

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Гидравлика»

А.А. Хмелев

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 2

М и н с к
Б Н Т У
2 0 1 2

УДК 629.55.01 (075.8)

ББК 39.42 я 7

X 65

Р е ц е н з е н т ы:

д-р техн. наук, профессор кафедры «Гидравлика»

И.В. Качанов;

зам. министра транспорта и коммуникаций Республики Беларусь

А.Н. Чернобылец

Хмелев, А.А.

X 65 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. Хмелев. – Минск: БНТУ, 2012. – Ч. 2. – 59 с.

ISBN 978-985-525-775-3 (Ч.2).

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.

Часть 1 настоящего пособия издана в БНТУ в 2010 г.

УДК 629.55.01 (075.8)

ББК 39.42 я 7

ISBN 978-985-525-775-3 (Ч.2)

ISBN 978-985-525-367-0

© Хмелев А.А., 2012

© БНТУ, 2012

5. НАБОР БОРТОВЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

5.1. Общие требования к проектированию бортовых перекрытий

Бортовой набор включает чередующиеся рамные и холостые шпангоуты и бортовые стрингеры (рисунок 5.1) и, как правило, набирается по поперечной системе набора.

Продольная система набора допускается Правилами Речного регистра лишь в отдельных обоснованных случаях. Такая система позволяет унифицировать бортовой набор с палубным и днищевым, повысить эффективность участия борта в общем изгибе. При такой системе набора бортовые продольные балки опираются на рамные шпангоуты, а бортовые стрингеры играют лишь разносящую роль.

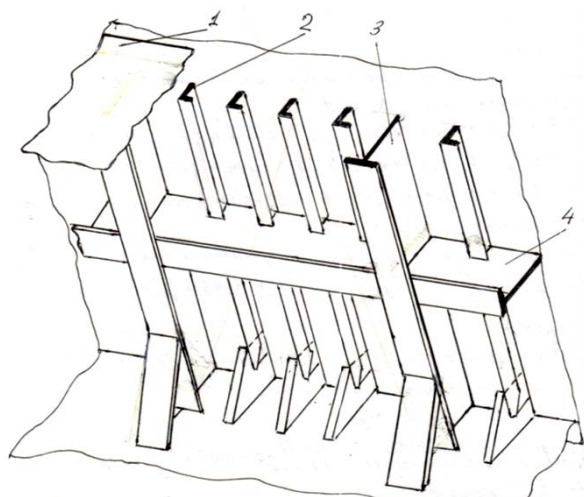


Рисунок 5.1 – Бортовое перекрытие с холостыми и рамными шпангоутами:

- 1 – палубный настил; 2 – холостой шпангоут; 3 – рамный шпангоут;
4 – бортовой стрингер

В отдельных случаях применяется и комбинированная система набора, включающая элементы продольной и поперечной систем.

Применяется и однородный набор бортов, состоящий из одинаковых шпангоутов, выполненных из прокатного профиля. По срав-

нению с рассмотренными системами набора, включающими рамные и холостые балки, он позволяет:

- увеличить полезный объем внутренних помещений;
- упростить отделку помещений;
- упростить технологию постройки за счет исключения операций к установке рамного набора.

Однородному набору борта чаще соответствуют флоры, установленные на каждом шпангоуте, т.е. все шпангоуты при этом называются флорными. Бортовые стрингеры или вообще не ставятся или делаются из того же профиля, что и шпангоуты. Поскольку промежуточные опоры на бортовых стрингерах отсутствуют, пролет шпангоута, равный расстоянию от палубы до флора, получается большим, особенно на высокобортных судах, что приводит к необходимости принимать по условиям прочности значительный профиль. Поэтому при однородном наборе масса корпуса, как правило, возрастает. Отсутствие перевязанных между собой рамных балок приводит к уменьшению прочности и жесткости бортового перекрытия, особенно при действии эксплуатационных и ледовых нагрузок. Однородный набор находит ограниченное применение, преимущественно в трюмах сухогрузных судов, перевозящих тарные грузы, на рыболовных судах, на небольших судах с килеватостью и в отсеках с жилыми помещениями.

На бортовые перекрытия действует продольная нагрузка в плоскости перекрытия и поперечная – нормально его плоскости. Продольная нагрузка, возникающая при общем изгибе корпуса судна, может вызвать потерю устойчивости верхних пластин борта. В этой части перекрытия целесообразна продольная система набора. С другой стороны, в перекрытиях, работающих на изгиб балки основного набора, целесообразно располагать параллельно короткой стороне опорного контура (на сухогрузных судах вертикально), что дает возможность обеспечить местную прочность корпуса при меньшей массе конструкций, т. е. в этом случае целесообразна поперечная система набора.

Исключение составляют крупные танкеры, у которых высота перекрытия больше длины. Здесь минимальный пролет балки, а, следовательно, и масса получается при ее ориентации вдоль судна, поэтому на таких судах система набора борта продольная.

Бортовые перекрытия с двойными бортами делают для танкеров, что предотвращает загрязнение воды при возможных повреждениях борта, и упрощает весьма трудоемкую процедуру мойки и зачистки танков. На судах, перевозящих генеральные грузы при двойных бортах, получают удобный трюм или бункер ящичного типа для размещения груза.

На рисунке 5.2 показано бортовое перекрытие с двойным бортом. Межбортное пространство можно использовать для размещения балласта, цистерн для хранения жидкостей и для прокладки коммуникаций. Наружный и внутренний борты подкрепляются шпангоутами или продольными балками, соединенными между собой листовыми элементами, нормальными к обшивкам: вертикальными (диафрагмами) и горизонтальными (платформами).

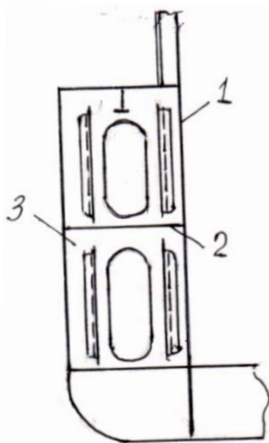


Рисунок 5.2 – Двойной борт на судах:
1 – внутренний борт; 2 – платформа; 3 – диафрагма

Без диафрагм и платформ внутренняя обшивка рассматривается как продольная переборка. Существуют разные конструкции двойных бортов, из которых можно выделить четыре основных типа, рисунок 5.3.

Наиболее распространенной и простой является конструкция с вертикальными внутренними бортами (рисунок 5.3, а). Наклонные внутренние борта (рисунок 5.3, б) применяются с целью облегчения

зачистки на судах, перевозящих навалочные грузы, однако, это преимущество становится недостатком из-за того, что они сравнительно чаще повреждаются по сравнению с вертикальными внутренними бортами, при разгрузке грейферами, а конструкция их сложнее.

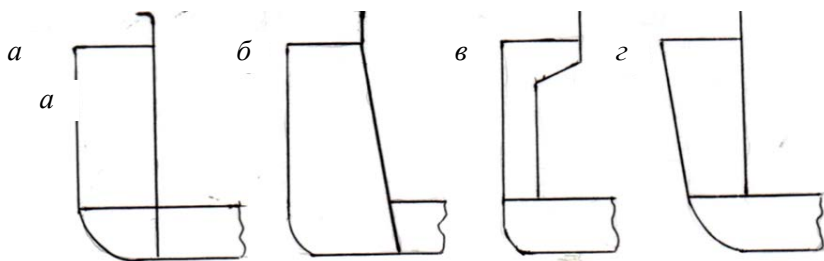


Рисунок 5.3 – Типы конструкции двойного борта

Конструкция двойного борта, показанная на рисунке 5.3, в, позволяет увеличить объем трюма и сохранить при этом достаточную ширину палубы, необходимую для удобной работы экипажа и обеспечения общей прочности. Верхний наклонный лист с продольным набором входит в состав верхнего пояса эквивалентного бруса, что также повышает общую прочность. Однако, из-за того, что люк оказывается уже трюма, разгрузка осложняется. Затрудняется также выполнение работ в узком пространстве между бортами.

Конструкция с наклонными наружными бортами (рисунок 5.3, г) применяется на контейнеровозах, обеспечивает 100 % раскрытие трюма при сохранении рабочей ширины палубы.

Расстояние между наружным и внутренним бортами не следует принимать меньше 800 мм.

5.2. Нагрузка на бортовые перекрытия

На бортовые перекрытия действуют продольная нагрузка в плоскости перекрытия и поперечная – нормально его плоскости.

Расчетную нагрузку на борта, за исключением оконечностей, считают распределенной по треугольнику или трапеции по высоте борта, на уровне днища принимают равной:

1) для рамного и холостого набора и обшивки судов всех типов без двойных бортов, за исключением грузовых отсеков наливных судов и балластных отсеков всех судов,

$$p = 9,81 (T_{гр} + r); \quad (5.1)$$

2) для рамного и холостого набора и обшивки грузовых отсеков наливных судов без двойных бортов и балластных отсеков всех судов

$$p = p_{гр} - 9,81(T_{гр} - r); \quad (5.2)$$

$$p = 9,81(h_6 - (T_6 - r)); \quad (5.3)$$

3) для рамного и холостого набора и обшивки внутренних бортов: наливных судов

$$p = q, \quad (5.4)$$

сухогрузных судов

$$p = 9,81H_c, \quad (5.5)$$

где значения всех обозначений в формулах (5.1)–(5.5) принимать в соответствии с (4.2), ч. 1.

Кроме распределенной нагрузки, конструкции борта воспринимают действия местных поперечных ледовых нагрузок, нагрузок при швартовке и т. п.

5.3. Конструкция бортовых перекрытий при поперечной системе набора

Основные элементы бортового перекрытия при поперечной системе набора – шпангоуты (см. рисунок 5.1). При высоте борта H_c превышающей 2 м, устанавливается один бортовой стрингер; при высоте борта 4 м и более должно быть установлено не менее двух бортовых стрингеров. Их назначение – увеличение местной прочности при воздействии поперечных нагрузок на борт, и для распреде-

ления нагрузки между шпангоутами. Размеры стрингеров равны размерам рамных шпангоутов. Стрингеры разрезаются на шпангоутах и соединяются с ними сваркой.

Рамные шпангоуты устанавливаются в плоскости флоров. Расстояние между ними не должно превышать значений, регламентированных для флоров.

Высота стенки рамного шпангоута в отсеках без двойного дна должна быть не менее 0,65 высоты флора. Свободный поясок рамного шпангоута в отсеках без двойного дна должен иметь площадь поперечного сечения не менее 0,65 площади сечения свободного пояска флора.

Момент сопротивления поперечного сечения рамного шпангоута с присоединенным пояском, см^3 , должен быть не менее

$$W = 10KH_c d_1, \quad (5.6)$$

где K – коэффициент, определяемый по формулам:
для судов всех типов, кроме наливных:

$$K = \sqrt{2 + 0,85L}, \quad (5.7)$$

для наливных судов

$$K = \sqrt{2 + 0,050L}, \quad (5.8)$$

d_1 – расстояние между рамными шпангоутами, м.

