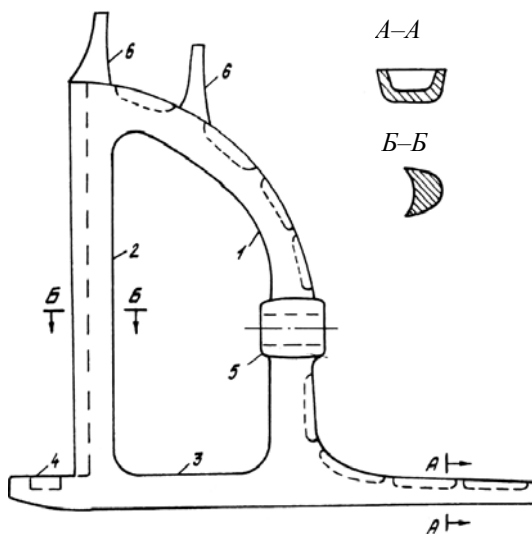


Рисунок 8.5 – Ахтерштевень одновинтового судна:

1 – старнпост; 2 – рудерпост; 3 – подошва; 4 – пятка; 5 – яблоко; 6 – прилив

Форма поперечного сечения отдельных частей ахтерштевня регламентируется Правилами регистра для прямоугольной формы. В таблице 8.2 приводятся минимальные размеры поперечного сечения старнпоста выше яблока для судов всех классов Речного регистра.

Таблица 8.2

Минимальные размеры поперечного прямоугольного сечения старнпоста выше яблока гребного вала

Размеры сечения	Класс судна		
	М	О	Р и Л
Толщина, мм	$t = 16 + 0,25L + 0,8H^2$	$t = 12 + 0,5 + 0,8H^2$	$t = 10 + 0,18L + 0,8H^2$
Ширина, мм, при $L < 20$ м, $20 \leq L \leq 50$ м, $L > 50$ м	$a = 55 + 2,0L$	$a = 30 + 2,0L$	$a = 30 + 2,0L$
	$a = 65 + 1,5L$	$a = 50 + 1,0L$	$a = 50 + 1,0L$
	$a = 90 + 1,0L$	$a = 40 + 1,2L$	$a = 40 + 1,2L$

Толщина поперечных сечений рудерпоста и старнпоста ниже яблока должна быть увеличена в два раза по сравнению с требуемой (см. таблицу 8.2). Ширина поперечных сечений старнпоста и рудерпоста в верхней части может быть уменьшена на 15 % по сравнению со значениями, полученным по формулам из этой же таблицы. Подошва на участке между старнпостом и рудерпостом должна иметь площадь поперечного сечения, на 25 % большую площади сечения, определенной по таблице 8.2.

Поперечное сечение литого и гнутого из листов ахтерштевня должно быть не менее прочным, чем поперечное прямоугольное, определенное по формулам, приведенным в таблице 8.2.

Форма литого и гнутого из листов ахтерштевня и соотношения его размеров приведены на рисунке 8.6.

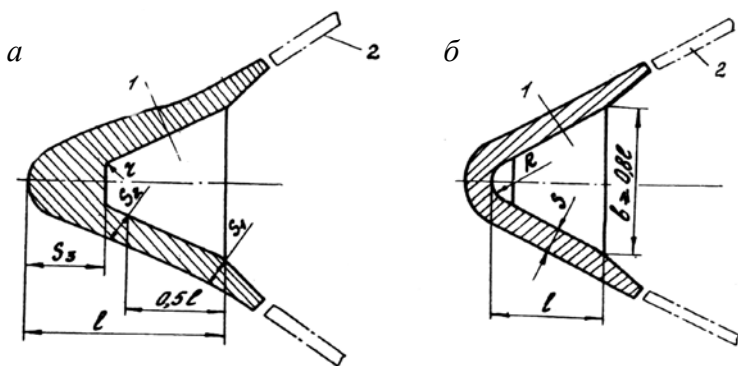


Рисунок 8.6 – Сечение ахтерштевня:

- a* – литого ($S_1 = 1,5 \cdot S_0 = 2,5 S_0$; $l > 1,9L + 1,35$ мм; r – литейный радиус);
б – гнутого из листов ($S = 1,6 S_0$; $l > 2,5L + 180$ мм; R – гибочный радиус);
l – бракета; *2* – примыкающий лист наружной обшивки

8.1. Набор носовой оконечности

Воздействие ударов набегающих волн, силы инерции при качке, динамические составляющие сопротивления воды движению судна и воздействие ледовых нагрузок требуют дополнительных подкреплений корпуса носовой оконечности по сравнению со средней его частью.

Правила Речного регистра рекомендуют иметь размеры набора в носовой части не меньше его размеров в средней части судна. Для судов всех классов подкрепления выполняются на протяжении $0,15L$ от носового перпендикуляра. На этом участке судна система набора днища и борта выполняется поперечной.

Флоры устанавливаются на каждой шпации, которая не должна превышать 550 мм. Толщина их стенок выполняется на 1 мм толще стенок флоров в средней части судна. Момент сопротивления площади поперечного сечения флоров с присоединенным пояском для судов с ложкообразной и санеобразной формами носовой оконечности должен быть увеличен в 1,5 раза по сравнению с моментом сопротивления площади поперечного сечения в средней части. У судов с клинообразной формой носовой оконечности высота флоров на участке подкрепления должна быть принята не менее 80 % высоты флора в средней части.

Размеры кильсона принимаются равными размерам флоров на этом участке. Диаметральный кильсон должен быть надежно скреплен с форштевнем.

Рамные шпангоуты по борту устанавливаются не реже двух шпаций. В промежутке между ними располагаются холостые шпангоуты. Момент сопротивления площади поперечного сечения рамных и холостых шпангоутов должен быть увеличен не менее чем на 25 % по сравнению с требуемым для средней части судна. По борту устанавливаются бортовые стрингеры, которые у форштевня заканчиваются брештуками протяженностью не менее одной шпации, и по свободной кромке, подкрепленные пояском тех же размеров, что и свободный пояс бортового стрингера. Количество бортовых стрингеров зависит от высоты борта. При $2 < H < 4$ м устанавливается один стрингер, а при $H > 4$ м – два стрингера.

Схема набора в носовой оконечности судна внутреннего плавания приведена на рисунке 8.7.

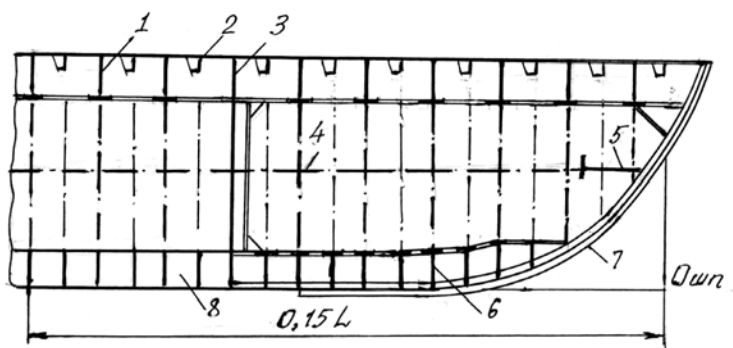


Рисунок 8.7 – Конструкция носовой оконечности судна внутреннего плавания:
 1 – рамный бимс; 2 – холостой бимс; 3 – форпиковая переборка; 4 – бортовой стрингер; 5 – брештук; 6 – флор; 7 – форштевень; 8 – двойное дно

У буксиров-толкачей и толкачей носовая часть дополнительно подкрепляется продольными переборками или раскосными формами. Их устанавливают в плоскости упоров и доводят до форпиковой переборки (рисунок 8.8).

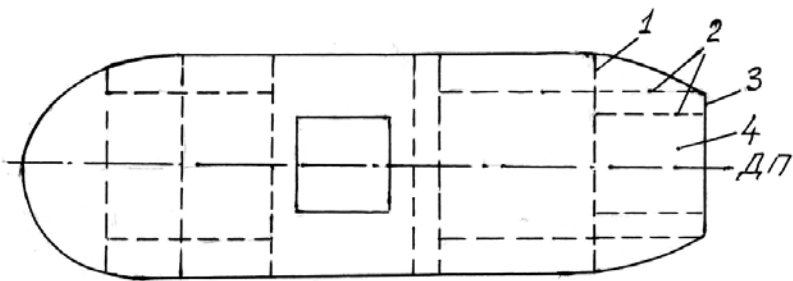


Рисунок 8.8 – Конструктивная схема толкача:
 1 – форпиковая переборка; 2 – продольные переборки; 3 – упор для толкания;
 4 – форпик

8.2. Набор кормовой оконечности

Кормовая оконечность подвергается воздействию дополнительных, по сравнению со средней частью судна, нагрузок, поэтому кормовые оконечности корпусов судов также выполняются усиленными по сравнению со средней частью судна. Усиление набора производится по Правилам регистра.

Все подкрепления сосредотачиваются в ахтерпике. Система набора поперечная, шпация – 550 мм. Флоры устанавливаются на каждом шпангоуте.

Кильсоны должны быть протянуты как можно дальше в корму, как продолжение кильсонов и фундаментных балок машинного отделения. Рамные шпангоуты по борту устанавливаются не реже двух шпаций.

Размеры флоров, бортовых стрингеров, рамных шпангоутов, рамных бимсов и карлингсов принимаются такими же, как и в форпике. Момент сопротивления площади поперечного сечения холостых шпангоутов и бимсов с присоединенным пояском должен быть не меньше, чем для холостых шпангоутов и бимсов в средней части судна. Конструкция кормовой оконечности и схема подкреплений ахтерпика приведены на рисунке 8.9.