Момент сопротивления поперечного сечения холостого шпангоута с присоединенным пояском, см^3 , должен быть не менее

$$W = 12Kla, \quad (5.9)$$

где K – коэффициент принимаемый по (5.7) или (5.8);

l – наибольшее расстояние, измеренное по борту между днищем (настилом второго дна) и бортовым стрингером, между бортовыми стрингерами или между бортовым стрингером и палубой, м;

a – шпация, м.

По концам шпангоутов должны быть установлены бимсовые и скуловые кницы, рисунок 5.4, 5.5.

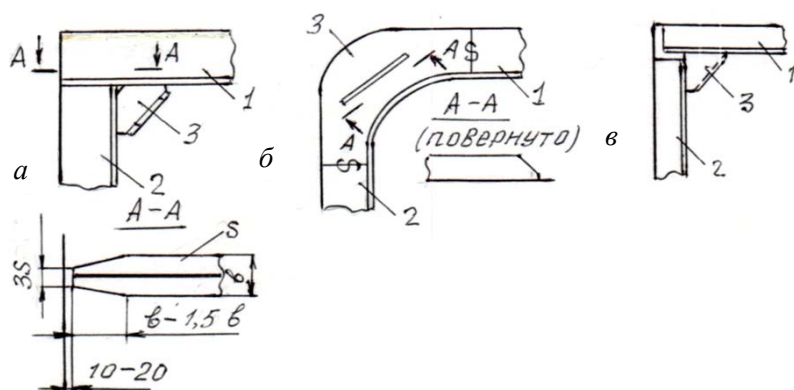


Рисунок 5.4 – Варианты соединения рамного (а, б) и холостого шпангоутов (в) с бимсом с помощью книц:
1 – бимс; 2 – шпангоут; 3 – кница

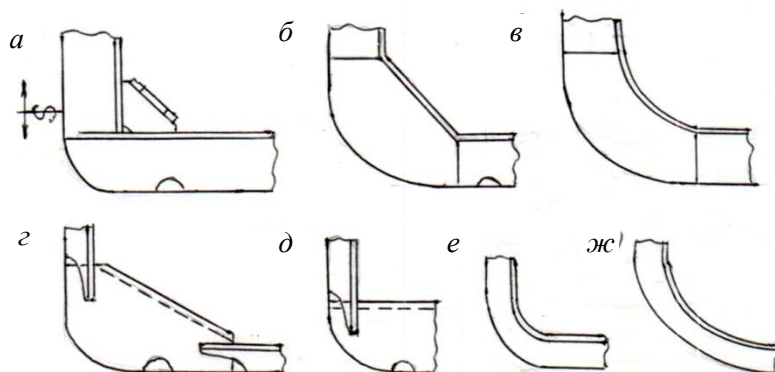


Рисунок 5.5 – Варианты соединения рамного (а, б, в) и холостого (z, д) шпангоута с флором: е, ж – с переходом в днищевой шпангоут

Если момент сопротивления поперечного сечения холостых днищевых шпангоутов не меньше, чем требуемый для бортовых, то днищевые шпангоуты допускается продолжать по скуле и борту вверх без установки скуловых книц, рисунок 5.5, е, ж.

5.4. Конструкция бортовых перекрытий при продольной системе набора

В этой системе вдоль борта идут горизонтальные продольные балки, опирающиеся на рамные шпангоуты. Рамные шпангоуты устанавливаются в плоскости сплошных флоров и рамных бимсов.

При продольной системе бортового набора размеры сечений рамных шпангоутов подбирают по формулам, применяемым для подбора сечений рамных шпангоутов при поперечной системе набора, см. формулы (5.6)–(5.8).

Момент сопротивления поперечного сечения продольных ребер жесткости борта с присоединенным пояском, см^3 , должен быть не менее

$$W = 6Kd_1^2, \quad (5.10)$$

где K – принимать по (5.6)–(5.8).

На судах класса «М» длиной 80 м и более ширстрек должен быть подкреплен продольными ребрами жесткости из профиля, применяемого для бортовых холостых шпангоутов. Расстояние между продольными ребрами и ребром и палубой не должно превышать 550 мм.

При системе набора Шиманского концы бортового шпангоута закрепляются кницами, доходящими до ближайших продольных балок по палубе и днищу, рисунок 5.6. Это позволяет исключить подгонку шпангоутов и установку книц при сборке секций. Но в отношении прочности этот вариант проигрывает кничному, так как по концам шпангоута отсутствует жесткие опоры (горизонтальные балки создают проседающие опоры), а скула не подкреплена кницей. Поэтому такую конструкцию применять не рекомендуется.

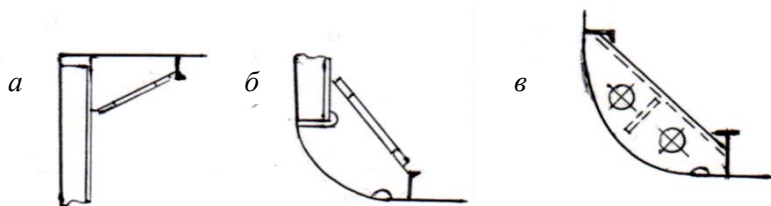


Рисунок 5.6 – Кничное соединение холостого шпангоута (а, б) с продольными ребрами жесткости палубы и днища, и продольными ребрами жесткости борта и днища (в)

Сквозь рамные шпангоуты продольные балки проходят через вырезы, а стенки балок приваривают к рамным шпангоутам. Следует добавить узел пересечения продольного набора борта с продольной системой одинарного дна, рисунок 5.6, в.

5.5. Набор бортовых перекрытий с двойным бортом

Конструкции двойного борта должны удовлетворять следующим требованиям:

- при одинаковой системе набора наружного и внутреннего борта рекомендуется располагать шпангоуты или продольные балки обоих бортов в одной плоскости;

- допускается поперечная и продольная система набора;

- размеры рамного и холостого набора для внутреннего борта должны быть не менее размеров, требуемых для наружного борта;

- при высоте борта не превышающей 5,5 м, вместо располагаемых на одном уровне стрингеров наружного и внутреннего бортов могут быть установлены платформы. Число таких платформ принимается равным числу устанавливаемых стрингеров;

- должны быть установлены междубортовые непроницаемые полупереборки не реже чем через 15 шпаций. Их толщина должна быть равной толщине сплошных флоров, а их набор должен отвечать требованиям пункта 2.4.6 «Правил Речного Регистра»;

- каждую вторую междубортовую полупереборку допускается выполюнять проницаемой;

- для доступа ко всем частям двойного борта полупереборки и платформы должны иметь вырезы (лазы).

Суммарная ширина вырезов в одном сечении не должна превышать 0,6 ширины двойного борта.

Сечение по рамному шпангоуту судна с двойными бортами приведено на рисунке 5.7.

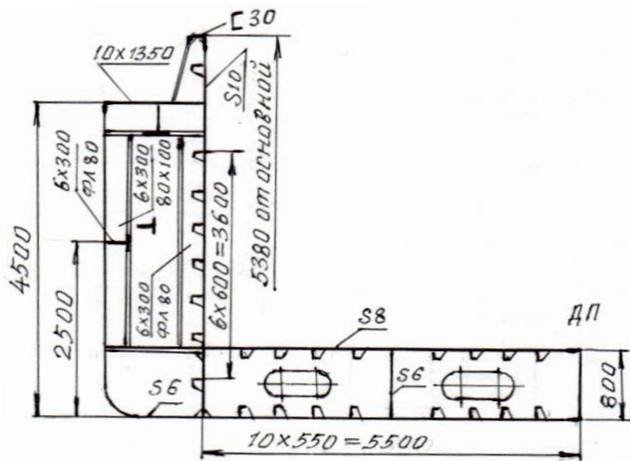


Рисунок 5.7 – Вариант набора бортового перекрытия судна с двойными бортами

5.6. Конструкция бортовых перекрытий при однородной системе бортового набора

При однородной поперечной системе бортового набора момент сопротивления поперечного сечения шпангоута с присоединенным пояском, $см^3$, должен быть не менее

$$W = 14KH_c a, \tag{5.11}$$

где K – коэффициент, определяемый по формулам (5.7), (5.8);
 H_c – высота борта в рассматриваемом сечении;
 a – шпация.

5.7. Подпалубные цистерны, фальшборты, привальные брусья

На судах, перевозящих тяжелые (массовые) грузы, такие как руда, щебень и другие, часто устраивают бортовые подпалубные цистерны. Их используют как балластные или топливные с целью повышения центра тяжести судна и уменьшения резкой и порывистой качки.

Это вызвано тем, что руда – груз тяжелый с малым удельным погрузным объемом (до $1 м^3/т$), занимает малый объем при полном

использовании грузоподъемности судна. Груз располагается сравнительно низко, что приводит к понижению центра тяжести судна, метацентрическая высота h становится чрезмерно большой, а бортовая качка – стремительной, резко ухудшающей возможности обслуживания механизмов и устройств судна и, вызывающей появление больших инерционных сил, действующих на конструкции. Поэтому для устранения указанных недостатков применяют специальный конструктивный тип таких судов (рисунок 5.8) с выделением помещений для балластных и топливных цистерн.

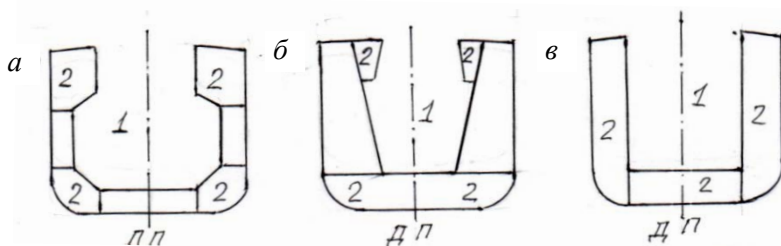


Рисунок 5.8 – Конструктивные схемы судов для перевозки массовых (тяжелых) грузов:
1 – грузовые помещения; 2 – балластные цистерны

На всех незащищенных, т. е. открытых палубах, таких как палубы надводного борта, надстроек и рубок, устанавливают фальшборт или леерное ограждение (поручни), чтобы предотвратить выпадение за борт людей и груза или частей оборудования, особенно при сильном волнении.

На палубах, где нет грузов и где едва ли возможно заливание палубы, фальшборт заменяют леерным ограждением. На пассажирских судах леерное ограждение дополнительно закрывается сеткой.

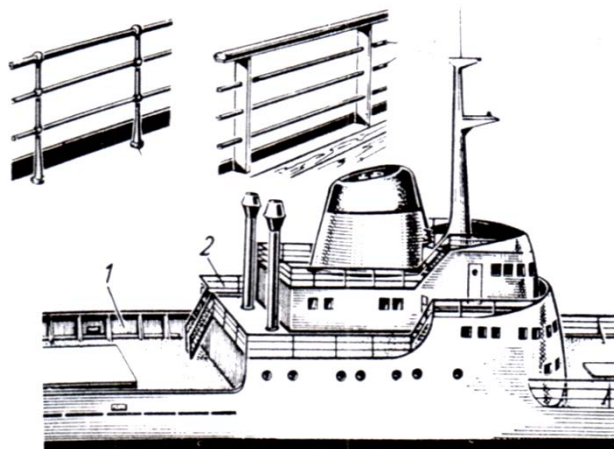
Фальшборт представляет собой продолжение обшивки борта выше главной палубы. Его конструкция в средней части судна должна быть такой, чтобы он не принимал участие в общем изгибе. Обшивка фальшборта в средней части судна не должна привариваться к верхней кромке ширстрека. Высота фальшборта не менее 1 м. Он подкрепляется стойками, расстояние между которыми не должно превышать 3 шпации. Стойки должны располагаться у бимсов и книц и привариваться к планширю, фальшборту и палубе.

Толщину листа фальшборта можно принимать на 2 мм меньше толщины обшивки борта в средней части судна, но не менее 2 мм.

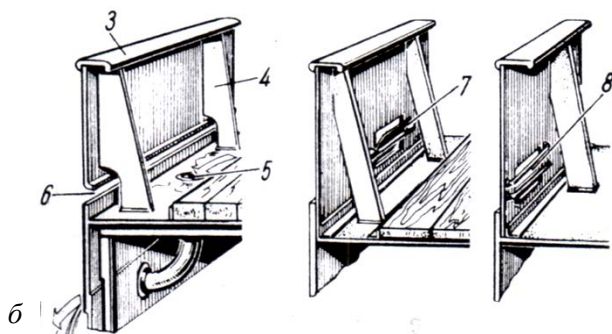
В районе бортовых клюзов и проходов к трапам должны быть установлены подкрепляющие стойки, а толщина листов фальшборта увеличивается на 1 мм по сравнению с остальными листами.

Планширь фальшборта должен иметь фланец или изготавливаться из полособульбового профиля.

Для стекания попадающей на палубу воды фальшборт имеет штормовые портики, снабженные сетками или поворотными крышками. С этой же целью фальшборт приподнят над палубой, образуя щель для стекания воды, рисунок 5.9.



a



б

Рисунок 5.9 – Фальшборт и леерное ограждение (*a*); типы фальшборта (*б*):
 1 – фальшборт; 2 – леерное ограждение; 3 – планширь; 4 – стойка фальшборта;
 5 – шпигат; 6 – сплошной вырез для стока воды; 7 – штормовой портик с поворотной крышкой; 8 – штормовой портик с защитной решеткой

Привальные брусья служат для предохранения корпуса судна и частного гашения сил при швартовке. Их устанавливают в один или два ряда по борту судна. По роду применяемого материала привальные брусья изготавливаются металлическими, деревянными или резиновыми. По характеру восприятия нагрузки металлические привальные брусья относятся к жестким, деревянные – к полужестким и резиновые – к мягким.

Деревянные привальные брусья крепятся к борту судна между двумя специальными, приваренными к борту судна стальными планками, рисунок 5.10.

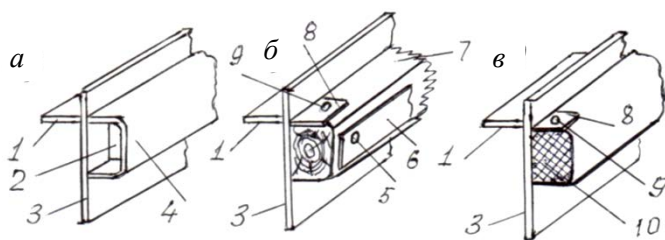


Рисунок 5.10 – Привальные брусья:

- 1 – палубный стрингер; 2 – бракета; 3 – ширстрек; 4 – металлическая коробка;
 5 – шурупы крепления полосы; 6 – стальная полоса; 7, 10 – деревянный
 и резиновый брусья; 8 – лапки; 9 – крепежный болт с гайками

Верхняя планка часто делается непрерывной.

Для предохранения привального бруса от разрушений с наружной стороны его устанавливается металлическая полоса. На нефтеналивных судах установка таких полос запрещена из-за возможности образования искр при швартовке.

6. НАБОР ПАЛУБНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

6.1. Палубные перекрытия. Общие требования

Палубный настил препятствует попаданию воды в корпус судна; служит площадкой для размещения груза и пассажиров и выполнения работ по обслуживанию судна; участвует в обеспечении общей прочности корпуса, являясь основным элементом верхнего пояса эквивалентного бруса, прочности при общем скручивании и местной прочности в качестве присоединенных поясков балок палубного набора.

Палубное перекрытие представляет собой настил, подкрепленный системой продольных и поперечных связей. Основной функцией набора палубных перекрытий является обеспечение устойчивости и прочности палубного настила, который совместно с продольными связями участвует в обеспечении общей и местной прочности судна.

Палубы судов выполняются с поперечной погибью, улучшающей устойчивость палубных перекрытий.

Величина погиби с подъемом у ДП принимается равной $1/50$ – $1/100$ ширины судна. На современных речных судах погибь выполняется обычно по ломаной линии, состоящей из двух-трех прямых участков, что позволяет избежать, гибки листов и набора, или состоящей из криволинейного в районе ДП и прямолинейных у бортов участков.

Не редко палубы имеют плавный подъем в нос и в корму (седловатость).

Палубные перекрытия опираются на борта, поперечные и продольные переборки. В зависимости от типа назначения и размеров судна для палуб применяют поперечную, продольную или комбинированную систему набора. На наливных судах и перевозящих массовые грузы, «Правила» рекомендуют применять в средней части судна продольную систему набора.

Проектирование палубных перекрытий всегда связано с проектированием грузовых люков. Существуют две конструкции комингсов грузовых люков: прерывистые, расположенные только по периметру люка и непрерывные, идущие на протяжении всех грузовых трюмов. Непрерывные комингсы, которые преимущественно применяются на современных судах, обладают преимуществом по срав-

нению с прерывистыми. Непрерывные комингсы входят в состав эквивалентного бруса, упрощая обеспечение общей продольной прочности, снижают концентрацию напряжений в углах люка, позволяют отказаться от постановки пиллерсов.

Выбор системы набора обуславливается целым рядом причин. Наиболее важными среди них являются: необходимость создания достаточной площади верхнего пояска эквивалентного бруса и обеспечение устойчивости палубного настила при сжатии. Оба эти условия значительно легче осуществляются при продольной системе набора. При этом в состав эквивалентного бруса включаются, кроме настила палубы, и продольные подпалубные балки, т. е. необходимая площадь, может быть получена при меньшей толщине настила. Продольное расположение пластин, как указывалось выше, существенно повышает эйлеровы напряжения, увеличивая тем самым редуцированные коэффициенты. Одновременно с этим продольная система набора палубных перекрытий позволяет уменьшить степень влияния на общую продольную прочность технологической погни, образующейся при изготовлении перекрытия. Продольная система набора позволяет значительно лучше использовать прочностные характеристики легированных сталей и является единственной системой позволяющей снизить массу перекрытий в случае их применения.

Для судов с большим раскрытием палубы рекомендуется только продольная система набора, дающая возможность использовать приемлемые толщины настила.

Поперечную систему набора палубных перекрытий целесообразно применять, когда уровень местных напряжений значительно меньше уровня напряжений от общего продольного изгиба, т. е. при небольших отношениях L/H и в тех случаях, когда возникают опасения за потерю устойчивости палубного перекрытия в поперечном направлении (ледокольные суда).

6.2. Нагрузка на палубные конструкции

Расчетную нагрузку, КПа, на палубное перекрытие принимают равной:

1) для грузовой палубы сухогрузных судов (с учетом неравномерности распределения груза)

$$p = q; \quad (6.1)$$

2) для палубы наливных судов в районе грузовых отсеков

$$p = 9,81(h_{ш} - h_{н}); \quad (6.2)$$

3) для открытых участков палуб корпуса судов всех типов, кроме судов-площадок и наливных:

$$p = 4,91; \quad (6.3)$$

4) для закрытых участков палуб корпуса, надстроек и рубок, предназначенных для пассажиров:

$$p = 3,43; \quad (6.4)$$

5) для легких палуб надстроек и рубок, недоступных для пассажиров и не предназначенных для грузов:

$$p = 9,81. \quad (6.5)$$

Нагрузку при испытании корпусов судов на непроницаемость и герметичность принимать в соответствии с указанием действующих стандартов.

6.3. Поперечная система набора палубных перекрытий

На судне с поперечной системой набора палубного перекрытия балками главного направления являются бимсы (полубимсы), установленные на каждом шпангоуте, рисунок 6.1. Бимсы обычно подкрепляют продольными балками – карлингсами.

Рамные бимсы устанавливают в плоскости каждого рамного шпангоута, а также в плоскости поперечных комингсов грузовых люков, шахт машинно-котельных отделений и в местах подкреплений под палубными механизмами и устройствами.

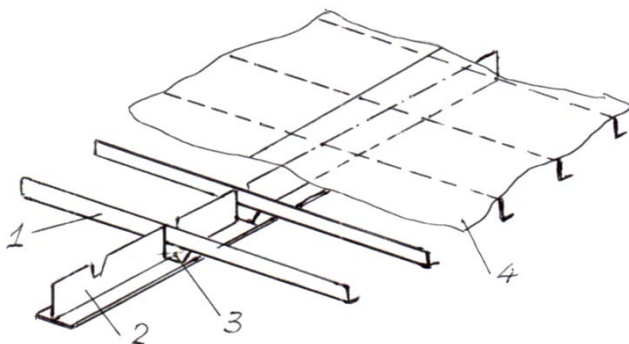


Рисунок 6.1 – Соединения карлингса с бимсами:
1 – бимс; 2 – карлингс; 3 – бракета; 4 – палубный настил

Момент сопротивления поперечного сечения бимсов с присоединенным пояском, см^3 , должен быть не менее:

1) для участков палуб, предназначенных для размещения груза:

$$W = 1,02 \cdot 10^{-1} K_0 K_1 K_2 d B_1^2 q, \quad (6.6)$$

где K_0 – коэффициент, равный:

для холостых бимсов, если не предусматривается загрузка и разгрузка рейферами – 3,7;

для холостых полубимсов – 5;

для рамных бимсов – 7;

для рамных полубимсов на судах без двойных бортов – 28;

K_1 – коэффициент равный:

для холостых бимсов и для полубимсов – 1;

для рамных бимсов согласно таблице 4.1, ч. 1, где вместо слова «кильсоны» следует читать «карлингсы»:

K_2 – коэффициент равный:

для холостых бимсов и полубимсов – 1;

для рамных бимсов согласно таблице 4.2;

d – расстояние между соответствующими бимсами или полубимсами, м;

B_1 – величина принимаемая равной наибольшему расстоянию, м:

для рамных бимсов – между бортами или между бортами и продольной переборкой (фермой), между переборками (фермами) и

продольной переборкой (бортом). Значение B_1 для рамных бимсов не должно быть принято менее $B/3$ при трех и четырех продольных переборках (фермах) и менее $B/4$ при пяти и более продольных переборках;

q – величина, кПа, определяемая по формуле

$$q = \frac{G}{f}, \quad (6.7)$$

где G – максимальный вес груза, который может быть принят на данный загруженный участок палубы, кН;

f – площадь данного загруженного участка палубы, m^2 .