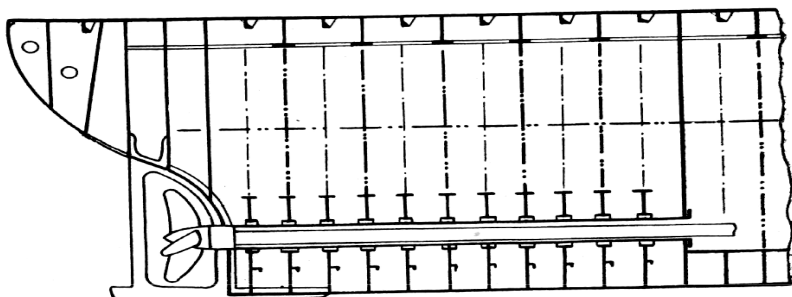


Рисунок 8.9 – Конструкция кормовой оконечности

На судах с одновальной установкой флоры в ахтерпике выводятся над гребным валом или над дейдвудной трубой (см. рисунок 8.9) на высоту не менее половины диаметра отверстия в стеке флора. В тех случаях, когда это выполнить не удастся, флоры могут быть доведены до гребного вала или дейдвудной трубы, выше которых устанавливаются поперечные связывающие полосы, подкрепленные поясками (рисунок 8.10). Толщина связывающих полос принимает-ся равной толщине флоров.

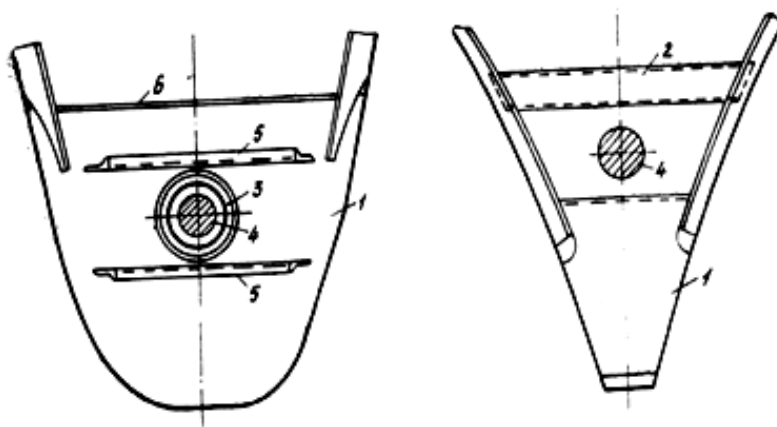


Рисунок 8.10 – Флоры в ахтерпике одновинтового судна:

1 – флор; 2 – связывающая полоса; 3 – дейдвудная труба; 4 – гребной вал;
5 – ребро жесткости; 6 – полоса

8.3. Выходы гребных валов

Для пропуска гребных валов через обшивку корпуса судна применяют дейдвудные трубы. Носовой конец трубы с помощью болтовых соединений закрепляют на поперечной переборке ахтеррика, а кормовую часть пропускают через обшивку корпуса (у одновинтовых судов – через ахтерштевень) и жестко соединяют с ней с помощью специального фланца или накладного листа.

Внутри трубы находятся подшипники с резиновыми вкладышами, стойкие к истиранию, а в передней ее части устраивают сальниковое уплотнение для обеспечения водонепроницаемости (рисунок 8.11).

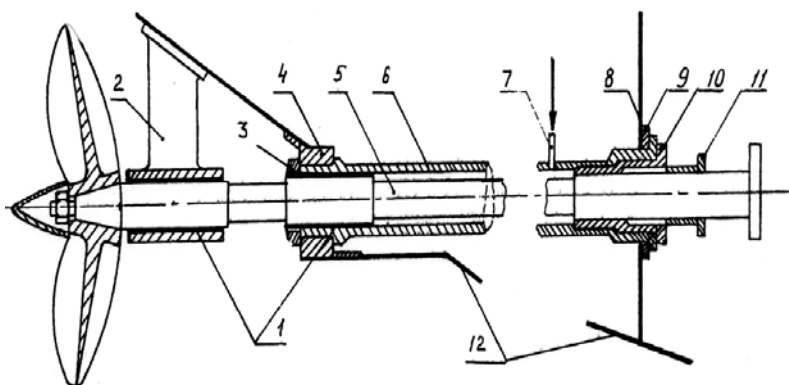


Рисунок 8.11 – Конструкция дейдвудной трубы:

- 1 – резиновые подшипники в металлической обойме; 2 – кронштейн гребного вала;
- 3 – гайка; 4 – мортира; 5 – гребной вал; 6 – дейдвудная труба; 7 – подача чистой воды под напором для смазки резиновых подшипников;
- 8 – поперечная переборка; 9 – накладный лист; 10 – сальниковое устройство; 11 – нажимная втулка сальника;
- 12 – обшивка корпуса

При двухвальной силовой установке судна гребные винты располагаются довольно далеко от корпуса и гребной вал, для создания опоры к которому устанавливаются кронштейны, оказывается консольным. Кронштейны могут быть конструктивно объединены с дейдвудной трубой или выполняться отдельно. Они могут быть однолапными или двулапными (рисунок 8.12). В последнем случае их лапы располагаются под углом 80–100° друг к другу.

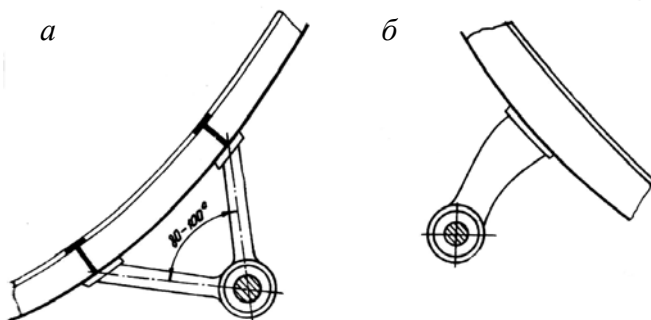


Рисунок 8.12 – Кронштейны гребных валов:
a – двулапый; *б* – однолапый

На судах с двухвальной установкой при килеватых обводах для создания жесткой опоры гребному валу наиболее целесообразно применять двулапый кронштейн. У небольших судов с туннельной кормой можно применить один кронштейн.

Кронштейны гребных валов крепятся к корпусу судна в плоскости флоров при помощи сварки.

В местах крепления их лап устанавливаются дополнительные кильсоны, протяженность которых должна быть не менее двух шпаций в каждую сторону от места крепления. Обшивка корпуса судна в местах установки кронштейнов утолщается на 25 % по сравнению с требуемой толщиной обшивки в оконечности. Размеры двулапных кронштейнов в соответствии с требованиями Правил регистра определяются в зависимости от диаметра гребного вала d , мм, в месте установки кронштейна и должны быть не менее определенных по формулам:

толщина лапы

$$t_{л} = 0,45d, \text{ мм};$$

площадь поперечного сечения лапы

$$F_{л} = 0,47d^2, \text{ см}^2;$$

длина ступицы

$$l_{л} = 3d, \text{ мм};$$

толщина ступицы

$$t_{с} = 0,33d, \text{ мм}.$$

9. ПИЛЛЕРСЫ И ФЕРМЫ

Пиллерсы предназначены в основном для обеспечения совместной работы палубного и днищевое перекрытия на восприятие приложенной к ним поперечной нагрузки. Кроме того, пиллерсы повышают устойчивость перекрытий, в первую очередь палубных, при действии приложенных в их плоскости сжимающих усилий от общего изгиба корпуса и позволяют уменьшить массу указанных перекрытий. Однако во многих случаях пиллерсы создают существенные эксплуатационные неудобства: мешают проведению грузовых операций, загромождают помещения. Поэтому в настоящее время пиллерсы устанавливают лишь на судах, трюмы которых не используются для размещения груза, т. е. на судах – площадках, катамаранах, а также на нефтеналивных баржах. Иногда пиллерсы устанавливают под палубой, на которой размещаются тяжелые механизмы. На пассажирских судах пиллерсы стремятся совместить с межкаютными выгородками.

Пиллерсы рекомендуется устанавливать в местах пересечения рамных бимсов и карлингсов под палубой и флоров и кильсонов – по днищу (рисунок 9.1). Если по условиям размещения помещения эту рекомендацию выполнить невозможно и если карлингсы и кильсоны не находятся в одной вертикальной плоскости, то в месте установки пиллера должна быть установлена дополнительная местная рамная балка, доходящая до ближайших рамных балок основного набора.

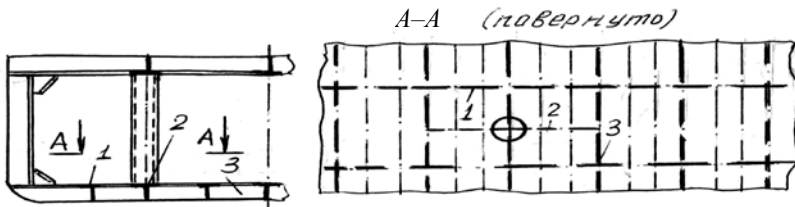


Рисунок 9.1 – Дополнительный кильсон в районе установки пиллера:

1 – основной кильсон; 2 – дополнительный кильсон; 3 – флор

В большинстве случаев для пиллерсов используют трубчатое сечение, как наиболее рациональное (рисунок 9.2, а). Также приме-

няются пиллерсы из сваренных между собой равнополочных угольников, образующих квадратное (рисунок 9.2, б) или крестообразное (рисунок 9.2, в) сечение. В последнем случае расстояние между соединительными планками, обеспечивающими совместную работу угольников, не должно превышать 1 м.

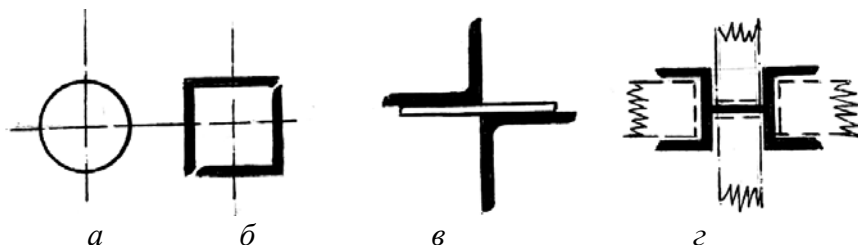


Рисунок 9.2 – Сечения пиллерсов

Если пиллерсы служат для крепления деревянных выгородок, установки разборных переборок и других подобных целей, применяют составные профили (рисунок 9.2, г).