Значение W для рамных бимсов, если предусматривается загрузка и разгрузка грейферами, нельзя принимать меньше, чем определенное для холостых бимсов судов-площадок при одинаковой форме загрузки и разгрузки, т. е. грейферами:

$$W = 115ac_1, \quad (6.8)$$

где a и c_1 определяются по (4.19), ч. 1.

2) для участков палуб наливных судов в районе грузовых отсеков

$$W = K_0 - K_1 dB_1^2, \quad (6.9)$$

где K_0, K_1, K_2 – коэффициенты, принимаемые согласно (6.6);

3) для участков палуб, не предназначенных для размещения груза:

$$W = K_0 K_1 K_2 dB_1^2, \quad (6.10)$$

где K_0 – коэффициент, равный:

для холостых полубимсов – 2,5;

для рамных бимсов – 3,6;

для холостых бимсов – 1,85;

для рамных полубимсов на судах без двойных бортов – 14;

K_1, K_2 – коэффициенты, принимаются согласно (6.6).

Для участков палуб, на которые через пиллерсы, стенки надстроек, выгородки и т. п. передаются нагрузки с вышерасположенных

палуб, момент сопротивления поперечного сечения рамного бимса, определенный по формуле (6.10), должен быть умножен на коэффициент $m = (n + 1)$, где n – число вышерасположенных палуб, за исключением указанных в п.4. При этом значение B_1 должно быть принято равным наибольшему расстоянию между продольными рядами пиллерсов или между продольным и рядом пиллерсов и продольной переборкой (бортом), поддерживающими бимс;

4) для участков легких палуб надстроек и рубок, недоступных для размещения грузов и пассажиров:

$$W = K_0 K_1 K_2 d B_1^2, \quad (6.11)$$

где K_0 – коэффициент равный:

для холостых бимсов – 0,4;

для холостых полубимсов – 0,5;

для рамных бимсов – 0,7;

для рамных полубимсов на судах без двойных бортов – 2,8;

K_1, K_2 – коэффициенты, принимаются согласно (6.6);

5) для холостых бимсов судов-площадок, если предусмотрена загрузка и разгрузка рейферами:

$$W = 115 a c_1, \quad (6.12)$$

где a, c_1 определяются согласно (4.18), ч. 1.

6) при $L_n/B < 0,7$ размеры рамных бимсов следует принимать равными размерам карлингсов, определяемых согласно (6.21).

Высота стенки рамного бимса или рамного полубимса должна приниматься не менее 2/3 высоты стенки рамного шпангоута у палубы. Площадь поперечного сечения свободного пояска рамного бимса или рамного полубимса должна быть не менее 0,75 площади поперечного сечения свободного пояска рамного шпангоута у палубы рисунок 6.2.

Момент инерции поперечного сечения рамного бимса с присоединенным пояском, см^4 , должен быть не менее

$$J = 3 B_1 W. \quad (6.13)$$

Бимсы крепят к бортовому набору с помощью книц, имеющих для обеспечения устойчивости отогнутый фланец или приваренный поясок, рисунок 6.2.

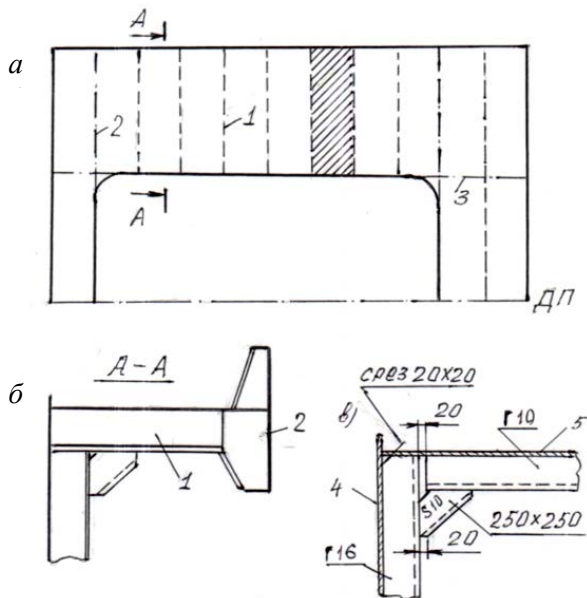


Рисунок 6.2 – Палубный набор при поперечной схеме набора:
а – схема перекрытия по ДП (одна из пластин палубного набора заштрихована);
б – сечение по полубимсу; *в* – узел пересечения полубимса со шпангоутом;
 1 – полубимс; 2 – концевой люковый бимс; 3 – комингс-карлингс;
 4 – ширстрек; 5 – палубный стрингер

Карлингсы, поддерживающие бимсы, обычно представляют собой тавровую сварную балку (рисунок 6.3).

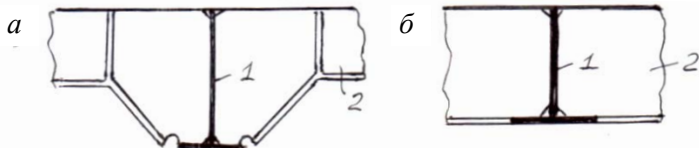


Рисунок 6.3 – Соединение рамных бимсов с карлингсами:
а – неравновысокие бимс и карлингс; *б* – равновысокие бимс и карлингс;
 1 – карлингс; 2 – бимс

Карлингсы на сухогрузных судах, имеющих вырезы под грузовые люки, совмещают с продольными кромками вырезов, и карлингс переходит в карлингс-комингс, рисунок 6.4.

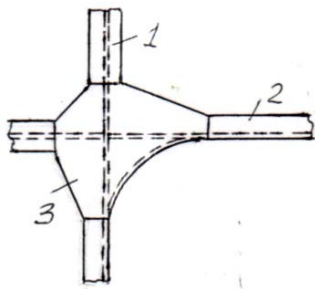


Рисунок 6.4 – Соединение карлингса с концевым бимсом (вид снизу):

- 1 – пояска карлингса; 2 – пояска бимса;
- 3 – ромбовидная горизонтальная кница

Концевые рамные люковые бимсы служат опорой карлингсам, так как длина трюма в большинстве случаев превышает ширину судна. Концевой люковый бимс представляет собой сварную симметричную тавровую балку, с высотой равной высоте карлингса (рисунок 6.3, б). Для обеспечения устойчивости стенки концевых бимсов, как и карлингсов, подкрепляют кницами.

При соединении продольных и поперечных комингсов следует учитывать, что в углах люков возникает значительная концентрация напряжений. Одной из наиболее эффективных мер для снижения является скругление углов люков, которые может быть выполнено несколькими конструктивными способами (рисунок 6.5). В первом случае скругление осуществляется в самом месте палубы. Радиус скругления принимается

$$R = 0,1b, \quad (6.14)$$

где b – ширина люка, м.

Во втором случае люковый вырез делается прямоугольной формы, а закругление лекальными кницами, сваренными по углам люкового выреза.

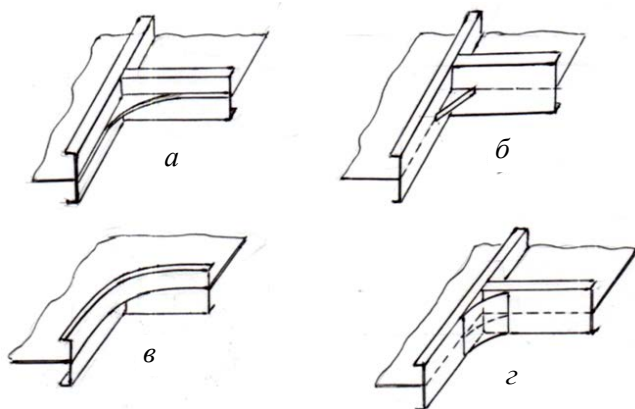


Рисунок 6.5 – Соединение продольного и поперечного комингсов люков:
a – прямоугольное; *б* – скругление угла одной кницыей; *в* – скругление над палубой и прямоугольное под ней; *г* – скругление угла тремя кницами

При большой ширине грузовых люков их продольные комингсы делают непрерывными, для включения их в эквивалентный брус и для размещения на них люкового закрытия, рисунок 6.6.

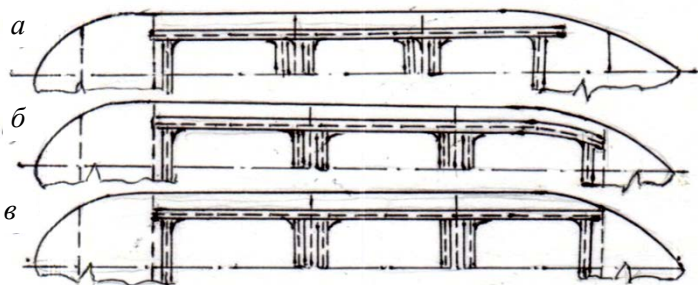


Рисунок 6.6 – Конструктивная схема непрерывных комингсов грузовых люков:
a – прямые продольные комингсы; *б* – комингсы, сужающиеся в носовой оконечности; *в* – комингсы для телескопического люкового закрытия

6.4. Продольная система набора палубных перекрытий

На судне с продольной системой набора балками главного направления палубного перекрытия являются продольные подпалубные балки, рисунок 6.7.

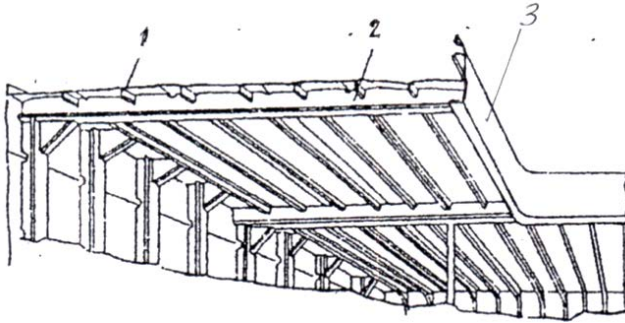


Рисунок 6.7 – Продольный набор палубы в районе грузового люка:
 1 – продольная балка; 2 – рамный бимс; 3 – коминге грузового люка

Расстояние между подпалубными продольными балками принимают таким же, как расстояние между продольными балками днища.

Продольные подпалубные балки опираются на рамные бимсы и поперечные переборки. Рамные бимсы устанавливают в одной поперечной плоскости со сплошными флорами. На крупных судах для создания опоры рамным бимсам устанавливают карлингсы, опирающиеся на поперечные переборки или концевые люковые бимсы.

Большие вырезы в палубе с продольной системой подкрепляют продольными и поперечными балками-комингсами, совмещаемыми с карлингсами и рамными бимсами.

Момент сопротивления поперечного сечения продольных подпалубных ребер жесткости с присоединенным пояском, см^3 , должен быть не менее:

1) для участков палуб, предназначенных для размещения груза, на которых не предусматривается загрузка и разгрузка грейферами,

$$W = 0,704ad_1^2 \frac{G}{f}, \quad (6.15)$$

где a – шпация, м;

d_1 – расстояние между рамными бимсами, м;

G, f – принимается согласно (6.7);

2) для палуб судов-площадок

$$W = 115ad_1; \quad (6.16)$$

3) для участков палуб наливных судов в районе грузовых танков

$$W = 11,5ad_1^2; \quad (6.17)$$

4) для участков палуб, не предназначенных для размещения груза, кроме наливных судов и судов-площадок:

$$W = 3,6ad_1^2; \quad (6.18)$$

5) для участков легких палуб надстроек и рубок, недоступных для размещения груза и пассажиров:

$$W = ad_1^2; \quad (6.19)$$

Момент инерции поперечного сечения продольных подпалубных ребер с присоединенным пояском, см^4 , должен быть не менее

$$J = 1,02 \cdot 10^{-2} KR_{\text{эф}} (f + 100at) d_1^2, \quad (6.20)$$

где K – коэффициент, значение которого должно быть не менее 0,5; рекомендуется коэффициент K принимать равный 1,25;

$R_{\text{эф}}$ – предел текучести материала, МПа;

F – площадь поперечного сечения подпалубного ребра без присоединения настила, см^2 ;

t – толщина палубного настила, см ;

a, d_1 – принимать по (6.15).

План участка палубы с продольной системой набора приведен на рисунке 6.8.

Продольные балки пропускают через стенку рамного бимса и приваривают к ней. Высокие стенки рамного бимса для обеспечения устойчивости подкрепляют бракетами в плоскости продольных балок. К бортовому набору рамные бимсы крепят с помощью книц, высота которых должна быть равна высоте стенки бимса.

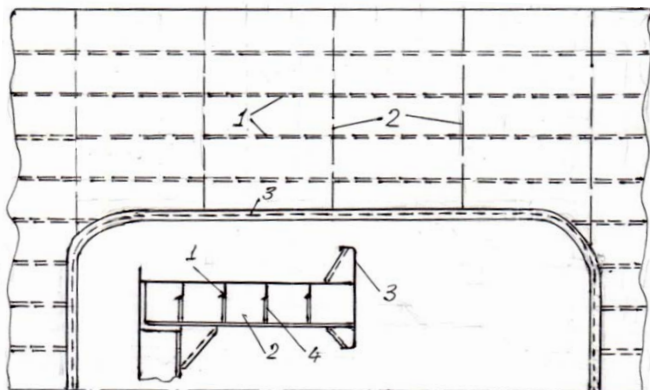


Рисунок 6.8 – План палубы при продольной системе набора:
 1 – продольное ребро жесткости; 2 – полубимс; 3 – комингс лока; 4 – бракета

6.5. Подбор размеров сечения карлингсов

Размеры карлингсов при $L_n/B_1 \geq 0,7$ должны быть не менее размеров, требуемых для рамных бимсов.

Момент сопротивления поперечного сечения карлингса W , см³, при $L_n/B_1 < 0,7$ должен быть не менее:

1) для участков палуб, предназначенных для размещения груза:

$$W = 0,734K_1K_2bl_k^2q, \quad (6.21)$$

где K_1 – коэффициент равный 1 при одном рамном бимсе, поддерживающем карлингс, а при трех и более бимсах, определяемый по таблице 6.1;

K_2 – коэффициент, определяемый по таблице 6.2;

b – средняя ширина площади палубы, м, непосредственно поддерживаемая карлингсом;

l – длина пролета карлингса, м, принимаемая равной наибольшему расстоянию, измеренному между поперечными переборками или поперечными рядами пиллерсов или между поперечной переборкой и поперечным рядом пиллерсов;

q – величина, определяемая согласно (6.7).

2) для участков палуб наливных судов в районе грузовых отсеков

$$W = 7,2K_1K_2bl_k^2; \quad (6.22)$$

3) для участков палуб, не предназначенных для размещения груза:

$$W = 3,6K_1K_2bl_k^2; \quad (6.23)$$

4) для участков палуб надстроек и рубок, недоступных для размещения грузов и пассажиров:

$$W = 0,75K_1K_2bl_k^2. \quad (6.24)$$

Таблица 6.1

B_1/l_k	K_1	
	при наличии рамных стоек поперечных переборок в плоскости каждого карлингса	при отсутствии рамных стоек поперечных переборок в плоскости каждого карлингса
1,4	0,73	0,85
1,5	0,75	0,90
1,6	0,77	0,95
1,7	0,80	1,0
1,8	0,85	1,0
1,9	0,90	1,0
2,0	1,0	1,0

Таблица 6.2

l_k/H	K_2	
	при наличии рамных стоек поперечных переборок в плоскости каждого карлингса	при отсутствии рамных стоек поперечных переборок в плоскости каждого карлингса
1 и менее	0,9	1
2	0,6	
3 и более	0,5	

6.6. Соединение элементов палубного набора

Бимсы крепят к карлингсам приваркой к кромке выреза в стенке карлингса непосредственно или через соединительный элемент, рисунок 6.9.

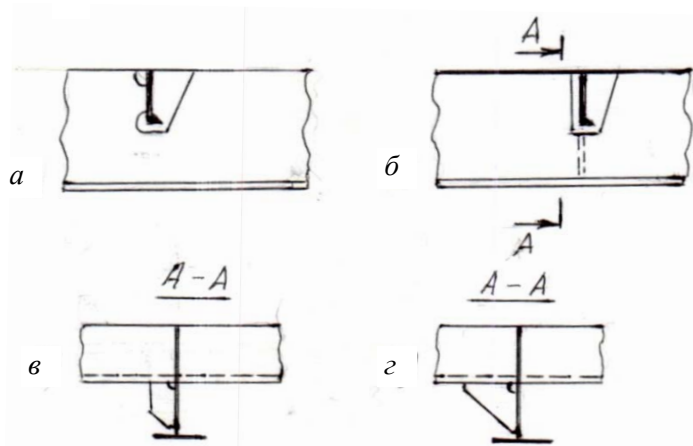


Рисунок 6.9 – Варианты крепления неразрезного бимса к карлингсу:
a – непосредственной приваркой; *б, в* – с помощью соединительного ребра;
г – через соединительную кницу

Соединительное ребро жесткости (рисунок 6.9, *в*) одновременно подкрепляет стенку карлингса и повышает устойчивость стенки при изгибе. Соединительные кницы (рисунок 6.9, *г*) тоже играют роль подкрепляющего элемента и обеспечивают карлингсу устойчивость плоской формы при изгибе.

Карлингсы устанавливают непрерывно в пределах каждого отсека и разрезают у поперечных непроницаемых переборок. Стенки карлингса приваривают к переборкам, а их пояски в районе концевых книц срезают на ус и к переборкам не приваривают. Такое оформление узла применяется как при одинаковой, так и при разной высоте стенок карлингсов по одну и другую сторону переборки, рисунок 6.10.

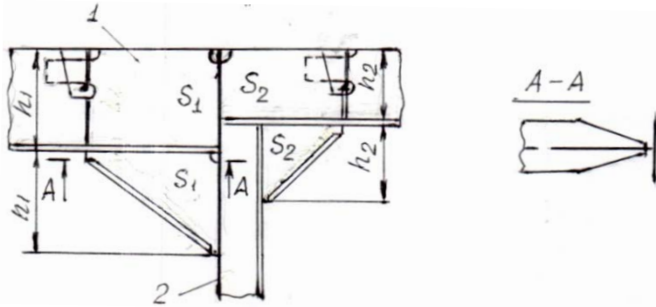


Рисунок 6.10 – Соединение карлингса переменной высоты с поперечной переборкой:
1 – карлингс; 2 – поперечная переборка

У водонепроницаемых переборок продольные подпалубные балки разрезают или (реже) пропускают через переборку. Если подпалубные балки разрезают у поперечных переборок, то концы балки соединяют с переборкой кницами, поставленными с обеих сторон переборки в одной плоскости (рисунок 6.11, а). Если продольная подпалубная балка проходит через переборку, то достаточно установить одну кницу (рисунок 6.11, б). Для балок, разрезаемых у поперечной переборки, можно применять высокотехнологичный вариант узла с установкой книц (рисунок 6.11, в), свариваемых в соответствующую прорезь в листе переборки.

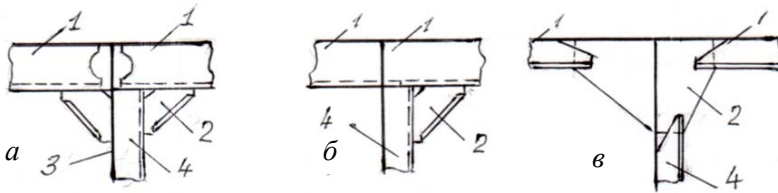


Рисунок 6.11 – Варианты конструкции пересечения продольных подпалубных балок с поперечными переборками:

1 – продольная подпалубная балка; 2 – кница; 3 – обшивка переборки;
4 – вертикальная стойка переборки

Для крепления рамных бимсов и полубимсов к шпангоутам стенку бимса приваривают к шпангоуту и устанавливают кницу, катеты которой равны высоте стенки бимса (рисунок 6.12). Поясок

рамного бимса срезают на ус. Толщину кницы принимают равной толщине стенки рамного бимса.

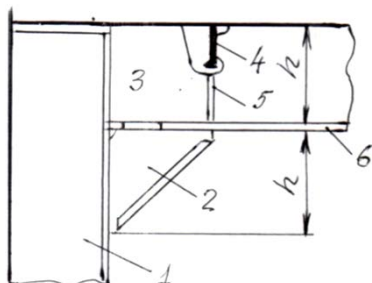


Рисунок 6.12 – Конструкция соединения рамных шпангоута и бимса:
1 – шпангоут; 2 – кницы; 3 – стенка рамного бимса; 4 – продольная подпалубная балка; 5 – ребро жесткости; 6 – поясок рамного бимса

Узлы пересечения рамных бимсов с карлингсами – см. рисунок 6.3). В этом пересечении стенку рамного бимса разрезают на карлингсе и приваривают к нему, а для подкрепления стенки и пояса карлингса в узле пересечения его с рамным бимсом устанавливают кницы. Для оконечностей судна преимущества применения продольной системы набора, обусловленные лучшим использованием балок набора в восприятии усилий от общего продольного изгиба судна, теряют свое значение.

Конструкция перехода продольной системы набора в поперечную осуществляется последовательным обрывом продольных балок симметрично со стороны левого и правого бортов. При этом необходимо, разгоняя обрывы продольных балок, обеспечить постепенность изменения площадей сечения палубы (рисунок 6.13).

Балки, идущие вдоль бортов, могут заканчиваться в сечениях, еще недостаточно удаленных от оконечностей, т. е. на участках, конструкция которых выполняется по продольной схеме набора. Обрываемая продольная балка обязательно должна быть доведена до рамного бимса с постепенным уменьшением высоты ее сечения на длине от конца, равной полутора значениям высоты балки (рисунок 6.13, сечение А–А).

Другая продольная балка продолжается за рамным бимсом и заканчивается постепенно сужающейся bracketой, доведенной до ближай-

шего бимса (сечение $B-B$). Переход рамного бимса в холостой на участке изменения системы набора показан на рисунке 6.13, сечение $B-B$.