Сечения пиллерсов подбираются по условиям прочности и устойчивости при сжатии. Расчетное сжимающее усилие определяется как суммарное давление на площади участка палубы, поддерживаемого данным пиллерсом, с учетом сосредоточенной силы, передаваемой вышестоящим пиллерсом, как это применяется на пассажирских судах.

Площадь поперечного сечения пиллерса или раскоса фермы, см², должна быть не меньше площади, определяемой по формуле

$$F = 9,81 \frac{f \cdot m}{n \cdot R_{\text{дт}}}, \quad (9.1)$$

где f – площадь палубы или платформы, поддерживаемая пиллерсом, включая грузовые люки, расположенные в рассматриваемом районе, м²;

n – коэффициент, определяемый по таблице 9.1 в зависимости от значения

$$N = \frac{\alpha \cdot \sqrt{f \cdot m}}{\eta_{\delta} \cdot l} \quad (9.2)$$

Таблица 9.1

α для пересекающихся раскосов	α для пиллерсов и непересекающихся раскосов	N
0,125	0,085	0,2
0,250	0,168	0,4
0,370	0,250	0,6
0,475	0,315	0,8
0,500	0,375	1,0
0,500	0,420	1,2
0,500	0,450	1,4
0,500	0,475	1,6
0,500	0,495	1,8
0,500	0,500	2,0

Здесь α – коэффициент, принимаемый:

для сечения трубы – равным 1,0;

квадратного коробчатого сечения и крестообразного сечения, составленного из двух профилей равнобоких угольников, – 0,61;

сечения одного равнобокого угольника – 0,44;

η_{δ} – коэффициент:

$$\eta_{\delta} = \frac{R_{\delta i}}{235},$$

l – длина пиллерса, м;

$R_{\delta n}$ – предел текучести стали, МПа;

m – коэффициент для палуб сухогрузных судов, предназначенных для размещения грузов, определяемый по формуле

$$m = \frac{0,102 \cdot G}{j},$$

где G – максимальный вес груза, кН, размещенного на площади f ,
для участков палуб, не предназначенных для размещения грузов:

$$m = 0,5j,$$

где j – число палуб, поддерживающих пиллерсом;

для палуб грузовых отсеков наливных судов $m = 1,0$.

Наименьший момент инерции поперечного сечения пиллерса или раскоса, см⁴, должен быть не менее определяемого по формуле

$$I = \alpha^2 \cdot F^2,$$

где α – коэффициент, определяемый по таблице 9.1;

F – площадь поперечного сечения пиллерса или раскоса, определяемая по формуле (9.1), м².

Концы пиллерсов, поддерживающие грузовые палубы и палубы наливных судов, должны крепиться к днищевому и палубному набору четырьмя кницами, рисунок 9.3, а концы пиллерсов, поддерживающие другие палубы, допускается крепить только двумя кницами.

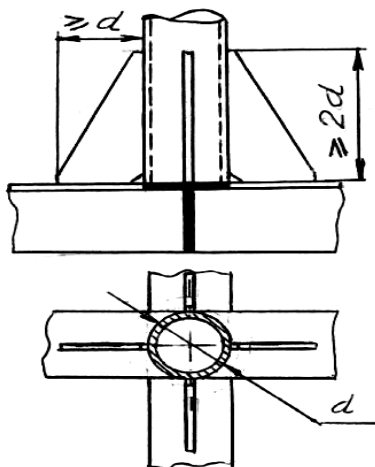


Рисунок 9.3 – Закрепление конца пиллерса с помощью книц

При отфланцованном наборе ось пиллерса должна совпадать с вертикальными стенками набора. Трубчатые пиллерсы, устанавливаемые на отфланцованный набор, должны опираться на горизонтальные кницы (рисунк 9.4).

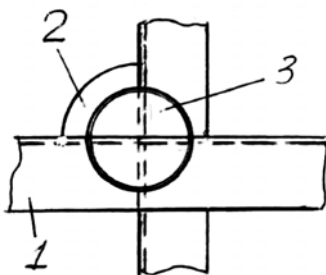


Рисунок 9.4 – Размещение пиллерса в узле пересечения отфланцованных балок:
 1 – фланец; 2 – горизонтальная кница; 3 – пиллерс

Оси пиллерсов в помещениях надстроек и под главной палубой рекомендуется располагать по одной вертикали.

В корпусах судов применяют фермы, все стержни которых расположены в одной плоскости, и включают балки рамного набора (карлингсы и кильсоны) у продольной фермы, рамные бимсы и флоры у поперечной, пиллерсы и пересекающиеся раскосы (рисунк 9.5).

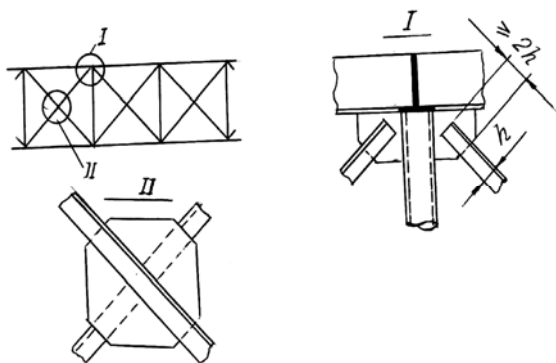


Рисунок 9.5 – Узлы конструкции фермы

По концам раскоса и в узлах пересечения раскосов устанавливаются кницы или бракетты. Размеры книц или бракетт принимают такими, чтобы на них можно было закрепить конец раскоса на длине, равной двойной высоте профиля (см. рисунок 9.5). Толщина книц (бракетт) должна быть не менее толщины стенки соответствующего пояса фермы.

Площадь поперечного сечения раскоса определяют по формуле

$$F = \frac{9,81 \cdot f \cdot m}{n \cdot R_{\text{ai}} \cdot \cos \alpha \cdot k}, \text{ м}^2,$$

где k – коэффициент, принимаемый в зависимости от конструктивной формы фермы (рисунок 9.6) равным: a и $b - k = 1$; $v - k = 2$; а значение N (см. (9.2)) – по формуле

$$N = \frac{2 \cdot \sqrt{f \cdot m}}{\eta_0 \cdot l_{\text{т}} \cdot k_1},$$

где α – угол между продольными осями раскоса и пиллерса;

k_1 – коэффициент, принимаемый равным: для ферм на рисунке 9.6, a и $b - 1$; для $v - 0,6$;

$l_{\text{т}}$ – полная длина раскоса, м.

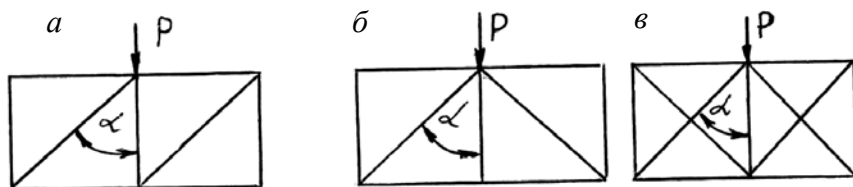


Рисунок 9.6 – Конструктивные формы ферм

10. КОНСТРУКЦИИ МАШИННЫХ ОТДЕЛЕНИЙ

Расположение машинного отделения (МО) определяется типом и назначением судна, возможностью его удефферентовки, особенностями движителя и главной машинной установки. Наилучшим для винтовых судов является расположение МО в кормовой оконечности. В этом случае длина валовой линии оказывается значительно короче, отпадает необходимость в устройстве промежуточных опор и подшипников для гребного вала, не требуется устройства туннеля для валовой линии.

Кормовое расположение МО является стандартным для нефтеналивных судов и часто применяется на сухогрузных. На пассажирских, грузопассажирских судах и буксирах из-за невозможности обеспечить необходимую удифферентовку судна расположить МО в корме удастся редко. В этом случае МО располагается в средней части судна или же занимает промежуточное положение по длине. Котельное отделение чаще всего располагается в машинном.

Гребное колесо (в случае установки его на судне в качестве движителя) для улучшения гидродинамических качеств располагается в нос оси миделя.

Конструкции МО и фундаменты под главные и вспомогательные механизмы и котлы во время эксплуатации испытывают воздействия различного рода статических и динамических нагрузок. Основным назначением фундаментов при этом является обеспечение жесткого крепления механизмов к корпусу судна и распределение возникающих нагрузок на участках корпусных перекрытий.

Схема расположения механизмов и оборудования в машинном отделении одновального теплохода приведена на рисунке 10.1, а общий вид их расположения в МО двухвального грузового теплохода – на рисунке 10.2.

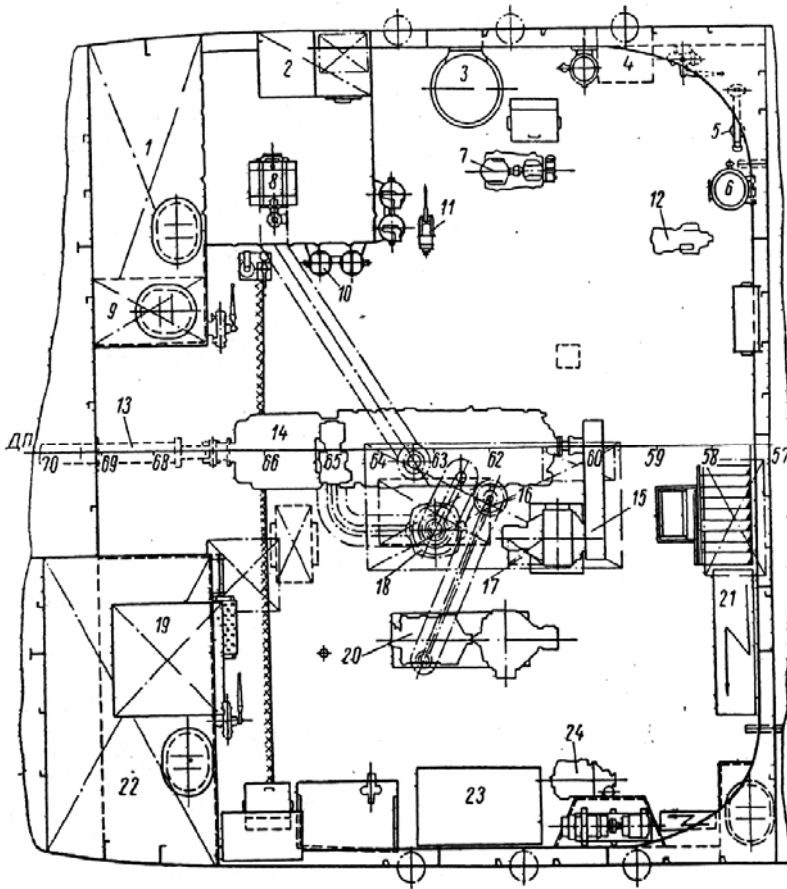


Рисунок 10.1 – Расположение механизмов и оборудования в машинном отделении одновального тепловоза:

- 1, 22 – цистерны запасного дизельного топлива; 2 – бункер для угля;
- 3 – пневмоцистерна; 4 – кингстонный ящик; 5 – осушительный эжектор;
- 6 – фильтр для очистки подсланевых вод; 7 – санитарный насос;
- 8 – вспомогательный котел; 9 – цистерна расходного дизельного топлива;
- 10 – баллоны сжатого воздуха; 11 – ручной компрессор; 12 – осушительный насос;
- 13 – валопровод; 14 – главный двигатель; 15 – валогенератор; 16 – глушитель вспомогательного двигателя; 17 – расширительная цистерна системы охлаждения;
- 18 – утилизационный котел; 19 – цистерна запасного масла; 20 – дизель-генератор;
- 21 – главный распределительный щит; 23 – шкаф для аккумуляторных батарей;
- 24 – пожарный насос

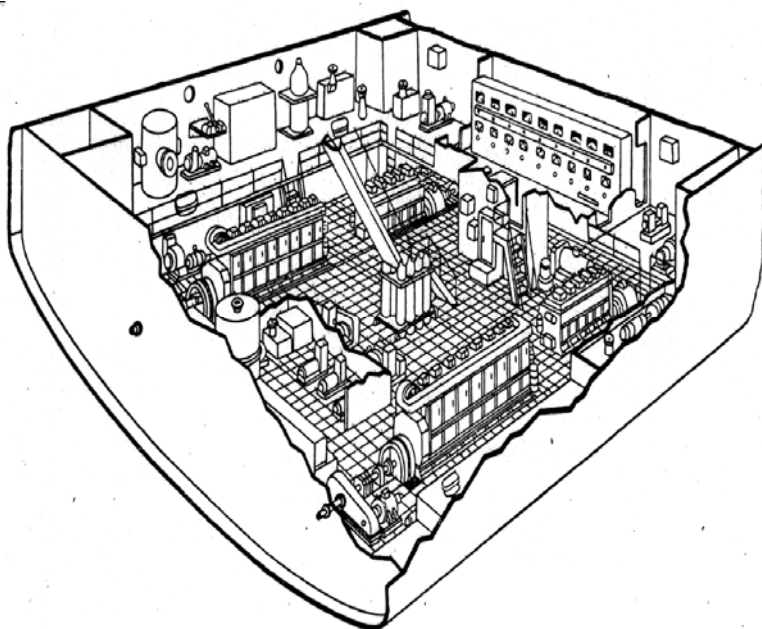


Рисунок 10.2 – Общий вид расположения механизмов и оборудования в машинном отделении двухвального грузового теплохода

10.1. Набор в машинных отделениях

В машинных отделениях набор днища, бортов и палубы выполняется усиленным по сравнению с набором в средней части судна в связи с воздействием дополнительных сил.

Расположение кильсонов в МО согласовывается с расположением фундаментов под механизмы (рисунок 10.3) в смежных отсеках. У фундаментов под главные механизмы одна из продольных балок должна быть совмещена с одним из кильсонов. В случае невозможности совмещения кильсонов с продольными фундаментными балками механизмов в плоскости последних устанавливаются дополнительные кильсоны по всей длине машинного отделения, перевязанные с вертикальными рамными стойками поперечных переборок.

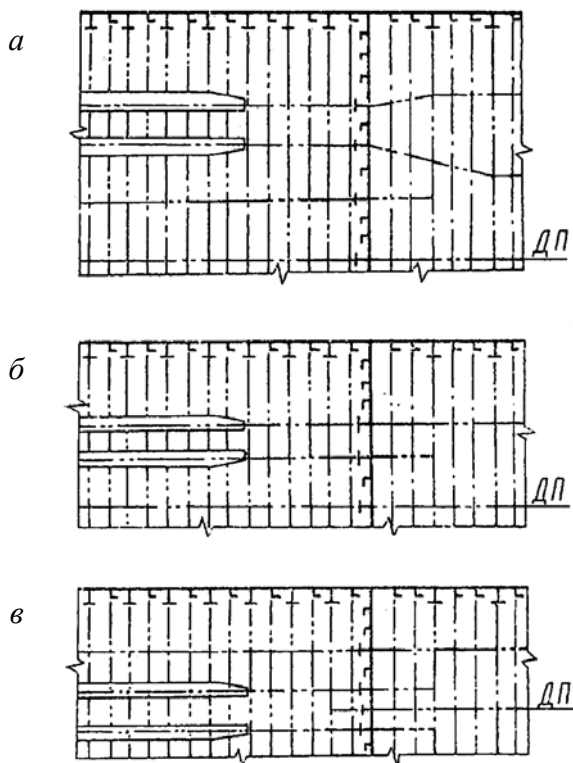


Рисунок 10.3 – Примеры перевязки кильсонов трюма и машинного отделения:
а – со сломом кильсонов; *б* – при дополнительном кильсоне; *в* – при взаимном перепуске кильсонов

Кильсоны машинного отделения должны иметь размеры не меньше размеров флоров.

Сплошные флоры устанавливают на каждом шпангоуте. Расстояние между рамными шпангоутами и бимсами не должно быть больше, чем в средней части судна. Размеры днищевых, бортовых и палубных связей должны отвечать требованиям, изложенным в главах, соответствующих днищевому, бортовому и палубному набору, и быть не менее размеров соответствующих связей в средней части судна, выбранных без учета надбавки на загрузку и разгрузку грейферами.

Заменять флоры и кильсоны со свободными поясками на флоры и кильсоны с отогнутыми фланцами не допускается.

Толщина стенок флоров в МО должна быть на 1 мм больше, чем толщина стенок флоров в средней части судна. Для сухогрузных судов толщину стенки флоров в средней части определяют в этом случае без учета ее увеличения из условий загрузки-разгрузки рейферами.

Установка дополнительных бортовых стрингеров по сравнению со средней частью судна для всех классов судов Речного регистра не требуется. Исключение составляют колесные суда, у которых в районе гребных колес между кожуховыми кронштейнами и утолщенными листами нагруженной обшивки борта устанавливаются дополнительные бортовые стрингеры.

На судах, имеющих в качестве главных механизмов неуравновешенный двигатель внутреннего сгорания, для уменьшения вибрации по концам машинных фундаментов устанавливаются сдвоенные рамы (рисунок 10.4), которые для кильсонов создают упругую промежуточную опору.

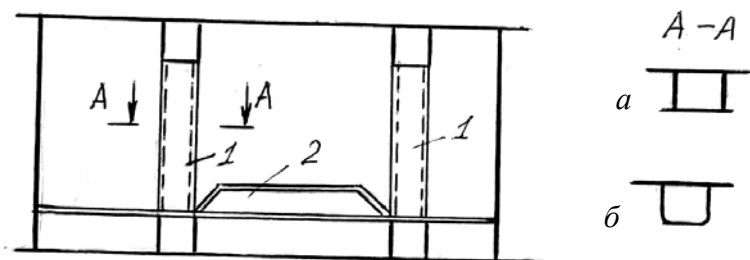


Рисунок 10.4 – Схема установки спаренных рам в машинном отделении:

a – сварная рама; *б* – гнутая рама;

1 – спаренная рама; *2* – фундамент главных двигателей

Аналогичного эффекта можно достичь, если по бортам судна в местах окончания фундаментов установить поперечные полупереборки (рисунок 10.5).

При установлении поперечных полупереборок пролет флоров сокращается и флор становится упругой опорой кильсона. В обоих случаях наличие упругих промежуточных опор у кильсонов приводит к увеличению их жесткости и снижению амплитуды вибрации.

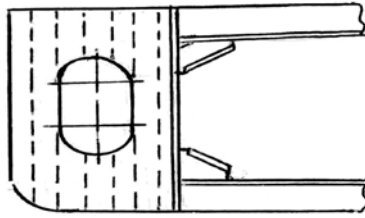


Рисунок 10.5 – Поперечная полупереборка в машинном отделении

10.2. Устройства машинных отделений

Каждое изолированное машинное отделение должно иметь два выхода, ведущих на открытую верхнюю палубу. Один из выходов является основным, а второй – аварийным. Основные выходы оборудуются металлическими трапами шириной не менее 540 мм со ступеньками из рифленой стали шириной 100 мм. Наклон трапов к вертикали, как правило, составляет 30° . Трапы снабжаются прочными металлическими поручнями. Аварийные выходы часто имеют вертикальные трапы.

В машинных отделениях для доступа естественного освещения и воздуха, погрузки и выгрузки механизмов и крупных деталей в палубе судна делаются большие вырезы. Если эти вырезы делаются в двух или более палубах, то между ними делается сплошная выгородка, так называемая шахта (рисунок 10.6).

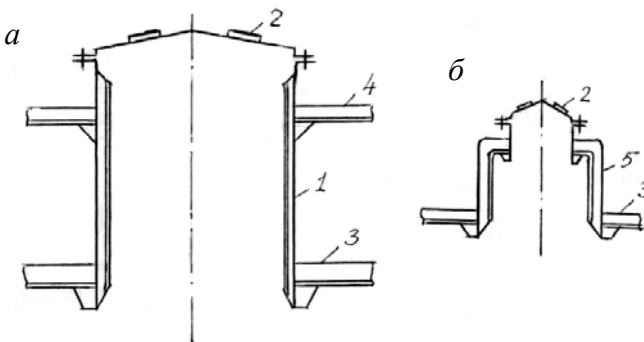


Рисунок 10.6 – Шахта и кожух машинного отделения:
a – шахта; *б* – кожух; 1 – шахта; 2 – светлый люк; 3 – верхняя палуба;
 4 – палуба надстройки; 5 – кожух

Шахта часто служит и для доступа в машинное отделение, для чего в ней делаются площадки и трапы, устанавливаются водонепроницаемые двери. Шахта машинного отделения используется для размещения дымоходов и вентиляционных каналов (рисунок 10.7).