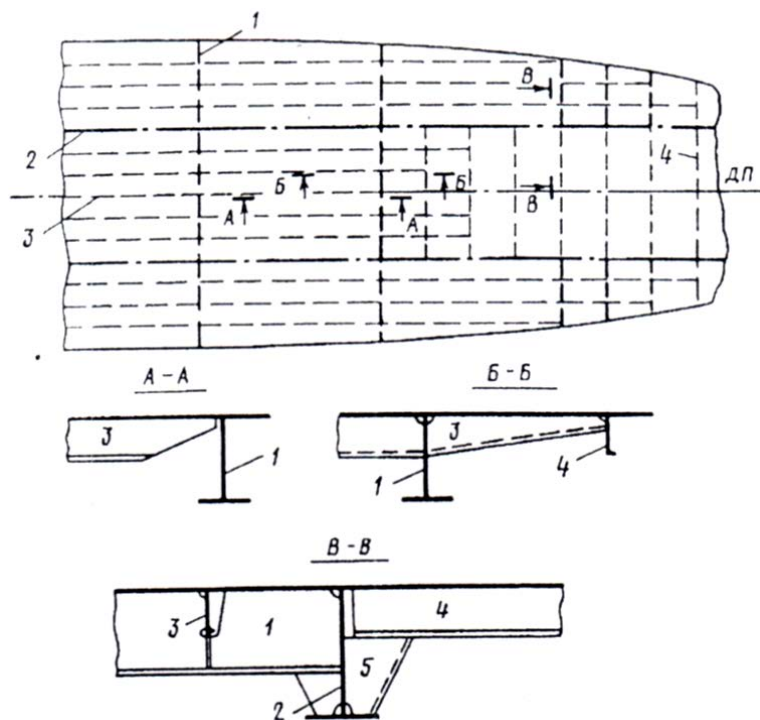


Рисунок 6.13 – Конструкция переходного участка палубы с продольной системой набора в оконечностях корпуса судна:

1 – рамный бимс; 2 – карлинг; 3 – продольная подпалубная балка;
4 – бимс; 5 – кница

В районе двойных бортов, как правило, применяется продольная система набора днища и палубы. Холостые шпангоуты соединяются с крайними продольными балками с помощью книц (рисунок 6.14, а, б). В узких местах вместо двух книц может быть поставлена бракета (рисунок 6.14, в).

Размеры полубимсов принимаются такими же, как и размеры бортовых шпангоутов. В некоторых случаях высоту полубимсов приходится дополнительно увеличивать (рисунок 6.14, г), чтобы пропустить

сквозь них большие продольные балки, необходимые по условиям общей прочности. Поскольку напряжения в полубимсах малы, кницы в узле его соединения с бортовыми шпангоутами чаще не ставятся.

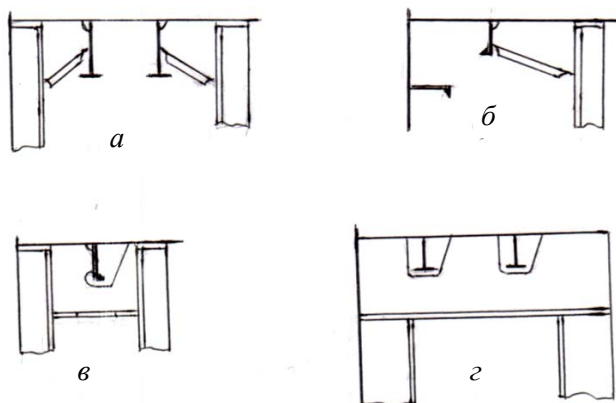


Рисунок 6.14 – Узлы соединения балок палубного набора в районе двойных бортов

6.7. Вырезы в палубах и комингсы люков

Ширина выреза в палубе не должна превышать $0,7$ ширины судна B в данном месте. Допускается увеличивать вырез до $0,85B$ при осуществлении специальных мероприятий (увеличении жесткости поперечного набора, установке двойных бортов с полупереборками, уменьшении длины вырезов и т. п.).

При ширине вырезов люков, большей $0,70B$, продольные комингсы люков должны быть непрерывными по длине всех трюмов и оканчиваться кницами длиной не менее двух высот комингса (рисунок 6.15).

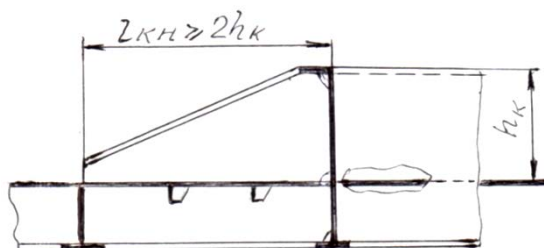


Рисунок 6.15 – Схема окончания непрерывного продольного комингса:

h_k – высота комингса; $l_{кн}$ – длина кницы

Конструкция продольных комингсов может быть различной (рисунк 6.16). Полки комингсов изготавливают гнутыми, сварными или из прокатных швеллеров.

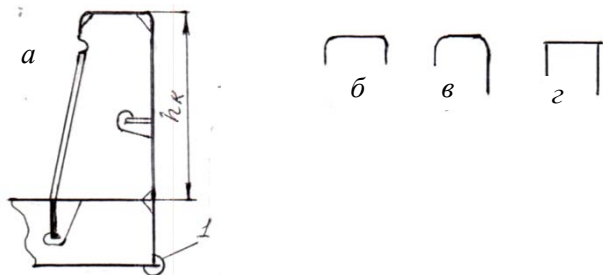


Рисунок 6.16 – Конструктивные схемы комингсов грузовых люков:

a – типовая конструкция; *б* – полка из швеллера; *в* – гнутая полка; *г* – сварная полка;
1 – трубчатая защита полосы от истирания тросов при грузовых операциях

Если отношение высоты стенки комингса к ее толщине превышает 40, то стенка комингса должна быть подкреплена горизонтальными ребрами.

Листы комингсов грузовых люков доводят до уровня нижней кромки рамных бимсов, а у нижней кромки комингса должен быть отогнутый фланец, принимаемый в пределах 8–12 толщин комингса.

6.8. Ограждения грузового бункера

На судах-площадках для удержания сыпучих грузов в пределах грузовой площадки устанавливают ограждения. Продольные стенки ограждения устанавливают на расстоянии 1,0–1,2 м от борта, а поперечные стенки ограждения судов с надстройками на расстоянии 1–2 м от надстройки. На судах без надстройки поперечные стенки ставятся сразу же за судовыми устройствами в носовой и кормовой частях палубы. И продольные, и поперечные стенки желательно размещать в плоскости соответствующих рамных связей.

Высота стенок ограждения колеблется в пределах 0,4–1,8 м. При отсыпке навалочных грузов «Горками» или «грядой» высоту стенки ограничивают до 0,7–0,9 м, так как высокие стенки чаще повреждаются грейферами.

Продольные стенки ограждения с целью уменьшения их повреждаемости рейферами устанавливаются с наклоном в $5-6^\circ$, рисунок 6.17.

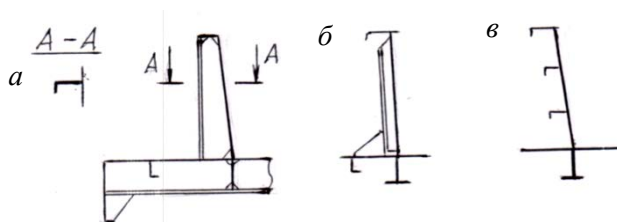


Рисунок 6.17 – Конструкция ограждения грузовой палубы судов – площадок:
a – сечение по рамной стойке; *б* – сечение по холостой стойке;
в – конструкция с горизонтальными ребрами жесткости

С учетом уменьшения повреждаемости стенок ограждения рейферами их толщина принимается порядка 7–8 мм.

Стенки ограждения исключают от участия в общем изгибе и деформируются разрезными.

6.9. Наружная обшивка

Наружная обшивка обеспечивает водонепроницаемость корпуса и, входя в состав эквивалентного бруса, принимает участие в обеспечении общей и местной прочности судна. Она образуется рядом поясьев, которые расположены вдоль судна. Поясье состоит из листов, сваренных между собой по коротким (стыки) и длинным (пазы) кромкам. В средней части судов внутреннего плавания обводы прямолинейные. Это позволяет устанавливать в этом районе широкие и длинные листы. Каждый продольный лист называется поясом. Расположение их по периметру и растяжка наружной обшивки приведены на рисунке 6.18.

Величины минимальных строительных толщин обшивки с учетом износа конструкций, регламентируются Правилами регистра и приведены в таблице 1.5.

С точки зрения прочности наиболее нагруженными поясьями сечения являются: ширстрек, расположенный в верхней части эквивалентного бруса, и днищевые поясья, образующие нижний пояс эквивалентного бруса и находящиеся под наибольшим давлением во-

ды (рисунок 6.18, а). В связи с этими их толщины принимаются наибольшими. Ширина ширстрека при высоте борта $H > 2,5$ м принимается равной $0,2H$. При $H < 2,5$ толщина ширстрека может выполняться одинаковой толщины с бортовой обшивкой.

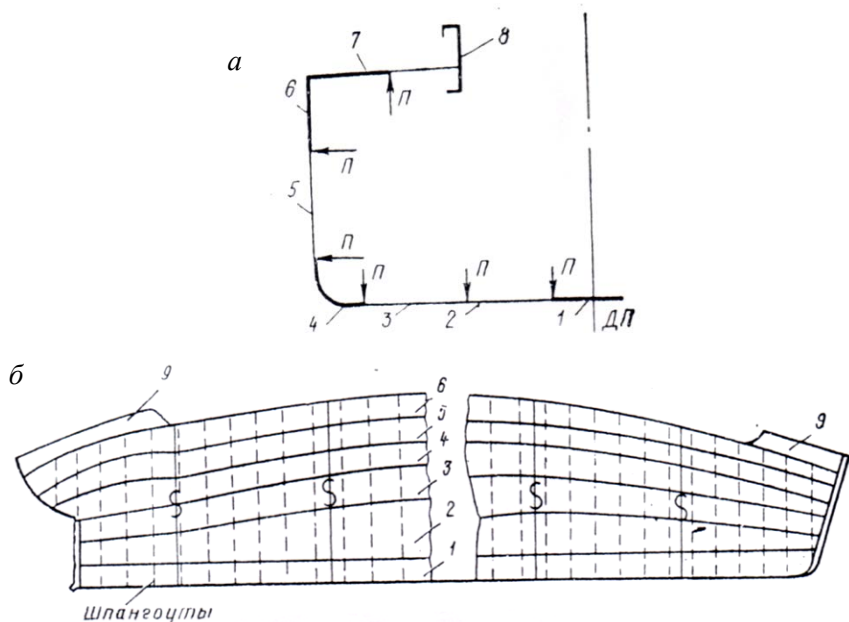


Рисунок 6.18 – Обшивка корпуса в поперечном сечении (а) и растяжка наружной обшивки (б):

- 1 – пояс горизонтального киля; 2, 3 – пояса днищевой обшивки; 4 – скуловой пояс;
 5 – пояс обшивки наружного борта; 6 – ширстрек; 7 – палубный стрингер;
 8 – продольный комингс; 9 – фальшборт; П – пазы; S – стыки

В ширстреке следует избегать устройства отверстий, а если этого невозможно сделать, то их следует выполнять круглыми. Центр выреза от кромки ширстрека должен отстоять на расстоянии не менее двух диаметров вырезов. При диаметре отверстий более двадцати толщин ширстрека должны быть поставлены подкрепляющие утолщенные листы или продольные полосы из профильной стали.