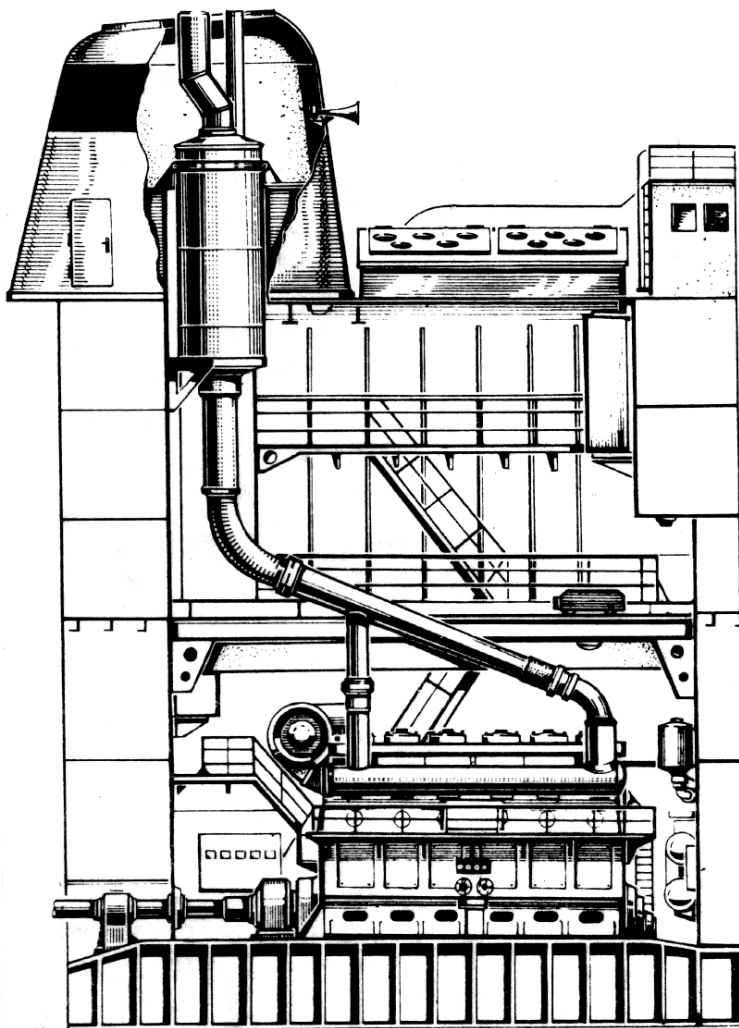


Рисунок 10.7 – Разрез машинного отделения

Стенки машинных шахт подкрепляются вертикальными ребрами и у вырезов в палубе оканчиваются комингсами. Толщина стенок шахт на судах, имеющих класс Речного регистра, принимается равной 3–4 мм.

Ребра, подкрепляющие стенки шахт судов, должны иметь момент сопротивления площади поперечного сечения не менее 70 % требуемого момента сопротивления площади поперечного сечения для стоек поперечных переборок. Для предотвращения попадания воды в шахту ее возвышение над палубой должно быть не менее 610 мм, а над палубой надстроек – не менее 460 мм. Шахты машинных отделений можно выполнять и из гофрированных конструкций.

В верхней части машинные шахты и кожухи заканчиваются светлыми или решетчатыми люками, закрывающимися глухими крышками.

Полом машинного отделения служит слань, состоящая из отдельных листов рифленой слани или из алюминиевых сплавов толщиной 4–6 мм. Для предотвращения смещения листов слани при качке, вибрации, толчках и других причинах листы крепятся к каркасу двумя–четырьмя винтами. Размеры их выбираются с расчётом подъема одним человеком специальным ключом, вставляемым в продолговатые отверстия в слани.

Для хранения жидкого топлива в машинном отделении или рядом с ним устраиваются топливные цистерны (рисунок 10.1), которые могут размещаться в двойном дне или же вне его. По Правилам регистра суточный запас топлива всегда должен быть размещен вне двойного дна, чтобы в случае повреждения основных топливных цистерн, расположенных в двойном дне, главные механизмы продолжали работать.

На судах, не имеющих двойного дна, топливо иногда хранят в специальных вкладных цистернах, размещаемых между набором днища.

При бортовом расположении топливных цистерн в машинном отделении верхние настилы цистерн для защиты от газов помещений, расположенных выше не доводятся до палубы на расстояние не менее 900 мм. С этой же целью при устройстве топливных цистерн вне машинного отделения они должны быть отделены от жилых и служебных помещений горизонтальными и вертикальными коффердамами, которые представляют собой свободные отсеки с усиленной вентиляцией (рисунок 10.8).

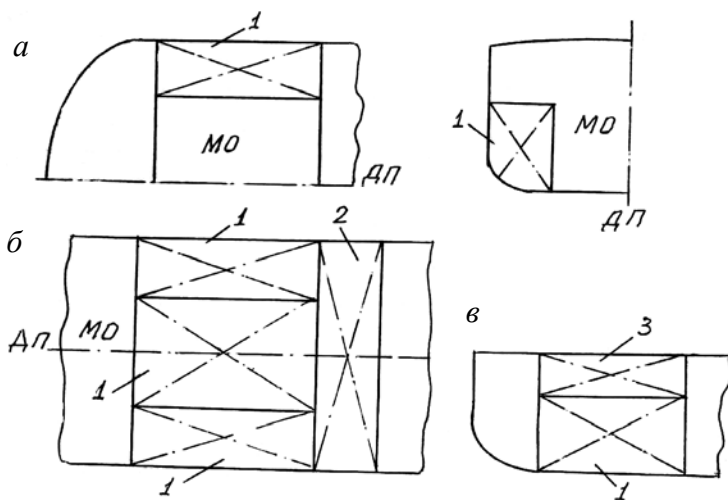


Рисунок 10.8 – Схемы расположения топливных цистерн:
а – бортовое; *б* – впереди и *в* – сзади машинного отделения;
 1 – топливная цистерна; 2 – вертикальный и 3 – горизонтальный коффердамы

Ширина вертикальных коффердамов составляет 600–1000 мм, а высота горизонтальных – 700–900 мм. Переборки вертикальных коффердамов (рисунок 10.9) подкрепляются стойками, как это делается на водонепроницаемых переборках, а вместо шельфов устанавливаются платформы с вырезами.

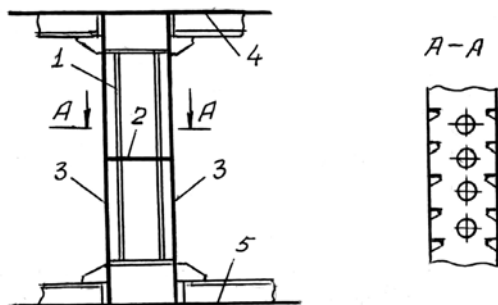


Рисунок 10.9 – Конструкция вертикального коффердама:
 1 – вертикальные стойки; 2 – платформа; 3 – переборка; 4 – палуба; 5 – днище

В горизонтальных коффердамах (рисунок 10.10) роль стоек и платформ выполняют бимсы и диафрагмы, размещение в плоскости отбойных переборок, которые устанавливаются с целью улучшения остойчивости судна и уменьшения ударов от перетекания топлива при качке.

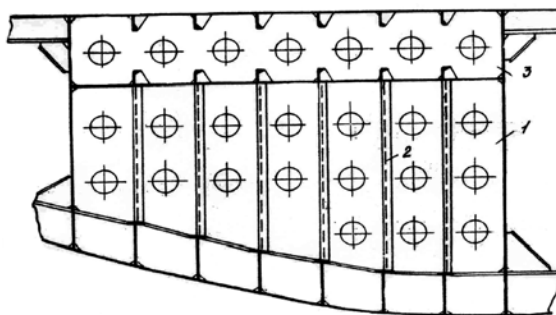


Рисунок 10.10 – Конструкция отбойной переборки и горизонтального коффердама:
1 – лист переборки; 2 – вертикальные стойки; 3 – диафрагма коффердама

Отбойные переборки (см. рисунок 10.10) могут быть выполнены плоскими с вертикальным расположением ребер или же гофрированными. Для перетекания топлива в местах отбойных переборок устраиваются вырезы, общая площадь которых не должна превышать 10 % всей площади переборки.

10.3. Общие требования к проектированию фундаментов под механизмы

Для восприятия усилий, действующих на фундамент, он должен состоять из горизонтальных и вертикальных балок. Неотъемлемой частью фундамента являются опорные горизонтальные полосы, предназначенные для установки механизмов и крепления их к фундаменту. Кроме этих связей в составе фундамента должны содержаться связи, передающие поперечные и продольные усилия на корпус судна. Они должны быть надежно связаны с корпусом судна. С целью разнесения нагрузки на значительные участки корпуса фундаменты устанавливают на основных продольных и поперечных связях корпуса судна (кильсонах и флорах). Это обеспечивает их достаточную жесткость.

С целью предотвращения появления неравномерной нагрузки на отдельных фундаментных болтах необходимо, чтобы опорные полосы обладали одинаковой жесткостью по отношению к вертикальным усилиям.

Конструктивно это достигается установкой бракет по стенкам фундаментных балок. Рекомендуемые конструктивные размеры расстановки болтов на опорных полосах приведены на рисунке 10.11. При этом следует учитывать, что ширина опорной полосы должна быть не меньше опорной поверхности механизма.