Скуловой пояс изготавливают из отдельного листа, и делается утолщенным на 1–2 мм по сравнению с днищевыми поясами. Для

судов, плавающих на мелководье, толщину скулового пояса рекомендуется дополнительно увеличить еще на 1 мм.

Бортовые пояся незначительно нагруженные нормальными напряжениями от общего изгиба, имеют меньшие толщины, чем остальные пояся и для них решающую роль играет местная прочность и износ.

Наружную обшивку в носовой оконечности принимают утолщенной на 25 % по сравнению со средней частью судна, а в кормовой оконечности не меньше, чем в средней части судна.

Обшивка, примыкающая к штевням, в районе крепления лап кронштейнов, в местах усиленной коррозии и повышенного механического износа утолщается. Размеры увеличения толщины обшивки при коррозионном и механическом износе определяются фактическими скоростями износа.

Для уменьшения протяженности сварных швов целесообразно увеличивать габариты листов. Однако они ограничиваются возможностями металлургических заводов и удобствами обработки листов на судостроительных предприятиях. Габаритные размеры стальных листов определяются по ОСТ 5.0975–72, являющемся ограничением для судостроения ГОСТ 5881–57 и ГОСТ 5521–76, в зависимости от толщины листов и марки принятой стали. При выборе размеров листов учитывается то, что при установке их на судне кромки листов будут обрезаться на 10–40 мм с каждой стороны листа в связи с полученными при транспортировке, погрузке и выгрузке механическими повреждениями (выбоинами, зазубринами, вмятинами и т. д.).

Переход от одних толщин к другим выполняется постепенно. Изменение толщин смежных листов не должно превышать 30 % или 5 мм. С более толстого листа по кромке снимается фаска (на протяжении пяти разниц толщин соединяемых листов) до толщины более тонкого листа.

Раскрой листов наружной обшивки производится на растяжке наружной обшивки, выполненной на плазе.

6.10. Палубный настил

Настил палубы является одной из важнейших конструкций судна. Он выполняет следующие функции:

- 1) обеспечение общей и местной прочности судна;

2) обеспечение непроницаемости и предохранение корпуса судна от заливания водой;

3) тепло- и влагоизоляцию жилых и служебных помещений.

Палуба, являясь самым удаленным пояском эквивалентного бруса, оказывается наиболее нагруженной напряжениями общего и местного изгибов и имеет наибольшие толщины. На судачплощадках и судах, перевозящих палубный груз, преобладающими напряжениями в сечениях палуб могут оказаться местные напряжения.

Толщины палуб определяют по данным таблицы 1.5, ч. 1 в зависимости от класса и длины судна.

Листы настила палубы, также как и наружная обшивка, располагаются длинной стороной вдоль судна, образуя отдельные поясьа. Листы, расположенные непосредственно у борта, называют палубным стрингером. Они выполняются утолщенными (по сравнению с остальным настилом палубы), так как в накренном положении судна являются одновременно с ширстреком наиболее удаленными листами палубы, воспринимающими усилия, которые передаются с бортового перекрытия на палубное. Палубный стрингер для всех классов судов внутреннего плавания выполняется шириной не менее 0,6 м.

Соединение палубного настила с ширстреком осуществляется различными конструктивными способами, которые ясны из рисунка 6.19. Соединения со стрингером (рисунок 6.19, з) применяется как барьерные швы, препятствующие распространению трещин. Аналогичную функцию выполняют соединения с стрингерной планкой (рисунок 6.19, д).

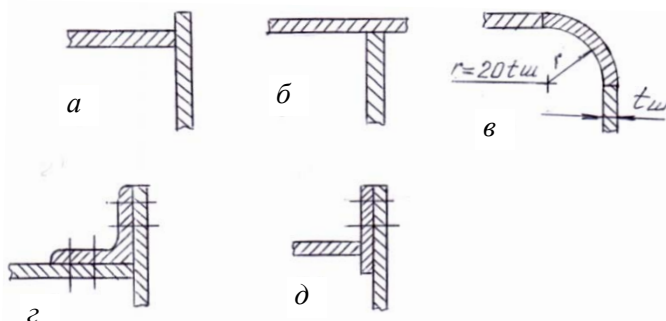


Рисунок 6.19 – Способы соединения палубного стрингера с ширстрекком:
a – ширстрекк выступает над палубой; *б* – палуба накрывает ширстрекк; *в* – соединение гнутым литом; *г* – со стрингерным угольником; *д* – со стрингерной планкой

Особенностью палубного настила является наличие в нем значительного количества вырезов – грузовых люков, расширительных шахт, люков для доступа в отсеки судна, машинно-котельных шахт и т. д. Вырезы в листовых конструкциях являются концентраторами напряжений.

При наличии прямоугольных вырезов в листовых конструкциях наибольшая концентрация напряжений возникает в углах вырезов. Допустимые коэффициенты концентрации напряжений для судовых конструкций возникают в тех случаях, если углы прямоугольных вырезов выполняются скругленными с радиусом закругления, равным или большим $0,1$ ширины выреза. При выполнении скругления в углах вырезов для уменьшения напряжений в зонах их концентрации устанавливают утолщенные в $1,2$ – $1,35$ раза по сравнению с прилегающими листами сварные листы. Размеры утолщенных листов в углах прямоугольных люков, рекомендуемые Правилами регистра, приведены на рисунке 6.20.

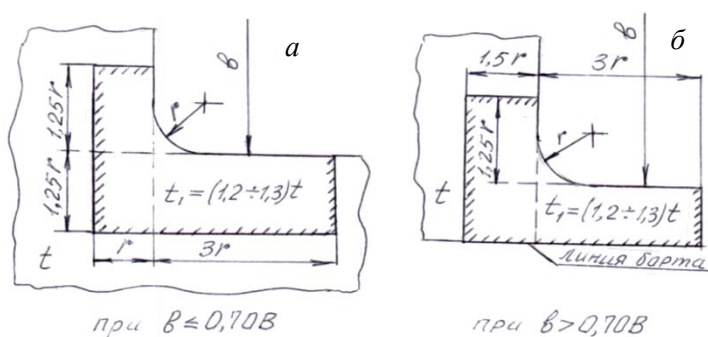


Рисунок 6.20 – Подкрепление углов прямоугольных вырезов в палубах сварными утолщенными листами:
a – для вырезов шириной меньше $0,70B$;
б – для вырезов шириной больше $0,70B$

Если продольные комингсы грузовых люков выполняются непрерывными, концентрация напряжений в углах люков оказывается

значительно меньше, поэтому радиусы закруглений могут быть уменьшены в 1,5–2 раза по сравнению с указанными. Рассмотренные подкрепления и радиусы обычно выполняются на верхних палубах судна. На нижних палубах подкрепления и радиусы закругления выполняются значительно меньшими.

Небольшие прямоугольные вырезы могут из состава эквивалентного бруса не исключаться, если для компенсации потерянной площади палубы производится подкрепление утолщенными листами по всей длине продольных кромок вырезов (рисунок 6.21). Такая компенсация площади палубы обычно выполняется, если ширина выреза не превышает 0,4 ширины судна и отношение длины выреза к его ширине меньше 1,5.

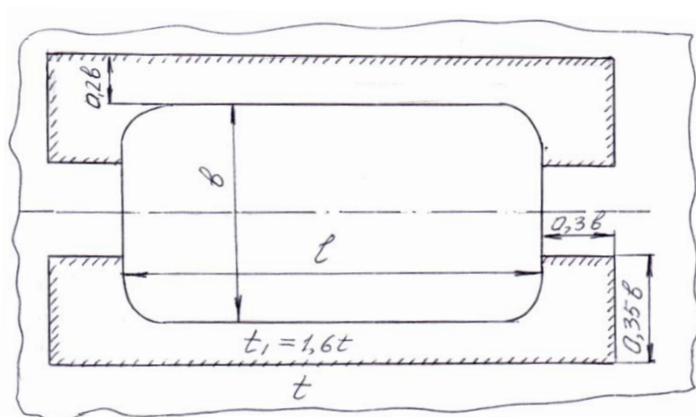


Рисунок 6.21 – Подкрепление прямоугольных вырезов (включаемых в состав эквивалентного бруса) сварными утолщенными листами

Не допускается располагать стыковые швы и вырезы у углов люков, расположенных в средней части судна, в районе, размеры которого приведены на рисунке 6.20.

Размеры района у углов люков, расположенных в оконечностях, могут быть уменьшены по согласованию с Речным Регистром.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Перечень основных стандартов прокатных и других металлических изделий

Таблица П.1

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	Предел текучести	Относительное удлинение		KV	KCU
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Углеродистая сталь</i>								
A	4–60	Горячекатаная	400–490	235	22	–	–	–
B	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						24	–
	10–12						27	–
	Свыше 12 до 50	Нормализованная		–				
E	5,0–7,0	Нормализованная	400–490	235	22	–40	19	–
	7,5–9,5						24	–
	10–50						27	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>Низколегированная сталь</i>								
А32	4–4,5	Горячекатаная	470–590	315	22	– 0	–	–
	5,0–7,0						22	–
	7,5–9,5						26	–
	10–20						31	–
	Свыше 20–40	Нормализованная		–				
Д32	5,0–7,0	Горячекатаная	470–590	315	22	–20	22	–
	7,5–9,5						26	–
	10–20						31	–
	Свыше 20–40	Нормализованная		–				
Е32	5,0–7,0	Нормализованная	470–590	315	22	–20	22	–
	7,5–9,5						26	–
	10–40						31	–
А36	4–4,5	Нормализованная	490–620	355	21	–	–	–
	5–7,0						24	–
	7,5–9,5						28	–
	10–40						34	–
Д36	5,0–7,0	Нормализованная	490–620	355	21	–20	24	–
	7,5–9,5						28	–
	10–40						34	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9
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	– 0	–	–
	5–7,0						25	
	7,5–9,5						30	
	10–40						36	
	Свыше 15 до 32	Закалка + отпуск						
Д40	5,0–7,0	Горячекатаная	530–690	390	19	–20	25	–
	7,5–9,5							30
	10–32	Закалка + отпуск					36	–
Е40	10–32	Закалка + отпуск	530–690	390	19	–40	36	–
09Г2	4		Не менее 440	300	21	–40	–	–
	5–9,5						–	34
	10–20						–	29
	21–30							49
09Г2	32–60		Не менее 450	290	21	–40	–	49
10ХСНД	4		530–690	390	19	–40	–	–
	5–9,5						–	39
	10–15						–	–
	16–32						–	49

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 0,8 × 1000 × 2000 мм, III группы отделки поверхности:

$$\text{Лист} = \frac{\text{Б-ПУ-0-0,8} \times 1000 \times 2000 \text{ ГОСТ 19904-76}}{2\text{-III-Ст.3 ГОСТ 16523-70}}.$$

3. Пример условного обозначения горячекатаной тонколистовой стали марки 10ХСНД, нормальной точности прокатки, высокой плоскостности, с обрезной кромкой, размером 2,5 × 2000 × 2800 мм, 4-й категории по нормируемым характеристикам, II группы отделки поверхности:

$$\text{Лист} = \frac{\text{Б-ПВ-0-2,5} \times 2000 \times 2800 \text{ ГОСТ 19903-76}}{4\text{-II-10ХСНД ГОСТ 521-76}}.$$

Таблица П.3

Сталь толстолистовая.
Сортамент (из нормали 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	12
12	6	6, 7, 8, 10	6, 7, 8, 10	6, 7, 8, 10	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	12
20, 22, 24, 26		10	10	10				
28, 30, 32		6	6, 7, 8	6, 7, 8	12	12	12	12
36, 40		6			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.