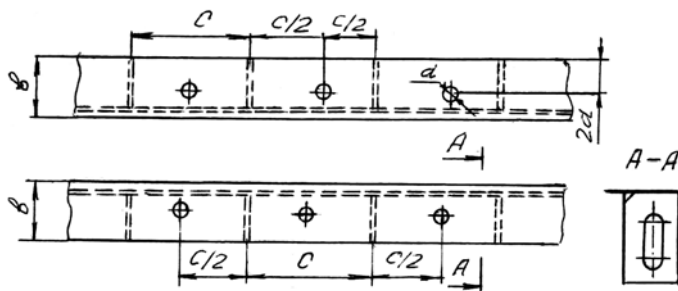


Рисунок 10.11 – Схема расстановки крепежных болтов и бракет на опорных полосах фундаментов

Толщина опорных полос обычно принимается равной $0,6-0,7$ диаметра болтов.

10.4. Фундаменты двигателей внутреннего сгорания

Продольные фундаментные балки, предназначенные для установки на них двигателей внутреннего сгорания, представляют собой непрерывные несимметричные двутавры (рисунок 10.12). Правилами Речного регистра их размеры не регламентируются, а назначаются расчетным путем или же из опыта эксплуатации. Обычно стенки фундаментных балок выполняются на $2-3$ мм толще стенок кильсонов, а опорная полоса – толщиной $10-20$ мм.

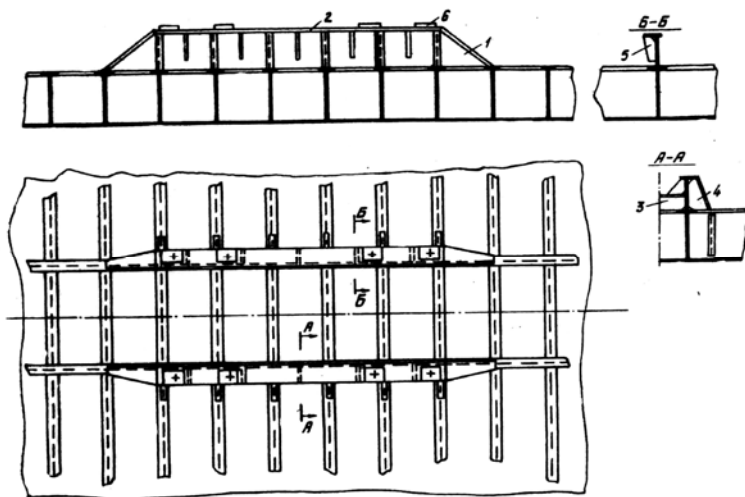


Рисунок 10.12 – Фундамент под двигатель внутреннего сгорания:
 1 – продольная балка; 2 – опорная полоса; 3 – поперечная балка;
 4 – наружная кница; 5 – промежуточная кница; 6 – пластик

Для удобства монтажа и уменьшения веса фундамента в стенках фундаментных балок устраиваются вырезы, размеры которых не должны превышать 40 % высоты балок. Фундаментные балки во всех случаях соединяются между собой поперечными бракетами, устанавливаемыми в плоскости флор. Высота бракет принимается предельно допустимой по условиям размещения картера двигателя или его фундаментной рамы. Если установка таких бракет невозможна, то с внутренней стороны фундаментной балки в плоскости флор устанавливаются кницы.

С наружной стороны стенки фундаментных балок подкрепляются кницами, обеспечивающими жесткость опорным полосам и фундаментальным балкам (в горизонтальном направлении). Толщина книц Правилами Речного регистра не регламентируется и обычно принимается равной толщине флоров в этом районе.

С целью уменьшения концентрации напряжений в связях основного корпуса концы фундаментных балок сводят на нет.

11. УСИЛЕНИЯ КОРПУСА ДЛЯ ПЛАВАНИЯ В БИТОМ ЛЬДУ

У судов всех классов, эпизодически плавающих в битом льду, должны быть устроены противольдовые подкрепления, которые назначают применительно к судам различных классов при расчетных характеристиках ледовых условий, не превышающих указанных в таблице.

Характеристики ледовых условий

Класс судна	Толщина мелкобитого льда, м	Класс судна	Толщина мелкобитого льда, м
М	0,30	Р	0,10
О	0,20	Л	0,05

По всей длине судна устанавливают ледовый пояс наружной обшивки, верхняя граница которого должна проходить на 0,5 м выше грузовой ватерлинии, а нижняя – на 0,5 м ниже ватерлинии порожнем, с учетом возможного дифферента судна.

Если в носовой части судна между ватерлинией порожнем и листами днищевой наружной обшивки расстояние по высоте меньше 0,5 м, толщина всей наружной обшивки ниже грузовой ватерлинии в носовой части до цилиндрической вставки, но не менее чем на протяжении, равном ширине судна, должна быть такой же, как толщина ледового пояса.

11.1. Толщины листов ледового пояса

Толщина листов ледового пояса $t_{л}$, мм, должна быть не менее определяемой по формулам:

1. В носовой части судна до третьего шпангоута цилиндрической вставки, а для судов с цилиндрической вставкой длиной менее $0,3L$ до шпангоута, на котором угол между касательной к ватерлинии судна в полном грузу в ДП равен 7° , но не менее, чем на протяжении, равном ширине судна:

$$t_{л} = 1,25 \cdot t.$$

2. В районе ахтерпика

$$t_{\text{л}} = 1,2 \cdot t.$$

3. На остальной длине судна

$$t_{\text{л}} = 1,15 \cdot t,$$

где t – толщина обшивки борта в соответствующем районе для судна без ледовых подкреплений.

11.2. Шпация и сечения элементов набора корпуса

Размеры шпации должны быть не более:

1. В носовой части судна до третьего шпангоута цилиндрической вставки, а для судов с цилиндрической вставкой – длиной менее $0,3L$ до шпангоута, на котором угол между касательной к ватерлинии судна в полном грузу и ДП равен 7° , но не менее чем на протяжении, равном ширине судна, – 400 мм.

2. На остальной длине судна – 550 мм.

Допускается сохранять шпацию (расстояние между расположенными рядом рамным и основным холостым шпангоутами) при условии постановки промежуточных бортовых шпангоутов, момент сопротивления поперечного сечения которых должен быть равен 75 % момента сопротивления поперечного сечения основных холостых шпангоутов с присоединенным пояском.

Момент сопротивления поперечного сечения для рамных бортовых шпангоутов с присоединенным пояском $W_{\text{л}}$, см^3 , должен быть не менее определяемого по формулам:

1. Для района носовой части корпуса со шпацией $a = 400$ мм

$$W_{\text{л}} = 18,5 \cdot H_c \cdot d_{\text{л}} \sqrt{2 + 0,085L}.$$

2. В районе ахтерпика

$$W_{\text{л}} = 14,5 \cdot H_c \cdot d_{\text{л}} \sqrt{2 + 0,085L}.$$

3. На остальной длине судна

$$W_{\text{л}} = 12,5 \cdot H_c \cdot d_{\text{л}} \sqrt{2 + 0,085L},$$

где $d_{\text{л}}$ – расстояние между рамными бортовыми шпангоутами, м.

Момент сопротивления поперечного сечения основных холостых бортовых шпангоутов с присоединенным поясом $W_{\text{л}}$, см³, должен быть не менее определяемого по формулам:

1. В носовой части судна со шпацией $a = 400$ мм

$$W_{\text{л}} = 21,5 \cdot L \cdot a_{\text{л}} \sqrt{2 + 0,085L}.$$

2. В районе ахтерпика

$$W_{\text{л}} = 17,5 \cdot L \cdot a_{\text{л}} \sqrt{2 + 0,085L}.$$

3. На остальной длине судна

$$W_{\text{л}} = 15 \cdot L \cdot a_{\text{л}} \sqrt{2 + 0,085L},$$

где $a_{\text{л}}$ – шпация (расстояние между основными холостыми бортовыми шпангоутами), м.

По всей длине судна в районе ледового пояса устанавливаются бортовые стрингеры, причем один из них устанавливается несколько ниже ватерлинии.

Крепление концов рамных и основных холостых бортовых шпангоутов по их концам осуществляется с помощью бимсовых книц аналогично креплению их основного бортового набора.

Нижние участки бортовых шпангоутов должны перекрывать скулу. Рекомендуется закреплять их на ближайшей связи набора днища или крепить к настилу второго дна.

Верхние концы промежуточных шпангоутов должны быть доведены до палубы, платформы или бортового стрингера, но не ниже верхней кромки ледового пояса.

На судах с полными обводами оконечностей в форпике и ахтерпике шпангоуты следует устанавливать нормально к обводу корпуса.

На переборках форпика и ахтерпика, а также на переборках, ограничивающих машинное отделение, должны быть установлены горизонтальные ребра жесткости на 25 % ширины переборки с каждого борта с моментом сопротивления не менее, чем у холостой вертикальной стойки. Стойка переборки, до которой будут доведены эти ребра, должна быть усилена.

Площадь поперечного сечения форштевня увеличивают на 50 % по сравнению с требуемой по таблице 8.1.

Площадь сечения ахтерштевня увеличивают на 15 % по сравнению с требуемой по таблице 8.1. Винты и рули должны быть защищены от воздействия льда (крейсерская корма, противоледовые выступы и т. п.).

Набор в районе усиления корпуса для плавания в битом льду необходимо приваривать непрерывными швами.

Литература

1. Бочков, Б. Ф. Конструкция судов внутреннего и смешанного плавания / Б. Ф. Бочков. – Горький, 1980. – 84 с.
2. Допатка, Р. Книга о судах / Р. Допатка, А. Перепечка. – Л. : Судостроение, 1981. – 207 с.
3. Правила классификации и постройки судов внутреннего плавания: Речной регистр РСФСР. – М. : Транспорт, 1989. – Ч. II. – Корпус. – 219 с.
4. Протопопов, В. Б. Конструкция корпуса судов внутреннего и смешанного плавания : учебник / В. Б. Протопопов, О. И. Свечников, Н. М. Егоров. – Л. : Судостроение, 1984. – 376 с.; ил.
5. Свечников, О. И. Расчет и проектирование конструкций судов внутреннего плавания / О. И. Свечников, И. И. Трянин. – СПб. : Судостроение, 1994. – 376 с.
6. Шатило, С. Н. Основы теории и устройство судов внутреннего плавания / С. Н. Шатило. – Гомель : БелГУТ, 2004. – 261 с.

Приложение

Перечень основных стандартов прокатных и других металлических изделий
 П1. Перечень основных стандартов прокатных и других металлических изделий.
 Корпусные стали и их назначение

Марка стали	Толщина, мм	Состояние поставки	Механические свойства при растяжении			Температура при испытаниях, °С	Ударная вязкость, Дж/см ²	
			Временное сопротивление, МПа	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение		KV	KCU
<i>Углеродистая сталь</i>								
А	4-60	Горячекатаная	400-490	235	22	-	-	-
	5,0-7,0	Горячекатаная	400-490	235	22	0	19	-
	7,5-9,5						24	-
	10-50						27	-
Д	5,0-7,0	Горячекатаная	400-490	235	22	-10	19	-
	7,5-9,5	Нормализованная	400-490	235	22	-40	24	-
	10-12						27	-
	>12 до 50							
Е	5,0-7,0	Нормализованная	400-490	235	22	-40	19	-
	7,5-9,5	Нормализованная	400-490	235	22	-40	24	-
	10-50						27	-

Низколегированная сталь																
А32	4-4,5	Горячекатаная	470-590	315	22	-	0		-	-						
	5,0-7,0								22	-						
	7,5-9,5								26	-						
	10-20								31	-						
	>20÷40									-						
Д32	5,0-7,0	Горячекатаная	470-590	315	22	-20			22	-						
	7,5-9,5								26	-						
	10-20								31	-						
	>20÷40									-						
	5,0-7,0								Нормализованная	470-590	315	22	-20			22
7,5-9,5	26	-														
10-40	31	-														
4-4,5	Нормализованная	490-620	355	21	-			-								-
5-7,0								24								-
7,5-9,5								28	-							
10-40								34	-							
5,0-7,0								Нормализованная	490-620	355	21	-20			24	-
7,5-9,5	28	-														
10-40	34	-														
5,0-7,0	Нормализованная	490-620	355	21	-20										24	-
7,5-9,5															28	-
10-40								34	-							

Низколегированная сталь									
А32	4-4,5	Горчечкатаная	470-590	315	22	-	0	-	-
	5,0-7,0							22	-
	7,5-9,5							26	-
	10-20							31	-
	>20÷40	Нормализованная							
Д32	5,0-7,0	Горчечкатаная	470-590	315	22	-20		22	-
	7,5-9,5							26	-
	10-20							31	-
	>20÷40								-
	>20÷40	Нормализованная							
Е32	5,0-7,0	Нормализованная	470-590	315	22	-20		22	-
	7,5-9,5							26	-
	10-40							31	-
									-
	>20÷40	Нормализованная							
А36	4-4,5	Нормализованная	490-620	355	21	-		-	-
	5-7,0							24	-
	7,5-9,5							28	-
	10-40							34	-
	>20÷40	Нормализованная							
Д36	5,0-7,0	Нормализованная	490-620	355	21	-20		24	-
	7,5-9,5							28	-
	10-40							34	-
									-
	>20÷40	Нормализованная							

Д36	5,0-7,0	Нормализованная	490-620	355	21	-40	24	-			
	7,5-9,5						28	-			
	10-40						34	-			
А40	4-4,5	Горячекатаная	530-690	390	19	-	-	-			
	5-7,0						0				
	7,5-9,5						25				
	10-40						30				
	св15до32						36				
Д40	5,0-7,0	Горячекатаная	530-690	390	19	-20	25	-			
	7,5-9,5						30	-			
	10-32						36	-			
Е40	10-32	Закалка+отпуск	530-690	390	19	-40	36	-			
	4						300	21	-40	-	-
	5-9,5						440		-	34	
	10-20								-	29	
09Г2	21-30	Закалка+отпуск	Не менее	290	21	-40		49			
	32-60						450		-	49	
10ХС НД	4	Закалка+отпуск	530-690	390	19	-40	-	-			
	5-9,5							-	39		
	10-15							-	-		
	16-32							-	49		

П12 Сталь тонколистовая углеродистая и низколегированная. Сортамент и марка (ограничение ГОСТ 19903-76, ГОСТ 19904-76, ГОСТ 5521-76 и ГОСТ 16523-70)

Толщина листа, мм	Длина листа при толщине, мм		Марка стали
	1000	1400	
0,9	2000	-	ВСт3пс
1,0	2000	-	ВСт3пс
1,6	2000	-	ВСт3пс
2,0	2000	2800	ВСт3пс, 10ХСНД
2,5	2000	2800	ВСт3пс, 10ХСНД
3,0	2000	3000-3500	ВСт3пс, 10ХСНД

Примечания: 1. Стандарт ГОСТ 5521-76. 2. Условное обозначение холоднокатаной тонколистовой стали марки Ст.3, нормальной точности прокатки, улучшенной плоскостности, с обрезной кромкой, 2-й категории по нормируемым характеристикам, размером 0,8х1000х2000 мм, III группы отделки поверхности

$$\text{Лист} = \frac{\text{Б-ПУ-0-0.8x1000x2000 ГОСТ 19904-76}}{2\text{-III-Ст.3 ГОСТ 16523-70}}.$$

3. Пример условного обозначения горячекатаной тонколистовой стали марки 10ХСНД, нормальной точности прокатки, высокой плоскостности, с обрезной кромкой, размером 2,5х2000х2800 мм, 4-й категории по нормируемым характеристикам, II группы отделки поверхности

$$\text{Лист} = \frac{\text{Б-ПВ-0-2.5x2000x2800 ГОСТ 19903-76}}{4\text{-II-10ХСНД ГОСТ 521-76}}.$$

ПЗ Сталь толстолистовая.
 Сортамент (из нормалы 0Н9-92-64) (Ограничение по ГОСТ 19903-76 и ГОСТ 5521-80)

Толщина листов, мм	Ширина листов, мм									
	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2600	3000		
	Длина листов, мм									
4,5	6									
6	6	6,7,8								
7	6	6,7,8	6,7,8	6,7,8						
8,9	6	6,7,8,6	6,7,8							
10,11	6	7,8,10	6,7,8,10	6,7,8,10	10,12	10,12	10,12	10,12	12	
12	6	6,7,8,10	6,7,8,10	6,7,8,10	10,12	10,12	10,12	10,12	12	
14,16,18		6,7,8,10	6,7,8,10	6,7,8,10	10,12	10,12	10,12	10,12	12	
20,22,24,26		10	10	10						
28,30,32		6	6,7,8	6,7,8	12	12	12	12	12	
36,40		6			12	12	12	12	12	
45,50,56		6								

Примечание. Листы длиной 10 и 12 м разрешается применять после согласования с заводами-строителями и заводами-поставщиками.

П14 Рекомендуемый сортамент полосовой стали ГОСТ 82-70

Ширина, мм	Наибольшая толщина, мм	Ширина, мм	Наибольшая толщина, мм	Ширина, мм	Наибольшая толщина, мм
20	12	50	35	90	60
22	12	55	35	100	60
25	16	60	40	110	60
30	20	65	40	120	60
	20	70	40	130	60
40	25	75	40	140	60
45	35	80	50	150	60

П5 Элементы углового неравнобокого профиля (ГОСТ 8509-93, ОСТ 5.9084-72)

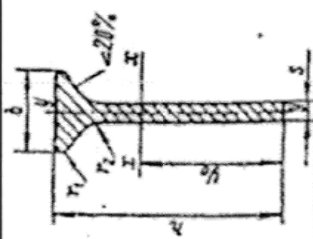
Размеры профиля, мм (<i>h</i> х <i>b</i> х <i>d</i>)	Без пояска			С условным пояском шириной 60 <i>d</i>			
	Площадь сечения профиля, см ²	Расстояние ЦТ, см	Момент инерции, см ⁴	Площадь сечения профиля, см ²	Расстояние ЦТ, см	Момент инерции, см ⁴	Наимень- ший момент сопротив- ления, см ²
32х20х3	1,49	2,12	1,52	6,89	2,86	7,54	2,64
32х20х4	1,94	2,08	1,93	11,54	3,02	10,3	3,42
45х28х4	2,80	2,99	5,68	12,40	3,98	27,7	6,96
56х36х4	3,58	3,78	11,4	13,2	4,72	52,7	11,2
63х40х5	4,98	4,22	19,9	20,0	5,44	94,6	17,4
63х40х6	5,90	4,18	23,3	27,5	5,64	116	20,6
70х45х5	5,59	4,72	27,8	20,6	5,90	128	21,7
75х50х6	7,25	5,06	40,9	28,8	6,46	197	30,5
75х50х8	9,47	4,98	52,4	47,9	6,84	272	39,8
90х56х8	11,2	5,96	90,9	49,6	7,96	442	55,5
100х63х8	12,6	6,68	127-	51,0	8,65	602	69,3
110х70х8	13,9	7,39	172	52,3	9,33	791	84,8
125х80х10	19,7	8,36	312	79,7	10,8	1480	137
140х90х10	22,2	9,42	444	82,2	11,8	2040	173
160х100х10	25,3	10,77	667	85,3	13,2	2930	222

П6 Элементы углового равнобокого профиля (ГОСТ 8509-93, ОСТ 5.9084-72)

№ профиля	Размеры профиля, мм		Площадь сечения профиля, см ²	Моменты инерции, см ⁴ , относи- тельно оси		Расстояние ЦТ, см	№ профиля	Размеры профиля, мм		Площадь сечения профиля, см ²	Моменты инерции, см ⁴ , относи- тельно оси		Расстояние ЦТ, см
	<i>b</i>	<i>d</i>		<i>x-x</i>	<i>y₀-y₀</i>			<i>b</i>	<i>d</i>		<i>x-x</i>	<i>y₀-y₀</i>	
2	20	3	2,13	0,40	0,17	0,60	4,5	45	5	4,29	8,03	3,33	1,30
2,5	25	3	1,43	0,81	0,34	0,73	5,0	50	5	4,80	11,2	4,63	1,42
2,5	25	4	1,86	1,03	0,44	0,76	6,3	63	6	7,28	27,1	11,2	1,78
3,2	32	4	2,43	2,26	0,94	0,94	7,5	75	6	8,78	46,6	19,3	2,06
3,6	36	4	2,75	3,29	1,36	1,04	7,5	75	8	11,5	59,8	24,8	2,15
4,0	40	4	3,08	4,58	1,90	1,13	9,0	90	9	15,6	118	48,6	2,55
4,5	45	4	3,48	6,63	2,74	1,26	10	100	10	19,2	17,9	74,1	2,83