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

Таблица П.5

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

Размеры профиля ($h \times b \times d$), мм	Без пояска			С условным пояском шириной $60d$			
	Площадь сечения профиля, см^2	Расстояние ЦТ, см	Момент инерции, см^4	Площадь сечения профиля, см^2	Расстояние ЦТ, см	Момент инерции, см^4	Наименьший момент сопротивле- ния, см^3
32 × 20 × 3	1,49	2,12	1,52	6,89	2,86	7,54	2,64
32 × 20 × 4	1,94	2,08	1,93	11,54	3,02	10,3	3,42
45 × 28 × 4	2,80	2,99	5,68	12,40	3,98	27,7	6,96
56 × 36 × 4	3,58	3,78	11,4	13,2	4,72	52,7	11,2
63 × 40 × 5	4,98	4,22	19,9	20,0	5,44	94,6	17,4
63 × 40 × 6	5,90	4,18	23,3	27,5	5,64	116	20,6
70 × 45 × 5	5,59	4,72	27,8	20,6	5,90	128	21,7
75 × 50 × 6	7,25	5,06	40,9	28,8	6,46	197	30,5
75 × 50 × 8	9,47	4,98	52,4	47,9	6,84	272	39,8
90 × 56 × 8	11,2	5,96	90,9	49,6	7,96	442	55,5
100 × 63 × 8	12,6	6,68	127	51,0	8,65	602	69,3
110 × 70 × 8	13,9	7,39	172	52,3	9,33	791	84,8
125 × 80 × 10	19,7	8,36	312	79,7	10,8	1480	137
140 × 90 × 10	22,2	9,42	444	82,2	11,8	2040	173
160 × 100 × 10	25,3	10,77	667	85,3	13,2	2930	222

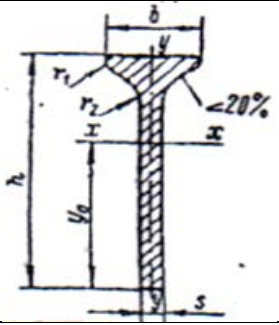
Элементы углового равнобокого профиля (ГОСТ 8509–93, ОСТ 5.9084–72)

№ профиля	Размеры профиля, мм		Площадь сечения профиля, см ²	Моменты инерции, см ⁴ , относительно оси		Расстояние ЦТ, см	№ профиля	Размеры профиля, мм		Площадь сечения профиля, см ²	Моменты инерции, см ⁴ , относительно 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	14,42
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	2,151
4,0	40	4	3,08	4,58	1,90	1,13	9,0	90	9	15,6	118	48,6	2,551
4,5	45	4	3,48	6,63	2,74	1,26	10	100	10	19,2	17,9	74,1	2,831

Таблица П.7

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

№ профиля	Размеры, мм				Площадь сечения профиля, см ²	Теоретический вес, Г пог. м, кгс	Справочные величины				
	h	b	S	r ₁ , r ₂			Ось x-x			Ось y-y	
							I _x , см ⁴	i _x , см	y ₀ , см	I _y , см ⁴	i _y , см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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 полособульба без присоединенного пояска

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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

Продолжение таблицы П.7

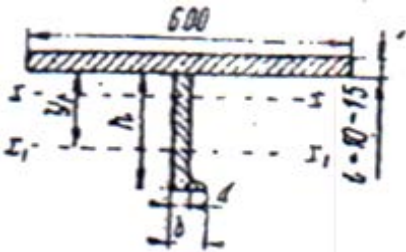
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1235		37,5	5,5		10,2	7,97	146	3,78	7,84	4,15	0,64
1237	120	39	7	5	12,0	9,38	172	3,79	7,56	4,86	0,64
1248		40,5	8,5		13,8	10,8	198	3,79	7,36	5,70	0,64
1446		42	6		13,1	10,3	255	4,42	9,24	6,83	0,72
1447	140	43,5	7,5	6	15,2	11,9	298	4,43	8,90	7,86	0,72
1449		45	9		17,3	13,6	339	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

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
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 , см, и S , в мм (целые числа).
2. Теоретическая масса указана для стали с плотностью 7,85.

Таблица П.8

Теоретические элементы несимметричного полособульбового профиля
с условным присоединенным пояском 600 × 1015 мм ГОСТ 5353–82
(с ограничением по ОСТ 5.9076-82)

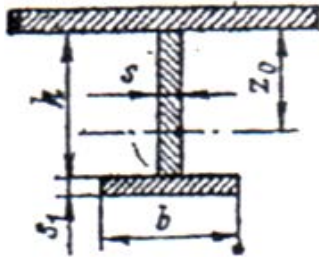
							<p>F_1 – площадь профиля; I_{x1} – момент инерции профиля; y_1 – расстояние до центра тяжести профиля, лежащего на оси x_1x_1; F – общая площадь профиля с пояском; I_x – момент инерции профиля с пояском относительно оси xx; W_x – наименьший момент сопротивления профиля с пояском относительно оси xx</p>			
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
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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
14б	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
16б	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
18б	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
20б	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
22б	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
24б	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
27б	270	57	14	49,22	3515	16,30	139,22	12780	588	15

Таблица П.9

Тавры стальные сварные для морских судов. ОН 9-594–68

№ тавра	Размеры, мм					Справочные величины				
	h	S	b	S_1	$F_0, \text{см}^2$	Теоретическая масса 1 м, кг	$I_0, \text{см}^4$	$z_0, \text{см}$	W_0 при $f_{\text{пр п}} = f_{\text{п}},$ см^3	W_{00} при $f_{\text{пр п}} = f_{\text{п}},$ см^3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	80	4	40	6	5,6	4,396	42,45	5,84	22,6	28,1
10	100	4	50	6	7,0	5,495	81,50	7,27	35,6	43,8
12	120	4	60	6	8,4	6,595	139,2	8,70	51,5	62,9
14	140	4	80	6	10,4	8,164	229,2	10,4	73,5	88,9
16a	160	4	80	6	11,2	8,792	325,3	11,6	92,4	112



F_0 – площадь сечения тавра без присоединенного пояса;
 I_0 – момент инерции площади сечения тавра без присоединения пояса;
 W_0 – минимальный момент сопротивления площади сечения тавра при равенстве площадей сечения присоединенного и свободного поясков;
 W_{00} – минимальный момент сопротивления площади сечения тавра при площади сечения присоединенного пояса, равной бесконечности;
 z_0 – координата центра тяжести площади сечения тавра без присоединенного пояса;
 $f_{\text{п}}, f_{\text{пр п}}$ – площади свободного и присоединенного поясков

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
16б	160	5	100	8	16,0	12,56	452,8	12,2	146	172
18a	180	4	100	8	15,2	1193	529,0	13,9	162	188
18б	180	5	100	10	19,0	14,81	670,5	14,0	202	236
20a	200	5	100	8	18,0	14,13	813,9	14,6	186	228
20б	200	6	100	10	22,0	17,18	1001	14,8	234	282
22a	220	5	100	10	21,0	16,40	1137	16,5	205	250
22б	220	6	120	12	27,6	21,55	1459	17,0	356	417
25a	250	6	120	12	29,4	22,96	2042	18,9	413	489
25б	250	8	140	14	39,6	30,89	2768	19,0	557	655
28a	280	7	120	12	34,0	26,55	3050	20,2	483	589
28б	280	8	140	14	42,0	32,76	3722	20,8	636	756
32a	320	8	140	14	45,2	35,26	5280	28,2	743	906
32б	320	10	180	14	57,2	44,90	6661	28,3	957	1160
32в	320	8	160	16	51,2	39,98	5797	24,4	932	1099
36a	360	8	160	16	54,4	42,43	7901	26,8	952	1154
36б	360	10	200	14	64,0	50,24	9395	26,2	1200	1450
40a	400	10	180	14	65,2	51,18	11960	28,0	1250	1550
40б	400	12	220	16	83,2	65,31	15180	18,8	1690	2060
45a	450	10	200	14	73,0	57,30	16880	31,4	1570	1940
45б	450	14	250	18	100,0	84,78	26000	32,2	2440	2990
50a	500	12	220	16	95,2	74,81	28180	34,5	2230	2790

Окончание таблицы П.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
50б	500	14	250	18	115,0	89,70	32960	45,1	2781	3342
56a	560	14	250	18	123,4	96,87	44370	38,5	3180	4000
56б	560	16	300	20	149,8	116,8	53637	39,6	4122	5070
63a	630	14	300	20	148,2	116,3	66880	44,7	4620	5650
63б	630	18	360	22	191,6	151,2	87050	44,9	6080	7430
71a	710	16	360	22	192,8	186,8	110200	50,5	6860	8340
71б	710	20	400	24	238,0	175,2	136800	50,3	8300	10170
80a	800	18	360	22	223,2	175,2	163000	54,6	8140	10220
80б	800	22	450	26	293,0	230,0	213700	56,5	11500	14130

Содержание

5. НАБОР БОРТОВЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ.....	3
5.1. Общие требования к проектированию бортовых перекрытий.....	3
5.2. Нагрузка на бортовые перекрытия.....	6
5.3. Конструкция бортовых перекрытий при поперечной системе набора.....	7
5.4. Конструкция бортовых перекрытий при продольной системе набора.....	10
5.5. Набор бортовых перекрытий с двойным бортом	11
5.6. Конструкция бортовых перекрытий при однородной системе бортового набора.....	12
5.7. Подпалубные цистерны, фальшборты, привальные брусья	12
6. НАБОР ПАЛУБНЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ.....	16
6.1. Палубные перекрытия. Общие требования	16
6.2. Нагрузка на палубные конструкции.....	17
6.3. Поперечная система набора палубных перекрытий.....	18
6.4. Продольная система набора палубных перекрытий.....	24
6.5. Подбор размеров сечения карлингсов	27
6.6. Соединение элементов палубного набора.....	29
6.7. Вырезы в палубах и комингсы люков.....	33
6.8. Ограждения грузового бункера	34
6.9. Наружная обшивка	35
6.10. Палубный настил.....	37
ПРИЛОЖЕНИЕ	41

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 2

Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

Подписано в печать 12.03.2012.

Формат 60×841/16. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 3,43. Уч.-изд. л. 2,68. Тираж 50. Заказ 1081.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.