П7 Теоретические элементы симметричного полособульбового профиля для судостроения
 Сортамент А – нормальные полособульбы (ГОСТ 9235-76)

№ профиля	Размеры, мм				Площадь сечения профиля, см ²	Теоретический вес, л пог.м, кгс	Справочные величины				
	h		b	S			r ₁ , r ₂	Ось xx		Ось yy	
	40	17						4	2,5	I _x , см ⁴	i _x , см
414	40	17	4	2,5	2,28	1,79	3,50	1,25	2,50	0,20	0,29
145		18	5		2,68	2,10	4,11	1,25	2,42	0,26	0,31



I_x и I_y – моменты инерции относительно осей x и y ;
 i_x и i_y – радиусы инерции относительно осей x и y ;
 y_0 – координата центра тяжести площади сечения полособульбы без присоединенного пояска

524		20	4		3,01	2,36	7,25	1,55	3,21	0,37	0,35
525	50	21	5	3	3,51	2,76	8,51	1,56	3,11	0,46	0,36
526		22	6		4,01	3,15	9,72	1,56	3,03	0,56	0,37
624		23	4		3,66	2,87	12,9	1,88	3,89	0,58	0,40
625	60	24	5	3	4,26	3,34	45,1	1,88	3,76	0,69	0,40
626		25	6		4,86	3,82	17,2	1,88	3,67	0,83	0,41
724		24,5	4,5		4,65	3,65	22,5	2,20	4,48	0,81	0,42
725	70	25,5	5,5	3,5	5,35	4,20	26,0	2,20	4,35	0,96	0,42
726		26,5	6,5		6,05	4,75	29,2	2,20	4,25	1,13	0,43
824		26,5	4,5		5,47	4,29	34,5	2,51	5,19	1,14	0,46
825	80	27,5	5,5	4	6,27	4,92	39,7	2,52	5,04	1,36	0,46
827		29	7		7,47	5,86	47,9	2,53	4,87	1,66	0,47
935		31	5		6,82	5,35	55,6	2,86	5,86	1,91	0,53
936	90	32	6	4	7,72	6,05	63,1	2,86	5,70	2,17	0,53
937		33,5	7,5		9,07	7,12	73,9	2,86	5,52	2,64	0,54
1035		35,5	5,5		8,53	6,70	85,4	3,16	6,57	3,22	0,62
1036	100	36,5	6,5	4,5	9,53	7,48	96,1	3,16	6,40	3,60	0,62
1038		38	8		11,0	8,66	111	3,16	6,21	4,25	0,62

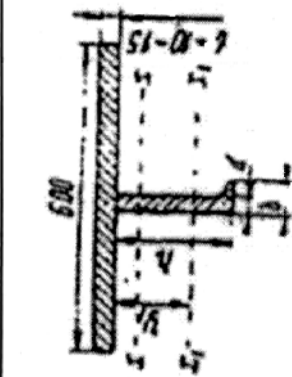
1235		37,5	5,5		10,2	7,97	146	3,78	7,84	4,15	0,64
1237	120	39	7	5	12,0	9,38	172	3,79	7,56	4,86	0,64
1248		40,5	8,5		13,8	10,8	198	3,79	7,36	5,70	0,64
1446		42	6		13,1	10,3	255	4,42	9,24	6,83	0,72
1447	140	43,5	7,5	6	15,2	11,9	298	4,43	8,90	7,86	0,72
1449		45	9		17,3	13,6	339	4,43	8,67	9,05	0,72
1646		48,5	6,5		16,5	12,9	419	5,04	10,6	11,6	0,84
1658	160	50	8	6,5	18,9	14,8	484	5,08	10,3	13,0	0,83
16510		52	10		22,1	17,3	566	5,06	9,93	15,3	0,84
1857		55	7		20,2	15,9	650	5,67	12,0	18,4	0,96
1858	180	56,5	8,5	7	22,9	18,0	745	5,70	11,6	20,4	0,94
18510		58,5	10,5		26,5	20,8	863	5,70	11,3	23,5	0,94
2057		59,5	7,5		24,3	19,0	957	6,28	13,4	26,4	1,04
2069	200	61	9	8	27,3	21,4	1080	6,30	13,0	28,8	1,03
20611		63	11		31,3	24,6	1250	6,33	12,6	32,8	1,02
2268		66	8		28,7	22,6	1380	6,92	14,8	38,3	1,16
22610	22	68	10	8,5	33,1	26,0	1610	6,97	14,3	43,0	1,14

22712		70	12		37,5	29,5	1830	6,98	13,9	48,3	1,14
2478		73,5	8,5		33,8	26,6	1920	7,54	16,2	56,7	1,30
2471	240	75,5	10,5	9	38,6	30,3	2230	7,60	15,7	62,8	1,28
24712		77,5	12,5		43,4	34,1	2520	7,61	15,3	69,7	1,27
2779		79	9		40,2	31,6	2900	8,49	18,2	77,4	1,39
27811	270	81	11	10	45,6	36,8	3340	8,55	17,7	85,2	1,37
27813		83	13		51,0	40,1	3750	8,57	17,2	93,8	1,36
30810		86	10		49,0	38,4	4380	9,46	20,2	110	1,50
30812	300	88	12	11	55,0	43,1	4970	9,51	19,6	120	1,48
30914		90	14		61,0	47,8	5540	9,53	19,1	131	1,47

Примечание. 1. Номер каждого профиля составлен из размеров h и b в см и S в мм (целые числа).
2. Теоретическая масса указана для стали с плотностью 7,85.

П18 Теоретические элементы несимметричного полосообразного профиля с условным присоединенным пояском 600х(1015) мм. ГОСТ 5353-82 (с ограничением по ОСТ 5.9076-82)

Номер профиля	Элементы профиля					Элементы профиля с пояском				
	h , мм	b , мм	S , мм	F_1 , см ²	I_{x1} , см ⁴	y_1 , см	F , см ²	I_x , см ⁴	W_x , см ³	S_1 , мм
5	50	16	4	2,87	6,96	3,13	62,87	44	9	10
5,5	55	17	4,5	3,48	10,20	3,38	63,48	61	12	10
6	60	19	5	4,27	15,00	3,74	64,27	87	15	10
7	70	21	5	5,06	24,10	4,40	65,06	137	20	10



F_1 – площадь профиля;
 I_{x1} – момент инерции профиля;
 y_1 – расстояние до центра тяжести профиля, лежащего на оси x_1x_1 ;
 F – общая площадь профиля с пояском;
 I_x – момент инерции профиля с пояском относительно оси xx ;
 W_x – наименьший момент сопротивления профиля с пояском относительно оси xx ;

8	80	22	5	5,84	36,23	5,07	65,81	202	25	10
9	90	24	5,5	7,03	55,60	5,65	67,08	295	33	10
10	100	26	6	8,63	85,22	6,29	68,63	434	45	10
12	120	30	6,5	11,15	158	7,55	71,15	767	68	10
14a	140	33	7	14,05	274	8,82	74,05	1274	100	10
146	140	35	9	16,85	321	8,55	76,85	1398	112	10
16a	160	36	8	17,96	468	9,95	107,96	2200/1980	147/140	15/10
166	160	38	10	21,16	527	9,75	111,16	2434/2190	165/159	15/10
18a	180	40	9	22,20	714	11,15	112,20	3280/2860	200/188	15/10
186	180	42	11	25,80	837	10,81	115,80	3530/3130	218/206	15/10
20a	200	44	10	27,36	1078	12,40	117,36	4730	268	15
206	200	46	12	31,36	1265	12,06	121,36	5110	293	15
22a	220	48	11	32,82	1611	13,50	122,82	6500	343	15
226	220	50	13	37,22	1795	13,20	127,22	6930	372	15
24a	240	52	12	38,75	2232	14,70	128,75	8720	434	15
246	240	54	14	43,55	2542	14,35	133,55	9250	466	15
27a	270	55	12	43,82	3265	16,60	133,82	12180	552	15
276	270	57	14	49,22	3515	16,30	139,22	12780	588	15

Содержание

7. ПЕРЕБОРКИ.....	3
7.1. Терминология и расположение в корпусе.....	3
7.2. Назначение переборок.....	4
7.3. Конструкция плоских переборок.....	5
7.4. Конструкция гофрированных переборок.....	10
8. НАБОР ОКОНЕЧНОСТЕЙ СУДНА.....	15
8.1. Набор носовой оконечности.....	21
8.2. Набор кормовой оконечности.....	23
8.3. Выходы гребных валов.....	25
9. ПИЛЛЕРСЫ И ФЕРМЫ.....	27
10. КОНСТРУКЦИИ МАШИННЫХ ОТДЕЛЕНИЙ.....	33
10.1. Набор в машинных отделениях.....	35
10.2. Устройство машинных отделений.....	38
10.3. Общие требования к проектированию фундаментов под механизмы.....	42
10.4. Фундаменты двигателей внутреннего сгорания.....	43
11. УСИЛЕНИЯ КОРПУСА ДЛЯ ПЛАВАНИЯ В БИТОМ ЛЬДУ.....	45
11.1. Толщины листов ледового пояса.....	45
11.2. Шпация и сечение элементов набора корпуса.....	46
Литература.....	49
Приложение.....	50

Учебное издание

ХМЕЛЁВ Александр Афанасьевич

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНОГО
МИДЕЛЬ-ШПАНГОУТА СУДОВ
ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ**

Методическое пособие
для студентов специальности 1–37 03 02
«Кораблестроение и техническая эксплуатация водного транспорта»

В 4 частях

Часть 3

Редактор *Т. Н. Микулик*
Компьютерная верстка *А. Г. Занкевич*

Подписано в печать 12.09.2013. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 2,91. Тираж 100. Заказ 795.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.